

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

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

_____ 2023 р.
« ____ » _____

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Покращення технічних параметрів двигуна потужністю 50 кВт
за рахунок використання газового палива та регулювання клапана в
системі мащення.

Виконав:
студент групи 61-ТЕМмаг-22
_____ ***Манзюк В.О.***
(підпис)

Керівник роботи:
_____ ***д.т.н., проф.***
(посада, науковий ступень, вчене звання)
_____ ***Тимошевський Б.Г.***
(підпис)

м. Первомайськ, 2023 рік

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

Факультет - Інженерно-економічний

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

Освітня програма «Технології енергетичного машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

(підпис)

« ____ » _____ 2023 р.

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

Студенту Манзюку Вячеславу Олександровичу

1. Тема роботи: «Покращення технічних параметрів двигуна потужністю 50 кВт за рахунок використання газового палива та регулювання клапана в системі мащення.».

Керівник роботи Тимошевський Б.Г.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 11.09.2023 року за № 49.

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі 05.12.2023 року.

3. Вихідні дані по роботі: Двигун-прототип 4Ч7,6/7,1 потужністю 45 кВт.

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

Вступ. 1. Загальний розділ. 2. Конструкторський розділ. 3. Науковий розділ.

4. Охорона праці та навколишнього середовища. Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Розміщення двигуна 4Ч7,6/7,1 на автомобілі (ГК). 2. Двигун 4ГЧ7,6/7,1 (СК). 3. Схема подачі палива (СП). 4. Схема системи мащення (СМ).

5. Діаграми індикаторна та сил, що діють на КШМ.

6. Консультанти роботи

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

7. Дата видачі завдання «11»вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ.	18.09.2023	
2	Загальний розділ.	02.10.2023	
3	Конструкторський розділ.	26.10.2023	
4	Науковий розділ.	15.11.2023	
5	Охорона праці та навколишнього середовища.	06.12.2023	
6	Загальні висновки по кваліфікаційній роботі. Оформлення кваліфікаційної роботи	13.12.2023	

Студент _____ Манзюк В.О.
(підпис)

Керівник
роботи _____ Тимошевський Б.Г.
(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Описання базового двигуна 4Ч 7,6/7,1.....

1.2 Описання елементів спроектованого двигуна

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вимоги до спроектованого двигуна.....

2.2 Розрахунок робочого процесу газового двигуна.....

2.3 Розрахунок індикаторної діаграми

2.4 Динамічний розрахунок двигуна.....

2.5 Розрахунок теплового балансу газового двигуна.....

3 НАУКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Призначення системи мащення

3.2 Опис системи мащення двигуна 4ГЧ 7,6/7,1.....

3.3 Характерні несправності, технічне обслуговування і ремонт
системи мащення

3.4 Призначення редукційного клапана та їх типи

3.5 Розрахунок пружини редукційного клапана на міцність.....

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Заходи з охорони праці.....

4.2 Захист навколишнього середовища

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Манзюк				Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Тимошевський							
Н. Контр.	Тимошевський					61-ТЕМмаг-22		
Затверд.	Нестеренко							

ВИСНОВКИ.....

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....

ДОДАТКИ

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Переміщення деталей одна відносно другої супроводжується тертям, величина якого залежить від швидкості переміщення, тиску однієї деталі на іншу та від точності обробки поверхонь тертя.

Тертя між двома деталями спричиняє їх нагрівання і спрацювання. При нагріванні деталей збільшується їх розмір, а отже зменшуються зазори між ними і для переборювання сил тертя марно витрачається частина потужності двигуна. Значне нагрівання призводить до того, що зазори практично зникають і деталі втрачають здатність переміщуватись, тобто заклинюються.

Зменшення тертя досягають застосуванням різних матеріалів для виготовлення спряжених деталей, поліпшенням якості обробки їх поверхонь, застосуванням антифрикційних сплавів, встановленням шарико- і роликопідшипників та ін.

Найефективнішим способом зменшення тертя є застосування мащення поверхонь, що труться. Масло, покриваючи поверхні деталей, створює на них міцну плівку, яка заміняє сухе тертя між ними тертям частинок масла між собою. За рахунок того, що у працюючому двигуні масло безперервно циркулює, створюються сприятливі умови для охолодження тертьових поверхонь деталей і видалення твердих частинок, що утворилися внаслідок спрацювання тертьових поверхонь. Деталі, які змащуються маслом, менше зазнають дії корозії і зазори між ними значно ущільнюються.

Залежно від способу підведення масла до поверхонь деталей що труться системи мащення поділяються на три типи: система мащення розбризкуванням, система мащення під тиском і комбінована.

На сучасних двигунах внутрішнього згоряння застосовується тільки комбінована система мащення, у якій деякі деталі змащуються під тиском, а деякі — розбризкуванням або самопливом.

Від справного стану системи мащення, своєчасного проведення ТО і усунення несправностей в процесі експлуатації автомобіля значною мірою залежить надійність роботи двигуна.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі експлуатації автомобіля необхідно періодично перевіряти рівень і стан масла в картері двигуна, своєчасно міняти масло, очищати і промивати фільтри, міняти фільтруючий елемент тонкого очищення, стежити за тиском масла в системі мащення і не допускати підтікання масла з фільтрів, масляного радіатора, картера двигуна і сполучних маслопроводів.

У цьому дипломному проекті розглядається призначення і пристрої системи мащення двигуна на прикладі системи мащення двигуна ВАЗ-2108.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Описання базового двигуна 4Ч 7,6/7,1

Двигун-прототип ВАЗ-2108 встановлюється на автомобіль ВАЗ-2108 який випускався Волзьким автомобільним заводом. В цей час не випускається. Автомобіль ВАЗ-2108 вперше з'явився в 1984 році. Ця модель з трьохдверним кузовом хетчбек стала воістину епохальною подією не тільки для Волжського автозаводу, але і для вітчизняних автоаматорів. Запропоновано було іменувати її на внутрішньому ринку — «Супутником», але назва не прижилася і врешті-решт затвердилося експортне — «Самара». Модель ВАЗ-2108 Спутник / Lada Samara поклала початок масовому випуску в країні передньопривідних легкових автомобілів. Автомобіль вийшов, звичайно, надійніший у керуванні, безпечний і економічний у порівнянні з класичними «Жигулями». Корозійна стійкість кузова також стала об'єктивно краще.

У новинки було все: передньопривідна компоновка, кузов хетчбек, поперечне розташування двигуна, безконтактна система запалювання, передня підвіска типу McPherson, рейкове рульове управління, тросовий привід зчеплення, пластмасові енергопоглинаючі бампери. Автомобілі перших випусків страждали, як прийнято, «дитячими хворобами», які завод усував прямо по ходу виробництва, на споживачах. Особливо дошкуляли тоді недовговічні і дефіцитні компоненти системи електронного запалювання. Втім, і карбюратори типу — «Солекс» особливо розслабитися не давали, не кажучи вже про стійки, знос чохлів і самих шарнірів рівних кутових швидкостей, «grimлячі» передня панель і оббивка салону та ненадійну конструкцію замків дверей. Частково з деякими несправностями на пізніших випусках змогли впоратися, наприклад, з самовідгвинчуванням гайок передніх маточин та обривом троса зчеплення, але більшість проблем можуть траплятися і далі.

Втім, скрипи і тріск, які видають оббивка і панелі, можуть говорити і про неправильність експлуатації (з перевантаженням, від якої повело кузов) або про

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нешільне прилягання панелей оббивки до правління після аварії кузова. Незважаючи на широкі двері, вихід і вхід на заднє сидіння тримісне утруднені. Салон комплектують гобеленовими анатомічними сидіннями з достатнім запасом регулювання у трьох напрямках, оббивка дверей дефектами не страждає, як і інша периферія в салоні. Серед прикрих дрібниць зустрічаються такі, як відсутність підголовників для задніх сидінь і попільнички, незручність доступу до ременів безпеки передніх сидінь (дуже далеко зрушена назад стійка кузова), високе розташування кромки багажника. Запасне колесо розташоване в ніші багажника. Місткість багажника збільшується при складеній спинці заднього сидіння (на жаль, вона не складається по частинах і не приймає до кінця горизонтальне положення, що не дозволяє перевозити дійсно громіздкі предмети).

Машина оснащується рядними 4-циліндровими бензиновими двигунами. Базовим двигуном на автомобіль ВАЗ-2108 був узятий 1,3-літровий 65-сильний (ВАЗ-2108) з чотириступінчастою коробкою передач (рис. 1.1).

На автомобілі встановлено чотирициліндровий чотиритактний карбюраторний двигун, з рядним розташуванням циліндрів і з розподільним валом, розміщеним на головці циліндрів. Двигун спеціально спроектований для поперечного розташування на передньопривідному автомобілі. Тому його компонування і основні розміри вибрані такими, щоб він разом з коробкою передач міг розміститися упоперек між брызговиками передніх коліс.

У зборі з коробкою передач і зчепленням двигун утворює єдиний жорсткий вузол - силовий агрегат. Він встановлений на автомобілі на трьох еластичних опорах. Вони сприймають як масу силового агрегату, так і навантаження, що виникають при чіпанні автомобіля з місця, розгоні і гальмуванні. Еластичні опори поглинають вібрації працюючого двигуна і не передають їх на кузов, завдяки чому зменшується шум в салоні автомобіля. З іншого боку, еластичні опори захищають силовий агрегат від різких ударів при русі, автомобіля по нерівностях дороги.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

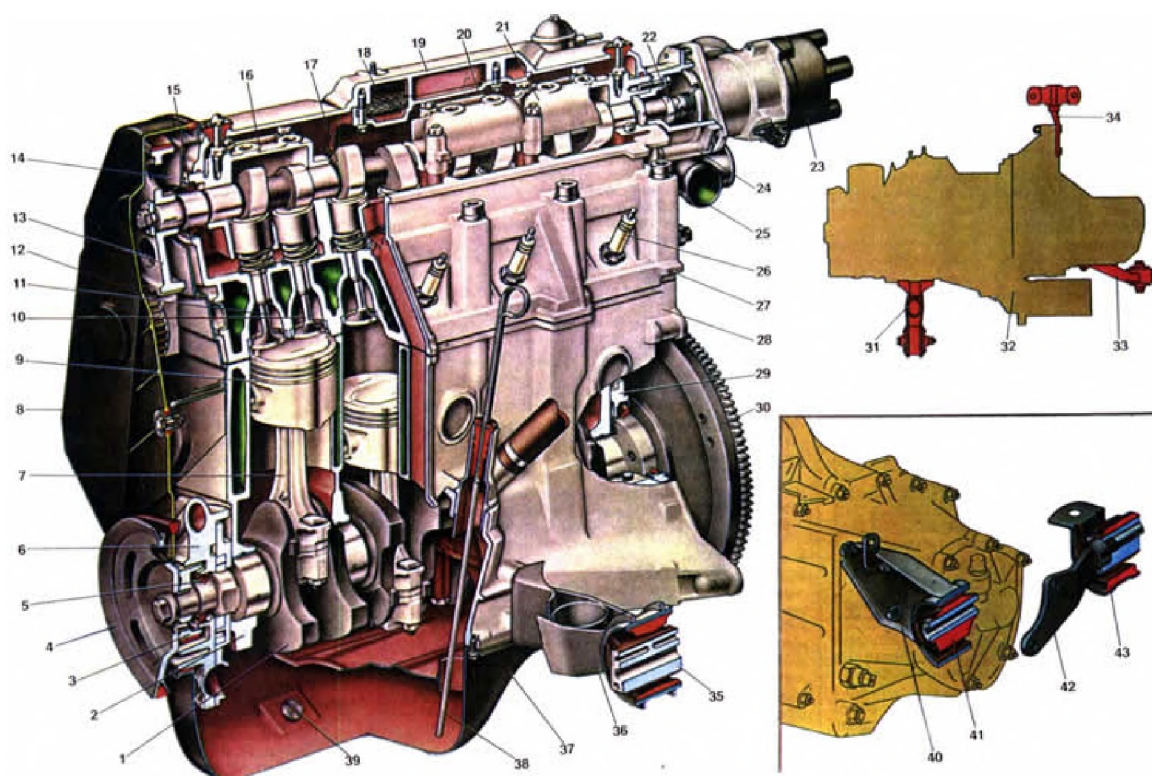


Рисунок 1.1 Двигун 4Ч 7,6/7,1 (подовжній розріз).

1 - колінчастий вал; 2 - кришка першого корінного підшипника; 3 - шків приводу розподільного валу; 4 - шків приводу генератора; 5 - передній сальник колінчастого валу; 6 - масляний насос; 7 - шатун; 8 - передня захисна кришка зубчастого ремня; 9 - поршень; 10 - впускний клапан; 11 - випускний клапан; 12 - ремінь приводу розподільного валу; 13 - шків розподільного валу; 14 - задня захисна кришка зубчастого ремня; 15 - сальник розподільного валу; 16 - передній корпус підшипників розподільного валу; 17 - розподільний вал; 18 - сітка масловіддільника системи вентиляції картера; 19 - кришка голівки циліндрів; 20 - кришка масловіддільника; 21 - задній корпус підшипників розподільного валу; 22 - ексцентрик приводу паливного насоса; 23 - датчик-розподільник запалення; 24 - корпус допоміжних агрегатів; 25 - патрубок сорочки охолодження, що відводить; 26 - свічка запалення; 27 - голівка циліндрів; 28 - блок циліндрів; 29 - утримувач із заднім сальником колінчастого валу; 30 - крутень; 31 - кронштейн з опорою передньої підвіски двигуна; 32 - силовий агрегат (двигун з коробкою передач і зчепленням); 33 - кронштейн з опорою лівої підвіски двигуна; 34 - кронштейн з опорою задньої підвіски двигуна; 35 - опора передньої підвіски двигуна; 36 - кронштейн передньої підвіски двигуна; 37 - масляний картер; 38 - показник рівня масла; 39 - пробка отвору для зливу масла з картера; 40 - кронштейн лівої підвіски двигуна; 41 - опора лівої підвіски двигуна; 42 - кронштейн задньої підвіски двигуна; 43 - опора задньої підвіски двигуна.

На автомобілі прийнята триточкова схема кріплення силового агрегату, що складається з передньої, задньої і лівої опор. Передня і ліва опори мають однаковий пристрій і складаються із зовнішньої сталевий обойми і внутрішньої алюмінієвої втулки, між якими знаходиться привулканізована до них гума.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПІНІ НУК 131.61.23.28 ПЗ

Арк.

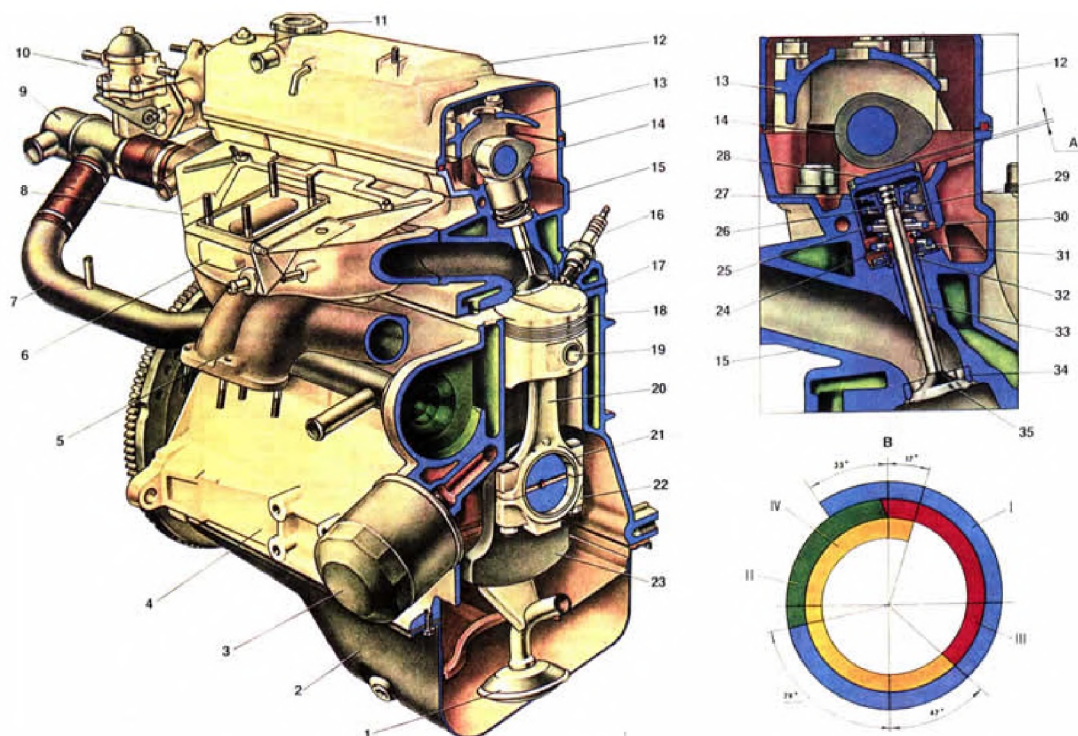


Рисунок 1.2 Двигун 4Ч 7,6/7,1 (поперечний розріз)

- 1 - приймач масляного насоса; 2 - масляний картер; 3 - масляний фільтр; 4 - блок циліндрів; 5 - випускний колектор; 6 - впускний трубопровід; 7 - труба насоса рідини, що охолоджує, що підводить; 8 - Теплоізолюючий екран карбюратора; 9 - термостат; 10 - паливний насос; 11 - кришка маслозаливної горловини; 12 - кришка гоівки циліндрів; 13 - передній корпус підшипників розподільного валу; 14 - розподільний вал; 15 - головки циліндрів; 16 - свічка запалення; 17 - прокладення головки циліндрів; 18 - поршень; 19 - поршневий палець; 20 - шатун; 21 - вкладиш шатунового підшипника колінчастого валу; 22 - кришка шатуна; 23 - колінчастий вал; 24 - масловідбійний ковпачок; 25 - штовхач; 26 - сухар клапана; 27 - тарілка пружин; 28 - регулювальна шайба; 29 - внутрішня пружина клапана; 30 - зовнішня пружина клапана; 31 - опорна шайба пружин; 32 - стопорне кільце; 33 - направляюча втулка клапана; 34 - сидло клапана; 35 - Впускний клапан; А - проміжок в механізмі приводу клапанів на холодному двигуні: 0,2 мм для впускних клапанів і 0,35 мм для випускних; В - діаграма фаз газорозподілу; I - впускання горючої суміші; II - стискування; III - робочий хід; IV - випуск.

Задня опора кріпиться болтами знизу до днища кузова. Вона складається із зовнішньої сталевий арматури і внутрішньої алюмінієвої втулки також розділених гумою. Кронштейн задньої підвіски - сталевий, кований, кріпиться на коробці передач болтами, що сполучають картер зчеплення з картером коробки передач.

Блок циліндрів. Усі циліндри двигуна об'єднані разом з верхньою частиною картера в один загальний вузол - блок циліндрів, відлитий із спеціального високоміцного чавуну. При такому компонованні забезпечується міцність

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ

Арк.

конструкції, жорсткість, компактність і зменшується маса двигуна. Протоки охолоджуючої рідини, зроблені по усій висоті блоку циліндрів, що покращує охолодження поршнів і поршневих кілець і зменшує деформації блоку циліндрів від нерівномірного нагріву.

Циліндри блоку по діаметру підрозділяються на п'ять класів через 0,01 мм, що означають буквами А, В, С, D, Е (табл. 1.1) :

Таблиця 1.1 П'ять класів блоку циліндрів по діаметру

Клас	Діаметр циліндру
А	76,000-76,010
В	76,010-76,020
С	76,020-76,030
D	76,030-76,040
Е	76,040-76,050

Клас циліндра вказаний на нижній площині блоку проти кожного циліндра. Циліндр і поршень, що сполучається з ним, мають бути одного класу. При ремонті циліндри можуть бути розточені і отхонінговані під збільшений діаметр поршнів на 0,4 і 0,8 мм.

У нижній частині блоку циліндрів розташовано п'ять опор корінних підшипників колінчастого валу з тонкостінними сталевалюмінієвими вкладишами. Верхні і нижні вкладиші середнього (3-го) корінного підшипника без канавки на внутрішній поверхні. У інших опор верхні вкладиші з канавкою на внутрішній поверхні, а нижні - без канавки.

Підшипники мають знімні кришки 2, які кріпляться до блоку циліндрів самоконтрящимися болтами. Отвори під підшипники колінчастого валу у блоці циліндрів обробляються у зборі з кришками, що забезпечує високу точність, правильну геометричну форму отворів і їх соосність. Тому кришки підшипників невзаємозамінні і для відмінності мають на зовнішній поверхні риски.

У середній опорі є гнізда для установки упорних півкілець 12, що

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утримують колінчастий вал від осьових переміщень. Із заднього боку від середньої опори ставиться металокерамічне півкільце (жовтого кольору), а з переднього боку - сталеалюмінієве.

Величина осьового проміжку колінчастого валу має бути 0,06-0,026 мм. Якщо проміжок перевищує максимально допустимий (0,35 мм), необхідно замінити півкільця ремонтними, збільшеними на 0,127 мм. Слід мати на увазі, що канавки, що знаходяться на одній стороні півкільця, мають бути звернені до упорних поверхонь колінчастого валу.

Знизу блок циліндрів закривається сталевим штампованим картером 37. Картер має перегородку для заспокоєння масла. Між масляним картером і блоком циліндрів встановлена прокладка з пробкорезиновой суміші.

До заднього торця блоку циліндрів кріпиться картер зчеплення. Точне розташування картера відносно блоку циліндрів і соосність колінчастого валу і первинного валу коробки передач забезпечується двома центруючими втулками, запресованими у блок циліндрів.

Головка циліндрів 27 загальна для чотирьох циліндрів, відлита з алюмінієвого сплаву, має камери згорання клиновидної форми. У головку запресовані направляючі втулки клапанів і сідла, виготовлені з чавуну. Сідла, заздалегідь охолоджені в рідкому азоті, вставлені в гнізда нагрітої головки циліндрів. Завдяки цьому забезпечується надійна і міцна посадка сідел в головці.

Між головкою і блоком циліндрів встановлено спеціальна безусадочна прокладка на металевому каркасі. Головка центрується на блоці циліндрів двома втулками і кріпиться до нього десятьма болтами.

Для рівномірного обтискання усієї поверхні прокладки голівки блоку, для забезпечення надійного ущільнення і виключення в наступному підтяжки болтів при технічному обслуговуванні автомобіля болти кріплення головки циліндрів затягуються рівномірно без ривків в чотири прийоми і в строго певній послідовності:

прийом - затягують болти моментом 2 кг-см;

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прийом - затягують болти моментом 7,08-8,74 кг-см;

прийом - доворачивають болти на 90°;

прийом - знову доворачивають болти на 90°.

У верхній частині голівки циліндрів розташовано п'ять опор під шийки розподільного валу 17. Опори виконані роз'ємними. Верхня половина знаходиться в корпусах підшипників 16 і 21 (передньому і задньому), а нижня - в головці циліндрів. Установочні втулки корпусів підшипників розподільного валу розміщені у шпильок кріплення корпусів. Отвори в опорах обробляються у зборі з корпусами підшипників, тому вони невзаємозамінні, і головку циліндрів можна замінювати тільки у зборі з корпусами підшипників.

На поверхні голівки циліндрів, що сполучаються з корпусами підшипників, в зоні крайніх опор розподільного валу наносять герметик типу КЛТ-75ТМ. Встановлюють корпуси підшипників і затягують гайки їх кріплення в два прийоми:

1-й прийом - заздалегідь затягують гайки до прилягання поверхонь корпусів підшипників до голівки циліндрів, стежачи за тим, щоб установочні втулки корпусів вільно увійшли до своїх гнізд;

2-й прийом - остаточно затягують гайки моментом 2,2 кг/см в тій же послідовності.

Фази газорозподілу. За один робочий цикл (рис. 1.2) в циліндрі двигуна відбувається чотири такти - впускання горючої суміші, стискування, робочий хід і випуск газів, що відпрацювали. Ці такти здійснюються за два обороти колінчастого валу, тобто кожен такт відбувається за напівоберта (180°) колінчастого валу.

Впускний клапан починає відкриватися з випередженням, тобто до підходу поршня до верхньої мертвої точки (ВМТ) на відстань, що відповідає 33° повороту колінчастого валу до ВМТ. Це необхідно для того, щоб клапан був повністю відкритим, коли поршень піде вниз, і через повністю відкритий впускний отвір поступило по можливості більше свіжої горючої суміші.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Впускний клапан закривається із запізнюванням, тобто після проходження поршнями нижньої мертвої точки (НМТ) на відстані, що відповідає 79° повороту колінчастого валу після НМТ. Внаслідок інерційного натиску струменя всмоктуваної горючої суміші вона продовжує поступати в циліндр, коли поршень вже почав рух вгору, і тим самим забезпечується краще наповнення циліндра. Таким чином, впускання практично відбувається за час повороту колінчастого валу на 292° .

Випускний клапан починає відкриватися ще до повного закінчення робочого ходу, до підходу поршня до НМТ на відстань, що відповідає 47° повороту колінчастого валу до НМТ. У цей момент тиск в циліндрі ще досить великий, і гази починають інтенсивно витікати з циліндра, внаслідок чого їх тиск і температура швидко падають. Це значно зменшує роботу двигуна під час випуску і оберігає двигун від перегрівання.

Випуск триває і після проходження поршнем ВМТ, тобто коли колінчастий вал обернеться на 17° після ВМТ. Таким чином, тривалість випуску складає 244° .

З діаграми фаз видно, що існує такий момент (50° повороту колінчастого валу біля ВМТ), коли відкрито одночасно обидва клапани - впускний і випускний. Таке положення називається перекриттям клапанів. Із-за малого проміжку часу перекриття клапанів не призводить до проникнення газів, що відпрацювали, у впускний трубопровід, а навпаки, інерція потоку газів, що відпрацювали, викликає підсос горючої суміші в циліндр і тим самим покращує його наповнення. Описані фази газорозподілу мають місце при проміжку А між кулачком розподільного валу і штовхачем клапана на холодному двигуні.

Щоб забезпечити узгодження моментів відкриття і закриття клапанів з кутами повороту колінчастого валу (тоб то забезпечити правильну установку фаз газорозподілу), на деталях двигуна є мітки: на задній кришці зубчастого ременя, на шківі розподільного валу, на передній кришці зубчастого ременя, на шківі приводу генератора, на кришці масляного насоса, на зубчастому шківі колінчастого валу.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо фази газорозподілу встановлені правильно, то при положенні поршня першого циліндра у ВМТ у кінці такту стиску мітка на задній кришці зубчастого ременя повинна співпадати з міткою на шківі розподільного валу, а мітка на зубчастому шківі колінчастого валу з міткою на кришці масляного насоса.

Коли порожнина приводу розподільного валу закрита передньою кришкою, то положення колінчастого валу можна визначити по мітках на шківі приводу генератора і передній кришці зубчастого ременя. При положенні поршня четвертого циліндра у ВМТ мітка на шківі повинна співпадати з міткою на кришці приводу розподільного валу. Крім того, можна користуватися міткою на крутні і шкалою в люку картера зчеплення.

Порядок роботи двигуна. Для плавної роботи багатоциліндрового двигуна і зменшення нерівномірних навантажень на колінчастий вал робочі процеси в різних циліндрах повинні відбуватися в певній послідовності (порядку). Порядок роботи циліндрів двигуна залежить від розташування шийок колінчастого валу і кулачків розподільного валу і у двигуні складає 1-3-4-2.

Коли в першому циліндрі поршень рухається вниз в діапазоні від 0° до 180° повороту, відбувається згорання і розширення газів. Під час розширення газу здійснюють корисну роботу, тому цей такт називають робочим ходом. Третій циліндр відстає від першого на 180° , і в нім поршень рухається вгору, здійснюючи стискання робочої суміші. У четвертому циліндрі, що відстає від першого на 360° , а від третього на 180° , поршень рухається вниз, і відбувається впускання горючої суміші. І, нарешті, в другому циліндрі, що відстає по циклу робочого процесу на 540° від першого циліндра, в цей час поршень рухається вгору, і відбувається випуск газів, що відпрацювали. Аналогічно в діапазоні від 180° до 360° повороту першої шатунної шийки робочий хід відбувається в третьому циліндрі, стиск - в четвертому, впуск - в другому і випуск в першому і так далі.

Кривошипно-шатунний механізм (рис. 1.3) служить для перетворення поступального руху поршня під дією енергії розширення продуктів згорання

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

палива в обертальний рух колінчастого валу. Механізм складається з поршня з поршневими кільцями і пальцем, шатуна, колінчастого валу і маховика.

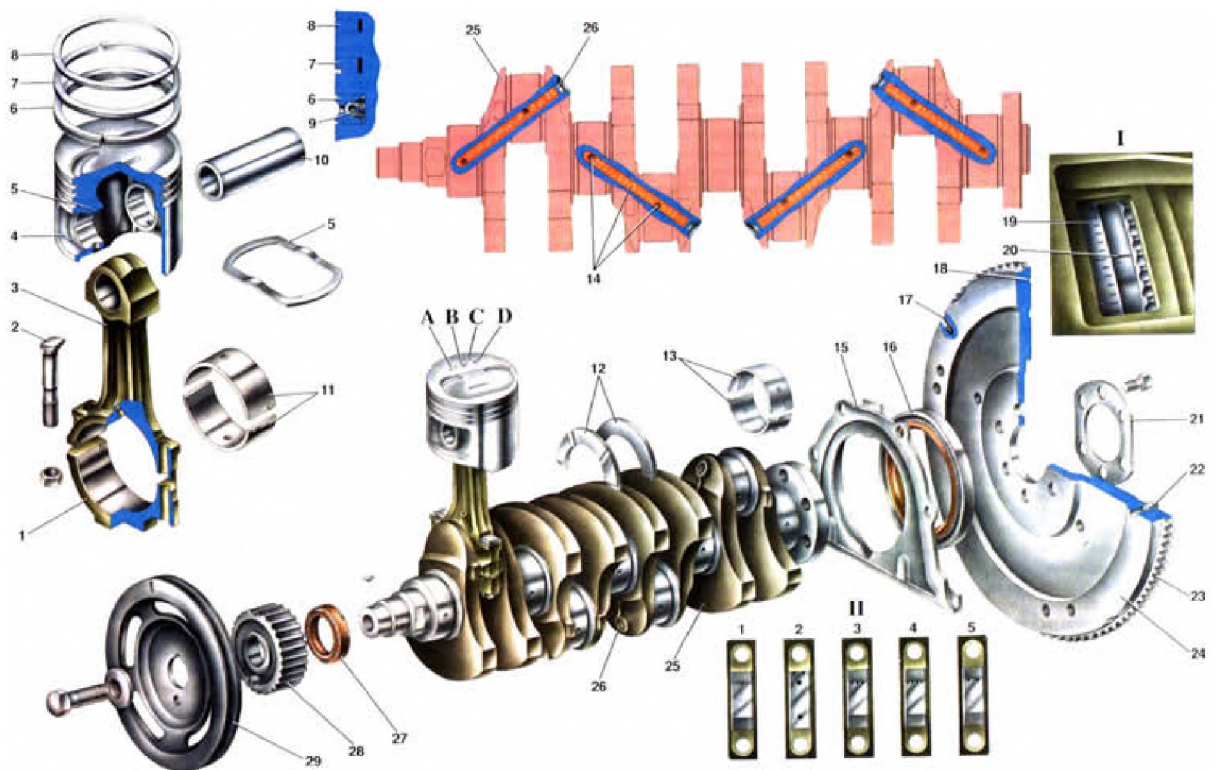


Рисунок 1.3 Кривошипно-шатунний механізм.

1 - кришка шатуна; 2 - болт кріплення кришки шатуна; 3 - шатун; 4 - поршень;
 5 - терморегулююча пластина поршня; 6 – маслосборне кільце; 7 - нижнє компресійне кільце;
 8 - верхнє компресійне кільце; 9 - розжимна пружина; 10 - поршневий палець; 11 - вкладиш шатунного підшипника; 12 - упорні півкільця середнього корінного підшипника; 13 - вкладиші корінного підшипника; 14 - канали для подачі масла від корінного підшипника до шатунного;
 15 - утримувач заднього сальника колінчастого валу; 16 - задній сальник колінчастого валу;
 17 - штифт для датчика ВМТ; 18 - мітка (лунка) ВМТ поршнів 1-го і 4-го циліндра; 19 - шкала в люку картера зчеплення; 20 - мітка ВМТ поршнів 1-го і 4-го циліндрів на ободі маховика;
 21 - шайба болтів кріплення маховика; 22 - установочний штифт зчеплення; 23 - зубчастий обід маховика; 24 - маховик; 25 - колінчастий вал; 26 - заглушка масляних каналів колінчастого валу; 27 - передній сальник колінчастого валу (запресований в кришку масляного насоса);
 28 - зубчастий шків приводу розподільного валу; 29 - шків приводу генератора; А - маркіровка категорії поршня по отвору для поршневого пальця; В - маркіровка класу поршня по зовнішньому діаметру; С - маркіровка ремонтного розміру поршня; D - установочна мітка;
 I - мітки для установки моменту запалення; II - маркіровка кришок корінних підшипників колінчастого валу (рахунок опор ведеться від передньої частини двигуна).

Поршень 4 відливається з високоміцного алюмінієвого сплаву. Оскільки алюміній має високий температурний коефіцієнт лінійного розширення, то для виключення небезпеки заклинювання поршня в циліндрі в голівці поршня над

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ПІНІ НУК 131.61.23.28 ПЗ

отвором для поршневого пальця залита терморегулююча сталева пластина 5.

Поршні, також як і циліндри, по зовнішньому діаметру сортуються на п'ять класів (табл. 1.2):

Таблиця 1.2 П'ять класів поршнів по діаметру

Клас	Діаметр поршня
A	75,965-76,975
B	75,975-75,985
C	75,985-75,995
D	75,995-76,005
E	76,005-76,015

Вимірювати діаметр поршня для визначення його класу можна тільки в одному місці: в площині, перпендикулярній поршневому пальцю на відстані 51,5 мм від днища поршня. У інших місцях діаметр поршня відрізняється від номінального, оскільки зовнішня поверхня поршня має складну форму. У поперечному перерізі вона овальна, а по висоті конічна. Така форма дозволяє компенсувати нерівномірне розширення поршня із-за нерівномірного розподілу маси металу усередині поршня.

На зовнішній поверхні поршня нанесені кільцеві мікроканавки завглибшки до 14 мікрон. Така поверхня сприяє кращому приробленню поршня, оскільки в мікроканавках затримується масло. У нижній частині бобишок під поршневий палець є отвори для проходу масла до поршневого пальця. Для поліпшення умов мащення у верхній частині отворів під палець зроблено два подовжні пази шириною 3 мм і завглибшки 0,7 мм, в яких накопичується масло.

Вісь отвору під поршневий палець зміщена на 1,2 мм від діаметральної площини поршня у бік розташування клапанів двигуна. Завдяки цьому поршень завжди притиснутий до однієї стінки циліндра, і усуваються стуки поршня об стінки циліндра під час переходу його через ВМТ. Проте, це вимагає установки

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поршня в циліндр в строго певному положенні. При зборці двигуна поршні встановлюються так, щоб стрілка на днищі поршня була спрямована у бік передньої частини двигуна.

По масі поршні сортуються на три групи: нормальну, збільшену на 5 г і зменшену на 5 г. Цим групам відповідає маркіровка на днищі поршня : "Г", "+" і "-". На двигуні усі поршні мають бути однієї групи по масі, щоб зменшити вібрації із-за неоднакових мас зворотно-поступально рухаючихся деталей.

У запасні частини поставляються поршні номінального розміру тільки трьох класів: А, С і Е. Цього вистачає для підбору поршня до будь-якого циліндра при ремонті двигуна, оскільки поршні і циліндри розбиті на класи з деяким перекриттям. Наприклад, до циліндрів класів В і D може підійти поршень класу С. Головне при підборі поршня - забезпечити необхідний монтажний проміжок між поршнем і циліндром - 0,025-0,045 мм.

Окрім поршнів номінального розміру в запасні частини поставляються і ремонтні поршні зі збільшеним на 0,4 і 0,8 мм зовнішнім діаметром. На днищах ремонтних поршнів ставиться маркіровка у вигляді квадрата або трикутника. Трикутник відповідає збільшенню зовнішнього діаметру на 0,4 мм, а квадрат - на 0,8 мм.

Поршневий палець 10 сталевий, трубчастого перерізу, запресований у верхню головку шатуна і вільно обертається у бобишках поршня. По зовнішньому діаметру пальці сортуються на три категорії через 0,004 мм відповідно до категорій поршнів. Торці пальців забарвлюються у відповідний колір: синій - перша категорія, зелений - друга і червоний - третя. Поршневі кільця забезпечують необхідне ущільнення циліндра і відводять тепло від поршня до його стінок. Кільця притискаються до стінок циліндра під дією власної пружності і тиску газів. На поршні встановлюються три чавунні кільця - два компресійних 7, 8 (що ущільнюють) і одно (нижнє) маслососувальне 6, яке перешкоджає попаданню масла в камеру згорання.

Верхнє компресійне кільце 8 працює в умовах високої температури,

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

агресивної дії продуктів згорання і недостатнього мащення, тому для підвищення зносостійкості зовнішня поверхня хромована і для поліпшення приробляння має бочкоподібну форму утворюючої.

Нижнє компресійне кільце 7 має знизу проточку для збирання масла при ході поршня вниз, виконуючи при цьому додаткову функцію маслоскидаючого кільця. Поверхня кільця для підвищення зносостійкості і зменшення тертя об стінки циліндра фосфатується.

Маслоз'ємне кільце має хромовані робочі кромки і проточку на зовнішній поверхні, в яку збирається масло, що знімається із стінок циліндра. Усередині кільця встановлюється сталева вита пружина, яка розтискала кільце зсередини і притискає його до стінок циліндра. Кільця ремонтних розмірів виготовляються (так само, як і поршні) зі збільшеним на 0,4 і 0,8 мм зовнішнім діаметром.

Шатун є сталевим, обробляється разом з кришкою, і тому вони окремо невзаємозамінні. Щоб при зборці не переплутати кришки і шатуни, на них таврується номер циліндра, в який вони встановлюються. При зборці цифри на шатуні і кришці повинні знаходитися з одного боку.

Колінчастий вал 25 відливається з високоміцного спеціального чавуну і складається з шатунових і корінних шліфованих шийок. Для зменшення деформацій при роботі двигуна вал зроблений п'ятиопорним і з великим перекриттям корінних і шатунних шийок. У тілі валу просвердлені канали 14 для подачі масла від корінних шийок до шатунних. Технологічні виводи каналів закриті колпачковими заглушками 26.

Для зменшення вібрацій двигуна вал забезпечений противагами, відлитими разом ціле з валом. Вони урівноважують відцентрові сили шатунної шийки, шатуна і поршня, які виникають при роботі двигуна. Крім того, для зменшення вібрацій колінчастий вал ще динамічно балансує, висвердлюючи метал в противагах.

Газорозподільний механізм (рис. 1.4) забезпечує наповнення циліндрів двигуна свіжим зарядом горючої суміші і випуск газів, що відпрацювали,

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно до вимог робочого процесу в кожному з циліндрів двигуна. Цей механізм характеризується верхнім рядним розташуванням клапанів.

Розподільний вал 18, керуючий відкриттям і закриттям клапанів, розташований в головці циліндрів і приводиться в обертання від колінчастого валу зубчастим ременем 3. Клапани приводяться в дію безпосередньо кулачками розподільного валу через циліндричні штовхачи 29 без проміжних важелів. У гнізді штовхача знаходиться шайба 30, підбором якої регулюється проміжок в клапанному механізмі.

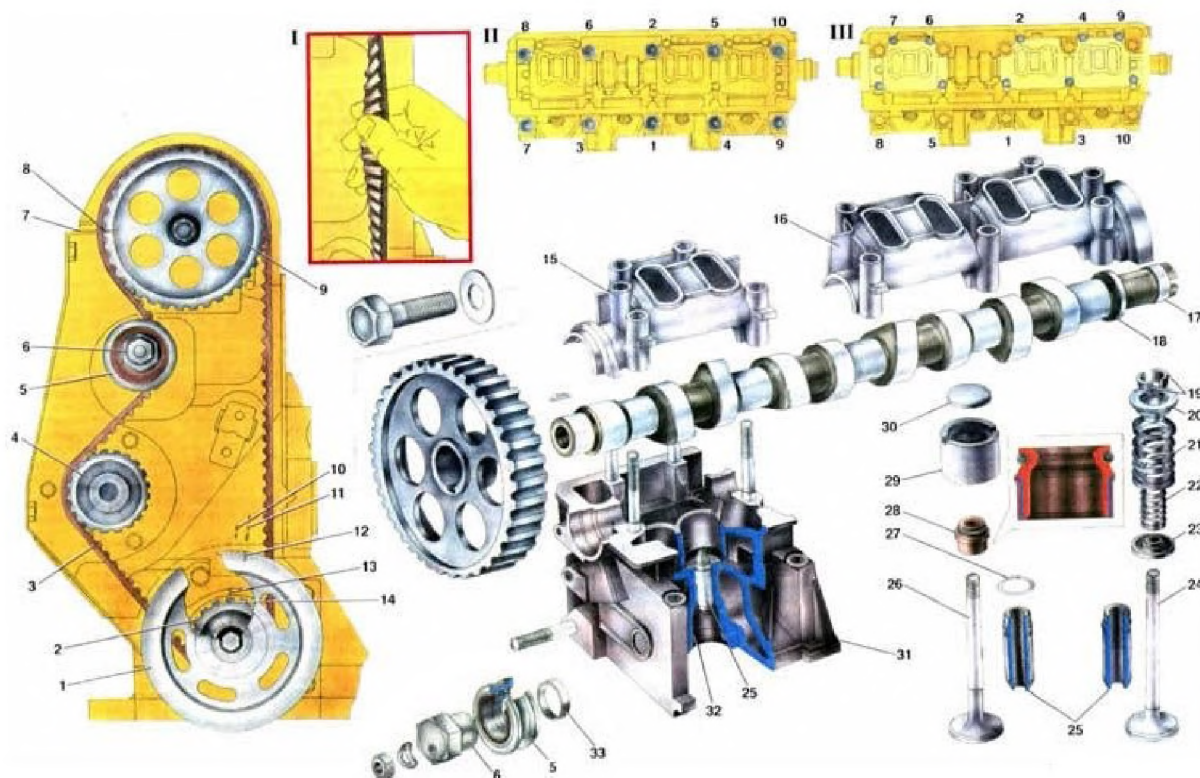


Рисунок 1.4 Газорозподільний механізм.

1 - шків на поліпчатом валу для приводу генератора; 2 - зубчастий шків на колінчастому валу для приводу розподільного валу; 3 - зубчастий ремень приводу розподільного валу; 4 - шків насоса охолоджуючої рідини; 5 - натяжний ролик; 6 - ексцентрикова вісь натяжного ролика; 7 - установлююча мітка (вусик) на задній кришці зубчастого ремня; 8 - установлююча мітка на шківі розподільного валу; 9 - шків розподільного валу; 10 - мітка випередження запалення на 5' на передній кришці зубчастого ремня; 11 - мітка випередження запалення на 0'; 12 - мітка ВМТ на шківі приводу генератора; 13 - установлююча мітка на кришці масляного насоса; 14 - мітка ВМТ на зубчастому шківі колінчастого валу; 15 - передній корпус підшипників розподільного валу; 16 - задній корпус підшипників розподільного валу; 17 - ексцентрик на розподільному валу для приводу паливного насоса; 18 - розподільний вал; 19 - сухарі клапана; 20 - тарілка клапана; 21 - зовнішня пружина клапана; 22 - внутрішня пружина клапана; 23 - опорна шайба пружин; 24 - впускний клапан; 25 - направляючі втулки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ

Арк.

клапана; 26 - випускний клапан; 27 - стопорне кільце; 28 - масловідбивний ковпачок; 29 - штовхач клапана; 30 - регулювальна шайба; 31 - головка циліндрів; 32 - сідло клапана; 33 - дистанційне кільце; I - перевірка натягнення ремня; II - порядок затягування болтів кріплення головки циліндрів; III - порядок затягування гайок кріплення корпусів підшипників розподільного валу.

Еластичний зубчастий ремінь приводить в обертання і шків 4 насоса охолоджуючої рідини. Ролик 5 служить для натягнення ремня. Він обертається на ексцентричній осі 6, прикріпленою до головки циліндрів. Повертаючи вісь 6 відносно шпильки кріплення, змінюють натягнення ремня. Натягнення ремня вважається нормальним, якщо в середній частині гілки між шківками розподільного і колінчастого валів ремінь закручується зусиллям пальців в 1,5-2 кгс.

Завдяки строгій орієнтації шпоночних пазів у ведучому 2 і веденому 9 шківках відносно зубів і відповідного зачеплення їх із зубчастим ременем забезпечуються необхідні фази газорозподілу. Перевірка правильного взаємного розташування шківів приводу робиться таким чином: колінчастий вал обертається до положення, при якому поршень першого циліндра знаходиться у ВМТ такту стиску (обидва клапани закриті, а мітка на шківі колінчастого валу поєднана з міткою 13 на кришці масляного насоса). При цьому мітка 8 повинна співпадати з міткою 7 на задній кришці зубчастого ремня, а мітка на маховику повинна знаходитися проти середнього ділення шкали на картері зчеплення.

Якщо мітки не співпадають, то послабляють ремінь натяжним роликом, знімають з шківки розподільного валу, коригують положення шківки, знову надівають ремінь на шків і злегка натягують натяжним роликом. Знову перевіряють збіг установлюючих міток, повернувши колінчастий вал на два обороти за годинниковою стрілкою.

Не допускається повертати колінчастий і розподільний вали якщо не встановлений ремінь приводу розподільного валу, оскільки поршні у ВМТ упруться в клапани, і деталі двигуна будуть пошкоджені. Крім того, колінчастий вал допускається повертати тільки за борт кріплення шківки приводу генератора і

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тільки у бік затягування болта (за годинниковою стрілкою). Не допускається повертати колінчастий вал за шків розподільного валу або за болт його кріплення.

Розподільний вал, відлитий з чавуну, має п'ять опорних шийок, які обертаються в гніздах, виконаних в головці циліндрів і в корпусах 15 і 16 підшипників розподільного валу. На валу є ексцентрик 17 для приводу паливного насоса. Задній торець розподільного валу має паз для з'єднання з датчиком-розподільником запалення двигуна.

Від осьових переміщень розподільний вал утримується упорним буртиком валу, що розташовується між торцем задньої опори валу і корпусом допоміжних агрегатів. Для підвищення зносостійкості робочі поверхні кулачків, ексцентрика і поверхня під сальник вибілюються. Глибина вибіленого шару не менше 0,2 мм.

Клапани (впускний 24 і випускний 26), що служать для періодичного відкриття і закриття отворів впускних і випускних каналів, розташовані в головці циліндрів похило в ряд.

Впускний клапан виготовлений з хромокремнівої сталі. Його головка має більший діаметр для кращого наповнення циліндра. Випускний клапан виконаний складеним: стержень з хромонікельмолібденової сталі з кращою зносостійкістю на тертя і хорошою теплопровідністю для відведення тепла від головки клапана до його направляючої втулки, а головка - з жароміцної хромонікельмарганцевої сталі. Крім того, робоча фаска випускного клапана, працююча при високих температурах в агресивному середовищі газів, що відпрацювали, має наплавлення з жаростійкого сплаву.

Направляючі втулки клапанів виготовлені з чавуну, запресовані в головку циліндрів і від можливого випадання утримуються стопорними кільцями 27. Отвори у втулках остаточно обробляються у зборі з головкою циліндрів, що забезпечує вузький допуск на діаметр отвору і точність його розташування по відношенню до робочих фасок сидла і клапана. У отворах направляючих втулок є спіральні канавки для мащення. У втулок впускних клапанів канавки нарізані до

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

половини довжини отвору, а у втулок випускних клапанів - по усій довжині отвору.

Згори на направляючі втулки надіваються ковпачки 28 з фторкаучукової гуми із сталевим арматурним кільцем, які охоплюють стержень клапана і служать для зменшення проникнення масла в камеру згорання через проміжки між направляючою втулкою і стержнем клапана.

Пружини (зовнішня 21 і внутрішня 22) притискають клапан до сидла і не дозволяють йому відриватися від приводу. Пружини нижніми кінцями спираються на опорну шайбу 23. Верхня опорна тарілка 20 пружин утримується на стержні клапана двома сухарями 19, що мають в складеному виді форму усіченого конуса. Сухарі мають три внутрішні буртики, які входять у виточки на стержні клапана. Така конструкція забезпечує як надійне з'єднання, так і поворот клапанів при роботі, завдяки чому вони зношуються рівномірніше.

Штовхачі 29 призначені для передачі зусилля від кулачків розподільного валу до клапанів. Штовхачі виготовлені у вигляді циліндричних стваканів і знаходяться в направляючих головки циліндрів. У торцевому поглибленні штовхача розміщується регульовальна шайба 30 певної товщини, що забезпечує необхідний проміжок між кулачком розподільного валу і штовхачем з шайбою.

Шайби зроблені із сталі 20Х і для збільшення твердості поверхні піддані нітроцементзації. У запасні частини поставляються регульовальні шайби товщиною від 3 до 4,5 мм з інтервалом через кожні 0,05 мм. Товщина шайби маркірується на її поверхні. Шайбу необхідно встановлювати в штовхач маркіровкою вниз.

При роботі двигуна штовхальники увесь час прокручуються навколо своїх осей, що необхідно для їх рівномірного зносу. Обертання штовхальників досягається за рахунок зміщення осі кулачка відносно осі штовхальника на 1 мм.

Система охолодження (рис. 1.5) рідинна закритого типу з примусовою циркуляцією рідини, з розширювальним бачком 7. Система має насос 27

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охолоджуючої рідини, нерозбірний термостат 6, електровентилятор, радіатор 18 з розширювальним бачком 7, трубопроводи, шланги, зливні пробки. Привід насоса здійснюється від зубчастого ремня 28 приводу розподільного валу. Місткість системи, включаючи опалювач салону, складає 7,8 л.

Для контролю температури рідини є датчик 12, який завернутий в сорочку охолодження головки блоку циліндрів. Показчик температури рідини встановлюється на комбінації приладів.

При роботі двигуна нагріта в сорочці охолодження блоку і головки блоку циліндрів рідина поступає через випускний патрубок 3 по шлангу 11 в радіатор для охолодження або в термостат 6, залежно від положення клапанів термостата. Далі охолоджуюча рідина всмоктується насосом 27 і спрямовується в сорочку охолодження двигуна. По шлангах 2 і 5 забезпечується циркуляція рідини і підігрівання горючої суміші у впускній трубі і підігрів зони дросельної заслінки першої камери карбюратора. До системи охолодження через патрубки 4 і 37 шлангами підключається радіатор опалення салону автомобіля.

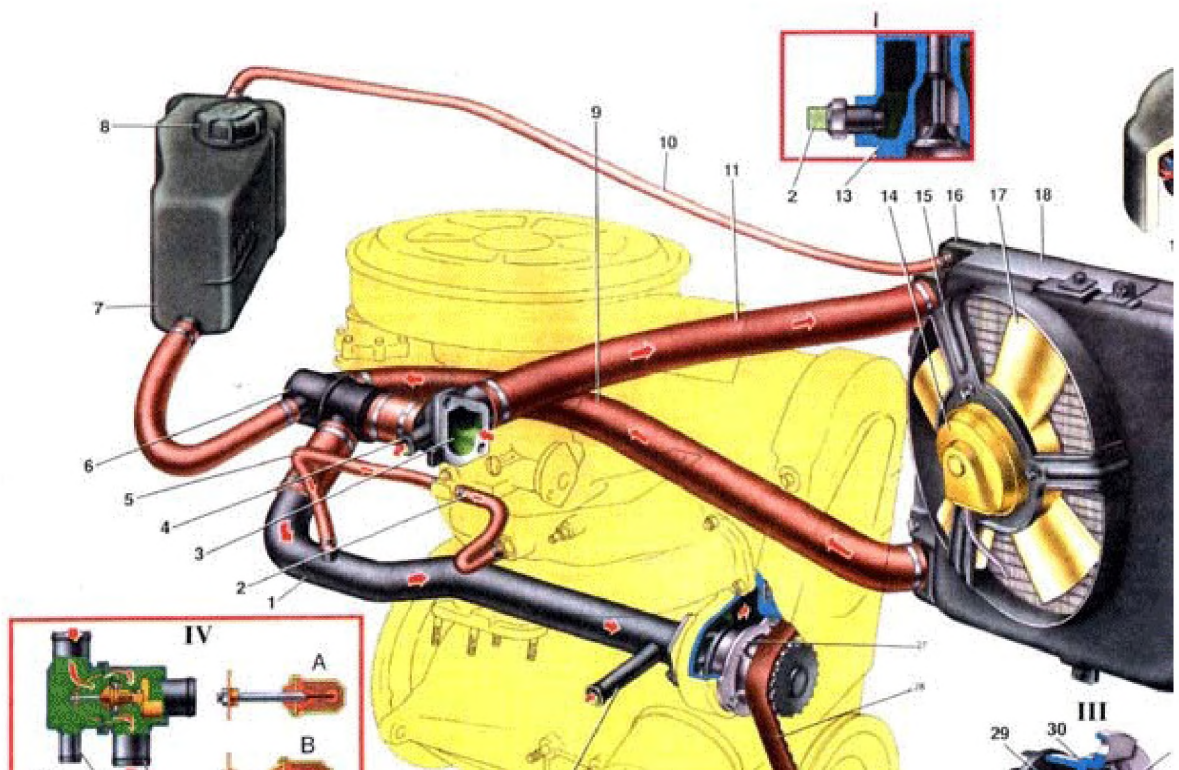


Рисунок 1.5 Охолодження двигуна.

1 – підвідна труба насоса; 2 - шланг відведення охолоджуючої рідини від впускної труби

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на підігрівання карбюратора; 3. Випускний патрубок головки блоку циліндрів; 4. Патрубок підведення рідини в радіатор опалювача салону; 5 - шланг відведення рідини з підігрівання карбюратора і впускної труби; 6 - термостат; 7 - розширювальний бачок; 8 - пробка розширювального бачка; 9 – відвідний шланг радіатора; 10 - шланг від розширювального бачка до радіатора; 11 - підвідний шланг радіатора; 12 - датчик температури охолоджуючої рідини; 13 - головка блоку циліндрів; 14 - електродвигун; 15 - кожух електровентилятора; 16 - лівий бачок радіатора; 17 - крильчатка електровентилятора; 18 - радіатор; 19 - корпус клапанів пробки розширювального бачка; 20 - випускний клапан пробки; 21 - впускний клапан пробки; 22 – охолоджуючі трубки радіатора; 23 – охолоджуючі пластини радіатора; 24 - датчик включення і виключення електровентилятора; 25 - правий бачок радіатора; 26 - зливна пробка радіатора; 27 – насос охолоджуючої рідини; 28 - зубчастий ремінь газорозподільного механізму; 29 - упорне кільце сальника; 30 - корпус насоса; 31 - стопорний гвинт; 32 - підшипник валика насоса; 33 - зубчастий шків насоса; 34 - валик насоса; 35 - сальник; 36 - крильчатка насоса; 37 - патрубок підведення рідини з радіатора опалювача салону; 38 - твердий термочутливий наповнювач; 39 - гумова вставка; 40 - поршень робочого елементу; 41 - вхідний патрубок (від двигуна); 42 - корпус термостата; 43 - кришка термостата; 44 - вхідний патрубок (від радіатора); 45 - патрубок термостата, сполучений з розширювальним бачком; 46 - основний клапан термостата; 47 - патрубок термостата для подачі рідини в насос; 48 - перепускний клапан термостата; 49 - утримувач; I - датчик показника температури охолоджуючої рідини; II - пробка розширювального бачка; III – насос охолоджуючої рідини; IV - схема роботи термостата; А - температура рідини вище 102° С; В - температура рідини від 87° С до 102° С; С - температура рідини нижче 87° С.

При роботі двигуна нагріта в сорочці охолодження блоку і головки блоку циліндрів рідина поступає через випускний патрубок 3 по шлангу 11 в радіатор для охолодження або в термостат 6, залежно від положення клапанів термостата. Далі охолоджуюча рідина всмоктується насосом 27 і спрямовується в сорочку охолодження двигуна. По шлангах 2 і 5 забезпечується циркуляція рідини і підігрівання горючої суміші у впускній трубі і підігрів зони дросельної заслінки першої камери карбюратора. До системи охолодження через патрубки 4 і 37 шлангами підключається радіатор опалення салону автомобіля.

Насос охолоджуючої рідини 27 відцентрового типу. Корпус 30 насоса виготовляється із сплаву алюмінію, валик 34 встановлюється в дворядному кульковому підшипнику 32, який в корпусі стопориться гвинтом 31. Щоб гвинт не слабшав, контури гнізда стопорного гвинта розкарбовуються після зборки. Підшипник не має внутрішньої обойми, роль обойми виконує валик насоса. При зборці підшипник заповнюється мастилом Літол-24 і надалі не змащується. На передній кінець валика напресовується зубчастий шків 33, на задній - крильчатка 36. Зубчастий шків виготовляється з металокерамічної композиції.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До торця крильчатки, загартованого струмами високої частоти, на глибину 2-3 мм притискається упорне кільце ущільнювача 29 сальника 35, виготовлене з графітової композиції. Сальник нерозбірний, запресовується в корпус насоса і запобігає підтіканню охолоджуючої рідини.

Радіатор 18 розбірний трубчатопластинчатий з пластмасовими бачками 16 і 25. Серцевина радіатора складається з алюмінієвих трубок 22 і алюмінієвих охолоджуючих пластин 23, кріпиться до пластмасових бачків і ущільнюється гумовими прокладками.

Радіатор не має заливної горловини, верхній патрубок бачка 16 з'єднується шлангом 10 з розширювальним бачком. Лівий бачок 16 має також підвідний і відвідний патрубки для під'єднування шлангів 11 і 9. Правий бачок 25 радіатора має зливну пробку 26 і датчик 24 включення і виключення електроventильатора.

Розширювальний бачок 7 виготовляється з напівпрозорої пластмаси, кріпиться ременем до кронштейнів лівого брызговика кузова. Нижній патрубок розширювального бачка з'єднується шлангом з термостатом. Для запобігання утворенню парових пробок верхній патрубок бачка з'єднується шлангом 10 з патрубком радіатора. Бачок має заливну горловину, що закривається пластмасовою пробкою 8 з випускним (паровим) 20 і впускним 21 клапанами. Клапани в пробці встановлюються в окремому нерозбірному корпусі 19. Тиск початку відкриття випускного клапана складає $1,1 \text{ кгс/см}^2$, впускного, - $0,03-0,13 \text{ кгс/см}^2$.

Для повного зливу рідини з системи мають вивернути зливні пробки з бачка радіатора і з блоку циліндрів, а також обов'язково повинна зніматися пробка 8 розширювального бачка.

Електроventильатор складається з електродвигуна 14 і крильчатки 17. Крильчатка чотирилопатева, виготовляється з пластмаси. Лопаті крильчатки мають змінний по радіусу кут установки і для зменшення шуму змінний крок по маточині. Крильчатка встановлюється на валу електродвигуна і підтискається гайкою. Для кращої ефективності роботи електроventильатор знаходиться в кожусі

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15, який кріпиться на кронштейнах радіатора в чотирьох точках.

Електроventильатор у зборі встановлюється в гумових втулках і кріпиться гайками на шпильках кожуха. Включення і виключення електроventильатора здійснюється залежно від температури рідини, що охолоджує, датчиком 24 типу ТМ-108, загорнутим у бачок радіатора з правого боку. Температура замикання контактів датчика $99\pm 3^{\circ}\text{C}$, розмикання $94\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Термостат системи охолодження прискорює прогрівання двигуна і підтримує необхідний тепловий режим. При оптимальному тепловому режимі температура рідини, що охолоджує, має бути $85-95^{\circ}\text{C}$.

Термостат 6 складається з корпусу 42 і кришки 43, які завальцьовуються разом з сідлом основного клапана 46. Термостат має вхідний патрубок 44 входи охолодженої рідини з радіатора, вхідний патрубок 41 шланга перепускання рідини з головки блоку циліндрів в термостат, патрубок 47 подачі охолоджуючої рідини в насос і патрубок 45 шланга розширювального бачка.

Основний клапан 46 запресовується в склянку, в якому завальцьована гумова вставка 39. У гумовій вставці знаходиться сталевий полірований поршень 40, закріплений на нерухомому утримувачі 49. Між стінками склянки і гумовою вставкою знаходиться термочутливий твердий наповнювач 38. Основний клапан притискається до сідла пружиною. На основному клапані кріпляться дві стійки, на яких встановлюється перепускний клапан 48, що підтискається пружиною.

Термостат, залежно від температури охолоджуючої рідини автоматично включає або відключає радіатор системи охолодження, пропускаючи рідину через радіатор, або минувши його.

1.2 Описання елементів спроектованого двигуна

Технічні характеристики проектованого двигуна:

- Діаметр циліндра D0,076 м.
- Хід поршня S0,071 м.
- Ефективна потужність двигуна N_e50 кВт.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Частота обертання n5600 хв^{-1}

Описання двигуна

Спроектований двигун відноситься до складу високооборотних двигунів.

Двигун 4ГЧ 7,6/7,1 – чотирьохтактний, трунковий, простої дії, нереверсивний, з циліндровою потужністю $N_{e_{\text{ц}}} = 12,5 \text{ кВт}$ при 5600 об/хв.

В якості основного палива для двигуна використовується природній газ. Елементи бензинової паливної системи залишаються, а вони не враховуються в розрахунках.

Двигун призначений в якості автомобільного двигуна.

В процесі проектування двигуна враховувались теплові і механічні навантаження на деталі і вузли двигуна.

Були враховані вимоги, які вимагаються від газових двигунів:

- Забезпечення високої економічності.
- Висока надійність і довговічність роботи.
- Забезпечення допустимого рівня шуму і вібрації.
- Зручність ремонту і обслуговування.

Питання компоновання і конструкції двигуна вирішувались з урахуванням вище перерахованих вимог. При розробленні аналізувалися загальні компоновки, конструкції окремих вузлів і деталей.

					ПІНІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вимоги до проектованого двигуна.

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

Крім відпрацювання параметрів робочого циклу двигуна, що забезпечують високий ефективний ККД, необхідно раціонально сконструювати системи двигуна, вибрати оптимальний режим охолодження і т.д.

Надійність двигуна забезпечується раціональною конструкцією. Розрахунки на міцність основних деталей корпусу та деталей руху повинні бути розраховані виключно в межах допустимих значень сил та напружень, що будуть діяти на них під час роботи двигуна. Повинні бути враховані умови роботи двигуна, що можуть виникнути в процесі експлуатації. Припустимий рівень шуму 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.

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

Двигун не повинний бути захищений трубопроводами, по можливості потрібно уникати навішаних деталей там, де їх можна розташувати окремо. Таким чином, при сукупності конструктивних рішень, ретельного доведення двигуна на іспитах і в процесі експлуатації, можна створити двигун, що стоїть на рівні найвищих сучасних вимог.

Вихідні дані для розрахунку двигуна, що проектується в даній кваліфікаційній роботі:

- потужність двигуна – 50 кВт;
- паливо – природний газ

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок робочого процесу двигуна

Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e =$	50	кВт
Частота обертання колінчастого валу	$n =$	5600	хв^{-1}
Діаметр циліндра	$d =$	76	мм
Хід поршня	$S =$	71	мм
Ступінь стиску	$e =$	10	
Коефіцієнт надлишку повітря	$a =$	1,3	
Число циліндрів	$i =$	4	
Коефіцієнт тактності	$Z =$	4	

Вихідні дані теплового розрахунку.

Тиск навколишнього середовища	$P_a =$	100	кПа
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293	К
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	6	К
Тиск залишкових газів	$P_r =$	105	кПа
Температура залишкових газів	$T_r =$	890	К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	3,5	
Середнє значення показника політропи:			
стиску	$n_1 =$	1,38	
розширення	$n_2 =$	1,23	
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z =$	0,95	
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi =$	0,98	
Нижча теплота згорання газу	$Q_H =$	36000	кДж/м ³

Скраплений газ

Склад:		в%	в об'ємних долях
метан	$\text{CH}_4 =$	97,7	$R_{\text{CH}_4} = 0,977$
етан	$\text{C}_2\text{H}_6 =$	0,2	$R_{\text{C}_2\text{H}_6} = 0,002$
пропан	$\text{C}_3\text{H}_8 =$	0,3	$R_{\text{C}_3\text{H}_8} = 0,003$
бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10} =$	0	$R_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 0$
пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12} =$	0	$R_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 0$
вуглекислота	$\text{CO}_2 =$	0,5	$R_{\text{CO}_2} = 0,005$
оксид вуглецю	$\text{CO} =$	0	$R_{\text{CO}} = 0$
азот	$\text{N}_2 =$	1,3	$R_{\text{N}_2} = 0,013$
кисень	$\text{O}_2 =$	0	$R_{\text{O}_2} = 0$
водень	$\text{H}_2 =$	0	$R_{\text{H}_2} = 0$

Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1кмоля газу.

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \times [0.5(CO + H_2) + \sum (n + 0.25m) C_n H_m - O_2] \text{ кмоль/кмоль}$$

$$L_0 = 9,410 \text{ кмоль/кмоль}$$

Загальна кількість продуктів свіжого заряду.

$$M_1 = 1 + \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кмоль}$$

$$M_1 = 13,232 \text{ кмоль/кмоль}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згоряння.

$$\text{Кількість } CO_2: M_{CO_2} = CO + \sum (nC_nH_m + CO_2) \text{ кмоль}$$

$$M_{CO_2} = 1,015 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } H_2O: M_{H_2O} = H_2 + \sum (0.5m C_n H_m), \text{ кмоль}$$

$$M_{H_2O} = 1,972 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } O_2: M_{O_2} = 0.21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль}$$

$$M_{O_2} = 0,593 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } N_2: M_{N_2} = 0.79 \times \alpha \times L_0 + N_2 \text{ кмоль}$$

$$M_{N_2} = 9,6766 \text{ кмоль}$$

Загальна кількість продуктів згоряння.

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 13,26 \text{ кмоль}$$

Змінення об'єму при згорянні 1 кмоль газу.

$$\Delta M = M_2 - M_1, \text{ кмоль}$$

$$\Delta M = 0,024 \text{ кмоль}$$

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$$b_0 = 1,0018$$

Параметри процесу наповнення.

Температура повітря .

$$T_b = T_a$$

$$T_b = 293,00 \text{ К}$$

Температура газоповітряної суміші.

$$T_{cm} = \frac{T_b + \alpha \times L_o \times T_r}{1 + \alpha \times L_o}, K$$

$$T_{cm} = 294,85 \text{ К}$$

де $T_r = 295 \text{ К}$ - температура поступаючого газу.

Коефіцієнт залишкових газів.

$$\gamma_r = \frac{T_{cm} + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\varepsilon \times P_d - P_r}$$

де $P_d = 0.95 \times P_a, \text{кПа}$

$$P_d = 95 \text{ кПа}$$

$$g_r = 0,042$$

Коефіцієнт наповнення.

$$\Phi_c = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_a} \times \frac{T_{cm}}{T_{cm} + \Delta T + \gamma_r T_r}$$

$$\Phi_c = 0,920$$

Температура газоповітряної суміші на початку стиску.

$$T_d = \frac{T_{cm} + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, K$$

$$T_d = 324,60 \text{ К}$$

Параметри процесу стиску.

Тиск в кінці стиску.

$$P_c = P_d \times \varepsilon^{n_1}, \text{кПа}$$

$$P_c = 2278,89 \text{ кПа}$$

Температура в кінці стиску.

$$T_c = T_d \times \varepsilon^{n_1 - 1}, \text{K}$$

$$T_c = 778,66 \text{ K}$$

$$t_c = 505,66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Параметри процесу згоряння.

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

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

$$b = 1,0017$$

Максимальна температура циклу знаходиться з рівняння балансу:

$$\frac{\xi \cdot 224 \cdot Q_H}{(1 + \gamma_r)(1 + \alpha \cdot L_0)} = \beta_z \cdot m C_p m_z \cdot t_z - (m C_v m_{cm} + 8.314 \lambda) t_c$$

склад продуктів згоряння в об'ємних долях:

$$R_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_2}$$

$$R_{\text{CO}_2} = 0,08$$

$$R_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_2}$$

$$R_{\text{H}_2\text{O}} = 0,149$$

$$R_{\text{O}_2} = \frac{M_{\text{O}_2}}{M_2}$$

$$R_{O_2} = 0,045$$

$$R_{N_2} = \frac{MN_2}{M_2}$$

$$R_{N_2} = 0,730$$

Мольна теплоємність продуктів згоряння:

$$mCv_{me} = R_{O_2} \cdot mCv_{O_2} + R_{N_2} \cdot mCv_{N_2} + R_{H_2O} \cdot mCv_{H_2O} + R_{CO_2} \cdot mCv_{CO_2}$$

$$\text{для } O_2: mCv_{O_2} = 23,664 + 159,1 \times 10^{-5} x_{t_z}$$

$$\text{для } N_2: mCv_{N_2} = 22,374 + 134 \times 10^{-5} x_{t_z}$$

$$\text{для } CO_2: mCv_{CO_2} = 41,3405 + 242,8 \times 10^{-5} x_{t_z}$$

$$\text{для } H_2O: mCv_{H_2O} = 26,67 + 443,8 \times 10^{-5} x_{t_z}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{me} = a + b \times 10^{-5} x_{t_z}$$

де:

$$a = 27,507$$

$$b = 207,0664$$

теплоємність газового палива.

$$mCv_{гп} = R_{CH_4} \cdot mCv_{CH_4} + R_{C_2H_6} \cdot mCv_{C_2H_6} + R_{C_3H_8} \cdot mCv_{C_3H_8} + R_{C_4H_{10}} \cdot mCv_{C_4H_{10}} + R_{C_5H_{12}} \cdot mCv_{C_5H_{12}} + R_{CO_2} \cdot mCv_{CO_2} + R_{N_2} \cdot mCv_{N_2}$$

$$mCv_{CH_4} = 26,314 + 2600 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{C_2H_6} = 41,246 + 7964 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{C_3H_8} = 60,043 + 11382 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{C_4H_{10}} = 67 + 11920 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{C_5H_{12}} = 118,06 + 14096 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{CO_2} = 27,545 + 1386 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

$$mCv_{N_2} = 20,637 + 255 \times 10^{-5} x_{t_c}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{\text{гп}} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

де:

$$a = 26,377$$

$$b = 2600,5$$

мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному об'ємі.

$$mCv_{\text{см}} = \frac{mCv_{\text{гп}} + mCv_{\text{пов}} \cdot \alpha \cdot L_0 + mCv_{\text{ме}} \cdot \gamma_r (1 + \alpha \cdot L_0)}{(1 + \alpha \cdot L_0) \cdot (1 + \gamma_r)}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{\text{см}} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

де:

$$a = 23,17$$

$$b = 312,11$$

де $mCv_{\text{пов}} = 22,709 + 129,8 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$ - мольна теплоємність повітря.

середня мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному тиску.

$$mCv_{\text{см}} = a_{\text{см}} + \frac{b_{\text{см}}}{2} \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{\text{см}} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

де:

$$a = 23,17$$

$$b = 156,05$$

мольна теплоємність продуктів згоряння при постійному тиску в точці "Z"

$$mCp_z = 8.314 + 19.86 + \frac{1.68}{\alpha} + \left(427.38 + \frac{184.36}{\alpha} \right) \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{\text{см}} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

де:

$$\begin{aligned} a &= 29,47 \\ b &= 569,20 \end{aligned}$$

середня мольна теплоємність продуктів згоряння при постійному тиску в точці "Z".

$$mC_{pT_z} = a + \frac{b}{2} \cdot 10^{-5} t_z$$

$$\begin{aligned} a &= 29,466 \\ b &= 284,60 \end{aligned}$$

Максимальна температура процесу згоряння.

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

$$A \cdot 10^{-5} \times t_z^2 + B \times t_z - C = 0$$

де:

$$\begin{aligned} A &= 285,09 \\ B &= 29,518 \\ C &= 82070,41 \end{aligned}$$

Звідки:

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \times A \times 10^{-5} \times C}}{2 \times A \times 10^{-5}}, K$$

$$t_z = 2279 \text{ } ^\circ\text{C} \qquad T_z = 2551,8 \text{ K}$$

Максимальний тиск згоряння.

$$P_{\max} = \beta \times P_c \times T_z / T_c, \text{ кПа}$$

$$P_{\max} = 7481,4 \text{ кПа}$$

Ступінь підвищення тиску

$$\lambda = P_{\max} / P_c$$

$$\lambda = 3,283$$

$$\Delta\lambda = 6,20$$

$\Delta\lambda$ повинна бути в межах 10%

Ступінь попереднього розширення.

$$\rho = \frac{\beta \times T_z}{\lambda \times T_c}$$

$$\tau = 1$$

Параметри процесу розширення.

Ступінь подальшого розширення.

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

$$d = 10$$

Тиск в кінці розширення.

$$P_e = \frac{P_{\max}}{\delta^{n_2}}, \text{ кПа}$$

$$P_b = 440,5 \text{ кПа}$$

Температура в кінці розширення.

$$T_e = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}, K$$

$$T_b = 1502,6 \text{ К}$$

Середня температура випускних газів.

$$T_{cp.g.} = \frac{T_e}{K'} \left[1 + (K'' - 1) \frac{P_r}{P_e} \right], K$$

$$T_{cp.g.} = 1162,8 \text{ К}$$

де $K'=1,4$; $K''=1,35$ - емпіричні коефіцієнти.

Температура залишкових газів.

$$T_r = \frac{T_e}{\sqrt{\frac{P_e}{P_r}}}, K$$

$$T_r = 931,6 \text{ К}$$

$$\text{Перевірка: } \frac{|T_r^3 - T_r|}{T_r^3} \times 100 \% = -4,680$$

Індикаторні показники робочого тіла.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

$$P_{mi} = \frac{\xi \cdot P_c}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right], \text{кПа}$$

$$P_{mi} = 1075,5 \text{ кПа}$$

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = 1.985 \frac{(1 + \alpha \cdot L_0) T_{cm} \times P_{mi}}{Q_H \times P_d \times \Phi_c \times 22.4} = 4.186$$

$$h_i = 0,495$$

Питома індикаторна витрата газу.

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i}, \text{ м}^3 / \text{кВт.год.}$$

$$g_i = 0,202 \text{ м}^3 / \text{кВт год}$$

Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0.088 + 0.0118 \times V_{II.CP}, \text{кПа}$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{II.CP.} = \frac{S_{II.P.} \times n}{30}, \text{ м/с}$$

$$S_{II.P.} = 0,071 \text{ м - хід поршня по прототипу.}$$

$$V_{II.CP.} = 13,2533 \text{ м/с}$$

$$P_M = 244,389 \text{ кПа}$$

Середній ефективний тиск.

$$P_{me} = P_{mi} - P_m, \text{кПа}$$

$$P_{me} = 831,1 \text{ кПа}$$

Механічний К.К.Д.

$$\eta_M = \frac{P_{me}}{P_{mi}}$$

$$\eta_M = 0,773$$

Ефективний К.К.Д.

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_M$$

$$\eta_e = 0,382$$

Питома ефективна витрата газу.

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m}, \text{м}^3 / \text{квт} \cdot \text{год}.$$

$$g_e = 0,262 \text{ м}^3 / \text{квт} \cdot \text{год}$$

Годинна витрата газу.

$$B = g_e \times P_e, \text{м}^3 / \text{год}$$

$$B = 13,08 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

$$V_{st} = 30 \times Z \times \frac{P_e \times 10^3}{P_{me} \times n}, \text{л}$$

Z=4 - Коефіцієнт тактності.

$$V_{st} = 1,29 \text{ л}$$

Робочій об'єм циліндра.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{ л}$$

$$V_s = 0,32 \text{ л}$$

Діаметр циліндра.

$$d = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times V_s}{\pi \times m}}, \text{ мм}$$

$$m = \frac{S_{\text{ПП}}}{d_{\text{ПП}}}$$

$$d_{\text{ПП}} = 0,076 \text{ м}$$

$$m = 0,934$$

$$d = 76,03 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times d, \text{ мм}$$

$$S = 71,03 \text{ мм}$$

Уточненні розміри циліндра і двигуна.

Діаметр циліндра.

$$d = 76,00 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 71,00 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

$$V_{st} = \frac{\pi \times d^2 \times S \times i}{4 \times 10^6}, \text{ л}$$

$$V_{st} = 1,29 \text{ л}$$

Робочій об'єм поршня.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{ л}$$

$$V_s = 0,32 \text{ л}$$

Ефективна потужність двигуна.

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \times V_{st} \times n}{30 \times Z \times 10^3}, \text{ кВт}$$

$$P_{ep} = 49,94 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

$$\Delta P_e = \frac{P_{ep} - P_e}{P_{ep}} \times 100\%$$

$$P_{ep} = \frac{P_{ep} + P_e}{2}, \text{ кВт}$$

$$P_{ep} = 49,97 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,114 \%$$

Так як значення $\Delta < 5\%$ розрахунок виконаний вірно.

2.3 Побудова індикаторної діаграми

Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми

Вихідні дані:

Середній індикаторний тиск	$P_{mi} = 1,075 \text{ МПа}$
Тиск в кінці впуску	$P_d = 0,095 \text{ МПа}$
Показник політропи стиску	$n_1 = 1,38$
Ступінь стиску	$\varepsilon = 10$
Максимальний тиск в циліндрі	$P_{max} = 7,481 \text{ МПа}$
Показник політропи розширення	$n_2 = 1,23$
Ступінь попереднього розширення	$\rho = 1$
Маштаб по осі тиску	$m_p = 0,03 \text{ МПа/мм}$
Розрахунок лінії стиску.	

$$P_{ст} = \frac{P_d \times \varepsilon^{n_1}}{\left(\frac{V}{V_c}\right)^{n_1}}, \text{ МПа}$$

де V/V_c – змінний об'єм.

$$P_{ст_1} = \frac{0,095 \times 10^{1,38}}{1^{1,38}} = 2,28 \text{ МПа}$$

$$P_{ст_{10}} = \frac{0,095 \times 10^{1,38}}{10^{1,38}} = 0,095 \text{ МПа}$$

Розрахунок лінії розширення.

$$P_{роз} = \frac{P_{max} \times \rho^{n_2}}{\left(\frac{V}{V_c}\right)^{n_2}}, \text{ МПа}$$

$$P_{роз_1} = \frac{7,481 \times 1^{1,23}}{1^{1,23}} = 7,481 \text{ МПа}$$

$$P_{роз_{10}} = \frac{7,481 \times 1^{1,23}}{10^{1,23}} = 0,44 \text{ МПа}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.1.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 Результати розрахунків теоретичної індикаторної діаграми

V/V_c	$P_{ст}, \text{МПа}$	$P_{ст}, \text{мм}$	$P_{роз}, \text{МПа}$	$P_{роз}, \text{мм}$
1	2,28	76,0	7,481	249,4
1,25	1,67	55,8	5,69	189,5
1,5	1,30	43,4	4,54	151,5
1,75	1,05	35,1	3,76	125,3
2	0,88	29,2	3,19	106,3
3	0,50	16,7	1,94	64,6
4	0,34	11,2	1,36	45,3
5	0,25	8,2	1,03	34,4
6	0,19	6,4	0,83	27,5
7	0,16	5,2	0,68	22,8
8	0,13	4,3	0,58	19,3
9	0,11	3,7	0,50	16,7
10	0,095	3,2	0,44	14,7
$P_{mi}^{\Delta} = 1,053$				

Об'єм камери згорання

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1}, \text{мм}$$

де $V_s = [AB] = 225 \text{ мм}$ – приведений робочий об'єм

$$V_c = \frac{225}{10 - 1} = 25 \text{ мм}$$

Похибка середнього індикаторного тиску.

$$\Delta P_{mi} = \frac{|P_{mi} - P_{mi}^{\Delta}|}{P_{mi_{cp}}} \times 100\%$$

$$P_{mi_{cp}} = \frac{P_{mi} + P_{mi}^{\Delta}}{2}, \text{МПа}$$

$$P_{mi_{cp}} = \frac{1,075 + 1,053}{2} = 1,064 \text{ МПа}$$

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{mi} = \frac{|1,075 - 1,053|}{1,063} \times 100\% = 1,06\%$$

Похибка не перевищує 5%

Розрахунок дійсної індикаторної діаграми

Кут випередження.

$$C' = 20^\circ$$

Кут затримки згоряння

$$\Delta\varphi_1 = 10^\circ$$

C'' – точка тиску газів в ВМТ в кінці такту стиску.

$$P_{c''} = 1,2 \times P_c = 1,2 \times 2,279 = 2,735 \text{ Мпа}$$

$$P_{c''} = 91,2 \text{ мм}$$

Максимальний тиск газів.

$$P_{zd} = 0,85 \times P_{max} = 0,85 \times 7,481 = 6,359 \text{ Мпа}$$

$$P_{zd} = 212 \text{ мм}$$

Кут після ВМТ де тиск максимальний

$$\Delta\varphi_2 = 10^\circ$$

Точка відкриття випускного клапану

$$\dot{v} = 47^\circ$$

Точка тиску газів в НМТ в кінці такту розширення – $\dot{v}''$, відкладається посередині лінії між точками v і d

Точка відкриття впускного клапану

$$\dot{r} = 33^\circ$$

Точка закриття випускного клапану

$$\dot{r}'' = 17^\circ$$

Точка закриття впускного клапану

$$\dot{d} = 79^\circ$$

Швидкість наростання тиску

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{\Delta P}{\Delta \varphi_2} = \frac{P_{\max} - P_{c''}}{\Delta \varphi_2}, \text{ МПа/град}$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta \varphi_2} = \frac{7,481 - 2,735}{10} = 0,475 \text{ МПа/град}$$

Таблиця 2.2 Визначення точок дійсної індикаторної діаграми

Позначки точки φ° пкв	Положення точки відносно ВМТ, φ° пкв	Постійна $X = (1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda_L}{4} \times (1 - \cos 2\varphi)$	Відстань від ВМТ до $X \times \frac{[AB]}{2}$, мм
С', до ВМТ	20	0,077	8,7
f, до ВМТ	5	0,005	0,6
$\Delta \varphi_2$, після ВМТ	10	0,020	2,2
ω , після ВМТ	133	1,76	198
r , до ВМТ	33	0,205	23,0
r , після ВМТ	17	0,056	6,3
d , до ВМТ	101	1,332	149,8

Побудова розгорнутої індикаторної діаграми

Радіус кривошипа

$$R = \frac{S}{2} = \frac{71}{2} = 35,5 \text{ мм}$$

Знаходимо поправку Брікса

$$OO' = \frac{R \times \lambda_L}{2}$$

$$OO' = \frac{35,5 \times 0,293}{2} = 5$$

Розраховуємо масштаб

$$M_s = \frac{S}{AB}$$

$$M_s = \frac{71}{225} = 0,32$$

Знаходимо поправку Брікса в масштабі переміщення

$$OO' = \frac{OO'}{M_s}, \text{ мм}$$

$$OO' = \frac{5}{0,32} = 16,5 \text{ мм}$$

2.4 Динамічний розрахунок двигуна

Маса деталей, що рухаються зворотно-поступально.

$$m_s = m_{\text{пк}} + \frac{1}{3} \times m_{\text{ш}}, \text{ кг}$$

де $m_{\text{пк}} = 0,425$ – маса поршневого комплекту, кг

$m_{\text{ш}} = 0,665$ – маса шатуна, кг

$$m_s = 0,445 + \frac{1}{3} \times 0,665 = 0,667 \text{ кг}$$

Маса деталей, що рухаються обертально.

$$m_R = \frac{2}{3} \times m_{\text{ш}}, \text{ кг}$$

$$m_R = \frac{2}{3} \times 0,665 = 0,443 \text{ кг}$$

Кутова швидкість

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30}$$

$$\omega = \frac{3,14 \times 5600}{30} = 58613 \text{ c}^{-1}$$

Сила тиску газу

$$F_r = P_u \times \frac{\pi \times d^2}{4}, \text{ кН}$$

Сила інерції мас, що рухаються зворотно-поступально

$$F_i = -m_s \times r \times \omega^2 \times (\cos \varphi + \lambda_L \times \cos 2 \times \varphi), \text{ кН}$$

Дійсна сила

$$F_d = F_r \pm F_i, \text{ кН}$$

Нормальна сила

$$F_n = F_d \times \text{tg} \beta, \text{ кН}$$

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радіальна сила

$$F_r = F_d \times \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \text{ кН}$$

Дотична сила

$$F_k = F_d \times \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \text{ кН}$$

Сила інерції обертаючихся мас

$$F_{i_{об}} = -m_R \times r \times \varpi^2, \text{ кН}$$

$$F_{i_{об}} = -0,443 \times 0,0355 \times 586,13^2 = -5,4 \text{ кН}$$

Дані розрахунків заносимо до таблиці 2.3 та будуємо графіки.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 Результати динамічного розрахунку

φ ПКВ	R_c , мм	F_r , кН	F_i , кН	F_d , кН	F_N , кН	F_r , кН	F_k , кН	F_r , мм	F_i , мм	F_d , мм	F_N , мм	F_r , мм	F_k , мм	β
0	3,2	0,435	-10,68	-10,2	0	-10,24	0	3,2	-78,5	-75,3	0,0	-75,3	0,0	0,00
10	3,2	0,435	-10,4	-9,97	-0,51	-9,73	-2,23	3,2	-76,5	-73,3	-3,7	-71,5	-16,4	2,92
20	3,2	0,435	-9,612	-9,18	-0,92	-8,307	-4,01	3,2	-70,7	-67,5	-6,8	-61,1	-29,5	5,75
30	3,2	0,435	-8,36	-7,92	-1,17	-6,276	-4,98	3,2	-61,5	-58,3	-8,6	-46,1	-36,6	8,42
40	3,2	0,435	-6,745	-6,31	-1,21	-4,056	-4,98	3,2	-49,6	-46,4	-8,9	-29,8	-36,6	10,86
50	3,2	0,435	-4,887	-4,45	-1,03	-2,076	-4,07	3,2	-35,9	-32,7	-7,5	-15,3	-29,9	12,97
60	3,2	0,435	-2,919	-2,48	-0,65	-0,678	-2,48	3,2	-21,5	-18,3	-4,8	-5,0	-18,2	14,70
70	3,2	0,435	-0,971	-0,54	-0,15	-0,039	-0,56	3,2	-7,1	-3,9	-1,1	-0,3	-4,1	15,98
80	3,2	0,435	0,8396	1,275	0,384	-0,157	1,322	3,2	6,2	9,4	2,8	-1,2	9,7	16,77
90	3,2	0,435	2,4192	2,855	0,875	-0,875	2,855	3,2	17,8	21,0	6,4	-6,4	21,0	17,04
100	3,2	0,435	3,7071	4,142	1,248	-1,949	3,863	3,2	27,3	30,5	9,2	-14,3	28,4	16,77
110	3,2	0,435	4,6772	5,112	1,464	-3,124	4,303	3,2	34,4	37,6	10,8	-23,0	31,6	15,98
120	3,2	0,435	5,338	5,773	1,515	-4,198	4,243	3,2	39,2	42,4	11,1	-30,9	31,2	14,70
130	3,2	0,435	5,7274	6,163	1,419	-5,049	3,809	3,2	42,1	45,3	10,4	-37,1	28,0	12,97
140	3,2	0,435	5,905	6,34	1,216	-5,638	3,144	3,2	43,4	46,6	8,9	-41,5	23,1	10,86
150	3,2	0,435	5,941	6,376	0,944	-5,994	2,37	3,2	43,7	46,9	6,9	-44,1	17,4	8,42
160	3,2	0,435	5,9056	6,341	0,639	-6,177	1,569	3,2	43,4	46,6	4,7	-45,4	11,5	5,75
170	3,2	0,435	5,858	6,293	0,321	-6,253	0,777	3,2	43,1	46,3	2,4	-46,0	5,7	2,92

ІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 2.3

φ ПКВ	R_c , мм	F_r , кН	F_i , кН	F_d , кН	F_N , кН	F_r , кН	F_k , кН	F_r , мм	F_i , мм	F_d , мм	F_N , мм	F_r , мм	F_k , мм	β
180	3,2	0,44	5,84	6	0,00	-6,3	0,00	3,20	43	46,1	0,0	-46,1	0,00	0,00
190	3,2	0,435	5,858	6,293	-0,32	-6,253	-0,78	3,2	43,1	46,3	-2,4	-46,0	-5,7	-2,92
200	3,2	0,44	5,91	6,3	-0,6	-6	-1,6	3,20	43,4	46,6	-4,70	-45,4	####	-5,75
210	3,4	0,462	5,941	6,403	-0,95	-6,02	-2,38	3,4	43,7	47,1	-7,0	-44,3	-17,5	-8,42
220	3,6	0,49	5,905	6,395	-1,23	-5,687	-3,17	3,6	43,4	47,0	-9,0	-41,8	-23,3	-10,86
230	3,8	0,517	5,7274	6,244	-1,44	-5,116	-3,86	3,8	42,1	45,9	-10,6	-37,6	-28,4	-12,97
240	4	0,544	5,338	5,882	-1,54	-4,277	-4,32	4,0	39,2	43,2	-11,3	-31,5	-31,8	-14,70
250	4,6	0,626	4,6772	5,303	-1,52	-3,241	-4,46	4,6	34,4	39,0	-11,2	-23,8	-32,8	-15,98
260	5,2	0,707	3,7071	4,414	-1,33	-2,077	-4,12	5,2	27,3	32,5	-9,8	-15,3	-30,3	-16,77
270	6,2	0,843	2,4192	3,263	-1	-1	-3,26	6,2	17,8	24,0	-7,4	-7,4	-24,0	-17,04
280	7,4	1,007	0,8396	1,846	-0,56	-0,227	-1,91	7,4	6,2	13,6	-4,1	-1,7	-14,1	-16,77
290	9,3	1,265	-0,971	0,294	-0,08	0,0215	-0,31	9,3	-7,1	2,2	-0,6	0,2	-2,2	-15,98
300	12,2	1,66	-2,919	-1,26	0,33	-0,344	1,256	12,2	-21,5	-9,3	2,4	-2,5	9,2	-14,70
310	16,6	2,258	-4,887	-2,63	0,606	-1,226	2,403	16,6	-35,9	-19,3	4,5	-9,0	17,7	-12,97
320	23,6	3,21	-6,745	-3,53	0,678	-2,272	2,792	23,6	-49,6	-26,0	5,0	-16,7	20,5	-10,86
330	34,3	4,666	-8,36	-3,69	0,547	-2,926	2,321	34,3	-61,5	-27,2	4,0	-21,5	17,1	-8,42
340	50	6,801	-9,612	-2,81	0,283	-2,544	1,227	50,0	-70,7	-20,7	2,1	-18,7	9,0	-5,75
350	67	9,114	-10,4	-1,29	0,066	-1,26	0,289	67,0	-76,5	-9,5	0,5	-9,3	2,1	-2,92

ІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 2.3

φ ПКВ	R _ц , мм	F _Г , кН	F _i , кН	F _d , кН	F _N , кН	F _r , кН	F _k , кН	F _Г ,мм	F _i ,мм	F _d ,мм	F _N ,мм	F _r ,мм	F _k ,мм	β
360	91,2	12,41	-10,68	1,729	0,00	1,7295	0,00	91,2	-78,5	12,7	0,0	12,7	0,0	0,00
370	212	28,84	-10,4	18,43	0,939	17,99	4,126	212,0	-76,5	135,5	6,9	132,3	30,3	2,92
380	172	23,4	-9,612	13,78	1,388	12,478	6,0	172,0	-70,7	101,4	10,2	91,7	44,3	5,75
390	123	16,73	-8,36	8,371	1,24	6,6295	5,259	123,0	-61,5	61,5	9,1	48,7	38,7	8,42
400	88	11,97	-6,745	5,225	1,002	3,3585	4,126	88,0	-49,6	38,4	7,4	24,7	30,3	10,86
410	64,3	8,746	-4,887	3,859	0,889	1,7997	3,528	64,3	-35,9	28,4	6,5	13,2	25,9	12,97
420	49	6,665	-2,919	3,746	0,983	1,0221	3,736	49,0	-21,5	27,5	7,2	7,5	27,5	14,70
430	38,6	5,251	-0,971	4,28	1,226	0,312	4,441	38,6	-7,1	31,5	9,0	2,3	32,7	15,98
440	31,6	4,298	0,8396	5,138	1,548	-0,633	5,329	31,6	6,2	37,8	11,4	-4,7	39,2	16,77
450	26,6	3,618	2,4192	6,037	1,85	-1,85	6,037	26,6	17,8	44,4	13,6	-13,6	44,4	17,04
460	23,2	3,156	3,7071	6,863	2,068	-3,229	6,399	23,2	27,3	50,5	15,2	-23,7	47,1	16,77
470	20,6	2,802	4,6772	7,479	2,142	-4,571	6,296	20,6	34,4	55,0	15,8	-33,6	46,3	15,98
480	18,6	2,53	5,338	7,868	2,064	-5,722	5,782	18,6	39,2	57,9	15,2	-42,1	42,5	14,70
490	17,3	2,353	5,7274	8,081	1,861	-6,62	4,994	17,3	42,1	59,4	13,7	-48,7	36,7	12,97
500	15,5	2,108	5,905	8,013	1,537	-7,126	3,974	15,5	43,4	58,9	11,3	-52,4	29,2	10,86
510	13,6	1,85	5,941	7,791	1,154	-7,324	2,896	13,6	43,7	57,3	8,5	-53,9	21,3	8,42
520	11,8	1,605	5,9056	7,511	0,756	-7,316	1,858	11,8	43,4	55,2	5,6	-53,8	13,7	5,75
530	10,3	1,401	5,858	7,259	0,37	-7,213	0,896	10,3	43,1	53,4	2,7	-53,0	6,6	2,92

Продовження таблиці 2.3

φ ПКВ	R_c , мм	F_{Γ} , кН	F_i , кН	F_d , кН	F_N , кН	F_r , кН	F_k , кН	$F_{\Gamma, мм}$	$F_{i, мм}$	$F_{d, мм}$	$F_{N, мм}$	$F_{r, мм}$	$F_{k, мм}$	β
540	9	1,224	5,8375	7,062	0,00	-7,062	0,00	9,0	42,9	51,9	0,0	-51,9	0,0	0,00
550	7,8	1,061	5,858	6,919	-0,35	-6,875	-0,85	7,8	43,1	50,9	-2,6	-50,6	-6,3	-2,92
560	6,8	0,925	5,9056	6,831	-0,69	-6,654	-1,69	6,8	43,4	50,2	-5,1	-48,9	-12,4	-5,75
570	6	0,816	5,941	6,757	-1	-6,352	-2,51	6,0	43,7	49,7	-7,4	-46,7	-18,5	-8,42
580	5,5	0,748	5,905	6,653	-1,28	-5,917	-3,3	5,5	43,4	48,9	-9,4	-43,5	-24,3	-10,86
590	5	0,68	5,7274	6,408	-1,48	-5,249	-3,96	5,0	42,1	47,1	-10,9	-38,6	-29,1	-12,97
600	5	0,68	5,338	6,018	-1,58	-4,376	-4,42	5,0	39,2	44,2	-11,6	-32,2	-32,5	-14,70
610	3,2	0,435	4,6772	5,112	-1,46	-3,124	-4,3	3,2	34,4	37,6	-10,8	-23,0	-31,6	-15,98
620	3,2	0,435	3,7071	4,142	-1,25	-1,949	-3,86	3,2	27,3	30,5	-9,2	-14,3	-28,4	-16,77
630	3,2	0,435	2,4192	2,855	-0,87	-0,875	-2,85	3,2	17,8	21,0	-6,4	-6,4	-21,0	-17,04
640	3,2	0,435	0,8396	1,275	-0,38	-0,157	-1,32	3,2	6,2	9,4	-2,8	-1,2	-9,7	-16,77
650	3,2	0,435	-0,971	-0,54	0,153	-0,039	0,556	3,2	-7,1	-3,9	1,1	-0,3	4,1	-15,98
660	3,2	0,435	-2,919	-2,48	0,651	-0,678	2,477	3,2	-21,5	-18,3	4,8	-5,0	18,2	-14,70
670	3,2	0,435	-4,887	-4,45	1,025	-2,076	4,07	3,2	-35,9	-32,7	7,5	-15,3	29,9	-12,97
680	3,2	0,435	-6,745	-6,31	1,21	-4,056	4,983	3,2	-49,6	-46,4	8,9	-29,8	36,6	-10,86
690	3,2	0,435	-8,36	-7,92	1,174	-6,276	4,979	3,2	-61,5	-58,3	8,6	-46,1	36,6	-8,42
700	3,2	0,435	-9,612	-9,18	0,924	-8,307	4,007	3,2	-70,7	-67,5	6,8	-61,1	29,5	-5,75
710	3,2	0,435	-10,4	-9,97	0,508	-9,73	2,231	3,2	-76,5	-73,3	3,7	-71,5	16,4	-2,92
720	3,2	0,435	-10,68	-10,2	0,00	-10,24	0,00	3,2	-78,5	-75,3	0,0	-75,3	0,0	0,00

2.5 Розрахунок теплового балансу газового двигуна.

Умова завдання:

ефективна потужність:	$P_e =$	49,9
частота обертання колінвалу:	$n =$	5600
діаметр циліндру:	$d =$	76
хід поршня:	$S =$	71
число циліндрів:	$i =$	4
коефіцієнт тактності:	$Z =$	4
нижча теплота згорання газу:	$Q_H =$	36000
годинна витрата газу:	$B_r =$	13,08
Індикаторний к.к.д.:	$\eta_i =$	0,495
ефективний к.к.д.:	$\eta_e =$	0,382
кількість свіжого заряду	$M_1 =$	13,23
загальна кількість продуктів згорання	$M_r =$	13,26
температура випускних газів	$T_{ср.г.} =$	1163
температура на початку стиску	$T_d =$	325

мольна теплоємність продуктів згорання

при постійному об'ємі: $mC''v = 21,738$

мольна теплоємність свіжого заряду

при постійному об'ємі: $mC'v = 27,151$

середній індикаторний тиск: $P_{mi} = 1075,492$

Рівняння теплового балансу.

Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом

$$Q_{II} = Q_e + Q_B + Q_{\Gamma} + Q_M + Q_{н.в.}$$

де Q_e - теплота, еквівалентна ефективній роботі;

Q_B - теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною;

Q_{Γ} - теплота, яка виноситься випускними газами;

Q_M - теплота, яка відводиться маслом;

$Q_{н.в.}$ - невраховані теплові втрати.

Теплота, яка підводиться в циліндр двигуна з паливом:

$$Q_{II} = B \cdot Q_H / 3.6$$

$$Q_{II} = 130815,0 \text{ Дж/с}$$

у відсотковому відношенні q_{Π} приймаємо за 100%

Теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна:

$$Q_e = 1000 \cdot P_e$$

$$Q_e = 49943,2 \text{ Дж/с}$$

у відсотковому відношенні

$$q = Q_e / Q_n \cdot 100 \%$$

$$q = 38,18 \%$$

Перевірка: $Q'_e = Q_n \cdot \eta_e$

$$Q'_e = 50000 \text{ Дж/с}$$

Вираховуємо похибку

$$\Delta = (Q_e - Q'_e) / Q_e \cdot 100 \%$$

$$\Delta = -0,11 \%$$

похибка не перевищує 1%

Теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною:

$$Q_w = Q_w + Q_{г.п.} + Q_{в.н.}$$

де Q_w - теплота, яка відводиться робочим тілом в стінки циліндр

$Q_{г.п.}$ - теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра;

$Q_{в.н.}$ -теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насоса

Теплообмін між робочим тілом і стінками циліндра.

$$Q_w = (-W_{нап.} + W_{СТ} + W_{Г.Р.} + W_{вип.}) \cdot Q_n$$

де $W_{нап.}$, $W_{ст.}$, $W_{г.р.}$, $W_{вип.}$ - відповідно відносні втрати палива на дільниці наповнення, стиску, горіння-розширення та випуску газів із циліндра;

З експериментальних даних:

$$W_{нап.} = 0 \quad W_{г.р.} = 0,09-0,16 \quad 0,09$$

$$W_{ст.} = 0 \quad W_{вип.} = 0,01-0,05 \quad 0,01$$

$$Q_w = 13081,50 \text{ Дж/с}$$

Теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра.

Середній тиск механічних втрат в механізмах двигуна.

$$P_{\text{мд}} = (a + b \cdot C_m) \cdot 10^3$$

де $a=0,088$ $b=0,0118$ - коефіцієнти для визначення середнього тиску механічних втрат

$$C_m = S \cdot n / 30 \quad \text{середня швидкість поршня}$$

$$C_m = 13,2533333 \text{ м/с}$$

$$P_{\text{мд}} = 244,389333 \text{ кПа}$$

Середній тиск тертя поршня:

$$P_{\text{ср.т.}} = 0.6 \cdot P_{\text{мд}}$$

$$P_{\text{ср.т.}} = 146,6336 \text{ кПа}$$

Потужність тертя поршня:

$$P_n = P_{\text{ср.т.}} \cdot V_s \cdot n \cdot i / (30 \cdot Z)$$

де V_s - Робочій об'єм циліндру.

$$V_s = \pi d^2 \cdot S / 4$$

$$V_s = 0,00032 \text{ м}^3$$

$$P_n = 8,81 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі тертя поршня:

$$Q_{\text{т.п.}} = 1000 \cdot P_n$$

$$Q_{\text{т.п.}} = 8811,6 \text{ Дж/с}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насосу:

Визначаємо витрату води як суму теплоти:

$$Q_B = Q_W + Q_{\text{т.п.}}$$

$$Q'_B = 21893,1 \text{ Дж/с}$$

тоді витрата охолоджуючої рідини:

$$V_B = \frac{Q'_B \cdot 10^{-3} \cdot K}{\rho_v \cdot C_{mv} \cdot \Delta T_v}$$

$K=1,2-1,5$ коефіцієнт запасу. $K=1,2$

$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ середня щільність води.

$C_{\text{тв}}=4,19 \text{ кДж/кг}$ - середня теплоємність води.

$\Delta T_{\text{с}} = 6-10$ - температурний перепад води в холодильнику.

$\Delta T_{\text{с}} = 8 \text{ К}$

$V_{\text{в}} = 0,0008 \text{ м}^3/\text{с}$

Потужність, яка використовується на привід водяного насосу.

$$P_{\text{в.н.}} = V_{\text{с}} \cdot \Delta P_{\text{с}} / \eta_{\text{в.н.}}$$

де $\Delta P_{\text{с}} = 98 \text{ кПа}$ - гідравлічний опір системи охолодження.

$\eta_{\text{в.н.}} = 0,8 - 0,9$ к.к.д. водяного насосу.

$\eta_{\text{в.н.}} = 0,85$

$P_{\text{в.н.}} = 0,090 \text{ кВт}$

Тоді $Q_{\text{в.н.}} = 90,4 \text{ Дж/с}$

Загальна теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною.

$$Q_{\text{с}} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{г.п}} + Q_{\text{в.н.}}$$

$Q_{\text{с}} = 21983,5 \text{ Дж/с}$

що складає у відсотковому відношенні:

$$q_{\text{с}} = Q_{\text{с}} / Q_{\text{п}} \cdot 100\%$$

$q_{\text{с}} = 16,81 \%$

Теплота, яка виноситься випускними газами:

$$Q_{\text{г}} = \frac{B_{\text{г}}}{3.6 \times 224} \left[M_2 \cdot (mC_p'')_{T_0}^{T_{\text{срз}}} \cdot T_{\text{срз}} - M_1 \cdot (mC_p')_{T_0}^{T_d} \cdot T_d \right]$$

$mC_p'' = 8,314 + mC_p'$ Ізобарна теплоємність продуктів згорання

$mC_p' = 8,314 + mC_p'$ Ізобарна теплоємність свіжого заряду.

$mC_p'' = 30,05 \text{ кДж/кмоль К}$

$mC_p' = 35,46 \text{ кДж/кмоль К}$

$$Q_{\Gamma} = 50438,5439 \text{ Дж/с}$$

Що складає у відсотковому відношенні:

$$q_{\Gamma} = Q_{\Gamma} / Q_{\Pi} \cdot 100\%$$

$$q_{\Gamma} = 38,56 \quad \%$$

Теплота, яка відводиться маслом і затрачується на привід масляного насосу:

Теплота, яка відводиться маслом, від гарячих деталей двигуна.

$$Q_M = (Q_w + Q_{MD}) - Q_v$$

$$Q_{MD} = \Delta_{MD} \cdot Q_{\Pi} \quad \text{теплота, еквівалентна роботі на подолання опору в механізмах двигуна.}$$

$$\text{де } \Delta_{MD} = (P_{MD} / P_{mi}) \eta_i \quad \text{доля втрат в механізмах двигуна.}$$

$$\Delta_{MD} = 0,112$$

тоді

$$Q_{MD} = 14702,7 \text{ Дж/с}$$

$$Q_{M1} = 5800,7 \text{ Дж/с}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід насоса системи мащення.

Витрата циркуляційного масла.

$$V_M = \frac{\kappa \cdot Q_{M1}}{\rho_M \cdot C_{mm} \cdot \Delta}$$

$$\kappa = 1,2-1,5 \text{ - Коефіцієнт запасу} \quad \kappa = 1,2$$

$$\rho_M = 900 \text{ кг/м}^3 \quad \text{щільність масла}$$

$$C_{mm} = 2,094 \text{ кДж/кг - середня теплоємність масла.}$$

$$\Delta T_M = 6-15 \text{ К Температурний перепад масла в охолоджувачі двигуна}$$

$$\Delta T_M = 15 \text{ К}$$

$$V_M = 0,0002 \text{ м}^3/\text{с}$$

потужність, яка використовується на привід масляного насоса:

$$P_{M.H.} = \frac{V_M \cdot P_0}{\eta \cdot 10^3}$$

де $P_0 = (0,3 - 0,4)10^6$ - робочий тиск масла в системі.

$$P_0 = 300000 \text{ Па}$$

$\eta_M = 0,8 - 0,9$ механічний к.к.д. масляного насоса.

$$\eta_M = 0,8$$

$$P_{M.H.} = 0,092 \text{ кВт}$$

тоді $Q_{H2} = 1000 \cdot P_{MH}$

$$Q_{M2} = 92,34 \text{ Дж/с}$$

Загальна кількість теплоти складає:

$$Q_M = Q_{M1} + Q_{M2}$$

$$Q_M = 5893,1 \text{ Дж/с}$$

у відсотковому відношенні

$$q_M = Q_M / Q_{\Pi} \cdot 100\%$$

$$q_M = 4,50 \%$$

Невраховані теплові втрати

$$Q_{HB} = Q_{\Pi} - (Q_e + Q_{\epsilon} + Q_f + Q_M)$$

$$Q_{H.B.} = 2556,7 \text{ Дж/с}$$

що складає у відсотковому відношенні:

$$q_{H.B.} = Q_{H.B.} / Q_{\Pi} \cdot 100\%$$

$$q_{H.B.} = 1,95 \%$$

Всі отримані дані зведені в таблицю 2.5

Таблиця 2.5

Зведена таблиця теплового балансу.

Складові теплового балансу	Дж/сек
теплота, еквівалентна ефективній роботі	49943,2
теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною	21983,5
теплота, яка виноситься випускними газами	50438,5
теплота, яка відводиться маслом	5893,1
невраховані теплові втрати	2556,7
Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом	130815,0

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ

3.1 Призначення системи мащення

Необхідність мащення деталей, що труться, пояснюється тим, що між зв'язаними поверхнями деталей механізму, що переміщаються, виникають сили тертя, на подолання яких витрачається певна потужність. Якщо поверхні, що труться, покрити масляною плівкою, то сили тертя значно знижуються, при цьому зменшується знос і нагрів деталей, що труться.

Система мащення двигуна зумовлює довговічність і надійність його роботи і повинна забезпечувати: подачу необхідної кількості масла до поверхонь, що труться, з метою зменшення тертя в парах тертя, винесення продуктів зносу із зони тертя дотичних поверхонь, часткове охолодження, антикорозійний захист тих, що труться і інших внутрішніх поверхонь, очищення масла від твердих часток, підтримка оптимальної температури змащувального масла.

Виходячи з основного призначення систем мащення – забезпечення працездатності двигунів – ці системи повинні забезпечувати наступне:

1. Надійне підведення масла на усіх режимах роботи двигуна до усіх деталей двигуна, що труться, охолоджуваним маслом поверхням і пристроям, в яких масло використовується в якості робочого тіла (нагнітачів і регуляторів, гідравлічні муфти та ін.).

2. Роботу двигуна і його агрегатів в різних умовах навколишнього середовища і на усіх експлуатаційних режимах.

3. Задану тривалість роботи двигуна без зупинок для заправки маслом, регулювання і усунення недоліків в системі мащення, очисть від відкладень домішок, шламу і нагару на поверхнях деталей двигунів і їх агрегатів.

4. Тривалу роботу масла і малу його витрату.

Крім того, вони мають бути компактними, простими і нетрудомісткими в обслуговуванні, мати невисоку вартість.

Оскільки масло має велику в'язкість, а системи маслопроводів сильно розгалужені і чинять великий опір, то для прокачування необхідної кількості

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

масла потрібне створення великого надмірного тиску, яке для різних двигунів має наступні значення (у МПа):

- швидкохідні 0,2-0,5 МПа (це якраз і є усі двигуни сучасних автомобілів)
- швидкохідні форсовані 0,6-1,5 МПа (деякі джипи, машини для перегонів, дорогі машини)
- тихохідні 0,08-0,18 МПа (це в основному суднові двигуни)

Змащувальні матеріали підрозділяються на масла і консистентні (густі) мастила. Автомобільні масла підрозділяються на дві групи: масла для двигунів і трансмісійні масла. Консистентні мастила застосовуються для вузлів з недостатньо ущільненими проміжками, через які рідке масло витікає. Масла для двигунів застосовують мінерального походження (отримують шляхом переробки нафти після відгону з неї легких фракцій). Основні вимоги до них: маслянистість, в'язкість, відсутність механічних домішок і кислот.

Масло з піддону всмоктується насосом, нагнітається у фільтр для очищення і далі в головну магістраль, звідки по свердліннях у блок-картері безперервно підводиться до підшипників колінчастого і розподільного валів і іншим деталям.

Це перший спосіб підведення масла – по свердленнях у блоці. Є і другий – масло від фільтру підводиться до центральної кришки, що стоїть на торці колінчастого вала, далі по свердліннях в колінчастому валу подається до корінних і шатунних вкладишів.

Другий спосіб вигідний тим, що при ньому не треба робити свердління у блоці циліндрів, які послабляють його. Особливо це важливо для блоків з алюмінієвого сплаву, які самі по собі за властивостями матеріалу не є жорсткими. Крім того – канали у блоці у вигляді свердлінь (технологічно це дорого) малі по діаметру, мають багато поворотів, вузьких місць, де можуть скупчуватися забруднення, в результаті подача масла може припинитися (двигун в цьому випадку вийде з ладу).

Але у другого способу є і істотний недолік – подача масла до корінних підшипників ведеться послідовно – до першого підшипника поступає масло з

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повним тиском, до другого вже менший тиск, із-за гідравлічних втрат і так далі. А до останнього (особливо в холодний час при запуску двигуна) може взагалі не дійти. Це важка аварія, дорогий ремонт із заміною вкладишів, а можливо і перешліфовуванням шийок колінчастого валу.

Ці недоліки можна усунути двома заходами:

- встановити маслозакачуючий насос з електроприводом, який в період запуску холодного двигуна створює хороший тиск в системі;
- встановити клапан в системі подачі палива, який відкривається тільки після створення потрібного тиску в системі мащення.

Ці заходи можуть застосовуватися як разом, так і окремо. До речі, вони можуть застосовуватися і при першому способі подачі масла (по свердленнях у блоці).

Залежно від способу подачі масла до поверхонь, що труться, розрізняють три типи систем : розбризкуванням, під тиском, самопливно і комбіновану.

Витікаюче з підшипників масло розбризкується деталями, що рухаються, і потрапляє на поверхні, до яких немає підведення, а потім стікає в піддон. Отже, найбільш навантажені деталі механізмів змащуються під тиском, а інші - розбризкуванням. Така система називається комбінованою. Масло заливається через маслоналивну горловину, а зливається з картера, який має зливу пробку.

Залежно від місця розміщення основного запасу масла мащення може бути з мокрим або сухим картером.

У автомобільних двигунах найбільш поширені системи мастила з мокрим картером, що мають простішу конструкцію (основний запас масла – в катері).

У системах з сухим картером основний запас масла міститься в автономному масляному баку і масло подається до деталей, що труться, нагнітаючим масляним насосом. Масло, що стікає в піддон, видаляється відкачующою секцією в масляній бак.

Переваги системи з «сухим» картером:

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– забезпечує тривалу роботу на крутих підйомах, спусках і при кренах без витоків масла через сальники колінчастого валу, а також дає можливість понизити висоту двигуна;

– унеможлиблює закидання зайвого масла на стінки циліндрів (витрата масла);

– масло не контактує з газами, що відпрацювали, менше нагріваються деталі двигуна і краще зберігає свої фізико-хімічні властивості.

Схема підведення масла до деталей може бути виконана по одній з принципових схем :

– насос, фільтр, головна магістраль у блоці, канали до підшипників;

– насос, фільтр, порожнина в колінчастому валу, підшипники.

Друга схема дозволяє забезпечити залишкове і безперервне підведення масла до шатунних підшипників, не прибігаючи до кільцевих канавок в корінних вкладишах, що знижують їх несучу здатність.

Крім того, відсутність свердлінгів у блоці сприяє збільшенню його жорсткості, знижується вартість блоку.

Система мащення з мокрим картером має наступні позитивні властивості:

– простота конструкції і зручність в експлуатації;

– надійність подачі масла (між насосом і маслом немає з'єднувальних трубопроводів);

– мінімальна вартість.

Недоліки системи мащення з мокрим картером:

– збільшуються габаритні розміри двигуна по висоті;

– масло постійно піддається дії гарячих газів;

– при крутих підйомах і спусках маслозаборник може оголитися, із за крена масло зливається в один бік.

Позитивні властивості системи мащення з сухим картером:

– зменшуються габаритні розміри двигуна по висоті;

– масло відстоюється у баку, повітря відділяється від масла;

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— великий запас ходу.

Для змащення двигунів автомобілів застосовують спеціальні моторні мастила мінерального походження, які отримують з нафти, а також синтетичні. Марки моторних масел дуже різноманітні. Їх основними властивостями є в'язкість, маслянистість і чистота (відсутність механічних домішок і кислот). В'язкість характеризує чистоту масла, його плинність і здатність проникати в проміжки між деталями, що труться. Маслянистість характеризує властивість масла обволікати деталі, що труться, масляною плівкою. Для підвищення якості моторних мастил до них додають спеціальні присадки, що підвищують змащуючі властивості масел.

3.2 Опис системи мащення двигуна 4ГЧ 7,6/7,1

Система мащення двигуна 4ГЧ 7,6/7,1 комбінована, при якій найбільш навантажені деталі змащуються під тиском, а інші самопливно і розбризкуванням. Місткість системи мастила складає 3,5л.

Система мащення (рис. 3.1) включає масляний картер 20, масляний насос з редукційним клапаном 10 і маслоприймач 17, систему масляних каналів, повнопоточний фільтр очищення масла з фільтруючим елементом 18, перепускним клапаном 21 і протидренажним клапаном 16, показчик рівня масла і маслоналивну горловину.

Тиск масла контролюється датчиком 8, який вкручується в отвір масляної магістралі в голівці циліндрів, що сполучається з головною масляною магістраллю у блоці циліндрів.

Циркуляція масла при роботі двигуна відбувається таким чином. З піддону масляний насос, розташований на передньому кінці колінчастого валу, засмоктує масло через сітку маслоприемника 17, що фільтрує, приймальну трубку і канал 14 в корпусі насоса і подає його по каналах 9 у блоці циліндрів до повнопоточного фільтру. У фільтрі масло очищається від механічних домішок і смолянистих

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

речовин. Відфільтроване масло по каналу 15 поступає в головну масляну магістраль 24, що проходить уздовж блоку циліндрів, а звідти по каналах 23 в перегородках блоку циліндрів підводиться до корінних підшипників колінчастого валу. У вкладишах корінних підшипників є по два отвори, через які масло проникає в кільцеві канавки на внутрішній поверхні вкладишів. З цих канавок частина масла йде на мастило корінних підшипників, а інша частина по каналах, просвердлених в шийках і щоках колінчастого валу, до підшипників нижніх голівок шатунів. З бічного отвору шатунового підшипника струмінь масла потрапляє на дзеркало циліндра у момент збігу отвору підшипника з каналом в шатуновій шийці.

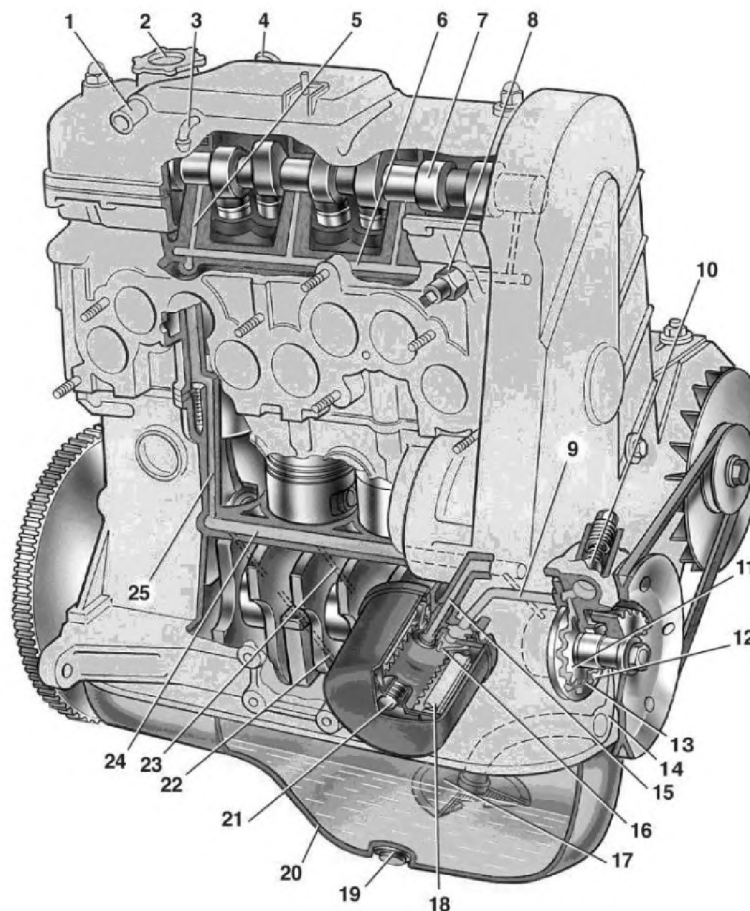


Рисунок 3.1 Система мащення

1 - патрубок відведення картерних газів в корпус повітряного фільтру; 2 - кришка маслоналивної горловини; 3 - патрубок відсмоктування картерних газів в задроссельний простір карбюратора; 4 - патрубок витяжного шланга; 5 - канал подачі масла до підшипника розподільчого валу; 6 - масляна магістраль в головці блоку циліндрів; 7 - розподільчий вал; 8 - датчик контрольної лампи тиску масла; 9 - канал подачі масла від насоса до фільтру; 10 - редуційний клапан насоса; 11 - провідна шестерня масляного насоса; 12 - ведена шестерня

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

масляного насоса; 13 - серповидний виступ між шестернями; 14 - канал поступання масла від маслоприймача до насоса; 15 - канал подачі масла з фільтру в головну масляну магістраль; 16 - протидренажний клапан; 17 - маслоприймач; 18 - картонний фільтруючий елемент; 19 - зливна пробка; 20 - масляний картер; 21 - перепускний клапан; 22 - канал подачі масла від корінного підшипника до шатунного; 23 - канал подачі масла до корінного підшипника колінчастого валу; 24 - головна масляна магістраль; 25 - канал подачі масла з головної масляної магістралі в магістраль головки блоку циліндрів

Масло, що знімається із стінок циліндра маслоз'ємним кільцем, через отвори в поршні відводиться всередину поршня і змащує опори поршневого пальця у бобишках поршня.

У шатунних шийках колінчастого валу відбувається відцентрове очищення масла від сторонніх включень, що містяться в маслі, які скупчуються в похилих каналах під дією відцентрових сил в просторі від отворів в шатунній шийці до заглушки масляного каналу колінчастого валу.

З головної масляної магістралі 24 масло по вертикальних каналах 25 у блоці і головці циліндрів підводиться в масляну магістраль 6 головок циліндрів, а звідти по каналах 5 до підшипників розподільчого валу. Витікаючим з підшипників розподільчого валу маслом змащуються робочі поверхні кулачків і штовхачі каналів.

Масло, що відпрацювало, стікає в піддон картера двигуна. Масляний піддон є резервуаром для масла. Він закриває двигун знизу, і в нім масло охолоджується. Масляний піддон – сталевий, штампований. Усередині піддону є спеціальна перегородка, що зменшує коливання масла при русі автомобіля. Піддон кріпиться до нижнього торця блоку циліндрів (до картера) через ущільнюючу прокладку, виготовлене з пробкорезиновой суміші. Він має різьбовий отвір з пробкою, призначений для зливу масла.

Масляний насос служить для створення тиску масла в системі і подачі його до поверхонь деталей двигуна, що труться. Він зібраний в спеціальному корпусі, прикріпленому до передньої стінки блоку циліндрів. На двигуні 4ГЧ 7,6/7,1 масляний насос одинсекційний, шестерінчастий з внутрішнім трохохідальним зачепленням шестерень.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масло, що відпрацювало, стікає в піддон картера двигуна. Масляний піддон є резервуаром для масла. Він закриває двигун знизу, і в нім масло охолоджується. Масляний піддон – сталевий, штампований. Усередині піддону є спеціальна перегородка, що зменшує коливання масла при русі автомобіля. Піддон кріпиться до нижнього торця блоку циліндрів (до картера) через ущільнюючу прокладку, виготовлене з пробкорезиновий суміші. Він має різьбовий отвір з пробкою, призначений для зливу масла.

Масляний насос служить для створення тиску масла в системі і подачі його до поверхонь деталей двигуна, що труться. Він зібраний в спеціальному корпусі, прикріпленому до передньої стінки блоку циліндрів. На двигуні 4ГЧ 7,6/7,1 масляний насос одинсекційний, шестерінчастий з внутрішнім трохоїдальним зачепленням шестерень.

Масляний насос (рис. 3.2) складається з корпусу 5, кришки 2, ведучої 7 і веденою 6 шестерень, маслоприймача 4 і редукційного клапана 8. Провідна шестерня 7 масляного насоса встановлюється на передньому кінці колінчастого валу, а ведена шестерня 6 знаходиться в корпусі масляного насоса. Для забезпечення необхідних проміжків між шестернями і корпусом при зміні температури корпус відливається з чавуну, а шестерні виготовляються з металокераміки. У корпусі порожнина всмоктування відділяється від нагнітальної серпоподібним виступом.

Маслоприймач 4 з сітчастим фільтром кріпиться до корпусу насоса і до кришки корінного підшипника. Шестерні, що обертаються, спочатку засмоктують масло у впускну порожнину, а потім западинами зубів переганяють його в нагнітальну порожнину і далі в масляний фільтр. При підвищенні тиску понад норму із-за зростання продуктивності насоса зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу двигуна насос подає масла більше, ніж необхідно для роботи двигуна. При зростанні тиску вище допустимого редукційний клапан 8 відкривається, долаючи опір пружини 9. Клапан пропускає частину масла назад у

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всмоктуючу порожнину насоса, запобігаючи подальшому підвищенню тиску в системі мащення.

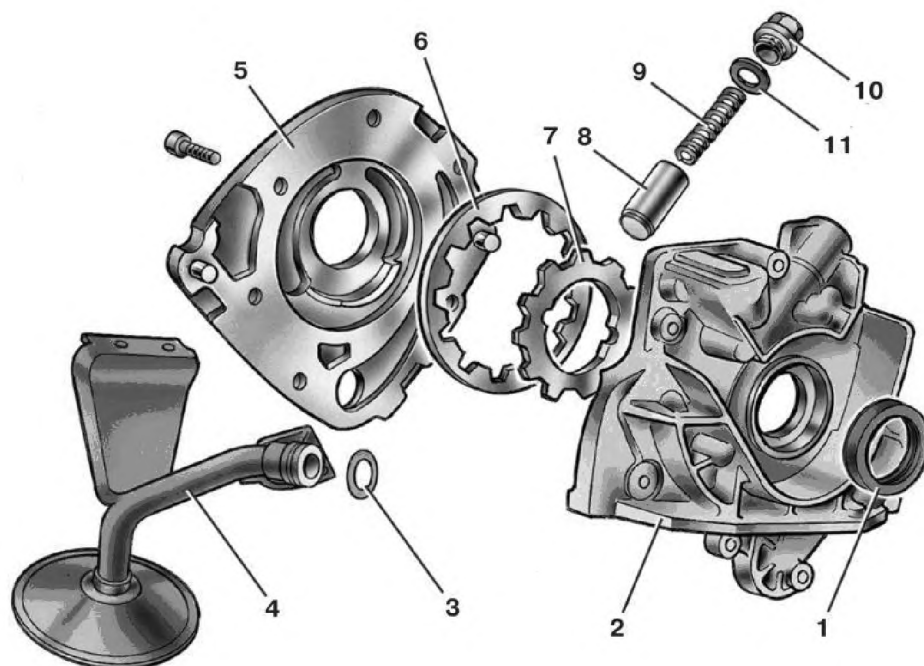


Рисунок 3.2 Масляний насос

- 1 - передній сальник колінчастого валу; 2 - кришка насоса; 3 – гумове ущільнююче кільце;
4 - маслоприймач; 5 - корпус насоса; 6 - ведена шестерня; 7 - ведуча шестерня;
8 - редукційний клапан; 9 - пружина клапана; 10 - пробка; 11 – ущільнююче кільце.

Масляний фільтр очищає масло від твердих часток (продуктів зносу деталей, що труться, нагару і тому подібне), оскільки вони викликають підвищене зношування деталей і засмічують масляні магістралі.

На двигуні 4ГЧ 7,6/7,1 застосовується масляний фільтр повнопоточковий (пропускає усе масло, що нагнітається), нерозбірний, з перепускним і протидренажним клапанами. У корпусі 1 фільтру (рис. 3.3) знаходиться паперовий фільтруючий елемент 9 із спеціальною вставкою з віскозного волокна.

Масло, що нагнітається насосом, поступає через отвори 6 в днищі 2 в зовнішню порожнину фільтру, проходить через пори фільтруючого елементу 9, очищається в ньому і виходить в масляну магістраль блоку циліндрів з центральної частини фільтру через отвір 4. Вставка фільтруючого елементу, очищає масло при пуску холодного двигуна, коли воно не може пройти через

пори паперового фільтруючого елементу. При сильному забрудненні фільтру, а також при підвищеній в'язкості масла (при низьких температурах) відкривається перепускний клапан 5 масляного фільтру, що має пружину, і неочищене масло з фільтру поступає в масляну магістраль. Протидренажний клапан 3, виконаний у вигляді манжети із спеціальної маслостійкої гуми, пропускаючи масло у фільтр, запобігає витіканню його з системи мащення в масляний піддон при непрацюючому двигуні. Це дозволяє прискорити подачу масла до поверхонь деталей двигуна, що труться, після його пуску.

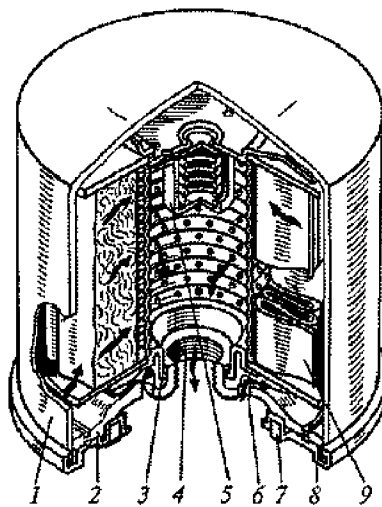


Рисунок 3.3 Масляний фільтр

1 - корпус; 2 - дно корпусу; 3, 5 - відповідно протидренажний і перепускний клапани;
4, 6 - отвори; 7 - кільце; 8 - кришка; 9 – фільтруючий елемент.

Масляний фільтр кріпиться до блоку циліндрів на спеціальному різьбовому штуцері, для чого в днищі фільтру є різьбовий отвір 4. Гумове кільце 7, надіте на кришку 8, забезпечує герметичність установки фільтру на блоці циліндрів двигуна. Для ефективного очищення масла фільтр замінюють при зміні масла в двигуні.

Вентиляція картера двигуна призначена для видалення газів (що складаються з горючої суміші і продуктів згорання) картерів, які розріджують масло і утворюють смолянисті речовини і кислоти. Крім того, картерні гази підвищують тиск в картері двигуна і викликають витік масла через ущільнення.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На автомобілі ВАЗ-2108 система вентиляції картера двигуна закритого типу. Вона забезпечує за рахунок вакууму у впускному трубопроводі примусове видалення газів картерів в циліндри двигуна на догорання. В результаті запобігає попадання газів картерів в салон кузова автомобіля і зменшується викид отруйних речовин в довкілля.

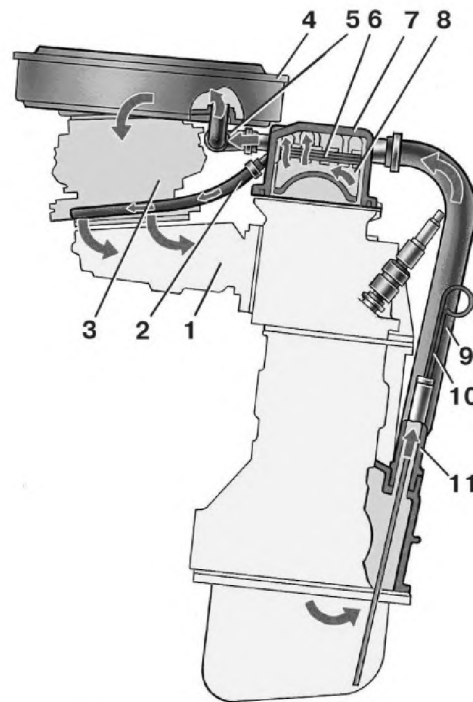


Рисунок 3.4 Схема вентиляції картера двигуна

1 - впускна труба; 2 - шланг відведення картерних газів в задроссельний простір карбюратора; 3 - карбюратор; 4 - повітряний фільтр; 5 - верхній витяжний шланг вентиляції картера; 6 - сітка масловіддільника; 7 - кришка головки циліндрів; 8 - корпус масловіддільника; 9 - нижній витяжний шланг вентиляції картера; 10 - показчик рівня масла; 11 - штуцер

При роботі двигуна (рис. 3.4) картерні гази по нижньому витяжному шлангу 9 поступають в камеру 8 масловіддільника, де завдяки завихоренню в сітці 6 відбувається відділення масла від газів і наступне його повернення в піддон картера. Потім очищені від масла картерні гази поступають у впускний трубопровід 1 двома шляхами. Коли двигун працює на малих оборотах холостого ходу із закритою дросельною заслонкою, розрідження на вході в карбюратор незначне, і картерні гази відсмоктуються в основному, по трубці 2 в задроссельний простір карбюратора. При підвищенні частоти обертання колінчастого валу, коли відкриваються дросельні заслонки, основна маса картерних

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

газів відсасується по шлангу 5 в повітряний фільтр 4, минувши фільтруючий елемент і разом з очищеним повітрям поступає в карбюратор 3 і далі в його задроссельное простір і впускний трубопровід двигуна.

Сітка 6 масловіддільника виконує також роль полум'ягасника, виключаючи проникнення полум'я в картер двигуна при спалахах в карбюраторі.

3.3 Характерні несправності, технічне обслуговування і ремонт системи мащення.

Основними несправностями системи мащення є підтікання масла в з'єднаннях, підвищений або знижений тиск масла або повна його відсутність, підвищена витрата масла, а також порушення роботи системи вентиляції картера двигуна.

Підтікання масла виявляється при зовнішньому огляді двигуна і по масляних плямах на місці стоянки автомобіля. Несправність усувається підтягуванням кріпильних елементів з'єднань.

Підвищений тиск масла може бути наслідком застосування невідповідного масла, що має більшу, ніж вимагається, в'язкість, забруднення маслопроводів і заїдання редукційного клапана в закритому положенні. Нормальний тиск масла на прогрітому двигуні (температура масла приблизно 80°C) при максимальній частоті обертання колінчастого валу має бути не більше 0,35-0,45МПа (3,5-4,5 кгс/см²). Тиск контролюється по показчику на щитку приладів або червоній контрольній лампі, що спалахує при зменшенні тиску нижче мінімальної норми.

Знижений тиск масла може бути викликаний його розрідженням, наявністю великого зносу корінних і шатунних підшипників колінчастого валу і шестерень насоса, нещільним закриттям редукційного клапана або його заїданням у відкритому положенні.

У двигуна 4ГЧ 7,6/7,1 нормальний тиск масла при мінімальних оборотах холостого ходу має бути не менше 0,08МПа (0,8 кгс/см²). При нижчому тиску необхідно визначити і усунути причину його зниження.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повна відсутність тиску масла є наслідком несправності масляного насоса або його приводу.

У разі раптового падіння тиску або його відсутності необхідно негайно заглушити двигун і перевірити рівень масла. Якщо рівень нормальний, слід вивернути датчик показчика тиску і стартером обертати колінчастий вал. Вибивання при цьому сильного струменя масла вказує на несправність датчика, який слід замінити. Відсутність струменя масла свідчить про повне припинення його подачі. В цьому випадку необхідно перевірити справність масляного насоса і його приводу.

Рух автомобіля своїм ходом при повній відсутності тиску масла за свідченнями показчика тиску масла або при контрольній лампі тиску масла, що горить, допускається лише у тому випадку, якщо точно встановлено, що це викликано несправністю самого контрольного приладу (лампи) або його датчика. При неможливості визначення і усунення несправності, що викликала повне падіння тиску масла в дорозі, слід відбуксирувати автомобіль з непрацюючим двигуном на СТО. Навіть короточасний рух автомобіля своїм ходом за відсутності тиску масла може привести до серйозних поломок двигуна, які зажадають великого його ремонту.

Підвищена витрата масла може бути із-за його підтікання в з'єднаннях або попадання масла в камери згорання внаслідок зношування масловідбівних ковпачків клапанів, зносу деталей циліндро-поршневої групи, а також підвищеного рівня масла в двигуні внаслідок його переливання. Прийнято вважати, що двигун вимагає ремонту циліндро-поршневої групи, якщо витрата масла (чад) перевищує 200г на 100км пробігу (за умови, що не зношені масловідбівні ковпачки).

Крім того, підвищена витрата масла спостерігається в період обкатки нового автомобіля при пробігу до 5000 км.

Порушення роботи системи вентиляції картера двигуна виникає при її забрудненні (забруднення масловідбивача, трубок відсмоктування картерних газів,

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

золотникового пристрою карбюратора) і проявляється в підвищенні тиску в системі мащення, в підвищеній витраті масла, а також в попаданні масла в повітряний фільтр і карбюратор. Для усунення несправностей системи вентиляції картера необхідно прочистити, промити бензином і продути стислим повітрям масловіддільник, трубки відсмоктування картерихгазів і золотниковий пристрій карбюратора.

Ремонт масляного насоса полягає в знятті його з двигуна, розбиранню, перевірці стану його деталей, зборці, перевірці працездатності і установці на двигун і виконується зазвичай при ремонті знятого з автомобіля двигуна після тривалої його експлуатації.

Зняття-установка масляного насоса двигуна 4ГЧ 7,6/7,1 робиться на знятому з автомобіля двигуні після зняття шківа приводу генератора, плоскозубчатого ремня, його кожухів і шківа на колінчастому валу. Після цього потрібно відвернути болти кріплення насоса і зняти його разом з переднім сальником колінчастого валу.

Розбирання насоса проводиться в наступному порядку:

- вивернути шість болтів кріплення кришки 2 (рис.3.2) насосу до корпусу 5;
- роз'єднати корпус з кришкою і вийняти ведену 6 і ведучу 7 шестерень;
- від'єднати маслоприймач 4 і випресувати передній сальник 1 колінчастого валу;
- вивернути пробку 10 редукційного клапана і вийняти клапан 8 з пружиною 9.

Перед контролем стану деталей після розбирання насоса необхідно ретельно промити і продути його деталі стислим повітрям.

Контроль зносу деталей масляного насоса включає перевірку проміжків між зубами шестерень, між веденою шестернею і корпусом насоса, між зовнішнім діаметром провідної шестерні і корпусом насоса, між торцями шестерень і порожниною корпусу насоса, а також перевірку пружності пружини редукційного клапана.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка проміжків між деталями насоса робиться за допомогою щупів, що мають товщину, рівну граничному значенню для вимірюваного проміжку. Пара шестерень насоса обертається в корпусі з проміжком 0,03-0,08мм по висоті і 0,10-0,176мм по діаметру веденої шестерні. Гранично допустимі проміжки в сполученні рівні 0,12- 0,15мм по висоті і 0,30мм по діаметру.

При вільному проходженні щупа в проміжок між деталями необхідно замінити ту з них, яка найбільш зношена, а при неможливості усунення надмірно великої величини проміжку заміною однієї деталі роблять заміну обох зв'язаних деталей.

Неплотинність кришки насоса не повинна перевищувати 0,03мм, інакше привалочную площину кришки необхідно прошліфувати або притерти.

Перевірка пружності пружини редукційного клапана робиться шляхом виміру довжини вільної пружини (без навантаження) і з визначенням за величиною навантаженням. У двигуна 4ГЧ 7,6/7,1 довжина вільної пружини редукційного клапана повинна складати 46,5мм. Довжина пружини редукційного клапана під навантаженням $52,8 \pm 3,1\text{Н}$ ($5,28 \pm 0,31\text{кгс}$) має бути не менше 31,7мм.

Зборка насоса робиться в порядку, зворотному його розбиранню. Запрессовка переднього сальника колінчастого валу в отвір насоса робиться за допомогою спеціального оправлення.

Перевірка працездатності масляного насоса робиться на спеціальному стенді і полягає в перевірці його продуктивності або тиску, що розвивається ним, а також тиски відкриття редукційного клапана. При випробуванні масляного насоса на стенді використовується спеціальне індустріальне масло, температура якого має бути близько 20°C. Продуктивність масляного насоса двигуна 4ГЧ 7,6/7,1 повинна складати не менше 34 л/хв при частоті обертання шестерні 6000 хв^{-1} і протитиску 0,5МПа (5кгс/см^2). Тиск відкриття редукційного клапана повинен складати 0,55-0,75МПа ($5,5\text{-}7,5\text{ кгс/см}^2$). При перевірці редукційного клапана на двигуні манометром, встановленим замість датчика тиску,

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

редукційний клапан повинен спрацьовувати при тиску не менше 0,45МПа (4,5 кгс/см²).

Технічне обслуговування системи мащення полягає в перевірці рівня масла і доведення його до норми, перевірці герметичності з'єднань, очищенню і промиванню системи вентиляції картера, своєчасній заміні масла і повнопотокового масляного фільтру (зазвичай одночасно із заміною масляного фільтру замінюють також повітряний фільтр).

Щодня необхідно перевіряти рівень масла в картері за допомогою масловимірювального стержня з двома мітками: нижня – "MIN" – відповідає мінімально допустимому рівню масла в картері, а верхня – "MAX" – максимальному рівню. При експлуатації двигуна рівень масла повинен знаходитися між цими мітками.

Через 10000-15000 км пробігу необхідно замінити масло в двигуні. При використанні високоякісних, особливо синтетичних імпорتنих масел можливе збільшення періодичності заміни масла, проте при цьому потрібний контроль його якості.

Заміна масла в двигуні проводиться в наступному порядку:

1. Відразу ж після роботи двигуна, поки масло має робочу температуру, зняти кришку маслозаливної горловини, вивернути пробку зливного отвору в піддоні картера і злити в посуд масло, що відпрацювало. Для повного зливу масла необхідно не менше 10 хвилин. Замінити масляний фільтр у зборі і загорнути пробку зливного отвору.

2. Залити в картер свіже масло до верхньої мітки масловимірювального стержня, закрити кришку горловини.

3. Пустити двигун, дати йому попрацювати 3-5 хвилин і заглушити. Через 10 хвилин знову перевірити рівень і при необхідності долити масло до верхньої мітки масловимірювального стержня.

Через 20000-30000 км пробігу при черговій заміні масла слід перевірити систему вентиляції картера кріплення деталей і прочистити і промити бензином її

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі: шланги, патрубки на корпусі повітряного фільтру і карбюратора, масловіддільник, полум'ягасник, золотник, регулюючий подачу картерних газів в карбюраторі, а також промити систему мащення .

Промивання системи мащення може робитися і раніше вищезгаданого терміну у тому випадку, якщо при знятті кришки клапанів будуть виявлені липкі смолянисті відкладення на деталях клапанного механізму і кришці розподільного валу, або при сильній забрудненості масла, що відпрацювало, після великого (більше 15000 км) пробігу автомобіля без зміни масла. Для промивання застосовують спеціальні миючі масла ВНИИНП-ФД, МСП-1 або МПТ- 2М. Для цього після зливу масла, що відпрацювало, заливають в систему миюче масло до мітки "MIN" на масловимірному стержні. Потім пускають двигун і дають йому попрацювати з малою частотою обертання колінчастого валу впродовж 10-15 хвилин. Потім зливають миюче масло, замінюють повнопотоковий фільтр і заливають свіже масло.

Для мащення двигунів застосовують спеціальні моторні мастила.

Маркування вітчизняних моторних мастил включає: букву "М" (що означає моторне масло), цифрове позначення класу масла по його кінематичній в'язкості з буквою "з" в індексі (що вказує на наявність загущаючих полімерних присадок у всесезонном маслі), буквене позначення групи масла по його призначенню і експлуатаційним властивостям (букви А, Б, В, Г означають групи масел, призначених відповідно для нефорсованих, мало-, середньо- і високофорсованих двигунів, Д - для високофорсованих дизелів з наддувом і Е - для лубрикаторних систем мащення дизелів), а також цифри 1 або 2 в індексі у буквених позначень груп масел Б, В і Г, що вказують, що масло призначене відповідно тільки для карбюраторних або тільки для дизельних двигунів (відсутність цифрового індексу означає, що масло є універсальним).

У марці всесезонного масла клас його в'язкості вказується дробом, в чисельнику якої приводиться цифрове позначення класу в'язкості масла, що характеризує його кінематичну в'язкість при -18°С, а в знаменнику - при 100°С.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маркіровка зарубіжних моторних масел здійснюється відповідно до класифікацій Американського нафтового інституту(API) і Суспільства інженерів автомобілістів (SAE).

Класифікація API передбачає підрозділ моторних мастил на групи, двома латинськими буквами, що означають, перша з яких показує призначення масла (S – для бензинових двигунів, C – для дизельних), а друга характеризує міру форсування двигунів, в яких масло використовується, а також його властивості.

Найбільш сучасні і високоякісні масла для бензинових двигунів мають маркіровку SG і SH.

Класифікація SAE передбачає цифрове позначення класу моторного масла, що характеризує його в'язкість при температурі 100°C, а у зимових і всесезонних масел, у яких в цифровому позначенні класу є буква W (Winter - зима), клас масла характеризується також його динамічною в'язкістю при негативних температурах і граничній температурній прокачуваності.

Для вітчизняних легкових автомобілів рекомендується використовувати моторні мастила, що мають маркіровку M-53/10-Г1 і M-63/10-Г1 і M-63/12-Г1, або відповідну маркіровку по API SE і SF і по SAE 15W-30, 15W-40, 10W-30 і 10W-40 вітчизняного виробництва («Ангрол», «ВЕЛС», «НОРСИ», «Спектрал» та ін.) або що випускаються зарубіжними фірмами (BP, Castrol, ELF, Mobil, Shell та ін.) відповідно до рекомендацій заводів-виготівників автомобілів.

Змішувати моторні масла різних марок (особливо імпортовані з вітчизняними) при доливанні масла в двигун не рекомендується, оскільки вони можуть істотно розрізнятися по складу і в результаті хімічної взаємодії їх компонентів властивості такої суміші можуть виявитися значно гірше, ніж у кожного зі змішуваних масел окремо.

3.4 Призначення редукційного клапана та їх типи.

Редукційним називають гідроклапан тиску, призначений для підтримки в потоці робочої рідини, що відводиться від нього, нижчого тиску, ніж тиск в

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потоці, що підводиться. У гідроприводах знаходять застосування в основному два типи редукційних клапанів.

Перший тип клапанів забезпечує встановлене співвідношення між тисками на вході і виході з клапана.

Редукційний клапан (рис. 3.5) складається із замочно-регулюючого елементу – плунжера 1, притиснутого до сідла пружиною 2, сила натягнення якої регулюється гвинтом 3. Отвір 4 корпуси з'єднується з гідролінією високого тиску, а отвір 5 з гідролінією низького тиску. У початковому положенні клапан притиснутий до сідла, а вхід клапана відокремлений від виходу. При підвищенні тиску P_1 плунжер піднімається і гідролінія високого тиску з'єднується з гідролінією низького тиску. Чим більше тиск P_1 , тим більше відкривається прохідний переріз клапана і тим більше стає тиск P_2 .

Таким чином, тиск P_2 залежить від тиску на вході клапана, від початкової сили натягнення $P_{пр}$ і жорсткості пружини c .

$$P_2 = \frac{P_1 \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) - F}{\pi d_2^2 - \pi d_1^2}$$

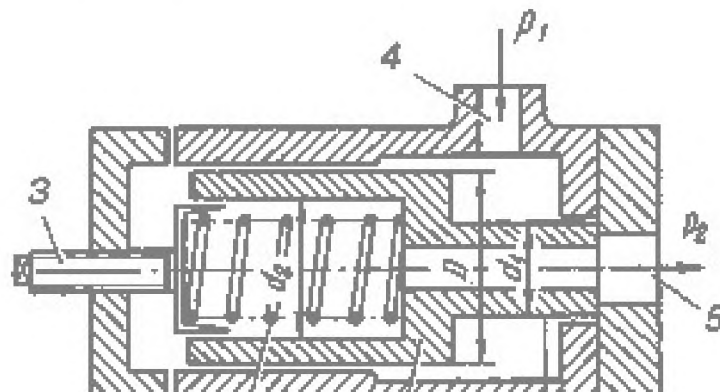


Рисунок 3.5 Редукційний клапан

1 – плунжер; 2 – пружина; 3 – гвинт; 4, 5 – отвори;

Другий тип редукційного клапана підтримує постійний редукційний тиск на виході незалежно від коливання тиску в тому, що підводиться і відводиться потоках робочої рідини. Такі редукційні клапани можуть бути прямої і непрямої дії.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Редукційний клапан непрямої дії (рис.3.6). Клапан складається з основного замочно-регулюючого елементу - золотника 1 ступінчастої форми, навантаженого нерегульованою пружиною 2 з малою жорсткістю, і допоміжного замочно-регулюючого елементу 5 у вигляді кулькового клапана. Силу натягнення пружини 4 кулькові клапани можна змінювати гвинтом 3. У корпусі клапана є канали, що сполучають порожнини 7 і 8 з виходом, а в золотнику 1 - капілярний канал 9, що сполучає порожнину 6 з порожниною 8, а через останню і з виходом клапана.

Якщо пружина 4 налаштована на тиск більший, ніж тиск P_1 на вході клапана, то золотник 1 займає початкове положення. В цьому випадку в порожнинах 6, 7 і 8 буде однаковий тиск, рівне P_1 , порожнина 10 сполучена з порожниною 11, а рідина вільно протікає через клапан. Редукування тиску при цьому не відбувається. При налаштуванні пружини 4 на тиск $P_2 < P_1$ кульковий клапан відкривається і рідина в невеликій кількості з порожнини 6 поступатиме на злив. У капілярному каналі 9 золотника створюється течія рідини з втратою в нім тиску на подолання гідравлічних опорів. В результаті тиск в порожнині 6 впаде і золотник підніметься вгору, зменшивши площу живого перерізу між порожнинами 10 і 11.

Це у свою чергу викличе пониження тиску в порожнинах 11, 8 і 7, опускання золотника і збільшення площі живого перерізу між порожнинами 10 і 11. Процес повториться знову, і золотник, здійснюючи коливальні рухи, встановиться на певній висоті. Всяку зміну тиску на вході або виході клапана викликає переміщення у відповідь золотника. Зрештою за рахунок зміни дроселювання тиск на виході клапана підтримується постійним. У цьому клапані порожнина 7 і вузький канал, що сполучає порожнину з виходом клапана, чинять демпфуючий вплив на золотник, зменшуючи його коливання.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

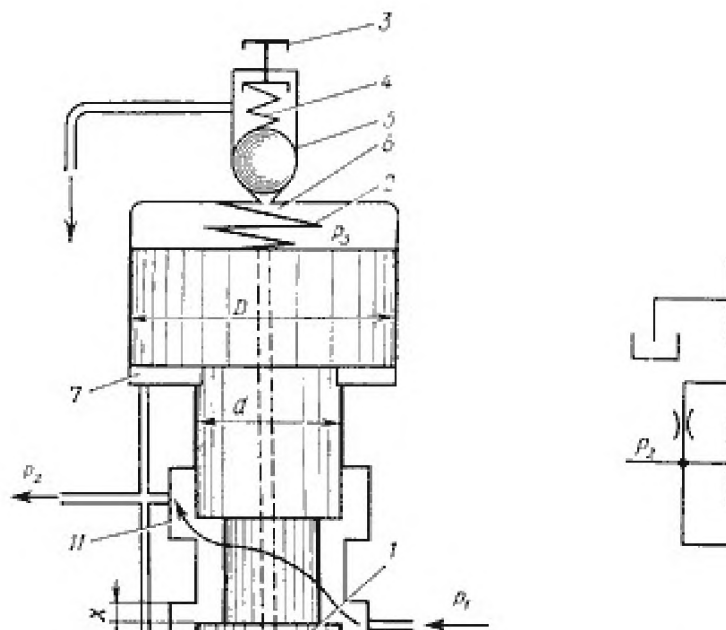


Рисунок 3.6 Редукційний клапан непрямої дії

1 – золотник; 2, 4 – пружина; 3 – гвинт; 5 – кульовий клапан;
6, 7, 8, 10, 11 – порожнини; 9 – капілярний канал;

Редукційні клапана прямої дії по кількості ліній приєднань клапана діляться на двохлінійні і трьохлінійні.

Схема двохлінійного редукційного клапана прямої дії приведена на рис. 3.7. У корпусі 1 розміщується регулюючий золотник 2, який під дією пружини 3 прагне зайняти крайнє нижнє положення і знаходиться в нїм до тих пір, поки тиск P_1 в каналі "б", діюче на нижній торець золотника, не в змозі здолати зусилля пружини редукційного клапана (рис. 3.7 а). На якому показаний стан клапана, коли зусилля від тиску P_1 із-за малої величини тиску на вході в клапан, в каналі "а" менше зусилля пружини.

Принцип роботи двохлінійного редукційного клапана полягає в наступному, у міру росту тиску P настає момент, коли зусилля від тиску P , перевищить початкове зусилля пружини, регульоване за допомогою гвинта 4 і золотника 2 почне зміщуватися вгору, частково перекриваючи канал "б" на виході клапана. З цієї миті тиск на виході клапана підтримуватиметься постійним, незалежно від подальшого наростання тиску на вході в клапана в каналі "а".

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

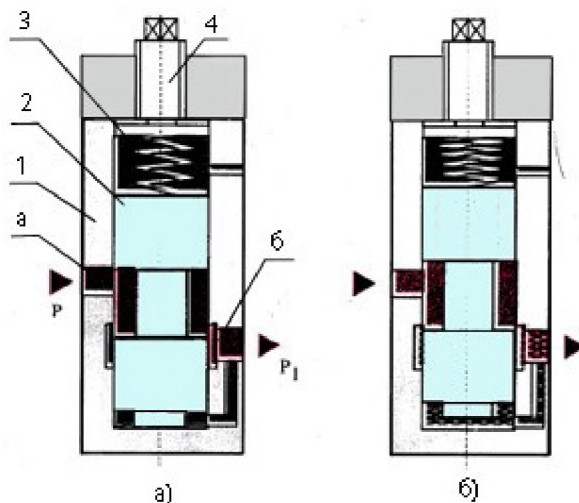


Рисунок 3.7 Схема двохлінійного редукційного клапана прямої дії

1 – корпус; 2 – золотник; 3 – пружина; 4 – гвинт.

Принцип роботи тріхлінійного редукційного клапана тиску прямої дії відрізняється від двохлінійного тим, що у нього, окрім, каналу "а" що підводить рідину і каналу "б", що відводить, є і канал "в" повідомлений із зливною магістраллю. На рис. 3.8 показана схема такого клапана, в якому, на відміну від описаного раніше, підтримка зредукованого тиску досягається шляхом часткового перекриття каналу "а", що підводить, що не принципово. Завдяки наявності зливного каналу "в", редукційний тиск в каналі "б" підтримуватиметься постійним навіть у тому випадку, коли повністю перекритому каналі "а" тиск на виході клапана прагнуче зростати з якої-небудь причини, наприклад із-за зворотного струму рідини з системи. На рис.3.8 а) показаний клапан в режимі нормального редукціювання, а на рис. 3.8 б) - в режимі переливання рідини із-за зворотного струму в канал "б".

Пристрій тріхлінійного редукційного клапана тиску модульного виконання приведена на рис. 3.9. У корпусі 1 встановлена втулка 3 з каналами "а" і "б", пов'язаними магістралями підведення рідини P і зредукованого тиску P₁. Канал "в", у свою чергу, пов'язаний з каналом "б" і встановленим в нім демпфером, за допомогою якого рідина підводиться в порожнину, утворену втулкою 3 і пробкою 4. У розточуванні втулки розміщений золотник 2, який пружинами 5 і 6 в початковому стані притиснутий до пробки 4, так що канали "а" і "в", а значить і магістралі P і P₁ оказуються повідомленими один з одним.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

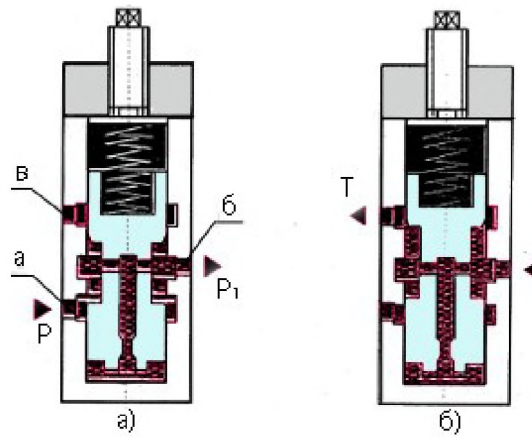


Рисунок 3.8 Схема трьохлінійного редукційного клапана прямої дії

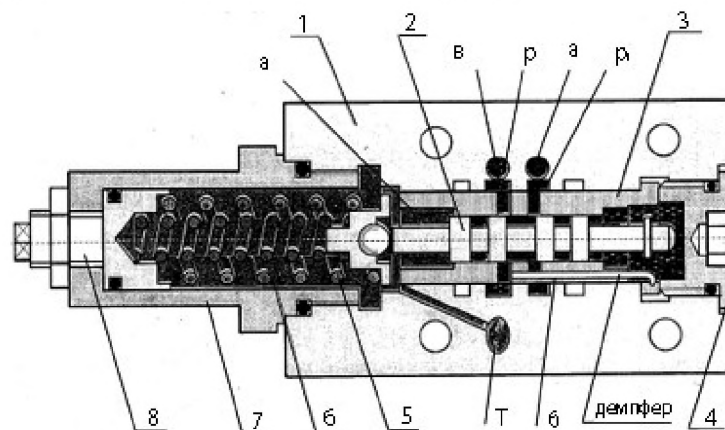


Рисунок 3.9 Пристрій трьохлінійного редукційного клапана

1 – корпус; 2 – золотник; 3 – втулка; 4 – пробка; 5, 6 – пружина; 7 – різьбовий стакан; 8 – гвинт.

При виникненні зусилля від тиску P_1 , діючого на торець золотника 2, більшого сумарного зусилля двох пружин, визначуваного положенням регульовального гвинта 8 відносно різьбового стакану 7, золотник 2 починає зміщуватися вліво, частково перекриваючи канал "а". Тим самим підтримується постійний тиск P_1 в каналі "в". Якщо чого-небудь тиск P_1 будет прагнути зростати, золотник 2 ще більше зміститься вліво так, що його перший поясок вийде в порожнину "с" і через канавки на другому пояскоку рідина з каналу "в" почне поступати на злив через свердління з порожнини "с" в магістраль "Т".

Редукційний клапан масляного насосу двигуна 4 ГЧ 7,6/7,1 на регулюється. Якщо мотору не вдається підтримувати тиск масла не варто забувати про клапан. Пружина може не справлятися з роботою з різних причин: знос, неправильний підбір, установка занадто м'якої або бракованої пружини. Усунення будь-яких

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поломок клапана полягає в розбиранні, діагностуванні, прочищенні каналів і заміні елементів, що вийшли з ладу.

3.5 Розрахунок пружини редукційного клапана на міцність.

Визначення основних параметрів.

Допустимий тиск в системі: $P_b=0,45$ МПа

Діаметр направляючої частини голки:

Підйом клапана: $h_n=12,0$ мм

Діаметр проволочи пружини: $d=1,0$ мм

Середній діаметр пружини: $D_{cp}=7,01$ мм

Число робочих витків: $n_p=12$

Зусилля, піднімаюче клапан (сила попереднього запаса пружини):

$$F_1 = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} \cdot P_{bn}, H$$

$$F_1 = 50,87 \text{ Н}$$

Попередній прогиб пружини:

$$f_1 = \frac{8 \cdot F_1 \cdot n_p \cdot D_{cp} \cdot K_2}{G \cdot d^4}, \text{ мм}$$

$$f_1 = 0,5 \text{ мм}$$

де:

$$K_2 = 1 + \frac{1}{2 \cdot c} - \frac{1}{2 \cdot c^2}$$

$K_2=1,061$ - поправочний коефіцієнт.

$$c = \frac{D_{cp}}{d}$$

$$c = 7,010$$

$G=80000$ МПа - модуль здвигу.

Максимальне зусилля пружини при підйомі голки:

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{f_2}{f_1}, H$$

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_2 = 1407,3 \text{ Н}$$

$$\text{де: } f_2 = f_1 + h_H, \text{ мм}$$

$f_2 = 12,5$ мм - максимальний прогиб пружини.

Мінімальне та максимальне напруження в пружині:

$$\tau_{\min} = \frac{2.55 \cdot D_{CP} \cdot K_1}{d^3}, \text{ МПа}$$

$$t_{\min} = 22,67 \text{ МПа}$$

де:

$$K_1 = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \frac{0.615}{c}$$

$K_1 = 1,213$ -поправочний коефіцієнт.

$$\tau_{\max} = \tau_{\min} \cdot \frac{f_2}{f_1}, \text{ МПа}$$

$$t_{\max} = 627,33 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\max} \leq [\tau]$$

$$[\tau] = 450 - 650 \text{ МПа}$$

Середнє напруження амплитуди цикла:

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2}, \text{ МПа}$$

$$t_m = 325,00 \text{ МПа}$$

$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2}, \text{ МПа}$$

$$t_a = 302,33 \text{ МПа}$$

Запас міцності по межі усталості:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a + \varphi_\tau \cdot \tau_m}$$

$$n_t = 0,85$$

де:

$$\tau_{-1} = 0,22 \cdot \sigma_\epsilon, \text{ МПа}$$

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_1 = 286$ МПа - межа усталості на кручення.

$f_t = 0,1$ - коефіцієнт приведення цикла для вуглецевих та легированих сталей.

Частота особистих колевань пружини за хвилину:

$$n_c = 2.17 \cdot 10^7 \cdot \frac{d}{n_p \cdot D_{CP}^2}, \text{кол} / \text{хв.}$$

$n_c = 36800$ кол/хв.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Заходи з охорони праці

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

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 зниження працездатності.

Між небезпечним і шкідливим фактор не завжди можливо провести чітку границю. Один і той самий фактор може привести до несчастного випадку чи до зниження продуктивності праці.

При роботі двигуна, а також різних систем і механізмів, що обслуговують двигун, виникає ряд виробничих факторів небезпечних для життя і здоров'я людей. Ці фактори регламентовані ДСТ 12.0.003-83.

Паливо та пари мастила

Випаровування пального та пари мастила проникають в організм людини, подразнююче діють і можуть призвести до виникнення хронічних захворювань легень і дихальних шляхів.

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

По СНиПу 245-71 величина припустимої границі концентрації оксиду вуглецю не повинна перевищувати 20 мг/м³.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Пожежна безпека

Причиною пожеж є: несправність електроприладів, самозаймання промасленого дроту, несправність запірної арматури, знос і корозія елементів паливної апаратури, застосування відкритого вогню, недотримання норм пожежної безпеки при роботі з легкозаймаємими речовинами.

Електробезпека

Проходячи через тіло, струм впливає:

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

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

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

Шум

Шум значно погіршує продуктивність праці. Впливає на людину, при інтенсивному рівні шуму тривалий час спостерігається втома слухового апарату, що може привести до часткового чи навіть до повної втрати слуху. Санітарні норми шуму приведені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 Санітарні норми шуму

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

Двигуни внутрішнього згоряння є одними з основних джерел шуму, що негативно впливає на людей. Шум – це комплекс звуків, що змінюються за частотою та рівнем. Як відомо, звук має хвильову природу, розповсюджується у будь-якому середовищі і приймається органами слуху людини у результаті дії на

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

них звукових хвиль. В основному, двигуни випромінюють хвилі з частотою від 20 до 8000 Гц.

Основними характеристиками звуку є тиск і сила звуку. Тиск звуку являє собою різницю між миттєвим значенням тиску в хвилі і барометричним тиском.

Найменший тиск звуку, що сприймається людиною, і який називають пороговим, становить $2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$.

Сила звуку – кількість енергії, яка переноситься хвилею в одиницю часу через одиницю площі. Сила звуку вимірюється у Вт/м^2 і є величиною, пропорційною квадратові тиску звуку. Порогове значення сили звуку становить 10^{-12} Вт/м^2 . Тиск і сила звуку змінюються у широких межах, тому для вимірювання шуму використовують логарифмічну шкалу і логарифмічні одиниці – децибели (дБ). Рівнем шуму називають двадцяти-кратний логарифм відношення тиску звуку до його порогового значення, або десятикратний логарифм відношення сили звуку до її порогового значення.

Шум двигунів внутрішнього згорання має двояке походження. З одного боку, це шум механічного походження, що виникає внаслідок ударів у рухомих з'єднаннях кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів і паливної апаратури, а також різкої зміни дії газових сил на деталі двигуна при виконанні робочого циклу.

З іншого боку, це шум газодинамічного (гідравлічного) походження, що є наслідком збурень, які виникають у процесі руху газоподібних і рідких середовищ в агрегатах двигуна і при згорянні паливоволітряної суміші.

Рівень шуму двигунів внутрішнього згорання на номінальному режимі досягає 110-120 дБ. Він значною мірою залежить, від таких експлуатаційних факторів, як навантаження та частота обертання. Зменшення частоти обертання знижує рівень шуму на 10-15 дБ.

Вібрація.

Вібрація виникає через динамічну неврівноваженість мас кривошипно-шатунного механізму ДВЗ. Локальна вібрація викликає спазми судин і погіршує

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 5.2

Таблиця 5.2 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 створюємий двигуном.

Рівень шуму вироблений двигуном 4 ГЧ 7,6/7,1 визначається по формулі:

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

де:

n_n – номінальна частота обертання, $n_n = 5600$ об/хв;

n – робоча частота обертання, $n = 5600$ об/хв;

N_e – номінальна потужність двигуна, $N_e = 50$ кВт.

$$L = \left[54 + 10 \lg(5600 + 50^{0.55}) + 30 \lg\left(\frac{5600}{5600}\right) \right] = 91,49 \text{ Дб};$$

Рівень шуму перевищує припустимі значення. Необхідно проводити заходи щодо зниження рівня шуму.

Рівень вібрації для двигуна 4ГЧ 7,6/7,1 визначається по формулі:

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

де m – маса двигуна, $m = 127$ кг;

					ПІНІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{5600 \cdot 50^{0.55} \cdot \left(\frac{1+50}{127} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{127}{50}} + 30 \lg \left(\frac{5600}{5600} \right) \right) = 86,86 \text{ Дб};$$

Заходи щодо зниження шуму і вібрації.

Для зменшення рівня шуму двигуна використовують різні конструктивні засоби, обладнують двигуни глушниками.

До конструктивних засобів, що спрямовані на зниження шуму двигуна, відносяться: добір поршнів і шатунів по вагових групах, маховик, противаги, зменшення зазорів у рухомих з'єднаннях, застосування дезаксимального кривошипно-шатунного механізму, кулачка розподільного валу з безударним профілем, використання шумопоглинаючих накладок, збільшення товщини стінок циліндра у тій частині, де має місце різка зміна тиску газів, застосування таких конструкцій камер згоряння, які забезпечують плавний ріст тиску газів.

Для зниження шуму впуску застосовують спеціальні конструкції повітроочисників, у яких використовуються шумоізолюючі прокладки, резонансні роширюючі камери глушіння, м'які гофровані шланги. Це дозволяє зменшити рівень шуму впуску на 30-35 дБ.

Для глушіння шуму випуску застосовують глушники різних конструкцій. Конструкцію глушника та його розміри вибирають і розраховують для конкретної моделі двигуна. Для інших моделей цей глушник не буде забезпечувати необхідного зниження шуму. Найбільш розповсюджені глушники, у яких для глушіння використовуються розширювальні і резонансні камери, спеціальні перфоровані труби, сітки, звукопоглинаючі матеріали.

4.2 Захист навколишнього середовища

Шкідливі речовини, що виділяються при згорянні палива у двигуні можна розділити на три основні групи:

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) продукти повного (біоксиду вуглецю CO_2) та неповного згоряння (оксид вуглецю CO , неспалені вуглеводні C_nH_m , в тому числі поліциклічні ароматичні, сажа або тверді частинки);

б) оксиди азоту NO_x , механізм створення яких безпосередньо не пов'язаний (або пов'язаний дуже мало) з процесом згоряння палива; викиди NO_x , що обумовлені, головним чином, реакціями окислення атмосферного азоту киснем при високих температурах (за термічним механізмом);

в) речовини, викиди яких пов'язані, головним чином, із вмістом у паливі сірки, сполук свинцю, золи (що містить різні важкі метали).

Основний негативний вплив оксиду вуглецю на організм людини полягає у порушенні газового обміну в організмі. Гемоглобін крові в легенях у 240 разів швидше сполучається з оксидом вуглецю, ніж з киснем, утворюючи карбоксигемоглобін (COHb), і втрачає здатність переносити кисень від легенів до окремих органів та виносити з них вуглекислий газ. Міра впливу оксиду вуглецю на організм людини залежить від концентрації його в атмосфері і від тривалості впливу. Вміст CO у повітрі 0,01% з тривалістю дії більше однієї години викликає головний біль, погіршення реакції та зменшення працездатності. Більші концентрації CO спричиняють більш важкі наслідки, аж до втрати свідомості. Довготривале вдихання CO призводить до серцево-судинних захворювань, появи атеросклерозу, враження центральної нервової системи, виникнення інфаркту міокарда, розвитку легеневих захворювань. Особливо впливає оксид вуглецю на людей, що страждають коронарною недостатністю.

Високі концентрації COHb призводять до втрати свідомості, навіть до смерті. Дослідження показали, що перебування в атмосфері із вмістом CO лише 0,001-0,0015 % ($10\text{-}15 \text{ млн}^{-1}$) протягом 8 годин спричиняє у окремих людей погіршення здатності до сприйняття часу. Процес утворення карбоксигемоглобіну є зворотним. За зупинки вдихання CO його концентрація на кожні 3-4 години зменшується удвічі. Дослідження щодо впливу CO , на рослинний світ довели, що за концентрації CO нижче 0,01 % такого впливу не відбувається навіть у випадку

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витримки рослин в цій атмосфері протягом 3 тижнів, але в деяких дослідженнях погіршувалось утворення пилку.

З великої кількості вуглеводнів, які містяться у відпрацьованих газах, найбільшої шкоди завдають ароматичні вуглеводні олефінового ряду, тобто ненасичені вуглеводні етилового ряду, що мають високу активність і є вихідними продуктами для утворення фотохімічного смогу. Вплив вуглеводнів на організм людини різноманітний: від виникнення неприємних відчуттів до появи різних захворювань. Характерною особливістю дії вуглеводнів на організм людини є їх вплив на центральну нервову систему. Великі концентрації вуглеводнів можуть призвести до наркотичного сп'яніння, що неприйнятно, особливо під час керування автомобілем. Окрім того, вуглеводні спричиняють виникнення серцево-судинних захворювань, аритмію серця, порушують діяльність шлунково-кишкового тракту, викликають зміни у складі крові.

Численними дослідженнями встановлено, що один із вуглеводнів – етилен – негативно впливає на рослини, викликаючи симптоми раннього старіння, хронічні ураження, відпадання квіток та плодів, припинення росту.

Особливу групу вуглеводнів складають канцерогени – речовини, що спричиняють ракові захворювання. Серед них особливою канцерогенною активністю відрізняється бенз(б)пірен ($C_{20}H_{12}$), що має вигляд кристалів жовтого кольору. Він добре розчиняється в оливах, жирах, сировотці людської крові, в місцях безпосереднього контакту кристалів з тканинами органів спричиняє виникнення злоякісних пухлин, має властивість накопичуватися в організмі людини і, досягнувши критичних концентрацій, спричиняє ракове захворювання.

Основними альдегідами, що надходять у атмосферу з відпрацьованими газами, є формальдегід і акролеїн.

Формальдегід (мурашковий альдегід) – газ без кольору із задущливим, подразнюючим запахом. Охолоджуючись, перетворюється в рідину за температури мінус 21°C. Легко розчиняється у воді. Розчин, який містить 40 % формальдегіду, називається формаліном. Газ шкідливо впливає на органи дихання

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і слизові оболонки, є дуже сильним подразником, вражає діяльність центральної нервової системи, печінки, нирок. За концентрації формальдегіду у атмосфері 0,007 % має місце легке подразнення дихальних шляхів та слизових оболонок очей і носа, за концентрації 0,18 % - подразнення сильне. Запах сприймається людиною за концентрації 0,000015 %, і це має бути сигналом, що перебування в такій атмосфері небезпечне.

Акролеїн – рідина без кольору із запахом підгорілих жирів. Температура кипіння 52,4°C. Пара акролеїну спричиняє сильне подразнення слизових оболонок очей. Вміст його в атмосфері 0,002 % згубний, 0,0005 % - важко переносимий, 0,00008 % - для людини безпечний. Запах сприймається людиною за концентрації 0,00016 %. Концентрація його в повітрі 0,014 % може призвести до смерті через 10 хвилин. Вплив акролеїну на організм людини адекватний впливу формальдегіду.

Відпрацьовані гази ДВЗ є основним джерелом викиду в атмосферу твердих частинок і в першу чергу сажі (кіптяви). Частинки сажі розміром 0,5-2 мкм затримуються в легенях, викликаючи алергію.

Основна небезпека сажі полягає у тому, що на своїй поверхні вона адсорбує велику кількість вуглеводневих сполук, зокрема поліциклічних ароматичних вуглеводнів, і серед них найбільш активний і небезпечний – бенз(а)пірен. Саме за допомогою сажі ці сполуки надходять в організм людини через дихальні шляхи.

Основна частина оксидів азоту, які знаходяться в атмосфері, надходить з відпрацьованими газами.

Оксиди азоту NO і NO₂ отруйні для організму людини, мають сильну подразнюючу дію, особливо на слизові оболонки, зокрема очей. Здатні глибоко проникати в легені, викликаючи пошкодження їх тканин. За високої концентрації можливі виникнення хронічних респіраторних захворювань і навіть смертельні випадки.

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Двооксид азоту в концентрації 4-6 мг/м викликає порушення життєдіяльності рослин, пригнічуючи їх зростання. Тривалий вплив NO_2 призводить до хлорозу рослин (передчасного старіння).

Двооксид азоту є вихідним продуктом утворення озону під впливом ультрафіолетового випромінювання. А надмірне накопичення озону у приземному просторі дуже шкідливе. Крім того, NO_2 має вирішальну роль в утворенні фотооксидантів. Розчин NO_2 у воді є складовою "кислотних дощів".

Сірчистий газ SO_2 – основний токсичний продукт сполук сірки, що надходить у атмосферу з відпрацьованими газами. У вільному стані SO – це газ без кольору з різким запахом, кислий на смак, отруйний, подразнює слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Легко розчиняється у воді, утворюючи сірчисту кислоту H_2SO_3

Газ вражає органи дихання, змінює склад крові, погіршує імунітет, порушує білковий обмін речовин в організмі. Крім того, він руйнує вітамін B1 у крові, збільшує накопичення цукру і білку.

Висока концентрація SO_2 в атмосфері викликає гострий бронхіт, задуху, можливу смерть внаслідок рефлексорного спазму горла.

Сполуки сірки SO_2 , SO_3 , H_2SO_3 і H_2SO_4 наносять значний збиток лісовому і сільському господарствам – вони закислюють ґрунт, підвищують вразливість рослин захворюваннями. Окрім того, ці речовини є основними складовими класичного смогу і складовою "кислотних дощів".

Сполуки сірки наносять значних збитків комунальному господарству міст, руйнуючи металеві конструкції, бетон, піддають руйнації пам'ятки архітектури.

Розробку та впровадження ефективних заходів із суттєвого зниження токсичності викидів з відпрацьованими газами слід проводити у таких основних напрямках:

– оптимізація робочого процесу та конструктивне вдосконалення. Це можна досягти такими методами як: оптимізація сумішоутворення та згоряння; інтенсифікація і вибір закону паливоподачі, пошук раціональних регулювань

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

паливної апаратури; поліпшення повітропостачання; підвищення ефективності згоряння на часткових швидкісних режимах і при мінімальній частоті обертання холостого ходу; запровадження присадок до палив та використання водопаливних емульсій; вдосконалення перехідних процесів; рівномірний розподіл палива по циліндрах; пошук раціональних фаз газорозподілу, ступеня стиску та інших конструктивних параметрів, що безпосередньо впливають на екологічні характеристики робочого процесу; збіднення суміші у двигунах з іскровим запалюванням; проміжне охолодження наддувочного повітря.

- нейтралізація та рециркуляція випускних газів.

- постійне корегування нормативів на токсичність ДВЗ з посиленням уваги до їхніх канцерогенних компонентів, з розширенням спектра токсидів, що підлягають нормуванню; треба при цьому виходити з експлуатаційних оцінок з урахуванням всіх без винятку експлуатаційних режимів. Для цього треба відмовлятися від модельних навантажень двигунів, розробляючи й використовуючи найчутливіші та високошвидкодійні автоматизовані, комп'ютеризовані, вимірювально-діагностичні комплекси, здатні у режимі реального часу видавати середньоексплуатаційні оцінки рівнів токсидів ДВЗ, узагальнені за шкалою вагомості негативних наслідків для людини впливу токсичних компонентів й приведені до найбільш шкідливого з них, наприклад, СО;

- розробка математичних моделей процесів створення токсидів у циліндрах ДВЗ із значно ширшим колом призначень та з урахуванням реальних моделей експлуатації;

- поглиблення комп'ютеризації керування ДВЗ як необхідної умови створення екологічно чистих двигунів;

- застосування комплексного паливно-екологічного критерію для оцінок результатів оптимізації конструктивних, режимних, регулювальних параметрів при створенні екологічно чистих двигунів з високою паливною економічністю;

- суттєве удосконалення систем діагностування ДВЗ при оцінках їх експлуатаційної токсичності у режимах реального часу;

					ПННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Згідно завдання на кваліфікаційну роботу тема проекту: Покращення технічних параметрів двигуна потужністю 50 кВт за рахунок використання газового палива та регулювання клапана в системі мащення..

В ході виконання кваліфікаційної роботи були розроблені необхідні конструкторські, розрахункові і пояснювальні матеріали по газовому двигуну 4ГЧ 7,6/7,1 працюючого на природному газі.

В конструкторському розділі проведено розрахунок робочого процесу, теплового балансу і динамічний розрахунок двигуна 4ГЧ 7,6/7,1 працюючого на природному газі. По результатам розрахунків побудовані індикаторна діаграма дійсного робочого циклу і діаграми сил, що діють на деталі КШМ.

Були приведені пояснювальні матеріали для чого використовується система мащення, а також опис системи мащення двигуна 4ГЧ 7,6/7,1, характерні несправності, технічне обслуговування і ремонт. Описано призначення та різновид редукційного клапана по конструкції. Редукційний клапан масляного насосу двигуна 4 ГЧ 7,6/7,1 на регулюється. Усунення будь-яких поломок клапана полягає в розбиранні, діагностуванні, очищенні каналів і заміні елементів, що вийшли з ладу.

Зважаючи на те, що розроблений газовий двигун є джерелом шуму і вібрації, частину дипломного проекту відведено для розробки заходів по зменшенню негативного впливу його роботи на водія та пасажирів і на навколишнє середовище.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф. та інш. Автомобільні двигуни. Підручник. – К.: Арістей, 2004. – 476 с.
2. Ваншейдт В.А. Конструирование и расчёты прочности судовых дизелей. Л.: Судостроение, 1969. – 640 с.
3. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., та інш. Екологія та автомобільний транспорт. Навчальний посібник: – К.: Арістей. 2006. – 292 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности „Двигатели внутреннего сгорания”/ Д.И. Вырубов, С.И. Ефимов, И.А. Иващенко и др.: Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.:Машиностроение,1984.–384с., ил.
5. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 5. Екологізація ДВЗ / За ред. проф. А.П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Прапор, 2004. – 360 с.
6. ДИЗЕЛИ. Справочник. Изд. 3-е перераб. и доп. Под общей редакцией В.А.Ваншейдта, Н.Н. Иванченко, Л.К. Коллерова. Л., „Машиностроение”,1977. 480 с. с ил.
7. Руководство по эксплуатации автомобиля ВАЗ 2108
8. Каширин Р.В., Голубев Л.Ю., Соколов М.Ф. «Пособие для должностных лиц и специалистов по курсу «Охрана труда»». Николаев: «Учебный центр», 2003.
9. Натальчишина В.П., Брендюля М.Ф., Гиль О.О. Вимоги до оформлення курсових та дипломних проектів (робіт). Методичні вказівки для студентів інституту та коледжу. – Первомайськ: ППІ – 47с.
10. Полтев В.Н. «Охрана труда в машиностроении».
11. Фомин Ю.Я., Горбань А.И., и др. Судовые двигатели внутреннего сгорания: Учебник/ – Л.: Судостроение, 1989. – 344 с.: ил.

					ПІННІ НУК 131.61.23.28 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		