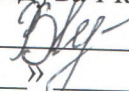


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Модернізація паливної апаратури двигуна 1Ч 7,9/6,2 для використання газового палива на основі LPG

Виконав:

студент групи 63-ТЕМмаг-23

 **Чабанов Б.В.**
(підпис)

Керівник роботи:

канд. техн. наук

(посада, науковий ступень, вчене звання)

 **Галинкін Ю.М.**
(підпис)

Первомайськ - 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

Освітня програма «Технології енергетичного машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

(підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Чабанову Богдану Вадимовичу

1. Тема роботи: «Модернізація паливної апаратури двигуна 1Ч 7,9/6,2 для використання газового палива на основі LPG».

Керівник роботи к.т.н. Галинкін Ю.М.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 09.09.2024 за № 50.

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедру 25.11.2024 року.

3. Вихідні данні по роботі: Двигун дизель типу 1Ч 7,9/6,2 з потужністю 7,35 кВт.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

Вступ. 1. Загальна характеристика судна та його силової установки. 2. Розрахунок робочого циклу двигуна. 3. Модернізація паливної системи для використання газового палива. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Загальний вигляд судна (СК). 2. Редуктор газовий (СК). 3. Двигун 1Ч6,9/7,2 (СК). 4. Розрахунок робочого циклу двигуна.

6. Консультанти роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання п

7. Дата видачі завдання «09»вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи
1	Вступ.	16.09.2024
2	Загальний розділ.	23.09.2024
3	Конструкторський розділ.	07.10.2024
4	Науковий розділ.	28.10.2024
5	Охорона праці та навколишнього середовища.	18.11.2024
6	Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.	25.11.2024
7	Оформлення кваліфікаційної роботи	09.12.2024

Студент



Чабанов Б.В.

Керівник
роботи



к.т.н. Галинкін Ю.М.

Анотація

Представлений дипломний проект містить у собі 78 сторінок, 27 рисунки, 6 таблиць. При підготовці проекту було використано 12 джерел інформації.

У кваліфікаційній роботі розроблено схемних та конструктивних рішень направлених на забезпечення можливості використання природного газу у малорозмірному судновому двигуні 1Ч 7,9/6,2, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, природний газ, паливо, паливна система

Abstract

The diploma project includes 78 pages, 27 drawings, 6 tables. At design preparation it has been used 12 information source.

In the qualification work, schematic and constructive solutions aimed at ensuring the possibility of using natural gas in a small-sized marine engine 1Ch 7.9/6.2 were developed, which allows to reduce operating costs.

Keywords: internal combustion engine, LPG, fuel, fuel system

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ.....	5
1.1 Опис судна	5
1.2 Загальна характеристика 1 Ч 7,9/6,2	8
1.3 Вимоги до двигунів, що працюють на малих суднах.....	12
1.4 Особливості пуску та роботи двигуна на судні	14
1.5 Особливості керування судном	15
1.6 Режими роботи двигунів на малих судах	16
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА	18
2.1 Порівняння двигунів-прототипів.....	18
2.2. Методика розрахунку робочого циклу двигуна.....	19
2.3. Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна	19
2.4. Розрахунок робочого циклу	22
2.5 Побудова індикаторної діаграми	29
2.6 Розрахунок динамічних зусиль, що діють у КШМ	31
РОЗДІЛ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВОГО ПАЛИВА	35
3.1 Природний газ у якості моторного палива	35
3.2 Система живлення двигуна газом типу LPG.....	39
3.3 Концепція безпеки системи живлення на LPG	64
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
4.1 Нормативно-правова та законодавча база охорони праці на суднах.....	67
4.2 Заходи безпеки під час технічного обслуговування та ремонту малообертових двигунів, що працюють на зрідженому газовому паливі...	70
4.3 Безпека екіпажу в надзвичайних ситуаціях.....	72
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	77

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ			
Вим..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Чабанов Б.В.			Модернізація паливної апаратури двигуна 1Ч 7,9/6,2 для використання газового палива на основі LPG	Лит.	Лист	Листов
Перевір.		Галинкін Ю.М.					3	81
						63ТЕМмаг-23		
Н. Контр.		Галинкін Ю.М.						
Затв		Нестеренко В.В.						

ВСТУП

Спостережуваний процес різкого подорожчання нафтопродуктів є не що інше, як вичерпання запасів нафти, що давно прогнозується. Легкі, енергоємні та компактні енергетичні установки з ДВЗ на рідкому нафтовому паливі, як було передбачено ще у XIX столітті, широко використовуються на наземному, повітряному та морському транспорті.

ДВЗ може працювати на різних паливах, проте основна вимога до палива для ДВЗ – хороша змішуваність з повітрям і згоряння паливно-повітряної суміші за короткий проміжок часу, рівний 0,001 ... 0,004 с. Зменшення швидкості горіння палива призводить до втрати потужності, погіршення економічності та екологічності ДВС. Тому не всякі палива здатні ефективно замінювати вуглеводні нафтового походження.

Пошук альтернативних нафтовому паливу джерел енергії змушує застосовувати газове паливо, запаси якого більші, а вартість нижча. При цьому доводиться миритися з ускладненням та подорожчанням машин, двигуни яких переобладнуються (конвертуються) для роботи на газоподібному паливі. Конвертування бензинових двигунів з іскровим запалюванням в газові не викликає проблем і досить добре відпрацьовано, серійно випускаються комплекти газової апаратури для газобалонних автомобілів.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Опис судна

Судно ТМС-2 і його модифікації відносяться до класу КММВ5Тур/Риб0 і призначені для експлуатації як на внутрішніх водоймах, так і в прибережних зонах морів з видаленням до 1,6 милі (3 км.) при хвилюванні висотою не більше 0,4 метра і вітрі не більш 4 балів. Загальний вигляд судна "Мотор Січ ТМС-2" приведений нижче на Рис.1.1.

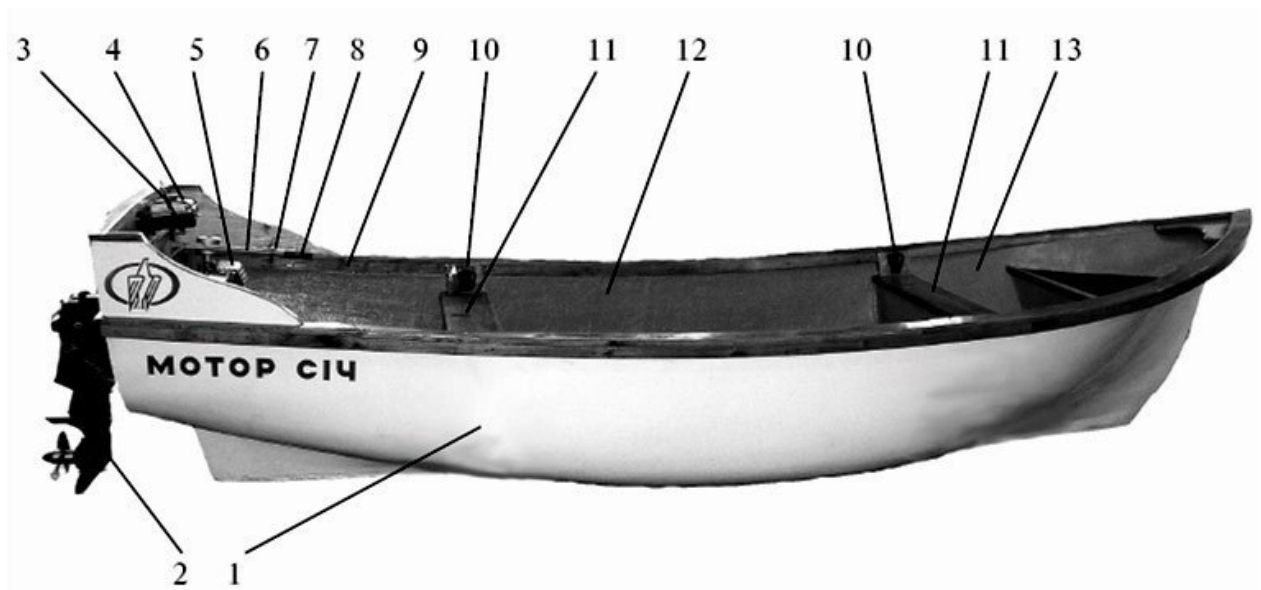


Рисунок 1.1 – Загальний вид судна "Мотор Січ ТМС-2": 1-корпус, 2-колонка, 3-важіль управління реверсом колонки, 4-паливний бак, 5-двигун, 6-кермо, 7- важіль управління режимом роботи двигуна, 8-вимикач запалення 9-моторний відсік, 10-скоба для під`єма судна, 11-сидіння для пасажирів (банки), 12-відсік центральний, 13-відсік форпіка.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика судна ТМС-2

1 Загальні дані:	
-довжина найбільша, м.	6,1
-ширина найбільша, м.	1,87
-дедвейт повний, т.	1,5
-вантажомісткість, т.	1,0
- висота надводного борту на міделі при повній водотоннажності, м.кв.	0,33
- пасажиромісткістю чол.	6
- швидкість ходу за повної водотоннажності, км/год ²	11
Двигун:	
максимальна потужність, кВт	7,3
3 Колонки поворотно-відкидні:	
-тип колонок:	реверсивна, поворотнооткидная
-передавана експлуатаційна потужність, кВт.	18,4
-передаточное відношення від провідного валу до весельного гвинта	2,62
-реверс весельного гвинта	через муфту конічну фрикційну, що самоблокується
-змащування колонки	барботаже
-масло	ТАД-17И ГОСТ23652
-необходимый об'єм масла, л.	1,5
	0,26

Судно може бути використано для:

- туризму і відпочинку на воді;
- ловлі риби;
- перевозок невеликих вантажів.

Корпус судна унифицирован для всіх модифікацій судна за винятком відмінностей в пристрої моторного відсіку. Корпус відкритий, має округлі водні обводи. Виготовлений монолітним з склопластику на основі стекловата і поліэфірної смоли методом ручного формування в матриці. Товщина склопластикових стінок днища, бортів, транца складає 8мм. Транець додатково посилений вклеєною накладкою з водостійкої фанери. Подовжній набір корпусу складається з кільової балки, зовнішнього і внутрішнього бруса.

Поперечний набір корпусу складають поперечні перегородки, банки для сидіння пасажирів і днищевые лори.

Поперечні перегородки виготовлені з листової фанери завтовшки 8..10мм і спільно з примикаючими до них у верхній частині дерев'яними банками герметично вклеєні в корпус і утворюють три водонепроникні блоку аварійної плавучості носовий блок і два блоки в центральній частині корпусу.

Поперечними водонепроникними перегородками з блоками аварійної плавучості корпус судна розділений на три відсіки – форпик, центральний відсік і моторний відсік.

Форпик і центральний відсік служать для розміщення пасажирів – сидячи на банках, а також для розміщення багажу, вантажу, що перевозиться, предметів постачання судна і ін.

В моторному відсіку модифікації розміщується стаціонарна рушійна установка і розташовано місце для сидіння судноводія.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Транець судна і кормова частина має накладки, що підносяться над привальним брусом для захисту від нахату попутної хвилі у разі різкого скидання потужності рушійної установки на повному ході судна.

Рушійна установка судна “Мотор Січ ТМС-2” стаціонарна і складається з двигуна 1Ч 6,9 / 7,2 і обернено-відкидної колонки “Мотор Січ КПО-25”.

Склад агрегату. Структура агрегату для малого судна з двигуном 1Ч7,9/6,2. Нижче на рис.1.1, наведені схеми установок для передачі потужності на рушій, якими можуть комплектуватися малі судна у залежності від водотоннажності, швидкості, і потужності.

1.2 Загальна характеристика 1 Ч 7,9/6,2

1Ч 7,9/6,2 (прототип “Мотор Січ -10ПВВ”) призначений для приводу маломірних судів з водоизмещающим режимом руху . На малих судах з L довжина конструктивної ватерлінії близько 19 метрів і водотоннажністю 1,5 тонн, при правильному виборі основних розмірів і обводів, агрегат забезпечує швидкість руху судна, залежно від розмірів, від 12 до 16 км/ч. (6,5-8,5 вузлів). Двигун 1Ч 7,9/6,2 (прототип “Мотор Січ -10ПВВ”) призначений для реалізації через роздрібну торгівлю споживачам, самостійного встановлення його на мотоблоки інших виробників, міні трактори, малогабаритну сільськогосподарську техніку, вантажні візки, малих судів (рис.1.1.) найбільш потужний серед серійних агрегатів.

Джерелом енергії на малому судні є чотирьохтактний бензиновий двигун типу 1Ч 7,9/6,2 потужністю 7,35 кВт. Частина енергії двигуна надається генератору. Двигун з генератором, встановлений на загальній рамі, є єдиним силовим агрегатом. В агрегаті встановлений реверс-редуктор тип – фланцевий, шестерний, циліндровий, косозубий (з

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

осьовою складовою - від двигуна). Його кріплення повинні витримувати осьові зусилля від упора гвинта 120...150 кг. в будь-якому осьовому напрямі і радіальні навантаження від відбору потужності ланцюговою передачею з двох сторін РРП.

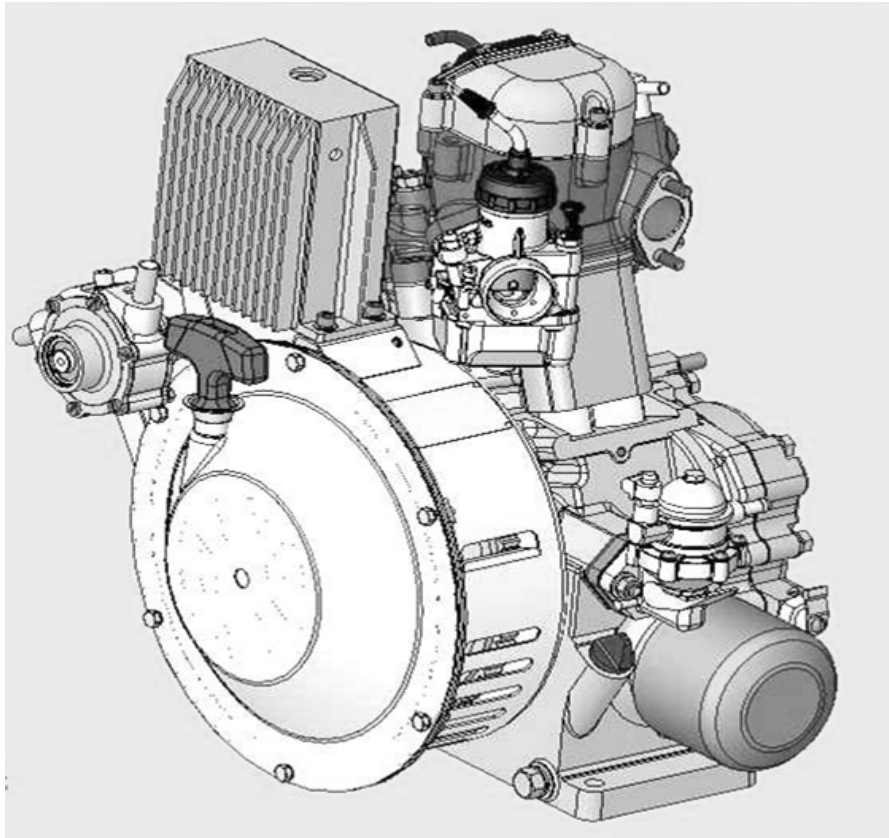


Рисунок 1.1 – Силовий агрегат МС-10 ПВВ

Реверсування повинне здійснюватися торцевою або радіальною шліцьовою муфтою на вихідному валу на оборотах холостого ходу двигуна (1000...1200 про./хв.). Управління – з дистанційного пульта, блокування реверсування на будь-яких оборотах, окрім мінімальних оборотів холостого ходу. Блокування включення стартера при включеному на задній або передній хід РРП або РП.

Основні параметри і розміри двигуна представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Параметри і розміри двигуна

Наименование параметра и размера	Норма	
	Двигун	
1 Тип двигуна	Чотирьохтактний, верхньоклапанний, карбюраторний, з рідинно- водяним охолодженням	
2 Число циліндрів	1	
3 Нахил циліндра від вертикалі, град.	20	
4 Діаметр циліндра, мм	79	
5 Хід поршня, мм	62	
6 Робочий об'єм циліндра см ³	304	
7 Номінальна потужність по ГОСТ 14846 брутто*, кВт (к.с.),	7,35 (10)	
8 Частота обертання колінчастого валу при номінальній потужності, с ⁻¹ (мін ⁻¹)	91,7±5 (5500±300)	
9 Максимальний крутильний момент Н·м (кгс·м)	12,8 (1,3)	
10 Мінімально-стійка частота обертання колінчастого валу на холостом перебіг*, с ⁻¹ (мін ⁻¹)	20±1,67 (1200±100)	
11 Мінімальна питома витрата палива, кг/кВт·ч (кг/л.с.·ч)	0,394 (0,290)	
12 Мінімальна питома витрата масла на чад, у відсотках від питомої витрати палива, не більш	1,5	
13 Вживання палива	Бензин А-92 по ДСТУ 4063	
14 Вживане масло по ТУ У		

00152365.060	АЗМОЛ М-20/5040 «супер»
15 Місткість масляної системи, л, не більш	1,5
16 Температура масла в картері К (°C), не більш	393 (120)
17 Тиск масла в системі при частоті обертання колінчастого валу $63,3 \text{ с}^{-1}$ (3800 хв.^{-1}) і температурі масла 353К (80°C) в межах, кгс/см ²	от 1,8 до 6,5
18 Тиск спрацьовування датчика сигналізатора аварійного тиску масла, кПа (кгс/см ²), не більш	8,5 (0,8)
19 Вживана охолоджуюча рідина по ТУ У 24.6-00152365-086	Тосол-40
20 Максимальна температура охолоджуючої рідини, К (°C), не більш	373 (100)
21 Кут випередження запалення, в градусах повороту колінчастого валу	Регулюється автоматично залежно від частоти
26 Маса сухого двигуна, кг, не більш	45
27 Потужність генератора, Вт	350

Примітки

1 *Потужність брутто двигуна і мінімально-стійка частота обертання колінчастого валу на холостому ході визначаються в комплектності поставки за відсутності навантаження на генераторі після обкатки не менш 60 годин.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Двигун важить в сухому стані 45 кг і є однією з найважчих частин судна, встановлений на рамі, в задній частині судна.

Управління режимом роботи двигуна проводиться важелем, закріпленому на румпелі і сполученому тросом з дросельною заслінкою карбюратора. Нижнє положення важеля відповідає режиму роботи двигуна “Холостого ходу”.

Поряд з двигуном розташована акумуляторна батарея, яку використовують для пуску двигуна.

Запас палива зберігається в баку, підвішеному до головної рами в середній її частині (годинна витрата палива-2,5...3 кг.(3...3,75 л.)). Система живлення оснащена карбюратором К-68, прозорим паливним фільтром між насосом і карбюратором, піддоном під карбюратором. Утоплювач поплавця, збагачувач, ручна підкачка ТПН повинні бути доступний.

1.3 Вимоги до двигунів, що працюють на малих судах

Питома маса двигуна обмежується на судні допустимим навантаженням. Водотоннажність судна в повній вантажу з повною кількістю пасажирів 1,500 т.

Висока паливна ефективність на всіх експлуатаційних режимах – найважливіша вимога до двигуна [мінімальна питома витрата палива 0,394г/(кВт·ч) і мінімальна питома витрата масла на угар, у відсотках від питомої витрати палива 1,5 кг/(кВт·ч)].

Двигун повинен надійно працювати за наступних умов:

- атмосферному тиску, кПа (мм рт. ст.), не нижче
96 (720)

- температурі навколишнього повітря, К (°C), в межах
від 268 до 318 (від - 5 до +45);

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- температурі палива перед карбюратором, К (°С), у межах від 268 до 318 (від мінус 5 до +45);
- запыошенні повітря на впуску в двигун (після фільтру), г/м³, не більше 0,002;
- постійному крені, град, не більш 10;
- додаткових до постійного крену бічних коливаннях, не більше, рад 20;
- допустимому сумарному (будівельному і ходовому) куті нахилу щодо конструктивної ватерлінії, град, не більш 20;
- продовжних коливаннях, град, не більш 10;
- температурі води зовнішнього контуру, К (С°), в межах від 271 до 305 (від мінус 2 до +32).

Стійка і економічна робота на холостих ходах і малих навантаженнях, перехідних режимах без викиду палива, розрідження масла паливом, підвищеного закоксування і т.п.

Рівень автоматизації управління, захисту і регулювання повинен відповідати четвертому ступеню (ГОСТ 14228 – 80). Тепловий стан двигуна (по воді і маслу) на всіх режимах експлуатації повинен бути стабільним, а рівень діагностуємості у відповідності з ГОСТ 2041 – 75.

Двигун повинен надійно працювати в різних умовах при температурах навколишнього повітря ± 40 °С, вогкості до 70 % за умови обліку впливу навколишнього середовища на потужність, витрату палива і робочий процес.

Для зниження рівня шуму і вібрації у відповідності з ГОСТ 12.1.003 – 83 необхідне можливо повне урівноваження всіх мас, що

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

обертаються і поступально рухаються, відсутність заборонених критичних зон частоти обертання на експлуатаційних режимах роботи шляхом застосування демпфуючих пристроїв, а також установки двигуна на віброізолюючі амортизатори. У зв'язку з проблемою захисту навколишнього середовища потрібно забезпечити рівень токсичності відповідно ДСТУ 24585 – 81 і димності випускних газів відповідно ДСТУ 24028 – 80.

1.4 Особливості пуску та роботи двигуна на судні

Пуск двигуна проводиться за допомогою електростартера. Перед пуском двигуна включається пусковий пристрій, а в холодний час додатково натискає утопитель поплавця, для переповнювання камери поплавця бензином до його появи через отвір. Після включення запалення проводиться запуск двигуна електричним або ручним стартером.

При провертанні колінчастого валу двигуна, ротор, обертаючись, створює магнітний потік в магнітопровід статора, що у свою чергу викликає виникнення струму в обмотках. Струм, що протікає в зарядній обмотці генератора, заряджає конденсатор в модулі запалення. Під час вступу запускаючого імпульсу від електронного блоку даний конденсатор розряджається через первинну обмотку котушки запалення і формує у вторинній обмотці імпульс високої напруги, пробиваючи повітряний проміжок між електродами свічки запалення. Таким чином формується іскра, запалювальна в циліндрі збагатила паливо-повітряну суміш, що поступає в нього при прокрутці з дозуючих систем карбюратора. Відбувається пуск двигуна.

При роботі двигуна на малій частоті обертання холостого ходу паливо під дією розрідження за дроселем поступає через паливний

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

жиклер холостого ходу, в емульсивний отвір, де змішується з повітрям, що поступає через регульований повітряний жиклер холостого ходу. В цьому жиклері, що складається з повітряного каналу жиклера холостого ходу і регульовального гвинта якості суміші холостого ходу, утворюється емульсія, що поступає в дросельний простір. При подальшому відкритті дроселя емульсія поступає і з отвору перехідного режиму роботи.

В процесі переходу двигуна на навантаження із збільшенням відкриття дроселя, область високих розріджень зміщується до вузької частини дифузора, що викликає збільшення витрати емульгованого палива через головну систему. Система холостого ходу продовжує працювати на всіх режимах навантажень.

1.5 Особливості керування судном

Управління режимом роботи двигуна проводиться важелем закріпленому на румпелі і сполученому тросом з дросельною заслінкою карбюратора. Нижнє положення важеля відповідає режиму роботи двигуна “Холостий хід”.

При переміщенні важеля вгору тягою троса збільшує відкриття дросельної заслінки карбюратора. Частота обертання колінчатого валу двигуна при цьому зростає і в крайньому верхньому положенні важеля відповідає “Максимальному ” режиму роботи двигуна. Дросельна заслінка карбюратора при цьому відкрито повністю.

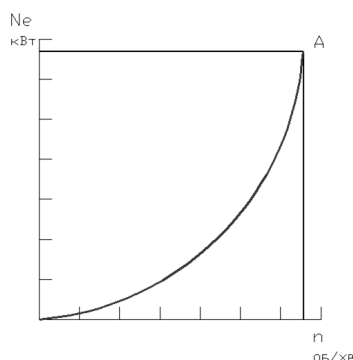
Управління реверсом колонки проводиться важелем сполученим тросами з коромислом. Важіль і сполучене з ним коромисло має три положення. Середнє положення важеля і коромисла відповідає режиму “Неодруженого хід”. Крутильний момент, від двигуна до гвинта при цьому не передається.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Передній важіль вперед (у бік носа судна) і сполученого з ним коромисла, за годинниковою стрілкою включає “Передній хід”. Переміщення важеля назад (у бік корми) і коромисла проти годинникової стрілки включає “Задній хід”. Напрямок обертання весільного гвинта при цьому змінюється на протилежне щодо режиму “Передній хід”. При включенні режиму “Задній хід” за допомогою кулачка і клямки, відбувається також замикання колонки за опорну вісь для запобігання відкидання колонки при русі судна заднім ходом.

1.6 Режими роботи двигунів на малих судах

Характеристикою двигунів називається залежність величин, що характеризують роботу двигуна, від параметрів, що визначають режим його роботи. Залежно від виду величин можна розглядати характеристики потужності, питомої витрати палива, к.к.д., температури відпрацьованих газів та ін. Параметри, визначальні режими роботи двигуна, це – частота обертання колінчастого валу, встановлювана судноводієм в процесі управління малим судном, і подача палива на цикл, визначена положенням регулюючого органу. Швидкісні характеристики двигуна є залежністю параметрів їх роботи (потужності, моменту, тиску, що крутить) від частоти обертання колінчастого валу за заданих умов завантаження.



Риунок 1.2 – Характеристика праці судового двигуна

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Точка А (рис.1.2.) характеризує номінальний режим роботи двигуна (кубічна залежність). Ця крапка є найважчою для цього двигуна, тому вибираємо її надалі для розрахунку.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА

2.1 Порівняння двигунів-прототипів

Порівняння модифікацій двигунів (однакової бистрохідності) показує, що не поступаються за економічністю, екологічністю та габаритним розмірам.

Таблиця 2.1 – Малорозмірні двигуни

Марка двигуна	Потужність двигуна, кВт	Частота обертання колінчастого вала, об/хв	Середня швидкість поршня, м/с	Питома витрата палива, г/(кВт ч)	Маса питома двигуна, кг
Технічні показники зарубіжних та вітчизняних мало розмірних дизелів					
F1L210	10.29	3000	9.5	340	80
MD5A	5.5	2500	6.6	278	111
K10	3.89	3000	7.6	269	50
E785	8,82	3000	10	300	87
NM4H	2.57	2160	5.5	278	49
“Вихрь”	14.7	5000	-	650	-
П-350	9.93	4000	-	570	-
ПД-8М	5.15	4300	-	705	-

2.2. Методика розрахунку робочого циклу двигуна

Основною метою розрахунку робочого циклу є визначення основних параметрів і показників робочого процесу, що характеризують ефективність і економічність роботи двигуна.

Розрахунки робочого циклу, як правило, виконуються для номінального режиму. Для перемінних режимів схема розрахунку залишається тією ж, однак вибір вихідних даних повинен бути зроблений відповідно до особливостей розрахункового режиму.

Розрахунковий цикл ДВЗ складається з п'яти послідовно протікаючих процесів: наповнення, стиску, згоряння палива, розширення та випуску. Розрахунковий цикл модернізованого двигуна 1Ч 7.9/6.2 проведемо на комп'ютері за методикою.

2.3. Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна

Температура навколишнього повітря T_0 . Приймаємо $T_0 = 298 \text{ K}$.

Тиск навколишнього повітря p_0 . В усіх випадках варто приймати $p_0 = 0,1013 \text{ МПа}$ (стандартні атмосферні умови) [4].

Ступінь стиску ϵ . При призначенні ступеня стиску варто враховувати розміри циліндра, тип двигуна, його швидкохідності і спосіб сумішоутворення. А також допустима ступінь стиску у залежності від октанового числа бензину:

Октанове число: 66-72 73-76 77-80 81-90 91-100 більш 100

ϵ : 5.5-6.5 6.6-7 7.1-7.5 7.6-8.5 8.6-9.5 до 12.5

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Приймаємо $\varepsilon = 6,3$.

Коефіцієнт надлишку повітря α . Цей коефіцієнт також залежить від розмірів циліндра і способу сумішоутворення. У карбюраторних двигунів α буде знаходитись у межах 0,9 - 1,0 [4].

Коефіцієнт залишкових газів γ_r . Вплив на значення цього коефіцієнту завдають тип двигуна, особливості повітропостачання і газообміну. Приймаємо $\gamma_r = 0,07 - 0,12$ [4].

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 проектованого. Для цього двигуна коефіцієнти лежать у межах: $\xi_z = 0,8 - 0,9$; $\xi_b = 0,82 - 0,92$; [4].

Приймаємо $\xi_z = 0,9$; $\xi_b = 0,92$.

Механічний ККД двигуна η_m . Механічний ККД оцінює механічні втрати двигуна, являє собою відношення корисної до використаної потужності. Значення механічного ККД двигуна залежить від якості масла, від теплового стану двигуна. Значення ккд для чотирьохтакткових карбюраторних двигунів η_m знаходиться у межах 0,7 – 0,85 [4]. Приймаємо $\eta_m = 0,72$.

Зменшення тиску у повітроохолоджувачі $\Delta P_{ох}$. У числовому виразі $\Delta P_{ох} = 0$ МПа.

Температура залишкових газів T_r . Для двигунів такого типу T_r знаходиться у межах 900 – 1200К. Приймаємо $T_r = 1100$ К.

Хімічний склад палива. Розрахунок проводиться на паливо середнього складу [6]: С = 0,855 кг – кількість вуглецю;

Н = 0,145 кг – кількість водню;

S = 0 кг – кількість сірки;

O = 0.004 кг – кількість кисню.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

Нижча теплота згоряння палива. Приймаємо $Q_n = 43960$ (кДж/кг).

Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми. ϕ Величину цього коефіцієнту вибирають на підставі дослідних даних, звертають увагу на тип двигуна та особливості системи газообміну. Для 4 – тактних двигунів $\phi = (0,92 - 0,97)$ [4]. Приймаємо $\phi = 0,95$.

Тиск залишкових газів МПа p_r . У цьому двигуні $p_r = 0,118$ МПа.

Подогрев заряда от стенок цилиндра ΔT . Приймаємо $\Delta T = 30$ К.

Тиск у спочатку стиснення МПа p_a . $p_a = 0,85 \cdot p_0$. Тиск визначаємо за прийнятими даними визначаємо $p_a = 0,0861$.

Коефіцієнт дозарядження λ_1 $\lambda_1 = 1,04$.

Коефіцієнт очищення об'єма стиснення λ_2 $\lambda_2 = 1$.

Коефіцієнт що враховує неоднаковість теплоємкостей суміші і залишкових газів. $\phi' = 1,15$.

Діаметр циліндру: $D = 0,079$ м.

Хід поршня: $S = 0,062$ м.

Частота обертів колінчастого валу: $n = 5000$ об/хв.

Число циліндрів: $I = 1$.

Ефективна потужність $N_e = 7.35$ кВт.

Питома ефективна витрата палива $b_e = 0.350$ кг/(кВт*ч).

2.4. Розрахунок робочого циклу

2.4.1. Розрахунок процесу наповнення

2.4.1.1. Температура повітря перед впускними органами

$$T_K = T_0 \cdot \left[\left(\frac{P_k + \Delta P_k}{P_0} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right] - \Delta T_0 = 298 \text{ К},$$

2.4.1.2. Коефіцієнт наповнення

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \lambda_1 \cdot \frac{P_a}{P_K} \cdot \left[1 - \left(\frac{\psi \cdot \lambda_2}{\lambda_1 \cdot \varepsilon} \right) \cdot \frac{P_z}{P_a} \right] \cdot \frac{T_K}{T_K + \Delta T} = 0,735,$$

2.4.1.3. Коефіцієнт залишкових газів

$$\gamma_z = \left(\frac{\lambda_2}{\varepsilon - 1} \right) \cdot \left(\frac{P_z}{P_K} \right) \cdot \left(\frac{T_K}{T_z} \right) \cdot \frac{1}{\eta_v} = 0,0776,$$

2.4.1.4. Густина повітря перед впускними органами

де, $R = 293 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$,

$$\rho_K = \frac{P_K \cdot 10^6}{R \cdot T_K} = 1.160 \text{ кг/м}^3,$$

2.4.1.5. Температура заряду до кінця процесу наповнення

$$T_a = \frac{T_K + \Delta T + \gamma_z \cdot \varphi \cdot T_z}{1 + \gamma_z} = 395,475 \text{ К},$$

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.4.2 Розрахунок процесу стиснення

2.4.2.1. Показник політропи стиснення

де, $a = 20,16$,

$b = 0.001738$,

$$n_1 - 1 = \frac{8,13}{a + b \cdot T_a \cdot (1 + \varepsilon^{n_1 - 1})} = 1,374,$$

допустиме значення лежить в межах від 1,34 – 1,38

2.4.2.2. Тиск в кінці стиснення

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 1.080 \text{ МПа},$$

значення лежить в допустимих межах від 0,57 - 1,16

2.4.2.3. Температура в кінці стиснення

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1} = 787,816 \text{ К},$$

2.4.2.4. Середня теплоємність при стисненні

$$\mu c v_c = a + b \cdot T_c = 21,529,$$

2.4.3. Розрахунок процесу згоряє

2.4.3.1. Кількість повітря теоретично що відводиться для того, що згоряє.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$M_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right) = 0,512,$$

2.4.3.2. Коефіцієнт надлишку повітря для того, що згоряє

$$\alpha = \frac{\left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \cdot i \right)}{\left(\frac{b_e \cdot N_e}{n} \right) \cdot M_0} \cdot \rho_{\kappa} \cdot \eta_v = 0,984,$$

2.4.3.3. Кількість свіжого заряду

де, $\mu_t = 114$ кг/кмоль - Молекулярна вага

$$M_s = \alpha \cdot M_0 + \frac{1}{\mu_t} = 0,512,$$

2.4.3.4. Кількість продуктів згорання

$$M_e = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,97 \cdot \alpha \cdot M_0 = 0,542,$$

2.4.3.5. Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta_0 = \frac{M_e}{M_s} = 1,057,$$

2.4.3.6. Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta = 1 + \frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_e} = 1,053,$$

2.4.3.7 Коефіцієнт молекулярної зміни в крапці Z

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\beta_z = + \left(\frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_z} \right) \cdot \frac{\xi_z}{\xi_b} = 1,052,$$

2.4.3.8. Втрати від неповноти згоряє

$$\Delta Q_H = 119600 \cdot (1 - \alpha) \cdot M_0 = 1000,586 \text{ кДж/кг},$$

2.4.3.9 Лінійна апроксимація теплоємності робочого тіла при високих температурах

$$a_z = (18.42 + 2.6 \cdot \alpha) \qquad b_z = (1.55 + 1.38 \cdot \alpha) \cdot 10^{-3}$$

$$a_z = 20,978 \qquad b_z = 0,0029$$

$$\mu c v_z = (18.42 + 2.6 \cdot \alpha) + (1.55 + 1.38 \cdot \alpha) \cdot 10^{-3} \cdot T_z$$

2.4.3.10 Максимальна температура згоряння

$$T_z = \frac{\frac{\xi_z \cdot (Q_H - \Delta Q_H)}{M_s \cdot (1 + \gamma_u)} + \mu c v_c \cdot T_c}{\beta_z \cdot \mu c v_z} = 2831,394 \text{ К},$$

2.4.3.11 Максимальний тиск згоряння

$$p_z = \beta_z \cdot \frac{T_z \cdot p_c}{T_c} = 4,085 \text{ МПа},$$

2.4.3.12 Ступінь підвищення тиску при тому, що згоряє

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c} = 3,782,$$

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.4.4. Розрахунок процесу розширення

2.4.4.1 Середній показник політропи розширення і температура в кінці процесу розширення

$$n_2 = \left[\frac{8.314 \cdot \left(\frac{\beta_z}{\beta} \cdot T_z - T_b \right)}{\frac{(Q_H - \Delta Q_H) \cdot (\xi_b - \xi_z)}{M_s \cdot (1 + \gamma_e) \cdot \beta} + \frac{\beta_z}{\beta} \cdot (a_z + b_z \cdot T_z) \cdot T_z - (a_z + b_z \cdot T_z) \cdot T_b} \right] + 1,$$

$$n_2 = 1,23,$$

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} = 1853,872 \text{ K},$$

2.4.4.2 Тиск в кінці процесу розширення

$$p_b = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}} = 0,425 \text{ МПа},$$

2.4.4.3 Температура залишкових газів (перевірка)

$$T_{e1} = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_e}}} = 1192,517 \text{ K},$$

2.4.4.4 Порівняння заданої і отриманої температур остаточних газів

$$\Delta T = \frac{T_{e1} - T_e}{(T_{e1} + T_e) \cdot 0,5} \cdot 100 = 8,07\%,$$

2.4.5 Визначення індикаторних показників

2.4.5.1 Теоретичний середній індикаторний тиск

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$p_i' = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] = 0.885 \text{ МПа},$$

2.4.5.2 Дійсне середній індикаторний тиск

$$p_i = p_i' \cdot \phi = 0.841 \text{ МПа},$$

2.4.5.3 Індикаторний ККД

$$\eta_i = 8,314 \cdot \frac{(M_s \cdot p_i \cdot T_k)}{Q_H \cdot \eta_v \cdot p_k} = 0.326 ,$$

2.4.5.4 Індикаторна питома витрата палива

$$b_i = \frac{3600}{Q_H \cdot \eta_i} = 0.251 \text{ кг/(кВт*ч)},$$

2.4.6 Визначення ефективних показників

2.4.6.1 Середній ефективний тиск

$$p_e = p_i \cdot \eta_m = 0,606 \text{ МПа},$$

2.4.6.2 Ефективний ККД двигуна

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,235 ,$$

2.4.6.3 Питома ефективна витрата палива

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$b_e = \frac{3600}{Q_H \cdot \eta_e} = 0,350 \text{ кг/(кВт*ч)},$$

2.4.6.4 Ефективна потужність двигуна

$$N_e^* = 13.1 \cdot D^2 \cdot S \cdot 0.5 \cdot p_e \cdot n \cdot i = 7,674 \text{ кВт},$$

2.4.6.5 Порівняння заданої і полученної ефективної потужності двигуна

$$\Delta N = \frac{N_e^* - N_e}{(N_e + N_e^*) \cdot 0,5} \cdot 100 = 4,3\%.$$

2.4.7 Визначення кількості відведеної теплоти, що виділяється у воду. З виразу :

$$N_e = Q_{\text{вид}} - Q_w - Q_z + \Delta N_{\text{мех}}$$

де $Q_{\text{вид}}$ – ефективна енергія виробляемая двигуном :

$$Q_{\text{вид}} = \frac{N_e}{\eta_e} = 31.27 \text{ кВт}$$

Механічні втрати:

$$\Delta N_{\text{мех}} = N_i \cdot \eta_m$$

де N_i - індикаторна потужність визначається з виразу:

$$N_i = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S \cdot z \cdot p_i \cdot n}{4 \cdot 60} \cdot 10^3 = 10.64 \text{ кВт}$$

$$\Delta N_{\text{мех}} = N_i \cdot \eta_m = 7.66 \text{ кВт}$$

Кількість теплоти виробляемая вихлопними газами:

$$Q_z = G_z \cdot C_{p_z} \cdot (T_z - T_0)$$

де G_r – годинна витрата випускних газів

$C_p = 1,05 \text{ кДж/(кг К)}$ – ізобарна теплоємність випускних газів

$T_r = 1100 \text{ К}$ температура вихлопних газів

$T_0 = 298 \text{ К}$

$$Q_z = G_z \cdot C_{p_z} \cdot (T_z - T_0) = 24,23 \text{ кВт}$$

$$Q_w = Q_{\text{вид}} - N_e - Q_z + \Delta N_{\text{мех}} = 31.27 - 7.35 - 24.23 + 7.66 = 7.35 \text{ кВт}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.5 Побудова індикаторної діаграми

Ординати точок політропи стиснення та розширення обчислюють за наступними формулами:

– для процесу стиснення:
$$p = \frac{p_c}{(V/V_c)^{n_1}};$$

– для процесу розширення:
$$p = \frac{p_z \cdot \rho^{n_2}}{(V/V_c)^{n_2}};$$

де $v/v_c = \varepsilon_x$ - відношення об'ємів, яке представляє собою поточне значення ступеня стиснення

Дані для розрахунку та побудови індикаторної діаграми

Показник політропи стиснення n_1	1,374
Показник політропи розширення n_2	1,23
Тиск кінця стиснення p_c ,	1,08МПа
Максимальний тиск згоряння p_z ,	4,085МПа
Ступінь попереднього розширення ρ	1,000
Ступінь стиснення ε	6,3

Для побудови дійсної індикаторної діаграми на теоретичній діаграмі треба проставити наступні точки:

$''C$ – точка подачі іскри (визначається кутом випередження запалювання);

$'C$ – точка початку запалювання;

C – точка горіння (вибух);

$\Delta\varphi_2$ – кут максимального тиску;

b' – точка початку відкриття випускного клапану;

b – випускний клапан відчинень;

r – точка відкриття впускного клапану;

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

r' – точка закриття випускного клапану;

a' – точка закриття впускного клапану;

Таблиця 2.2 Розрахунок індикаторної діаграми.

V/V	Pстис	Pрос
1	1,08	4,085
1,3938	0,68440588	2,7154678
1,7875	0,48622544	1,99953688
2,1813	0,36986435	1,56525235
2,5750	0,2944529	1,27625091
2,9688	0,24216289	1,07133798
3,3625	0,20407498	0,91917338
3,7563	0,17527141	0,80212867
4,1500	0,152836	0,70956617
4,5438	0,13493864	0,63470558
4,9375	0,12037741	0,57303126
5,3313	0,10833297	0,52142558
5,7250	0,09822911	0,47767026
6,1188	0,08964977	0,44014617
6,3000	0,08612512	0,42462268

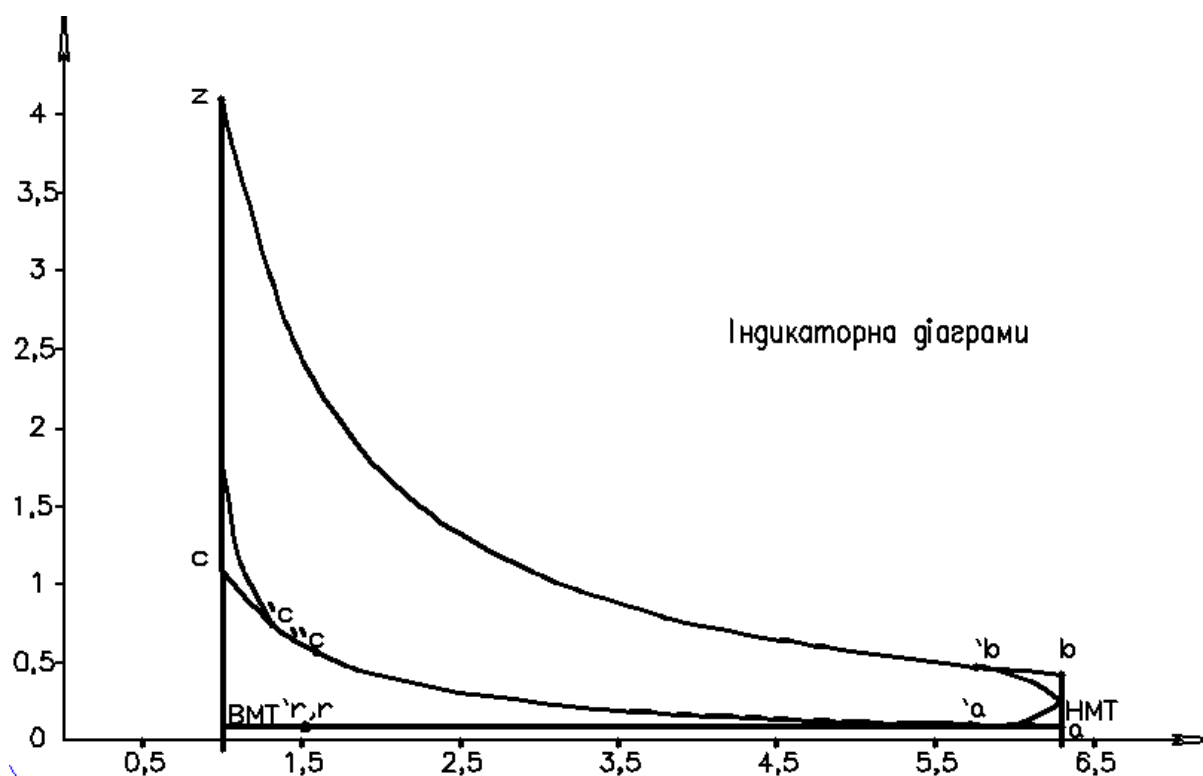


Рисунок 2.1 – Дійсна та теоретична індикаторна діаграма.

Максимальна температура згоряння палива $T_z = 4085 \text{ K}$.

2.6 Розрахунок динамічних зусиль, що діють у КШМ

Сили, що діють у кривошипно-шатунному механізмі.

При вивченні динамічних явищ у Д.В.З. у першу чергу розглядають сили від тиску газів P_g і сили інерції P_j . Запишемо, що сумарна сила, що діє на поршень

$$P = P_g + P_j$$

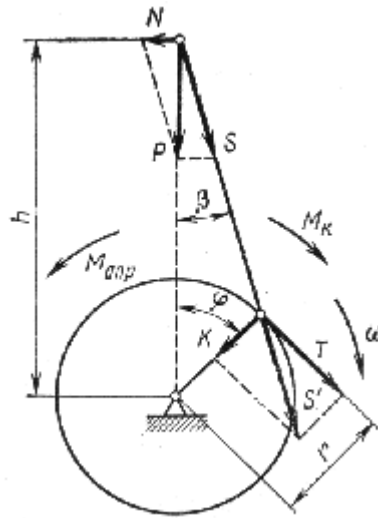


Рисунок 2.2 – Схема сил, що діють у кривошипно-шатунному механізмі

Припустимо, що сумарна сила P давить вниз на поршень і лінія дії збігається з віссю циліндра. Розкладемо цю силу на дві складові, одну з яких S направимо по осі шатуна, іншу N перпендикулярно осі циліндра. Бічна сила N притискає поршень до тієї чи іншої стінки циліндра

$$N = P \operatorname{tg} \beta.$$

Сила S діє по шатуні, чи розтягуючи стискаючи його, і передається на шатунну шийку кривошипа:

$$S = P (1/\cos \beta).$$

Перенести силу S по лінії її дії і допустивши, що вона прикладена до кривошипа, повторимо операцію розкладання. Направимо першу складову T перпендикулярно радіусу кривошипа, а другу R - по його радіусі. Тоді тангенціальна складова

$$T = P \sin (\varphi + \beta) / \cos \beta$$

відповідно нормальна

$$R = P \cos (\varphi + \beta) / \cos \beta.$$

Сила T створює крутний момент двигуна

$$M_K = Tr = P r \sin(\varphi + \beta) / \cos \beta,$$

що через колінчатий вал передається споживачу. У той же час опори двигуна сприймають перекидаючий момент

$$M_{\text{Опр}} = -N h \quad , \text{де } h = r \sin(\varphi + \beta) / \sin \beta$$

Перекидаючий момент в точності дорівнює моменту, що крутить, зі зворотним знаком

$$\begin{aligned} M_{\text{Опр}} &= -Nh = -P \operatorname{tg} \beta r \sin(\varphi + \beta) / \sin \beta \\ &= -Pr \sin(\varphi + \beta) / \cos \beta = -M_{\text{кр}}. \end{aligned}$$

У результаті дії на опори двигуна перекидаючого моменту в них розвивається рівний йому і протилежний за знаком реактивний момент.

Напрямку сил і моменту, що крутить, по годинній стрілці прийнято вважати позитивними. Зворотні ним - негативними.

Для одержання кількісних величин сил, що діють у КШМ, використовують індикаторну діаграму, за допомогою якої визначають силу тиску газів при будь-якій положенні кривошипа, і аналітичні залежності для визначення сил інерції. Силу інерції, що діє на поршень, знаходять на підставі рівняння другого закону Ньютона:

$$Pj = -mnj.$$

Величину j визначають по рівнянню

$$j = r\omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2 \varphi)$$

Як масу m_n беруть масу всіх деталей, що разом з поршнем роблять зворотно-поступальний рух. Сюди відносять поршень, кільця, поршневий палець, деталі, що охороняють поршневий палець від осьових переміщень. Маса цих деталей зосереджена на осі поршневого пальця.

Шатун робить складний плоско-рівнобіжний рух. Для спрощення аналізу деталі групи шатуна заміщають сукупністю мас, динамічно їм еквівалентних. Звичайне число мас системи, що замется, беруть рівним двом. Приводячи їх до осей поршневого пальця і шатунної шийки, вважають, що перша маса робить рух разом з поршнем, а друга - разом із кривошипом.

Аналіз виконаних конструкцій д. в. с. показує, що на частку маси, относимой до осі поршневого пальця, приходить 0,25-0,33 загальної маси деталей групи шатуна, а 0,75 - 0,67 приходить на частку маси, що робить обертальний рух разом із кривошипом. Таким чином, сила інерції деталей, що рухаються разом з поршнем,

$$P_j = - m_n r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2 \varphi).$$

де m_n - маса деталей групи поршня і частина маси деталей групи шатуна, віднесена до осі поршневого пальця.

Задача даного розділу є визначення сил, що діють у КШМ, а також побудова графіків зміни цих сил по куті повороту колінчатого вала.

Дані для розрахунку та побудови діаграм динаміки.

Кривошипно-шатунне відношення λ0,31.

Маса деталей, що рухаються зворотно-поступально m_n2,5кг

Кут заклинки колінчастого вала $720/i$720°

Розрахунок динаміки зроблений на ЕОМ.

Таблиця 2.3 – Розрахунок діаграм динаміки.

φ°	P_r , МПа	P_j , МПа	P_{dv} , МПа	N , МПа	R , МПа	T , МПа
0	0,1030	-0,5676	-0,4646	0,0000	-0,4646	0,0000
15	0,1030	-0,5348	-0,4318	-0,0347	-0,4081	-0,1453
30	0,1030	-0,4424	-0,3394	-0,0530	-0,2674	-0,2156
45	0,1030	-0,3064	-0,2034	-0,0453	-0,1118	-0,1758
60	0,1030	-0,1495	-0,0465	-0,0128	-0,0122	-0,0466
75	0,1030	0,0042	0,1072	0,0331	-0,0042	0,1121
90	0,1030	0,1343	0,2373	0,0760	-0,0760	0,2373
105	0,1030	0,2284	0,3314	0,1023	-0,1846	0,2937
120	0,1030	0,2838	0,3868	0,1064	-0,2855	0,2818
135	0,1030	0,3064	0,4094	0,0912	-0,3539	0,2250
150	0,1030	0,3080	0,4110	0,0642	-0,3881	0,1499
165	0,1030	0,3022	0,4052	0,0326	-0,3998	0,0734
180	0,0861	0,2989	0,3850	0,0000	-0,3850	0,0000
195	0,0873	0,3022	0,3895	-0,0313	-0,3843	-0,0706
210	0,0911	0,3080	0,3991	-0,0624	-0,3768	-0,1456
225	0,0981	0,3064	0,4045	-0,0901	-0,3497	-0,2223
240	0,1097	0,2838	0,3934	-0,1082	-0,2905	-0,2866
255	0,1281	0,2284	0,3565	-0,1101	-0,1986	-0,3159
270	0,1574	0,1343	0,2917	-0,0934	-0,0934	-0,2917
285	0,2053	0,0042	0,2095	-0,0647	-0,0082	-0,2191
300	0,2855	-0,1495	0,1360	-0,0374	0,0356	-0,1365
315	0,4219	-0,3064	0,1156	-0,0257	0,0635	-0,0999
330	0,6433	-0,4424	0,2009	-0,0314	0,1583	-0,1277
345	0,9265	-0,5348	0,3917	-0,0315	0,3702	-0,1318
360	1,0797	-0,5676	0,5121	0,0000	0,5121	0,0000
375	3,5620	-0,5348	3,0272	0,2434	2,8611	1,0186
390	2,5696	-0,4424	2,1273	0,3324	1,6761	1,3515
405	1,7615	-0,3064	1,4551	0,3242	0,7997	1,2582
420	1,2417	-0,1495	1,0923	0,3005	0,2859	1,0962
435	0,9243	0,0042	0,9285	0,2866	-0,0366	0,9710
450	0,7288	0,1343	0,8631	0,2765	-0,2765	0,8631
465	0,6058	0,2284	0,8343	0,2576	-0,4647	0,7392
480	0,5273	0,2838	0,8111	0,2231	-0,5988	0,5908
495	0,4772	0,3064	0,7836	0,1746	-0,6775	0,4306
510	0,4465	0,3080	0,7546	0,1179	-0,7124	0,2752
525	0,4299	0,3022	0,7321	0,0589	-0,7223	0,1326
540	0,4246	0,2989	0,7236	0,0000	-0,7236	0,0000
555	0,1180	0,3022	0,4202	-0,0338	-0,4146	-0,0761
570	0,1180	0,3080	0,4260	-0,0666	-0,4023	-0,1554
585	0,1180	0,3064	0,4244	-0,0945	-0,3669	-0,2332
600	0,1180	0,2838	0,4018	-0,1105	-0,2966	-0,2927
615	0,1180	0,2284	0,3464	-0,1070	-0,1930	-0,3070
630	0,1180	0,1343	0,2523	-0,0808	-0,0808	-0,2523
645	0,1180	0,0042	0,1222	-0,0377	-0,0048	-0,1278
660	0,1180	-0,1495	-0,0315	0,0087	-0,0082	0,0316
675	0,1180	-0,3064	-0,1884	0,0420	-0,1035	0,1629
690	0,1180	-0,4424	-0,3244	0,0507	-0,2556	0,2061
705	0,1180	-0,5348	-0,4168	0,0335	-0,3939	0,1402
720	0,1180	-0,5676	-0,4496	0,0000	-0,4496	0,0000

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВОГО ПАЛИВА

3.1 Природний газ у якості моторного палива

До основних переваг природного газу, як моторного палива, відносять високу антидетонаційну стійкість, меншу токсичність відпрацьованих газів, порівняно невисоку вартість, більший ресурс роботи двигуна. Так, октанове число природного газу становить 110 одиниць, що дозволяє використовувати його при високих ступенях стиснення і досягати високої економічності двигуна. Викиди окису вуглецю (CO) газового двигуна менші в 3...4 рази порівняно з двигуном на рідкому паливі, оксидів азоту (NOx) – у 1,5...2 рази, вуглеводнів (CH) – у 1,2...1,4 рази, димність відпрацьованих газів газодизеля – у 2...3 рази менша порівняно з дизелем. Міжремонтний пробіг двигуна на газі більший у порівнянні з двигуном на рідкому паливі в 1,5 рази, термін служби картерної олії - в 1,5...2 рази. Вартість природного газу менша за вартість рідкого палива в кілька разів.

До недоліків використання газового моторного палива відносять велику масу і вартість газобалонної установки в порівнянні з системою живлення двигуна на рідкому паливі, необхідність більш високої кваліфікації персоналу для обслуговування газобалонних установок високого тиску, знижений коефіцієнт використання пробігу газобалонного автомобіля.

Економічна ефективність застосування природного газу як моторного палива значною мірою залежить від наявності розгалуженої мережі газозаправних станцій, умов виконання робіт і в цілому може бути навіть негативною. Але навіть у цьому крайньому випадку застосування

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

природного газу є однією з найважливіших загальнодержавних проблем, пов'язаної з необхідністю збереження палив нафтового походження.

Як моторне паливо використовується природний газ згідно з ТУ 51 166-83 "Газ горючий природний стислий. Паливо для газобалонних автомобілів". Відповідно до цих технічних умов на автомобільних газонаповнювальних компресорних станціях (АГНКС) може відпускатися стиснений природний газ марок А і Б. Через різну кількість домішок азоту вони відрізняються щільністю і теплотою згоряння (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Основні показники стиснутого природного газу згідно з ТУ 51 166-83

Тиск газу в балонах не менше МПа (кгс/см ²)	19,62 (200)
Температура газу, що подається на заправку, не більше:	
для помірної та холодної кліматичних зон	+40
для жаркої кліматичної зони	+45
Компонентний склад, об'ємний, %: метану	
в ЗПГ марка А	95±5
в ЗПГ марка Б	90±5
пентанів, не більше	0,3
двоокису кисню, не більше	1
кисню, не більше	1
азоту, не більше	1
в ЗПГ, марка А	0...4
в ЗПГ, марка Б	4...7
Маса сірководню, г/нм ³ , не більше	0,02
Маса меркаптанової сірки, г/нм ³ , не більше	0,016
пентанів, не більше	0,3
двоокису кисню, трохи більше	1
Маса механічних домішок, г/нм ³ , трохи більше	0,001
Маса води, г/нм ³ , трохи більше	0,009

Природний газ видобувають переважно безпосередньо з газових свердловин, деяку кількість отримують у процесі переробки нафти, фракціонування газового конденсату або супутнього нафтового газу, перспективними є нові технології збагачення шахтного газу.

Основним компонентом газу є метан CH_4 (82-98%) з невеликими домішками етану C_2H_6 (до 6%), пропану C_3H_8 (до 1,5%), і бутану C_4H_{10} (до 1%). До складу газу входить також азот, кількість якого залежить від родовища або способу отримання газу.

Основними параметрами для оцінки якості газового палива є: елементарний склад, октанове число, теплота згоряння, займистість, вміст вологи та ступінь очищення від забруднюючих домішок. За енергетичною цінністю 1 м³ природного газу заміщає приблизно 1 л бензину чи дизельного палива.

Фізико-хімічні властивості метану, як основний складової ЗПГ, наведені в таблиці 1.2. Молекула метану в порівнянні з іншими вуглеводнями містить максимальну кількість атомів водню на один атом вуглецю, що обумовлює високу теплоту згоряння, широкі межі займистості газоповітряної суміші, низький вміст шкідливих компонентів у продуктах згоряння. Високий вміст водню забезпечує більш повне згоряння палива в циліндрах двигуна. Метан набагато легший за повітря і при витоках він легко вивітрюється, має властивість накопичуватися у верхніх частинах закритих приміщень. Газоповітряні суміші метану, близькі до стехіометричного складу, допускають бездетонаційну роботу двигуна при ступенях стиснення 9,6 ... 10,5.

Одна з найважливіших проблем застосування природного газу як моторне паливо пов'язана з його осушенням на АГНКС. Кількість вологи у газі має перевищувати 9 мг/м³ (точка роси при тиску 20 МПа дорівнює 30°C). Недотримання цієї умови призводить до порушення роботи газових редукторів через утворення льоду в їх каналах під час дроселювання ЗПГ.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Зміст-жимо сірководню в ЗПГ не повинно перевищувати 0,1% за масою. Як видно з таблиці 3.2, теплофізичні властивості газів марок А та Б відрізняються мало.

Температура спалаху ЗПГ у 3 рази перевищує температуру спалаху бензину, що ускладнює пуск карбюраторного двигуна на газі. Тому газові двигуни з іскровим запаленням доводиться обладнати спеціальними, дорожчими системами запалення підвищеної потужності.

Таблиця 3.2.

Фізико-хімічні властивості метану

Молекулярна маса.	16,14
Щільність за нормальних умов, кг/м ³	0,717
Відносна щільність повітрям	
марка А.	0,586
марка Б.	0,611
Стехіометричний коефіцієнт м ³ /м ³	9,52
Температура кипіння, °С.	-161,6
Температура спалаху, °С	
марка А.	624,7
марка Б.	608,0
Теплота випаровування, кДж/кг.	514,1
Теплота згоряння нижча в газоподібному стані, кДж/м ³	
марка А.	33802,6
марка Б.	33657,4
в рідкому стані, кДж/л.	30649,2
Об'ємна теплота згоряння горючої суміші при $\alpha = 1$, кДж/м ³	3218,6
Межі займання у суміші з повітрям, %, (α):	
верхній.	14,0 (0,65)

нижній. 5,3 (1,88)

Октанове число за моторним методом:

марка А. 103

марка Б. 102,3

Корозійна активність. відсутня

Виділення тепла на одиницю маси метану на 12% більше порівняно з бензином, проте тепловиділення при згорянні стехіометричної газоповітряної робочої суміші менше, ніж бензинової, на 9,5% (3218,6 та 3553,0 кДж/м³, відповідно) . Це призводить до зниження потужності бензинового двигуна під час переведення (конвертування) його на живлення природним газом.

3.2 Система живлення двигуна газом типу LPG

Застосування LPG налічує вже багато десятиліть, і в даний час LPG є найпоширенішим альтернативним видом палива у світі. Це повністю згоряюче паливо, що робить його одним із найсучасніших енергоносіїв. У багатьох великих містах все більше автомобілів та одиниць морського транспорту працює на LPG, що багато в чому пояснюється зростанням популярності цього виду палива.

LPG є сумішшю пропану, бутану і присадок. Порівняно з іншими видами палива, застосування LPG характеризується істотно меншою токсичністю газів, що відпрацьовали. Взагалі відпрацьовані гази двигунів, що працюють на LPG, мають один із найнижчих рівнів токсичності серед усіх сучасних двигунів внутрішнього згорання. LPG практично не містить сірки, і при згорянні майже не утворюється сажа. У відпрацьованих газах значно менше забруднюючих речовин, таких як оксид вуглецю (CO), вуглеводні (CH), оксиди азоту (NO) та інші.

Система живлення на LPG включає наступні вузли та деталі:

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- блок керування подачею газу;
- заправна горловина бака для газового палива;
- бак для LPG із вбудованим багатофункціональним клапаном;
- кнопка перемикання із показчиком запасу газу та перемикач для вибору виду палива;
- випарник з електромагнітним клапаном високого тиску для роботи на газі;
- газовий фільтр;
- Планка газового розподільника з газовими форсунками та датчиком планки газового розподільника.

Заправна горловина бака для газового палива знаходиться безпосередньо поруч із заливною горловиною бака для бензину під кришкою бака для бензину та з'єднується з баком для LPG за допомогою магістралі подачі LPG.



Рисунок 3.1 – Обладнання газової системи двигуна

Заправна горловина бака для газового палива має зворотний клапан. Це дозволяє LPG проходити в одному напрямку та перешкоджає проходженню рідкого LPG у протилежному напрямку. Зворотний клапан відкривається під тиском рідини під час заправлення.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 3.2 – Заправний вентиль

У різних країнах насоси подачі зрідженого газу обладнуються різними заправними пістолетами. Тому необхідно мати на увазі, що для приєднання заправного пістолета до заправної горловини бака для газового палива при заправці автомобіля потрібно використовувати так звані перехідники. В даний час найбільшого поширення в Європі мають дві системи приєднання: перехідник для заправки бака АСМЕ та тарілчастий з'єднувач.

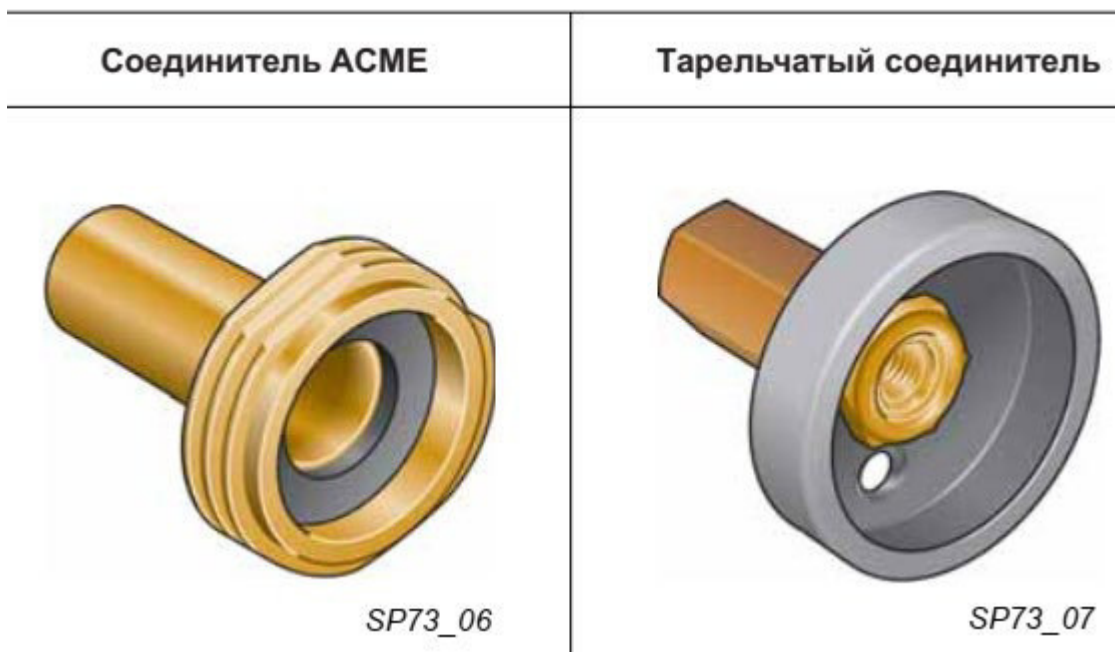


Рисунок 3.3 – Заправний адаптер

При заправці паливо проходить по замкнутому контуру (через заправний пістолет та заправну горловину бака для газового палива). Заправка зрідженим вуглеводневим газом проводиться так само легко і займає стільки ж часу, що заправка бензином. Заправлений об'єм LPG вимірюється в літрах і показується на дисплеї насоса так само, як і при заправці бензином. Максимальний обсяг заправки становить приблизно 80% ємності бака для LPG. Це забезпечує наявність достатнього простору для розширення LPG, в основному в умовах підвищеної температури навколишнього повітря. Після відкриття кришки заправної горловини бака для газового палива необхідно відвернути пробку та повернути перехідник. Зняти заправний пістолет із насоса. Повернути обертову головку заправного пістолета на перехідник. Натиснути механізм спуску заправного пістолета і зафіксувати механізм спуску в натиснутому положенні.

При вилученні заправного пістолета з випускних отворів у головці, що обертається, виходить невелика кількість LPG. LPG, що витік, має дуже низьку температуру і при попаданні на шкіру може викликати обмороження. Тому торкатися випускних отворів під час заправки забороняється.

Зняти головку заправного пістолета, що обертається, і перехідник із заправної горловини бака для газового палива. Поверніть корок на заправну горловину баку для газового палива.

Компоненти системи

Магістралі LPG

Паливо надходить у паливний бак магістралями LPG, а з бака прямує в двигун. Система LPG розділена на секції високого та низького тиску. Магістралі LPG є мідними трубками зі шланговими оболонками з ПВХ в секції високого тиску і шланги з особливої гуми в секції низького тиску. У системі встановлені такі магістралі LPG:

1. Від заправної горловини бака для газового палива до бака (секція високого тиску)

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– мідна трубка (ø 8 мм) + шлангова
оболонка із ПВХ

– тиск 8-10 бар

– LPG у рідкому стані

1. Від заправної горловини бака для газового
палива до бака (секція високого тиску)

– Мідна трубка (ø 8 мм) + шлангова
оболонка із ПВХ

– тиск 8-10 бар

– LPG у рідкому стані

2. Від бака до випарника (секція високого тиску)

– мідна трубка (ø 6 мм) + шлангова оболонка із ПВХ

– тиск 8-10 бар

– LPG у рідкому стані

3. Від випарника до планки газового розподільника із газовими
форсунками (секція низького тиску)

– шланги з особливої гуми

– тиск 0,1-2 бар

– LPG у газоподібному стані

4. Від планки газового розподільника з газовими форсунками до
впускного колектора (секція низького тиску)

– шланги з особливої гуми

– тиск 0,1-2 бар

– LPG у газоподібному стані.

Тороїдальний бак для LPG встановлений у ніші. Бак виготовлений зі
сталевого листа товщиною 3,5 мм. Місткість бака для LPG становить 55
літрів. Об'єм заправки бака для LPG не повинен перевищувати 80% повної
ємності бака, оскільки при підвищенні температури LPG розширюється.
Рівень заправки залежить від температури та може коливатися. При

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

температурі навколишнього повітря 15°C бак для LPG може бути заправлено приблизно 44 літра палива.

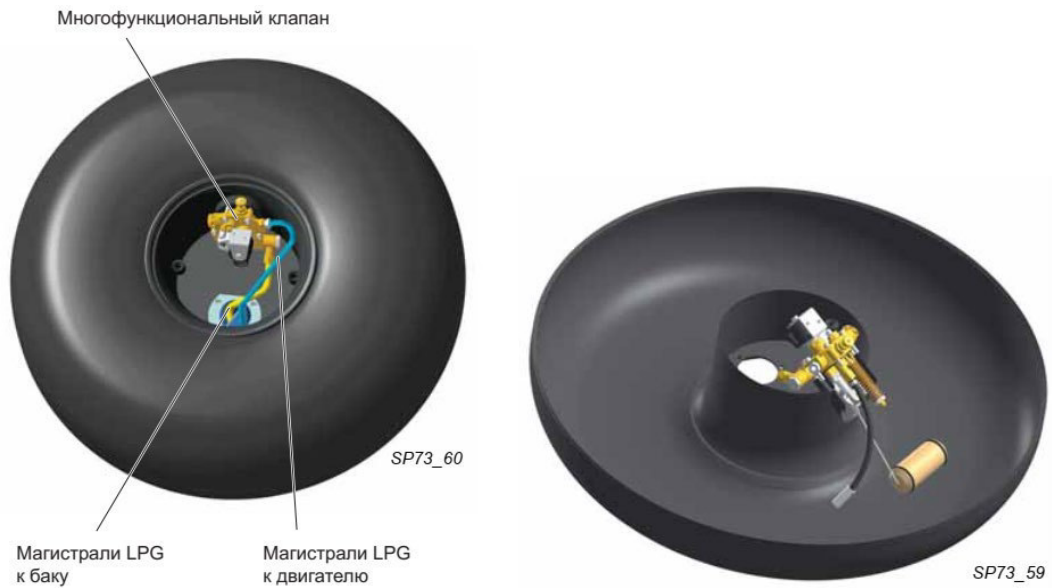


Рисунок 3.4 – Тороїдальний газовий балон

У бак для LPG вбудований багатофункціональний клапан. Він знаходиться у незаповненому просторі в середині бака. Цей простір закритий кришкою з гумовим ущільненням, що дозволяє створити газонепроникну камеру.

Багатофункціональний клапан у баку для LPG

Цей багатофункціональний клапан забезпечує поєднання наступних функцій в одному корпусі:

- електромагнітний клапан для газового бака N495;
- відсічний клапан;
- запобіжний клапан граничного тиску;
- датчик показчика запасу газу

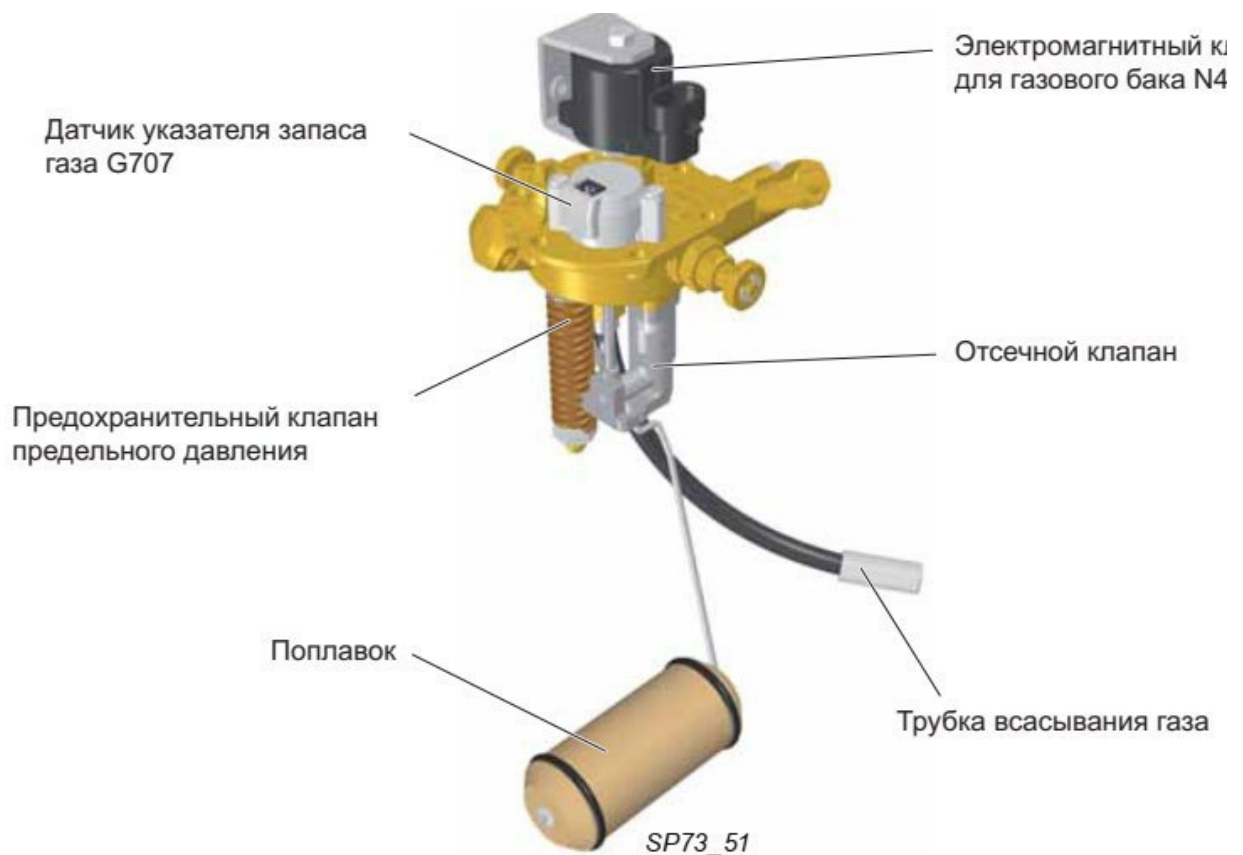


Рисунок 3.5 – Багатофункціональний газовий клапан газового балону

Електромагнітний клапан для газового бака N495 є частиною функціонального клапана. Електромагнітний клапан для газового бака регулює подачу LPG з бака до випарника, що знаходиться в моторному відсіку. Управління відкриттям та закриттям клапана здійснює блок керування подачею газу. При перемиканні в режим роботи на бензині або вимкненні двигуна, у разі серйозного ДТП (реєстрації зіткнення) або припинення подачі електроживлення, клапан автоматично закривається.

У знеструмленому стані якорь клапана притискається пружиною до сідла клапана і, тим самим, перекриває подачу газу з газового бака у випарник.

Якщо всі вимоги до роботи на газі дотримуються, блок керування подачею газу подає електроживлення на електромагнітний клапан для газового бака N495. Магнітне поле обмотки, що збуджується під дією напруги, що подається, відводить якорь назад у напрямку, протилежному напрямку зусилля пружини, і доступ до випарника відкривається. У разі

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

припинення роботи на LPG блок керування подачею газу вимикає подачу напруги живлення до клапана для газового бака, клапан під дією зусилля пружини закривається.

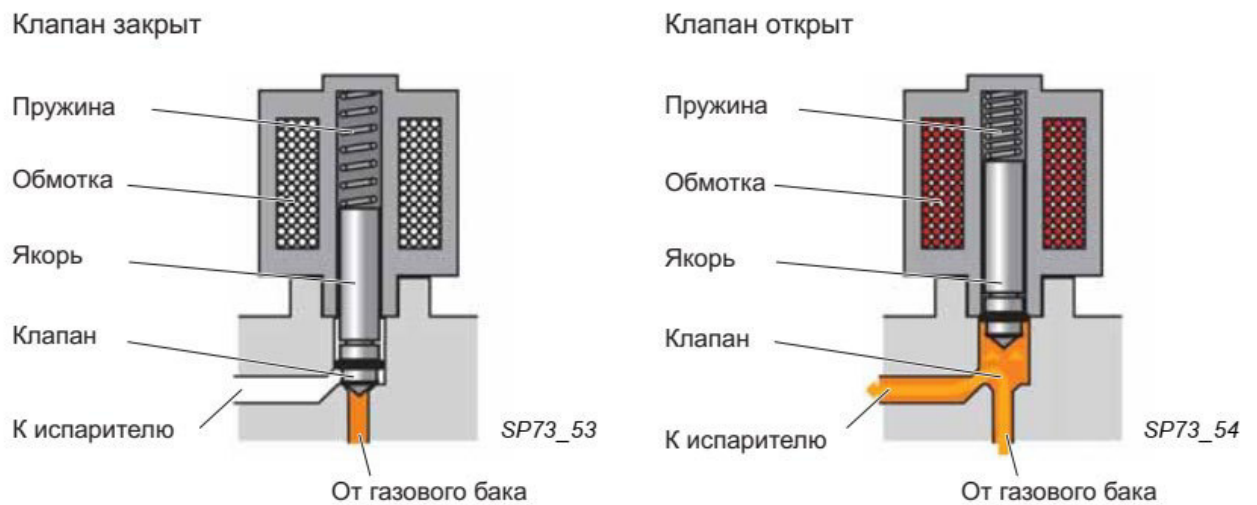


Рисунок 3.6 – Схема роботи клапана

Відсічний клапан знаходиться у надклапанній порожнині бака для LPG. Цей клапан призначається для переривання процесу заправки. Заправка припиняється, коли рівень заповнення бака сягає 80%.

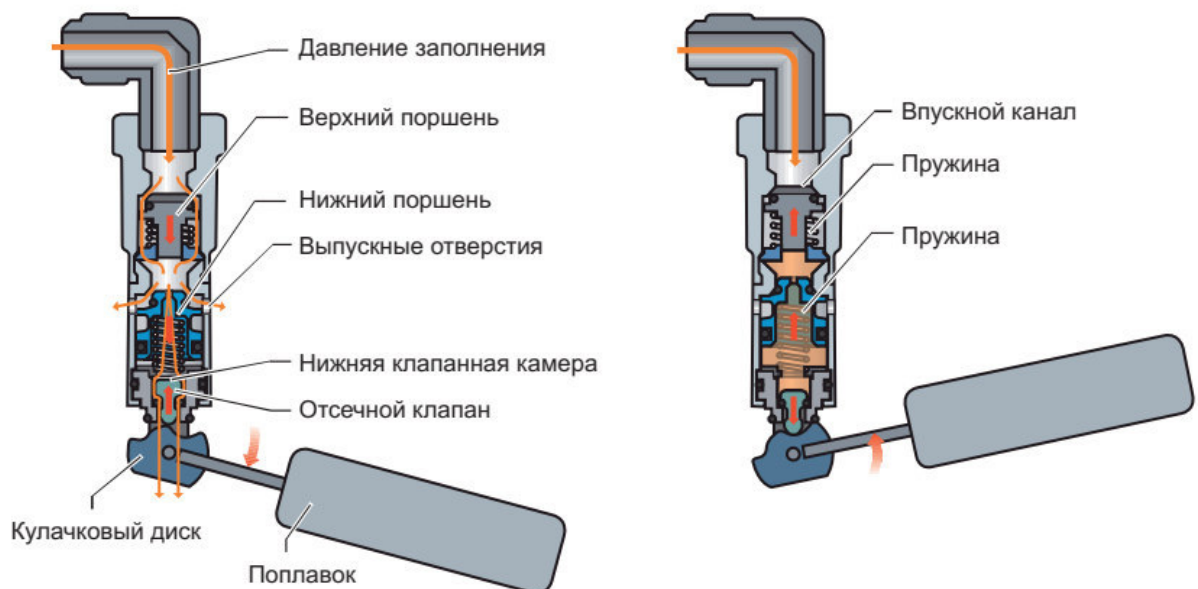


Рисунок 3.7 – Схема роботи відсічного клапана

Верхній та нижній поршні переміщаються вниз під впливом тиску заповнення. Верхній поршень виконує функцію зворотного клапана. Нижній поршень відкриває шлях до випускних отворів, якими LPG прямує в бак. Крім того, в центрі нижнього поршня є маленький отвір, через який LPG потрапляє в бак, проходячи через відкритий клапан. Коли відсічний клапан відкритий, тиск у нижній клапанній камері створюватися не може. Залежно від рівня заповнення бака під час заправки кулачковий диск повертається поплавком і приводить у дію клапан відсіку.

Коли положення поплавця відповідає рівню заповнення 80%, відсічний клапан переміщається вниз у виїмку кулачкового диска і тим самим закривається. Після цього рідкий газ починає створювати тиск у нижній клапанній камері.

Даний тиск у поєднанні із зусиллям пружини виштовхують нижній поршень нагору. Одночасно закриваються бічні випускні отвори. Протитиск збільшується, і коли воно порівнюється з тиском заповнення, заправна колонка вимикається, і верхній поршень закриває впускний канал під дією зусилля пружини.

Запобіжний клапан граничного тиску, а також клапан для газового бака N495 та клапан відсіку входять до складу багатофункціонального клапана. Запобіжний клапан запобігає розриву бака для LPG внаслідок утворення надлишкового тиску в баку, наприклад, в умовах високої температури.



Рисунок 3.8 – Запобіжний клапан

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						47
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Коли тиск у баку для LPG перевищує 27,5 бар, запобіжний клапан механічно відкривається під дією тиску газу, і LPG виходить у простір, де встановлено багатофункціональний клапан. Звідти газ відводиться під днище задньої частини автомобіля пластиковими випускними шлангами.

Датчик вказівника запасу газу G707 є частиною багатофункціонального клапана. Вимірювальний пристрій датчика вбудований в секцію подачі LPG. Рівень рідини в газовому баку відображається у двох місцях:

- над влаштуванням індикації на корпусі багатофункціонального клапана;
- на вказівнику рівня палива, вбудованому в кнопку перемикавання (вказівнику запасу газу G706) на центральній консолі.

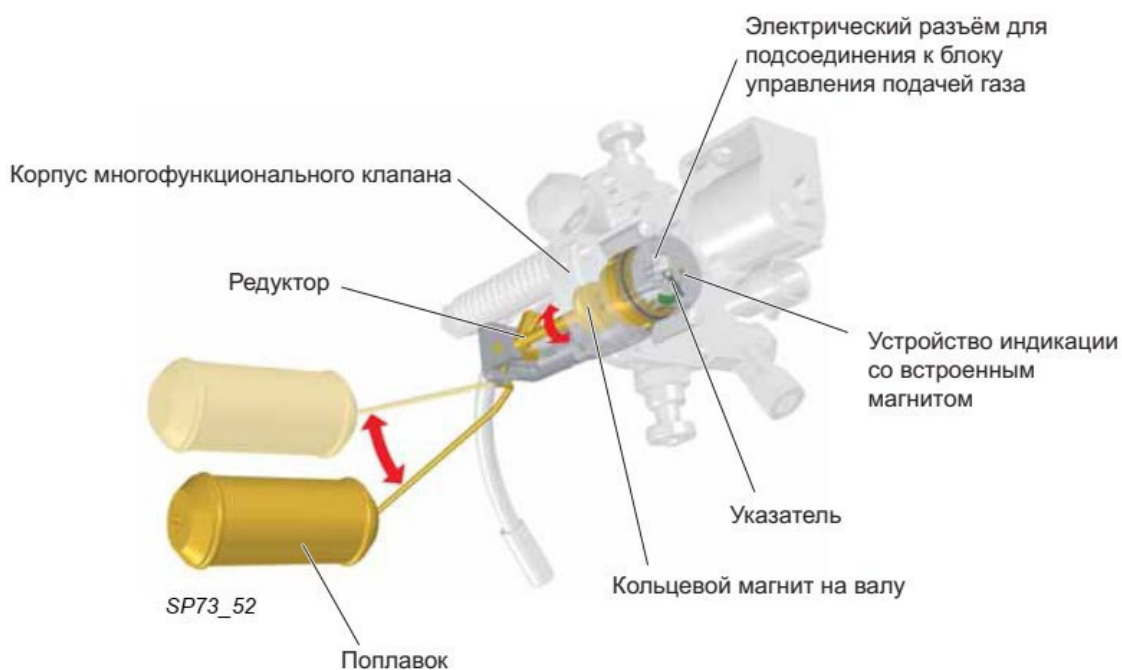
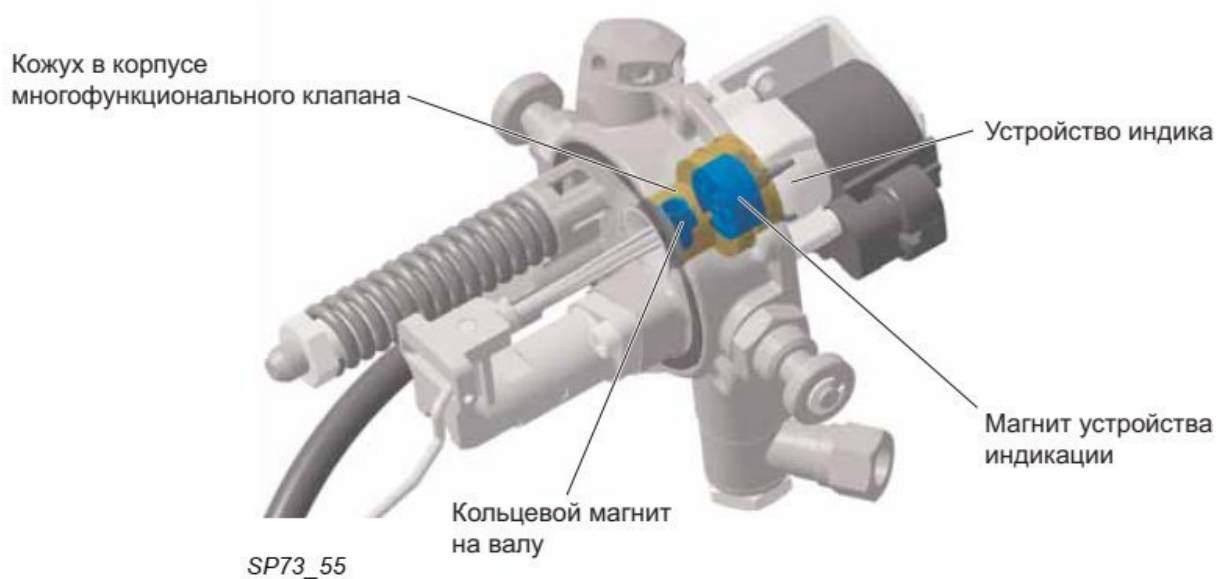


Рисунок 3.9 – Датчик запасу газу

Поплавець переміщається в газовому баку відповідно до рівня заповнення (як у бензобаку). Дане осьове переміщення перетворюється на обертальний рух за допомогою системи важелів в редукторі, коли рівень заповнення змінюється. В результаті цього кільцевий магніт, що знаходиться на кінці валу, що виступає з редуктора, починає обертатися.

Бесконтактное магнитное соединение



Указатель запаса газа G706 на центральной консоли

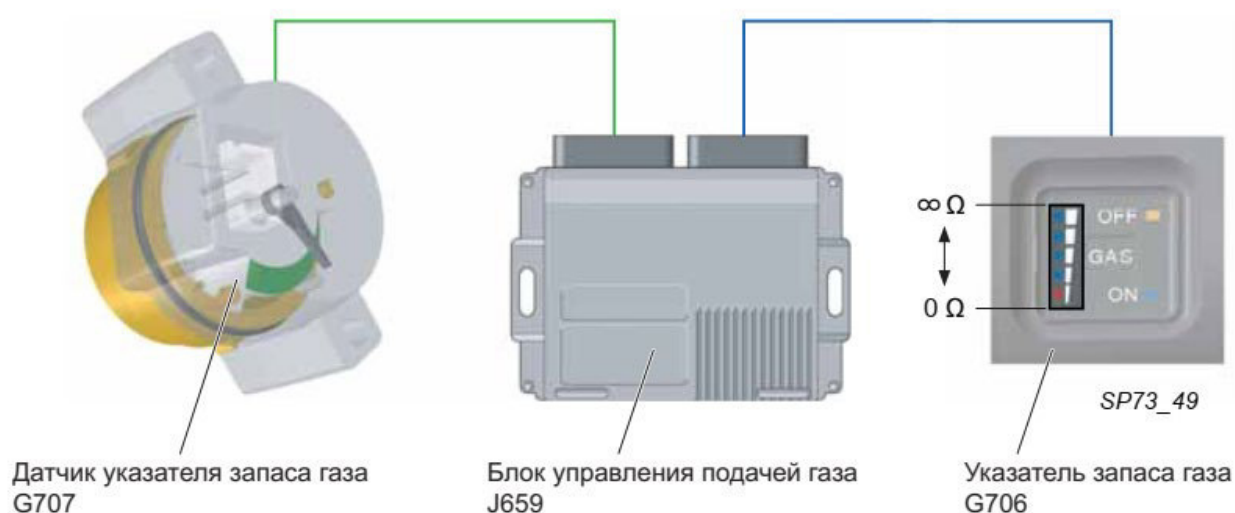


Рисунок 3.10 – Схема підключення датчику запасу газу

Кінець валу з кільцевим магнітом вбудований у кожух у корпусі клапана. У пристрої індикації є ще один магніт. Залежно від рівня заповнення два ці кільцеві магніти займають певне положення відносно один одного. Два магніти розділені ізоляційним проміжком у корпусі клапана, таким чином утворюючи безконтактне магнітне з'єднання. Дане магнітне з'єднання впливає положення вказівника у пристрої індикації, яким можна визначати рівень заповнення газового бака. Подібна передача руху між поплавком та

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

показчиком, що відбувається під дією магнітного поля, не виключає небезпеки витоку газу. Показчик рівня заповнення на корпусі багатофункціонального клапана лише відіграє роль одного із засобів забезпечення безпеки.

Водій отримує інформацію про рівень заповнення за допомогою показника запасу газу G706, який вбудований у кнопку перемикачання, що знаходиться на центральній консолі в салоні.

Подача електроживлення на датчик показника запасу газу G707 (резисторну матрицю, що перемикається відповідно до положення магнітів або поплавка газового бака) включається блоком управління подачею газу. Залежно від рівня заповнення можуть використовуватися різні резистори з опором від 0 до ∞ .

Випарник (регулятор тиску). У випарнику відбувається перетворення LPG з рідкого в газоподібний агрегатний стан. Крім того, випарник здійснює зниження тиску LPG з величини приблизно 10 бар до рівня на 1 бар вище переважаючого тиску у впускному колекторі. Зниження тиску LPG у випарнику проводиться у два етапи. Подібне двоступінчасте зниження тиску дозволяє краще компенсувати коливання тиску.

Особливості конструкції

- двоступінчасте зниження тиску
- електромагнітний клапан високого тиску для роботи на газі N372 із зовнішнім з'єднувачем та вбудованим фільтруючим елементом
- внутрішній контур охолодження для запобігання утворенню вологи та льоду у випарнику

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

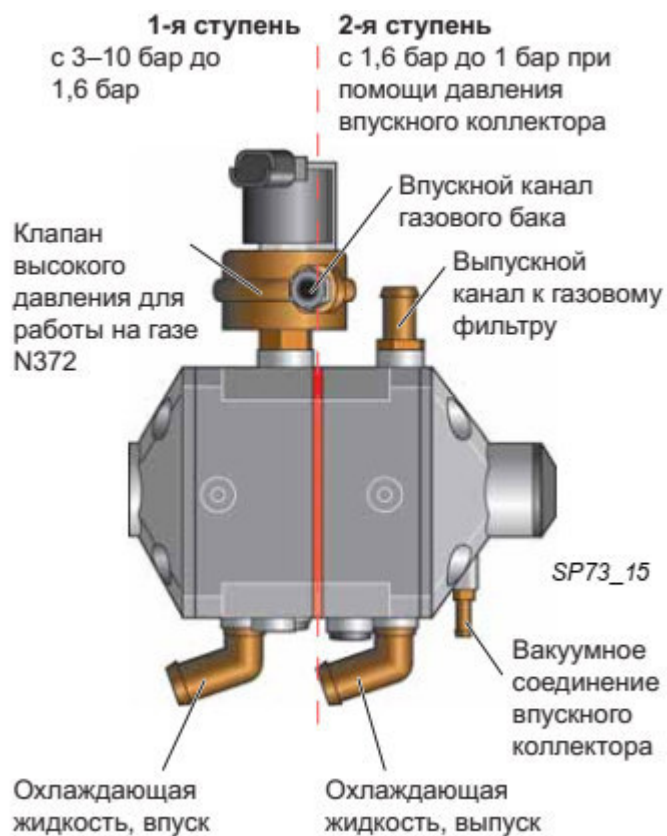


Рисунок 3.11 – Редуктор випарник

Таблица 3.1 – Технические характеристики редуктора-випарника

Тип	Двоступеневый випарник з діафрагмою
Робочий тиск	0,95-1,1 бар
Максимальний робочий тиск	3,5 бар
Маса	1450 г
Робоча об'ємна витрата	40 кг/год
Робоча температура	-20...+120°C

Випарник має два ступені. Кожен ступінь містить внутрішню та зовнішню камери, а також регулювальну камеру, в якій знаходиться LPG. LPG проходить між 1-м і 2-м ступенями по перепускному каналу, який з'єднує обидві щаблі. Крім того, кожен ступінь обладнаний клапаном із заслінкою та поршнем. Поршень пригвинчений до мембрани. На кожній

стороні випарника є порожнина пружини. У кожній такій порожнині знаходиться одна пружина. У порожнині для пружини 1-го ступеня переважає атмосферний тиск, а в порожнині для пружини 2-го ступеня - тиск впускного колектора. Між 1-ї та 2-ї сходинками знаходиться гумове ущільнення, яке відокремлює контур охолодження від LPG.

Принцип роботи. 1-а ступінь LPG у рідкому стані проходить через електромагнітний клапан високого тиску для роботи на газі N372 під тиском не більше 10 бар, а потім потрапляє у внутрішню камеру 1-го ступеня. Одночасно відкривається заслінка клапана внутрішньої камери. Після цього рідкий LPG проходить через зовнішню камеру і потрапляє до регулювальної камери 1-го ступеня. Під час проходження рідкий LPG розширюється та переходить у газоподібний стан. На мембрану 1-го ступеня впливають пружина з попередньо встановленим зусиллям на боці порожнини для пружини та атмосферний тиск, що переважає у порожнині для пружини.

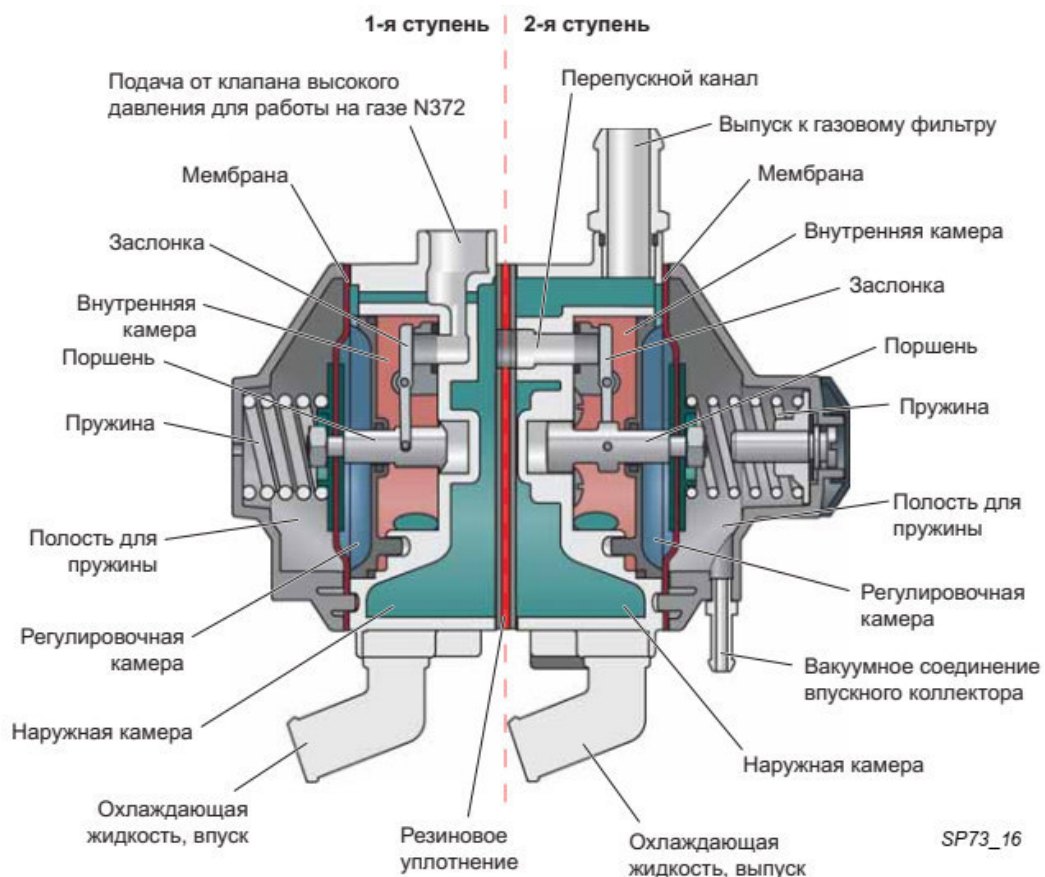


Рисунок 3.12 – Будова редуктора-випарника

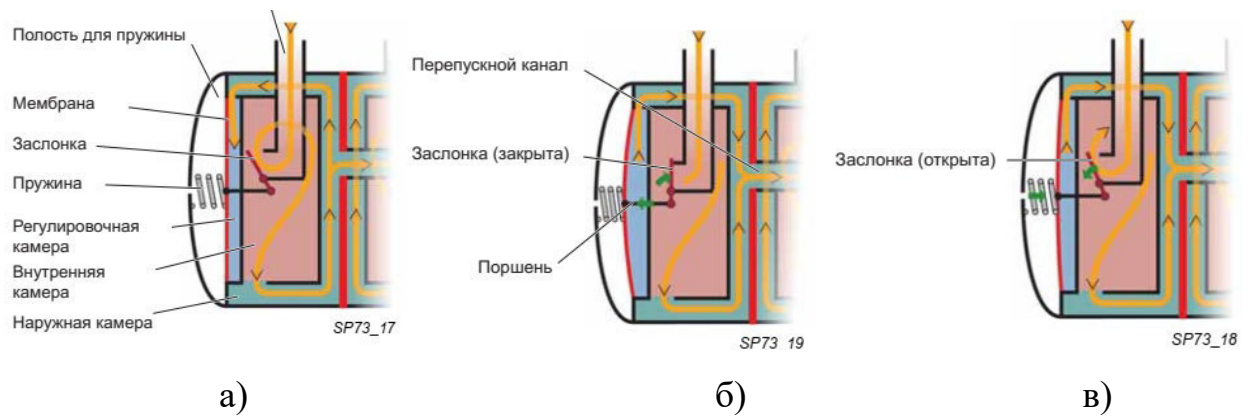


Рисунок 3.13 – Схема роботи першої ступені газового редуктора-випарника

Коли тиск газу в регулювальній камері перевищує 1,6 бар, мембрана стискає пружину. Поршень, пригвинчений до мембрани, що приводить в дію заслінку клапана, яка перекриває подачу від електромагнітного клапана високого тиску для роботи на газі N372. LPG може продовжувати розширюватися і проходити по перепускному каналу у внутрішню камеру 2-го ступеня.

При цьому тиск, що впливає на мембрану в регулювальній камері, знову зменшується до рівня нижче 1,6 бар. Пружина натискає на заслінку клапана через поршень. Клапан відкривається та забезпечує можливість подачі LPG від електромагнітного клапана високого тиску N372. Таким чином, тиск LPG знижується з максимальної величини 10 бар до 1,6 бар.

2-й ступінь. У 2-му ступені рідкий LPG продовжує розширюватися, а його тиск зменшується до величини, яка на 1 бар вище тиску у впускному колекторі. LPG проходить по перепускному каналу із зовнішньої камери 1-го ступеня і потрапляє у внутрішню камеру 2-го ступеня. Одночасно відкривається заслінка клапана перепускного каналу. У міру розширення газ проходить через зовнішню камеру і потрапляє до регулювальної камери 2-го ступеня. На мембрану 2-го ступеня впливають пружина з попередньо встановленим зусиллям на стороні порожнини для пружини та тиск впускного колектора, що переважає порожнини для пружини.

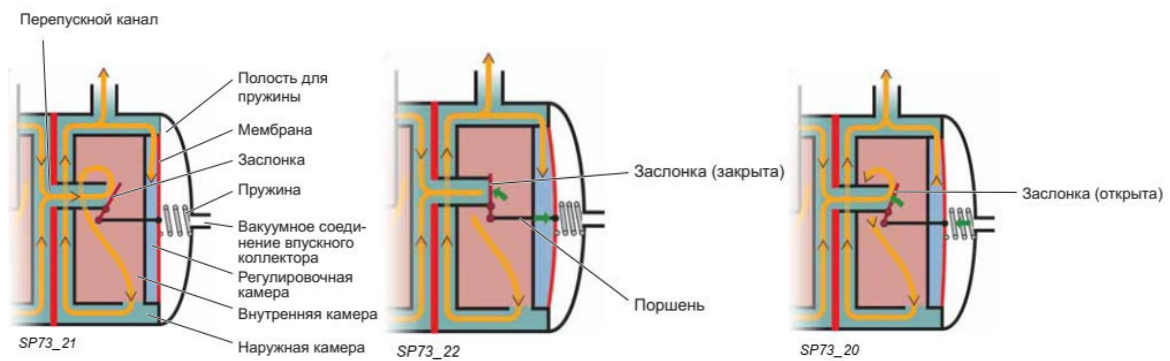


Рисунок 3.14 – Схема роботи другої ступені газового редуктора-випарника

Коли тиск газу в регулювальній камері більш ніж на 1 бар вище надлишкового тиску впускного колектора, мембрана стискає пружину. Поршень, пригвинчений до мембрани, приводить у дію заслінку клапана, яка перекриває подачу LPG перепускним каналом. LPG може продовжувати розширюватися і надходить до фільтру та газових форсунок через випускний отвір.

При цьому тиск, що впливає на мембрану в регулювальній камері, знову зменшується до величини, яка менш ніж на 1 бар вище тиску в колекторі впускного. Пружина натискає на заслінку клапана через поршень. Клапан відкривається та забезпечує можливість подачі LPG по перепускному каналу.

Контур охолодження

Контур охолодження знаходиться усередині випарника. Він з'єднується з контуром охолодження двигуна по обох магістралях подачі рідини, що охолоджує. Гумове ущільнення у випарнику поділяє контур охолодження на 1-му та 2-му ступені. Охолоджуюча рідина проходить з 1-го до 2-го ступеня по обох каналах подачі.

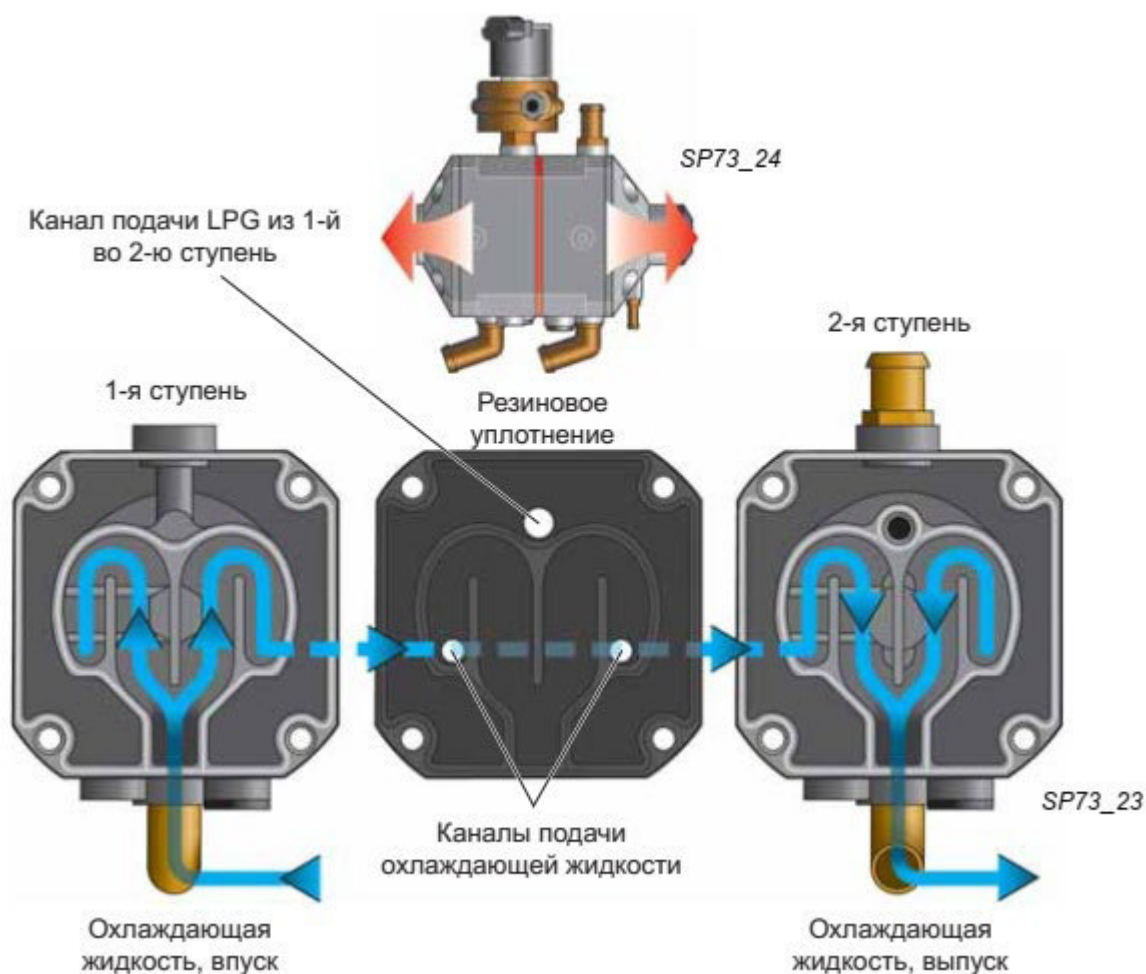


Рисунок 3.15 – Контур охолодження/нагрівання редуктор-випарника

Принцип роботи. Коли тиск LPG знижується з 10 бар до рівня на 1 бар вище тиску у впускному колекторі, LPG розширюється і його агрегатний стан змінюється з рідкого на газоподібний. При цьому газ і навколишній простір охолоджуються, створюючи так званий ефект «холодного розширення», який може призвести до зледеніння випарника. Тому контур охолодження випарника з'єднується з контуром охолодження двигуна до з'єднання з теплообмінником. Таким чином, нагріта рідина, що охолоджує, що знаходиться у випарнику, запобігає утворенню льоду.

Електромагнітний клапан високого тиску для роботи на газі N372 встановлений на корпусі випарника, призначений для відсічення подачі газу з газового бака в випарник. В даному клапані високого тиску є вбудований

фільтр, який використовується для уловлювання забруднень в рідкому LPG з метою захисту чутливих деталей випарника. Принцип дії електромагнітного клапана високого тиску для роботи на газі N372 ідентичний принципу дії клапана газового бака N495.

Електромагнітний клапан високого тиску для роботи на газі N372 приводиться в дію блоком управління подачею J659 газу тільки під час роботи на LPG. При перемиканні в режим роботи на бензині або вимкненні двигуна, у разі ДТП (реєстрації зіткнення) або припинення подачі електроживлення, клапан автоматично закривається, і подача LPG у випарник припиняється.

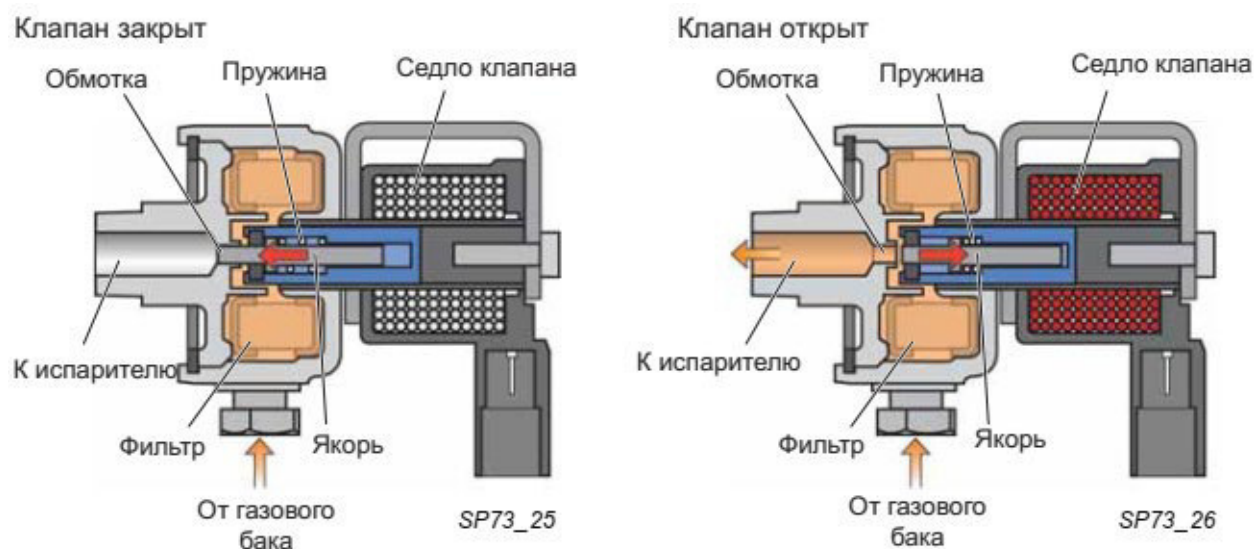


Рисунок 3.16 – Схема роботи клапана високого тиску

У знеструмленому стані якорь клапана притискається пружиною до сидла клапана і тим самим перекриває подачу газу в випарник.

Якщо всі вимоги до роботи на газі дотримуються, блок керування подачею газу подає електроживлення на електромагнітний клапан високого тиску N372. Магнітне поле обмотки, що збуджується під дією напруги, що подається, відводить якорь назад у напрямку, протилежному напрямку зусилля пружини, і доступ до випарника відкривається. При припиненні роботи на LPG блок керування подачею газу одразу вимикає клапан.

Газовий фільтр знаходиться між випарником та планкою газового розподільника з газовими форсунками. Цей фільтр захищає газові форсунки, вловлюючи мікрочастинки, що містяться в газі.

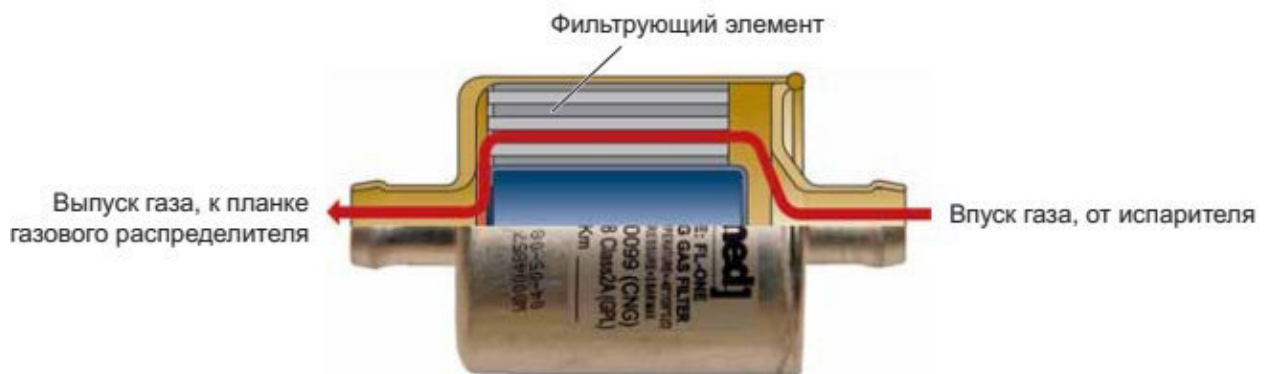


Рисунок 3.17 – Фільтр тонкої очистки

Планку газового розподільника встановлено на впускному колекторі двигуна. У планку газового розподільника вбудовано чотири газові форсунки з електричним приводом, а також датчик планки газового розподільника G401, який вимірює тиск та температуру LPG. З випарника LPG проходить через газовий фільтр та потрапляє у планку газового розподільника. Точно дозована кількість газу виходить з газових форсунок і направляється гумовими шлангами у впускний колектор і далі в камеру згоряння кожного циліндра. Газові форсунки приводяться в дію блоком керування подачею газу.



Рисунок 3.18 – Блок форсунок (використовується в багаточиліндрових двигунах)

Газові форсунки N366-N369 встановлені у планці газового розподільника.

Особливості конструкції

- проста, надійна конструкція електромагнітного клапана
- відносно великі обмотки для запобігання адгезії LPG
- простота встановлення
- тривалий термін служби (приблизно 290 мільйонів циклів)



Рисунок 3.19 – Газова форсунка

Газові форсунки приводяться в дію блоком керування подачею газу J659 за допомогою сигналу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).



Рисунок 3.20 – Сигнал, що подається на газові форсунки

При запуску двигуна необхідно проводити функціональне випробування форсунок перед початком роботи на LPG. Форсунки приводяться в дію блоком керування подачею газу і на короткий час піднімаються вгору, після чого перемикається з бензину на LPG. Це один із засобів захисту від попадання осаду у форсунки, яке також дозволяє запобігти адгезії.

Принцип роботи. Під час роботи на LPG форсунки впорскують газоподібний LPG у впускний колектор кожного циліндра.

Неробочий стан

До газової форсунки не подається електроживлення. Натискна пружина тисне на поршень з якорем і кромку ущільнення, тим самим перекриваючи канал для випуску газу у впускний колектор. LPG проходить через канал для випуску газу в нижню камеру і прямує через отвори якорі у верхню камеру газової форсунки. При цьому тиск газу впливає на якір у верхній та нижній камерах. Тиск, що переважає в нижній камері, перешкоджає виштовхуванню якоря з кромкою ущільнення в напрямку, протилежному напрямку зусилля пружини, і не дає газовій форсунці можливість відкрити отвір для випуску газу.

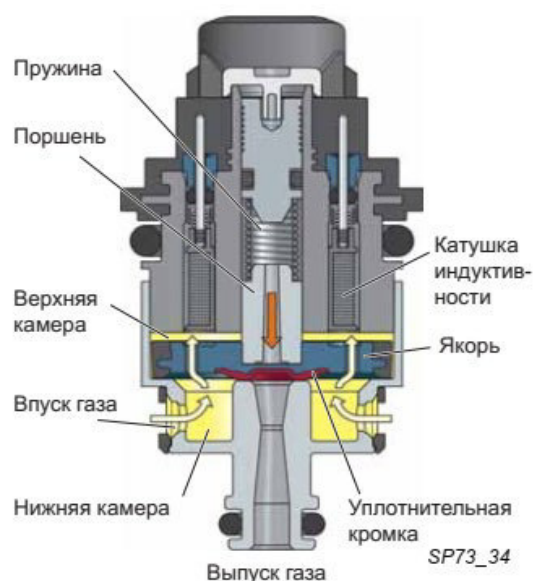


Рисунок 3.20 – Схема роботи газової форсунки (закритий стан)

Робочий стан. Газові форсунки приводяться в дію блоком керування подачею газу за допомогою сигналу ШІМ. Електричний роз'єм та котушка індуктивності знаходяться у корпусі форсунки. Коли на котушку індуктивності подається електроживлення, створює магнітне поле. В даному магнітному полі якорь разом з кромкою ущільнення піднімаються вгору в напрямку, протилежному напрямку зусилля пружини, отвір для випуску газу відкривається. LPG проходить з верхньої камери в нижню через отвори в якорі, а потім потрапляє у колектор впуск через газовипускний отвір.

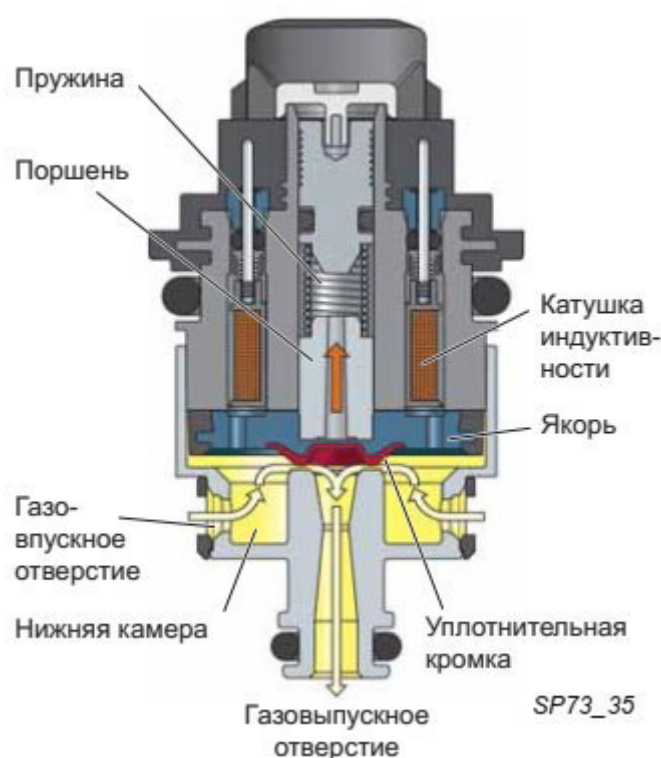


Рисунок 3.21 – Схема роботи газової форсунки (відкритий стан)

Датчик планки газового розподільника G401 встановлено у планці газового розподільника. Цей датчик призначений для вимірювання тиску та температури LPG. Величини температури та тиску газу використовуються для розрахунку та контролю часу відкриття газових форсунок.

Сигнал тиску газу також допомагає визначити, коли потрібно переключатися в режим роботи на бензині:

- при недостатньому запасі LPG у газовому баку;
- при зниженні тиску у газовій системі;
- при засміченні газового фільтра.

Перемикач для вибору виду палива E395 призначається для перемикання бензину на газ (і навпаки). Перемикання між режимами роботи на бензині та газі можна здійснювати під час роботи двигуна, навіть коли автомобіль рухається. Для індикації обраного виду палива використовуються синя контрольна лампа «ON», що постійно горить під час роботи на газі, та помаранчева контрольна лампа «OFF», яка постійно горить під час роботи на бензині

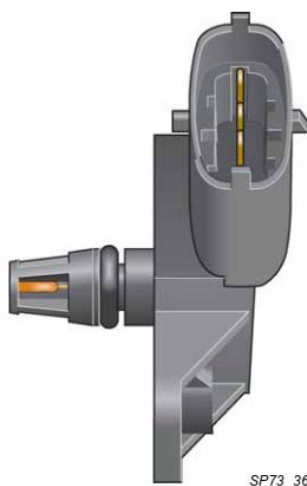


Рисунок 3.22 – Датчик тиску газу

. Переключення з бензину на LPG здійснюється за дотриманням таких умов:

- наявність достатнього запасу LPG в газовому баку;
- температура охолоджуючої рідини двигуна вище 30 ° C;
- частота обертання колінчастого валу вигателя під час руху автомобіля перевищує 1200 об/хв.

Переключення з LPG на бензин здійснюється автоматично в будь-якій з наступних ситуацій:

- при недостатньому запасі LPG у газовому баку;
- при виявленні несправності



Рисунок 3.23 – Інтерфейс газового обладнання

Запуск двигуна завжди провадиться в режимі роботи на бензині. Якщо в момент останнього зупинки двигуна автомобіль працював на газі, при повторному запуску двигуна починає швидко блимати синя контрольна лампа «ON» - це означає, що система автоматично переключиться в режим роботи на газі, як тільки будуть дотримані всі робочі умови.

Якщо бак для LPG порожній, пролунає довгий уривчастий звуковий сигнал. Крім того, спалахує помаранчева контрольна лампа "OFF", а синя контрольна лампа "ON" повільно блимає. Система автоматично переходить у режим роботи на бензині. Щоб вимкнути звуковий сигнал, водій повинен натиснути кнопку перемикачання. Після цього залишається горіти лише помаранчева контрольна лампа "OFF".

Несправності системи живлення на LPG. Несправності поділяються на дві категорії:

1. Тимчасова несправність. На короткий час розгону при повністю відкритій дросельній заслінці (наприклад, при

обгоні) тиск газу стає недостатнім, якщо рівень запасу газу в баку є низьким. У разі дотримання умов для роботи на газі під час виникнення подібної "тимчасової несправності" (у наведеному прикладі: при роботі двигуна з неповним навантаженням або дозаправлення газового бака) після натискання кнопки перемикання система знову переключається в режим роботи на газі.

2. Несправність у системі живлення на LPG (наприклад, виявлено від'єднання газової форсунки). За наявності «несправності в системі живлення на LPG» (наприклад, виявлення від'єднання газової форсунки у наведеному прикладі) перемикання в режим роботи на LPG неможливе.

Обидві категорії несправностей реєструються системою, і пам'ять несправностей блоку управління подачею газу J659 вноситься відповідний запис. При цьому спалахує помаранчева контрольна лампа "OFF", а синя контрольна лампа "ON" швидко блимає. Крім того, лунає короткий уривчастий звуковий сигнал. Система автоматично переходить у режим роботи на бензині. Щоб вимкнути звуковий сигнал, водій повинен натиснути кнопку перемикання. Після цього залишається горіти лише помаранчева контрольна лампа "OFF".

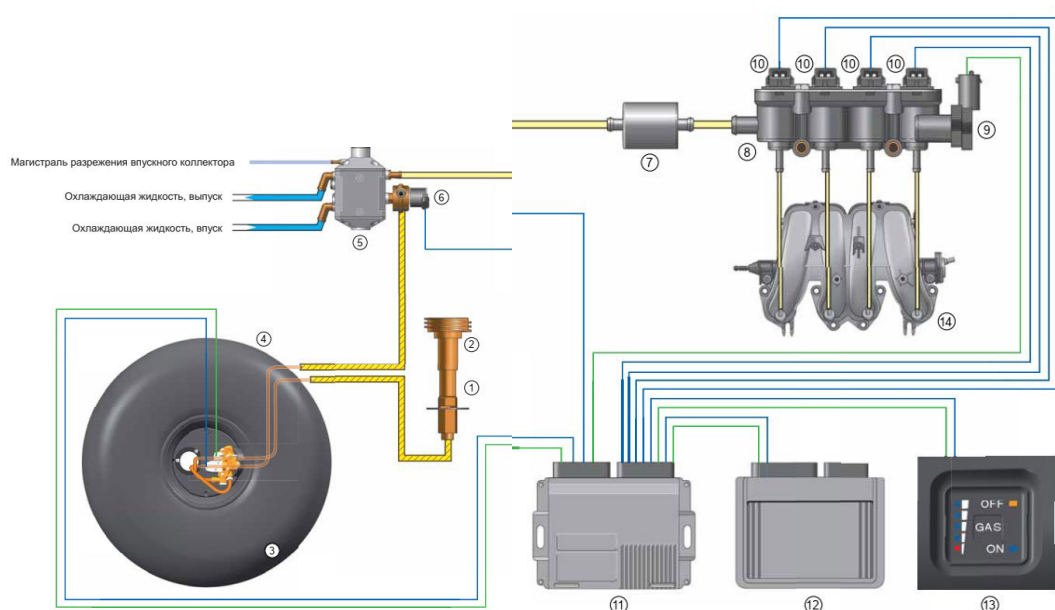


Рисунок 3.24 – Схема газового контуру паливної системи двигуна

3.3 Концепція безпеки системи живлення на LPG

Концепція системи живлення на LPG та всіх її компонентів, конструкція та використовувані матеріали забезпечують максимальну надійність системи та захист від пошкоджень.

Цей найвищий ступінь безпеки підтверджений результатами цілого ряду випробувань на удар при зіткненні. Компоненти, що забезпечують безпеку живлення на LPG: Заправна горловина бака для газового палива зі зворотним клапаном, Зворотний клапан перешкоджає проходженню газу у зворотному напрямку після заправки.

Бак для LPG знаходиться в ніші запасного колеса і тому максимально захищений від механічних пошкоджень та впливу атмосферних умов. Даний бак, виготовлений із сталевого листа товщиною 3,5 мм, є жароміцним і відповідає найвищим вимогам щодо безпеки.

Кожен паливний бак шість разів проходить випробування на безпеку під час виробництва, має свій серійний номер та свідоцтво про випробування.

Для забезпечення високої надійності автомобілів, що працюють на LPG, скраплений вуглеводневий газ поєднується з ароматизаторами. Це дозволяє помічати навіть найменші витoki із системи живлення на LPG по запаху.

Відсічний клапан автоматично перекриває подачу LPG при заправці, як тільки рівень заповнення газового бака досягає 80%. Це забезпечує достатнього простору в газовому баку для розширення газу при підвищенні температури. Крім того, цей клапан запобігає виходу газу у зворотному напрямку після заправки.

Запобіжний клапан граничного тиску запобігає розриву бака для LPG внаслідок утворення надлишкового тиску в баку, наприклад, в умовах високої температури. Як тільки тиск у баку перевищує 27,5 бар, клапан

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

механічно відкривається і залишається у відкритому положенні доти, доки не буде відновлено нормальний тиск у баку.

Електромагнітний клапан для газового бака N495 автоматично перериває подачу газу, коли двигун не працює при перемиканні в режим роботи на бензині, а також після реєстрації дуже серйозної ДТП (зіткнення). Всі магістралі високого тиску та сполучні елементи виготовлені з міді та проходять, головним чином, поза салоном. Всі магістралі високого тиску та сполучні елементи виготовлені з міді та проходять, головним чином, поза салоном.

Електромагнітний клапан високого тиску для роботи на газі N372 автоматично перериває подачу газу у випарник, коли двигун не працює, при переключенні в режим роботи на бензині, а також після реєстрації дуже серйозної ДТП (зіткнення). Газові форсунки відкриваються лише за сигналом ШІМ від блоку керування подачею газу J659.

Блоки керування

Крім блоку керування двигуна J623, для роботи на газі потрібен блок керування подачею газу J659, який встановлений у кожусі АКБ. Штатна електропроводка від блоку управління двигуна до бензинових форсунок розірвана та оснащена електричним роз'ємом. Сигнали упорскування бензину від цього роз'єму передаються в блок управління подачею газу, де вони використовуються для розрахунку часу упорскування газу.

Щоб уникнути реєстрації повідомлень про помилки у блоці керування двигуна (внаслідок розриву електропроводки) блок керування двигуна приймає очікувані сигнали бензинових форсунок за допомогою резисторів у блоці керування подачею газу.

					ПННІ НУК 131.63.24.21.ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

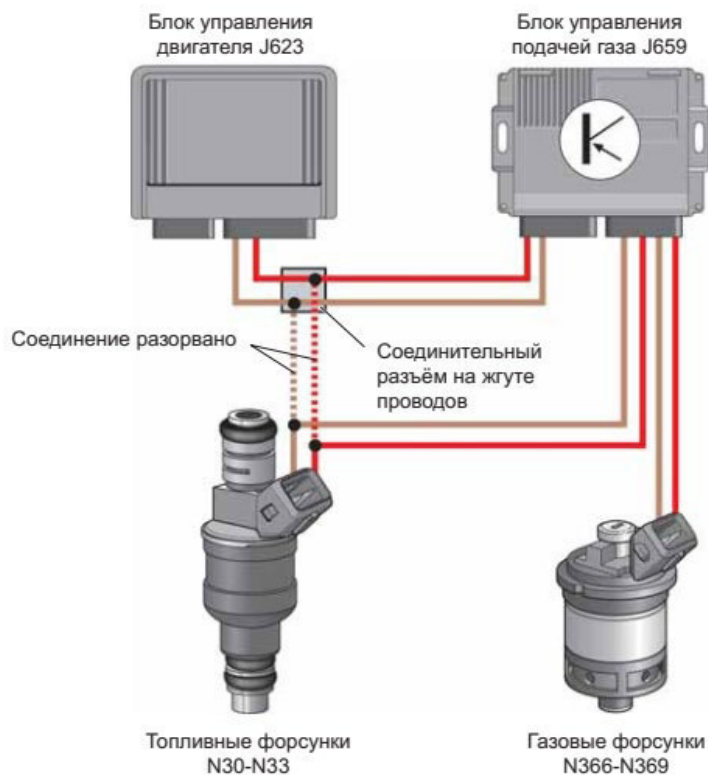


Рисунок 3.25 – Схема підключення електричного контуру газового обладнання

Блок управління подачею газу J659 контролює упорскування газу на підставі сигналів датчиків та виконавчих механізмів. Таким чином, робота двигуна відповідає вимогам щодо оптимального ккд і низького рівня токсичності відпрацьованих газів.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Нормативно-правова та законодавча база охорони праці на суднах

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

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

Україна - учасник Конвенції. Міжнародна конвенція по охороні людського життя на морі 1974 р. є найважливішим із всіх міжнародних договорів, що відносяться до безпеки торгових суден. Перший варіант був створений в 1914 р., другий і подальші у 1929, 1948, 1960 роках, відповідно. Основне завдання Конвенцій СОЛАС - визначення мінімальних стандартів по конструкції, устаткуванню й безпеці плавання судів. Згідно Конвенції, кожне судно підлягає огляду з боку посадових осіб уряду або визнаною ним Організацією. Огляду, зокрема, підлягають корпус і механізми судна, рятувальні засоби і постачання суден, їх радіоустановки і станції радіолокацій. Судно та його устаткування повинні підтримуватися в стані,

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

що відповідає вимогам Конвенції і що гарантує придатність для виходу в море без небезпеки для судна або людей, що знаходяться на борту.

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

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

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

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

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

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

- уміння спілкуватися (знання мови, маркування на судах);
- знання, що робити при падінні людини за борт;
- знання, що робити при виявленні пожежі або диму;
- знання, що робити при сигналі про пожежу або залишенні судна;

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- знання місць збору й посадки, шляхів евакуації;
- уміння використовувати рятувальні жилети й знання місць їхнього зберігання;
- уміння оголосити тривогу й використовувати вогнегасники;
- уміння надати невідкладну медичну допомогу при нещасному випадку;
- уміння відкривати й закривати протипожежні й водонепроникні двері й закриття;

та початкова підготовка:

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

Кожна підготовка повинна підтверджуватися кожні п'ять років.

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

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

4.2 Заходи безпеки під час технічного обслуговування та ремонту малообертових двигунів, що працюють на зрідженому газовому паливі

При вживанні газоподібного палива в судових дизелях повинні виконуватися спеціальні вимоги до конструкції двигуна і паливних систем, що забезпечують тривалу безпечну експлуатацію.

Боротьба з вогнищем займання газового палива в замкнутому об'ємі також не викликає великих труднощів, оскільки додавання в метаноповітряну суміш 25% вуглекислого газу або 40% азоту роблять її взагалі нездібною горіти. Будь-які негорючі газоподібні, рідкі і тверді розчинники знижують температуру полум'я, швидкість його поширення і швидкість протікання хімічної реакції окислення палива. Тому для гасіння природного газу рекомендується застосовувати інертні гази, дрібнорозпилену воду та пісок. Високоєфективні також полум'ягасники з пористих матеріалів (кульки, сітки, рифлена стрічка й тому подібне), які знижують температуру фронту полум'я нижче температури займання.

Усередині трубопроводів і газової арматури, що працюють під тиском, у зв'язку з досить вузькими концентраційними межами займання метаноповітряних сумішей, утворення пожежовибухонебезпечних сумішей практично виключено. Проте при заповненні системи газом можливе короткочасне існування сумішей у вибухонебезпечних концентраціях.

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Небезпека посилюється наявністю плівки змащувальних масел. Тому в цілях безпеки первинне заповнення систем газом слід проводити після продування системи інертним газом, наприклад, азотом.

У зв'язку з тим, що в паливній системі газового двигуна два види палива: рідке і газоподібне, для безпечної і безаварійної роботи газодизеля необхідно зберегти всі види захисту дизеля і доповнити специфічними захистами:

1) Відключення подачі газу при падінні тиску рідкого палива в трубопроводі низького тиску для виключення пропуску спалахів в циліндрах через відсутність запального палива.

2) По тиску газоподібного палива, що забезпечує відключення його при недопустимих відхиленнях тиску.

3) На кришках люків картера мають бути встановлені запобіжні клапани з сітками.

4) Пуск, зупинка і робота при навантаженні менше 15 % $P_{e}^{ном}$ виконується лише на рідкому паливі.

5) У машинному відділенні необхідна система контролю наявності газового палива в зонах можливих витоків і скупчення газу з попереджувальною сигналізацією при концентрації 20% НКПВ та аварійною (виконавчою) сигналізацією при 50...70% НКПВ.

6) Газові трубопроводи двигуна і система випуску відпрацьованих газів повинні мати можливість продування інертним газом або повітрям.

7) Відсічні клапани на вході газу в машинне відділення мають бути дубльовані.

8) З метою виключення попадання газу в машинне відділення при можливих витоках в зоні розташування газових трубопроводів газодизеля рекомендується установка кожуха з організацією відсмоктування повітря або організація інтенсивної вентиляції з відсіченням подачі газу при її відключенні.

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вище перелічені заходи відповідають основним вимогам для тривалої безаварійної роботи суднових газових дизелів, своєчасного виявлення витоків газу і усунення небезпечних наслідків від них.

4.3 Безпека екіпажу в надзвичайних ситуаціях

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, суднові 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.

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:

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- 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;

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

Д – пожежі, викликані загорянням горючих лужних металів (натрію, калію, магнію, титану, алюмінію та ін.). Для гасіння таких пожеж

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						73
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

використовують теплопоглинальні речовини для вогнегасіння, наприклад, спеціальні порошки, охолоджувачі.

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

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

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

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

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

Спеціальна речовина для гасіння *галони* складаються з вуглецю або декількох галогенів: фтору, хлору, бромів 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, 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

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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.

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						75
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході підготовки та написання даного дипломного проекту було проаналізовано використання газового палива. Встановлено, що в невеликих двигунах внутрішнього згоряння стає все більш популярним завдяки економічній вигоді та екологічним перевагам. Газ дешевший за бензин, що дозволяє знизити витрати на паливо. Крім того, газ згоряє з меншим виділенням шкідливих речовин, таких як CO₂, що робить його більш дружнім до навколишнього середовища.

Перехід на газове паливо для ДВЗ вимагає встановлення спеціального газобалонного обладнання, що пов'язано з додатковими витратами. Проте ці інвестиції окупаються через економію на паливі. Важливо враховувати, що робота двигуна на газу може дещо знижувати потужність (на 5-10%), що може бути помітно при великих навантаженнях.

Газові системи також вимагають регулярного технічного обслуговування для підтримання безпеки і ефективності роботи двигуна, оскільки газові установки повинні бути герметичними і справними. При належному обслуговуванні газ допомагає знизити зношення двигуна, що також може подовжити його строк служби. Це робить газ екологічно вигідним і економічно виправданим варіантом для двигуна 1Ч 7,9/6,2, що дозволить економити близько 32..34 % паливних витрат.

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лукін, А.І. Конструкція суднових двигунів. [Текст]: Навчальний посібник / А.І. Лукін, Миколаїв, УДМТУ, 1999. – 62 с.
2. Pounder, C.C. Msrine diesel engines and gas turbines. – London, DousWoodyard, 2009. – 887 p.
3. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу, теплового балансу, теоретичної та дійсної індикаторної діаграми газодизельного двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ». // Доценко С.М., Бельський Ф.В.- Первомайськ ППІ НУК, 2013. – 52с.
4. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу, теплового балансу, теоретичної та дійсної індикаторної діаграми бензинового двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ». // Доценко С.М., Бельський Ф.В.- Первомайськ ППІ НУК, 2013. – 52с.
5. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу дизельного двигуна на альтернативних видах рідкого палива з дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння». // Доценко С.М.– Первомайськ: ПФ НУК, 2021 - 50 с.
6. Наливайко В.С. Режими роботи суднових ДВЗ. [Текст]: / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко – Миколаїв НУК, 2011. – 100 с.
7. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни [Текст] / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко – 2-е видання. — Київ: Арістей, 2004. — 476 с. — ISBN:966-8458-26-5.
8. Гащук П.М., Миськів Т.Г., Нікіпчук С.В. Автомобільні двигуни. Тепловий та динамічний розрахунок. Навчальний посібник. — Львів: Українські технології, 2006. — 144 с. — ISBN: 966-345-076-2.
9. Крушедольський О.Г. Моделювання робочих процесів транспортних дизелів на експлуатаційних режимах Навчальний посібник. — Харків: УкрДАЗТ, 2006. — 216 с. — ISBN: 966-7593-68-1, Г-848.

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						77
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

10. Аналіз роботи автомобільних двигунів на газовому паливі в гірських умовах / Т.В. Дикун, Л.І. Гаєва, В.М. Мельник, Б.В. Долішній, А.М. Януш // Наука і сучасні технології. – Нафтогазова енергетика, 2014, № 2(22). – 110-116 сс.

11. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія [Текст]: Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П.Марченка. - Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – 488 с

12. Шапко В. Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії двигунів внутрішнього згоряння: підручник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 180 с.

					ПННІ НУК 131.61.24.21.ПЗ	Аркуш
						78
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		