

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

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«28» 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Модернізація паливної апаратури середньообертового двигуна
6ЧН12/14 з розробкою акумуляторної системи впорскування палива

Виконав:

студент групи 61-ТЕМмаг-22

 Жур О.О.
(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
Первомайська філія

Факультет - Інженерно-економічний

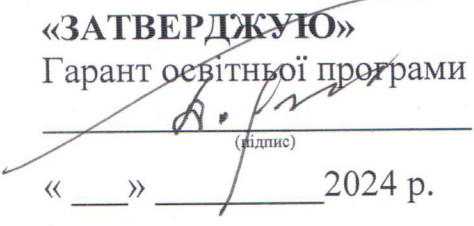
Кафедра «Енергетичне машинобудування»

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

Освітня програма «Технології енергетичного машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми


(підпис)

« ____ » ____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Жур Олені Олександрівні

1. Тема роботи: «Модернізація паливної апаратури середньообертового двигуна 6ЧН12/14 з розробкою акумуляторної системи впорскування палива».

Керівник роботи к.т.н. Галинкін Ю.М.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 09.09.2024 за № 52.

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

3. Вихідні данні по роботі: Двигун-прототип 4Ч7,4/6,6 з робочим об'ємом циліндрів 1197 см³.

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

Вступ. 1. Опис двигуна та пропозиції по його вдосконаленню. 2. Паливна система двигуна та розрахунок робочого процесу двигуна. 3. Економічний розділ. Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Поперечний розріз двигуна (СК). 2. Загальний вигляд двигуна (СК). 3. Індикаторна діаграма та діаграми динаміки (СХ). 4. Загальний вигляд газодизельного двигуна (СХ).

6. Консультанти роботи

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

7. Дата видачі завдання «09» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент


(підпис)

Жур О.О.

Керівник
роботи


(підпис)

к.т.н. Галинкін Ю.М.

Анотація

Представлений дипломний проект містить у собі 84 сторінок, 47 рисунків, 6 таблиць. При підготовці проекту було використано 12 джерел інформації.

У роботі запропоновано ряд технічних рішень, що направлено на модернізацію паливної апаратури серднообертового двигуні 6ЧН 12/14, зокрема на використання системи Common rail та електронного управління подачею палива.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, дизельне паливо, паливна система, паливний акумулятор

Abstract

The diploma project includes 84 pages, 47 drawings, 6 tables. At design preparation it has been used 12 information source.

The paper proposes a number of technical solutions aimed at the modernization of the fuel equipment of the 6CN 12/14 rotary engine, in particular, the use of the Common Real system and electronic control of fuel supply.

Keywords: internal combustion engine, diesel fuel, fuel system, fuel accumulator

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНА ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ.....	6
1.1 Опис електростанції.....	6
1.2 Опис двигуна-прототипу	7
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА	16
2.1 Розрахунок робочого циклу	16
2.4 Результати розрахунку робочого циклу	20
2.2 Розрахунок та побудова індикаторної діаграми	25
2.3 Розрахунок теплового балансу двигуна.....	28
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВИГУНА.....	30
3.1 Особливості паливних систем дизельних двигунів.....	30
3.2 Загальна характеристика паливної системи Common Rail	31
3.3 Конфігурація блоків управління Common Rail.....	36
3.3 Агрегати контуру високого тиску системи Common Rail.....	44
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
4.1 Охорона праці.....	67
4.2 Охорона навколишнього середовища	73
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	83

					ПННІ НУК 131.61.24.04.ПЗ								
Вим..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Жур О.О.			Модернізація паливної апаратури середньооборотного двигуна 6ЧН12/14 з розробкою акумуляторної системи впорскування палива				Лит.	Лист	Листов		
Перевір.		Галинкін Ю.М.									3	84	
									6ЗТЕМмаг-23				
Н. Контр.		Галинкін Ю.М.											
Затв		Нестеренко В.В.											

ВСТУП

Дизельні двигуни мають широкий спектр застосування завдяки своїм унікальним характеристикам, які роблять їх дуже ефективними та економічно вигідними в певних галузях. Вони особливо популярні у важкому транспорті, такому як вантажівки та автобуси, де їх високий крутний момент дозволяє працювати з великими навантаженнями, забезпечуючи економію палива на великих дистанціях. У сільському господарстві та будівництві дизельні двигуни також є незамінними, оскільки їх висока потужність і довговічність значно спрощують виконання важких завдань.

Дизельні двигуни широко застосовуються і в залізничному та морському транспорті. Наприклад, багато локомотивів використовують дизель-електричні установки, де дизельний двигун виробляє електроенергію, що живить електродвигуни. Це дозволяє залізничному транспорту ефективно перевозити важкі вантажі. У морському транспорті дизельні двигуни встановлюють на більшості кораблів і суден, оскільки вони забезпечують надійність і можливість роботи на низькоякісному паливі, що значно знижує експлуатаційні витрати.

Крім того, дизельні двигуни застосовують для енергетичних потреб, де вони виступають як резервні генератори електроенергії на промислових об'єктах, у лікарнях, а також у віддалених районах. Здатність працювати в автономному режимі робить їх надійними постачальниками енергії під час перебоїв з основним електропостачанням.

Паливна апаратура дизельних двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного спалювання палива, від якого залежить потужність двигуна, економічність і рівень викидів. Основна задача паливної апаратури – забезпечити точну подачу необхідної кількості палива у камери згорання під високим тиском, щоб досягти максимальної ефективності процесу.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

До основних елементів дизельних двигунів відносять паливну апаратуру: паливний насос високого тиску (ПНВТ), форсунки, паливний насос низького тиску, а також трубопроводи та фільтри.

Існують різні типи паливної апаратури: механічна (традиційна) і сучасні електронні системи, такі як Common Rail. У традиційній системі тиск створюється окремо для кожної форсунки за допомогою індивідуальних насосів або єдиного багатосекційного агрегату, тоді як у Common Rail паливо подається в спільну магістраль під високим тиском і розподіляється до форсунок за допомогою електронного управління.

Використання сучасної паливної апаратури дозволяє покращити ефективні та експлуатаційні характеристики двигуна, зробити його роботу більш надійною та екологічною

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ТА ЙОГО СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ

1.1 Опис електростанції

Дизельна електростанція з двигуном 6ЧН12/14 є ефективним джерелом автономного електроживлення, що використовується для забезпечення енергією об'єктів в умовах, де немає підключення до централізованої електромережі, або для резервного живлення.

Дизельна електростанція підходить для використання в промислових об'єктах, на будівельних майданчиках, у віддалених районах, де немає доступу до електромережі, а також для резервного живлення важливих об'єктів – лікарень, банків, серверних центрів.

До складу дизельної електростанції включають наступні основні компоненти: дизельний двигун – генерує механічну енергію через згорання дизельного палива, генератор змінного струму перетворює механічну енергію від двигуна на електричну енергію, система охолодження – забезпечує підтримання робочої температури двигуна, паливна система – складається з паливного баку, фільтрів, трубопроводів і форсунок для подачі дизельного палива в камеру згорання, система змащування – забезпечує змащення всіх рухомих частин двигуна, зменшуючи тертя і знос, система запуску – електричний стартер або пневматичний привід для запуску двигуна, панель керування – дозволяє керувати параметрами роботи електростанції, включаючи регулювання потужності, система вихлопу – відводить відпрацьовані гази від двигуна і знижує шум за допомогою глушника, захисні та контрольні пристрої – включають реле захисту від перевантаження, системи автоматичного відключення в аварійних ситуаціях.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2 Опис двигуна-прототипу

Дизелі ряду 6ЧН 12/14 є шестициліндровими, чотирьохтактними, нерeverсивними однорядними двигунами внутрішнього згорання з вертикально розташованими циліндрами. Компонівка дизелів забезпечує вільний доступ до його основних агрегатів через люки в блоці дозволяють оглядати і при необхідності замінити деталі шатунно-поршневої групи, не знімаючи дизель з фундаментної рами [1, 2].

Конструкція дизелів дає можливість тривало експлуатувати їх при крені 150, диференті 5°; короткочасно - при крені 45°, диференті 30°. Для головних судових дизелів допускається тимчасовий диферент до 7°.

Дизелі К-457М1 і К-95SMJ є базовою моделлю дизелів 6ЧН 12/14 потужністю 59-66 кВт (80-90 л.с). Вони призначені для приводу електрогенераторів на судах, мають повітряну і електричну систему пуску. Дизель К-457М1 (рис. 1.1) виконаний з правим постом управління, дизель К-957М1 - з лівим (якщо дивитися з боку маховика).

Дизелі автоматизовані по першому ступеню. На них встановлені реле частоти обертань, аварійний гальмівний - пристрій (на повітряному тракті) і комбіновані реле КRM для контролю температури і тиску в системі охолодження і змащувальній системі.

Дизелі К-70М1 і К-970М1 по конструкції і призначенню аналогічні дизелям відповідно К-457М1 до К-3ESM1, але забезпечують; 500 ч безперервної роботи. Для цього на них встановлені масляний фільтр-холодильник з дисковими фільтруючими елементами. Для промивки ротора центрифугу можна відключати без зупинки дизеля. Дизелі К-457М1, К-958М1, К-470М1 і К-740М1 можуть бути обладнані дистанційної зміни частоти обертання.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

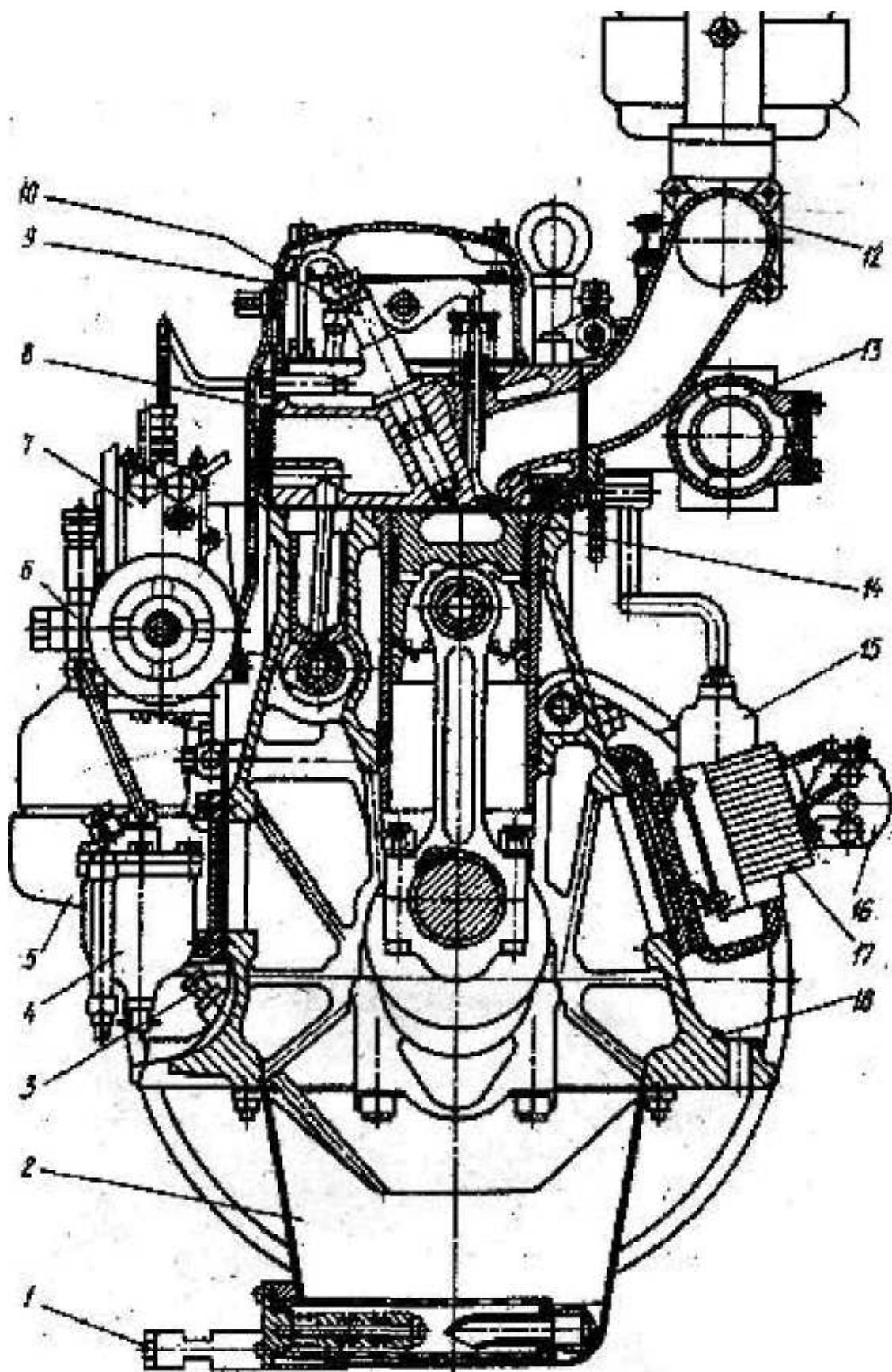


Рисунок 1.1 – Двигун К-457М1

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ

Аркуш

8

Дизель К-462М1 на відміну від базової моделі обладнаний підігрівачами масла і охолоджувачами рідини, що забезпечують готовність дизеля до швидкого прийому навантаження. На регуляторі частоти обертання встановлене пристрій автоматичного або дистанційного зупинки. Може бути встановлений також механізм дистанційного вимірювання частоти обертання. Дизель автоматизований по другому ступеню і має тільки електричну систему пуску [1].

Дизель К-161 М1 є головним судновим дизелем на пасажирських і вантажних судах каботажного плавання і річкового флоту відповідної водотоннажності. Дизель має датчик максимальної чистоти обертання (граничного числа оборотів), аварійний гальмівний механізм, всережимний регулятор частоти обертання, муфту відбору потужності з переднього торця, трюмний водовідкачуючий насос, мережевий фільтр для зниження перешкод радіоприйому, реверс-редуктор РРП-40 або муфту зчепленні.

Дизель, на якому встановлений реверс-редуктор з передавальним відношенням 1:2 має марку К-161М1-2, а з передавальним відношенням 1:3 - К-ЈGJM1-3. Дизель з муфтою зчеплення має марку К-І6JM1-1. Для можливості дистанційного керування дизель К-461-М1-1 комплектується двоплечивим важелем включення муфти і додатковим щитом управління і контролю.

Опис деталей двигуна

Остов двигуна

Блок циліндрів суцільний відлитий з чавуну, має шість вставних втулок циліндрів. Ущільнення водяної порожнини в місцях запресовки втулок досягається у верхній частині притисненням прижимного бурта втулки до блоку, в нижній - двома кільцями ущільнювачів, укладеними в канавки втулок. У отворах перегородок паралельно осі колінчастого валу розташовані підшипники розподільного валу. Кришки корінних підшипників з блоком циліндрів утворюють сім опор корінних шийок колінчастого валу Крайня

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

опора з боку маховика спільно з кільцями утворює наполегливий підшипник. Кришка наполегливого підшипника зафіксована від подовжніх переміщень штифтами. Верхні вкладиші корінних підшипників біметалічні. Верхні вкладиші корінних підшипників зафіксовані за допомогою сухарів-шпонок, які заходять виступами біля ліжок підшипників блоку і вирізані у вкладишах.

У поперечних перегородках блоків є канали для підведення масла до корінних підшипників колінчастого валу.

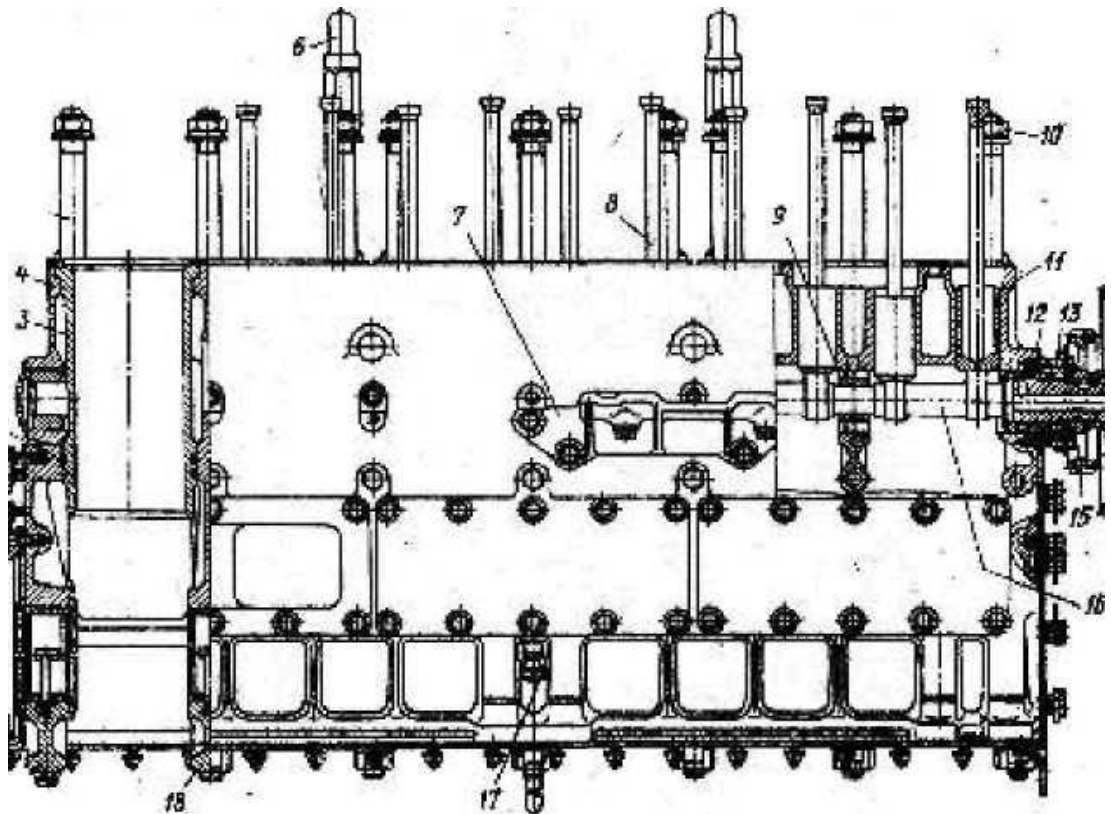


Рисунок 1.2 – Блок циліндрів

Охолоджуюча рідина підводиться до кожного циліндра через розподільну трубу з отворами.

До нижньої площини блоку прикріплений піддон, що має фільтр отвору з магнітним уловлювачем для очищення масла, пробку для зливу.

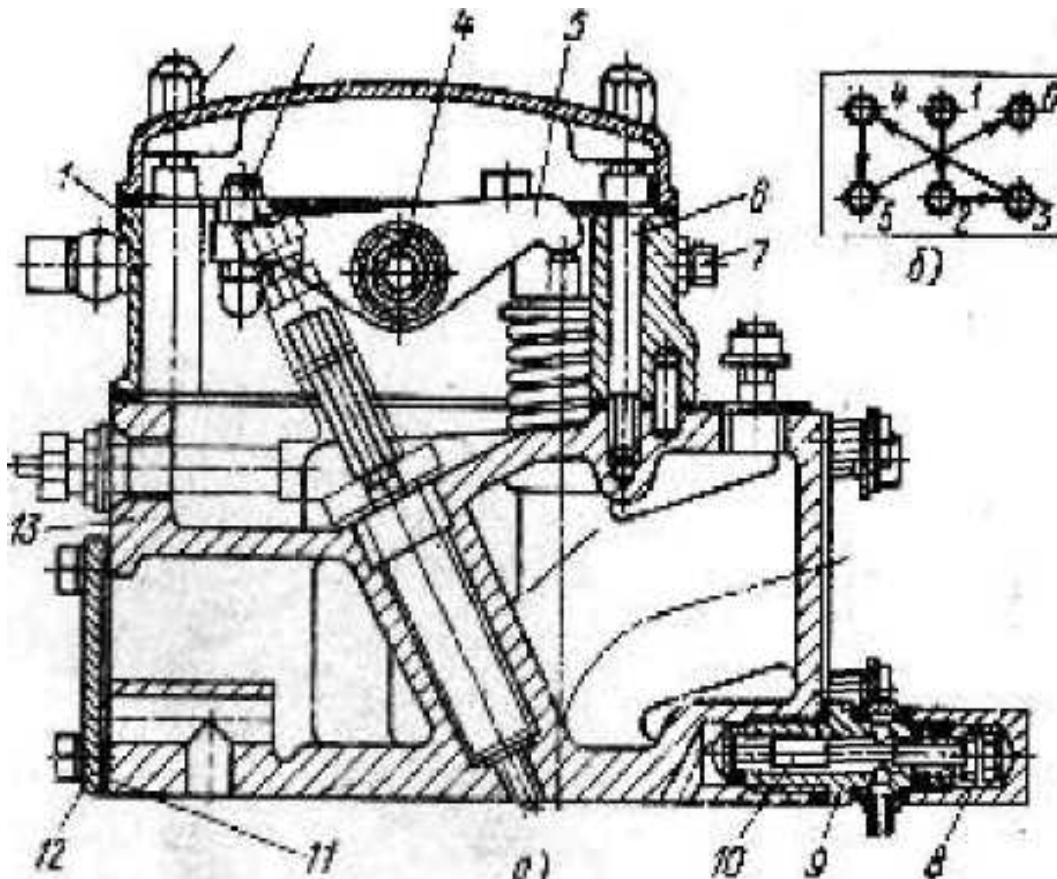


Рисунок 1.3 – Кришка циліндра

Кришки циліндрів блокові (на два циліндри одна кришка). Кожна кришка прикріплена до блоку циліндрів шістьма гайками і шпильками. Стик кришки з блоком циліндрів ущільнений прокладкою. У кришці циліндрів розташовані впускні і випускні клапани і форсунки. На дизелях, пуск яких здійснюється повітрям окрім цього, встановлені пускові клапани. Робочі клапани мають направляючі втулки, запресовані в кришки циліндрів. Зверху до кришки циліндрів прикріплений кронштейн коромисел. У кронштейні коромисел розміщена порожниста вісь коромисел клапанів. Отвори в торцях осі щоб уникнути витікання масла закриті різьбовими пробками. Від осевого зміщена і повернута в кронштейні вісь зафіксована настановним штифтом. Кронштейн має отвір для підведення масла до підшипників

коромисел [2]. Дві гайки кріплення кришок циліндрів до блоку виконані високими. У них укручені болти для підйому агрегату.

Кожух маховика (рис. 1.4) головних судових дизелів з фланцевим кріпленням генератора виготовлений з чавуну.

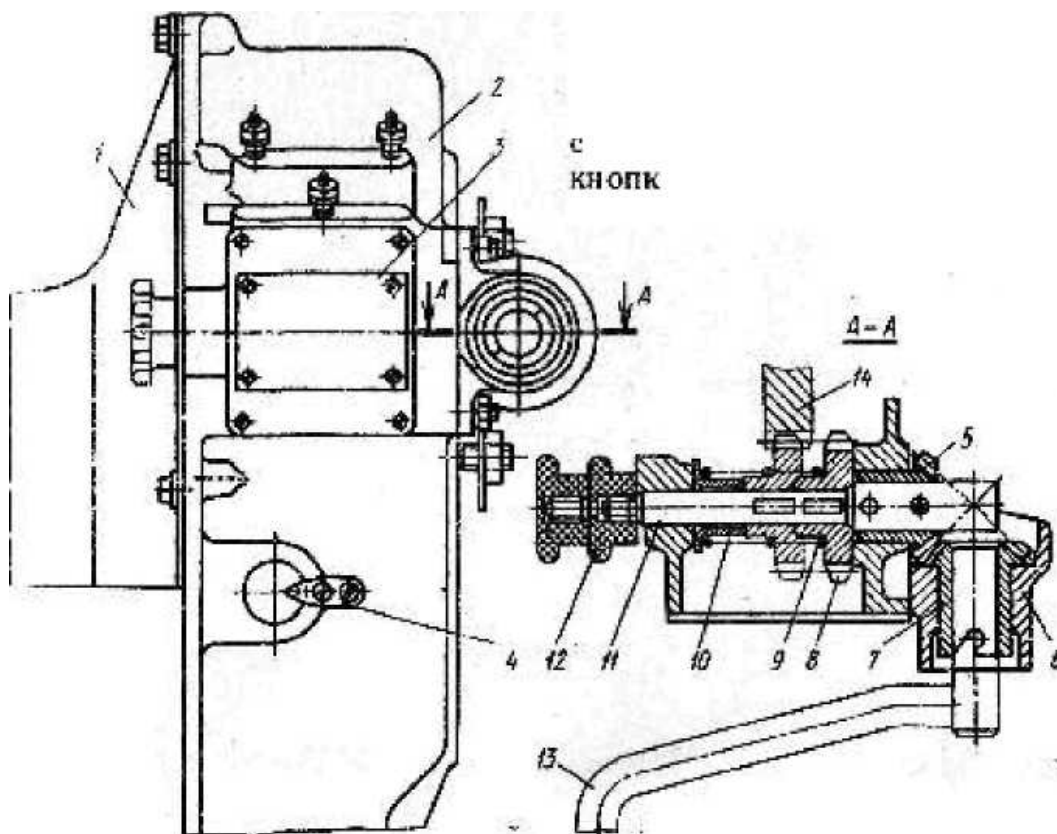


Рисунок 1.4 – Кожух маховика

Кривошипно - шатунний механізм

Колінчастий вал - сталевий семиопорний. Робочі поверхні шийок закріплені. Вал спільно з маховиком динамічно збалансований. Допустимий дисбаланс 0,01 Нм.

При заміні колінчастого валу або маховика в умовах експлуатації необхідно їх спільно збалансувати динамічно або статично.

Шатун - сталевий двотаврового перетину. У верхню головку шатуна запресована втулка. Вкладиші нижньої головки виконані з виступами, що входять в пази шатуна і його нижньої кришки.

Поршень має три компресійних і пару маслосборних кілець. Канавки під маслосборними кільцями мають дренажні отвори. На дизелі можуть бути встановлені поршні з двома компресійними кільцями і одним маслосборним розташованим вище за вісь поршневого пальця. У поршні виконані бобишки з отворами в які встановлений поршневий палець. У кожній бобишці для змазування пальця виконані отвори. Поршневий палець плаваючого.

Механізм газорозподілу

Розподільним вал цілісний, має центральний отвір для підведення масла до підшипників. Опорні підшипники складаються з двох половин, що скріплюють пружинними кільцями. Перший (з боку коробки зачатих коліс). Опорний підшипник валу є і наполегливим. Підшипник має фланець за допомогою якого закріплений болтами до блоку циліндрів через, зубчатих коліс). Опорні підшипники валу взаємозамінні. Всі підшипники зафіксовані гвинтами, укрученими в стінку блоку.

Штовхач порожнистий. У штовхачі виконані два отвори через які з нього зливається зайве масло. Коромисла сталеві. На коромислах встановлені гвинти для регулювання зазорів між торцями штоків клапанів і бобишками коромисел. Усередині коромисел виконані канали для мастила сферичної поверхні штанг, штовхачів штоком клапанів і втулок напрямних.

Клапани мають робочі фаски під кутом 45 градусів. Фаски клапанів відшліфовані і притерті до сідел циліндрів. Діаметр тарілок випускних клапанів менше ніж впускання.

Приводи

На вільному кінці коленвалу розміщені дві циліндрові шестерні. Колесо приводить в рух через проміжне зубчате колесо зарядний генератор і насос внутрішнього контура, через проміжне зубчате колесо – розподільчий вал,

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Привід паливного насоса (рис 1.5.) служить також приводом тактометричного перетворювача і лічильника мотогодин 12 типу G4-102B. У порожнину корпусу приводу паливного насоса через порожнисту шпильку з масляної магістралі під тиском підводиться масло. Проходячи через гвинтові канавки, виконані у втулках масла зливається в коробку зубчатих коліс, а частина потрапляє в порожнину гвинтових зубчатих коліс н. змащує їх. Надмірне масло через канал в корпусі зливається в коробку зубчатих коліс. Диск зчеплення з насосом має радіальні пази, в які входять куркульки муфти насоса і шайби приводу. На зовнішній поверхні кулачкової шайби біля виступів нанесені ризики для установки кута випередження подачі палива. Кожна ризика відповідає 4" кути попорена колінчастого валу.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Обґрунтування переведу роботи двигуна на газоподібне паливо

Експлуатація ДВЗ, працюючого на різних видах палива є досить перспективною, що пов'язано з малою залежністю від роду палива, а це в свою чергу, робить таку експлуатацію економічно вигідною, як по умовам доставки, вартості та іншим факторам.

В даному дипломному проекті розглядаються можливість експлуатації двигуна 6ЧН 12/14 на газоподібному паливі. Слід відзначити, що переведення роботи двигуна на газоподібне паливо тягне за собою витрати на виготовлення двигуна, так як в паливну систему повинні входити елементи, дозволяючи двигуну працювати на газу.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА

2.1 Розрахунок робочого циклу

Для забезпечення економічності потрібно звернути увагу на всі параметри, що впливають на витрату палива і мастила.

Крім відпрацьовування параметрів робочого циклу двигуна, що забезпечують високий механічний ККД, необхідно раціонально сконструювати системи двигуна, вибрати оптимальний режим охолодження тощо.

Надійність двигуна забезпечується раціональною конструкцією, відсутністю погрішності в розрахунках, особливо на міцність. Повинні бути враховані умови роботи двигуна, що можуть виникнути в процесі експлуатації. Припустимий рівень шуму і вібрації забезпечується установкою глушителів шуму, конструктивними заходами зниження шуму у вузлах двигуна. Токсичність вихлопних газів двигуна знижується при правильному виборі параметрів згоряння палива, кута випередження подачі палива, коефіцієнта надлишку повітря.

Зниження токсичності парів палива й мастила забезпечується надійною конструкцією паливної і масляної системи. Надійність і безвідмовність системи пуску впливає на рівень надійності двигуна.

При конструюванні варто забезпечити, легкий доступ до основних вузлів двигуна, максимально забезпечити взаємозамінність деталей, забезпечити вільний демонтаж поршня із шатуном через циліндр [3, 4].

Двигун не повинний бути захарашений трубопроводами, по можливості потрібно уникати навішаних деталей там, де їх можна розташувати окремо. Таким чином, при сукупності конструктивних рішень, ретельного доведення

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

двигуна на іспитах і в процесі експлуатації, можна створити дизель, що стоїть на рівні найвищих сучасних вимог.

Основні параметри двигуна прототипу

Двигун проектується на базі дизеля 6ЧН 12/14, його основні параметри наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Основні параметри двигуна 6ЧН 12/14

1. Найменування параметра	2. Одиниці виміру	3. Значення
4. Частота обертання колінчатого валу	5. об/хв	6. 1500
7. Середній ефективний тиск	8. МПа	9. 0,75
10. Ефективна потужність	11. кВт	12. 90
13. Питома ефективна витрата дизельного палива	14. г/(кВт*год)	15. 235

Методика розрахунку робочого циклу двигуна

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

Крім розрахункового треба розглядати ще дійсний цикл, котрий здійснюється в працюючому двигуні і в наступний час не може бути точно описаним із за недосконалості розрахункових методик та складності

процесів, що протікають в ньому. Чим більш досконала методика теплового розрахунку, тим більш ближче розрахунковий цикл до дійсного.

В даному дипломному проекті використовується класична методика теплового розрахунку, розроблена В. І. Гріневецьким і далі вдосконаленого Є. К. Мазінгом [3].

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

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

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

Розрахунок робочого циклу зроблений за допомогою персонального комп'ютера в програмі Matcad.

Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна

Температура навколишнього повітря T_0 . Приймаємо $T_0 = 298$ К (за найгірших умов експлуатації).

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

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ступінь стиску ε . При призначенні ступеня стиску варто враховувати розміри циліндра, бистрохідність і спосіб сумішоутворення. Приймаємо по двигуну прототипу $\varepsilon = 14$.

Коефіцієнт надлишку повітря α . Цей коефіцієнт також залежить від розмірів циліндра і способу сумішоутворення. Цей параметр при підвищенні зменшує питому витрату пального, водночас зменшуючи середній ефективний тиск та потужність. Відповідно його слід підбирати з кількох спроб розрахунку з урахуванням одночасного досягнення заданої потужності і найкращої можливої економічності. Вибір остаточного значення α робиться з вибором оптимального значення P_k . З урахуванням переліченого встановлюємо $\alpha = 2$.

Коефіцієнт залишкових газів γ_r . Вплив на значення цього коефіцієнту завдають тип двигуна, особливості повітропостачання і газообміну. Приймаємо $\gamma_r = 0,06$.

Коефіцієнт використання теплоти в точці z (ξ_z), та в точці b (ξ_b). Ця величина змінюється в широких межах і залежить від ступеня досконалості двигуна. Найкраще ці величини призначати після аналізу теплового балансу двигунів, близьких до проектного. Для ВОД ці коефіцієнти лежать у межах: $\xi_z = 0,7 - 0,92$; $\xi_b = 0,85 - 0,98$.

Приймаємо $\xi_z = 0,88$; $\xi_b = 0,92$.

Ступінь підвищення тиску при згорянні λ . Ступінь підвищення тиску λ залежить від бистрохідності двигуна, ступеня наддуву, організації процесів сумішоутворення та ряду інших факторів. Приймаємо $\lambda = 1,8$.

Підігрів заряду від стінок циліндру ΔT_a . Приймаємо $\Delta T_a = 30$ К.

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

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

Хімічний склад палива. Розрахунок проводиться на природному газі середнього складу [4]:

Водень – $H_2 = 0,033$ кг;

Метан – $CH_4 = 0,94$ кг;

Двоокис азоту – $N_2 = 0,001$ кг;

Аміл – $C_5H_{12} = 0,0058$ кг;

Пропан – $C_3H_8 = 0,008$ кг;

Бутан – $C_4H_{10} = 0,004$ кг;

Ацетилен – $C_2H_2 = 0,012$ кг.

Нижча теплота згоряння палива Q_n . Приймаємо для газового палива $Q_n = 36083$ кДж/м³.

2.4 Результати розрахунку робочого циклу

Розрахунок процесу наповнення

Температура повітря за компресором, К

$$T_k = T_0 \times \left[1 + \frac{\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{0,286} - 1}{\eta_{k.ad}} \right] = 298 \times \left[1 + \frac{\left(\frac{0,16}{0,1013} \right)^{0,286} - 1}{0,79} \right] = 362,4$$

Температура повітря перед двигуном, К

$$T_s = T_k - \eta_o \times (T_k - T_0) = 362,4 - 0,9 \times (362,4 - 298) = 313,9$$

Температура заряду наприкінці процесу наповнення, К

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T_a + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{311,9 + 30 + 0,06 \times 800}{1 + 0,06} = 368,3$$

Тиск повітря перед двигуном, МПа

$$P_s = P_k - \Delta P_{ox} = 0,16 - 0,005 = 0,155$$

Тиск заряду наприкінці процесу наповнення, МПа

$$P_a = 0,98 \times P_s = 0,98 \times 0,155 = 0,172$$

Коефіцієнт наповнення

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_a}{P_s} \times \frac{T_s}{T_a} \times \frac{1}{1 + \gamma_r} \times (1 - \varphi_n) = \frac{14}{14 - 1} \times \frac{0,152}{0,155} \times \frac{313,9}{367,8} \times \frac{1}{1 + 0,06} \times (1 - 0) = 0,8445$$

Розрахунок процесу стиску

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

На практиці вважають, що процес стиску відбувається по політропі з показником n_l величина якого забезпечує одержання такої ж роботи в процесі стиску, як і при змінному показнику у дійсному процесі [5].

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

$$n_l = 1,3665$$

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тиск в кінці процесу стиску, МПа

$$P_c = P_a \times \varepsilon^{n_1} = 0,152 \times 14^{1,3665} = 5,5942$$

Температура в кінці процесу стиску, К

$$T_c = T_a \times \varepsilon^{n_1-1} = 368,3 \times 14^{1,3665-1} = 968,9$$

Розрахунок процесу згоряння

Доля палива, що згоріла в точці z

$$x_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} = \frac{0,88}{0,92} = 0,9565$$

Максимальна температура згоряння, К

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

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

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

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

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

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

$$T_z = 1990$$

Максимальний тиск згоряння, МПа

$$P_z = \lambda \times P_c = 1,8 \times 5,5942 = 10,07$$

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок процесу розширення

Ступінь попереднього розширення

$$\rho = \frac{\beta_z}{\lambda} \times \frac{T_z}{T_c} = \frac{0,99}{1,8} \times \frac{1990}{968,9} = 1,247$$

Ступінь подальшого розширення

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{14}{1,247} = 12,205$$

Розрахунок параметрів процесу розширення ведеться з умовно постійним показником політропи розширення n_2 . Для дизелів $n_2 = 1,18 \dots 1,3$. Варто пам'ятати, що показник політропи залежить від режиму роботи двигуна, розмірів циліндра, способу охолодження й ряду інших факторів. У всіх випадках, коли збільшується тривалість догорання палива, знижуються відносний теплообмін і витоки газів, n_2 зменшується. Виходячи з вищесказаного приймемо:

$$n_2 = 1,27$$

Температура в кінці процесу розширення, К

$$T_b = T_z \times \frac{1}{\delta^{n_2-1}} = 1990 \times \frac{1}{12,205^{1,27-1}} = 1008$$

Тиск в кінці процесу розширення, МПа

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{10,07}{12,205^{1,27}} = 0,4162$$

Визначення індикаторних показників

Теоретичний середній індикаторний тиск, МПа

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

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$= \frac{5,5942}{14-1} \times \left[1,8 \times (1,247-1) + \frac{1,8 \times 1,463}{1,27-1} \times \left(1 - \frac{1}{12,205^{1,27-1}} \right) - \frac{1}{1,3665-1} \times \left(1 - \frac{1}{14^{1,3665-1}} \right) \right] = 0,9958$$

Дійсний середній індикаторний тиск, МПа

$$P_i = P_i' \times \zeta \times (1 - \varphi_n) = 0,9958 \times 0,98 \times (1 - 0) = 0,9759$$

Індикаторна питома витрата газового палива, м³/(кВт*год)

$$g_i = 433 \times \frac{P_s \times \eta_n}{\alpha \times L_0 \times T_s \times P_i} = 433 \times \frac{0,155 \times 0,8445}{2 \times 0,495 \times 313,9 \times 0,9759} = 0,21$$

Індикаторний ККД

$$\eta_i = \frac{3600}{g_i \times Q_n} = \frac{3600}{0,21 \times 45700} = 0,4823$$

Визначення ефективних показників

Середній ефективний тиск, МПа

$$P_e = P_i \times \eta_m = 0,9759 \times 0,86 = 0,8393$$

Ефективний ККД двигуна

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_m = 0,4823 \times 0,86 = 0,4148$$

Питома ефективна витрата газового пального, м³/(кВт*год)

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{0,21}{0,86} = 0,244$$

Ефективна потужність двигуна,

$$N_e = 13,1 \times D_c^2 \times S_c \times z \times P_e \times n \times i = 13,1 \times 0,12^2 \times 0,14 \times 0,5 \times 0,8393 \times 1500 \times 6 = 99,7$$

Порівняння заданої та отриманої потужності двигуна

$$\Delta N = \frac{N_e - N_e'}{N_e} \times 100\% = \frac{99,7 - 100}{99,7} \times 100\% = 0,3\%$$

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Точність розрахунку задовільна, різниця між заданою і отриманою в результаті розрахунку потужності **не перевищує** 0,5% [3, 4].

2.2 Розрахунок та побудова індикаторної діаграми

Розрахункову індикаторну діаграму будують по даним розрахунку робочого циклу. Надалі ця діаграма є вхідними даними для динамічного розрахунку та розрахунку на міцність двигуна. Побудову діаграми виконують аналітичним способом, так як графічні методи побудови дають великі похибки [5, 6].

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. Для розрахунку та побудови індикаторної діаграми необхідно ввести наступні дані:

Таблиця 2.1 – Визначаючі параметри робочого циклу

Показник політропи стиснення n_1	1,3665
Показник політропи розширення n_2	1,2736
Тиск кінця стиснення p_c , МПа	5,5942
Максимальний тиск згоряння p_z , МПа	10,07
Ступінь попереднього розширення ρ	1,247
Ступінь стиснення ε	14

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків для побудови індикаторної
діаграми

V/V_c	$p_{ст}$	$p_{розш}$
1,00	10,07	
1,00	5,59	10,07
1,25	4,14	10,07
1,88	2,35	5,95
2,52	1,58	4,11
3,16	1,16	3,08
3,80	0,90	2,44
4,44	0,73	2,00
5,07	0,61	1,69
5,71	0,52	1,45
6,35	0,45	1,27
6,99	0,39	1,12
7,62	0,35	1,00
8,26	0,31	0,91
8,90	0,28	0,82
9,54	0,26	0,75
10,17	0,23	0,69
10,81	0,22	0,64
11,45	0,20	0,60
12,09	0,19	0,56
12,72	0,17	0,52
13,36	0,16	0,49
14,00	0,15	0,46
14,00		0,15

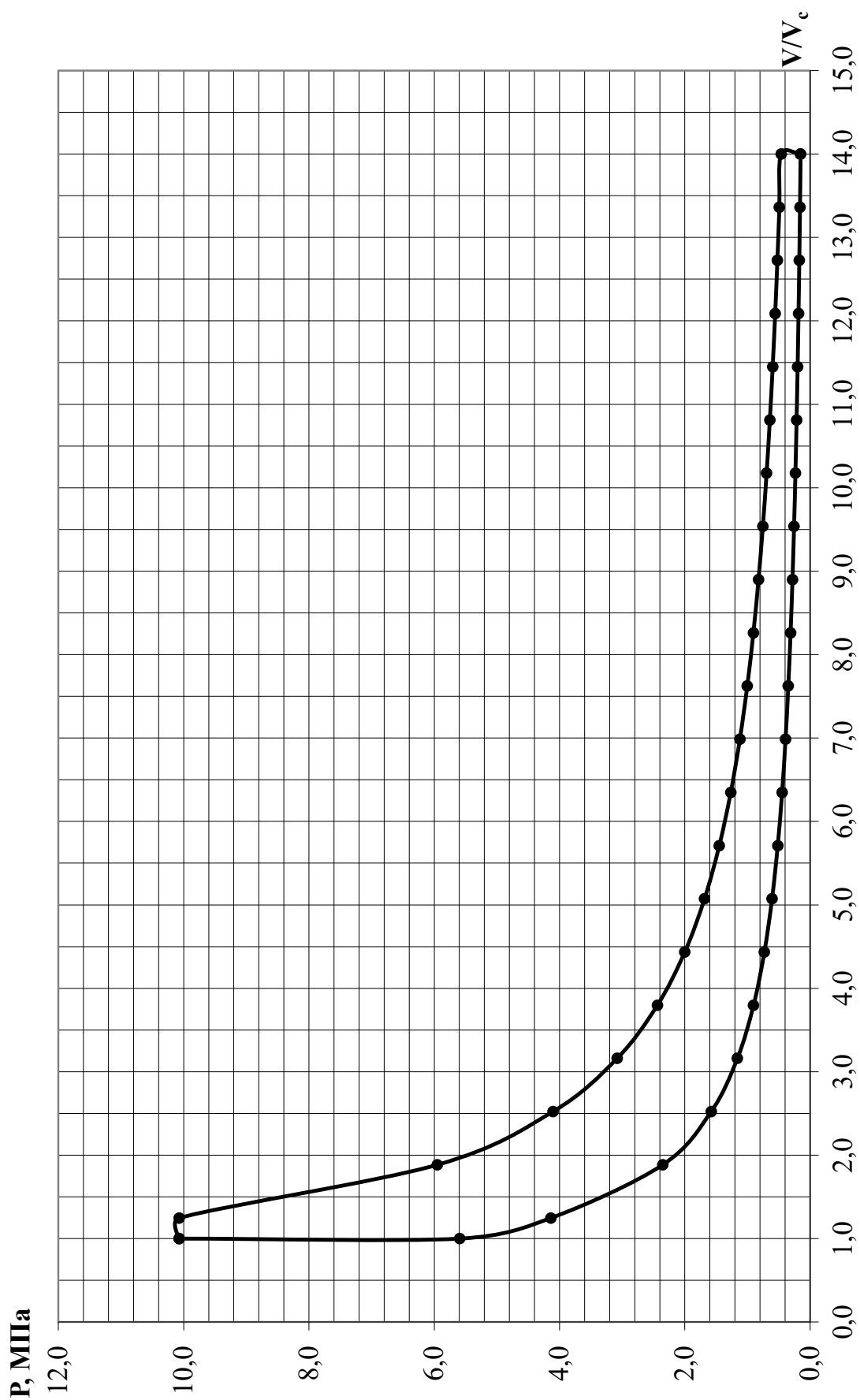


Рисунок 2.1 – Індикаторна діаграма

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ

Аркуш

27

2.3 Розрахунок теплового балансу двигуна

Рівняння теплового балансу:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\Gamma} + Q_W + Q_M + Q_{H.B} + Q_{Ne}$$

Q_{Σ} - теплота згоряння введенного у циліндр палива, кВт;

Q_{Γ} - теплота випускних газів, кВт;

Q_{Ne} - теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна, кВт;

Q_W - теплота, яка відводиться від двигуна охолоджуючою водою, кВт;

Q_M - теплота, яка відводиться від двигуна мастилом, кВт;

$Q_{H.B.}$ - теплота неврахованих втрат, кВт;

1. Визначимо загальну кількість теплоти (теплову потужність циклу), що виділяється у циліндрі:

$$Q_{\Sigma} = \frac{Ne}{\eta_e} = \frac{100}{0,4148} = 241,08 \text{ кВт}$$

2. Визначимо кількість теплоти, що відходить з відхідними газами (теплову потужність потоку відхідних газів):

$$Q_{\Gamma} = G_{\Gamma} C p_{\Gamma} (T_{3T} - T_o) = 0,25 \cdot 1042,137 \cdot (663,867 - 298) = 95,321 \text{ кВт},$$

де ізобарна теплоємність газів обчислюється згідно з рівнянням Майєра:

$$C p_{\Gamma} = \frac{K_{\Gamma}}{K_{\Gamma} - 1} R_{\Gamma} = \frac{1,381}{1,381 - 1} \cdot 287,512 = 1042,137 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$$

Температура газів за турбіною обчислюється на підставі виразу ККД турбіни:

$$T_{3T}^{ao} = T_T \left(\frac{1}{0,91 \frac{P_a}{P_o}} \right)^{\frac{K_T - 1}{K_T}} = 711,94 \cdot \left(\frac{1}{0,91 \cdot \frac{0,152}{0,1013}} \right)^{\frac{1,381 - 1}{1,381}} = 653,315 \text{ К}$$

$$T_{3T} = T_T - \eta_{ao} (T_T - T_{3T}^{ao}) = 711,94 - 0,82 \cdot (711,94 - 653,315) = 663,867 \text{ К}$$

3. Кількість теплоти, що надходить у воду (теплова потужність потоку теплоти, що надходить у воду):

$$Q_W = \frac{0,98Q_\Sigma - Q_G - Ne}{1,2} = \frac{0,98 \cdot 241,08 - 95,321 - 100}{1,2} = 34,115 \text{ кВт}$$

4. Визначимо кількість теплоти, що надходить у масло (теплову потужність потоку теплоти у масло):

$$Q_M \approx 0,2Q_W \approx 0,2 \cdot 34,115 = 6,823 \text{ кВт}$$

5. Розбіжність у рівнянні загального балансу теплоти (приблизне значення нев'язки балансу):

$$Q_{H.B.} \approx 0,02 \cdot Q_\Sigma = 0,02 \cdot 241,08 = 4,822 \text{ кВт}$$

6. Таким чином, ми отримали усі основні складові теплового балансу. Записуємо це рівняння з усіма складовими для його перевірки:

$$Q_\Sigma = Q_G + Q_W + Q_M + Q_{H.B.} + Ne = 95,321 + 34,115 + 6,823 + 4,822 + 100 = 241,08 \text{ кВт.}$$

7. Висновок: усі складові рівняння теплового балансу відповідають вимогам заданої точності.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВИГУНА

3.1 Особливості паливних систем дизельних двигунів

Дизельні двигуни внутрішнього згоряння – це двигуни з внутрішнім сумішоутворенням і запалюванням від стиснення. У дизелях суміш утворюється в процесі впорскування палива в циліндр, і відразу ж samozapalюється під впливом високої температури стиснення.

Усі двигуни із запалюванням від стиснення (дизельні) та багато двигунів з іскровим запалюванням (тобто бензинові двигуни, такі як працюють за циклом Отто чи двигуни Ванкеля) використовують певний тип впорскування палива. Масове виробництво дизельних двигунів для автомобілів стало доступним наприкінці 1930-х і на початку 1940-х років, будучи першими двигунами з упорскуванням палива для щоденного використання. Бензиновим двигунам знадобилося трохи більше часу, щоб набути цієї характеристики, перші з'явилися в 1950-х роках і набули актуальності в середині 1990-х, ставши нормою сьогодні.

У двигунах автомобілів використовуються системи впорскування палива, які еволюціонували від механічного впорскування до електроніки. Електронні системи, керовані електронним блоком управління, які оснащені багатоточковим та безпосереднім впорскуванням, дозволяють точніше контролювати кількість палива. Хоча ці системи відрізняються, усі вони усувають потребу в карбюраторі. Впорскування палива покращує ефективність і продуктивність двигуна.

Сучасні дизельні двигуни стали синонімом ефективності, довговічності та економічності, вони є високотехнологічними механізмами, що використовують високий тиск для впорскування палива, забезпечуючи його

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ефективне згоряння та оптимальну потужність двигуна. Вони включають такі елементи, як форсунки, насоси високого тиску, паливні фільтри та системи управління. Усі ці компоненти повинні працювати в ідеальній відповідності для забезпечення максимальної продуктивності та економічності.

Проте такі системи чутливі до якості палива та умов експлуатації. Введення суворих екологічних норм призвело до значного зниження вмісту сірки в дизельному паливі, що, своєю чергою, знизило його природні мастильні властивості. Це може призвести до підвищеного зношування та пошкодження компонентів паливної системи, таких як форсунки та паливні насоси. Крім того, сучасні дизельні двигуни використовують складні системи очищення вихлопних газів, які потребують певного рівня чистоти та якості палива для правильної роботи.

3.2 Загальна характеристика паливної системи Common Rail

Вимоги до систем впорскування палива на дизельних двигунах постійно зростають. Вищий тиск впорскування, вища швидкість реакції форсунок та гнучка адаптація процесу до умов експлуатації транспортного засобу роблять дизельне паливо потужним, економічним та малотоксичним. Крім того, система впорскування все більше інтегрується в загальну електронну систему керування транспортним засобом або електростанцією. Це дозволило почати використовувати дизелі в автомобілях високого класу.

Однією з таких високорозвинених систем впорскування є акумуляторна система Common Rail, головною перевагою якої є широкий діапазон зміни тиску палива і моменту ініціації впорскування. Все це реалізується за рахунок розділення процесів створення тиску і забезпечення впорскування.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Застосування. Акумуляторна система Common Rail використовується на дизельних двигунах з безпосереднім впорскуванням палива в наступних випадках:

- легкові автомобілі: широка лінійка двигунів - від трициліндрових (800 см^3 , 30 кВт (41 к.с.), 100 Н·м) до восьми циліндрових (3900 см^3 , 108 кВт (245 к.с.), 560 Н·м);
- легкі вантажівки: двигуни потужністю до 30 кВт на циліндр;
- великовантажні автомобілі, тепловози та корабельні: двигуни потужністю до 200 кВт на циліндр.

Ця система дозволяє задовольнити більш широкі вимоги до впорскування палива, ніж варіанти з механічним ПНВТ, а саме:

- розширені межі застосовності;
- підвищений тиск впорскування (до 1600 бар)
- змінний момент початку впорскування;
- забезпечення попереднього і додаткового впорскування (навіть з великим запізненням);
- регулювання тиску впорскування (230-1600 бар) в залежності від умов експлуатації двигуна.

У той же час акумуляторна система створює найважливіші передумови для збільшення щільності потужності, зниження витрати палива, а також зниження рівня шуму і викидів відпрацьованих газів.

Конструкція. Акумуляторна система Common Rail включає в себе (рис. 3.1):

- контур низького тиску, а також вузли подачі палива;
- контур високого тиску, що включає ПНВТ, паливний акумулятор високого тиску, форсунки і магістралі високого тиску;
- електронну систему управління роботою дизеля, датчиками контролю і виконавчими механізмами;
- системи подачі повітря та відведення відпрацьованих газів.



Рисунок 3.1 – Принципова схема керування дизелем з акумуляторною системою впорскування палива Common Rail:

1 – ПНВТ, 2 – паливний акумулятор високого тиску, 3 – форсунки.

Тиск регулюється за допомогою клапана регулювання тиску та/або за допомогою регулятора на вході в ПНВТ. Паливо в акумуляторі високого тиску готове до впорскування.

Найважливішим елементом акумуляторної системи впорскування є форсунка з швидкодіючим електромагнітним клапаном. Він відкриває і закриває розпилювач, регулюючи процес впорскування. На відміну від інших систем впорскування з електромагнітними клапанами, акумуляторна система Common Rail впорскує паливо в камеру згоряння при відкритому електромагнітному клапані.

Всі форсунки підключаються до паливного акумулятора високого тиску, звідси і назва системи. Її модульна конструкція дозволяє легко адаптуватися до конкретного двигуна.

Принцип дії. Робота акумуляторної системи впорскування палива заснована на тому, що процеси створення високого тиску і забезпечення

вприскування розділені. Електронна система управління дизельним двигуном окремо контролює роботу всіх компонентів.

Створення високого тиску. Безперервно працюючий ПНВТ, що приводиться в рух дизельним двигуном, буде створювати необхідний тиск вприскування, забезпечуючи певну постійну величину тиску в паливному акумуляторі, незалежно від частоти обертання колінчастого валу і витрати палива. Це означає, що ПНВТ працює з постійною швидкістю з нижчими піками крутного моменту та нижчою піковою продуктивністю, ніж у традиційних системах впорскування. Відповідно, його габарити також можуть бути значно компактнішими.

Впорскування. Паливо з акумулятора надходить по коротких магістралях високого тиску до форсунок, які впорскують його безпосередньо в камери згоряння циліндрів двигуна. Кожна форсунка складається в основному з розпилювача і високошвидкісного електромагнітного клапана, який управляє розпилювачем за допомогою механічного приводу. Електромагнітні клапани активуються за сигналами від блоку управління дизелем.

Кількість палива, що впорскується при постійному тиску в паливному акумуляторі, пропорційна часу спрацьовування електромагнітного клапана і не залежить від частоти обертання колінчастого валу двигуна або частоти обертання валу ПНВТ (регулювання впорскування за часом).

Керування і регулювання. Блок управління роботою дизеля враховує положення педалі газу і конкретні робочі параметри двигуна. До них належать, але не обмежуються ними:

- кут повороту колінчастого валу;
- частота обертання розподільчого валу;
- тиск в паливному акумуляторі;
- тиск повітря у впускному трубопроводі;
- температура повітря на вході, палива і охолоджуючої рідини;

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- витрату повітря;
- швидкість руху автомобіля.

Блок керування обробляє вхідні сигнали і формує керуючі сигнали для ПНВТ, форсунок та інших виконавчих механізмів, таких як турбокомпресор або клапан рециркуляції, за короткий час.

Необхідна швидка дія ввімкнення форсунок досягається завдяки оптимізації роботи електромагнітних клапанів і спеціальної системи управління.

Система "кут – час" порівнює час впорскування з показами датчиків положення колінчастого і розподільного валу під час роботи двигуна (керування за часом). Електронна система управління дизельним двигуном передбачає суворе дозування впорскування. Крім того, вона надає можливість для широкого використання додаткових функцій, які покращують параметри роботи двигуна.

Основна функція електронної системи управління полягає в управлінні впорскуванням дизельного палива в потрібний момент, в потрібній кількості і з потрібним тиском, що забезпечує помірну витрату палива і низький рівень шуму роботи дизеля.

Додаткові функції контролю і управління електронної системи управління призначені для зниження рівня викидів відпрацьованих газів і витрати палива або для підвищення комфорту і безпеки водіння, наприклад:

- регулювання рециркуляції відпрацьованих газів;
- регулювання тиску наддуву;
- регулювання швидкості руху автомобіля;
- електронний протиугінний захист.

Інтеграція системи електронного регулювання в загальну систему управління транспортним засобом відкриває ряд нових можливостей (наприклад, обмін даними з автоматичною коробкою передач або системами управління кондиціонером).

Діагностична система передбачає використання зібраних і систематизованих даних при діагностиці несправностей автомобіля.

3.3 Конфігурація блоків управління Common Rail

Так як стандартний блок управління дизелем має шість ступенів управління форсунками, то для дизельних двигунів з великою кількістю циліндрів передбачено два блоки управління. Вони з'єднані в групі майстер-підлеглий через внутрішню шину, що збільшує потужність мікроконтролерів. Деякі функції виконує тільки певний блок управління (наприклад, управління циклічною корекцією подачі), в той час як інші можуть бути гнучко перерозподілені між блоками (наприклад, опитування датчиків).

Рециркуляція відпрацьованих газів є ефективним засобом зниження викидів NO_x у відпрацьованих газах. Частина відпрацьованих газів через перепускний клапан направляється у впускний тракт, а їх охолодження дає додаткові переваги. Для дизелів легкових автомобілів, де допускається рециркуляція відпрацьованих газів на нижній межі діапазону навантажень, цей метод використовується вже давно.

Дизелі для вантажних автомобілів сьогодні в основному оснащуються турбонагнітачами. При високих навантаженнях ці двигуни, як правило, не мають різниці тисків між випускним трубопроводом перед турбіною і впускним трубопроводом після впорскування нагнітача. Оскільки система рециркуляції у вантажних автомобілях подає охолоджені відпрацьовані гази у впускний трубопровід і у верхній межі діапазону навантажень, необхідно використовувати додаткові механізми, наприклад, турбонагнітач зі змінною геометрією, сопловий апарат, що регулюється, або запобіжний клапан.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Очищення відпрацьованих газів стає дуже актуальним для того щоб, відповідати більш жорстким вимогам до параметрів відпрацьованих газів. В першу чергу це відноситься до легкових і великих вантажних автомобілів. Багато систем ще на стадії розробки, тому залишається відкритим питання, які із них знайдуть використання. Як правило, висока адаптовність системи впорскування використовується повсюдно. Акумуляторна система живлення дизеля, у цьому сенсі, надає багато можливостей:

- дизельний окислювальний нейтралізатор, перш за все, зменшує викид вуглеводнів (CH) і чадного газу (CO), а також частково легких фракції вуглеводнів;
- різні фільтри затримують сажеві частинки у відпрацьованих газах (наприклад, існує система фільтрації частинок з безперервною регенерацією);
- каталітичний нейтралізатор зменшує вміст NO_x. В даний час даний агрегат адаптується до використання на дизельних легкових автомобілях;
- селективний нейтралізатор зменшує вміст NO_x за допомогою аміаку. Останній виділяється в каталізаторі гідролізу (або водневому каталізаторі) з сечовини, яка є засобом зниження токсичності. У нових системах водень і селективні перетворювачі об'єднані в єдине ціле.

У комбінованих системах (їх ще називають чотирьох компонентними) поєднують в собі кілька різних блоків для одночасного зниження викиду NO_x, CH і CO, а також частинок сажі. Ці системи, однак, вимагають дуже точного управління дизельним двигуном.

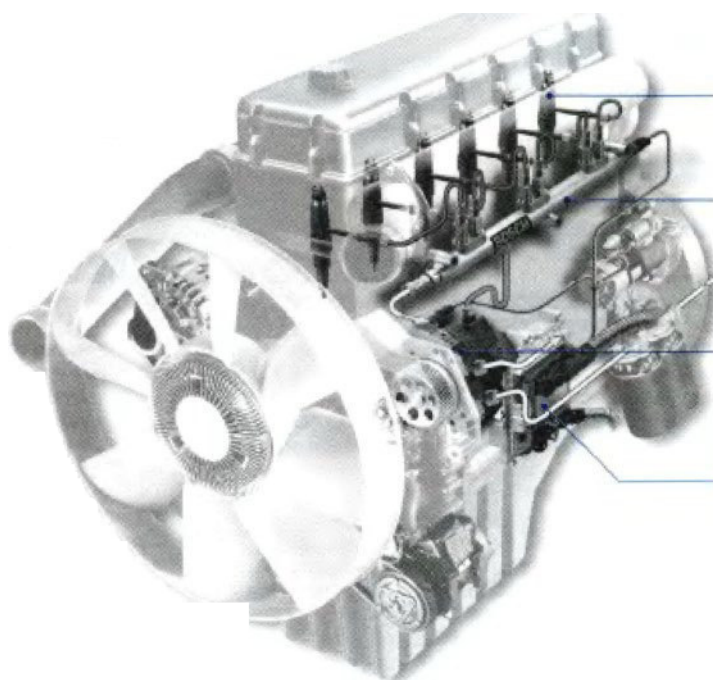


Рисунок 3.2 – Вузли акумуляторної системи впорскування палива на вантажному автомобілі

1 – форсунка, 2 – паливний акумулятор високого тиску, 3 – ПНВП, 4 – блок керування роботою дизеля.

На рисунку 3.3 показані всі вузли акумуляторної системи впорскування, що встановлюються на восьми циліндровий дизельний двигун легкового автомобіля в повній комплектації. Залежно від типу автомобіля і типу використання використовуються деякі комплектуючі.

Для того, щоб мати візуальне уявлення про систему, датчики та виконавчі механізми (А) структурно на схемі не представлені. Виняток становлять датчики і обладнання для очищення відпрацьованих газів (F) і датчик тиску палива в акумуляторі, так як їх розрахункове місце розташування повинно бути вказано для розуміння роботи всього контуру.

Через шину CAN в блоці "Панель приладів" (B) можна обмінюватися даними з різними блоками, такими як:

- стартер;
- генератор;
- електронна протиугінна система;

- управління автоматичною коробкою передач;
- система запобігання ковзанню;
- програматор електронної стабілізації.

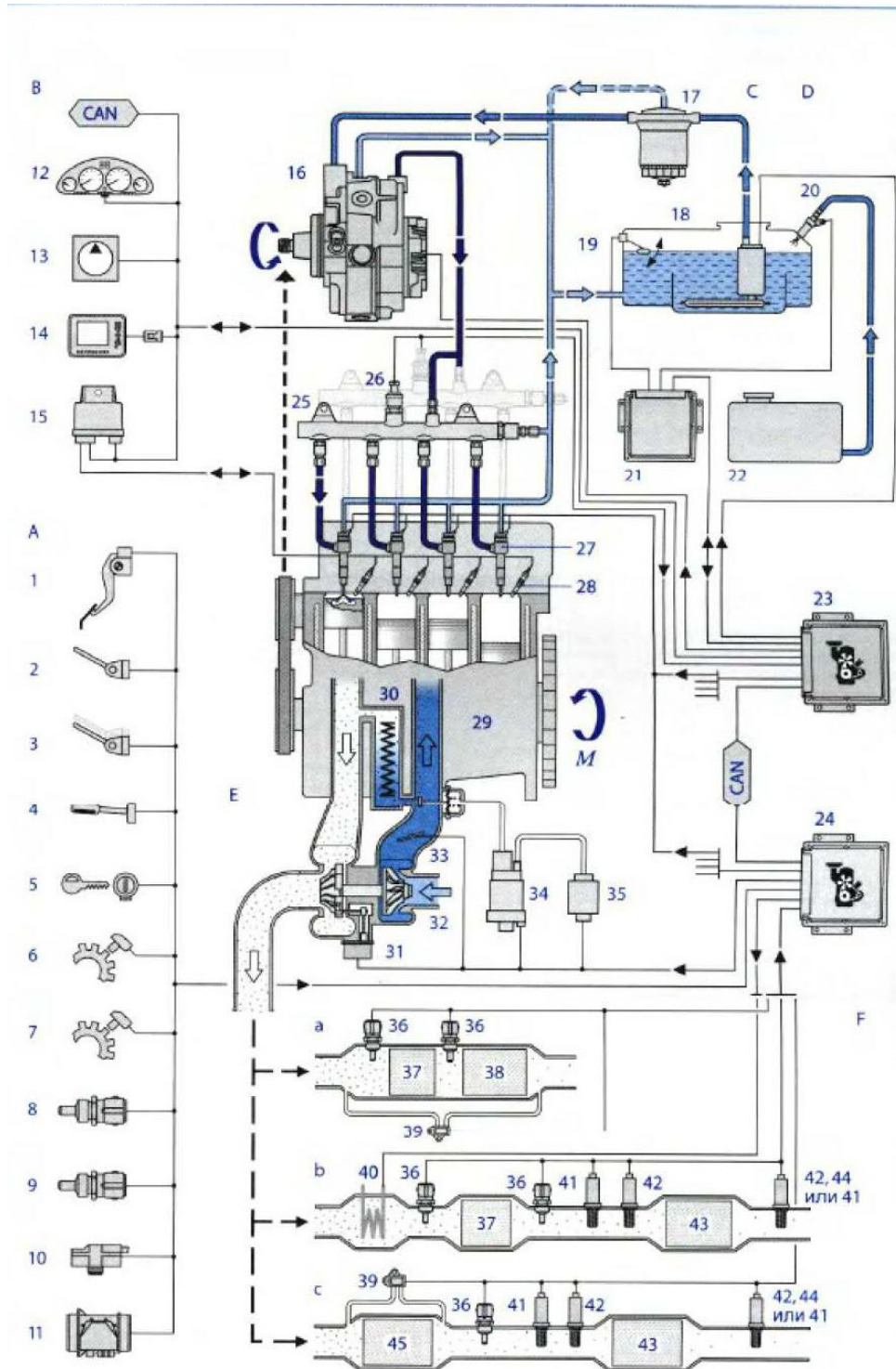


Рисунок 3.3 – Акумуляторна система впорскування легкового автомобіля

А датчики та виконавчі механізми: 1 – датчик положення педалі газу, 2 – датчик-вимикач зчеплення, 3 – контакти гальм (2), 4 – встановлюючий елемент регулятора швидкості автомобіля, 5 – вимикач стартера і свічок розжарювання, 6 – датчик швидкості автомобіля, 7 – датчик частоти обертів колінчастого валу, 8 – датчик температури охолоджувальної рідини, 9 – датчик температури повітря на вході, 10 – датчик тиску повітря у впускному трубопроводі, 11 – плівковий вимірювач масової витрати повітря.

В панель приладів: 12 – комбінована панель приладів з виданням сигналів про витрату палива, частоту обертів колінчастого валу, 13 – панель керування компресором кондиціонера, 14 – діагностичний монітор, 15 – таймер роботи свічок розжарювання.

Шина CAN (серійний інтерфейс на автомобілі): 16 – ПНВТ, 23 – блок керування роботою дизеля (ведучий), 24 – блок керування роботою дизеля (ведомий), 25 – паливний акумулятор високого тиску, 26 – датчик тиску в акумуляторі, 27 – форсунка, 28 – штифтова свічка розжарювання, 29 – дизель, М – крутний момент.

С забезпечення паливом (контур низького тиску): 17 – паливний фільтр з перепускним клапаном, 18 – паливний бак з фільтром грубого очищення та насосом підкачування, 19 – датчик рівня палива.

Д додаткові системи: 20 – додаткове дозування, 21 – додатковий контрольно-керуючий прилад, 22 – додатковий бак.

Е забезпечення повітрям: 30 – охолоджувач рециркуляційних відпрацьованих газів, 31 – регулятор тиску наддуву, 32 – турбонагнітач (тут зі змінною геометрією турбіни VTG), 33 – регулювальна заслінка, 34 – виконуючий механізм рециркуляції відпрацьованих газів, 35 – вакуумний насос.

Ф очищення відпрацьованих газів: 36 – датчик температури відпрацьованих газів, 37 – нейтралізатор окислювальний, 38 – сажовий фільтр, 39 – датчик перепадів тиску, 40 – підігрів відпрацьованих газів, 41 –

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

датчик рівня NO_x, 42 – широкосмуговий лямбда-зонд, 43 – акумулюючий нейтралізатор NO_x, 44 – дворежимний лямбда-зонд, 45 – каталітично очищуємий сажовий фільтр.

Панель приладів 12 і панель управління кондиціонером 13 також можуть бути підключені до шини CAN.

Для очищення відпрацьованих газів може використовуватися одна з трьох комбінованих систем (а, b або c).

Схема системи для вантажного автомобіля

На рис. 3.4 показані всі вузли акумуляторної системи впорскування, що встановлені на шестициліндровий дизельний двигун вантажного автомобіля в повній комплектації. В залежності від типу автомобіля і виду використання деякі вузли не застосовуються

Щоб мати чітке уявлення, датчики та виконавчі механізми (А) структурно не представлені. Виняток становлять датчики і обладнання для очищення відпрацьованих газів (F) і датчика тиску палива в акумуляторі, так як їх розрахункове місце розташування повинно бути вказано для розуміння роботи всього контуру.

Через шину CAN в блоці "Панель приладів" (В) можна обмінюватися даними з різними блоками (наприклад, автоматичною коробкою передач, антипробуксовочною системою, програмою стійкості, датчиком якості масла, тахографом, статусом радару, керуванням транспортним засобом, координацією керування гальмами, керуванням амортизаторами – до 30 приладів). Через шину CAN можуть бути підключені також генератор 18 і компресор кондиціонера 17 також можуть бути підключені через шину CAN. Для очищення відпрацьованих газів може використовуватися одна з трьох комбінованих систем (а, b або c).

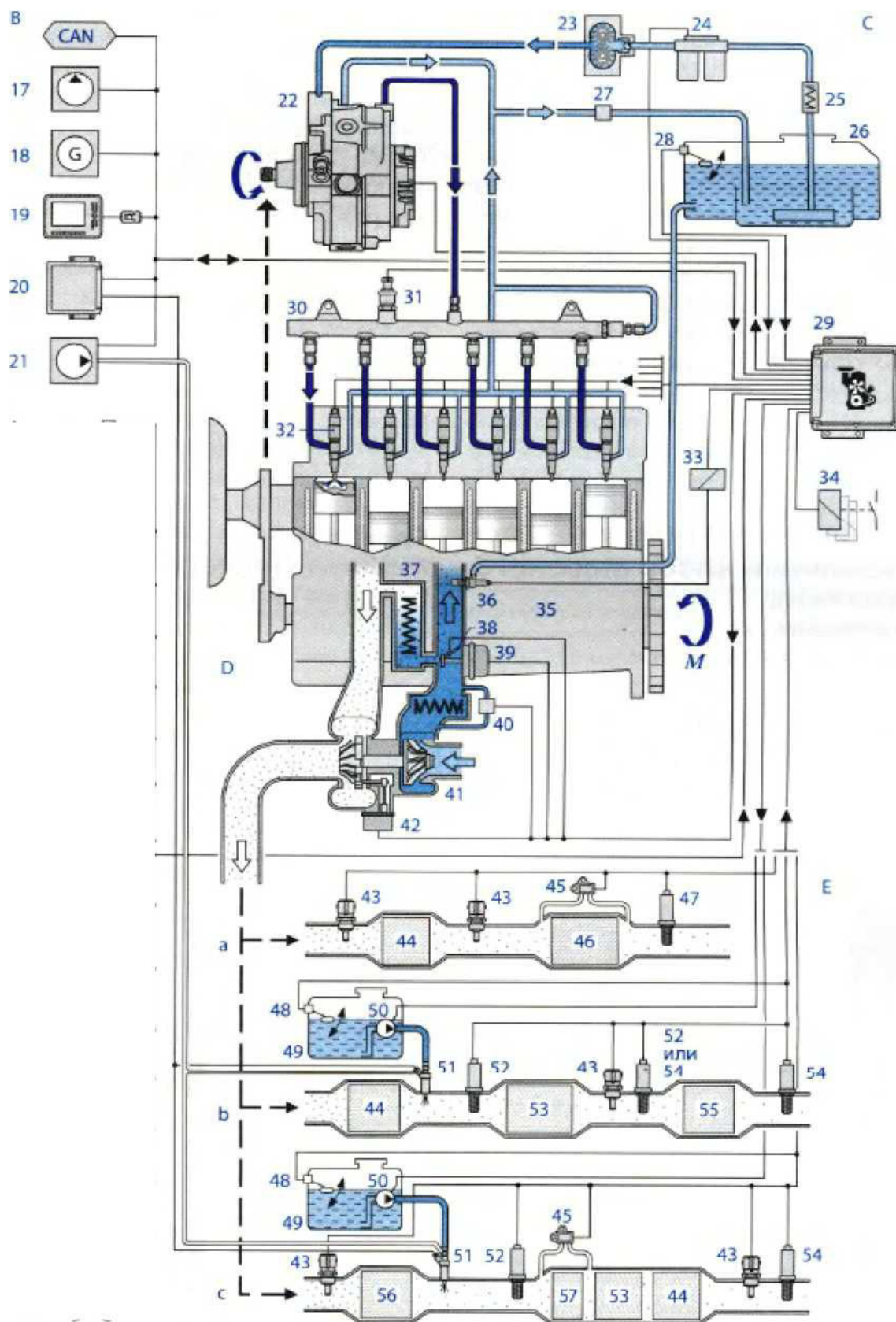


Рисунок 3.4 – Двигун, його система керування та прилади високого тиску:

А датчики та виконавчі механізми: 1 – датчик положення педалі газу, 2 – датчик-вимикач зчеплення, 3 – контакти гальм (2), 4 – контакт моторного гальма, 5 – контакт стоянкового гальма, 6 – перемикач умов (наприклад, регулятора швидкості автомобіля, дворежимного регулятора, зниження частоти обертів або зменшення крутного моменту), 7 – вимикач стартера і свічок розжарювання, 8 – датчик частоти обертання валу турбонагнітача, 9 – індуктивний датчик частоти обертів колінчастого валу, 10 – датчик частоти обертів розподільчого валу, 11 – датчик температури палива, 12 – датчик температури охолоджувальної рідини, 13 – датчик температури повітря, що нагнітається, 14 – датчик тиску повітря у впускному трубопроводі, 15 – датчик витрати повітря, 16 – датчик перепаду тисків на повітряному фільтрі.

16 – ПНВТ, 23 – блок керування роботою дизеля (ведучий), 30 – паливний акумулятор високого тиску, 31 – датчик тиску палива в акумуляторі, 32 – форсунка, 33 – реле, 34 – додаткові пристрої (наприклад, заслінка моторного гальма, стартер, вентилятор), 35 – дизель, 36 – штифтова свічка розжарювання (альтернатива сітці розжарювання), М – крутний момент.

В панель приладів: 17 – панель керування компресором кондиціонера, 18 – генератор, 19 – діагностичний монітор, 20 – управляючий прилад SCR, 21 – повітряний компресор.

Шина CAN (серійний інтерфейс на автомобілі, до 3 штук).

С забезпечення паливом (контур низького тиску): 23 – паливопідкачуючий насос, 24 – паливний фільтр з датчиками тиску та води у водозбірнику, 25 – радіатор блоку керування, 26 – паливний бак з фільтром грубого очищення та насосом підкачування, 27 – датчик обмеження тиску, 28 – датчик рівня палива.

Д забезпечення повітрям: 37 – охолоджувач рециркуляційних відпрацьованих газів, 38 – регулювальна заслінка, 39 – регулятор

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

рециркуляційних відпрацьованих газів з клапаном і датчиком позиціонування, 40 – регулятор повітря, що нагнітається, з перепускним клапаном для холодного запуску, 41 – турбонагнітач (тут VTG) із датчиком позиціонування, 42 – регулятор тиску наддуву.

Е очищення відпрацьованих газів: 43 – датчик температури відпрацьованих газів, 44 – нейтралізатор окислювальний, 45 – датчик перепадів тиску, 46 – сажовий фільтр, 47 – датчик сажі, 48 – датчик рівня в баку для засобів зменшення токсичності, 49 – бак для засобів зменшення токсичності, 50 – помпа для підкачування для засобів зменшення токсичності, 51 – форсунка для засобів зменшення токсичності, 52 – датчик рівня NO_x, 53 – нейтралізатор SCR, 54 – датчик NH₃, 55 – кінцевий нейтралізатор, 56 – каталітично очищуємий сажовий фільтр SCF, 57 – гідролізний нейтралізатор.

Рисунок 4 Акумуляторна система впорскування палива для вантажного автомобіля

3.3 Агрегати контуру високого тиску системи Common Rail

Контур високого тиску акумуляторної системи Common Rail ділиться на три частини: створення тиску, накопичення і дозування палива (рис. 3.5 і 3.6). Паливний насос високого тиску оснащений клапаном регулювання тиску і запірним клапаном плунжерної секції. За допомогою ПНВТ відбувається накопичення високого тиску в спеціальній камері – акумуляторі тиску, оснащеному датчиком тиску, клапаном обмеження тиску (перепускним клапаном) і обмежувачем ємності. Форсунки використовуються для своєчасної подачі палива в потрібній кількості. Магістралі високого тиску з'єднують всі ці деталі між собою.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

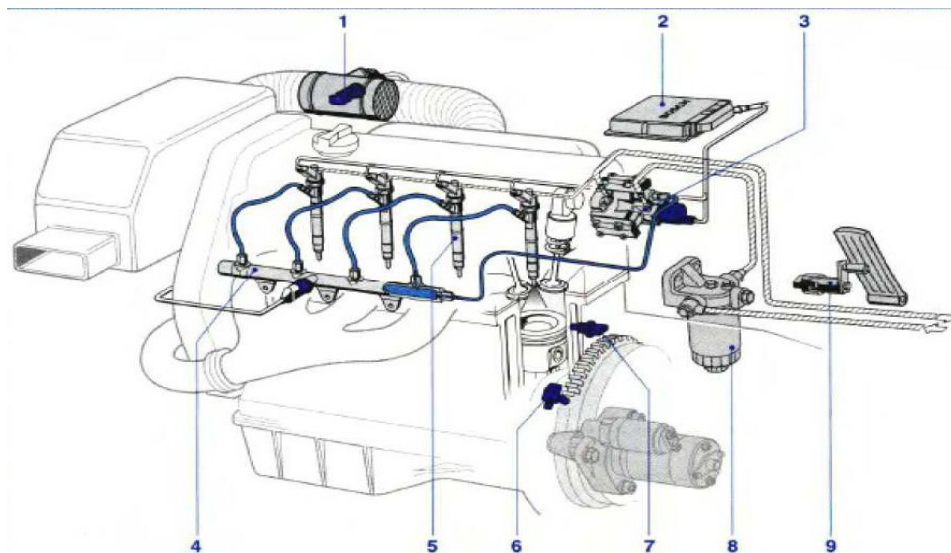


Рисунок 3.5 – Акумуляторна система впорскування Common Rail для чотирьохциліндрового двигуна

1 – датчик масової витрати повітря, 2 – блок керування роботою дизеля, 3 – ПНВТ, 4 - акумулятор високого тиску (Rail), 5 – форсунка, 6 – датчик частоти обертання колінчастого валу, 7 – датчик температури охолоджувальної рідини, 8 – паливний фільтр, 9 – датчик положення педалі газу.



Рисунок 3.5 – Дизель із системою впорскування Common Rail на моторному випробувальному стенді

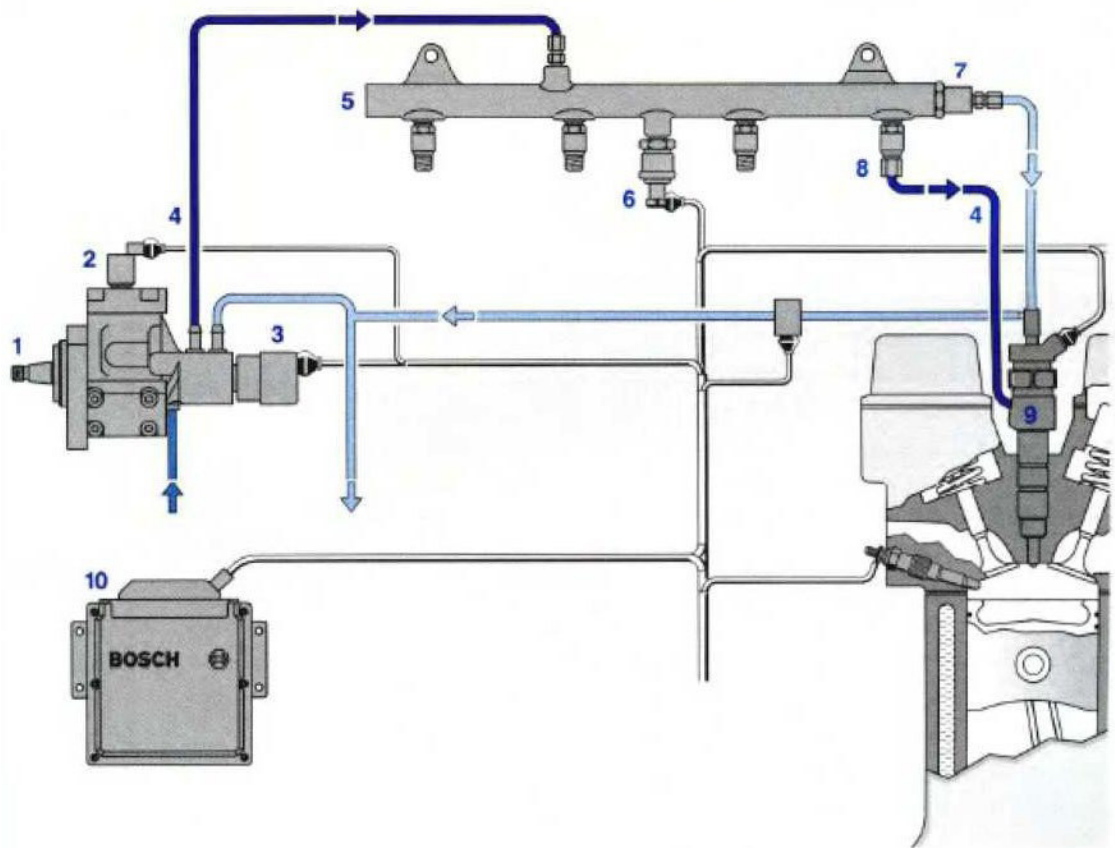


Рисунок 3.7 – Контур високого тиску акумуляторної системи впорскування Common Rail

1 – ПНВТ, 2 – клапан вимкнення плунжерної секції, 3 – клапан регулювання тиску, 4 – магістраль високого тиску, 5 - акумулятор високого тиску, 6 – датчик тиску палива в акумуляторі, 7 – клапан обмеження тиску (перепускний клапан), 8 – обмежувач пропускної спроможності, 9 – форсунка, 10 – блок керування роботою дизеля.

3.3.2 Паливний насос високого тиску.

Основна функція будь-якого ПНВТ полягає в забезпеченні подачі палива до форсунок під необхідним тиском, на будь-яких режимах роботи двигуна і протягом терміну служби транспортного засобу. Система Common Rail відрізняється тим, що в ній ПНВТ позбавлений функцій розподілу і необхідний тільки для створення запасу палива і швидкого підвищення тиску в паливному акумуляторі.

ПНВТ створює постійний тиск до 1600 бар для акумулятора високого тиску (Rail). У порівнянні зі звичайними системами впорскування, попередньо стиснене паливо не стискається в процесі впорскування.

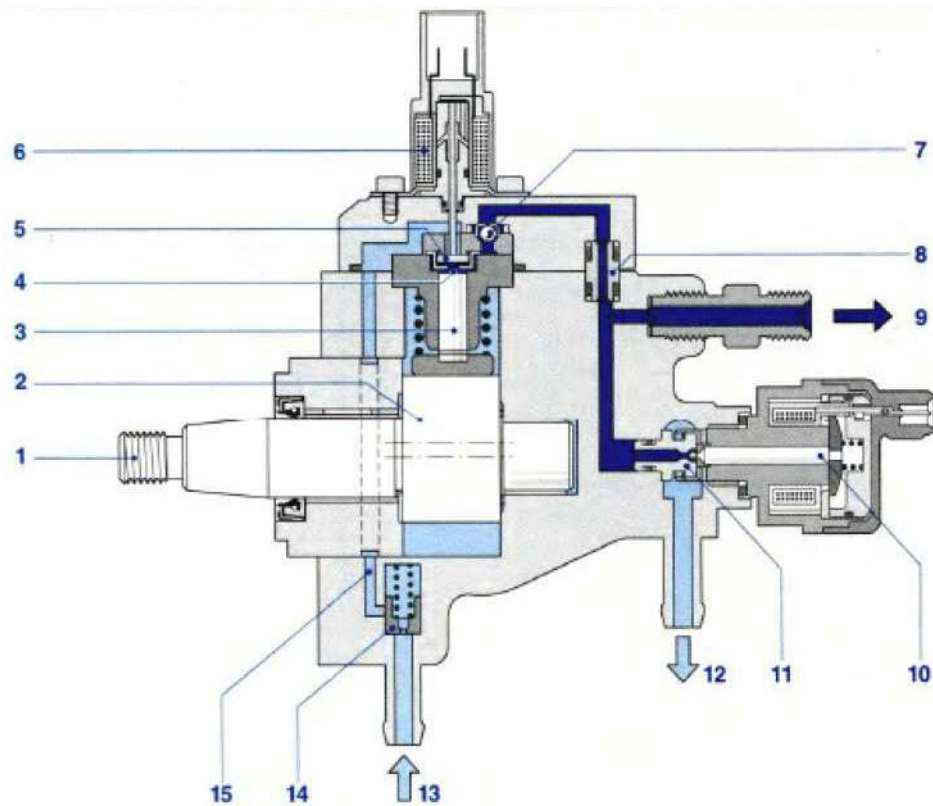


Рисунок 3.8 – ПНВТ системи впорскування пального Common Rail
(схема, повздовжній розріз)

1 – привідний вал, 2 – ексцентриковий кулачок, 3 – плунжер з гільзою, 4 – камера над плунжером, 5 – впускний клапан, 6 – електромагнітний клапан вимкнення плунжерної секції, 7 – випускний клапан, 8 – ущільнення, 9 – штуцер магістралі, що веде до акумулятора палива, 10 – клапан регулювання тиску, 11 – кульковий клапан, 12 – магістраль повернення палива, 13 – магістраль, що подає паливо до ПНВТ, 14 – захисний клапан з дросельним отвором, 15 – перепускний канал низького тиску.

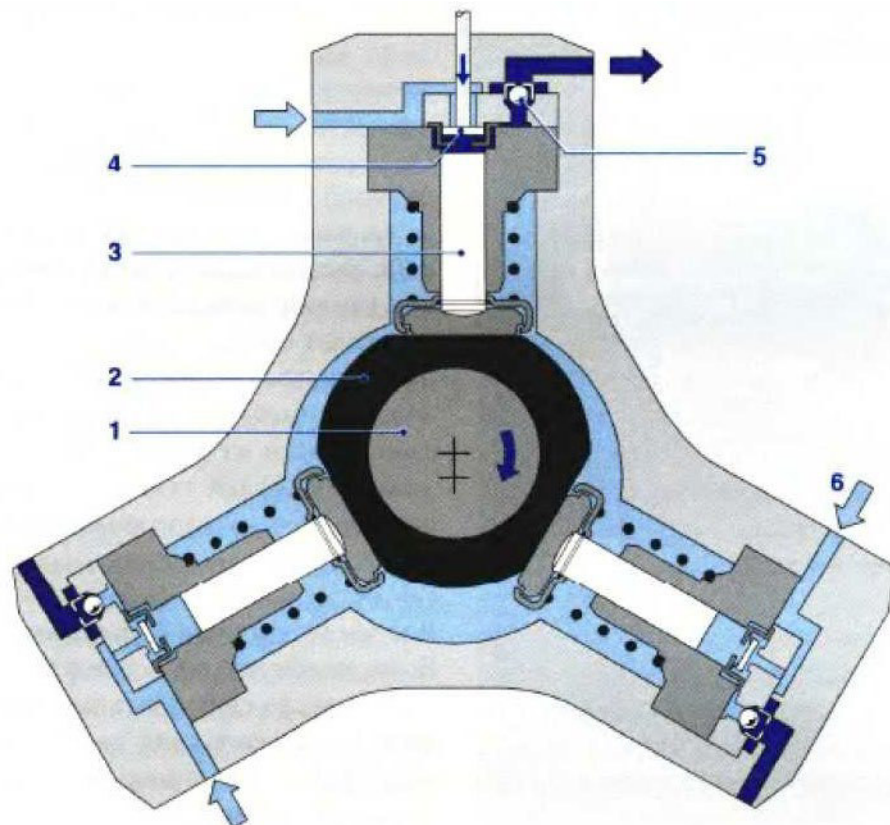


Рисунок 3.9 – ПНВТ системи впорскування пального Common Rail
(схема, поперечний розріз)

1 – привідний вал, 2 – ексцентриковий кулачок, 3 – плунжер з втулкою,
4 – впускний клапан, 5 – випускний клапан, 6 – паливо, що подається.

Будова. В акумуляторних системах легкових автомобілів використовується радіальний плунжерний ПНВТ, який створює високий тиск палива незалежно від величини циклічної подачі. ПНВТ акумуляторної системи впорскування встановлюється в основному там же, де і звичайні розподільні ПНВТ традиційних дизельних систем живлення. Він приводиться в дію двигуном через муфту, шестерню, ланцюг або зубчастий ремінь, а частота обертання валу ПНВТ не перевищує 3000 хв^{-1} і безпосередньо пов'язана передавальним числом зі швидкістю обертання колінчастого валу. ПНВТ змазується паливом, що проходить через нього.

Клапан регулювання тиску 6 (рис. 3.8) в залежності від наявного підкапотного простору встановлюється або безпосередньо на ПНВТ, або окремо.

Три плунжери 3, радіально розташовані по колу з інтервалом 120° (рис. 3.9), стискають паливо всередині ПНВТ. Три робочих ходи кожного плунжера за один оборот валу ПНВТ дозволяють забезпечити незначне коливання і рівномірний тиск палива. Крутний момент, який досягає значення 16 Н·м, становить близько $1/9$ амплітуди крутного моменту, необхідного для приводу звичайного типу розподільного ПНВТ. Таким чином система Common Rail має можливість працювати з меншими енергозатратами. Потужність, необхідна для приводу ПНВТ, збільшується пропорційно необхідній швидкості обертання приводного валу насоса і тиску в акумуляторі високого тиску. На дизельному двигуні з робочим об'ємом 2,0 літра ПНВТ (при механічному ККД близько 90%) споживає близько 3,8 кВт при номінальній частоті обертання колінчастого валу і тиску 1350 бар в акумуляторі високого тиску. Більш висока потужність потрібна через протікання, витрати управління форсунками і зливу палива через клапан регулювання тиску.

Принцип дії. Паливний насос подає паливо в ПНВТ через фільтр з водовідділювачем. Пройшовши через дросельну заслінку з горловини захисного клапана 14 (рис. 3.7), паливо, яке також використовується для змащення та охолодження деталей ПНВТ, по системі каналів переміщається до плунжерів. Вал 1 приводу з ексцентриковими кулачками 2 одночасно змушує всі три плунжери 3 рухатися поступально.

Паливний насос створює тиск подачі, що перевищує значення, на яке розрахований захисний клапан (від 0,5 до 1,5 бар). Останній відкриває перепускний канал 15, по якому паливо надходить в камеру 4 через впускний клапан 5 над плунжером, рухаючись вниз (який здійснює впуск). При проходженні НМТ плунжера впускний клапан закривається. Паливо у

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

надплунжерному просторі стискається плунжером, який рухається вгору. Коли, тиск, що підвищується, досягне рівня, що відповідає тому, що підтримується в акумуляторі високого тиску, відкривається випускний клапан 7. Стиснене паливо надходить в контур високого тиску.

Плунжер ПНВТ подає паливо до тих пір, поки він не досягне своєї ВМТ (хід подачі). Потім тиск падає, випускний клапан закривається. Плунжер починає рухатися вниз.

Коли величина тиску в надплунжерному просторі падає нижче значення тиску нагнітання, впускний клапан відкривається і процес повторюється.

Потужність подачі. Так як ПНВТ розрахований на велике значення подачі, то на холостому ходу при часткових навантаженнях виникає надлишок стисненого палива, яке повертається в паливний бак через клапан регулювання тиску і зворотну магістраль. Тут тиск палива падає, а потенційна енергія потоку палива зменшується. У міру нагрівання палива під тиском, температура палива, що надходить з зворотно-зливної лінії, поступово підвищує температуру палива в баку. Відповідно, знижується ККД та ефективність системи.

Вимкнення плунжерної системи. При відключенні однієї плунжерної секції 3, зменшується кількість палива, що подається в акумулятор високого тиску. Якщо електромагнітний клапан 6 перекриття плунжерної секції задіяний, то вбудований в його якір штифт притискає впускний клапан 5, утримуючи його весь час у відкритому положенні. Паливо, що надходить в плунжерний простір, не стискається під час такту подачі, підвищення тиску не відбувається, а випускний клапан не відкривається. Відповідно, паливо не надходить в контур високого тиску, а повертається в контур низького тиску.

При зниженні необхідної потужності відключення однієї з секцій плунжера дозволяє відрегулювати продуктивність ПНВТ.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Передатне співвідношення. Величина подачі палива в акумулятор високого тиску пропорційна швидкості обертання валу приводу ПНВТ, яка, в свою чергу, безпосередньо залежить від частоти обертання колінчастого валу дизельного двигуна. Відношення швидкостей обертання валів до двигуна встановлюється при адаптації системи впорскування. Передавальне число між привідним і колінчастим валами підбирається таким чином, щоб надлишок палива, що подається був невеликий, але в режимі повного навантаження він повністю забезпечував потребу в паливі. Можливі значення цього передавального числа 1:2 і 2:3.

3.3.3 Клапан регулювання тиску

Призначення. Клапан регулювання тиску задає значення тиску в акумуляторі високого тиску в залежності від навантаження на двигун.

Якщо тиск в акумуляторі занадто високий, клапан відкривається і частина палива з акумулятора відводиться по зливній магістралі назад в паливний бак.

Коли тиск в акумуляторі падає, клапан закривається і відкриває контури високого і низького тиску.

Будова. Клапан регулювання тиску (рис. 3.10) кріпиться за допомогою фланця до корпусу ПНВТ або акумулятора високого тиску. Якір 2 притискає кульку клапана 1 до сидла під дією пружини клапана 4 таким чином, щоб розділити контури високого і низького тиску. Електромагніт 3, переміщує якір, докладаючи додаткове зусилля для притискання кульки до сидіння.

Весь якір омивається паливом, яке змашує поверхні, що труться, і відводить зайве тепло.

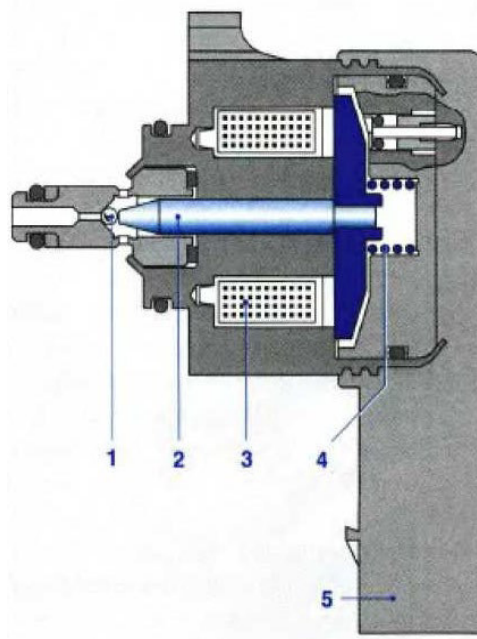


Рисунок 3.10 – Клапан регулювання тиску

1 – куляка клапану, 2 – якір, 3 – електромагніт, 4 – пружина клапана,
5 – електричний штекер.

Принцип дії. Клапан регулювання тиску має два контури:

- повільний (електричний) контур регулює середнє змінне значення тиску в акумуляторі високого тиску;
- швидкий (гідромеханічний) контур вирівнює високочастотні коливання тиску.

Клапан регулювання тиску відключено від акумулятора або на виході ПНВТ, паливо подається під високим тиском на вхідний отвір клапана. Так як знеструмлений електромагніт не розвиває ніяких сил, то сила тиску палива долає силу пружини. Клапан відкривається і залишається в такому положенні більший або менший час, в залежності від циклової подачі палива. Пружина підбирається таким чином, щоб тиск палива встановлювався на рівні близько 100 бар.

Клапан регулювання тиску в комплекті включений якщо необхідно збільшити значення тиску, тоді сила дії електромагніту доповнює силу тиску пружини. Якір зміщується вниз, зменшуючи діаметр прохідного перетину, до тих пір, поки сумарна сила електромагніту і пружини не буде врівноважена

тиском палива. Тоді якір залишається в цьому положенні, підтримуючи постійний тиск. Величина тиску може змінюватися в залежності від зміни кількості палива, що подається в акумулятор. Тиск в клапані може знижуватися і через збільшення витрати палива, що впорскується через форсунки.

Сила електромагніту пропорційна силі керуючого струму. Зміна тривалості періодичного знеструмлення клапана здійснюється широтно-імпульсною модуляцією. Завдяки цьому регулюється витрата палива на злив. Тактова частота в 1 кГц достатня для того, щоб уникнути рухів якоря, що обурюють, і відповідних йому коливань тиску в паливному акумуляторі.

У більш сучасних системах впорскування тиск регулюється за рахунок дозування кількості палива, що подається в ПНВТ. Таким чином, зменшуються електричні втрати.

3.3.4 Акумулятор високого тиску (Rail)

Призначення. Акумулятор високого тиску (Rail) містить паливо під високим тиском. При цьому акумулятор пом'якшує коливання тиску, що виникають через пульсуючу подачу від ПНВТ, а також за рахунок роботи форсунок під час впорскування. Це гарантує, що тиск впорскування є постійним при відкритті форсунки.

Розподіл палива до форсунок також входить до функцій акумулятора.

Будова. Акумулятор високого тиску 1, як правило, має форму трубки (рис. 3.11). Залежно від конструкції двигуна, та чи інша конструкція акумулятора може мати різну форму. На акумуляторі можуть бути встановлені датчик тиску палива 3 та клапан обмеження тиску 4. В якості додаткового обладнання можуть встановлюватися обмежувачі витрати палива 6 і клапан регулювання тиску, якщо він не розташований на ПНВТ.

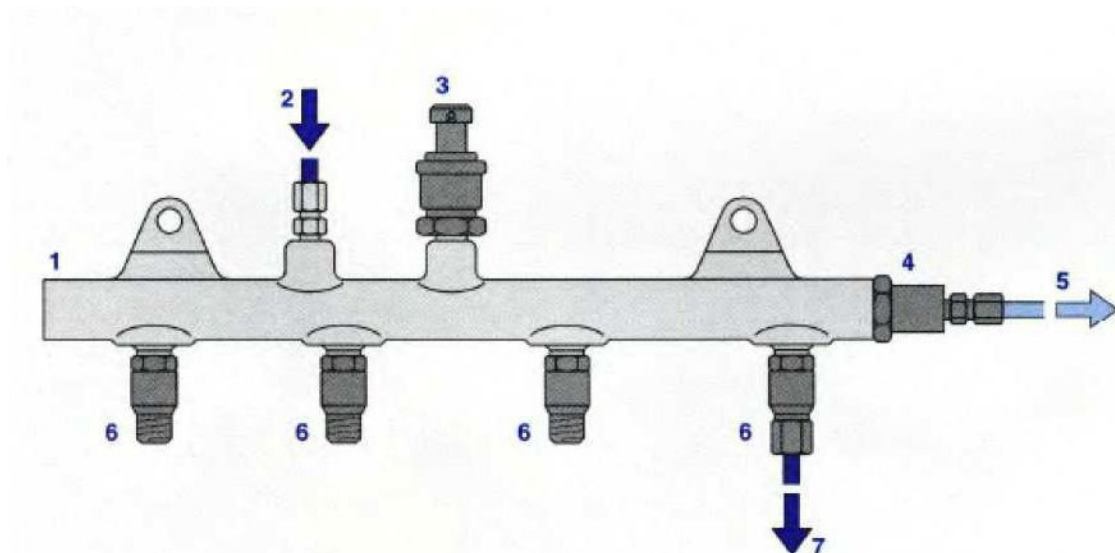


Рисунок 11 Клапан регулювання тиску

1 – акумулятор високого тиску, 2 – магістраль високого тиску до впускного штуцера, 3 – датчик тиску палива, 4 – клапан обмеження тиску, 5 – магістраль зворотного зливу, 6 – обмежувач витрати пального, 7 – магістраль високого тиску до форсунки.

Принцип дії. Паливо від ПНВТ направляється по магістралі високого тиску на впускний штуцер 2 акумулятора, а потім розподіляється по окремих форсунках.

Тиск всередині акумулятора вимірюється датчиком тиску палива і обмежується клапаном регулювання тиску до деякого максимально допустимого значенням в залежності від параметрів системи впорскування. Через обмежувач витрати палива, який дроселює потік палива, паливо під тиском надходить до форсунок. Об'єм акумулятора постійно заповнений паливом, яке знаходиться під тиском. Значення цього тиску підтримується на постійному рівні навіть при великих навантаженнях на двигун, коли витрата палива через форсунки збільшується.

3.3.5 Клапан обмеження тиску

Призначення. Клапан обмеження тиску підтримує певне значення тиску в акумуляторі, фактично виконує роль редуційного (запобіжного) клапану.

Будова та принцип дії. Механічний клапан обмеження тиску (рис. 3.12) включає в себе наступні конструктивні елементи:

- корпус 7 із зовнішнім різьбленням для вкручування в акумулятор і з внутрішнім різьбленням для вкручування упори осердя клапана і підключення зворотної зливної магістралі;
- рухоме осердя клапана 4;
- пружина клапана 5.

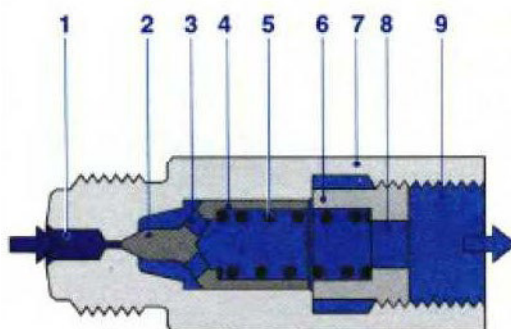


Рисунок 3.12 – Клапан обмеження тиску

1 – канал високого тиску, 2 – конус осердя клапана, 3 – перепускний канал, 4 – осердя клапана, 5 – пружина клапана, 6 – упор осердя клапана, 7 – корпус клапана, 8 – отвір упору осердя клапана, 9 – порожнина магістралі зворотного зливу.

Корпус клапана з боку акумулятора має канал, замкнений конусом осердя клапана. Пружина 5 щільно притискає конус до сідла клапана при нормальному робочому тиску, завдяки чому акумулятор залишається закритим. У тому випадку, якщо тиск в акумуляторі перевищує робоче значення, конус під тиском відходить від сідла і паливо, що знаходиться під

високим тиском, відводиться по зливних каналах 3 в магістраль зворотного зливу. В результаті знижується тиск палива в акумуляторі.

3.3.5 Обмежувач витрати пального

Призначення. Обмежувач витрати палива в системі Common Rail використовується, зокрема, на двигунах важких вантажівок. Він призначений для запобігання малоймовірної події, що форсунка подовжить тривалість впорскування, наприклад, у разі зависання голки. Для виконання цього завдання обмежувач перекриває магістраль до відповідної форсунки при перевищенні максимально допустимої кількості палива, що надходить з акумулятора палива.

Будова. Обмежувач витрати палива (рис. 3.13) складається з металевого корпусу 5 з двома зовнішніми різьбленнями – для вкручування в акумулятор високого тиску і для підключення до магістралі, що веде до форсунки.

Усередині обмежувача витрати палива знаходиться осердя 3, на яке пружина 4 натискає в напрямку акумулятора високого тиску. Осердя ущільнюється уздовж стінки корпусу. Поздовжній канал, який є в осерді має змінний діаметр, який закінчується повздовжніми перепускними дросельними отворами 8 з точно підбіраною пропускною здатністю.

Принцип дії. Робота у звичайному режимі (рис. 3.13 і 3.14). У положенні спокою осердя 3 спирається на обмежувальну шайбу 2. Відкриття форсунки в момент впорскування палива трохи знижує тиск в магістралі, що веде до неї. В результаті осердя під впливом потоку палива з акумулятора зміщується до форсунки (на рис. 3.13 – униз), витісняючи при цьому зміщенні певну кількість палива для підтримки необхідного тиску на магістралі. Коли впорскування завершене, осердя зупиняється, не досягнувши сідла 7. Потім пружина 4 притискає його назад у вихідне

положення проти потоку палива, яке продовжує надходити до вже замкнутої форсунки через дросельні отвори 8.

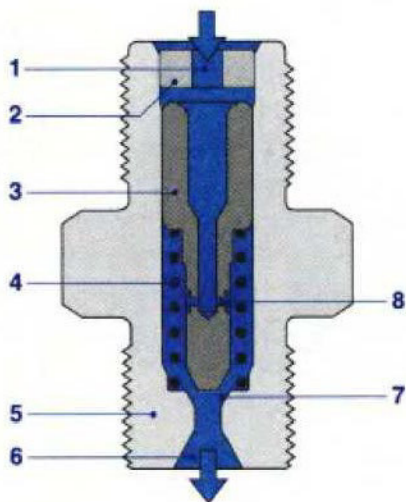


Рисунок 3.13 – Обмежувач витрати палива

1 – канал із сторони акумулятора високого тиску, 2 – обмежувальна шайба, 3 – осердя обмежувача, 4 – пружина обмежувача, 5 – корпус обмежувача, 6 – канал зі сторони форсунки, 7 – сідло осердя обмежувача, 8 – дросельний отвір.

Пружинний і дросельний отвори налаштовані таким чином, що навіть при максимальній подачі палива (в тому числі і захисного резерву) осердя здатне повернутися у вихідне положення до початку чергового циклу впорскування.

Робота з великим витоком палива. Якщо витрата палива при впорскуванні значно перевищує необхідний рівень, тоді під дією дуже великої кількості палива осердя сідає в сідло і перекриває доступ палива до форсунки. До тих пір, поки двигун не зупиниться, осердя залишається в цьому положенні, а потім пружина повертає його назад.

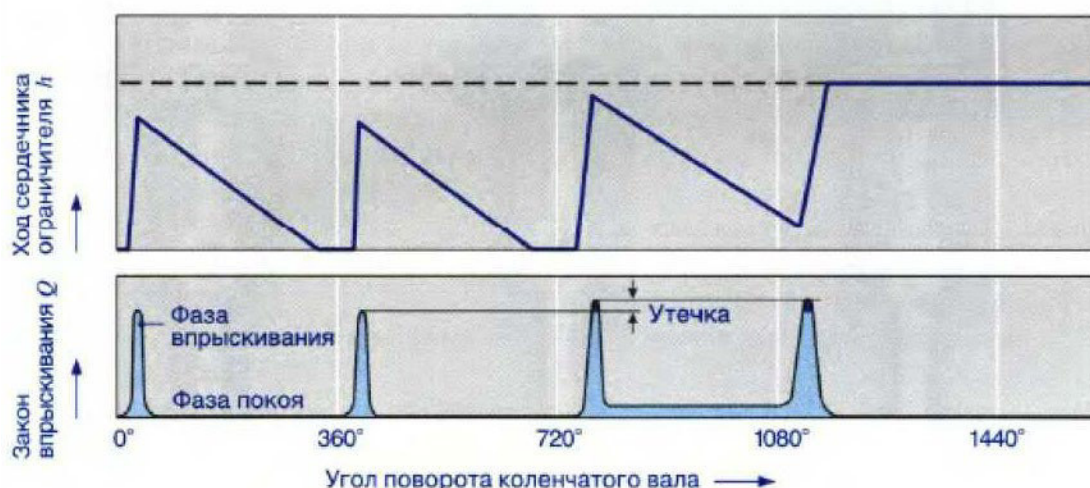


Рисунок 3.14 – Обмежувач витрати пального (робота у звичному режимі і з малим витоком палива)

Робота з низьким витоком палива (рис. 3.14). Якщо витрата палива при впрыскуванні трохи вище необхідного рівня, то після декількох циклів впорскування осердя обмежувача поступово зміщується на посадкове місце, а потім, точно так же, як і в разі великого витоку палива, перекриває подачу палива на форсунку до повної зупинки дизеля.

3.3.6 Форсунка

Форсунки з'єднані з акумулятором короткими магістралями високого тиску. Аналогічним чином, як і на дизелях з безпосереднім впорскуванням палива, форсунки системи Common Rail встановлюються із затискними скобами в головці циліндра. Таким чином, можлива установка форсунок системи Common Rail на дизельні двигуни з безпосереднім впорскуванням палива без кардинальної модернізації головок.

Призначення. Необхідний час початку впорскування і величина подачі палива забезпечуються форсунками із електромагнітним клапаном.

Момент початку вприскування в координатах "кут-час" задається електронною системою управління дизельним двигуном. Також необхідні два датчика: один для вимірювання частоти обертання колінчастого валу, інший для розпізнавання циліндрів і визначення фаз на розподільному валу.

У майбутньому планується використовувати форсунки з п'єзоелементом замість електромагнітного клапана.

Будова. Форсунка складається з наступних функціональних блоків:

- безштифтовий розпилювач;
- гідравлічна сервосистема;
- електромагнітний клапан.
- Подача палива здійснюється по магістралі високого тиску 9 (рис. 3.15 а) через канал подачі до розпилювача форсунки, а також через дросельний отвір 10 подачі палива - в камеру 5 регулюючого клапана. Через дросельний отвір 8 паливного зливу, який відкривається електромагнітним клапаном, камера з'єднана з лінією зворотного зливу палива 1.

- При закритому дросельному отворі 8 (рис. 15 а) гідравлічна сила, що діє зверху на поршень 11 регулюючого клапана, перевищує силу тиску палива знизу на конус 6 голки розпилювача. В результаті голка притискається до сидла розпилювача і щільно закриває отвори 7 розпилювача. В результаті паливо не надходить в камеру згоряння.

- При спрацюванні електромагнітного клапана якір електромагніту переміщається вгору (на рис. 3.1), відкриваючи дросельний отвір 8 (рис. 3.1 б), Відповідно, знижується як тиск в камері регулюючого клапана, так і гідравлічна сила, що діє на поршень регулюючого клапана. Під впливом тиску палива на конус 6 голка розпилювача відходить від посадкового місця, завдяки чому паливо надходить в камеру згоряння циліндра через отвори 7 розпилювача. Таке непряме управління голкою використовується з тієї причини, що прямого зусилля електромагнітного клапана недостатньо для швидкого підйому голки розпилювача. Керуюча

подача являє собою додаткову кількість палива, призначену для підйому голки, яка після використання відводиться в магістраль зворотного зливу палива.

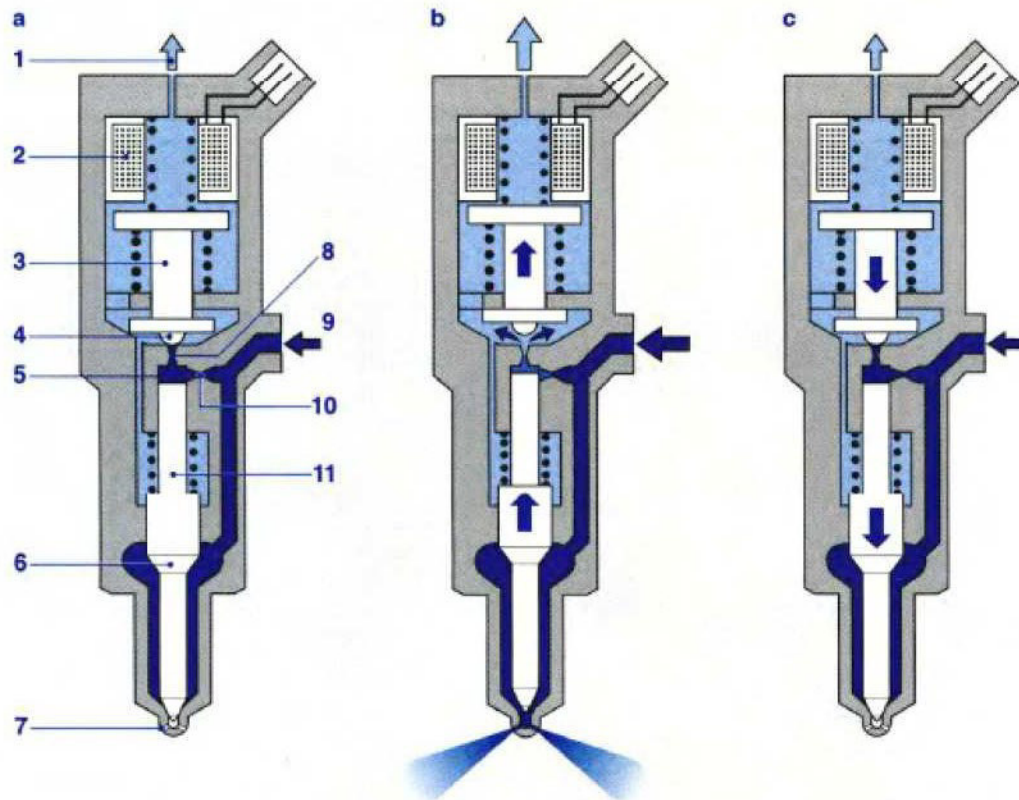


Рисунок 3.15 – Форсунка (принцип дії)

а – форсунка у стані спокою, б – відкрита форсунка, с – закрита форсунка.

1 – магістраль зворотного зливу палива, 2 – котушка електромагнітну, 3 – якор електромагніту, 4 – кулька клапана, 5 – камера клапана, що управляє, 6 – конус голки розпилювача, 7 – отвір розпилювача, 8 – дросельний отвір відводу палива, 9 – магістраль високого тиску, 10 – дросельний отвір подачі пального, 11 – поршень клапана, що управляє.

Крім керуючої подачі, є витоки палива через голку розпилювача і поршневу направляючу керуючого клапана. Все це паливо відводиться в

магістраль зворотного зливу, до якої підключаються всі інші вузли системи впорскування, і повертається в паливний бак.

Принцип дії. Цикл роботи форсунки можна розділити на чотири робочих такти:

- форсунка закрита (з подачею високого тиску);
- відкривається форсунка (початок впорскування);
- форсунка повністю відкрита;
- форсунка закривається (кінець впорскування).

Ці робочі стани визначаються розподілом зусиль в конструктивних елементах форсунки. Коли двигун не працює і в акумуляторі немає тиску, пружина притискає голку розпилювача до сідла, закриваючи форсунку.

Цикл інжектора можна розділити на чотири робочих цикли:

- сопло закритого типу (з подачею високого тиску);
- відкривається форсунка (пуск упорскування);
- сопло повністю відкрите;
- сопло закривається (кінець ін'єкції).

Ці робочі стани визначаються розподілом зусиль в конструктивних елементах інжектора. Коли двигун не працює і в акумуляторі немає тиску, пружина притискає голку розпилювача до сідла, закриваючи інжектор.

Форсунка закрита (стан спокою). У стані спокою напруга на електромагнітний клапан не подається (рис. 3.16 а). При притисканні кульки клапана 4 пружиною до сідла (рис. 3.15 а) дросельний отвір 8 закривається. У камері регулюючого клапана створюється високий тиск. Такий же тиск створюється і в камері розпилювача. Сила тиску на торці поршня клапана управління і сила пружини розпилювача утримують голку розпилювача в закритому стані, чинячи опір силі, яку розвиває тиск палива на конус 6 голки розпилювача.

Форсунка відкрита (початок впорскування)

Форсунка знаходиться в стані спокою. У момент подачі на котушку електромагніту так званого розривного струму електромагнітний клапан швидко спрацьовує (рис. 1 б, 2 б).

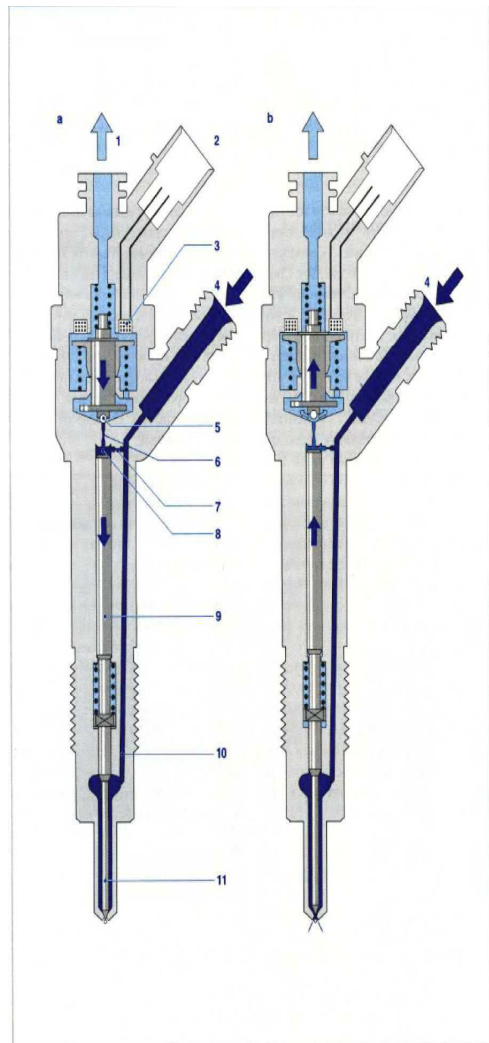


Рисунок 3.16 – Форсунка (схема)

а – форсунка закрита (стан спокою), б – форсунка відкрита (впорскування).

1 – магістраль зворотного зливу палива, 2 – штекер електричного підключення, 3 – електромагнітний клапан, 4 – магістраль високого тиску, 5 – куля клапана, 6 – дросельний отвір відводу палива, 7 – дросельний отвір подачі пального, 8 – камера управляючого клапана, 9 – поршень управляючого клапана, 10 – канал підводу палива до розпилювача, 11 – голка розпилювача.

Невеликий час відкриття форсунки може досягатися зміною відповідних параметрів у блоку керування форсунками. Сила електромагніту долає силу пружини, якір зміщується, і кулька клапана відкриває отвір дросельної заслінки. Тоді величина розривного струму зводиться до величини струму утримання, яка значно менша. Через отвір дросельної заслінки паливо з камери регулюючого клапана надходить в магістраль зворотного зливу.

Дросельний отвір 7 подачі палива (рис. 3.16 а) перешкоджає повному вирівнюванню тиску, за рахунок чого тиск в камері регулюючого клапана знижується до меншого значення, ніж тиск в камері розпилювача. Знижений тиск в камері регулюючого клапана і дія пружини, що тисне на поршень керуючого клапана, долаються тиском в камері розпилювача на конус голки розпилювача, за рахунок чого поршень керуючого клапана переміщується разом з голкою розпилювача. Починається впорскування палива.

Швидкість відкриття розпилювача визначається різницею інтенсивності потоку палива в дросельних отворах 6 і 7, поршень регулюючого клапана досягає верхнього положення і впирається там в паливну подушку, що виникає в результаті потоку палива між отворами 6 і 7. Тепер розпилювач форсунки повністю відкритий, і паливо впорскується в камеру згоряння під тиском, який приблизно відповідає тиску в акумуляторі.- В даний момент розподіл сил у форсунці подібний розподілу сил у фазі відкриття.

Кількість палива, що впорскується, пропорційна часу спрацьовування електромагнітного клапана і не залежить ні від частоти обертання колінчастого валу двигуна, ні від режиму роботи ПНВТ (вприскування за контролем часу).

Форсунка закривається (кінець впорскування)

Коли електромагнітний клапан знеструмлений, якір притискається зусиллям стопорної пружини клапана і кулька клапана блокує отвір дросельної заслінки 8 (рис. 3.15 с). При цьому диск якоря стискає поворотну пружину, що гасить дію стопорної пружини клапана, щоб уникнути роздавлювання сідла при різкому підході кульки клапана.

Після закриття отвору дросельної заслінки випуску палива тиск у камері регулюючого клапана повертається до того ж значення, що й у акумуляторі. Цей підвищений тиск буде перемішувати поршень регулюючого клапана разом з голкою розпилювача. Коли голка щільно притиснута до сідла розпилювача і замикає його отвори, впорскування припиняється.

Швидкість відкриття отворів розпилювача визначається інтенсивністю потоку палива, що проходить через дросельний отвір подачі палива.

3.3.7 Розпилювачі

Розпилювач впорскує паливо в камеру згоряння, істотно впливаючи як на утворення паливно-повітряної суміші, так і на процес її згоряння, а також на потужність двигуна, склад відпрацьованих газів і рівень шуму. Щоб розпилювачі оптимально виконували поставлені перед ними завдання, їх конструкція повинна бути адаптована під конкретну модель дизеля.

Розпилювач грає важливу роль:

- у формуванні процесу уприскування, тобто у точному протіканні тиску і розподілу подачі по куту повороту колінчастого валу (закон подачі);
- у оптимальному розпилюванні і розподілу палива в камері згоряння;
- в герметичному відключенні системи живлення і камери згоряння при припиненні подачі.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Завдяки своєму положенню в камері згоряння розпилювач постійно піддається пульсуючим механічним і термічним навантаженням з боку двигуна і системи впорскування. Паливо, що проходить через розпилювач, одночасно охолоджує його, але в режимі прокручування, коли впорскування не здійснюється, температура розпилювача значно підвищується, тому його термостійкість повинна відповідати цьому режиму роботи.

При використанні систем впорскування з рядними, розподільними та індивідуальними ПНВТ на двигун встановлюються корпуси насос-форсунки з розпилювачами (рис. 3.17). В системах насос-форсунок, а також в акумуляторній системі Common Rail, розпилювач інтегрований в насос-форсунку. Окремий корпус форсунки в цьому випадку не потрібен.

Для двигунів з роздільними камерами згоряння використовуються штифтові розпилювачі, а для безпосереднього впорскування палива - безштифтові розпилювачі. Сучасні дизелі з більш високою потужністю і зниженою витратою палива оснащуються тільки безштифтовими розпилювачами.

Момент відкриття розпилювача під впливом тиску палива, тривалість і характер процесу впорскування визначають, по суті, кількість подачі палива. Якщо тиск знижується, розпилювач повинен швидко і надійно закритися. Тиск закриття повинен перевищувати максимальний тиск згоряння суміші в камері згоряння не менше ніж на 40 бар з метою запобігання небажаних впорскувань палива або проникнення газів згоряння в магістраль високого тиску.

Розпилювач повинен бути підібраний під різні параметри двигуна, такі як:

- процес горіння;
- форма камери згоряння;
- форма і напрямок факела палива;
- "проникаюча здатність" і дисперсність розпилювання факелу

палива;

- тривалість впорскування;
- величина подачі палива за градусами кута повороту колінчастого

валу.

Стандартизація розмірів і параметрів деталей системи впорскування при мінімумі окремих деталей дозволяє отримати необхідну гнучкість в їх комплектації.

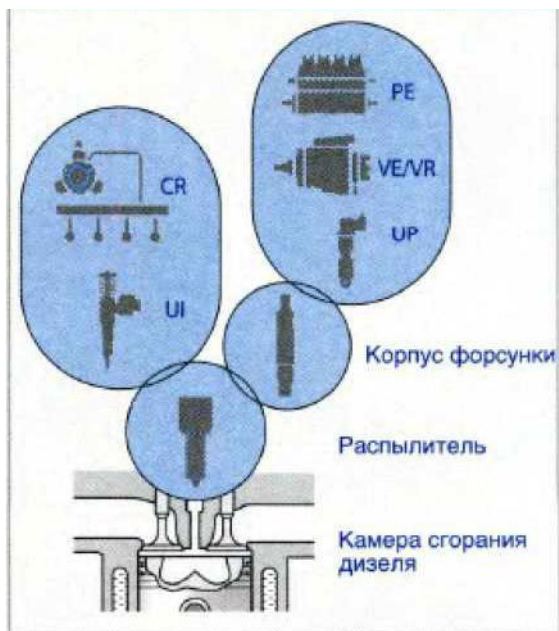


Рисунок 3.17 – Розпилувач як прилад з'єднання системи впорскування і дизеля

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Охорона праці – це система законів і норм, спрямованих на забезпечення безпеки праці і відповідних їм соціально – економічних, організаційних, технічних і санітарно – гігієнічних заходів [13].

Задачі охорони праці – звести до мінімуму можливі поранення і захворювання працюючих, з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Небезпечним виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого у визначених умовах приведе до захворювання чи зниженню працездатності.

Між небезпечним і шкідливим факторами не завжди можна провести чітку границю. Той самий фактор може привести до нещасного випадку чи до зниження продуктивності праці.

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що впливають на персонал по обслуговуванні дизеля

При роботі ДВЗ, а також різних систем і механізмів, що обслуговують дизель, виникає ряд виробничих факторів небезпечних для життя і здоров'я людей. Ці фактори регламентовані ДСТУ 12.0.003 – 83.

Пари палива та мастила. Пари палива та мастила проникають в організм людини, подразнююче діють і можуть призвести до виникнення хронічних захворювань легких і дихальних шляхів.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

За ДСТУ 12.1.005 – 88 установлені припустимі границі концентрації пар дизельного палива – 100 мг/м^3 – у повітрі виробничих приміщень.

При роботі двигуна також виділяється велика кількість шкідливих речовин у результаті згоряння палива й мастила.

По БудНіПу 245 – 71 величина припустимої границі концентрації оксиду вуглецю не повинна перевищувати 20 мг/м^3 .

Висока температура відкритих частин двигуна (випускний колектор, газова турбіна, глушник) здатна заподіяти людині шкоду, що виражається в опіках. Для того щоб запобігти цьому треба всі гарячої частини двигуна покривати теплоізоляційними матеріалами.

Пожежна безпека. Причиною пожеж у машинному відділенні є: несправні електроприлади, самозаймання промасленого дрантя, несправність запірної арматури, знос і корозія елементів паливної апаратури, застосування відкритого вогню, недотримання норм пожежної безпеки при роботі з легко займистими речовинами.

Електробезпечність. Проходячи через тіло, струм впливає:

16.Термічно. Виражається в опіках, нагріванні кровоносних судин, нервів і інших тканин, гіперскорочення м'язових тканин.

17.Електрично. Виражається в зміні фізико – хімічного складу крові й інших рідин.

18.Біологічно. Виражається в подразненні і руйнуванні тканин організму, а також у порушенні внутрішніх процесів.

Освітлення. Велику роль у виробничому процесі грає система освітлення. Система призначена для забезпечення освітлення машинного відділення.

Освітлювальне електроустаткування машинного відділення складається з наступних елементів:

- щит освітлення з автоматичними вимикачами. Він споживає напругу 380 В з частотою 50 Гц;

- світильники з лампами накаливання потужністю 100 Вт;
- світильники з двома люмінесцентними лампами потужністю по 40 Вт;
- світильники аварійного освітлення;
- пробки освітлення;
- вимикачі.

Вентиляція. У результаті порушення герметичності з'єднань деталей двигуна в приміщенні машинного відділення можуть з'являтися токсичні сполуки (CO; SO₂; CH). Щоб запобігти підвищення концентрації шкідливих речовин, необхідна система вентиляції.

Система вентиляції призначена для створення нормальних метеорологічних умов повітряного середовища в приміщенні машинного відділення.

Система вентиляції розроблена відповідно до вимог і норм БудНіП .

Вентиляції, що застосовуються в машинному відділенні: штучна, приточна і природна. Витяжна вентиляція з машинного відділення здійснюється природним шляхом через газонепроникні перегородки і жалюзі, установлені на кожухах димарів. Приточна вентиляція машинного відділення забезпечується вентилятором.

Для ефективної роботи систем вентиляції важливо щоб були виконані наступні технічні і санітарно – гігієнічні вимоги:

1. Кількість приточного повітря повинне відповідати кількості вилученого, різниця між ними повинна бути мінімальною.
2. Система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях, що перевищує припустимі норми.
3. Система вентиляції повинна бути електробезпечна, пожежобезпечна і вибухобезпечна, проста в пристрої, надійна в експлуатації й ефективна.

Шум. Шум значно погіршує продуктивність праці. Впливає на людину, при інтенсивному рівні шуму тривалий час спостерігається утомлення слухового

апарату, що може привести до часткового чи навіть до повної втрати слуху. Санітарні норми шуму приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1–Санітарні норми шуму

б, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α_0 , Дб	103	96	91	88	85	83	81	80

Вібрація. Вібрація виникає через динамічну невірноваженість мас кривошипно-шатунного механізму ДВЗ. Локальна вібрація викликає спазми судин і погіршує кровообіг. Загальна вібрація з частотою 0,7 Гц викликає морську хворобу, з частотою 4 – 30 Гц може викликати ушкодження плечового пояса, більшості внутрішніх органів через резонансні явища. Стандартні норми вібрації приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Санітарні норми вібрації

Напрямок нормування вібрації	Середньоквадратична віброшвидкість (чисельник, м/с*10 ⁻²), логарифмічний рівень віброшвидкості (знаменник, дБ)						
	1	2	4	8	15	31,5	63
вертикаль	20/132	7,1/123	2,5/114	1,3/108	1,1/107	1,1/107	1,1/107
горизонталь	-	3,5/117	1,3/108	0,63/102	0,56/101	0,56/101	0,56/101

Розрахунок рівня шуму і вібрації

Рівень шуму вироблений двигуном 6ЧН 12/14 визначається по формулі:

$$L = \left[54 + 10 \cdot \lg(n_n + Ne^{0.55}) + 30 \lg\left(\frac{n}{n_n}\right) \right], \text{Дб}$$

n_n – номінальна частота обертання, $n_n = 1500$ об/хв;

n – робоча частота обертання, $n = 1500$ об/хв;

N_e – номінальна потужність двигуна, $N_e = 100$ кВт.

$$L = \left[54 + 10 \cdot \lg(1500 + 100^{0.55}) + 30 \lg\left(\frac{1500}{1500}\right) \right] = 85,80, \text{Дб}$$

Рівень шуму має припустимі значення. Для зниження аеродинамічного шуму, створеного двигуном, використовуються глушники різних конструкцій. Використання глушників дозволяє знизити загальний рівень шуму на 10 – 12 Дб.

Для зниження повітряного шуму, випромінюваного зовнішніми поверхнями двигуна, використовуються звукоізолюючі чи кожухи бокси, що дозволяють знизити загальний рівень шуму на 10 – 15 Дб, а додатково на 20 Дб і вище.

Для зниження механічного шуму необхідно зменшити зазори між деталями і вузлами, виготовляти конструкції з матеріалів з великим внутрішнім тертям і шумопоглинальними покриттями.

Рівень вібрації для двигуна 6ЧН 12/14 визначається по формулі:

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{n_n \cdot Ne^{0.55} \cdot \left(\frac{1 + Ne}{m} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{m}{Ne}} + 30 \lg \left(\frac{n}{n_n} \right) \right), \text{Дб}$$

де m – маса двигуна, $m = 1500$ кг;

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{1500 \cdot 100^{0.55} \cdot \left(\frac{1 + 100}{1500} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{1500}{100}} + 30 \lg \left(\frac{1500}{1500} \right) \right) = 75,04 \text{ Дб}$$

Для зменшення рівня вібрації в конструкції двигуна передбачені:

- підбір поршнів і шатунів по вагових групах;
- використання маховика для урівноваження сил інерції;
- урівноваження неуврівноважених мас за допомогою противаг.

Заходи щодо зниження рівня шуму і вібрації

Шум і вібрація, присутня на двигунах внутрішнього згоряння впливають на здоров'я працюючих у машинному відділенні, зменшує продуктивність праці, притупляється увага. Двигуни відносяться до найбільш гучних механізмів, у більшості випадків є основними джерелами шуму і вібрації. Найбільш ефективним і, у той же час, найбільш складним є метод боротьби із шумом самого двигуна. Суть методу – у спеціальній організації робочого місця і конструктивному оформленні двигуна і його вузлів, у поліпшеній технології виготовлення й обробки деталей двигуна (підвищена точність нарізування зубів шестірни, загальне доведення і притирання деталей, вибір малогучних підшипників).

Одним з найбільш розповсюджених методів є ізоляція звуку і вібрації. Ізоляцію повітряного шуму виконують за допомогою звукоізолюючих кожухів і перегородок, а також за допомогою звукоізоляції машинного приміщення.

Дуже ефективним і важливим способом зменшення шкідливого впливу шуму на людський організм є використання індивідуальних способів захисту від шуму: пробок і навушників, гермошоломів і касок у сукупності з пробками, звукоізолюючих кабін з який провадиться управління двигуном. Способи індивідуального захисту в залежності від їхньої конструкції і частоти шуму дозволяє зменшити сприйнятий людиною звук на 15 – 20 Дб.

Розробка заходів щодо зменшення впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів що впливають на персонал

До роботи на дизелі допускаються люди, що пройшли спеціальну технічну підготовку і мають посвідчення по техніці безпеки з правил експлуатації ДВЗ.

Перед пуском дизеля необхідно дотримувати наступні правила:

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- перевірити колінчастий вал дизеля з відкритими газовими клапанами не менше двох обертів;
- попередити присутніх про запуск дизеля;
- за допомогою приладів визначити загазованість машинного відділення;
- при роботі в нічний час забезпечити нормальне освітлення машинного відділення;
- при роботі дизеля відкривати індикаторні крани без приєднаних до них вимірювальних пристосувань забороняється.

4.2 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища – це система законодавчих актів, що забезпечує нормальне функціонування біосфери при впливі на неї природних або антропогенних факторів [14].

Однією з необхідних умов здорової і високопродуктивної праці є забезпечення чистоти повітря і нормальних метеорологічних умов у робочій зоні приміщень.

Запобігання впливу таких шкідливих виробничих факторів як газ, пара, пил, надлишкова температура і вологість і створення здорового повітряного простору є важливою народногосподарською задачею, що повинна здійснюватися комплексно, одночасно з вирішенням основних питань виробництва.

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкіру і з їжею. Більшість цих речовин відносяться до небезпечних і шкідливих виробничих факторів, оскільки вони впливають на організм людини.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						73
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Забруднення навколишнього середовища, які виникають при експлуатації дизеля

У процесі експлуатації дизель знаходиться у взаємозв'язку з навколишнім середовищем: для роботи споживається повітря і вода, викидаються в атмосферу вихлопні гази.

Розглянемо характер впливу компонентів, що містяться в ВГ двигунів на організм людини. За цією ознакою вони поділяються гігієністами на 6 груп.

У першу групу входять речовини, що не роблять безпосереднього шкідливого впливу на людину і біосферу в цілому: це азот N_2 , кисень O_2 , водень H_2 , водяна пара H_2O , а також вуглекислий газ CO_2 .

До другої групи відноситься CO – окис вуглецю чи чадний газ – безбарвний газ, без запаху і смаку, легше повітря (щільність складає 0,97 стосовно повітря). Практично нерозчинний у воді. Горючий (утворює з повітрям вибухові суміші). Потрапляючи в легені людини, а відтіля в кров, витісняє з крові кисень, оскільки має в 200 разів більшу, ніж кисень, розчинність у ній (зниження змісту кисню в крові приводить до удушья). Шкідливий вплив окису вуглецю на організм людини пояснюють також тим, що червоні кров'яні тільця – еритроцити, захоплюють CO і втрачають здатність брати участь у газообміні організму. У результаті в людини настає кисневе голодування, зв'язаний з ним розлад центральної нервової системи, а у важких випадках смерть. При невеликих концентраціях у повітрі приведе до запаморочення і нудоти. Оскільки оксид вуглецю практично має ту ж щільність, що і повітря (28 проти 28,7), то самостійно випаровується з приміщень дуже погано.

Вплив окису вуглецю залежить від його концентрації в атмосфері. До 0,0016 % по обсязі концентрація нешкідлива, при 0,01 – хронічне отруєння при тривалому перебуванні, 0,05 – легке отруєння через 1 годину, 1,0 % – утрата свідомості після декількох вдихів і смерть, якщо людини не винести з

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						74
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

повітряного обсягу з такою концентрацією окису вуглецю і не надати йому необхідну допомогу.

У *третю групу* входять окисли азоту, головним чином окис (оксид) NO і двоокис (диоксид) азоту NO_2 . Оксид азоту NO – безбарвний газ, погано розчинний у воді, на повітрі окисляється до NO_2 . Диоксид азоту NO_2 – газ червонясто – бурого кольору з характерним різким запахом, важчий за повітря. При рівних кількостях окисли азоту значно токсичніші, ніж CO . Потрапляючи в організм людини і вступаючи в реакцію з водою, вони утворюють у дихальних шляхах азотну й азотисту кислоти і їхні з'єднання, що руйнують легеневу тканину, викликаючи хронічні захворювання, необоротні зміни в серцево – судинній системі. Вони також викликають захворювання слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, хронічні бронхіти, нервові розлади. У з'єднанні з вуглеводнями утворюють токсичні *нитроолефіни*. Наслідки отруєння мають схований період, коли отруєний відчуває себе добре, але потім важко занедужує.

У залежності від об'ємної концентрації в повітрі (у %) вплив NO_2 на людський організм наступне: 0,00001 – абсолютний поріг впливу; до 0,0003 – поріг сприйняття запаху; 0,0013 – поріг роздратування слизових; до 0,002 – утворення *метагемоглобіна*; 0,004 – 0,008 – набряк легень. Крім того, окисли азоту беруть участь у фотохімічних реакціях утворення смогу.

До *четвертої групи*, самої численної, відносяться різні вуглеводні (з'єднання типу C_nH_m), що є представниками всіх гомологічних рядів: алкенів, алкадиєнів, цикланів, а також ароматичних з'єднань, у тому числі канцерогенів. Мають неприємний запах, викликають багато хронічних захворювань, роблять загально токсичний і дратівний вплив.

У *п'яту групу* входять альдегіди. Вони мають різкий запах (особливо – формальдегід). При визначених дозах викликають роздратування дихальних шляхів і слизових оболонок носа й око. Дія на організм людини характеризується дратівним і загально токсичним ефектом на центральну

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						75
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

нервову систему, поразкою внутрішніх органів. У газах, що відробили, присутні в основному формальдегід і акролеїн.

У шосту групу виділяють сажу. Сажа являє собою дрібні частки вуглецю - від часток мікрона до десятків мікронів; самі дрібні (не більш 10 мкм) здатні по кілька діб витати в повітрі. Як всякий аерозоль, сажа забруднює повітря, погіршує видимість і може дратувати дихальні шляхи. Вуглець як хімічна речовина не представляє безпосередньої небезпеки для організму людини. Головна небезпека сажі полягає в тім, що вона є переносником канцерогенних речовин, причому бензпирен, адсорбований поверхнею сажі, діє на живі клітки сильніше, ніж у чистому виді. Бензпирен виявлений не тільки в сажі дизелів, але й у сажі бензинових двигунів, що містить у 200 разів більше цієї речовини. Однак самої сажі в газах дизелів, що відробили, міститься значно більше, ніж у газах бензинових двигунів.

До складу газів дизелів, що відробили, при використанні сірчистих палив входять також неорганічні гази, що представляють собою з'єднання сірки. Вони мають різкий запах, викликають роздратування верхніх дихальних шляхів, порушення білкового обміну в організмі. В основному це сірчистий ангідрид SO_2 і сірководень H_2S . Сірчистий ангідрид – безбарвний газ з гострим запахом, важче повітря (питома вага по повітрю 2,264), добре розчиняється у воді, утворює сірчисту кислоту. Вплив SO_2 на організм людини в залежності від об'ємного змісту його в повітрі, %, викликає такі наслідки: 0,0007 – 0,001 – роздратування в горлі; 0,0017 – роздратування очей, кашель; 0,04 – отруєння через 3 хв; 0,01 – отруєння через 1 хв.

Склад газів двигунів, що відробили, на 99,0 – 99,9 % складається з продуктів повного згоряння (углерода вуглецю і пари води), залишкового кисню й азоту повітря. Але саме частина ВГ, що залишилася (не більш 1% від загальної витрати ВГ, практично рівного витраті повітря) визначає екологічний рівень двигунів, тобто ступінь шкідливого впливу на

навколишнє середовище: рослинний і тваринний світ, людину, архітектурні будівлі.

Основними шкідливими компонентами вихлопних газів дизельних двигунів є *окисли азоту, сажа, а також сірчисті з'єднання*.

Для бензинових двигунів такими є *окис вуглецю, вуглеводні, окисли азоту, а також з'єднання свинцю (для етильованих бензинів)*. Вуглеводні, виділювані в повітря бензиновими двигунами, попадають туди як з вихлопними газами так і з картерними газами, а також у виді випарів з карбюратора і бензобака. Для дизелів виділення вуглеводнів звичайно зв'язують тільки з виходом що відробили (вихлопних) газів. У бензинових двигунах загальна кількість токсинів в ВГ у середньому більш високе, чим у дизельних двигунах. При цьому має місце й інша пропорція між основними токсинами в ВГ бензинових двигунів і дизелів.

Крім шкідливих речовин до складу ВГ входить азот як баласт, що міститься у вихідних і відповідно в кінцевих продуктах згоряння, і вуглекислий газ CO_2 . Щодо азоту можна відзначити, що при власній нешкідливості для людини, він є джерелом утворення шкідливих окислів у циліндрі двигуна.

Диоксид вуглецю не створює відчутної шкоди людині в умовах відкритих провітрюваних приміщень. Він до останнього часу не вважався шкідливим компонентом ВГ двигунів. У той же час утворення вуглекислого газу з викопних вуглецевих палив веде до збільшення кількості цього газу в атмосфері. Вуглекислий газ входить у число так званих парникових газів атмосфери. Парникові гази здатні уловлювати довгохвильове теплове випромінювання Землі, що не затримується іншими компонентами атмосфери. До парникових газів відносяться водяна пара, метан, фреони і деякі інші з'єднання. Молекули парникових газів сприймають кванти енергії довгохвильового випромінювання, збуджуються, і самі випромінюють. Це випромінювання спрямоване в усі сторони, у результаті половина енергії

направляється в космос, а половина повертається на Землю. Дія парникових газів забезпечує підтримку в атмосфері Землі і на її поверхні визначених рівноважних температур (для атмосфери середня річна температура приземного шару +14 °C), що є результуючими теплового балансу в системі Сонце – Земля – Космос. Збільшення кількості вуглекислого газу веде до збільшення так названого парникового ефекту, що може вплинути на зміну клімату планети. При існуючому темпі зростання кількості цього газу в атмосфері (а його масова частка зросла від 0,00012 у 1912р. до 0,00038 до початку нового століття) можливе підвищення середньої річної температури приземних шарів атмосфери на 2 – 4 К в найближчі 100 – 200 років. Це грозить інтенсивним таненням льодовиків планети, підвищенням рівня світового океану на 6 – 16 м і поруч супутніх катаклізмів кліматичного характеру.

Одним із проявів негативного впливу транспорту на навколишнє середовище є *смог*. Цей термін широко використовується для позначення видимого забруднення повітря будь-якого характеру (не тільки від транспорту).

Розрізняють три основних типи смогу:

- *смог крижаний (аляскинського типу)* – сполучення газоподібних забруднювачів, пилових часток і кристалів льоду, що виникають при замерзанні крапель туману і пари опалювальних систем;

- *просто смог (лондонського типу)* – сполучення газоподібних забруднювачів (в основному сірчистого ангідриду), пилових часток і крапель туману;

- *смог фотохімічний (лос – анжельського типу, сухий)* – вторинне забруднення повітря, що виникає в результаті розкладання забруднюючих речовин під впливом сонячних променів, особливо ультрафіолетових.

Головний отрутний компонент смогу – озон (O_3). Додатковими складовими смогу служать чадний газ (оксид вуглецю), оксиди азоту,

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						78
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

перекис ацетилнітрата, азотна кислота і деякі інші. Основним джерелом смогу цього типу є транспорт.

Усі зазначені речовини (крім сажі) при досягненні визначеної концентрації в повітрі можуть привести до смертельного результату. Хоча, звичайно, ступінь шкідливості цих речовин різна і відповідно різна припустима концентрація їх у повітрі. Їхній постійний вплив на людину, тварин і рослини може привести до мутацій на генетичному рівні і до різкої спадкоємної зміни організмів, що змінює їхні морфологічні (зовнішня і внутрішня будівля) і (чи) фізіологічні – поведінкові ознаки.

Вплив газів ДВЗ, що відробили, на рослинність обумовлено влученням ВГ як на поверхню рослин, так і в клітки (із ґрунтовими водами). Особливо рослини чутливі до оксидів сірки, оксидів азоту, а також до з'єднань оксидів азоту з вуглеводнями.

Вплив газів двигунів, що відробили, на будинки, пам'ятники та інші будівлі також визначається осадженням на поверхнях будівельних елементів з'єднань оксидів азоту і сірки з парами води, а також осадженням маслянистих часток сажі.

Основні способи зниження токсичності і димності ВГ

Удосконалювання робочих процесів і сумішоутворення

Підвищують інтенсивність турбулентності суміші в камері згорання, збільшують тривалість і потужність електричного розряду, особливо при роботі на бідних сумішах [12]. Це зменшує викид СО на багатих сумішах, але може збільшити викид NO_x при роботі на номінальних навантаженнях і на бідних сумішах.

Поліпшують розпилювання палива на всіх режимах роботи, включаючи холостий хід, примусовий холостий хід, часткові і перехідні режими.

Поліпшують рівномірність надходження палива по циліндрах двигуна. Для цього застосовують багатоканальні карбюратори, системи упорскування

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						79
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

палива в повітряний ресивер, впускні патрубки і безпосередньо в циліндри двигуна.

Зменшення кутів, що визначають момент запалення, зменшує викид NO_x , але погіршує економічність двигуна, а також сприяє росту викиду вуглеводнів і CO .

Рециркуляція ВГ

Невелику кількість ВГ (10 – 12 %) подають у впускний трубопровід після карбюратора на номінальному режимі роботи (по іншим даним до 20%). Це дозволяє знизити викиди NO_x приблизно вдвічі за рахунок зниження максимальної температури згоряння (по іншим даним на 40 – 50%). Зниження відбувається за рахунок зменшення швидкості протікання реакції згоряння внаслідок розведення пальної суміші нейтральними газами і зменшення маси свіжого заряду, що, відповідно, зменшує підведену теплоту згоряння палива. Одночасно трохи знижується потужність і зменшується економічність двигуна. Викид CO і CH у цьому випадку може небагато зростати через погіршення процесу згоряння. Вважають, що рециркуляція вигідніше на неномінальних режимах, хоча тут і так викиди NO_x невеликі. Рециркуляція ВГ більш ефективна для двигунів з камерою в поршні, чим для двигунів з розділеними камерами.

Паливо і присадки

Підвищення цетанового числа палива поліпшує процес згоряння, знижує період затримки запалення, зменшує динамічність циклу, жорсткість роботи машини. Викид NO_x при цьому знижується, але можуть зрости димність і викид вуглеводнів. Збільшення легких фракцій у паливі підвищує його випаровуваність, а виходить, поліпшує рівномірність розподілу палива по об'ємі камери згоряння. Це знижує усі види викидів. Додатки до дизельного палива органічно – металевих присадок на основі барію, марганцю і тетраетилсвинця, дозволяють на великих навантаженнях у кілька разів понизити димність вихлопу і зміст у ньому альдегідів і бензоперенів.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						80
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Димність дизеля з нерозділеною камерою згоряння зменшується на 40 – 90 %. На викид оксидів азоту присадки не впливають. Велика частина барію з'єднується із сіркою, що міститься в паливі, і попадає атмосферу у виді порівняно нешкідливого сульфиду барію. Запропоновано дві гіпотези дії присадок: відповідно до першого відбувається гальмування утворення часток сажі в процесі згоряння, відповідно до другого зниження димності пояснюється каталітичною дією присадок при окислюванні часток сажі в процесі дифузійного згоряння, розширення і випуску.

Застосування бензинів з малим змістом тетраетілсвинця дозволяє впливати на викид сполук свинцю, а також підвищити в кілька разів термін служби каталітичних нейтралізаторів.

Переведення двигуна на газоподібне паливо дозволяє знизити викид NO_x приблизно в два рази, а також трохи знижує викид CO . Це зв'язано з тим, що при роботі на газі можливо ефективне використання більш бідних сумішей, що згоряють при знижених температурах, крім того, знижується нерівномірність складу суміші по циліндрах двигуна.

Нейтралізація ВГ

Зниження рівня викиду токсичних речовин в ВГ можна досягти за рахунок нейтралізації газів, що відходять, у спеціальних пристроях – нейтралізаторах. Нейтралізатори встановлюються на виході газів з циліндрів двигунів і призначаються для перетворення токсичних речовин у нетоксичні чи для затримки (поглинання) токсичних речовин. Відповідно існують термічні, каталітичні і механічні нейтралізатори. У термічних і каталітичних нейтралізаторах відбуваються хімічні реакції, у результаті яких зменшується концентрація газових компонентів токсичних речовин. У механічних нейтралізаторах відбувається відділення часток сажі і крапель рідини (масло, паливо, вода, кислоти). Останні нейтралізатори застосовуються порівняно рідко і здебільшого для стаціонарних установок.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						81
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Двигун 6ЧН12/14 призначений для промислового, суднового та енергетичного використання. Цей двигун належить до серії багатоциліндрових агрегатів з безпосереднім впорскуванням палива та водяним охолодженням. Серед основних переваг двигуна надійність, довговічність і висока паливна економічність. Цей двигун має просту і міцну конструкцію, що полегшує обслуговування і ремонт, а також забезпечує стабільну роботу в широкому діапазоні навантажень. Турбонаддув допомагає підтримувати потужність навіть при значних навантаженнях, що робить його ефективним вибором для застосування у важких умовах і при тривалих робочих циклах. Завдяки великій площі робочого об'єму і високому ступеню стиснення, цей двигун забезпечує високий крутний момент і стійку роботу при великих навантаженнях.

Завдяки своїм характеристикам двигун 6ЧН12/14 часто використовується на судах середньої потужності, у промислових генераторних установках, а також для роботи різних механізмів на виробництві та стаціонарних електростанціях. Він підходить для експлуатації у важких умовах, витримуючи тривалі періоди роботи при стабільному навантаженні, що робить його популярним вибором у суднобудівній галузі та на підприємствах, де необхідна надійна дизельна установка.

Для підвищення його ефективності, в даній роботі запропонована модернізація паливної апаратури двигуна, що дозволило перейти до електронного керування, покращити ефективні та екологічні показники, збільшити його надійність та пристосовуваність до різних режимів роботи. Використання подібних схем в ряді зарубіжних та вітчизняних моделей підтверджує правильність запропонованих технічних рішень.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						82
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Суднові двигуни внутрішнього згорання: Підручник /В.С.Наливайко, Б.Г.Тимошевський, С.Г.Ткаченко. – Миколаїв: 2015. -332с.
2. Дьяченко В.Г. Основи теорії робочих процесів в двигунах внутрішнього згорання. - Київ: УМК ВО, 1988. - 95 с.
3. Марченко А.П., Парсаданов І.В., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., ШЕХОВЦОВ А.Ф. Двигуни внутрішнього згорання. Т.5 „Екологізація ДВЗ”. – Харків: „Прапор”, 2004.
4. Kuiken, K. Diesel Engines for ship propulsion power plants. Target global Energy Training / Kees Kuiken. – Onne, The Neterlands, 2008.
5. Woodyard, D. Pounder’s marine diesel engines and gas turbines [Text] / Dous Woodyard. – London, 2004. – 887 p.
6. Пильов В.О., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згорання. Серія підручників у 6 томах. Том 4. Основи САПР Підручник. – Харків: Прапор, 2004. – 336 с. – ISBN: 966-8690-03-6
7. Марченко А.П., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6 томах. Том 2. Доводка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. Підручник. — Харків: Прапор, 2004. — 288 с. — ISBN 966-7880-96-6.
8. Абрамчук Ф.І., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6 томах. Том.6. Надійність ДВЗ. Підручник. - Харьков, 2004. 421 с.
9. Лабораторний практикум. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теорія ДВЗ». Коваленко І.М., Доценко С.М. Малютін П.В. Первомайськ ПП, 2007.
10. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу, теплового балансу, теоретичної та дійсної індикаторної діаграми

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						83
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

газодизельного двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ». // Доценко С.М., Бельський Ф.В.- Первомайськ ППІ НУК, 2013. – 52с.

11. 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.

12. 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.

					ПННІ НУК 131.63.24.04.ПЗ	Аркуш
						84
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		