

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

Кафедра двигунів
внутрішнього згоряння,
установок та технічної
експлуатації

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

« ____ » _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК ДВИГУНА МАК 6М25

Спеціальність 142 – Енергетичне машинобудування

Для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

Керівник роботи

Б. Г. Тимошевський

Здобувач освіти

А. М. Андрущенко

Миколаїв 2022

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

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

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

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

Андрущенко Альоні Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення паливних форсунок двигуна МАК 8М25

2. Керівник роботи д.т.н., проф. Тимошевський Б. Г.

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

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

3. Строк подання здобувачем роботи _____

4. Вихідні дані до роботи Потужність двигуна – 2400 кВт; частота обертання
колінчатого валу – 750 хв⁻¹; паливо – дизельне

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Особливості використання двигуна МАК 8М25 на танкері-хімовозі
«Lascaux»; Сучасні напрямки модернізації паливної системи судових двигунів;
Вдосконалення паливних форсунок двигуна МАК 8М25; Розробка рекомендацій по
технічному обслуговуванню форсунок; Забезпечення вимог охорони праці та
охорони навколишнього середовища

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Поперечний переріз двигуна МАК 8М25; Паливна система двигуна МАК 8М25;
Форсунка; Розпилювач форсунки; Технічне обслуговування форсунок двигуна МАК
8М25

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

8. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Здобувач освіти

Керівник роботи

_____	<u>/А. М. Андрущенко/</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
_____	<u>/Б. Г. Тимошевський/</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню ефективності роботи паливних форсунок двигуна МАК 8М25.

Розглянуто сучасні напрямки модернізації паливної системи судових двигунів, проведено аналіз конструкцій форсунок.

В роботі виконані розрахунки робочого циклу ДВЗ на дизельному паливі.

Розглянуті питання вдосконалення паливних форсунок шляхом використання розпилювачів з зіткненними струменями.

Розглянуті питання обслуговування та експлуатація форсунок.

Наведені заходи щодо забезпечення вимог охорони праці.

Робота виконана українською мовою на 100 сторінках розрахунково-пояснювальної записки. Використано 10 джерел. Графічна частина представлена на 5 кресленнях формату А1.

					КРМ.142.6222м.01.ПЗ	Аркуш
						2
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА МАК 8М25 НА ТАНКЕРІ-ХІМОВОЗІ «LASCAUX»	6
1.1 Загальна характеристика танкера-хімовоза «Lascaux».....	7
1.2 Опис та характеристики двигуна МАК 8М25.....	11
2. СУЧАСНІ НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ СУДНОВИХ ДВИГУНІВ.....	18
2.1 Тенденції розвитку паливної апаратури середньообертових двигунів.....	19
2.2 Аналіз конструкцій сучасних форсунок середньообертових двигунів.....	21
3. ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК ДВИГУНА МАК 8М25.....	53
3.1 Тепловий розрахунок двигуна МАК 8М25.....	54
3.2 Вдосконалення паливних форсунок шляхом використання розпилювачів з зіткненнями струменями.....	44
4. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННЮ ФОРСУНОК.....	71
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	85
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які мають місце під час експлуатації, ремонту та технічного обслуговування форсунок головного двигуна МАК 8М25.....	86
5.2 Дії екіпажу при гасінні пожежі.....	92
ВИСНОВОК	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	84

ВСТУП

Для впорскування палива застосовують звичайно форсунки закритого типу з пружинним замиканням. Найбільш вразливим вузлом в них є розпилювач, який фактично визначає терміни обслуговування.

Дефекти розпилювача зводяться зазвичай до закоксування розпилюючих отворів, втрати рухливості голки, порушення щільності направляючої голки і запірного конуса; в процесі експлуатації, розпилювач, як правило, підлягає заміні.

Відомий спосіб впорскування палива методом зіткнення струменів, в якому розпилювання рідини відбувається за рахунок зіткнення двох струменів, спрямованих в загальному випадку під кутом один до одного. Факел палива після зіткнення є тонку плівку, яка поширюється і руйнується по поверхні близькою до поверхні порожнього конуса.

Впорскування палива зазначеним способом призводить до рівномірної концентрації палива і повітря в об'ємі камери згоряння, збільшує коефіцієнт використання об'єму камери згоряння, сприяє більш рівномірному утворенню теплових полів і збільшує повноту згоряння палива. Використання цього способу дозволяє підвищити індикаторний ККД, що сприяє поліпшенню економічних і екологічних якостей дизелів.

Мета роботи – розробити умови по підвищенню економічності, надійності і стабільності роботи паливної апаратури головного двигуна танкера шляхом використання розпилювачів з зіткненими струменями.

Задачі що вирішуються у роботі:

1. Проведення комплексного аналізу конструкцій форсунок, які встановлені в сучасних середньообертових двигунах та визначення основних тенденцій розвитку паливної апаратури.
2. Вдосконалення паливних форсунок.

					КРМ.142.6222м.01.ІЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3. Техніко-економічна оцінка запропонованих рекомендацій та технічних рішень, розробка заходів щодо техніки безпеки при виконанні робіт в МВ.

Об'єктом дослідження є паливна система.

Предметом дослідження є параметри роботи паливної системи двигуна.

					КРМ.142.6222м.01.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРМ.142.6222м.01.01.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Здобувач	Андрущенко А.М.				ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА МАК 8М25 НА ТАНКЕРІ-ХІМОВОЗІ «LASCAUX»		Літ.	Аркуш	Аркушів
Консультант								6	12
Керівник	Тимошевський Б.Г.						НУК імені адмірала Макарова		
Зав. каф.									

РОЗДІЛ 1
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА МАК 8М25 НА
ТАНКЕРІ-ХІМОВОЗІ «LASCAUX»

1.1 Загальна характеристика танкера-хімовоза «Lascaux»

Судно «LASCAUX» (IMO 9405746) є першим в серії з трьох танкерів побудованих на судноверфі Tersan's Tuzla на півдні Туреччини на замовлення французького оператора Petromarine.

Класифікація судна:

– Bureau Veritas I +Hull, + Machinery, Oil Tanker/Chemical Tanker/Gas Carrier, ESP, Unrestricted Navigation, + AUT-UMS, + AUT-Port, Manovr, Clean Ship Super, AVM-DPS, SYS-NEQ 1, IG.

Ходить під Французьким прапором. Позивний судна – FNKJ.

Таблиця 1.1 – Головні розміри судна

Параметр	Значення
Довжина максимальна, м	119,54
Довжина між перпендикулярами, м	114,00
Ширина найбільша, м	20,00
Проектна осадка, м	6,50
Максимальна осадка, м	7,80
Дедвейт, т	8600
Швидкість судна, вуз	14
Кількість гвинтів, шт	2
Частота обертання гвинтів, хв^{-1}	160



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд судна «LASCAUX»

					KPM.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Швидкість ходу судна в повному вантажі при нормальному стані моря становить 14 вузлів.

Загальний вигляд машинного відділення приведений на рис. 1.2.

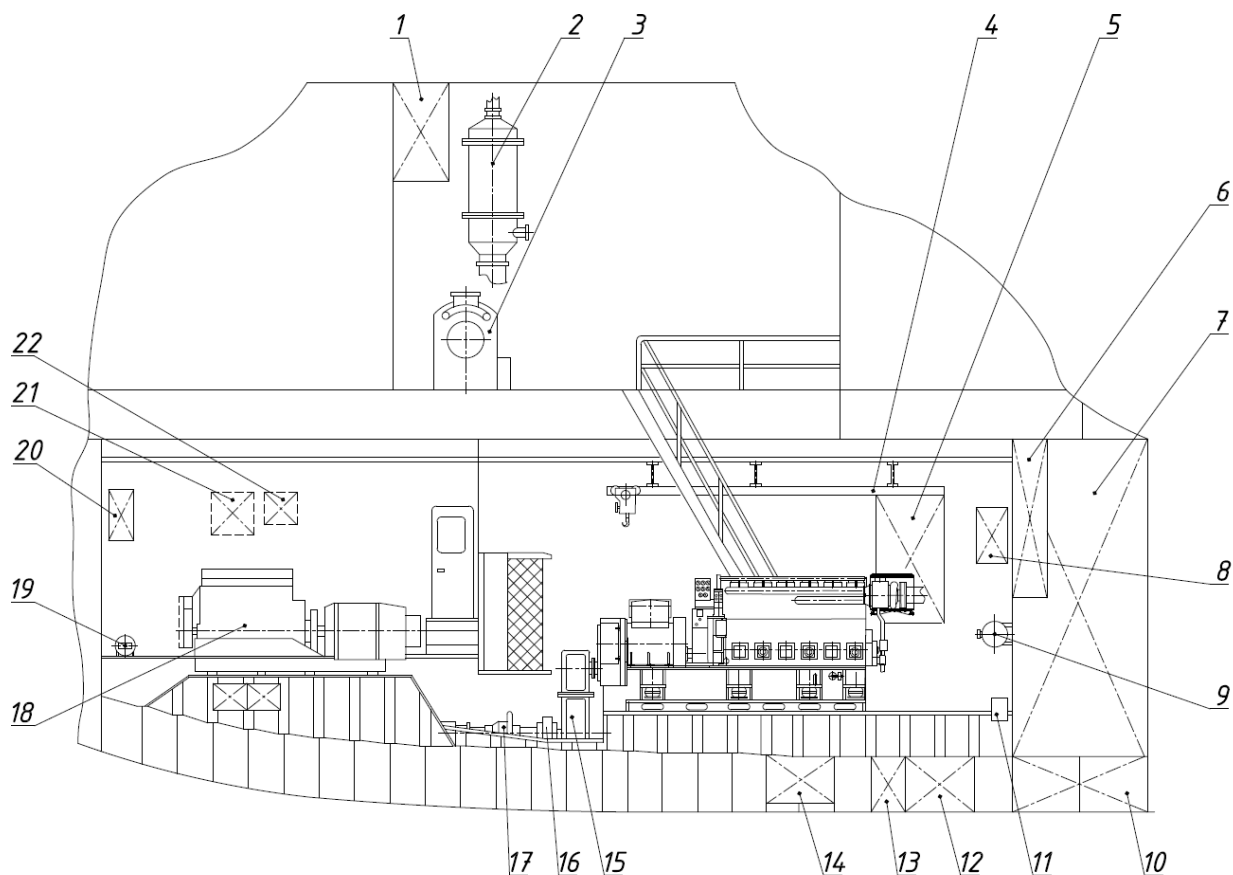


Рисунок 1.2 – Загальний вид МВ:

1 – гаряче опалення; 2 – утилізаційний котел; 3 – котельний агрегат; 4 – рельс підйомника; 5 – напорна цистерна питної води; 6 – витратна цистерна масла; 7 – верхня паливна цистерна; 8 – цистерна охолоджуючої води головних двигунів; 9 – охолоджувач води для головних двигунів; 10 – нижня паливна цистерна; 11 – гідравлічний прибор Лага; 12 – цистерна запасного палива; 13 – цистерна відпрацьованого масла; 14 – витратний бак масла головних двигунів; 15 – реверс-редуктор; 16 – валопровід; 17 – упорний підшипник; 18 – допоміжний дизель-генератор; 19 – масляний насос допоміжного двигуна; 20 – контакторна коробка аварійного руля; 21 – цистерна охолоджуючої води допоміжного двигуна; 22 – цистерна охолоджуючої води аварійного дизель-генератора

					КРМ.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

ЕУ судна відноситься до дизель-редукторної і двохвальної. На кожен вал працює один двигун через редуктор.

Машинне відділення має кормове розташування. Дизель-редукторний агрегат встановлений в трюмі машинного відділення на фундаментах, пов'язаних з набором днища корпусу. Для зручності обслуговування двигунів довкола них є достатні площі, на яких можна розташувати великі деталі, витягнуті з двигуна для ремонту. Наявність редуктора дозволяє використовувати двигуни на грибний вал при частотах обертання, які відповідають найбільшому ККД гвинта, крім того, покращуються експлуатаційні характеристики установки.

В якості головних двигунів на судні встановлено два чотиритактних дизеля з газотурбінним наддуванням 8ЧН 25,5/40 (МаК 8М25) з діаметром циліндра 255 і ходом поршня 400 мм [1].

Двигуни можуть експлуатуватися з використанням палива з в'язкістю до 730 сСт при температурі до 50°C, а також палива типу RMG 380.

Двигуни характеризуються високим рівнем досконалості, покращеними характеристиками, які полегшують оптимізацію камери згоряння й дозволяють мати високі експлуатаційні показники при роботі на часткових навантаженнях і високій продуктивності.

Використовувані двигуни мають потужність $N_e = 2400$ кВт при частоті обертання колінчатого валу $n_{кв} = 750$ хв⁻¹.

Суднова електроенергетична установка в складі:

– два допоміжних автоматизованих дизель-генераторів Yanmar 6N21 потужністю 800 кВт кожний;

Допоміжні котлові установки в складі:

– одного допоміжного автоматизованого котлоагрегату фірми Buderus Heiztechnik GmbH продуктивністю 1 т/год насиченої пари тиском 0,5 МПа, поверхня нагріву 10,0 м².

					KPM.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2 Опис та характеристики двигуна МАК 8М25

МАК 8М25 (8ЧН 25,5/40) (рис. 1.3) являє собою чотиритактний дизельний двигун, нереверсивний, з турбонаддувом, проміжним охолодженням і з прямим впорскуванням палива.

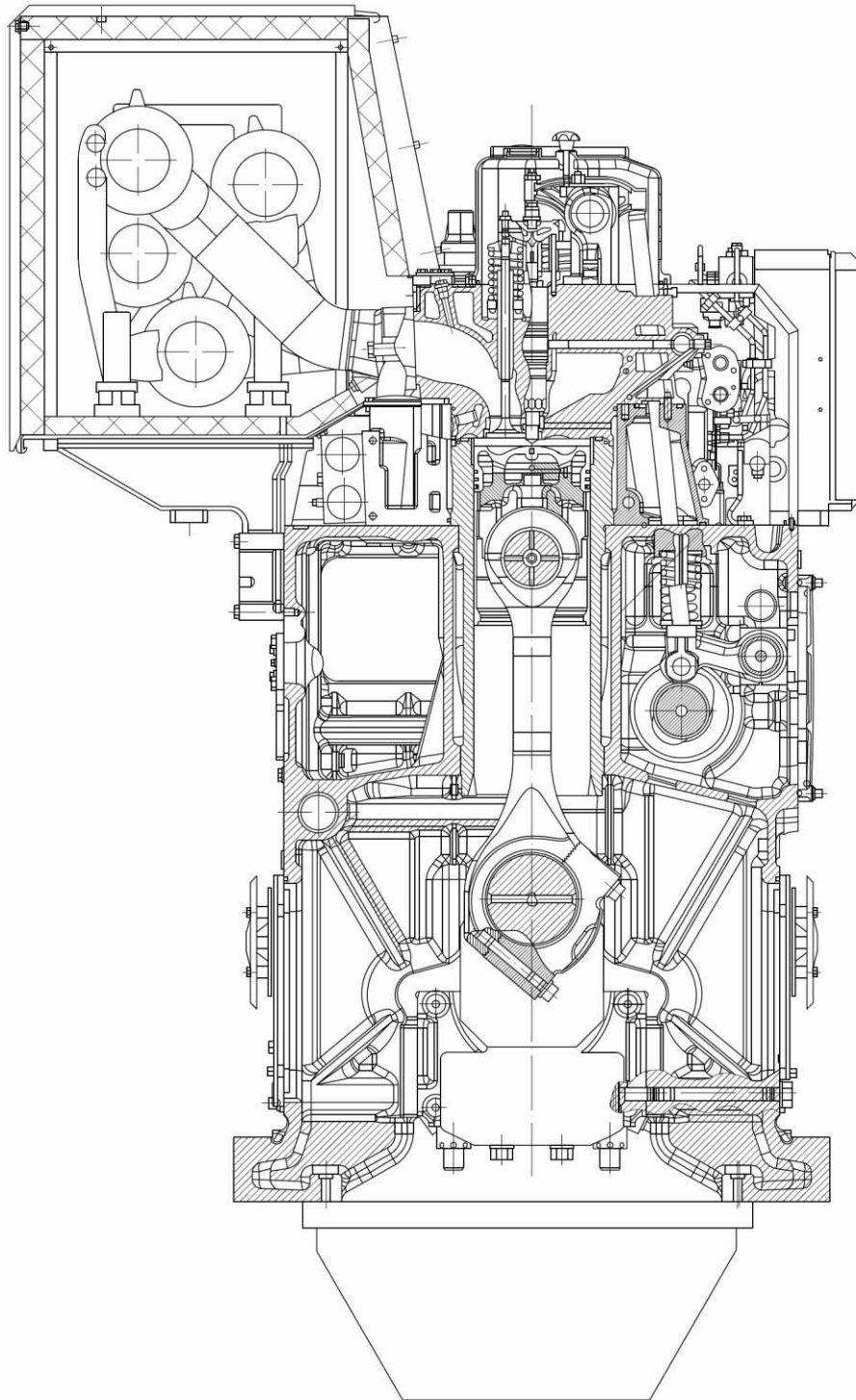


Рисунок 1.3 – Поперечний розріз двигуна МАК 8М25

					КРМ.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

Основні характеристики:

- Конфігурація: 8 – рядний;
- Діаметр циліндра: 255 мм;
- Хід поршня: 400 мм;
- Співвідношення хід поршня/діаметр: 1,57;
- Робочий об'єм: 20,4 л. на циліндр;
- Циліндрична потужність: 300 кВт;
- Частота обертання колінчастого вала: 750 об/хв.;
- Середня швидкість поршня: 10 м/с;
- Турбонаддув: однотрубна система (ізобарний наддув);
- Напрямок обертання: за годинниковою стрілкою.

Дизель ряду МаК25 розроблений на основі останніх досягнень у технології згоряння. Він спроектований для безпечної і надійної експлуатації та тривалих періодів без технічного обслуговування. Двигун повністю обладнаний допоміжними системами і ретельно спроектованим інтерфейсом для підключення до станційної системи управління.

Компоновка дизелів забезпечує вільний доступ до його основних агрегатів через люки в блоці дозволяють оглядати і при необхідності замінити деталі шатунно-поршневої групи, не знімаючи дизель з рами [2].

Остов складається з блок-картеру і кришки циліндрів. Знизу блок-картер закривається легким з'ємним піддоном.

Циліндри двигуна виконано у вигляді блоку, що складає одне ціле з верхньою частиною картера.

Блок-картер (рис. 1.4) вилитий з високоміцного алюмінієвого сплаву. За технологією лиття блок випускається в двох варіантах: відливний в кокіль і відливний під тиском.

Нижня частина блоку (картер) розділена на вісім відсіків поперечними перегородками, в які встановлюються корінні підшипники колінчастого валу.

					КРМ.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

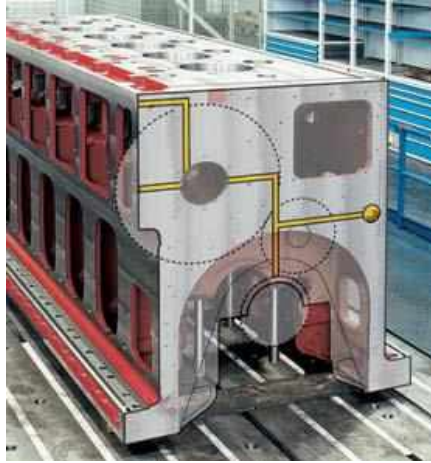


Рисунок 1.4 – Блок-картер двигуна

Втулка циліндра (рис. 1.5) характеризується мінімальними деформаціями як завдяки власній жорсткості, так і за рахунок міцності і жорсткості посадкових поясів блоку циліндрів.

Температурний рівень внутрішніх поверхонь втулки зберігається в оптимальних межах (160...1200 °С) за рахунок інтенсифікації обертowego руху охолоджуючої води в зоні, що розташовується нижче посадкового фланця. Для очищення бічної поверхні головки поршня від відкладаємого на ній нагару, який згодом полірує дзеркало циліндра і призводить до його підвищеного зносу, у верхню частину втулки встановлюється кільце. Робочу поверхню втулок циліндрів рекомендується перехонінгувати через 12000 годин.

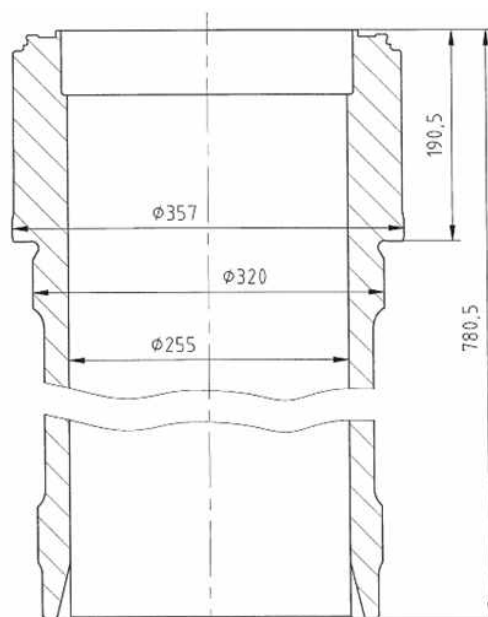


Рисунок 1.5 – Втулка циліндра

					КРМ.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Кришка циліндрів (рис. 1.6) індивідуальна на кожен із циліндрів. Кришка має канали для входу повітря та виходу газів на кожен циліндр. Крім того кришка має порожнини для протікання охолоджуючої води. Кришку виливають з алюмінієвого сплаву. Нижня поверхня кришки плоска, верхня має заглибини для встановлення та закріплення форсунки та механізму газорозподілу.



Рисунок 1.6 – Кришка циліндра

Колінчастий вал (рис. 1.7) на дев'ятьох опорах з великою робочою поверхнею як шатунових, так і корінних підшипників, внаслідок цього питомі навантаження на підшипники порівняно невеликі. Шатунні і корінні шийки порожнисті. Через порожнини рухається масло. Порожнини в шатунових шийках закриті пробками. Ці порожнини служать для видалення продуктів зносу з масла, що поступає на шатунові шийки [3]. Через середини бокових поверхонь кожної шийки виходять невеликі циліндричні отвори, через які забезпечується рух масла і змащення підшипників. Через ці отвори проходять свердловини, які поєднують порожнини в шийках.

Кривошипи валу мають заклінювання через 90° . Вал має противаги. Осьове переміщення колінчастого валу обмежується двома сталевоббітовими шайбами встановлювального підшипника, розташованими по обидві сторони переднього корінного підшипника. Передня шайба бабітовою стороною звернена до сталевій шайбі на колінчастому валу, задня – до щопи колінчастого валу. Маховик відлитий з сірого чавуну. Він кріпиться до фланця на задньому кінці колінчастого валу.

					КРМ.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Осьовому переміщенню і провертанню вкладишів в ліжках блоку або шатунів перешкоджають фіксуючі виступи на вкладишах, що входять у відповідні пази в ліжках блоку або в шатунах. Колінчастий вал виготовлений з поліпшеної сталі 45Х. Корінні і шатунні шийки загартовані струмами високої частоти.

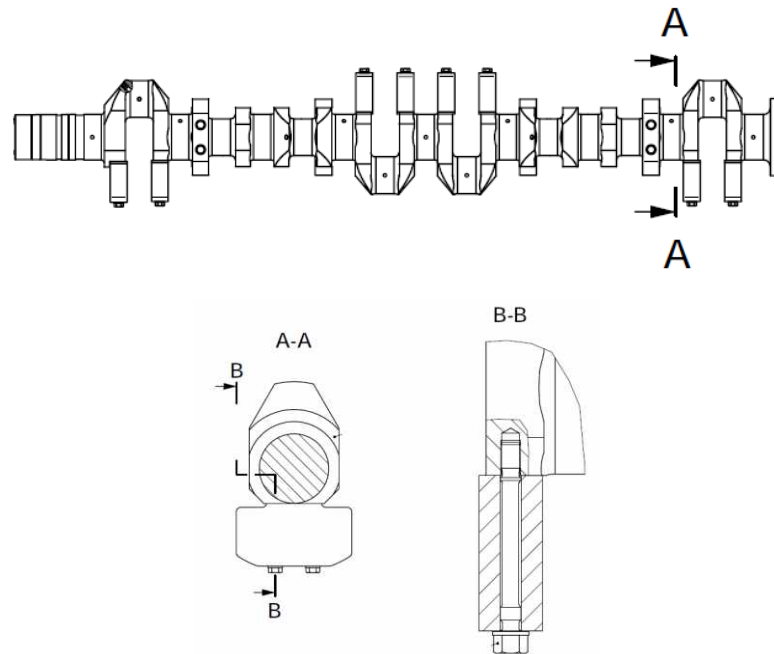


Рисунок 1.7 – Колінчастий вал

Корінні підшипники є підвісними. Вони встановлені на середніх опорах. Кришки підшипників виготовлено з ковкого чавуну; кожна кришка кріпиться до блоку двома шпильками. Кришки підшипників розточуються в зборі з блоком і тому при ремонті їх треба встановлювати на свої місця. Для полегшення установки на всіх кришках, окрім першої і дев'ятої, вибиті їх порядкові номери. Гайки шпильок кріплення кришок затягуються динамометричним ключем. Всі корінні вкладиші мають кільцеву канавку для безперервного живлення маслом шатунних шийок колінчастого валу. Посередині корінних вкладишів є отвір, через який подається масло до підшипників з каналу в ліжку блоку. Отвори в шатунних вкладишах співпадають з отворами в шатунах. Для збереження взаємозамінності і попередження помилок при установці нових вкладишів на всіх корінних і шатунних вкладишах зроблені отвори. Вкладиші корінних і шатун-

					КРМ.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

них підшипників - тонкостінні, сталеві, з тонким шаром антифрикційного сплаву на алюмінієвій основі.

Шатуни (рис. 1.8) мають від'ємну нижню головку з косозубим роз'ємом. Стрижні шатунів – круглого перетину. Кришка нижньої головки шатуна має косозубий роз'єм, кріпиться чотирма призонними болтами з корончатими гайками.

Верхня головка шатуна має запресовану втулку з антифрикційної олов'янистої бронзи. Через отвір, просвердлений в стрижні шатуна, підводиться масло для змазування поршневого підшипника шатуна і охолодження поршня.

Поршень (рис. 1.8) виготовлений з 2 частин. Охолоджується через нижню поверхню струменем масла з верхньої головки шатуна. На внутрішній поверхні поршня є бобишки для утримання пальця.

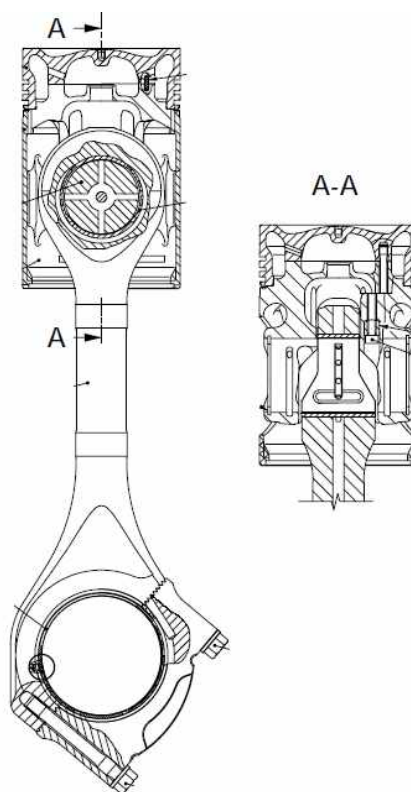


Рисунок 1.8 – Поршень з шатуном

Поршковий палець плаваючого типу від осьового зсуву запобігається стопорними кільцями. На головці поршня розташовані три поршкові кільця – два компресійних і одне маслоз'ємне. Верхнє кільце хромоване. Зовнішні бічні

поверхні другого і третього кілець оброблені з дуже невеликою конусністю; кільця встановлюють великою підставою конуса вниз. Маслоз'ємне кільце комбіноване і виготовляється в двох варіантах: потрійним, складеним з двох чавунних кілець скребкового типу і сталевих кілець між ними; подвійним з розширювачем. На чавунних кільцях поверхня, що треться, хромована.

Під час роботи двигуна колінчатий вал через шестерні обертає розподільний вал, що має кулачки. У потрібний момент кулачок підходить до штовхача, піднімає його, штангу і коротке плече коромисла. При цьому коромисло повертається навколо осі і довгим плечем натискає на стрижні клапанів, додатково стискаючи пружину і відкриває їх. Закривається клапан під дією цієї ж пружини.

Кожен циліндр має чотири клапани – два впускних і два випускних. Плавний підйом і опускання клапана, і тривалість його відкриття забезпечується певним профілем кулачка.

Передавальний механізм від розподільного валу до клапанів складається з штовхача, штанги і коромисла з гвинтом для регулювання зазору. Штанги з дюралюмінію із сталевими загартованими наконечниками розташовані в тонкостінних кожухах - трубах, які ущільнені по кінцях кільцями з маслостійкої гуми. По цих трубах в піддон зливається масло, що витікає з підшипників коромисел. Чавунні направляючі штовхачів клапанів виготовлені у вигляді окремих втулок і встановлені в приливах верхньої плити картера.

Розподільний вал виконаний з вибіленого чавуну, що забезпечує високу зносостійкість пари кулачок-штовхач. Сідла клапанів виготовлені з легованого чавуну високої твердості, що витримує високу температуру і ударні навантаження. Направляючі втулки клапанів виконані з металокераміки з високими зносостійкими властивостями. Матеріал клапанів – жароміцна сталь [4], фаски тарілок випускних клапанів наплавлені жароміцнішим сплавом.

					КРМ.142.6222м.01.01.ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Здобувач	Андрущенко А.М.				СУЧАСНІ НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ СУДНОВИХ ДВИГУНІВ		Літ.	Аркуш	Аркушів
Консультант								18	35
Керівник	Тимошевський Б.Г.						НУК імені адмірала Макарова		
Зав. каф.									

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ СУДНОВИХ ДВИГУНІВ

2.1 Тенденції розвитку паливної апаратури середньообертових двигунів

Постійне вдосконалення дизелів обумовлює розвиток паливної апаратури. Основні напрями вдосконалення паливної апаратури наступні [5].

1. Головним типом паливної системи високого тиску дизеля залишається система, що складається з ПНВТ з механічним приводом від кулачкової шайби і закритої форсунки, сполучених між собою паливопроводом високого тиску.

У двотактних дизелях з клапано-щілинною схемою газообміну і розташуванням клапана в центрі кришки циліндра, ПНВТ подає паливо в дві, а іноді в три форсунки, встановлені на одному циліндрі.

Насос-форсунки, що відрізняються компактністю, встановлюють в основному у ВОД. У автотракторних дизелях використовують розподільні паливні насоси.

2. Для МОД використовують паливні насоси золотникові і рідко клапанні, для СОД і ВОД - тільки золотникові. Практично на усіх дизелях встановлені закриті форсунки з пружинним замиканням голки.

3. У ВОД в більшості випадків встановлюється уніфікована паливна апаратура, при цьому з тенденцією повної уніфікації. У СОД з високою циліндровою потужністю часто застосовується індивідуальна для кожної фірми паливна апаратура, але широке поширення отримує і уніфікована паливна апаратура. Така паливна апаратура може встановлюватися в дизелях з циліндровою потужністю до 1100-1500 кВт і більш.

4. МОД і СОД мають паливні насоси, автономні для кожного циліндра, у ВОД - рядні на групу циліндрів або на увесь двигун.

					<i>KPM.142.6222м.01.02.ПЗ</i>	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5. Паливну апаратуру МОД і СОД з великою циліндровою потужністю конструюють для впорскування низькосортного в'язкого палива за умови забезпечення міцності деталей при тиску палива до 80 - 250 МПа в циклових подачах до 150 г і більш.

6. Для дизелів, високофорсованих по середньому ефективному тиску, велике значення має надійне управління процесом уприскування палива. Воно може бути забезпечене кулачковими шайбами із спеціальним профілем різними конструкціями плунжерних пар і інших вузлів паливної апаратури, а також застосуванням паливних насосів з двома плунжерами в кожному або форсунок з електронним управлінням.

7. У МОД і СОД широко поширені паливні системи, в яких нагнітальний клапан встановлюють або у форсунки, або безпосередньо в ній. Такі системи дозволяють усунути підвприскування і ерозійний знос деталей внутрішньої порожнини розпилювача, а також забезпечити коригування циклової подачі палива.

8. У дизелях повністю відмовилися від регулювання ПНВТ тільки по початку подачі, зазвичай застосовують насоси з регулюванням по кінцю подачі і рідше - із змішаним регулюванням.

9. Велика увага приділяється підвищенню надійності роботи паливної апаратури і її ресурсу. Серед основних заходів щодо вдосконалення конструкції паливної апаратури необхідно відмітити наступне: забезпечення рівномірного прогрівання втулки плунжера ПНВТ при роботі дизеля на важкому паливі, ліквідація ерозійного зносу деталей насоса і форсунки, застосування втулки плунжера підвісного типу, інтенсифікація охолодження розпилювачів.

10. Застосування акумуляторної системи уприскування палива з електронним управлінням.

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.2 Аналіз конструкцій сучасних форсунок середньообертових двигунів

Форсунки дизелів забезпечують безпосереднє впорскування палива в камеру згоряння дизеля, розпилювання та створення форми струменя палива відповідно до форми камери згоряння для забезпечення повного перемішування розпорошеного палива з повітрям. Форсунки поділяються на два основних типи: відкриті і закриті, забезпечені клапанами.

Конструкція відкритої форсунки найбільш проста: розпилюючий отвір (або декілька розпилюючих отворів) постійно пов'язане з трубопроводом високого тиску. Рухомі деталі в такий форсунці відсутні. Високий тиск, необхідний для розпилювання палива, створюється гідравлічним опором отворів постійного перетину і швидкостей нагнітання палива. Внаслідок відсутності рухомих деталей після закінчення впорскування спостерігається підтікання палива.

У системах з відкритими форсунками швидкості плунжера повинні бути значно більші, ніж в системах з закритими форсунками, щоб забезпечити в початковий момент упорскування досить хороше розпилювання палива. В даний час відкриті форсунки не застосовуються.

Для усунення підтікання палива в конструкцію сучасних форсунок введений елемент, ізолюючий лінію високого тиску від камери згоряння в період між впорскуваннями. Такі форсунки відносяться до числа закритих.

Закриті форсунки

В клапанних форсунках на шляху руху палива в камеру згоряння встановлюють запірний орган, проте в них після запірного органу відсутні соплові отвори. Кінець клапана при уприскуванні виходить безпосередньо в камеру згоряння. У форсунках такого типу дросселируючий перетин, що утворюється між грибок клапана і корпусом сопла, виконує одночасно і функцію соплового отвору. У процесі роботи розміри дросселируючого перетину залежать від ходу клапана, а сам клапан бере участь у розподілі палива по об'єму камери згоряння.

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Схема кінцевої частини клапанної форсунки (розпилювача) представлена на рис. 2.1, а. Клапан 5 навантажений пружиною 4, а при відсутності впорскування щільно притискається до гнізда корпусу 2.

При збільшенні тиску в системі, в результаті нагнітаючого ходу плунжера насоса високого тиску, паливо проходить через фільтр 1, віджимає клапан 5, долаючи зусилля пружини 4, і через кільцеве отвір впорскується в камеру згоряння.

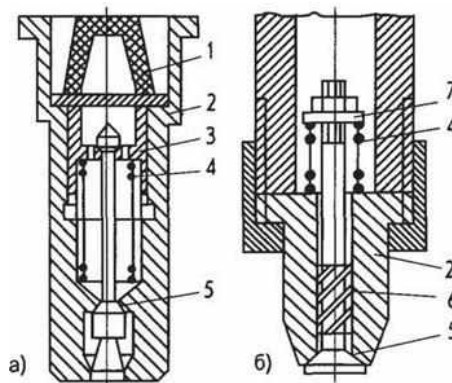


Рисунок 2.1 – Розпилювачі клапанних форсунок:

а – з штифтовим клапаном; б – з гвинтовими канавками на стрижні;

1 – фільтр; 2 – корпус; 3 – рухома опора; 4 – пружина; 5 – клапан;

6 – стрижень; 7 – гайка

Конусна поверхня наконечника клапана надає витікаючому паливу форму полого усіченого конуса з меншою основою біля торця розпилювача, тим самим сприяє кращому його розпилюванню і розподілу по об'єму камери згоряння. Пружина 4 верхнім кінцем упирається в рухому опору 3 пружини, пов'язану з клапаном і ковзаючу в корпусі 2. Переміщення цієї опори вниз обмежено виступом в корпусі 2. Від положення виступу залежить максимальний хід клапана при його опусканні.

Для клапанних форсунок застосовують порівняно невеликий тиск подачі, тому якість розпилювання не завжди виходить задовільною.

Для поліпшення розпилювання перед клапаном на його направляючої виконують гвинтові канавки (рис. 2.1, б). Паливо, проходячи по кільцевій щілині

між направляючою клапана, виконаної в корпусі 2, і стрижнем 6 клапана з гвинтовою нарізкою, набуває обертальний рух, внаслідок якого збільшується конус факела палива, поліпшується його розпилювання і розподіл по об'єму камери згоряння. Після закінчення уприскування пружина 4, натяг якої регулюється гайкою 7, притискає грибок клапана 5 до гнізда і роз'єднує паливну систему і камеру згоряння.

Перевагами клапанних форсунок є відсутність прецизійних деталей, мала забруднюваність вихідного перетину розпилювача, яке постійно прочищається грибком клапана, простота конструкції, технологічність, невелика вартість виготовлення і порівняно невелика маса рухомих деталей.

Однак їм притаманні багато недоліків, властиві відкритим форсункам. Крім того, грибок клапана, що відкривається в камеру згоряння, працює в несприятливих температурних умовах.

Тому клапанні форсунки використовують рідко в практиці дизелебудування.

Мембранні форсунки мають спеціальну мембрану, розташовану над запірним клапаном або голкою форсунки (рис. 2.2, а). Мембрана Б затиснута між виступом клапана 7 і гайкою 4 з одного боку, і між виступом корпусу 6 форсунки і постіллю 3, притискається штуцером 1, з іншого боку. Клапан 7 перебуває під впливом пружини 2. Сопло 8 форсунки притискається до її корпусу 9. У процесі уприскування клапан піднімається вгору до упору в ліжку, пропускаючи паливо до соплових отворів.

При зниженні тиску в системі пружина 2 змушує клапан сідати на гніздо і роз'єднує КЗ з паливним трубопроводом. Як видно, в цій форсунці відсутні прецизійні деталі, клапан сам встановлюється по конусу сопла. Вона малочутлива до нагрівання, і клапан в процесі роботи не втрачає рухливості в результаті неякісного монтажу форсунки або закоксування. У цьому полягають переваги розглянутої форсунки. Недолік – мала надійність мембрани, труднощі роботи при попередніх затяжках пружини, що перевищують 5-7 МПа.

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Дещо інший принцип закладений в конструкцію мембранної форсунки, схема якої наведена на рис. 2.2, б. Тут спіральна пружина замінена мембранною колонкою, яка складається з набору безлічі загартованих і шліфованих сталевих пластинок 12, розділених кільцями 11. Пластини стискають спеціальним натискним болтом, і в зборі вони утворюють колонку, яку можна демонтувати або знову вставляти в форсунку як звичайну форсункову пружину.

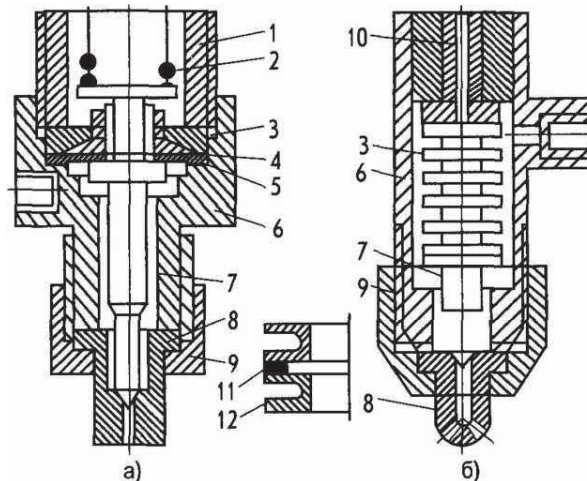


Рисунок 2.2 – Мембранні форсунки:

- а – з плоскою мембраною; б – з мембранною колонкою; 1 – штуцер;
2 – пружина; 3 – постіль; 4 – гайка; 5 – мембрана; 6 – корпус форсунки;
7 – клапан; 8 – сопло; 9 – притискна гайка; 10 – канал; 11 – кільце;
12 – сталева пластина

Утворений при складанні пластин внутрішній вільний простір зв'язується з атмосферою через канал 10. У період вприскування паливо проходить уздовж мембранної колонки в нижню частину клапана і діє на нього. Колонка деформується в осьовому напрямку, в результаті чого клапан піднімається, пропускаючи паливо в канал сопла і далі через соплові отвори в КЗ.

У конструкції відсутні прецизійні деталі, мембрана дозволяє отримувати великі зусилля при малих розмірах, внаслідок чого зменшується маса рухомих деталей, відбувається швидка посадка клапана на гніздо.

Спрощується експлуатація та обслуговування форсунки. Недоліком цієї конструкції є складність виготовлення пластин, а також велика вартість.

Форсунки з запірною гідравлічно-керованою голкою

У дизелебудуванні в основному застосовують форсунки з запірною гідравлічно-керованою голкою (рис. 2.3).

Працює форсунка таким чином. Паливо підходить до кишені 9 розпилювача по каналах в корпусі 11 форсунки і в корпусі 7 розпилювача, діє на диференціальну площадку голки 8, змушуючи її підніматися і відкривати передсуповий канал. Голка на сідло сідає за допомогою пружини 3, натяг якої регулюють гайкою 1 і фіксується контргайкою 2. Пружина через тарілку 4 діє на штангу і далі на голку. У більшості випадків штангу вільно встановлюють в корпусі. У деяких конструкціях передбачені направляючі штанги. Тоді вони сприймають бічні навантаження, що виникають внаслідок неточностей виготовлення, складання і перекосу пружини при її стисненні, і передають голці тільки осьові навантаження. Умови роботи голки при такому виконанні штанги значно поліпшуються, однак вимоги до обробки внутрішньої поверхні корпусу форсунки і направляючих штанги збільшуються.

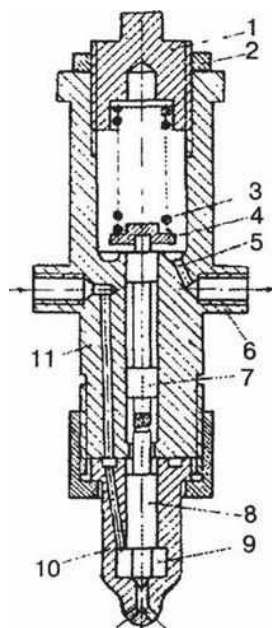


Рисунок 2.3 – Форсунка з запірною гідравлічно керованою голкою:

1 – гайка; 2 – контргайка; 3 – пружина; 4 – тарілка; 5 – канал відводу палива;
6 – штуцер відводу палива; 7 – направляючі штанги; 8 – голка; 9 – кишеня розпилювача; 10 – корпус розпилювача; 11 – корпус форсунки

При роботі форсунки через зазори прецизійної пари завжди відбувається просочування палива. З одного боку, це призводить до витоків палива, до зниження тиску в кишені форсунки, але з іншого - забезпечує мастилом тертьові поверхні і відвід тепла від голки в корпусі форсунки, створює ванну для пружини форсунки. При роботі пружини в паливній ванні динамічні напруження в витках зменшуються на 20-25%. Паливо, яке просочилося відводиться через канал 5, штуцер 6 в паливопровід, за яким паливо надходить в трубопровід низького тиску або витратний бак.

У деяких конструкціях форсунок перед розпилювачем встановлюють щільний фільтр високого тиску.

Форсунки з запірною гідравлічно керованою голкою конструктивно прості, надійні в роботі, не потрібні спеціальні пристрої для відкриття голки в момент упорскування. Однак вони не дозволяють здійснювати бажаний закон подачі палива і в результаті стисливості палива важко здійснюють регулювання фаз упорскування.

Наявність гідравлічно керованою голки дозволяє:

- усунути початкову ділянку подачі палива в КЗ при малих тисках і здійснювати початок подачі більш чітко і при підвищених тисках;
- усунути кінцеву ділянку подачі з малими тисками, здійснювати більш чітко закінчення подачі і запобігати при закритій голці підтікання палива;
- збільшувати середній тиск упорскування палива;
- запобігати небезпеки різкого погіршення розпилювання палива на малих швидкісних і навантажувальних режимах роботи дизеля;
- забезпечити герметичність системи при високих тисках в ній;
- регулювати тиск початку подачі відповідно до особливостей протікання робочого процесу дизеля;
- збільшити максимальний тиск подачі палива;
- зменшити закоксуваність соплових отворів і самого сопла і, таким чином, збільшити термін його служби.

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

До недоліків форсунок з запірною голкою слід віднести наявність рухомих деталей зі збільшеною масою і прецизійні пари голка-корпус розпилювача (робота якої часто порушується в результаті зависання і заїдання голки, швидкого зносу, перегріву, монтажних деформацій та ін.), А також високу точність виготовлення прецизійної пари.

Існує велика різноманітність конструкцій форсунок з запірною, гідравлічно керованою голкою.

У дизелебудуванні використовують форсунки з різними конструкціями розпилювачів з голкою (рис. 2.4).

У розпилювачі на рис. 2.4, а диференціальна голка 1 перекриває доступ палива до соплових отворів 3 запірним конусом. Під голкою передбачений предсопловий об'єм 2, наявність якого запобігає змиванню посадкового конуса гарячими газами в процесі згоряння.

Розпилювач, наведений на рис. 2.4, б, виконаний з плоским сідлом, яке дозволяє отримати значні прохідні перетини при відносно малих підйомах голки. Соплова пластина 1 притискається до корпусу 4 розпилювача гайкою 5. Сопловий отвір має зовнішній конічний підріз, тому факел розпорошеного палива виходить значно розширеним з малою далекобійністю.

При несприятливих температурних умовах передбачають охолодження розпилювача (рис. 2.4, в). Направляюча 7 голки стикається з корпусом 4 розпилювача тільки у верхній частині по спеціальному центруючому поясочку. На решті довжини між направляючою 7 і корпусом 4 є кільцевий зазор 8, по якому проходить паливо, яке здійснює інтенсивне охолодження нижньої частини розпилювача. Соплова пластина з отвором 7 притискається до корпусу 4 гайкою 5. Сопловий отвір не має підрізів, тому струмінь палива виходить більш зосередженим, пробивна здатність його збільшується, а кут конусності факела менше порівняно з кутом конусності факела в розпилювачі попереднього варіанту. Форсунки з таким розпилювачем можна встановлювати на форсованих дизелях з великою тепловою напруженістю.

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

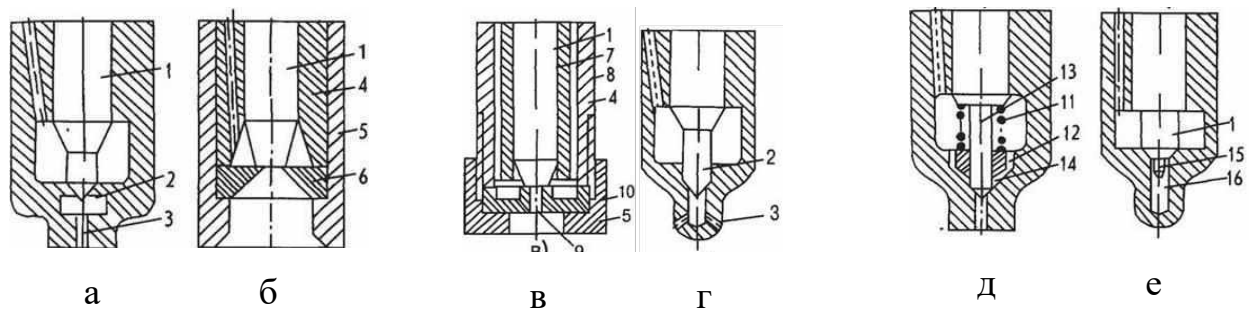


Рисунок 2.4 – Розпилювачі з голкою: а – однодирчатий, б – з плоским сідлом; в – з охолоджуваним корпусом; г – багатодирчатий; д – з вихровий вставкою; е – ступінчастої подачі; 1 – голка; 2 – предсопловий об’єм; 3 – сопловий отвір; 4 – корпус розпилювача; 5 – гайка; 6 – соплова пластина; 7 – напрямна голки; 8 – кільцевої зазор; 9 – отвір; 10 – пластина; 11 – пружина; 12 – поздовжній паз; 13 – вкладиш; 14 – канавка; 15 – штифт; 16 – кільцевий зазор

У однодирчатому розпилювачі, в якому здійснюється закручування палива (рис. 2.4, д), перед сопловим каналом встановлений вкладиш 13 з поздовжніми пазами 12 і похилими до осі голки канавками 14 на зовнішній поверхні конуса. Вкладиш утримується у своєму гнізді за допомогою пружини 11. У процесі подачі паливо відкриває голку і, проходячи по канавках 14 до соплового отвору, закручується.

Для зменшення гідравлічного опору сумарний перетин поздовжніх пазів і похилих канавок має бути значно більше прохідного перетину соплового отвору.

Форсунки з багатодирчатими розпилювачами набули найбільшого поширення в дизелебудуванні. Їх застосовують у всіх дизелях з нерозділеними камерами згоряння. Зазвичай перед сопловими отворами 3 (рис. 2.4, г) передбачають предсопловий об’єм 2. Число отворів може бути від двох до дванадцяти. У дизелях з великими розмірами циліндрів, в яких не відбуваються інтенсивні вихрові рухи повітря в КЗ, виконують велике число соплових отворів. При центральному розташуванні форсунки отвори виконують симетрично по колу, причому розміри їх однакові. Якщо форсунки зміщують, то отвори виконують

різними за розміром і розташовують несиметрично відносно осі розпилювача. У цьому випадку, розпилювач фіксують відносно корпусу форсунки, а форсунку встановлюють на дизелі тільки в одному певному положенні.

Особливістю розпилювача з несиметричним розташуванням отворів (рис. 2.4, е) є і те, що він забезпечує ступеневу подачу палива. На початку підйому голки паливо надходить до соплових отворів через кільцевий зазор 16 між циліндричним штифтом 15, що входять в предсопловий канал, і стінкою каналу. У міру підйому голки опір зазору зменшується, а кількість палива, що надходить до отворів збільшується. При виході штифта з каналу відбувається подача основної порції палива. Багатодирчатим розпилювачам притаманні і деякі недоліки. Так як отворів в соплі багато, то розміри їх зазвичай невеликі (від 0,15 до 0,8 мм). При малих розмірах соплових отворів частіше відбувається їх засмічення і загоряння, порушується первісна форма факела, скорочується термін служби розпилювача. Наявність сопла, виконаного як одне ціле з корпусом розпилювача, забезпечує отримання малих об'ємів предсоплових каналу, що усуває підтікання сопла при знижених тисках газу в циліндрі дизеля.

Недолік таких конструкцій полягає в тому, що при засміченні і руйнуванні соплових отворів доводиться викидати весь розпилювач. Розпилювачі з окремими соплами наведено на рис. 2.5, а, б. У розпилювачі, представленому на рис. 2.5, а, сопло виконано як одне ціле з гайкою 3, за допомогою якої його кріплять до корпусу 1 форсунки.

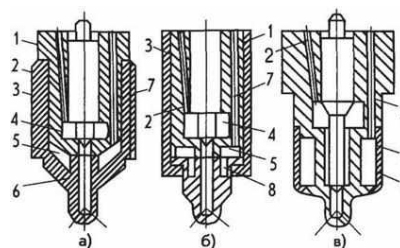


Рисунок 2.5 – Охолоджувані розпилювачі: а – з соплом, виконаним за одне ціле з гайкою; б – з окремим соплом; в – з довгою голкою, 1 – корпус форсунки, 2 – канал підведення палива, 3 – гайка; 4 – кишень форсунки; 5, 8 – кишень; 6 – предсопловий клапан, 7 – канал підведення охолоджуючої рідини

Паливо надходить в кишеню 4 форсунки по каналу 2. З метою зниження теплової напруженості розпилювача в місці установки запірного конуса голки передбачено додаткове охолодження (прісною водою, маслом або паливом). Охолоджуюча рідина надходить по каналу 7 в корпус форсунки в кишеню Б, звідки відводиться по іншому спеціальному каналу.

Сопло розпилювача на рис. 2.5, б виконано окремо від корпусу 1 форсунки і від гайки 3. У корпусі розпилювача і в самому соплі передбачені кишені 5 і 8 для охолоджуючої рідини, що підводиться по каналу 7. Паливо надходить в кишеню форсунки 4 по каналу 2. При такій конструкції розпилювача спрощується виготовлення прецизійної пари. Так як голка віддалена від соплових отворів і є порожнини охолодження, то поліпшуються теплові умови роботи прецизійної пари, що збільшує термін її служби.

При окремо виконаному соплі збільшується довжина каналу між ущільнюючим конусом і сопловими отворами, а отже, і його обсяг, тому виникає небезпека підтікання та закоксування соплових отворів.

Розпилювачі з окремими соплами застосовують переважно у важких дизелях. У автотракторних двигунах, як правило, сопло виготовляють як одне ціле з корпусом розпилювача.

Для поліпшення теплових умов роботи прецизійної пари форсунки широко застосовуються довгокорпусні розпилювачі. У довгокорпусних розпилювачів (див. рис. 2.5, в) навколо наконечника голки утворена кільцева порожнина, через яку надходить паливо. Крім того, охолоджуюча рідина через канал 7 підводиться в кишеню 5, герметично закритий кожухом 9, що дозволяє забезпечити відведення тепла від найбільш нагрітих деталей форсунки.

У довгокорпусних розпилювачах форсунок швидкохідних дизелів додаткове охолодження не застосовують, тому зменшена лобова теплосприймаюча поверхня, що омивається в КЗ гарячими газами, і поліпшені теплові умови соська розпилювача. Прецизійна пара максимально віддалена від найбільш нагрітих зон, у зв'язку з чим надійність її роботи зростає.

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На деяких суднових дизелях застосовують довгокорпусні розпилювачі з двухдиференціальною голкою (рис. 2.6, а). Дві прецизійні поверхні 3 і 5 розпилювача мають різні діаметри, тому утворюються два диференціальні майданчики і дві робочі порожнини 4 і 6 розпилювача.

Верхня порожнина 4 безпосередньо з'єднана з підвідним каналом 1, а нижня порожнина 6 від'єднується від нього зворотним клапаном 2. При набіганні штовхача на ділянку профілю А кулачка паливо надходить у порожнину 4 і 6 і діє одночасно на два диференціальні майданчики, піднімаючи голку, тиск відкриття якої відрегульовано на 6-11 МПа. При збіганні штовхача з профілю А (рис. 2.6, в) кулачка тиск в системі падає, голка сідає на гніздо, перекриваючи доступ палива в КЗ. Зворотний клапан 2 при цьому не дозволяє сильно розвантажувати порожнину 6. набіганні штовхача на ділянку В профілю кулачка призводить до нового підвищення тиску в системі, повторному більш легкому відкриттю голки і подачі в камеру основної порції палива.

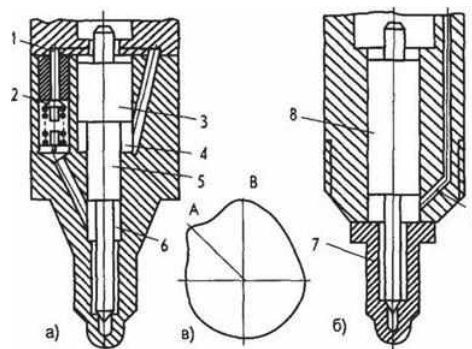


Рисунок 2.6 – Довгокорпусні розпилювачі: а – з двухдиференціальною голкою; б – з окремим соплом; в – профіль кулачка паливного насоса, що працює на форсунку; 1 – канал підведення палива; 2 – зворотний клапан; 3,5 – прецизійні поверхні; 4, 6 – порожнини; 7 – сопло; 8 – голка; 9 – канал

Після відсічення голка припиняє подачу, сідаючи під дією пружини на своє гніздо. В результаті розвантаження порожнини 4 після відсічення, пружині доводиться долати меншу силу опору, тому посадка голки відбувається при тиску, що перевищує в 2-3 рази тиск початку підйому. Відсічення подачі виходить чіткою, зменшуються період акумуляторного уприскування і загальна трива-

лість подачі, поліпшуються економічність робочого процесу дизеля великі тиску посадки голки зумовлюють появу в нагнітальному палипроводі підвищених залишкових тисків і служать причиною додаткових уприскувань. У зв'язку з цим, в таких паливних системах повинні передбачатися додаткові пристрої для розвантаження нагнітального паливопроводу (установка лічильників води, збільшення відсмоктуваного об'єму та ін.).

Прецизійну пару можна виконувати не тільки в корпусі розпилювача, а й в корпусі самої форсунки (рис. 2.6, б). Сопло 7 і спрямовуюча голка 8 виготовлені як дві окремі деталі. Така конструкція значно спрощує виробництво прецизійної пари, так як при виготовленні не потрібне дотримання співвісності циліндричної напрямної і конуса сидла сопла. При складанні сопло самовстановлюється щодо осі голки. Довгий пружний наконечник голки добре сприймає деформації сидла, що виникають при нагріванні, без порушення герметичності. Видалення прецизійного вузла від камери згоряння і зменшення діаметра сопла, що виходить в КЗ, дозволяє усунути перегрів голки і розпилювача. Паливо надходить в камеру форсунки по каналу 9, як і в звичайних форсунках.

У штифтових форсунках диференціальна голка на кінці під запірним конусом має спеціальний штифт. Найбільшого поширення набули форсунки з циліндровим штифтом (рис. 2.7, а, б) і штифтом, виконаним у вигляді двох усічених конусів (рис. 2.7, в). Зазвичай верхня циліндрична частина штифта діаметром $d_{ш1}$ входить в сопловий отвір з малим зазором. Нижня частина по діаметру $d_{ш2}$ менше або виконується конусною. Конус може бути зворотним (рис. 2.7, б), з невеликим кутом (4-5 °) або подвійним (рис. 2.7, в), причому кут нижнього конуса змінюється від 4 до 45°. Паливо надходить з каналу 1 в кільцевий переріз між штифтом і поверхнею отвору. На виході з соплового отвору струмені надається форма порожнього циліндра або полого конуса, тому збільшується її поверхня і поліпшується розпилювання. Прохідна площа розпилювача змінюється в міру підйому голки, тому міняється і опір руху палива на виході, що веде до складної зміни перепаду тисків, під яким подається паливо в КЗ дизеля.

Наявність розпилювача із зворотним конусом штифта забезпечує отримання малих розмірів внутрішньої порожнистої частини струменя, і в результаті струмінь за своєю формою наближається до звичайного струменя, що випливає з простого циліндричного соплового отвору. Такі струменя володіють великою далекобійністю, легко проникають в найвіддаленіші ділянки КЗ, але відносно погано дробляться, тому не забезпечують хороше перемішування розпорошеного палива з повітрям. Такі розпилювачі прості у виготовленні

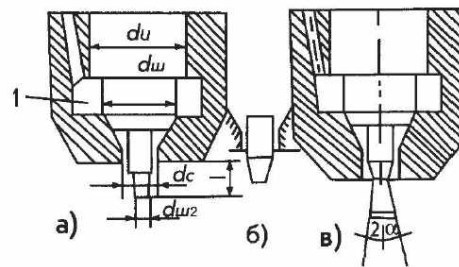


Рисунок 2.7 – Розпилювачі штифтових форсунок:

а – з циліндричним штифтом; б – з зворотнім конусом; в – з подвійним конусом на штифту; 1 - карман

Аналогічна картина спостерігається і при використанні форсунок з циліндровим штифтом. Наявність штифтів з прямим конусом дозволяє значно збільшити кут конуса порожнистої струменя, в результаті чого факел палива проникає в великий об'єм камери, краще перемішується з повітрям, забезпечуючи гарне сумішоутворення. Але дальність польоту такої струменя зменшується.

Змінюючи форму і розміри штифта, можна робити істотний вплив на процес розпилювання палива і сумішоутворення в КЗ. В результаті зміни вихідний площі штифтового розпилювача з підйомом голки його можуть використовувати не тільки для розпилювання палива, але і для регулювання кількості палива в КЗ за часом. Якщо збільшувати довжину циліндричної ділянки штифта, розташованого в сопловому отворі при її закритому положенні, то через малий кільцевий перерізу в перший період підйому в КЗ буде надходити мало палива. Тому за період затримки запалення в камері збереться невелика його кількість і згорання розпочнеться з плавним підвищенням тиску. Впорскування

ж основної маси палива почнеться після виходу циліндричної частини штифта з каналу, коли в КЗ відбудеться самозаймання раніше надійшовшого туди палива. Однак така ступінчастість подачі носить виражений характер лише при невеликій частоті обертання валу і навантаженнях. У міру збільшення швидкісного і навантажувального режимів роботи дизеля швидкість підйому голки зростає і вплив ступінчастості на його робочий процес проявляється незначно.

Штифтові форсунки встановлюють в основному в дизелях з розділеними КЗ.

Переваги штифтових форсунок:

- відносно великі розміри соплового отвору, важче піддається закоксовування;
- можливість застосування невеликих тисків подачі палива (до 15 МПа), що створюють кращі умови для роботи паливної системи;
- постійне очищення соплового каналу штифтом, що виключає можливість його закоксовування;
- менша чутливість системи до зміни швидкісних і навантажувальних режимів роботи;
- менша чутливість до зміни фізичних властивостей палива,
- велика в порівнянні зі звичайними закритими форсунками стабільність параметрів упорскування;
- можливість регулювання палива протягом періоду уприскування.

Недоліки штифтових форсунок:

- не забезпечують якісного сумішоутворення в умовах відсутності інтенсивних вихрових рухів організованого характеру, тому їх встановлюють у дизелях з розділеними КЗ;
- складні у виготовленні (при обробці штифта можливі похибки, що ускладнює забезпечення ідентичних характеристик форсунок);
- важче забезпечують стійку роботу форсунок на режимах часткових подач, коли голка знаходиться не на упорі, так як прохідний перетин змінюється за часом;

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

основні верхні отвори 2, через які в КЗ надходить паливо основної частини циклової подачі.

Розпилювач, представлений на рис. 2.8, б, відрізняється від попередніх тим, що верхні малі соплові отвори виконані безпосередньо в сидлі. Нижні отвори вступають в роботу лише при повному виході циліндричного штифта з предсоплового каналу. Виконання соплових отворів на сидлі пов'язане з певними труднощами, тому розпилювач, наведений на рис. 2.8, а, більш кращий.

У міру збільшення швидкісного і навантажувального режимів роботи дизеля, швидкість підйому голки зростає, тривалість виходу штифта з предсоплового каналу зменшується і вплив ступінчастості подачі на протікання робочого процесу дизеля майже не вловлюється. Помітний вплив її виявляється лише на малих швидкісних і навантажувальних режимах.

Акумулюючі форсунки

Відмінною особливістю акумулюючих форсунок (рис. 2.9) є наявність в їх корпусі спеціального акумулюючого об'єму.

У корпусі 2 форсунки розташована диференціальна голка 5, навантажена пружиною 3. Сопло 8 можна виготовляти окремо або як одне ціле з гайкою 7. При наявності сопла, виконаного окремо, можна легше здійснювати центрування голки щодо нижнього запірного конуса. У перервах між впрысками пружина 3 притискає нижній конус голки до сидла сопла і роз'єднує, таким чином, камеру згоряння і простір паливної системи. У період нагнітання, паливо надходить по основному каналу корпусу форсунки і через отвір 4 в акумулюючий об'єм 6 форсунки.

Після відсічення подачі, тиск в каналі 1 падає, а зусилля, що діє на диференціальну площадку голки з боку стисненого в об'ємі 6 палива, щільно притискає голку верхнім конусом до верхнього сидла, при цьому відкривається доступ палива в КЗ. Витікання палива відбувається до тих пір, поки тиск в акумулюючому об'ємі не стане менше тиску затягування пружини голки. Після цього пружина переміщує голку вниз, і доступ палива до соплових отворів припиняється. У такій форсунці тиск за період впрыскування змінюється від максима-

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

льного до тиску, відповідного посадці голки форсунки, тобто за законом, зворотному закону подачі звичайними закритими форсунками.

У цьому полягає великий недолік акумулюючих форсунок, так як така подача палива викликає різке наростання тиску згоряння в камері дизеля і жорстку його роботу.

Наявність акумулюючих форсунок дозволяє поліпшити протікання робочого процесу дизеля на малих швидкісних (і частково навантажених) режимах, так як тиск палива в акумулюючій порожнині майже не залежить від швидкісного режиму.

Їх можуть застосовувати для високооборотних дизелів малої потужності з розділеними камерами згоряння, а при збереженні сталості тиску в період упорскування і для дизелів великої потужності з однополостними камерами згоряння.

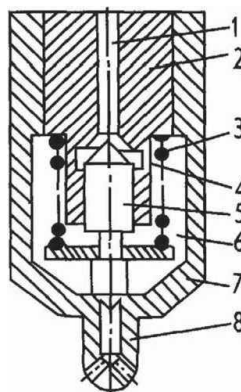


Рисунок 2.9 – Акумулююча форсунка:

- 1 – осьовий канал; 2 – корпус; 3 – пружина; 4 – отвори; 5 – голка;
6 – акумулюючий об'єм; 7 – гайка; 8 – сопло

Форсунки з системою автоматичного регулювання тиску відкриття голки

Залежно від навантаження дизеля за допомогою цієї системи (рис. 2.10) забезпечується висока економічність в широкому діапазоні навантажень, а також більш стійке протікання робочого процесу в зоні низьких навантажень. За-

вдяки цьому, зберігається надійна робота на паливі низької якості до 30% номінальної потужності без зміни регулювання двигуна.

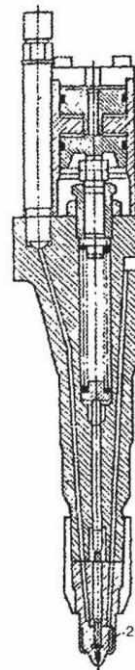


Рисунок 2.10 – Форсунка з регулюванням тиску відкриття:

1 – пневмоциліндр; 2 – розпилювач

Регулятор тиску палива автоматично збільшує або зменшує подачу повітря до поршня пневмоциліндра 1 на форсунки. Для забезпечення надійної роботи розпилювачів 2 в умовах постійного погіршення якості палива фірма «Міцубісі» використовує для їх охолодження ізольовану систему водяного охолодження.

Така конструкція форсунки може використовуватися на МОД і СОД.

Електрогідравлічна форсунка

На рис. 2.11 представлена електрогідравлічна форсунка (ЕГФ), розроблена в Коломенській філії ВЗП.

Керованим елементом форсунки служить клапан з електромагнітним приводом. У конкретному випадку клапан виконаний золотниковим. Відкриття та закриття клапана в поєднанні з наявністю жиклерів створює гідравлічні зусилля, що викликають підйом голки і її посадку на сидло. При виконанні клапана золотниковим допускаються витоку палива через клапан, що знижує енерге-

тичну ефективність системи. При цьому, однак, клапан практично урівноважений від дії гідравлічних зусиль і тому має високу швидкодію при малих зусиллях переміщення і габаритах електромагніту. Для зменшення витоків палива через закритий клапан передбачені висока жорсткість його деталей, малий зазор в парі і високий ступінь фільтрації палива. Останнє - для зниження темпу зносу клапана в процесі експлуатації. Зменшення протікання палива через клапан може бути досягнуто застосуванням двох - і триходових клапанів.

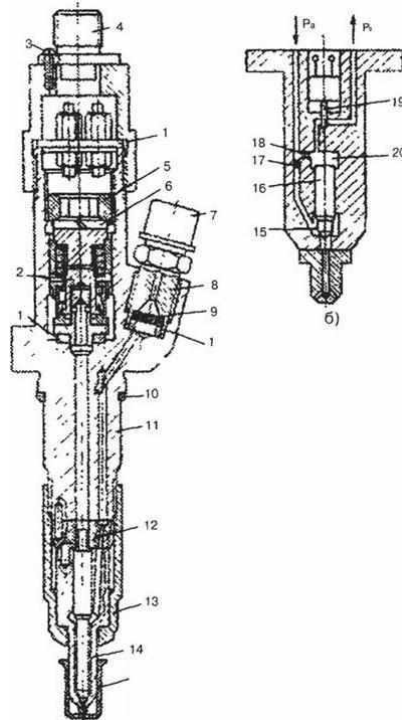


Рисунок 2.11 – Електрогідравлічна форсунка:

- а – розріз ЕГФ конструкції Коломенської філії ВЗП; б – схема ЕГФ, яка пояснює принцип електрогідравлічного управління; 1 – ущільнювальні шайби; 2 – золотниковий клапан; 3 – гвинт; 4 – електричний роз'єм; 5 – притискна гайка; 6 – контршайба; 7 – захисний ковпачок; 8 – штуцер підведення палива; 9 – сітчастий фільтр; 10 – ущільнююче кільце; 11 – корпус форсунки; 12 – проставка з жиклером; 13 – стяжна гайка форсунки; 14 – розпилювач; 15 – камера впорскування; 16 – голка; 17 – жиклер камери впорскування; 18 – жиклер камери керування; 19 – золотниковий керуючий клапан з електромагнітом; 20 – камера управління

Ще більше зменшення втрат стисненого палива може бути забезпечене при використанні неврівноважених клапанів, наприклад, кулькового типу. При цьому обмеженими виявляються можливості підвищення тиску в акумуляторі, тому що в протилежному випадку електромагніт необхідних габаритів виявляється не в змозі подолати зусилля пружини клапана, що утримує клапан від відкриття під дією гідравлічного зусилля.

Клапани такого типу можуть застосовуватися з штифтові розпилювачами на малорозмірних дизелях з розділеними КС, де необхідні тиску впорскування не перевищують 25-30 МПа.

Характерною особливістю ЕГФ (рис. 2.12) є мінімальний обсяг камери управління, що також сприяє зменшенню втрат стисненого палива.

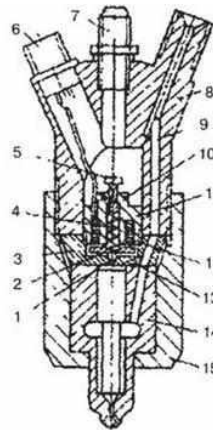


Рисунок 2.12 – ЕГФ з кульковим керуючим клапаном:

- 1 – кулька; 2 – якір; 3 – проставка; 4 – замикаюча пружина;
- 5 – регулювальний гвинт; 6 – електричний роз'єм; 7 – штуцер зливу;
- 8 – корпус форсунки; 9 – канал підведення палива; 10 – стопор;
- 11 – магнітопровід; 12 – обмотка електромагніта; 13 – дросель;
- 14 – розпилювач; 15 – стяжна гайка

Характерною особливістю ЕГФ (рис 2.12) є мінімальний об'єм камери управління, що також сприяє зменшенню втрат стисненого палива.

Для керування формою характеристики впорскування може бути застосований формувач гідравлічного імпульсу типу запропонованого Коломенською філією ВЗПІ.

Для серійно випускаємих дизелів може використовуватися паливна система, схема якої показана на рис 2.13. Тут акумуляторна система з ЕГФ включає паливний бак ТБ, паливopідкачуючий насос ППН з редукційним клапаном К01, паливний фільтр ТФ, керований паливний насос високого тиску ПНВТ, нагнітає паливо через паливний холодильник ТХ в акумулятор великої ємності ТА 1.

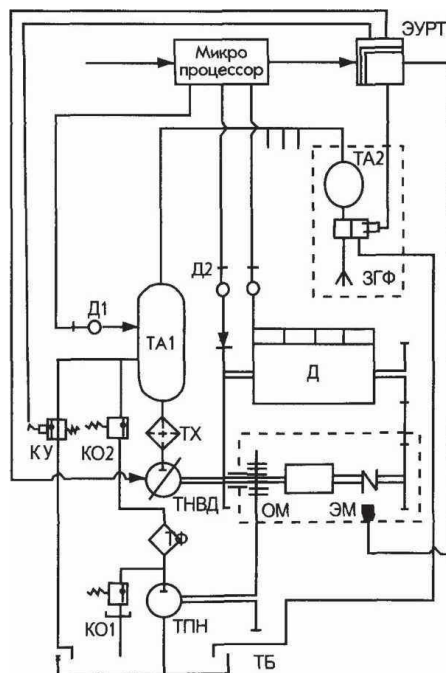


Рисунок 2.13 – Схема акумуляторної системи з ЕГФ

Паливний акумулятор забезпечений запобіжним клапаном К02, який обмежує тиск в акумуляторі і запобігає руйнуванню паливної системи в разі аварійного зростання тиску, і керованим клапаном КК, службовцям для регулювання тиску в акумуляторі і розвантаження паливної системи після зупинки двигуна. Паливний акумулятор великої ємності пов'язаний трубопроводом високого тиску з акумулятором ємності ТА2, встановленим безпосередньо у ЕГФ. ЕГФ управляється електричними імпульсами, що виробляються електронним пристроєм регулювання паливоподачі ЕУРТ, сигнал на який надходить від мікропроцесора, обробного сигнали від датчиків, стану дизеля і навколишнього середовища і виробляє необхідний сигнал з використанням закладених в його пам'ять програм. Командний сигнал надходить до мікропроцесора від механіка.

Момент початку впорскування зв'язується з положенням колінчастого вала дизеля за допомогою датчика Д2. Тиск в акумуляторі контролюється датчиком тиску Д1 і змінюється за заданою програмою шляхом зміни продуктивності ПНВТ.

Дизель Д пускається електричним стартером М, який до моменту запуску відключений від дизеля і приводить в обертання вал ТНВД через обгону муфту ОМ. Після підвищення тиску в акумуляторі включається гвинтова муфта з соленоїдним приводом ЕМ і проводиться пуск двигуна. Після виключення стартера ТПН наводиться від колінчастого вала дизеля через друге плече обгонів муфти ОМ. Можливо також і використання в системі пуску двох електромагнітних муфт з почерговим включенням.

Електронне управління уприскуванням з гідропідсилювачем

Паливні системи (ПС) цієї групи забезпечують гнучке управління тиском впорскування Використання гідропідсилювача дозволяє отримувати високі (до 100-250 МПа) тиску впорскування.

Для створення тиску, керуючого сервопоршнем, може бути використаний насос або акумуляторна система середнього тиску. Основний елемент – гідропідсилювач, часто вбудовується в форсунку, утворюючи таким чином насос-форсунку з гідроприводом, але він може бути розташований і в окремому корпусі Схема електронної ТЗ з гідропідсилювачем наведена на рис 2.14. З акумулятора середнього тиску 1, 8 якому тиск підтримується насосом 7, паливо подається через золотниковий розподільник 4, керований електромагнітом, в порожнину над сервопоршнем гідропідсилювача 5. Сервопоршень, рухаючись вниз, переміщує плунжер, який нагнітає паливо через паливопровід в форсунку 6. За командою електронного блоку 2 золотниковий розподільник повідомляє порожнину над сервопоршнем гідропідсилювача зі зливом, поршень зупиняється, і впорскування закінчується. Таким чином, дозування здійснюється електронним блоком управління за допомогою розподільника, керованого електромагнітом. Після закінчення впорскування, блок управління посилає сигнал на клапан 3, який з'єднує акумулятор 1 з лінією високого тиску, тобто з форсункою 6, пали-

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вопровідом і порожниною під плунжером. Відбувається наповнення, одночасно плунжер і сервопоршень піднімаються вгору.

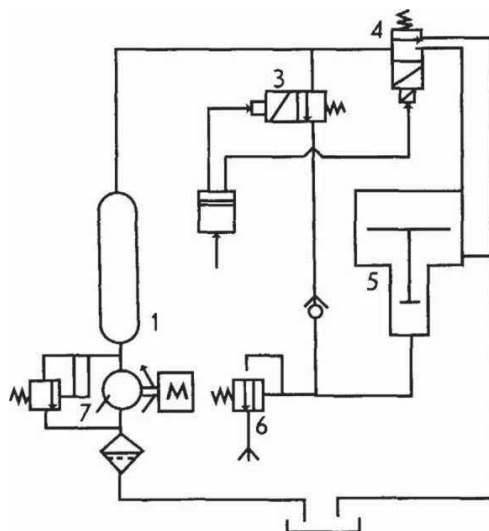


Рисунок 2.14 – Схема паливної системи з гідропідсилювачем фірми «Комацу»

Дослідження показали, що при використанні таких систем тиск впорскування не залежить практично від діаметра плунжера і прохідного перетину соплових отворів. При певному конструктивному вирішенні прохідний перетин соплових отворів мало впливає на циклову подачу палива.

Вдосконалення методів керування ТЗ для підвищення паливної економичності та екологічних показників дизеля пов'язано в основному з розробкою і вдосконаленням ТЗ з електронним управлінням. Ця робота йде по декількох напрямках:

- розробка і модернізація вузлів ТЗ;
- збільшення числа реєстрованих параметрів і підвищення надійності датчиків;
- вдосконалення електронних блоків управління в напрямку розробки програмно-адаптивних систем зі зворотним зв'язком по вихідних показниках;
- вдосконалення виконавчих пристроїв;
- оптимізація спільної роботи двигуна і приводиться агрегату;
- підвищення надійності роботи ТЗ з електронним управлінням;
- розробка оптимальних алгоритмів керування.

Робота форсунки на важкому паливі

При роботі дизеля на важкому паливі істотне значення має надійність паливної апаратури. Робота в умовах високих температур часто призводить до нагароутворення навколо отворів розпилювача форсунки. Кільце нагару, змінюючи характер паливної струменя, знижує ефективність згоряння, сприяє підвищенню температури в циліндрі і збільшенню швидкості нагароутворення.

Якщо розпилювач форсунки перегрівається, то голка деформує сідло, що веде до погіршення характеристики уприскування. Випробування показали, що форсунка працює нормально в тому випадку, якщо температура розпилювача не перевищує 180 °С. Тому при роботі на важкому паливі рекомендується застосовувати охолодження форсунки. Однак необхідно уникати і переохолодження форсунки, так як зниження температури розпилювача нижче точки роси викликає холодну корозію поверхонь розпилювача, розташованого в циліндрі.

Система охолодження розпилювача повинна підтримувати його температуру в діапазоні 140-180 °С.

У дизелях серії К. Мајог система охолодження форсунок об'єднана з системою охолодження випускних клапанів. У дизелях серії MB275 і EМагk2 при роботі на важкому паливі охолодження форсунок передбачено окремою системою охолодження, в якій циркулює дистилатне паливо по замкнутому контуру. Охолодження охолоджуючого палива виробляється в теплообмінному апараті, включеному в систему охолодження дизеля.

Форсунка з охолодженням дозволяє працювати на важкому паливі в'язкістю 130 мм²/с при 50 °С, підігрітому до 100 °С. В цьому випадку температура соска розпилювача форсунки не виходить за допустимі межі, змінюючись з навантаженням від 120 до 170 °С.

При роботі на важкому паливі тиск уприскування підвищується і затримка займання зростає в порівнянні зі звичайним дизельним паливом.

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На часткових навантаженнях для попередження низькотемпературної корозії, температуру охолоджувача необхідно підтримувати в межах 65-70 °С.

Удосконалення соплового апарату форсунки

На економічність дизелів істотний вплив роблять:

- розміри і кутове розташування соплових отворів,
- конструктивні співвідношення запірного конуса;
- форма і розмір предсоплового каналу розпилювача.

Ці елементи зазвичай для стислості називають сопловим апаратом розпилювача.

Удосконалення соплових апаратів шляхом оптимізації кількості соплових отворів і координат їх розташування відносно КЗ є одним з основних напрямків у розвитку багатодирчатих розпилювачів. Основним обмежуючим фактором є складність організації сумішоутворення і відсутність ефективних методів визначення необхідної в конкретних умовах форми впорскується факелів палива, а також труднощі в технології виготовлення великої кількості соплових отворів і в забезпеченні стабільності параметрів факела по окремих отворів.

З цих причин для дизелів з відкритою КЗ переважне поширення отримав сопловий апарат з однорядним розташуванням соплових отворів, як найбільш простий для умов серійного виробництва паливоподаючої апаратури. Для цих розпилювачів необхідна узгодженість факела уприскування і КЗ, крім параметрів соплових отворів, забезпечується підбором поверхні КЗ і виконанням камер згоряння у вигляді тіл обертання.

Загальні рекомендації, вироблені практикою за попередньою підбору соплових отворів до відкритих КЗ із струменевим сумішоутворенням, зводяться до забезпечення відповідності розмірів факела формі КЗ і рівномірного розподілу палива по всьому її об'єму.

У міру зростання форсировки дизелів, збільшення циклової подачі палива та ефективного прохідного перетину сопла, виконання зазначених вимог при однорядному розташуванні соплових отворів істотно ускладнюються. Вирішен-

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ням проблеми забезпечення підвищення форсировки дизелів є перехід до багаторядного розташування соплових отворів. У цьому напрямку розроблено ряд конструкцій (див. рис. 2.15).

Сопловий апарат має подовжений сопловий наконечник, що дає технологічну свободу у виборі товщини стінок і багаторядне розташування соплових отворів при різних кутах нахилу.

Конструкція соплового апарату (рис. 2.15, а) передбачає виконання соплових отворів при дворядному розташуванні, що забезпечує зменшення дальності паливних факелів відповідно до форми КЗ при досить розвиненому сумарному прохідному перерізі розпилювача і знижує можливості прогара поршнів.

У варіанті на рис. 2.15, б соплові отвори розташовані віялоподібно по три отвори в групі таким чином, що при уприскуванні утворюється факел у вигляді гвинтових лопатей, що сприяють закручуванню повітря в КЗ.

Практичні результати підтверджують доцільність переходу до багатодирчатого розпилювача з багаторядним розташуванням соплових отворів при вдосконаленні процесу згоряння, особливо для високофорсованих дизелів. При цьому необхідно враховувати ускладнення конструкції розпилювача, яке вимагатиме ретельний підбір елементів його проточної частини і стабілізації гідравлічних характеристик окремих сопел.

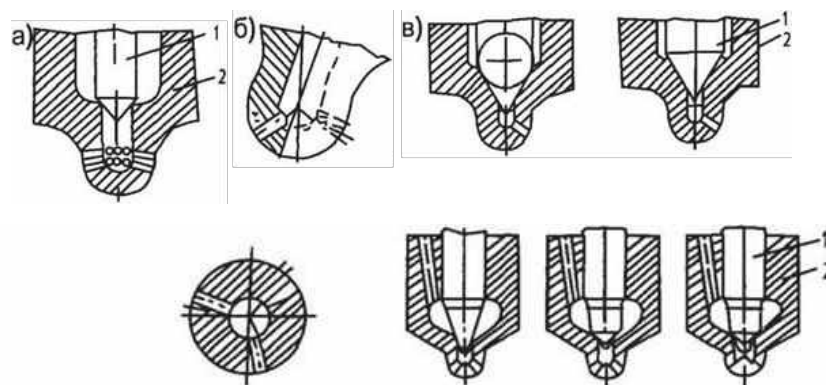


Рисунок 2.15 – Конструкція соплових апаратів:

1 – голка; 2 – розпилювач

Для підвищення ефективності роботи багатодирчатого соплового апарату необхідно профілювання проточної частини його розпилювача за розмірами і формою паливопідводящих каналів для зниження їх гідравлічних опорів і втрат енергії, що підводиться тиску палива.

Найбільш важливими елементами в розпилювачі вважаються паливопідводящі канали на ділянці від входу в розпилювач до запірного конуса, прохідний перетин під конусом голки і т паливопідводящі канали від запірного конуса до соплових отворів. Лімітуючими перетинами є тільки два останніх ділянки, так як вони пов'язуються з габаритними розмірами розпилювача і зазвичай виконуються в 1,5-2 рази більше площі прохідних перетинів соплових отворів.

Необхідність підвищення ефективності роботи розпилювача шляхом зниження гідравлічних опорів привела до розробки конструкції розпилювачів зі спеціальними профілями поверхонь паливопідводящих каналів для додання структурі потоку палива ламінарного характеру перебігу та забезпечення спрацьовування максимального перепаду тиску уприскування безпосередньо на сопловому отворі. Можливі шляхи профілювання такого роду каналів вимагають ускладнення технології виготовлення предсоплової частини (див. рис. 2.15, в).

У представлених конструкціях запірний конус голки і сідла виконаний у вигляді тіл обертання самої різної форми, що зменшує турбулентність потоку і гідравлічні втрати.

Зниження гідравлічних опорів розпилювача пов'язано з профілюванням безпосередньо соплового отвору, наданням його проточної частини обтічної форми (рис. 2.16).

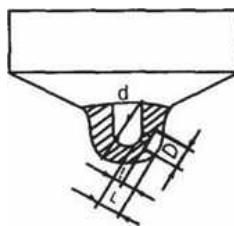


Рисунок 2.16 – Конструктивні форми виповнення соплових отворів

Конструкції соплових апаратів з віхреобразуючими пристроями наведено на рис. 2.17.

Основні відмінності в роботі цих конструкцій: частина енергії, що підводиться тиску палива завдяки гвинтовим (рис. 2.17, а, б) або тангенціальним (рис. 2.17, в) канавкам перетворюється в обертальний рух рідини перед входом в сопловий отвір. Потік палива набуває обертальний рух щодо осі розпилювача і високий ступінь турбулізації перед сопловими отворами, які різко прискорюють внутрішньоканальний розпад і підвищують якість розпилювання палива.

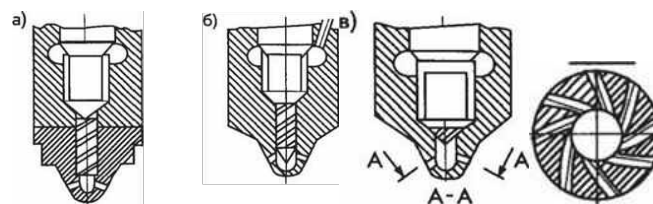


Рисунок 2.17 – Соплові апарати з віхреобразуючими елементами

Інтенсифікацію початкових збурень в потоці палива, що впорскується забезпечують конструкції соплових апаратів з пересічними струменями, в яких кінетична енергія струменів використовується для взаємного їх дроблення. Експерименти підтверджують поліпшення розпилювання та розповсюдження палива всередині факела в розпилювачах з пересічними струменями, але водночас зазначається їх висока чутливість до неточностей виготовлення соплових отворів. Внутрішньоканальний перетин струменів менш чутливе до технологічних неточностей і зміни напрямку паливного факела і тому може бути визнано більш перспективним при вдосконаленні розпилювачів форсунок дизелів.

З великого різноманіття конструкцій соплових апаратів найбільш важливі шляхи їх вдосконалення зв'язуються із застосуванням багаторядного розташування соплових отворів, з поліпшенням гідравлічних характеристик проточної частини розпилювача і інтенсифікацією вихреобразуючих і турбулізації в потоці палива, що впорскується.

Оптимальний варіант соплового апарату повинен ґрунтуватися на конструктивних елементах, що забезпечують по режимам стабільне вихрообразування в потоці палива, що впорскується при загальних невисоких гідравлічних опорах проточної частини розпилювача. За цих умов забезпечується підвищення якості розпилювання палива, особливо на часткових режимах з малими тисками уприскування, і підвищення економічності дизелів.

Фірма MAN провела дослідження на дизелі ЧН 32/36 за впливом кількості соплових отворів, на витрату палива і димність (рис. 2.18).

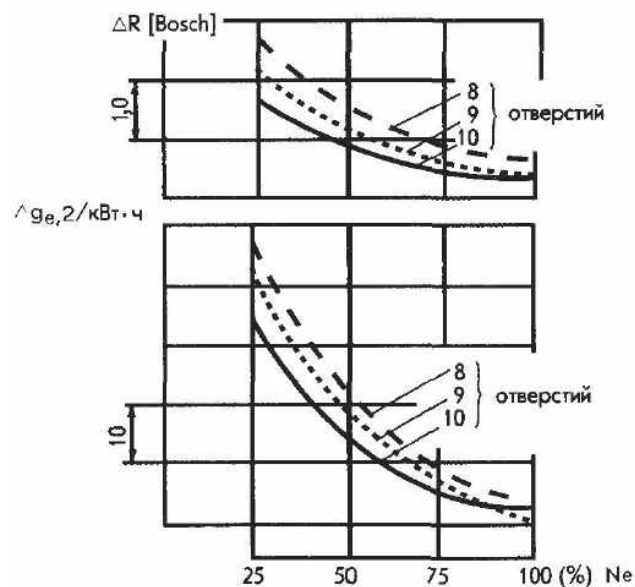


Рисунок 2.18 – Вплив кількості соплових отворів на витрату палива та димність відпрацьованих газів

Форсунки з гідравлічним зануренням голки

Для більшості форсунок з диференціальної голкою нагривателем є механічна пружина. Такий спосіб навантаження, відрізняючись простотою, володіє і недоліками, що складаються в тому, що пружини часто виходять з ладу в результаті важких умов роботи, збільшуються маси рухомих деталей за рахунок маси пружини і штанги, з'являються бічні сили, що діють на прецизійну пару голки при перекосях пружин і обумовлюють порушення щільності циліндричної

частини і садивного паска, і інші Диференціальну голку можна навантажувати і за допомогою гідравлічної пружини Такі форсунки називають гідрозапорними.

У гідрозапорній форсунці (рис. 2.19) з корпусу 6 форсунки видалені пружина і штанга, а порожнина 5 заповнена гідросумішшю під тиском 18-20 МПа.

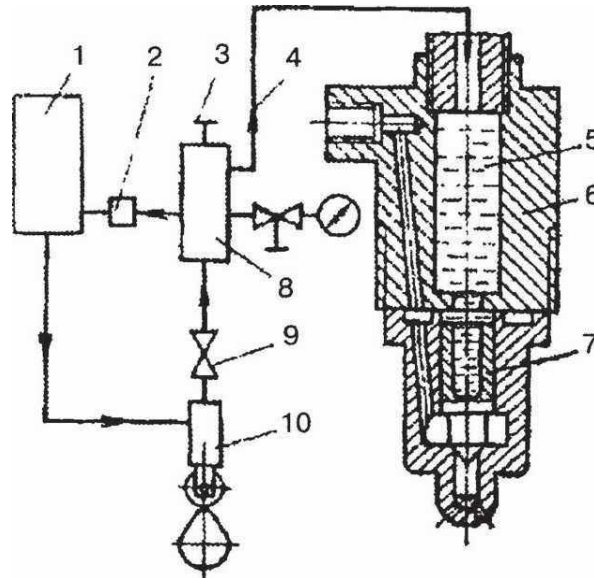


Рисунок 2.19 – Схема установки форсунки з гідравлічним зануренням голки:

- 1 – бак; 2 – перепускний клапан; 3 – запобіжний клапан; 4 – трубопровід;
5 – порожнина; 6 – корпус форсунки; 7 – голка; 8 – акумулююча ємність;
9 – зворотний клапан; 10 – насос

При підйомі голки суміш стискається, виконуючи функцію пружини. Поповнення витоків гідросуміші і підтримання постійного тиску в порожнині 5 здійснюється одноплунжерні насосом 10, який нагнітає суміш в акумулюючі порожнину 8 через зворотний клапан 9. Тиск у цій ємності регулюють перепускним клапаном 2, отводящим суміш у бак 1. На акумулюючій ємності зазвичай встановлюють запобіжний клапан 3, а тиск у ньому контролюють манометром. Від акумулюючої ємності суміш подається по трубопроводу 4 в усі форсунки.

При пуску дизеля тиск в акумулюючої ємності підвищують при ручному прокачуванні насоса. В якості гідрозапорної рідини застосовують суміш дизельного палива з картерів маслом, яке виконує роль антикорозійного компонента, або суміш зневодненого дизельного палива з інгібованими антикорозійними мастилами.

До позитивних сторін гідрозапорних форсунок можна віднести:

- зменшення маси рухомих деталей форсунки, внаслідок чого послаблюється удар голки про сідло і зменшується знос і руйнування конуса голки і сидла;
- поліпшення умов роботи прецизійної пари внаслідок анти-корозійних змащувальних добавок до гідросуміші;
- ідентичність тиску відкриття голки всіх форсунок дизеля, що харчуються гідросумішею від однієї акумуляторної ємності;
- можливість регулювання тиску відкриття голки залежно від режимів роботи дизеля при зміні тиску в акумуляторної ємності;
- поліпшення умов роботи прецизійної пари через відсутність бічних зусиль;
- можливість збільшення діаметрального зазору в прецизійної парі внаслідок відсутності витоків палива з системи.

Зазначені переваги обумовлюють збільшення терміну служби гідрозапорних форсунок і поліпшення протікання робочого процесу дизеля на малих швидкісних і навантажувальних режимах.

До недоліків гідрозапорних форсунок слід віднести:

- необхідність установки на дизель додаткової системи живлення форсунок замикаючої рідиною, що ускладнює як конструкцію дизеля, так і його обслуговування;
- у разі порушення в системі подачі замикаючої рідини всі форсунки дизеля починають погано працювати, що призводить до зупинки дизеля,
- застосування в системі живлення двох рідин.

Спростити обслуговування гідрозапорних форсунок можна внаслідок застосування чистого дизельного палива як замикаючої рідини.

В результаті експлуатації форсунок на гідросуміші встановлено, що необхідно ретельно її очищати, тому що в протилежному випадку можливе зависання голок при попаданні в кільцевий зазор твердих домішок.

Розпилювачі з зіткненими струменями

Відомі розпилювачі, що забезпечують впорскування палива методом зіткнених струменів. При асинхронній зміні параметрів струменів поширення відбувається в загальному випадку по еліптичному полуму конусу із змінним кутом при вершині. Застосування даних розпилювачів дозволяє значно збільшити використання об'єму камери згоряння, знизити нерівномірність концентрації палива, що дозволяє в цілому поліпшити показники дизеля. Однак при гідравлічному управлінні підйомом голки вказане зміна параметрів відбувається тільки на етапах підйому і опускання запірної голки форсунки, коли змінюється різниця тисків палива у соплового отвору в сидлі і у отворі в носіку розпилювача. Експериментальні дослідження показали високу ефективність даних розпилювачів на режимах роботи дизеля, що обумовлюють незначний час перебування запірної голки на упорі в порівнянні із загальним часом впорскування (режими малих подач палива).

Висновок

Таким чином, в результаті зробленого аналізу сучасних конструкцій форсунок визначено, що для двигуна МАК 8М25 найефективнішим буде використання розпилювачів з зіткненими струменями, що дозволяє підвищити індикаторний ККД, сприяє поліпшенню економічних і екологічних якостей двигуна.

					КРМ.142.6222м.01.02.ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Здобувач		Андрущенко А.М.			ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК ДВИГУНА МАК 8М25		Літ.	Аркуш	Аркушів
Консультант								53	18
Керівник		Тимошевський Б.Г.					НУК імені адмірала Макарова		
Зав. каф.									

РОЗДІЛ 3

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК ДВИГУНА МАК 8М25

3.1 Тепловий розрахунок двигуна МАК 8М25

Методика розрахунку робочого циклу двигуна

Розрахунковий цикл поршневого двигуна внутрішнього згоряння значно відрізняється від ідеальних циклів. В розрахунковому циклі двигуна внутрішнього згоряння змінюється кількість робочого тіла, його состав і фізичні властивості. Внаслідок кінцевої швидкості згоряння та дисоціації продуктів згоряння прихована в паливі хімічна енергія виділяється не миттєво. В процесі розширення проходять догоряння палива та відновлення дисоційованих газів, з виділенням тепла. В розрахунковому циклі робоче тіло не можна приймати з постійними теплоємностями, так як температура та состав газів в циліндрі значно змінюються. В розрахунковому циклі також маються теплові та аеродинамічні втрати [6].

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

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

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

На його основі можливо:

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

Вибір й обґрунтування вихідних даних для теплового розрахунку

Температура навколишнього повітря T_0 . Приймаємо $T_0 = 293$ К (стандартні умови застосування).

Тиск навколишнього повітря p_0 . Варто приймати $p_0 = 0,1013$ МПа (стандартні умови застосування).

Ступінь стиску ε . При призначенні ступеня стиску варто враховувати розміри циліндра і спосіб сумішоутворення. Приймаємо $\varepsilon = 14$ [7].

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 робиться з вибором оптимального значення P_k . З урахуванням переліченого встановлюємо $\alpha = 2,5$.

Показник адіабати повітря $k_s = 1,4$.

Механічний ККД турбіни $\eta_{т.м} = 0,98$.

Адiabатний ККД турбіни $\eta_{т.ад} = 0,85$.

Коефіцієнт залишкових газів γ_r . Вплив на значення цього коефіцієнту завдають тип двигуна, особливості повітропостачання і газообміну. Приймаємо $\gamma_r = 0,04$.

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

Ступінь підвищення тиску при згорянні λ . Приймаємо $\lambda = 1,4$.

Підігрів заряду від стінок циліндру ΔT_a . Ця величина складає: (5 – 45) К – для ДВЗ з наддувом та (10 – 20) К – для ДВЗ без наддуву.

Приймаємо $\Delta T_a = 10$ К.

Коефіцієнт скруглення індикаторної діаграми ζ . Величину цього коефіцієнту вибирають на підставі дослідних даних, звертають увагу на тип двигуна та особливості системи газообміну.

Приймаємо $\zeta = 0,96$.

Механічний ККД двигуна η_m .

Приймаємо $\eta_m = 0,91$.

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

Температура залишкових газів T_r .

Приймаємо $T_r = 700$ К [6].

Хімічний склад палива. Розрахунок проводиться на важке паливо середнього складу [8]: С = 0,87 кг – кількість вуглецю; Н = 0,126 кг – кількість водню; S = 0 кг – кількість сірки; О = 0,004 кг – кількість кисню.

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

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

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ступінь підвищення тиску в компресорі Π_k . Для даного типу компресора приймаємо $\Pi_k = 4,2$.

Частка ходу поршня втраченого на продувку φ_n . Для 4-тактних двигунів $\varphi_n = 0$.

Результати теплового розрахунку

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

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 Π_k (отриманим в результаті розрахунку циклу) не перевищувала 0,5%. В якості прикладу, представимо повний розрахунок номінального режиму роботи двигуна.

Розрахунок процесу наповнення

Температура повітря за компресором, К

$$T_k = T_0 \times \left[1 + \frac{\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{0,286} - 1}{\eta_{k.ad}} \right] = 293 \times \left[1 + \frac{\left(\frac{0,42}{0,101} \right)^{0,286} - 1}{0,8} \right] = 476,826$$

Температура повітря перед двигуном, К

$$T_s = T_k - \eta_o \times (T_k - T_0) = 476,826 - 0,85 \times (476,826 - 293) = 320,574$$

					KPM.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Температура заряду наприкінці процесу наповнення, К

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T_a + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{320,574 + 10 + 0,04 \times 700}{1 + 0,04} = 344,783$$

Тиск повітря перед двигуном, МПа

$$P_s = P_k - \Delta P_{ox} = 0,42 - 0,005 = 0,415$$

Тиск заряду наприкінці процесу наповнення, МПа

$$P_a = 0,98 \times P_s = 0,98 \times 0,415 = 0,408$$

Коефіцієнт наповнення

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_a}{P_s} \times \frac{T_s}{T_a} \times \frac{1}{1 + \gamma_r} \times (1 - \varphi_n) = \frac{14}{14 - 1} \times \frac{0,408}{0,415} \times \frac{320,574}{344,783} \times \frac{1}{1 + 0,04} \times (1 - 0) = 0,944$$

Розрахунок процесу стиску

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

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

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:

$$n_1 = 1,363$$

					КРМ.142.6222М.01.03.ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тиск в кінці процесу стиску, МПа

$$P_c = P_a \times \varepsilon^{n_1} = 0,408 \times 14^{1,363} = 14,87$$

Температура в кінці процесу стиску, К

$$T_c = T_a \times \varepsilon^{n_1-1} = 344,783 \times 14^{1,363-1} = 898,244$$

Розрахунок процесу згоряння

Дійсна кількість повітря для згоряння, кмоль/кг

$$L = \frac{\alpha}{0,21} \times \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) = \frac{2,5}{0,21} \times \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} + \frac{0}{32} - \frac{0,004}{32} \right) = 1,237$$

Хімічний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta_0 = 1 + \frac{8 \times H + O}{32 \times L} = 1 + \frac{8 \times 0,126 + 0,004}{32 \times 1,237} = 1,0256$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{1,0256 + 0,04}{1 + 0,04} = 1,0246$$

Доля палива, що згоріла в точці z

$$x_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} = \frac{0,95}{0,98} = 0,969$$

Коефіцієнт молекулярної зміни в точці z

$$\beta_z = 1 + \left(\frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_r} \right) \times x_z = 1 + \left(\frac{1,0256 - 1}{1 + 0,04} \right) \times 0,969 = 1,024$$

Максимальна температура згоряння, К

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

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

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

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

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

Це рівняння розв'язується методом послідовних наближень, для чого у першому наближенні приймаємо $T_z = 1800$ К. Після вирішення декількох рівнянь отримуємо:

$$T_z = 1797$$

Максимальний тиск згоряння, МПа

$$P_z = \lambda \times P_c = 1,4 \times 14,87 = 20,817$$

Розрахунок процесу розширення

Ступінь попереднього розширення

$$\rho = \frac{\beta_z}{\lambda} \times \frac{T_z}{T_c} = \frac{1,024}{1,4} \times \frac{1797}{898,244} = 1,463$$

Ступінь подальшого розширення

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{14}{1,463} = 9,568$$

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 прийmemo:

$$n_2 = 1,288$$

Температура в кінці процесу розширення, К

$$T_b = T_z \times \frac{1}{\delta^{n_2-1}} = 1797 \times \frac{1}{9,568^{1,288-1}} = 938,692$$

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тиск в кінці процесу розширення, МПа

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{20,817}{9,568^{1,288}} = 1,136$$

Визначення індикаторних показників

Теоретичний середній індикаторний тиск, МПа

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (p - 1) + \frac{\lambda \times p}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =$$
$$= \frac{14,87}{14 - 1} \times \left[1,4 \times (1,463 - 1) + \frac{1,4 \times 1,463}{1,288 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{9,568^{1,288 - 1}} \right) - \frac{1}{1,363 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{14^{1,363 - 1}} \right) \right] = 2,691$$

Дійсний середній індикаторний тиск, МПа

$$P_i = P'_i \times \zeta \times (1 - \varphi_n) = 2,691 \times 0,96 \times (1 - 0) = 2,584$$

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

$$g_i = 433 \times \frac{P_s \times \eta_n}{\alpha \times L_0 \times T_s \times P_i} = 433 \times \frac{0,408 \times 0,944}{2,5 \times 0,495 \times 320,574 \times 2,584} = 0,166$$

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i \times Q_n} = \frac{3600}{0,166 \times 42700} = 0,508$$

Визначення ефективних показників

Середній ефективний тиск, МПа

$$P_e = P_i \times \eta_m = 2,584 \times 0,91 = 2,351$$

Ефективний ККД двигуна

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_m = 0,508 \times 0,91 = 0,463$$

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

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{0,166}{0,91} = 0,1822$$

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ефективна потужність двигуна, кВт

$$N_e = 13,1 \times D_c^2 \times S_c \times z \times P_e \times n \times i = 13,1 \times 0,255^2 \times 0,4 \times 0,5 \times 2,351 \times 750 \times 8 = 2403$$

Порівняння заданої та отриманої потужності двигуна

$$\Delta N = \frac{N_e - N'_e}{N_e} \times 100\% = \frac{2403 - 2400}{2403} \times 100\% = 0,139\%$$

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

Визначення дійсного P_k компресора на даному режимі роботи двигуна

Витрата повітря через компресор, кг/с

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

$$G = \left(\frac{\pi \times D_c^2}{4} \right) \times S_c \times \left(\frac{P_s \times 10^6}{R \times T_s} \right) \times \eta_i \times i \times z \times \left(\frac{n}{60} \right) \times \phi_a =$$
$$= \left(\frac{3,14 \times 0,255^2}{4} \right) \times 0,4 \times \left(\frac{0,408 \times 10^6}{287 \times 320,574} \right) \times 0,944 \times 8 \times 0,5 \times \left(\frac{750}{60} \right) \times 1 = 4,358$$

Витрата газів через турбіну, кг/с

$$G_t = G + g_e \times \frac{N_e}{3600} = 4,358 + 0,182 \times \frac{2403}{3600} = 4,479$$

Тиск газу перед турбіною, МПа

$$P_r = \psi_t \times P_k = 0,825 \times 0,42 = 0,346$$

Температура газу перед турбіною, К

$$T_t = T_b \times \left(\frac{P_r}{P_b} \right)^{\frac{n_2 - 1}{n_2}} = 938,692 \times \left(\frac{0,346}{1,136} \right)^{\frac{1,288 - 1}{1,288}} = 719,953$$

Загальна кількість продуктів згоряння, кмоль

$$M_s = \left(\frac{C}{12} \right) + \left(\frac{H}{2} \right) + [0,21 \times (\alpha - 1) \times L_0] + (0,79 \times \alpha \times L_0) =$$
$$= \left(\frac{0,87}{12} \right) + \left(\frac{0,126}{2} \right) + [0,21 \times (2,5 - 1) \times 0,495] + (0,79 \times 2,5 \times 0,495) = 1,269$$

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

$$= \frac{1}{\frac{0,87}{12 \times 1,269 \times 189} + \frac{0,126}{2 \times 1,269 \times 461,6} + \frac{0,21 \times (2,5 - 1) \times 0,495}{1,269 \times 259,8} + \frac{0,79 \times 2,5 \times 0,495}{1,269 \times 296,8}} = 287,497$$

Показник адіабати розширення газу в турбіні

$$k_t = \frac{(a_{vb} + b_b \times T_t) + 8,314}{a_{vb} + b_b \times T_t} = \frac{(19,791 + 0,003 \times 719,953) + 8,314}{19,791 + 0,003 \times 719,953} = 1,38$$

Дійсна ступінь підвищення тиску в компресорі

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

$$= \left[1 + \frac{\left(\frac{1,38}{1,38 - 1} \right) \times 287,497 \times 719,953 \times \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0,346}{0,101} \right)^{\frac{1,38 - 1}{1,38}}} \times 0,98 \times 0,85 \times 4,479 \right]}{1,092 \times 287 \times 298 \times \left(\frac{1,4}{1,4 - 1} \right) \times \frac{1}{0,73}} \right]^{\frac{1}{0,286}} = 4,153$$

Дійсний тиск надуву, МПа

$$P_{kd} = \Pi_k \times P_0 = 4,153 \times 0,1013 = 0,4207$$

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Порівняння заданого та отриманого тиску надуву

$$\Delta P_k = \frac{P_{kd} - P_k}{P_{kd}} \times 100\% = \frac{0,4207 - 0,242}{0,4207} = 0,156\%$$

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

3.2 Вдосконалення паливних форсунок шляхом використання розпилювачів з зіткненнями струменями

Форсунки двигуна МАК 8М25 (рис. 3.1) відносяться до форсунок закритого типу, тобто форсунок, в яких встановлено спеціальний клапан, який роз'єднує порожнину розпилювача форсунки і робочого циліндра протягом усього циклу, крім процесу упорскування. Для цих цілей використовуються голчасті клапани з автоматичним відкриттям під дією тиску палива, що подається від паливного насоса в порожнину форсунки.

Притиснення голчастого клапана 8 до сидла здійснюється за допомогою циліндричної навантажувальної пружини 6, яка передає зусилля на хвостовик клапана через спеціальну рухому штангу 7. Наявність штанги дозволяє винести пружину із зони дії високих температур, полегшити регулювання форсунки і зменшити габарити розпилювача. Штанга виготовляється по можливості більш легкою, так як збільшення маси рухомих деталей веде до зниження швидкодії голчастого клапана, затягування закінчення впорскування, прискореному зношуванню запірного конуса.

Первісне затягування пружини 6, яке визначає тиск відкриття голчастого клапана 8, здійснюється за допомогою регулювального болта, встановленого в верхньому торці форсунки.

Внутрішня порожнина камери для установки пружини використовується для збору протікання палива, яка, просочившись уздовж циліндричної поверхні голки, створює ванну для пружини, забезпечуючи її змазування і відведення

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

теплоти. Це охороняє останню від корозії і на 20...25% зменшує динамічні напружки в витках.

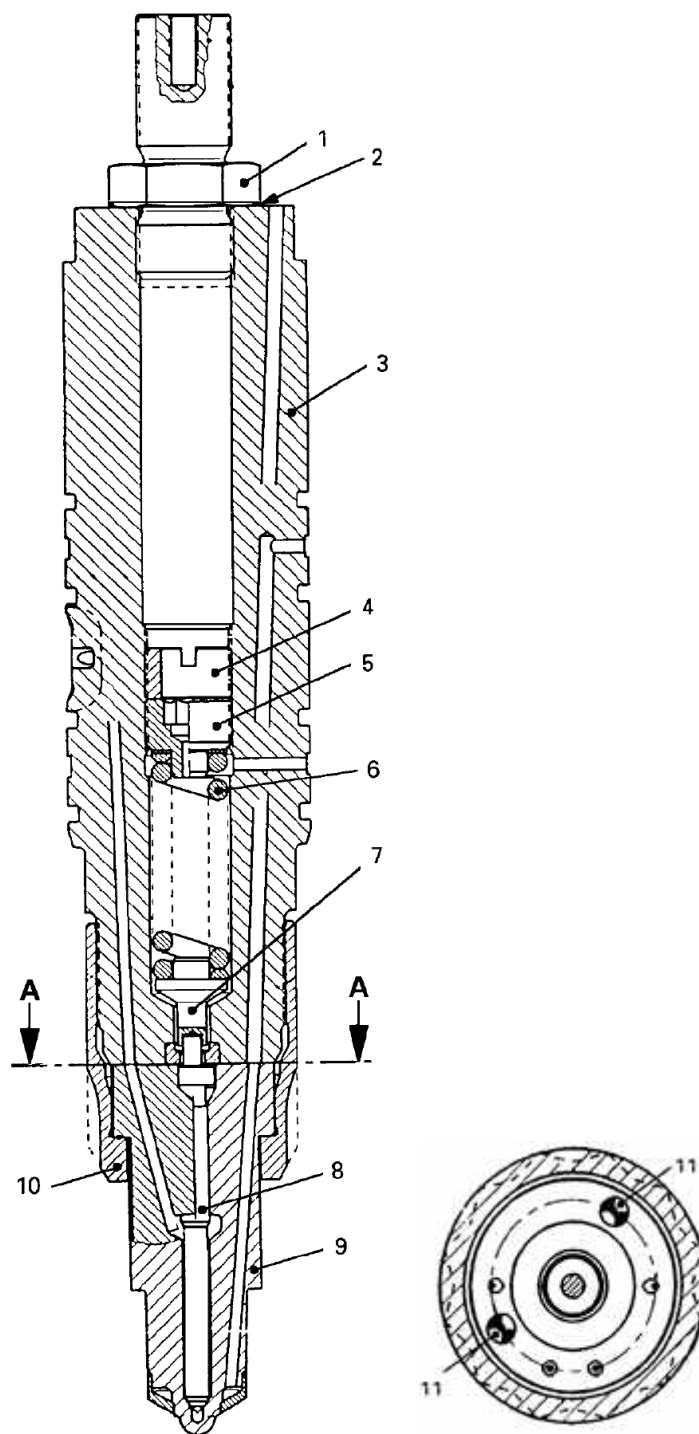


Рисунок 3.1 – Конструкція форсунок двигуна МАК М25:

- 1 – стопорна гайка; 2 – ущільнююче кільце; 3 – корпус форсунки;
 4 – контргайка; 5 – регулювальний гвинт; 6 – навантажувальна пружина;
 7 – штанга приводу голчастого клапана; 8 – голчастий клапан;
 9 – розпилювач; 10 – гайка розпилювача; 11 – штифт

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

KPM.142.6222м.01.03.ПЗ

Аркуш

65

Високі значення температур, що діють в камері згоряння двигуна, можуть привести до перегріву розпилювача 9, в результаті чого може відбутися заклинювання голчастого клапана 8, спрямовуючий стрижень якого разом з напрямним отвором в корпусі розпилювача утворює прецизійну пару.

В результаті зависання голки відбувається закоксування соплових отворів. Особливо висока ймовірність заклинювання у розпилювачів роботі на важких паливах, які подаються до розпилювача з температурою 100...140 °С. При перегріві розпилювача знижується твердість замикаючих поверхонь, збільшується їх знос, змінюється величина зазорів в прецизійних з'єднаннях, зменшується їх герметичність. Все це носить прогресуючий характер, так як веде до погіршення умов протікання робочого процесу в двигуні. Максимально допустима температура кінчиків розпилювачів зазвичай не повинна перевищувати 220...240 °С, більш високі значення ведуть до швидкого зниження їх працездатності.

Модернізація форсунок спрямована на поліпшення якості розподілення палива в камері згоряння двигуна при впорскуванні методом зіткнених струменів.

Відомий спосіб впорскування палива методом зіткнення струменів, в якому розпилювання рідини відбувається за рахунок зіткнення двох струменів, спрямованих в загальному випадку під кутом один до одного. Факел палива після зіткнення являє собою тонку плівку, яка поширюється і руйнується по поверхні близькою до поверхні порожнього конуса. Недоліками такого способу впорскування є висока нерівномірність розподілу палива по камері згоряння, високі вимоги до форми камери згоряння, напрямку і розвитку паливного факела. Ці недоліки знижують ефективність застосування даного способу впорскування.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним в якості прототипу, є спосіб впорскування палива методом зіткнених струменів, в якому геометрія паливного факела може змінюватися за період впорскування від 0 до 180° при вершині конуса факела, забезпечуючи рівномірний розподіл палива по камері

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

згоряння, причому "розкриття" і "схлопування" конуса факела досягається зміною діаметра і (або) швидкості витікання струменів по заданій характеристиці. Недоліками даного способу є відхилення форми факела від кругового конуса при кутах зіткнення струменів відмінних від 180° . Це також сприяє утворенню зон зі зниженою концентрацією палива в обсязі камери згоряння.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним в якості прототипу, є розпилювач форсунки, що забезпечує впорскування палива методом зіткнених струменів, в якому соплові отвори розташовані попарно таким чином, що кожна пара має один отвір в завірному конусі сідла розпилювача, а друге в колодязі розпилювача. Однак, даний розпилювач не в повній мірі використовує обсяг камери згоряння на режимах середніх і високих навантажень.

Модернізація форсунок спрямована на поліпшення якості розподілу палива в камері згоряння дизеля, а також на збільшення коефіцієнта використання її об'єму при застосуванні впорскування палива методом зіткнених струменів, спрямованих в загальному випадку під кутом один до одного відмінним від 180° .

Рішення поставленого завдання досягається тим, що в процесі впорскування здійснюється поворот поширюючого еліптичного конуса паливного факела щодо центральної осі зіткнення, причому це досягається зміною просторового взаємного положення зіткнених струменів в напрямку схрещування на величину не більше половини діаметра струменів. У розпилювачі форсунки сопло в завірному конусі сідла розпилювача виконано рухомим і складається з корпусу сопла, жорстко закріпленого в корпусі розпилювача, пружини сопла і власне рухоме сопло, в якому виконані вхідний і вихідний отвори, осі яких перетинаються, при цьому вісь вхідного отвору збігається з напрямком можливого переміщення самого сопла, а вісь вихідного отвору перетинається з сопловим отвором в колодязі розпилювача, яке виконано тангенціально.

Пропонована модернізація дозволить більш якісно розподіляти паливо і більш повноцінно використовувати об'єм камери згоряння при наявності непрямого зіткнення струменів. Таким чином, для ліквідації зон зі зниженим вмі-

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

стом палива, що утворюються внаслідок відхилення форми паливного факела від кругового конуса, не потрібно застосування додаткових пар сопел, наявність яких збільшує схильність до закоксовування. Крім того, поліпшення якості розподілу палива і збільшення коефіцієнта використання об'єму камери згоряння веде до якісного протікання робочого процесу, а, отже, до підвищення індикаторного ККД.

При впорскуванні палива методом зіткнених струменів, спрямованих в загальному випадку під кутом один до одного, відмінним від 180° , утворюється паливний факел у формі полого еліптичного конуса. В окремому випадку, факел може поширюватися в головній площині зіткнення, перпендикулярній площині, що містить осі зіткнених струменів. Як і явище несоосності зіткнення струменів тягне за собою поворот головної площини, а, отже, паливного факела, навколо центральної осі Y (рис. 3.2).

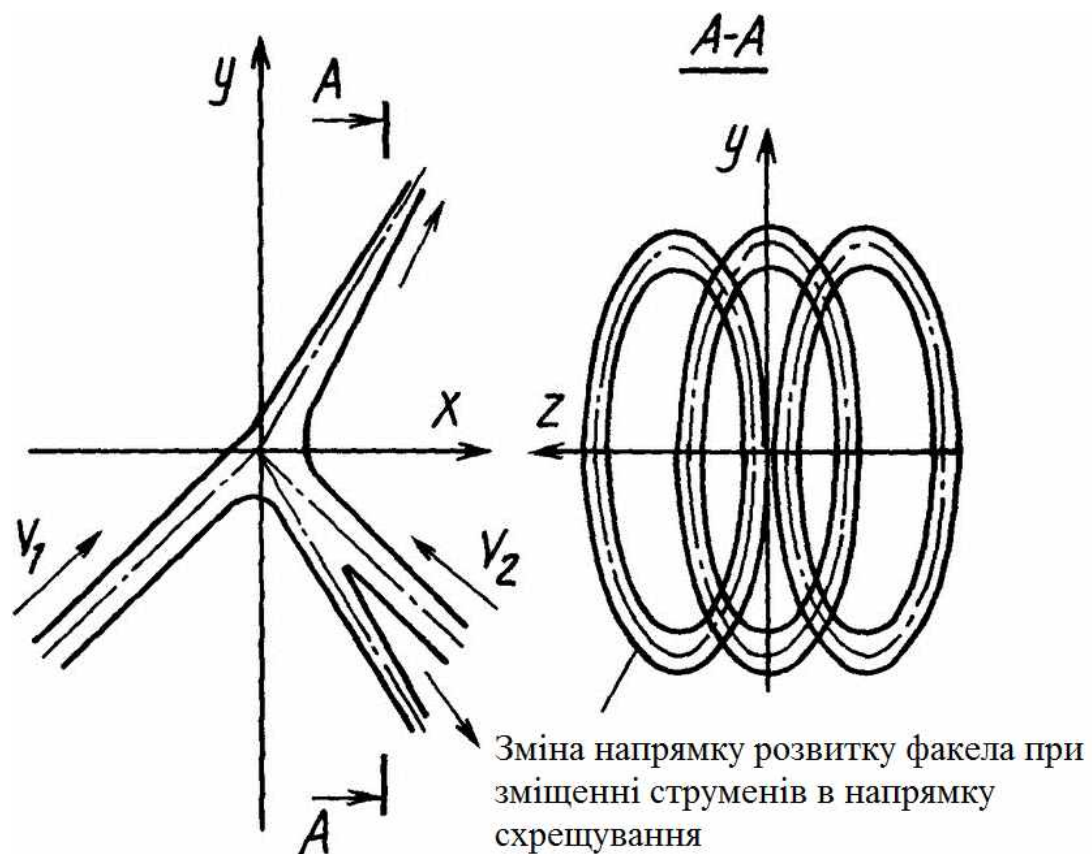


Рисунок 3.2 – Схема зміщення напрямку розвитку паливного факела при зміщенні осей зіткнених струменів в напрямку схрещування

Крім того, з появою несоосності спостерігається перерозподілення витрат рідини в поперечному перерізі факела, а також зміна глибини його проникнення в камеру згоряння. Таким чином, протягом періоду впорскування відбувається зміщення зони підвищеної концентрації палива за рахунок зміни напрямку розвитку паливного факела і перерозподілу витрат палива в його поперечному перерізі, що досягається зміною просторового взаємного положення зіткнених струменів в напрямку схрещування на величину не більше половини діаметра струменів.

Розпилювач форсунки (рис. 3.3) складається з корпусу розпилювача 1, запірної голки 2, рухомого сопла в запірному конусі сідла розпилювача, що складається з корпусу сопла 3, жорстко закріпленого в корпусі розпилювача 1, пружини сопла 4 і власне рухомого сопла 5, яке під впливом пружини сопла повертається в своє початкове положення і соплових отворів 6 в колодязі розпилювача, розташованих тангенціально, причому вихідний сопловий отвір рухомого сопла і сопловий отвір в колодязі розпилювача утворюють пару, що забезпечує впорскування палива методом зіткнених струменів.

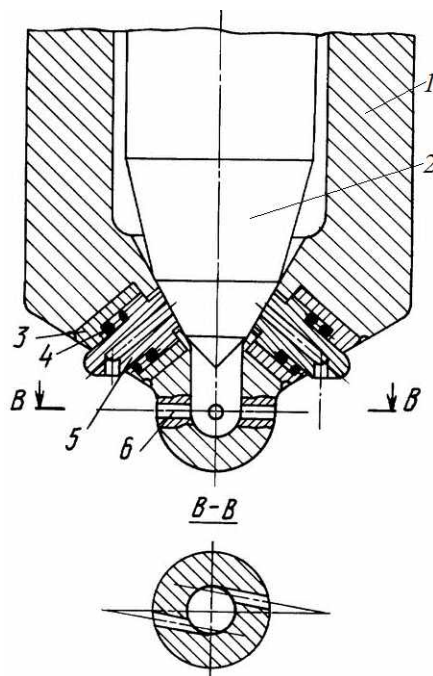


Рисунок 3.3 – Модернізований розпилювач форсунки:

- 1 – корпус розпилювача; 2 – запірна голка; 3 – корпус сопла;
4 – пружина сопла; 5 – рухоме сопло; 6 – соплові отвори

Пропонований розпилювач форсунки працює наступним чином. Паливо по каналах надходить в кишеню розпилювача і діє на диференціальну площадку запірної голки 2 форсунки. При певному тиску голка починає поступальний рух вгору, відкриваючи доступ до соплових отворів. Тиск палива в щілині між сідлом розпилювача і запірної поверхні голки, впливаючи на майданчик рухомого сопла 5, призводить до його переміщення, а пружина сопла 4, дозволяє повернути його в початкове положення. Змінний тиск палива в щілині в процесі впорскування створює коливальні рухи рухомого сопла, при цьому вісь вихідного соплового отвору переміщається в напрямку схрещування з віссю соплового отвору 6 в колодязі розпилювача, забезпечуючи тим самим повороти головною площині зіткнення, а, отже, і паливного факела в період впорскування.

Впорскування палива зазначеним способом з використанням пропонованого розпилювача форсунки призводить до рівномірної концентрацій палива і повітря в об'ємі камери згоряння, збільшує коефіцієнт використання об'єму камери згоряння, сприяє більш рівномірному утворенню теплових полів і збільшує повноту згоряння палива, а також дозволяє підвищити індикаторний ККД, що сприяє поліпшенню економічних і екологічних якостей двигуна.

Згідно з літературних даних реалізація Впорскування палива зазначеним способом дозволить знизити питому ефективну витрату палива для двигуна 8ЧН22,5/40 на 2 % - з 182 г/(кВт×год) до 179 г/(кВт×год).

					КРМ.142.6222м.01.03.ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Здобувач		Андрущенко А.М.			Розробка рекомендацій по технічному обслуговуванню форсунок		Літ.	Аркуш	Аркушів
Консультант								71	14
Керівник		Тимошевський Б.Г.					НУК імені адмірала Макарова		
Зав. каф.									

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННЮ ФОРСУНОК

Контроль працездатності форсунок

Кожна форсунка повинна своєчасно, при певному тиску, впорскувати відмірену насосом кількість палива і якісно його розпилювати для найкращого розподілу по камері згоряння і змішання з повітрям. Характерними несправностями форсунок є: просадка або поломка пружини голки, засмічення і закоксування соплових отворів, їх знос, заїдання (зависання) голки, знос, подряпини і корозія на циліндричних поверхнях голки і її направляючої, знос і пошкодження запірного конуса розпилювача, корозія поверхонь, що сполучають корпусу форсунки і розпилювача. Погіршення їх технічного стану контролюють за параметрами робочого процесу в циліндрах дизеля і різними непрямыми ознаками.

Просадка пружини форсунки з часом неминуче виникає через її залишкові деформації. При цьому впорскування палива відбувається раніше, тобто збільшується кут випередження подачі палива по форсунки. Паливо починає раніше самозайматися. Зростають максимальні тиски згоряння і збільшується жорсткість роботи двигуна, що несприятливо позначається на роботі підшипників та інших вузлів. Потужність двигуна при цьому знижується. Для підтримки навантаження допоміжного дизеля автоматично збільшується подача палива, що призводить до збільшення теплової напруженості, небезпеки виникнення задирів, утворення тріщин на деталях камери згоряння. Потужність головного дизеля підтримують примусово для забезпечення необхідного ходу судна, що викликає ті ж наслідки. Тому періодично слід перевіряти тиск відкриття форсунки шляхом її опресування.

Засмічення і закоксування соплових отворів виникає по різних причинах. Однією з них є нещільність закриття голки, що викликає підтікання палива, яке коксується і закупорює соплові отвори. У свою чергу, нещільність виникає че-

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

рез зношування або забруднення запірних конусів голки і корпусу розпилювача, деформації розпилювача при порушенні зусиль затягування гайки. Засмічення і закоксування соплових отворів може виникати також через погіршення згоряння палива і підвищеного нагароутворення, в тому числі на розпилювачі. Причинами цього можуть бути неякісне паливо або його підготовка, забруднення турбокомпресора, охолоджувача наддувочного повітря, які призводять до зниження тиску наддуву, зносу клапанів, поршневих кілець і т.п., які погіршують щільність камери згоряння.

При засміченні соплових отворів збільшується гідравлічний опір форсунки і крива тиску в насосі і форсунки (після відкриття форсунки) стає крутіша. В результаті збільшуються гідравлічні втрати в плунжерній парі і розпилювачі, зменшується фактична циклова подача палива, змінюється характер його розпилювання, геометрія факела і, як наслідок, погіршується змішання з повітрям, збільшується період затримки самозаймання, погіршується згоряння палива, зміщуючись на лінії розширення. Ці зміни контролюють по збільшенню димності випускних газів, зміни їх температури. При значному засміченні соплових отворів виникають підвищені ударні імпульси тиску палива в нагнітаючій трубці форсунки. При роботі на дизельному паливі їх можна проконтролювати на дотик по пульсації або підвищеному нагріванні.

Знос (збільшення діаметра) соплових отворів виникає через недостатнє очищення палива від механічних домішок. При цьому порушується правильна форма свердління, збільшується їх сумарний перетин. В результаті крива тиску палива в насосі і форсунки (після відкриття форсунки) стає більш пологою. Знижується швидкість виходу палива з форсунки (при тій же циклової подачі), змінюється геометрія факела і, як наслідок, погіршується змішання з повітрям і т.д. Ці зміни контролюють також за збільшеною димністю випускних газів.

Знос циліндричної поверхні голки і її направляючої, царапки і корозія виникають через недостатнє очищення палива від механічних домішок, підвищеного вмісту сірки в паливі. В результаті збільшуються протікання палива через зазори, зменшується фактична кількість палива, що впорскується в циліндр,

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
						73
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

знижується швидкість його виходу з форсунки (при тій же цикловій подачі), змінюється геометрія факела і, як наслідок, погіршується змішання з повітрям і т.д. Ці зміни контролюють по збільшенню нерівномірності навантаження (тиску згоряння) і температурам випускних газів по циліндрах.

При зносі і пошкодженні запірного конуса розпилювача виникає підтікання палива, коксуються соплові отвори з відповідними наслідками. Крім того, порушується момент відкриття форсунки, погіршується процес розпилювання і згоряння палива. Всі ці зміни виявляють по збільшенню димності випускних газів.

При нещільності сполучення корпусу форсунки з розпилювачем виникають ті ж наслідки, як при погіршенні щільності розпилювача. На охолоджуваних форсунках паливо через виниклі нещільності під великим тиском при нагнітанні проникає в систему охолодження. Це може бути виявлено по пульсації струменя води, що відводиться в розширювальний бачок.

При зависанні голки в закритому положенні форсунка не впорскує паливо в циліндр і температура випускних газів різко знижується. Зростають імпульси тиску палива в нагнітаючій трубці, як при закупорці соплових отворів, можливий навіть її розрив.

При наявності вище перелічених ознак слід перевірити форсунку шляхом її опресування на стенді. Через певний час (700...1000 годин) завод-виробник рекомендує спресовувати всі форсунки комплектно. Зазвичай це пов'язано з усадкою пружин, зносом деталей, що призводять до зниження тиску відкриття форсунки, більш ранньому упорскуванню і займанню, підвищенню тиску згоряння, жорсткості роботи дизеля. При відсутності перерахованих вище ознак дана робота може бути відкладена.

Демонтаж і монтаж форсунок

Перед початком робіт на системі впорскування рекомендується перехід при режимі важкого палива на дистилат-паливо для того, щоб ґрунтовно прополощіти форсунку.

Демонтаж (рис. 4.1).

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1) В режимі генератора відключити резервний насос змащування маслом основного агрегату або насос попереднього змащування маслом.

2) Послабити натискні гайки 1 та 2 і видалити їх. Підкачати важелем елемент поперечного навантаження 3 з кришкою 4 і потягнути вліво з паливного насоса і головки циліндра.

3) Витягнути елемент радіального навантаження 5 приблизно на 20 мм.

4) Послабити гайки 11 установочних гвинтів 7 і видалити їх.

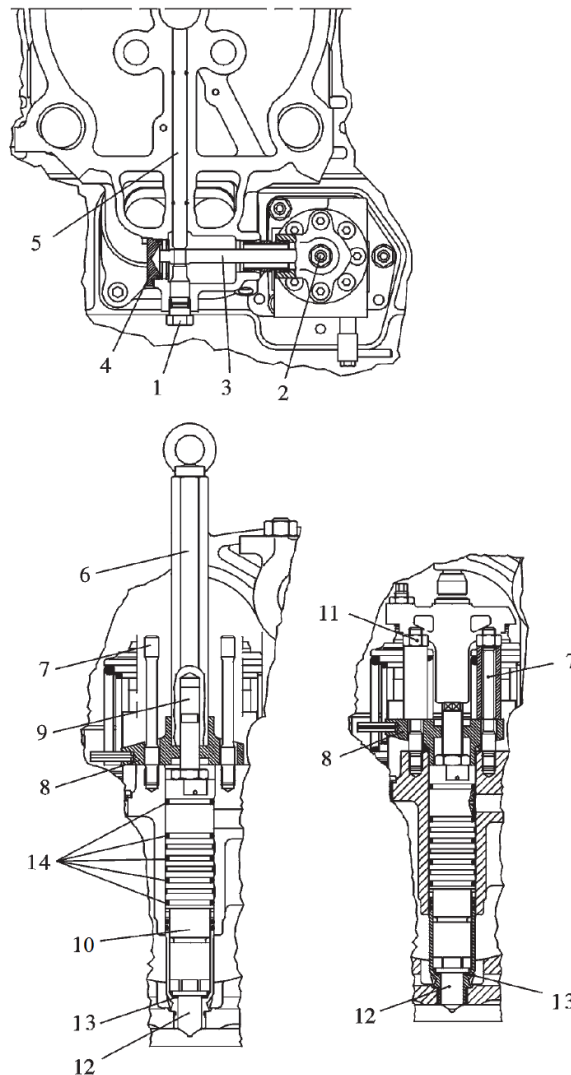


Рисунок 4.1 – Демонтаж і монтаж форсунок двигуна:

1,2 – натискні гайки; 3 – елемент поперечного навантаження;

4 – кришка; 5 – елемент радіального навантаження; 6 – римболт;

7 – установчі гвинти; 8 – фланець; 9 – регулювальний гвинт; 10 – корпус;

11 – гайка; 12 – гніздо; 13 – ущільнююче кільце; 14 – кільця круглого перетину

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		75

5) Зняти фланець 8 і насадити його розгорнутим на 180° через установчі гвинти 7.

6) Пригвинтити інструмент для демонтажу (римболт) 6 на регулювальний гвинт 9 корпусу форсунки 10. Вигвинтити вгору тримач форсунки проти фланця 8 з гнізда.

7) Витягнути форсунку на римболті 6 з головки циліндра.

8) Видалити кільце 13. Почистити отвір і гніздо форсунок 12 в головці циліндра.

9) Почистити ззовні форсунку і зробити перевірку форсунки на впорскування.

10) Замінити кільце 13 і всі кільця круглого перетину 14.

Монтаж (рис. 4.1).

1) Злегка змастити різьбу гвинтів 7, кільця круглого перетину 14 пастою Молікоте. Зайва паста повинна бути видалена. Наявність зайвої пасту викликає небезпеку роздавлювання кілець круглого перетину в канавці головки циліндра.

2) Змастити ущільнююче кільце 13 і розпилювач 12 високотемпературної пастою для змащування різьби проти пригорання.

3) Обережно вставити форсунку в головку циліндра. Змонтувати фланець 8 і затягнути гайки 11 з моментом обертання $M = 55 \text{ Нм}$.

4) Знову послабити гайки 11 на один оборот.

5) всунути елемент радіального навантаження 5.

6) Змонтувати елемент поперечного навантаження 3.

7) По черзі затягнути вручну натискні гайки 1 і 2, так як елемент поперечного навантаження з конічним гніздом прилягає до форсунки.

8) Затягнути спочатку натискну гайку 2, потім - натискний гайку 1 з моментом обертання $M = 85 \text{ Нм}$.

9) Ще раз затягнути гайки 11 з моментом обертання $M = 30 \text{ Нм}$.

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Регулювання форсунок

Утворення тропів, тобто коксового осаду на форсунках дає підстави припускати недостатнє охолодження форсунки. І навпаки, в'їдання іржі і вимоки є наслідком занадто низької температури форсунок і/або занадто низької температури наддувочного повітря або води в наддувочному повітрі.

Бездоганне функціонування форсунок може бути оцінено виключно за характеристиками температур відпрацьованих газів або за характеристиками диму.

Контроль форсунки слід робити тільки при однозначному відхиленні температури відпрацьованих газів від середнього значення.

Погане впорскування в контрольному пристосуванні при роботі на важкому паливі часто має своєю причиною дефектне прополіскування форсунки дизельним маслом перед перевіркою. Перш, ніж замінити форсунку, її необхідно ще раз ґрунтовно почистити.

Падіння тиску до 20 бар після закінчення короткого часу експлуатації (ознаки усадки пружин і голки) є нормальним.

Етапи роботи (рис. 4.2):

- 1) очистити форсунку жорсткою щіткою (не дротяною щіткою) від коксових опадів.
- 2) провести контроль соплових отворів форсунок на наявність гострих кромek, овальності, іржі і пошкоджень;
- 3) вставити форсунку з адаптером 5 в контрольний пристрій форсунки 4;
- 4) підключити напірний трубопровід 6 і затягнути його;
- 5) відпустити стопорну гайку і зняти її разом з різьбовою пробкою 2;
- 6) повільно збільшувати тиск за допомогою насоса до тих пір, поки не відбудеться впорскування. Тиск відкриття форсунки згідно з сертифікатом приймального випробування.

Відремонтувати або замінити форсунку, якщо є великий обсяг витоку палива.

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
						77
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

6.1) якщо є відхилення тиску упорскування, послабити контргайку 7 і встановити заданий тиск відкриття за допомогою регулювального гвинта 8;

6.2) встановити контргайку 7, а також різьбову пробку 2 і затягнути з відповідним моментом;

6.3) закріпити різьбову пробку 2 шестигранною стопорною гайкою 1.

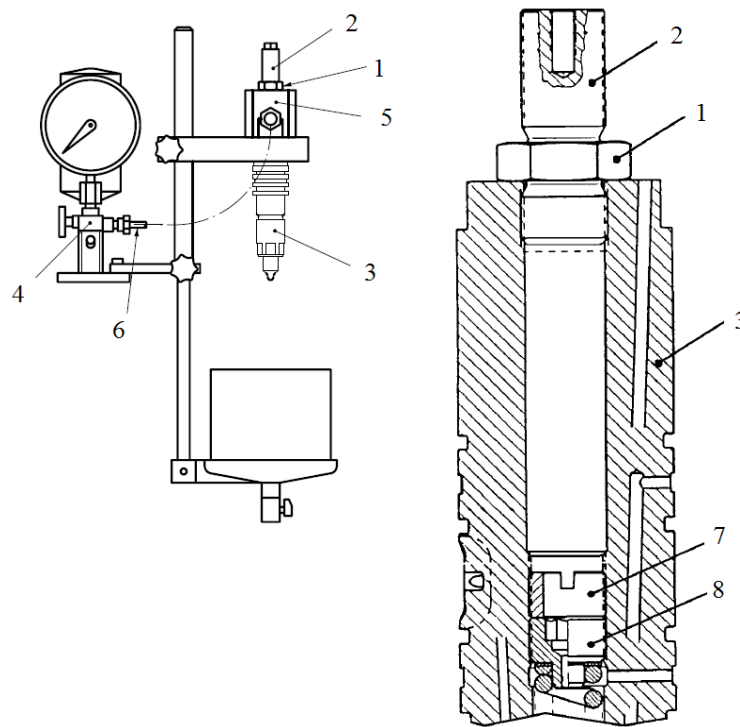


Рисунок 4.2 – Регулювання форсунки:

- 1 – стопорна гайка; 2 – різьбова пробка; 3 – корпус форсунки;
4 – контрольний пристрій; 5 – адаптер форсунки; 6 – напірний трубопровід;
7 – контргайка; 8 – регулювальний гвинт;

Розбирання форсунок

Демонтаж форсунки слід проводити тільки тоді, коли перевірка покаже дефекти (наприклад, місця витоку, занадто малий тиск впорскування, погане впорскування).

Всі деталі форсунки виготовляються з найвищою точністю в спеціальних майстернях. Тільки так може бути забезпечено бездоганне функціонування. З

цієї причини ремонт у користувача неможливий і повинен обмежуватися необхідними роботами з технічного обслуговування такими, як:

- чищення;
- перевірка тиску впоркування і герметичності;
- заміна зношених деталей із застосуванням оригінальних запчастин і елементів.

Для забезпечення недорогого ремонту, елементи, які підлягають ремонту, слід надсилати в комплекті і повинні бути застраховані від змішування.

Етапи роботи (рис. 4.1):

- 1) від'єднати стопорну гайку 1 з ущільнюючим кільцем 2;
- 2) зняти контргайку 4 і звільнити навантажувальну пружину 6, відкрутивши регулювальний гвинт 5;
- 3) зафіксувати корпус форсунки 3 і звільнити гайку сопла 10 за допомогою вкладиша ключа, повернувши проти годинникової стрілки і видаливши його;
- 4) вийняти розпилювач 9, включаючи голчастий клапан 8, не пошкодивши поверхні. Звернути увагу на прямі штифти 12 для утримання форсунки.
- 5) зняти регулювальний гвинт 5 з навантажувальною пружиною 6 і штангою приводу голчастого клапана 7;
- 7) провести візуальний огляд навантажувальної пружини 6 і штанги приводу голчастого клапана 7;
- 8) очистити всі деталі газойлем;
- 9) провести візуальну перевірку всіх деталей, зокрема, сідел і поверхонь ущільнювачів. Замінити несправні деталі.
- 10) вставити голчастий клапан 8 в розпилювач 9 з газойлем і перевірити, чи попадає голка своєю вагою у гніздо. Замінити голку разом з сопловим елементом, якщо голка застрягла.

Збирання форсунок

Етапи роботи (рис. 4.1):

- 1) насухо витерти чистим папером всі ущільнюючі поверхні;

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
						79
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2) нанести «Molykote Paste G Rapid plus» на різьбу гайки розпилювача 10 і насадки розпилювача в гайці розпилювача;

3) встановити проміжну вставку 11. Звернути увагу на прямі штирі для фіксації проміжної вставки;

4) не пошкодити поверхні з напуском (розпилювач, голка). Зіставити розпилювач 9 разом з голкою 8 з прямими штифтами 11, помістити і закріпити гайкою розпилювача;

5) вставити навантажувальну пружину 6 з штангою приводу голчастого клапана 7 і ввернути регулювальний гвинт 5;

6) зафіксувати корпус форсунки 3 і затягнути гайку 10 за допомогою вкладиша торцевого ключа з моментом $M = 750 \dots 800 \text{ Нм}$;

7) відрегулювати форсунку;

8) ввернути контргайку 4 і затягнути з моментом $M = 70 \dots 90 \text{ Нм}$;

9) закріпити стопорну гайку 1 з з'єднувальним кільцем 2 і затягнути стопорну гайку з моментом $M = 90 \dots 130 \text{ Нм}$.

Контроль якості розпилювання форсунок

Якість розпилювання визначають по різкості відсічення, формі і однорідності паливного факела і звукового ефекту при регулюванні форсунки на стенді. Попередньо повинно бути відрегульовано необхідний тиск упорскування.

Впорскування має починатися раптово, а відсічення повинне бути різким і супроводжуватися характерним різким звуком (скрипом). Паливний факел повинен бути туманообразним, без суцільних цівок і місцевих згущень, які помітні при візуальному спостереженні. Найвиразніше це видно при використанні автоматизованого стенда. Ось конуса не повинна значно відхилятися від осі форсунки. Після відсічення факел повинен як би відірватися від форсунки. Кут конуса струменя не повинен виходити за допустимі межі. Конус розпилювання легко перевірити за відбитком, який паливо залишає на аркуші паперу, наявному перпендикулярно струмені на певній відстані.

Роботу форсунки легко перевірити на слух при прокачуванні палива вручну. Протягом одного підйому плунжера, коли справна форсунка різко розпи-

					<i>KPM.142.6222м.01.04.ПЗ</i>	Аркуш
						80
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

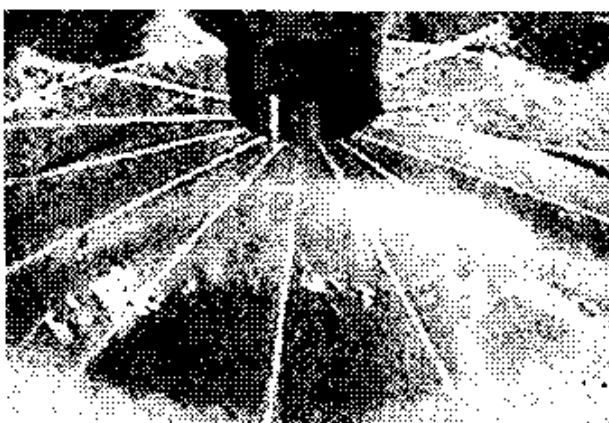
лює паливо, відбувається кілька коротких окремих впорскувань. Форсунка, як кажуть, "дробить". Струмінь дробиться в результаті чергування підйомів і посадок голки за один хід плунжера: після впорскування частки циклової подачі зменшується і вона закривається; при подальшому ході плунжера тиск зростає, форсунка відкривається, поки знову тиск в нагнітаючій трубці не знизиться і т.д. Змінюючи швидкість підйому плунжера, можна змінити частоту дроблення. У справній форсунці дроблення припиняється тільки при досить великій швидкості плунжера, відповідної нормальному швидкісному режиму двигуна. При нормальній роботі форсунки чути характерний звук високого тону.

Якщо якість розпилювання незадовільний, форсунку розбирають і оглядають деталі.

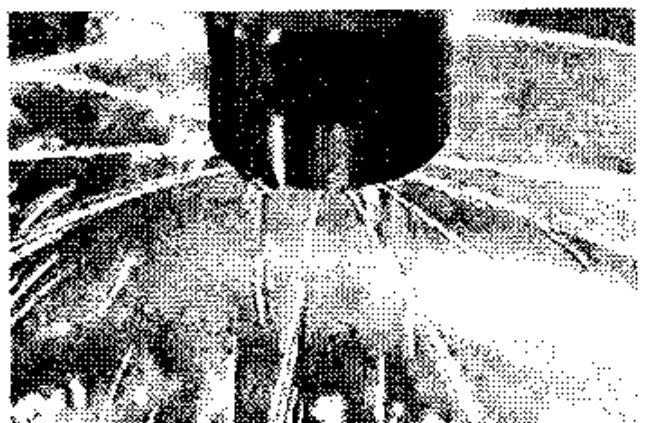
Перевірка засмічування соплових отворів або їх зношування

Перевірку засмічування отворів або їх зносу визначають при регулюванні форсунки на стенді різними способами.

При використанні автоматизованого стенду попередньо послаблюють затяжку пружини форсунки до тиску уприскування, при якому з соплових отворів стане виходити паливо у вигляді окремих цівок (3...4 МПа). Після цього візуально спостерігають витікання палива з кожного отвору. Відсутність цівки палива з отвору або її розмитість, порушення форми, напрямок закінчення свідчать про засмічення отворів (рис. 4.3).



засмічування отворів відсутні



окремі отвори засмічені

Рисунок 4.3 – Перевірка засмічування соплових отворів на автоматизованому стенді

При використанні ручних стендів регулюють номінальний тиск уприскування форсунки і використовують такі способи:

- підставляють під розпилювач аркуш цупкого чистого паперу і виробляють впорскування. Сліди палива на папері повинні бути розташовані на рівній відстані від центру і рівномірно по колу, без розривів. Відсутність сліду палива свідчить про засмічування отвору;

- обгортають розпилювач аркушем паперу в один шар. Дотримуючись обережності, паперовий циліндр притримують зверху і виробляють кілька впорскувань палива. На розгорнутому аркуші паперу відбитки палива (або прориви паперу) повинні лежати на одній прямій на рівних відстанях один від одного. Забиті отвори не залишають сліду, частково забиті залишають слабкі прориви паперу.

Засмічені соплові отвори прочищають спеціальною голкою або свердлом.

Перевірка розпилювача на відсутність підтікань

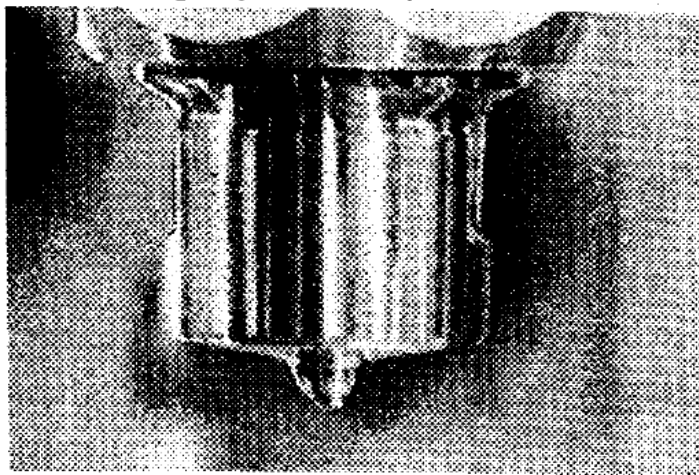
Перевірку на відсутність підтікань виконують при регулюванні форсунки на стенді. Попередньо регулюють необхідний тиск уприскування. Протирають розпилювач насухо. Далі застосовують такі способи:

- повільно підвищують тиск палива в форсунці до тиску на 0,5...1 МПа (5...10 кгс/см²) менше тиску уприскування. Протягом п'яти секунд при цьому тиску на соплі розпилювача не повинна утворюватися крапля палива (рис. 4.4). Цей спосіб може використовуватися при регулюванні форсунки на ручному і автоматизованому стенді;

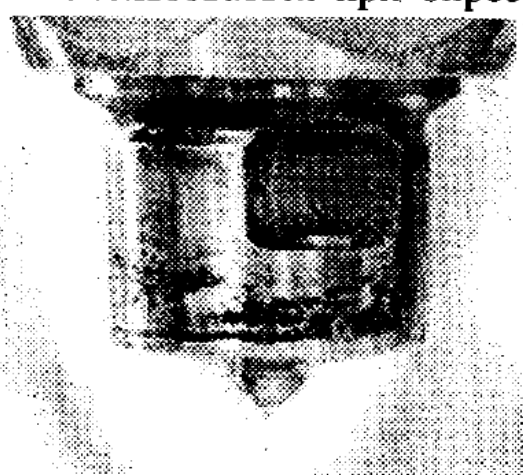
- при ручному регулюванні форсунки виробляють п'ять-шість впорскувань палива. Після цього обмацують розпилювач. Він повинен залишитися сухим.

Для з'ясування причини підтікання форсунку розбирають і оглядають ущільнюючі поверхні голки і корпусу розпилювача.

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		82



розпилювач не підтікає



розпилювач підтікає

Рисунок 4.4 – Перевірка розпилювача на відсутність підтікань

Перевірка форсунки на герметичність (щільність розпилювачів)

Перевірку форсунки на герметичність (щільність розпилювачів) виконують на стенді або безпосередньо на дизелі. Для цього насосом підвищують тиск до величини, зазначеної в інструкції по експлуатації. При відсутності вказівок - на $0,5 \dots 1,0$ МПа ($5 \dots 10$ кгс/см²) менше, ніж тиск підйому голки.

Після підняття тиску до необхідного значення фіксують за секундоміром тривалість його падіння до величини, зазначеної в інструкції по експлуатації. При відсутності вказівок - на 5 МПа (50 кгс/см²). Для нових розпилювачів вона повинна бути не менше 15 с, для колишніх в експлуатації, але ще придатних - не менше 5 с.

Тривалість падіння тиску характеризує обсяги витоків палива через зазор між голкою і корпусом розпилювача, тобто щільність розпилювача. При різній щільності виходить різна кількість палива, що впорскується в циліндри, незважаючи на те, що насоси можуть відміряти однакову кількість. Тому гідравлічна щільність форсунок (розпилювачів), що входять в комплект двигуна, не повинна відрізнятися більш, ніж на 25% від середньої щільності всього комплекту.

Знос циліндричних поверхонь голки і корпусу розпилювача, поява рисок характерно при використанні високов'язких палив. При цьому зазвичай застосовують більш грубі фільтри з тонкістю фільтрації понад 40 мкм. Більші меха-

нічні частинки, потрапляючи в зазор, зношують поверхні, що сполучаються, погіршуючи щільність розпилювача. Якщо на стенді щільність розпилювача була менше 5 с, його замінюють.

Огляд та відновлення деталей форсунок

Корпус розпилювача форсунки ретельно промивають гасом або рекомендованим розчинником, зчищають нагар з зовнішніх поверхонь дерев'яним скребком. При труднощах можна видаляти нагар дрібнозернистим наждачним папером. Грубий і гострий наждачний папір порушить геометрію соплових отворів зовні і збільшить шорсткість поверхні конуса розпилювача, що при подальшій експлуатації посилить нагароутворення.

Штуцери форсунок не повинні мати тріщин, вм'ятин, подряпин і інших пошкоджень, які можуть привести до порушення герметичності порожнин високого тиску.

Засмічені соплові отвори корпусу розпилювача прочищають спеціальною голкою або каліброваним свердлом. Прочищати соплові отвори без розбирання форсунки забороняється, так як в цьому випадку бруд залишиться всередині форсунки. При відсутності спеціальної голки можна використовувати дріт з щітки, діаметр якої повинен бути менше діаметра соплових отворів на 0,05...0,1 мм. Проволоку заземляють в тримачі, а її кінець заточують. При затрудненні прочищення закупорки пробивають легкими ударами молотка.

Після очищення розпилювач ретельно промивають і продувають стисненим повітрям. Частинки нагару, що потрапили при прочищенні у внутрішні порожнини розпилювача, повинні бути повністю видалені (промивають і продувають стисненим повітрям). Не рекомендується протирати деталі форсунки, так як решта на їх поверхні дрібні волокна тканини можуть потрапити у внутрішні порожнини форсунки.

Оглядають через лупу ущільнювальну і спрямовуючу поверхню голки і корпусу розпилювача. Голка повинна мати вузький матовий ущільнювальний поясок у найбільшого діаметра конуса.

					КРМ.142.6222м.01.04.ПЗ	Аркуш
						84
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Здобувач	Андрущенко А.М.				Охорона праці		Літ.	Аркуш	Аркушів
Консультант								105	23
Керівник	Тимошевський Б.Г.						НУК імені адмірала Макарова		
Зав. каф.									

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які мають місце під час експлуатації, ремонту та технічного обслуговування форсунок головного двигуна МАК 8М25

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

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

Небезпечні:

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

Шкідливі:

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

Небезпечні фактори в машинному відділенні

Машини, що рухаються, механізми, частини обладнання. Небезпека цього фактора полягає у травматизмі вахтового персоналу у зв'язку зі здійсненням різних рухів машинами, обладнанням, що знаходиться в приміщенні судна. У проекті судна передбачаються наступні міри безпеки: установка огорожень, установка запобіжних захисних засобів, призначених для автоматичного відк-

					<i>KPM.142.6222м.01.05.ПЗ</i>	Аркуш
						86
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

лючення 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 [9]. В відповідності з ГОСТ 24166-80 ці параметри витримуються.

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

Забезпечення недоступності частин, що знаходяться під напругою для випадкового дотику, усунення небезпеки поразки при появі напруги на корпусах, кожухах; захисне заземлення, занулення, захисне відключення; використання низької напруги; вживання подвійної ізоляції ГОСТ 12.1.030 – 81. ССБТ.

Небезпека вибуху. Під час роботи ДВЗ, рульової машини, гідронасосів та при проведенні ремонтних робіт можливе виділення значної кількості масляного туману, який при значній концентрації може спричинити небезпеку вибуху. Вибух представляє велику небезпеку для членів екіпажу, тому кожен з них по-

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						87
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

винен знати властивість речовин та механізм виникнення і розвиток процесу горіння та вибуху. У якості джерела ініціювання можуть бути нагріті тіла, електричні розряди, теплові прояви хімічних реакцій та механічної дії, іскри від удару і тертя, ударні хвилі. Компресорні установки належать до виробничого обладнання, яке при порушенні норм монтажу і експлуатації може створювати велику небезпеку. Вибух компресорної установки супроводжується, як правило, значними руйнуваннями і людськими жертвами. Тому екіпаж судна має чітко і своєчасно виконувати свої обов'язки, та притримуватись техніки безпеки. Нормативні вимоги до вибуху регулюються ГОСТ 12.1.044 .

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

Найчастіше пожежа на суднах виникає у житлових і службових приміщеннях, а також у машинних відділеннях через необережне користування вогнем, несправність обладнання, порушення правил технічної експлуатації енергетичних установок та протипожежних вимог. Важливим кроком у напрямку забезпечення пожежної безпеки суден був розроблений фахівцями УкрНДІПБ МНС України нормативний акт НАПБ Б 01.010-2007 **Правила пожежної безпеки для суден**, затверджений наказом МНС України від 29.03.2007 за № 191 та зареєстрований в Міністерстві юстиції України 16.04.2007 за № 373/13640. Міжнародний кодекс з систем пожежної безпеки (ІМО, MSC 98 (73); Особлива потреба в таких Правилах визначена в процесі досліджень, вивчення та аналіз

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						88
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

чинних нормативних документів суднобудівної галузі, що регламентують вимоги пожежної безпеки [10].

Шкідливі фактори в машинному відділенні

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

Джерелом шуму на судні є головний двигун, дизель-генератори, допоміжні механізми, вентилятори та т.п. Для зниження шуму застосовують кожухи, глушники, звукоізоляцію, пружні ущільнювачі. Обслуговуючий персонал МВ забезпечується засобами індивідуального захисту. Для зниження вібрації машини встановлюють на амортизатори, застосовують звуковбирні матеріали. Обслуговуючий персонал забезпечується ковдрами, антивібраційними рукавицями. Джерелами теплових випромінювань є нагріті поверхні машин, механізмів, устаткування, трубопроводів, радіостанції. Інтенсивність теплового випромінювання, що допускається, 350...500 Вт/м². 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 газоходів.

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 за-

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						89
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

соби захисту. Вушні вкладиші послабляють рівень шуму на 20 дБ, навушники - на 30 дБ, спільне застосування - на 35 дБ.

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

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

Підвищена запиленість і загазованість. З основних забруднень, що можуть бути присутні у МВ - вуглеводні, сірчаний і сірчистий ангідрид, монооксид вуглецю і оксид азоту (IV) з концентрацією, що перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК), спричиняють виражений вплив на організм людини. Деякі з них, такі як оксиди азоту впливають на центральну нервову та кровоносну систему, вступаючи в реакцію з гемоглобіном, викликають запаморочення, слабкість, нудоту. Діоксид азоту має подразнюючу дію, уражаючи органи дихання. Вуглекислий газ в концентрації більше 1 % викликає задишку, при концентрації 25 % – явище наркозу, що супроводжується пригніченням дихального центру та центральної нервової системи.

Захист від підвищеної запиленості і загазованості – вентиляція, а також газо та пиловловлюючі засоби індивідуального захисту й устаткування. Наяв-

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						90
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ність шкідливих речовин в робочій зоні регламентується ДСТУ 12.1.005 –88. Нормативний документ, який регламентує параметри загазованості в приміщеннях є ДСТУ 2456 –94 .

Температура повітря, вологість, швидкість повітря.

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

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

Підвищена температура повітря в робочому приміщенні викликає швидку стомлюваність організму, перегрів. Це веде до зниження працездатності і може стати причиною травматизму. Низька температура може викликати місцеве чи загальне охолодження організму. Для підтримки нормальної температури передбачається вентиляція з підігрівником і охолоджувачем повітря. Для підтримки гарного самопочуття людей немаловажне значення має температура поверхонь огорожуючих приміщень. Вона повинна бути не нижче температури повітря в приміщенні більш ніж 6°C і не менше крапки роси. Нормування параметрів мікроклімату полягає у встановленні їх оптимальних або допустимих величин стосовно конкретних виробничих умов. Воно проводиться з урахуванням таких характеристик: ступеня важкості виконуваної роботи; пори року; кількості надлишкового тепла, що надходить у робочу зону від устаткування.

Освітленість. У МВ судна застосовується штучне освітлення. Нерівномірність освітлення робочих місць підвищує стомлюваність органів зору від частой переадаптації зору - при перекладі погляду з більш освітленої поверхні

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						91
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

на менш освітлену. Наявність тіней на робочих поверхнях, а також близькості, відбитої від робочих поверхонь устаткування створюють несприятливі умови для роботи органів зору. Найкращий розподіл світла на робочих місцях створює загальне освітлення. При аварійному висвітленні освітленість робочих поверхонь повинна бути не менш 25% установлених для робочого освітлення норм, а на сходінках 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 сходінках трапа - 20 лк.

5.2 Дії екіпажу при гасінні пожежі

Боротьба з пожежами на судах

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

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

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						92
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Однією з таких надзвичайних ситуацій є пожежа на судні.

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

Основною метою боротьби з пожежами на судні є:

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

Тактика боротьби з пожежами містить у собі:

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

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

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

В – пожежі, викликані горінням займистих або горючих рідин, що запалюються: газів, жирів і інших подібних речовин, фарб, лаків, розчинників. Пожежі гасять припиненням надходження кисню повітря до осередку пожежі або запобіганням виділення горючої пари;

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						93
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

Впровадження в дію систем пожежогасіння на основі галону, вуглекислого газу – системи об'ємного хімічного пожежогасіння (ОХП) на приміщення, що захищається, здійснюється за вказівкою капітана судна. Перед включенням системи необхідно вивести людей із приміщення, загерметизувати приміщення. Після пуску вогнегасника необхідно контролювати температуру приміщення і,

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						94
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

Розрахунок системи вуглекислотного пожежогасіння

Система призначена для гасіння пожеж вуглекислим газом об'ємним способом в машинних, котельних і насосних відділеннях, приміщеннях аварійних дизель-генераторів і пожежних дизель-насосів, в суховантажних і рефрижераторних трюмах, комор, виробничих та інших приміщеннях, передбачених Правилами Регістру.

Система вуглекислотного пожежогасіння складається з наступних основних елементів: балонів для зберігання вуглекислого газу; балонів пускових (при дистанційному управлінні системою); колекторів: сигнальних, збірних

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						95
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

групових та розподільчих; трубопроводів (труб і арматури); випускних сопел; пускових і сигнальних пристроїв; контрольно-вимірювальних приладів.

1. Необхідна кількість вуглекислого газу:

$$G = 1,79 \times V_n \times \varphi, \text{ кг}$$

де $V_n = 1200 \text{ м}^3$ – об'єм приміщення (75% від об'єму машинного відділення);

$\varphi = 0,35$ – коефіцієнт заповнення приміщення вуглекислим газом;

$$G = 1,79 \times 1200 \times 0,35 = 751,8 \text{ кг.}$$

2. Маса вуглекислого газу в одному балоні:

$$G_{\phi} = \kappa \times V_{\phi}, \text{ кг}$$

де $V_{\phi} = 40 \text{ л}$ – об'єм балону;

$\kappa = 0,675 \text{ кг/л}$ – коефіцієнт заповнення балонів;

$$G_{\phi} = 0,675 \times 40 = 27 \text{ кг.}$$

3. Необхідна кількість балонів:

$$n_1 = \frac{G}{G_{\phi}} = \frac{751,8}{27} = 28$$

4. Розміщуємо всі балони в одній станції. До встановлення приймаємо 2 батареї по 14 балонів і 3 пускових балона стисненого повітря (один резервний).

5. Діаметр збірного колектору для вуглекислотної батареї, яка складається з 14 балонів:

$$d_1^{(14)} = d_0 \times \sqrt{n}, \text{ м}$$

де $d_0 = 0,01 \text{ м}$ – діаметр отвору випускної головки балона;

$n = 14$ – кількість одночасно відкриваємих балонів;

$$d_1^{(14)} = 0,01 \times \sqrt{14} = 0,037 \text{ м.}$$

6. Діаметр з'єднувальної труби для 28 балонів:

$$d_1^{(28)} = 0,01 \times \sqrt{28} = 0,053 \text{ м.}$$

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						96
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

7. Відповідно до ООП5.9586, з урахуванням мінімальної товщини стінки за Правилами Регістру, приймаємо:

- для збірного колектору батареї з 14 балонів - трубу 38×4 ($d_2^{(14)} = 0,037$ м);

- для з'єднувальної труби - трубу 57×5 ($d_2^{(28)} = 0,053$ м).

8. Діаметр трубопроводу до захищеного приміщення:

$$d_3 = 0,8 \times d_2^{(28)} = 0,8 \times 0,053 = 0,042 \text{ м.}$$

9. Відповідно до ООП5.9586, з урахуванням мінімальної товщини стінки за Правилами Регістру, приймаємо трубу 45×4 ($d_4 = 0,042$ м).

10. Розрахункова кількість випускних сопел:

$$n_2 = \frac{0,8 \times d_4^2}{d_5^2} = \frac{0,8 \times 0,045^2}{0,015^2} = 7 \text{ шт}$$

де $d_5 = 0,015$ м – діаметр випускного сопла.

11. Час випуску вуглекислого газу:

$$T = 0,85 \times t \times \frac{n_1 \times d_0^2}{n_2 \times d_5^2} = 0,85 \times 40 \times \frac{28 \times 0,01^2}{7 \times 0,015^2} = 59 \text{ с}$$

де $t = 40$ с – час випорожнення балона.

12. Об'єм пускового балона стисненого повітря:

$$V_{нб} = \frac{(P_1 + P_a) \times (V_1 + V_2)}{0,9 \times (P_0 - P_2)}, \text{ л}$$

де $P_1 = 1$ МПа – робочий тиск повітря в пневмопристрої;

$P_a = 0,1$ МПа – атмосферний тиск, МПа;

$P_0 = 3,0$ МПа – початковий тиск повітря в балоні;

$P_2 = 1,5$ МПа – кінцевий тиск повітря в балоні;

V_1 – сумарний об'єм циліндрів одночасно розкриваємих пневмопристрої, л;

V_2 – об'єм заповнюваних трубопроводів стисненого повітря, л.

$$V_1 = V_1' + V_1'',$$

					КРМ.142.6222м.01.05.ПЗ	Аркуш
						97
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де V_1' – об'єм одночасно включених пневмоциліндрів тросового приводу пуску вуглекислотних батарей, л;

$V_1'' = 0,4$ л – об'єм пневмоциліндра дистанційно-керованого клапана.

$$V_1' = v \times n' = 0,2 \times 10 = 2 \text{ л},$$

де $v = 0,2$ л – об'єм одного пневмоциліндра;

$n' = 10$ – число пневмоциліндрів.

$$V_1 = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ л}$$

$$V_2 = \frac{\pi \times d^2}{4} \times L \times 10^3, \text{ л}$$

де $d = 0,01$ м – внутрішній діаметр трубопроводу стисненого повітря;

$L = 150$ м – довжина трубопроводу;

$$V_2 = \frac{3,14 \times 0,01^2}{4} \times 150 \times 10^3 = 11,8$$

$$V_{нб} = \frac{(1 + 0,1) \times (2,4 + 11,8)}{0,9 \times (3 - 1,5)} = 11,6$$

Приймаємо до установки пускові балони типу 12-100 за ГОСТ 949.

13. Витрата вільного повітря:

$$V_{нб} = \frac{V_{нб} \times (P_0 - P_2)}{P_a \times t} = \frac{0,012 \times (3 - 1,5)}{0,1 \times 2} = 0,09 \text{ м}^3/\text{с},$$

де $t = 2$ с – час спрацювання пневмопристроїв.

Приймаються до установки редукційний клапан по ГОСТ 5.5143,
 $P_p = 6 - 1,5$ МПа; $P_{ред} = 2 - 1$ МПа.

ВИСНОВОК

Згідно із завданням кафедри виконано вдосконалення форсунок дизельного двигуна МАК 8М25 (8ЧН 25,5/40) потужністю 2400 кВт для танкера-хімовоза.

Було проаналізовано конструктивні особливості двигуна МАК 8М25, проведено аналіз сучасних способів підвищення економічності та надійності роботи паливної апаратури. В результаті проведеного аналізу було встановлено, що одним з перспективних способів підвищення паливної економічності двигуна є модернізація форсунок.

Були проведені розрахунки робочого циклу.

Запропоновано реалізувати впорскування палива методом зіткнених струменів, що призводить до рівномірної концентрації палива і повітря в об'ємі камери згоряння, збільшує коефіцієнт використання об'єму камери згоряння, сприяє більш рівномірному утворенню теплових полів і збільшує повноту згоряння палива. Використання цього способу підвищує індикаторний ККД, що сприяє поліпшенню економічних і екологічних якостей двигуна.

Було розроблено рекомендації по технічному обслуговуванню форсунок.

В розділі охорони праці проведені розрахунки та викладені заходи при виконанні яких забезпечується надійна та безпечна робота двигуна та судна в цілому.

					КРМ.142.6222м.01.ПЗ	Аркуш
						99
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Возницкий И.В.** Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. СПб.: Моркнига, 2007. – 284 с.
2. **Возницкий И.В., Пунда А.С.** Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. СПб.: Моркнига, 2008. – 470 с.
3. **Горбов В.М., Шаповалов Ю.А., Ратушняк И.А.** Главные двигатели современных транспортных судов: Учебное пособие. – Николаев: УГМТУ, 1999. – 74 с.
4. **Woodyard D.** Pounder's marine diesel engines and gas turbines. Eighth edition. Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington, 2004. – 914 p.
5. **Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов / 2-е изд. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 344 с.
6. **Возницкий И.В.** Практика использования морских топлив на судах. Санкт-Петербург: изд. ГМА им. адм. С. О. Макарова. 2005. – 123 с.
7. **Фомин Ю.А., Горбань А.И.** Судовые двигатели внутреннего сгорания. – Л.: Судостроение, 1989. – 343 с.
8. **Печуро Н.С., Капкин В.Д., Песин О.Ю.** Химия и технология синтетического жидкого топлива и газа. – М.: Химия, 1986. – 352 с.
9. **Кузьменко В.К.** Охрана труда в судостроении. – Л.: Судостроение, 1990. – 250 с.
10. **Кахте И.О., Ковтур Р.И., Новиков Г.Н.** Охрана труда на морском транспорте. – М.: Транспорт, 1975. – 263 с.

					КРМ.142.6222м.01.ПЗ	Аркуш
						100
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		