

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

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

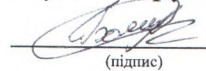
«24» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Аналіз техніко-економічних показників 4-тактного двигуна потужністю 200 кВт при змінній виді палива та вдосконаленні системи охолодження. Прототип 8ЧН 12/12.

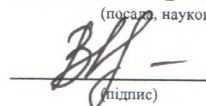
Виконав:

студент групи 61-ТЕМмаг-23

 **Бондар К.В.**
(підпис)

Керівник роботи:

доцент кафедри ЕМ, к.т.н., доцент

(посад., науковий ступень, вчене звання)
 **Нестеренко В.В.**
(підпис)

Первомайськ - 2024 р.

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

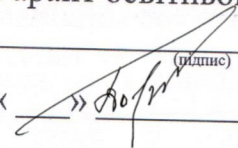
Кафедра «Енергетичне машинобудування»

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

Освітня програма «Технології енергетичного машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

«  » 2024 р.

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

Студенту Бондару Кирилу Віталійовичу

1. Тема роботи: «Аналіз техніко-економічних показників 4-тактного двигуна потужністю 200 кВт при зміні виду палива та вдосконаленні системи охолодження. Прототип 8ЧН 12/12.».

Керівник роботи Нестеренко В.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 09.09.2024 року за № 53.

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

3. Вихідні дані по роботі: Двигун-прототип 8ЧН 12/12 потужністю 154 кВт.

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

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

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

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Двигун 8ГЧН12/12 (СК). 2. Радіатор системи охолодження (СК). 3. Індикаторна діаграма та діаграма сил, що діють в КШМ (СХ). 4. Схема системи охолодження (СХ)

6. Консультанти роботи

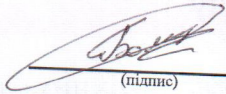
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «09» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент


(підпис)

Бондар К.В.

Керівник
роботи


(підпис)

Нестеренко В.В.

Анотація

В кваліфікаційній роботі, відповідно до завдання, спроектовано газовий двигун з наддувом потужністю 200 кВт на базі прототипу 8ЧН12/12, та розроблено конструкцію радіатора системи охолодження.

Здійснено детальний опис двигуна-прототипу 8ЧН12/12.

Виконано розрахунок параметрів робочого циклу двигуна, на основі отриманих результатів якого, побудовано теоретичну та дійсну індикаторну діаграми. Визначено величини складових зовнішнього теплового балансу двигуна, а також сили та моменти що діють в кривошипно-шатунному механізмі двигуна.

Проаналізовано існуючі схеми систем охолодження двигунів внутрішнього згоряння та конструкції їх складових. Для забезпечення високих ресурсних показників запроектованого двигуна та надійності його роботи змінено тип палива. Виконано розрахунок основних параметрів вентилятора та радіатора системи охолодження з метою забезпечення оптимальних умов протікання робочого процесу в циліндрах двигуна.

Визначено норму часу на складання радіатора системи охолодження та розроблено технологічний процес.

В проєкті розглянуто основні проблеми щодо захисту навколишнього середовища та охорони праці підчас експлуатації двигуна. Проаналізовано можливі небезпеки при експлуатації та під час обслуговування газового двигуна, проведені розробки заходів з охорони праці та навколишнього середовища. Визначено рівні шуму та вібрації проєктованого двигуна.

В графічній частині виконано креслення: поперечний розріз двигуна; складальне креслення радіатора системи охолодження двигуна; схему системи охолодження; індикаторної діаграми та сил, що діють в шатунно-поршневому механізмі.

Ключові слова: стаціонарна електростанція, газовий двигун, робочий цикл, система змащування, шатун, розпилювач, вібрація, шум.

Abstract

In the qualification work, in accordance with the assignment, a 200 kW supercharged gas engine based on the 8CHN12/12 prototype was designed, and the design of the cooling system radiator was developed.

A detailed description of the 8CHN12/12 prototype engine was made.

The parameters of the engine operating cycle were calculated, based on the results obtained, the theoretical and actual indicator diagrams were constructed. The values of the components of the external heat balance of the engine, as well as the forces and moments acting in the crank mechanism of the engine, are determined.

The existing schemes of internal combustion engine cooling systems and the design of their components are analyzed. To ensure high resource performance of the designed engine and reliability of its operation, the type of fuel was changed. The main parameters of the fan and radiator of the cooling system were calculated to ensure optimal conditions for the working process in the engine cylinders.

The time standard for assembling the cooling system radiator was determined and a technological process was developed.

The project considers the main problems of environmental protection and labor protection during engine operation. Possible hazards during operation and maintenance of the gas engine were analyzed, and labor and environmental protection measures were developed. The noise and vibration levels of the designed engine are determined.

In the graphic part, the following drawings are made: a cross section of the engine; assembly drawing of the radiator of the engine cooling system; diagram of the cooling system; indicator diagram and forces acting in the crank-piston mechanism.

Key words: stationary power plant, gas engine, work cycle, lubrication system, connecting rod, atomizer, vibration, noise.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Опис конструкції базового двигуна	7
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	
2.1 Вимоги до проектованого двигуна	18
2.2 Розрахунок робочого циклу газового двигуна з наддувом	19
2.3 Розрахунок теплового балансу двигуна	31
2.4 Розрахунок індикаторної діаграми	36
2.5 Динамічний розрахунок двигуна	42
2.6 Аналіз ефективних показників проектованого двигуна та двигуна-прототипу	47
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Призначення, опис та аналіз існуючих систем та механізмів	47
3.2 Розрахунок основних параметрів вентилятора та водяного радіатора системи охолодження	61
3.3 Визначення типу виробництва	66
3.4 Вибір обладнання, пристосування та інструменту	67
3.5 Визначення технічної норми часу	64
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, створених проектованим двигуном	69

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ							
Зм.	Арк..	№ документа	Підпис	Дата	Пояснювальна записка				Літера		Лист	Листів
Розробив	Бондарь К.В..								н		3	85
Перевірив	Нестеренко В.В											
Н. контр	Нестеренко В.В											
Затвердив	Нестеренко В.В								61-ТЕМмаг-23			

4.2 Техніка безпеки та протипожежний захист в експлуатації	73
--	----

ВИСНОВКИ	83
-----------------	----

ЛІТЕРАТУРА	84
-------------------	----

ДОДАТКИ:

Додаток 1 Специфікація двигуна 8ГЧН12/12

Додаток 2 Поперечний переріз двигуна 8ГЧН12/12

Додаток 3 Схема системи охолодження

Додаток 4 Специфікація радіатора системи охолодження

Додаток 5 Радіатор системи охолодження

Додаток 6 Індикаторна діаграма та діаграма сил, що діють в КШМ

Додаток 7 Технологічний процес складання радіатора системи охолодження

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						4
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Автомобільні двигуни внутрішнього згорання є найбільш поширеним видом двигунів. Їх сумарна потужність перевищує потужність усіх інших видів двигунів. Споживання палива і викид продуктів згорання автомобілями обчислюється багатьма десятками мільйонів тонн. Економіка автомобільного транспорту, здоров'я людей великою мірою залежать від досконалості двигунів. Тому до них пред'являють усе більш жорсткі вимоги, які вдається виконувати завдяки інтенсифікації науково-технічного прогресу. Серед різних вимог до автомобільних ДВЗ найважливішими є: досягнення високої паливної економічності; задоволення зростаючих екологічних вимог, таких, як малі токсичність викидів і їх рівень; зростання надійності, компактності; зниження матеріаломісткості, маси, трудомісткості виготовлення і експлуатації. Ці вимоги можуть бути виконані при застосуванні наддуву як засобу комплексного вдосконалення показників двигунів.

Серійне виробництво автомобільних двигунів з наддувом почалося ще у кінці 30-х років. Сфера їх використання обмежувалася легковими автомобілями з підвищеними динамічними якостями, призначеними для вузького кола споживачів, а також двотактними дизелями автомобільного типу, де наддув здійснюється в завершуючій стадії газообміну після продування. Невеликими серіями випускалися чотиритактні двигуни для великовантажних автомобілів.

У кінці 40-х років різко зросли об'єми автомобільних перевезень, зрісши за кількістю, автомобільний транспорт витісняв на промислових підприємствах залізничний. Збільшився попит на усі види сировини, яку у значних масштабах стали добувати відкритим способом, що також привело до зростання автомобільного парку. Прагнення до пониження собівартості автоперевезень підштовхнуло до необхідності зростання вантажопідйомності автомобілів, швидкості їх руху. Це, у свою чергу, привело до зростання потужності автомобільних двигунів, що найбільш економними шляхами досягалося за допомогою їх наддуву. Вже в той період двигуни з турбонаддувом стали успішно встановлювати і на промислових тракторах з великим тяговим зусиллям. З'явилися

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

перші фірми, що спеціалізуються на випуску агрегатів наддуву для двигунів автомобільного і тракторного типів. Це сприяло підвищенню якості, зниженню вартості агрегатів наддуву, яка в той період доходила до 10% від вартості двигуна.

У другій половині 60-х років застосування турбонаддуву для двигунів автомобілів великої вантажопідйомності стало набувати усе більш широкого характеру, а для кар'єрних автомобілів - переважаючий.

В 70-х роках у зв'язку з енергетичною кризою і завдяки вдосконаленню турбокомпресорів стався стрибок в їх застосуванні на автомобілях. У цей період турбонаддув став розглядатися як засіб не лише підвищення потужності, збереження її на гірських дорогах, але і паливної економічності завдяки утилізації енергії випускних газів, зниження їх токсичності і чадності.

Фундаментом відповідного прогресу, як і підвищення розповсюдження турбонаддуву автомобільних ДВС, став розвиток науково-технічних досліджень, паралельно здійснюваних декількома великими інженерними колективами у складі спеціалізованих по турбокомпресорах фірм або виробництв, з підключенням сил наукових організацій і учбових закладів. Недоліки автомобільних двигунів з турбонаддувом були, в першу чергу, здолані в діапазоні відносно великих агрегатних потужностей. Їх надійність була підвищена до рівня, що раніше не досягався у двигунів без наддуву, створені передумови подальшого форсування, поліпшення економічності і зниження токсичності. Завдяки підвищенню ефективності і надійності турбокомпресорів широкого поширення набули двигуни не лише з низьким, але і середнім, а потім і з високим турбонаддувом, стали застосовуватися системи охолодження наддувочного повітря, розгорнулося їх серійне виробництво. Були реалізовані додаткові позитивні якості двигунів з турбонаддувом, такі, як поліпшення форм швидкісних характеристик, що виражаються в зростанні запасу моменту, що крутить, в зміщенні максимуму моменту, що крутить, в діапазон знижених частот обертання колінчастого валу. Інтенсивно зменшилося відставання двигунів з турбонаддувом по прийомистості.

У 70-і і 80 - е роки найбільш швидкими темпами по сукупності показників

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

удосконалювалися дизелі з турбонаддувом, що встановлюються на магістральних автомобілях, а також автомобілях для будівельних і інших важких транспортних робіт. Нині стало технічно і економічно доцільним застосування турбонаддува для дизелів, що встановлюються на автомобілях усіх категорій, включаючи легкові. В теперішній час автомобільні дизелі з турбонаддувом для вантажних автомобілів доведені до великої міри досконалості.

Розвиток конструкції ДВЗ в теперішній час відбувається в умовах інтенсивного виснаження світових запасів нафти, що ускладнює вирішення задачі про вдосконалення технічних характеристик ДВЗ.

Успішне вирішення цих проблем, в основному, визначається принциповим підходом до проектування двигунів з врахуванням їх типу, призначення і особливостей експлуатації. Одним з основних напрямків подальшого розвитку двигунобудування є переобладнання двигунів, що працюють на дорогому дизельному паливі, на двигуни, які працюватимуть на більш дешевшому паливі – природному газі.

В даній кваліфікаційній роботі планується реалізувати завдання з проектування чотиритактного газового двигуна потужністю 200 кВт на базі двигуна-прототипу 8ЧН12/12. Проектований газовий двигун призначений для експлуатації на автомобілі, що працює в складних дорожніх умовах при значних навантаженнях. Для забезпечення надійної роботи газового двигуна з високими техніко-економічними показниками при підвищеній потужності в конструкції системи охолодження передбачено ряд змін, що дозволять підвищити механічний коефіцієнт корисної дії двигуна. Це позитивно вплине на витрати газового палива, збільшить ресурсні показники деталей циліндро-поршневої групи двигуна.

Вище зазначені аспекти дослідження буде висвітлено в доповіді на науково-практичному форумі «Енергозбереження як енергетична безпека України», який відбудеться 19 грудня 2024 року у Первомайському науко-навчальному інституті НУК імені адмірала Макарова.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						7
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції базового двигуна

Двигуни 8ЧН 12/22 чотиритактні із займанням від стискування, рідинного охолодження, з V-подібним розташуванням восьми циліндрів, з турбонаддувом і проміжним охолодженням наддувочного повітря (ОНВ) типу "повітря-повітря".

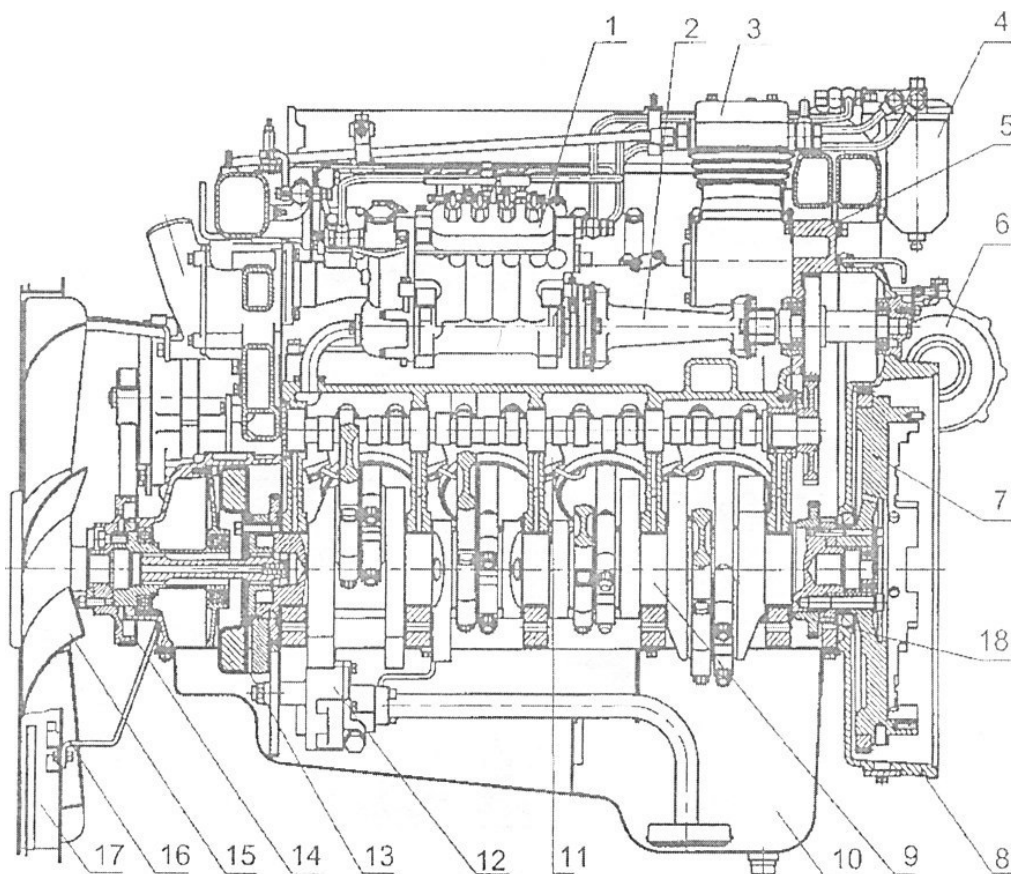


Рисунок 1.1 Поздовжній переріз двигуна

1 - ТНВТ; 2 - привід ТНВТ; 3 - компресор; 4 - фільтр тонкого очищення палива; 5 - картер агрегатів; 6 - турбокомпресор; 7 – маховик; 8 - картер маховика; 9 - колінчастий вал; 10 - масляний картер; 11 - форсунка охолодження поршня; 12 - масляний насос; 13 - гаситель крутильних коливань; 14 - шків приводу водяного насоса і генератора; 15 - вентилятор з в'язкістною муфтою; 16 - кронштейн кріплення обичайки вентилятора; 17 - обичайка вентилятора; 18-шестерня приводу масляного насоса того, що відкачує.

Блок циліндрів є основною корпусною деталлю двигуна і є відливанням з чавуну. Блок циліндрів двигуна складають два ряди напівблоків під гільзи

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

циліндрів, розташованих V-подібно під кутом 90° один до іншого і що представляють одне ціле з верхньою частиною картера. Лівий ряд розточувань під гільзи зміщений відносно правого вперед (до вентилятора) на 29,5 мм, що обумовлено установкою двох шатунів на кожну шатунову шийку колінчастого валу.

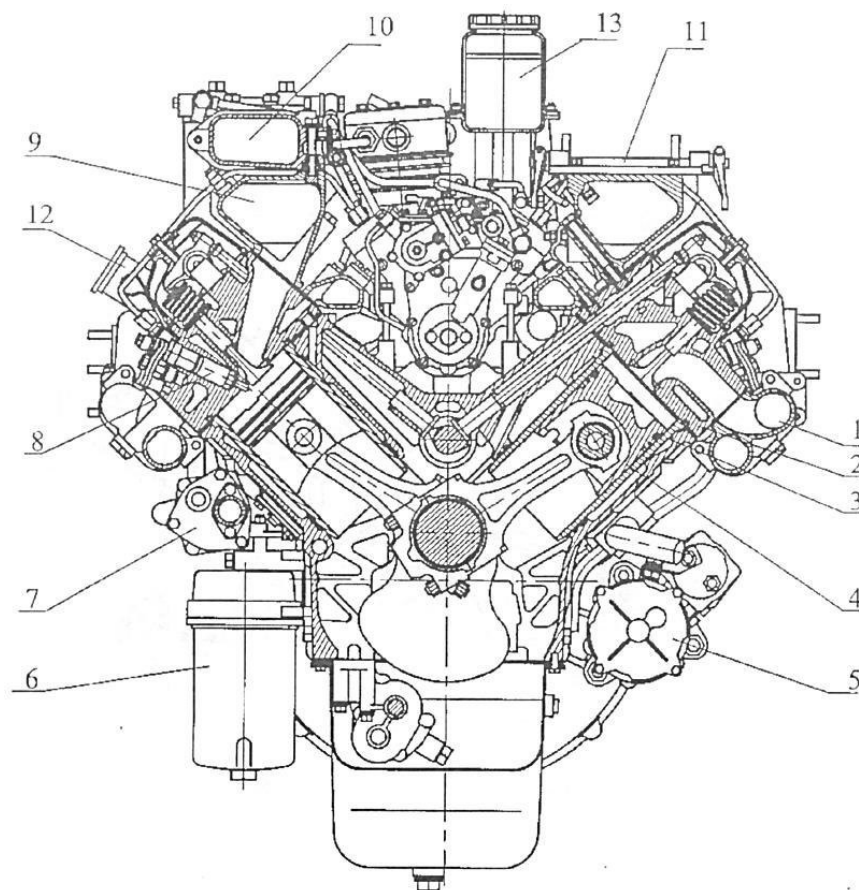


Рисунок 1.2– Поперечний переріз двигуна

1 - колектор випускний; 2 - голівка циліндра; 3 - блок циліндрів; 4 - поршень; 5 - стартер; 6 - фільтр масляний; 7 - водомасляний теплообмінник; 8 - форсунка; 9 - колектор впускний; 10 - труба підводить; 11 - привід управління регулятором ТНВТ; 12 - маслоналивна горловина; 13 - бачок насоса гідропідсилювач керма.

Кожне розточування має до два співвісні циліндричні пояси, виконаних у верхній і нижній частинах напівблоків, по яких центрується гільза циліндра, і виточку у верхньому поясі, що утворює кільцевий майданчик під бурт гільзи.

На нижньому поясі виконано дві канавки під кільця ущільнювачів, які запобігають попаданню рідини, що охолоджує, з порожнини охолодження блоку в порожнину масляного картера двигуна.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Бобишки отворів під болти кріплення голівок циліндрів виконані у вигляді приливів до поперечних стінок, що утворюють сорочку охолодження, і рівномірно розподілені навколо кожного циліндра.

Поперечні перегородки в нижній частині блоку циліндрів закінчуються товстостінними арками, що утворюють корінні опори колінчастого валу, до оброблених майданчиків яких кріпляться кришки корінних підшипників.

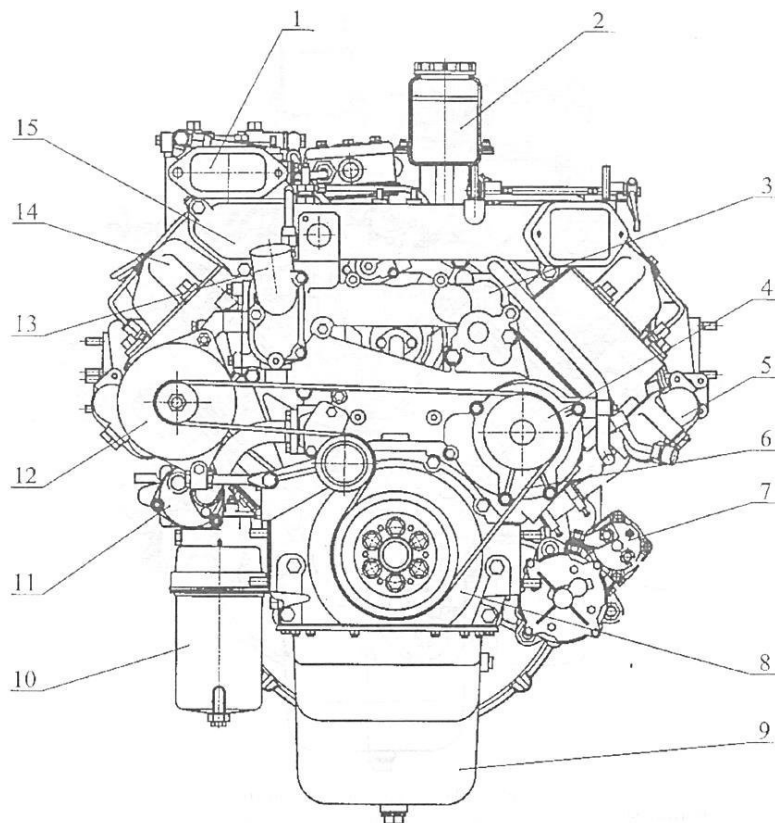


Рисунок 1.3 Двигун, вигляд спереду

1 - труба відведення повітря в охолоджувач наддувочного повітря; 2 - бачок насоса гідропідсилювача керма; 3 - корпус водяних каналів; 4 - водяний насос, 5 - випускний колектор; 6 - ремінь приводу водяного насоса і генератора; 7 - стартер; 8 - передня кришка; 9 - масляний картер; 10 - фільтр масляний; 11 - водомасляний теплообмінник; 12 - генератор; 13 - патрубок відведення рідини, що охолоджує, з двигуна; 14- кришка голівки циліндра; 15 - патрубок сполучний.

Розточування блоку циліндрів під вкладиші корінних підшипників робиться в зборі з кришками, тому кришки корінних підшипників не взаємозамінні і встановлюються в строго певному положенні. На кожній кришці нанесений порядковий номер опори, нумерація яких починається з переднього торця блоку.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						10
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У частині картера розвалу блоку циліндрів у вигляді бобишок виконані направляючі штовхачі клапанів. Ближче до заднього торця, між четвертим і восьмим циліндрами, для поліпшення циркуляції рідини, що охолоджує, виконана перепускна труба порожнини охолодження. Одночасно вона надає блоку ще і додаткову жорсткість. Паралельно осі розточувань під підшипники колінчастого валу виконані розточування під втулки розподільного валу. Нижче за розточування під кільця ущільнювачів гільз циліндрів підлиті бобишки під форсунки охолодження поршнів.

Гільзи циліндрів "мокрого" типу, легко знімні. Гільза циліндра 6 виготовляється з сірого спеціального чавуну, що не піддається термообробці в процесі виготовлення. У з'єднанні гільза-блок циліндрів порожнина охолодження ущільнена гумовими кільцями круглого перерізу. У верхній частині встановлено кільце 5 в проточці гільзи, в нижній частині - два кільця 4 в розточування блоку циліндрів.

Мікрорельєф на дзеркалі гільзи є рідкою сіткою западин і майданчиків з дрібними рисками під кутом до осі гільзи. При роботі двигуна масло утримується в западинах, що покращує припрацьовуємість деталей циліндро-поршневої групи.

Привід агрегатів здійснюється прямозубими шестернями і служить для приводу механізму газорозподілу, паливного насоса високого тиску, компресора і насоса рульового підсилювача двигуна.

Механізм газорозподілу приводиться в дію від провідної шестерні 10 (з модулем зубця 4,5 мм), закріпленою на хвостовику колінчастого валу, через блок проміжних шестерень, які обертаються на двох рядах роликів 3, розділених проміжною втулкою 4 і розташованих на осі 1, закріпленою на задньому торці блоку циліндрів. На хвостовик розподільного валу напресована шестерня 16 (з модулем зубця 3 мм), кутове розташування якої відносно кулачків валу визначається шпонкою. Шестерня 15 встановлена на вал 13 приводу ТНВТ з натягом і орієнтується шпонкою 14. Привід ТНВТ здійснюється від шестерні 15, що знаходиться в зачепленні з шестернею 16 розподільного валу. З шестернею

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

приводу ТНВТ знаходяться в зачепленні шестерні приводу компресора і насоса рульового підсилювача виробу.

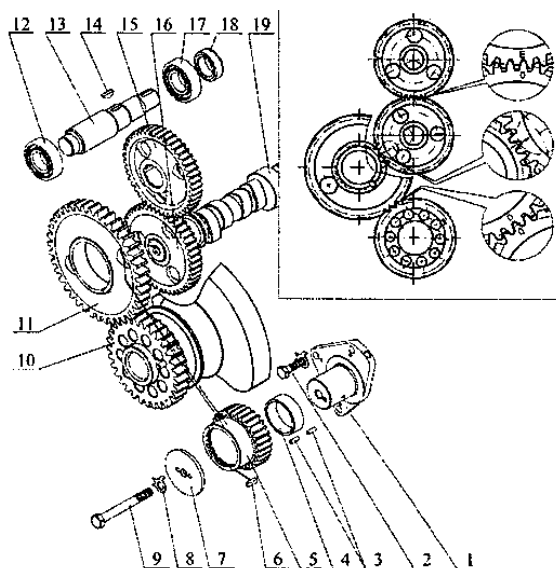


Рисунок 1.4– Привід агрегатів

1 - вісь провідної шестерні приводу розподільного валу; 2 - болт кріплення осі; 3 - ролики діаметром 5,5х15,8 у кількості 60 шт.; 4 - втулка проміжна; 5 - шестерня ведуча; 6, 14 - шпонки; 7 - шайба наполеглива; 8 - шайба замкова; 9 - болт кріплення насипного підшипника; 10 - провідна шестерня колінчастого валу; 11 - шестерня проміжна; 12, 17 - шарикопідшипники; 13 - вал приводу ТНВТ; 15 - шестерня приводу ТНВТ; 16 - шестерня приводу розподільного валу; 18 - втулка; 19 - розподільний вал.

До заднього торця блоку циліндрів кріпиться картер агрегатів. У верхній частині картера агрегатів є розточування, в які можуть встановлюватися компресор і насос рульового підсилювача виробу. З боків картера агрегатів виконані бобишки з отворами для зливу масла з турбокомпресорів і під покажчик рівня масла. Привід агрегатів закритий картером маховика, закріпленим до заднього торця блоку циліндрів через картер агрегатів. У верхній частині картера агрегатів і картера маховика ліворуч виконаний прилив, призначений для установки коробки відбору потужності. На картері маховика справа передбачено місце під фіксатор маховика, вживаний для установки і регулювання кута випередження уприскування палива, а також для регулювання теплових проміжків в механізмі газорозподілу і фіксації маховика при відвертанні болтів кріплення маховика під час проведення ремонтних робіт. У картері маховика виконані розточування для установки

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

стартера, манжети колінчастого валу і, якщо це передбачено конструкцією, корпуси заднього підшипника валу приводу ТНВТ і датчика оборотів колінчастого валу. На нижньому фланці маховика передбачений люк для провороту колінчастого валу при проведенні регулювальних і ремонтних робіт.

Колінчастий вал виготовляється з високоякісної сталі із зміцненням методом карбонітрування або азотування. Вал має п'ять корінних і чотири шатунові шийки, пов'язані щоками і зв'язані з ними перехідними галтелями. Для рівномірного чергування робочих ходів шатунові шийки колінчастого валу розташовані під кутом 90° . На кожній шатуновій шийці встановлені по два шатуни - один для правого і один для лівого рядів циліндрів. Підведення масла до шатунових шийок робиться через отвори в корінних і отвори 4 в шатунових шийках. Для урівноваження сил інерції і зменшення вібрацій колінчастий вал має шість основних противаг, відштампованих суцільно з щоками колінчастого валу. Окрім основних противаг він має додаткову знімну противагу 1, напресований на вал, його кутове розташування відносно колінчастого валу визначається шпонкою.

На хвостовику колінчастого валу виконана шийка, по якій центрується шестерня 3 (з модулем зубця 4,5 мм) привода газорозподільного механізму і маховик 1. На торці хвостовика колінчастого валу виконано десять різьбових отворів M16x1.5-6H для кріплення маховика і шестерні колінчастого валу, на торці носка колінчастого валу виконано вісім різьбових отворів M12x1.25-6H для кріплення гасителя крутильних коливань і напівмуфти відбору потужності. Від осевих переміщень колінчастий вал зафіксований верхніми і нижніми 10 півкільцями, встановленими в проточках задньої корінної опори блоку циліндрів, так, що сторона з канавками прилягає до торців валу. Ущільнення колінчастого валу здійснюється манжетою безпружинної конструкції з елементом ущільнювача з PTFE (модифікований фторопласт).

Вкладиші корінних і шатунових підшипників (рис. 1.5) виготовлені із сталеві стрічки, покритої шарами свинцевої бронзи, свинцовоолово'янистого сплаву і олова. Верхні 8 (рис. 1.5) і нижні 9 вкладишів корінних підшипників не

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						13
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

взаємозамінні. Верхні вкладиші відрізняються від нижніх наявністю отвору для підведення масла і кільцевої канавки для його розподілу. Вкладиші 9 (рис. 1.9) нижньої голівки шатуна взаємозамінні. Від провертання і бічного зміщення вкладиші фіксуються виступами (вусами), що входять в пази, передбачені в ліжках блоку і шатуна, а також кришках підшипників.

Кришки корінних підшипників виготовлені з високоміцного чавуну. Кріплення кришок здійснюється за допомогою вертикальних корінних і горизонтальних стяжних болтів, які затягуються за певною схемою з регламентованим моментом. Крім того, кришка п'ятої корінної опори центрується в подовжньому напрямі двома вертикальними штифтами.

Шатун (рис. 1.5) сталевий, кований, стержень 5 має двотавровий переріз. Верхня голівка шатуна нероз'ємна, нижня виконана з прямим роз'ємом і плоским стиком. У верхню голівку шатуна запресована сталевобронзова втулка 10, а в нижню встановлені змінні вкладиші 9. Для точної посадки вкладишів підшипника в нижню голівку, шатун остаточно обробляють в зборі з кришкою 8, тому кришки шатунів не взаємозамінні. Кришка нижньої голівки шатуна кріпиться за допомогою гайок 7, навернених на болти 6, заздалегідь запресованих в стержень шатуна. На кришці і стержні шатуна нанесені мітки спареності - тризначні порядкові номери. Крім того, на кришці шатуна вибитий порядковий номер циліндра двигуна.

Поршень 1 (рис. 1.5) відлив з алюмінієвого сплаву. У голівці поршня є три канавки, в які встановлені поршневі кільця. Канавка під верхнє компресійне кільце зі вставкою зі зносостійкого чавуну. У днищі поршня виконана відкрита тороїдальна камера згорання з витискувачем в центральній частині, яка зміщена відносно осі поршня убік від виточок під клапани на 5 мм. Бічна поверхня є складною овально-бочкоподібною формою із заниженням в зоні отворів під поршневий палець. На юбку нанесено графітове покриття. У нижній її частині виконаний паз, що виключає контакт поршня, при правильній зборці, з форсункою охолодження при знаходженні його в нижній мертвій точці (НМТ). Поршень

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						14
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплектується двома компресійними і одним маслознімним кільцями. З метою забезпечення паливної економічності і екологічних показників, застосований селективний підбір поршнів для кожного циліндра по відстані від осі поршневого пальця до днища. По вказаному параметру поршні розбиті на чотири групи 10, 20, 30 і 40. Кожна наступна група від попередньої відрізняється на 0,11 мм.

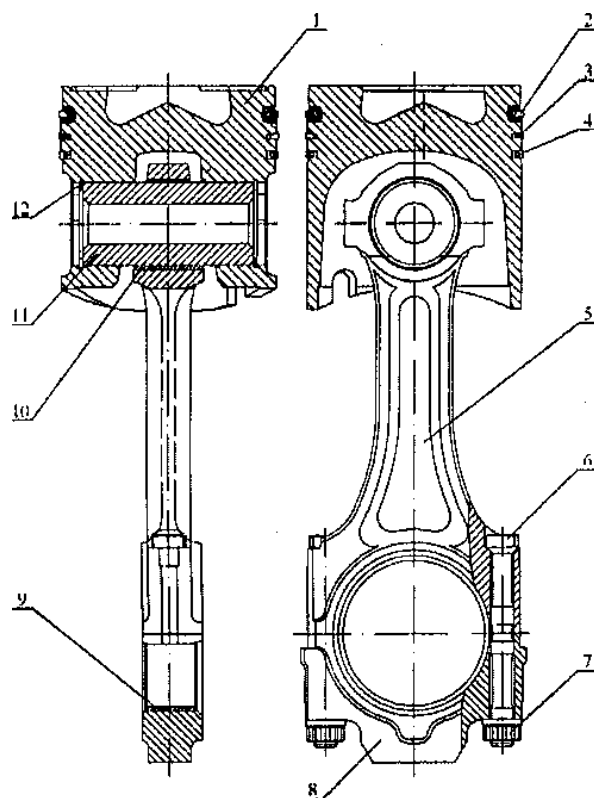


Рисунок 1.5 Поршень з кільцями в зборі з шатуном

1 - поршень; 2,3 - компресійні кільця; 4 – маслознімне кільце; 5 - стержень шатуна; 6 - болт кріплення кришки шатуна; 7 - гайка болта кріплення кришки шатуна 8 - кришка шатуна; 9 - вкладиш нижньої голівки шатуна; 10 - втулка верхньої голівки шатуна; 11 - палець; 12 - стопорне кільце.

Компресійні кільця 2 і 3 (рис. 1.5) виготовляються з високоміцного, а маслоз'ємне з сірого чавунів. Верхнє компресійне кільце має форму двосторонньої трапеції, а друге має форму односторонньої трапеції. При монтажі торець з відміткою "ТОР" повинен розташовуватися з боку камери згорання. Робоча поверхня верхнього компресійного кільця 2 зміцнена зносостійким покриттям на основі хрому, має сріблястий колір і бочкоподібну форму. Робоча поверхня другого компресійного кільця 3 зміцнена азотуванням і має сірий колір. Її форма є

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

конусом з ухилом до нижнього торця, за цією характерною ознакою кільце дістало назву "хвилинну". Хвилинні кільця застосовані для зниження витрати масла на "чад". *Маслознімне кільце 4* (рис. 1.5) коробчастого типу, заввишки 4 мм, з пружинним розширювачем, що має змінний крок витків і шліфовану зовнішню поверхню. Середня частина розширювача з меншим кроком витків при установці на поршень повинна розташовуватися в зоні замку кільця. Робоча поверхня кільця покрита хромом.

Поршневий палець 11 (рис. 1.5) плаваючого типу, його осьове переміщення обмежене стопорними кільцями 12. Палець виготовлений з хромонікелевої сталі, діаметр отвору 20,7 мм з фасками 16x25°.

Форсунки охолодження встановлюються в частині картера блоку циліндрів 6 і забезпечують подачу масла з головної масляної магістралі на внутрішню поверхню поршнів.

Механізм газорозподілу призначений для забезпечення впускання в циліндри свіжого повітряного заряду і випуску з них газів, що відпрацювали. Механізм газорозподілу – верхньоклапанний з нижнім розташуванням розподільчого валу.

Розподільчий вал сталевий, кулаки і опорні шийки піддані термообробці струмами високої частоти; встановлюється в розвалі блоку циліндрів на п'яти підшипниках ковзання, що є сталевими втулками, залитими антифрикційним сплавом. На хвостовик розподільчого валу напресована прямозуба шестерня. Привід розподільного валу здійснюється від шестерні колінчастого валу через блок проміжних шестерень (рис. 1.4). Для забезпечення заданих фаз газорозподілу, шестерні при зборці встановлюються по мітках "0", "Е" і рискам, вибитим на їх торцях. Шестерні сталеві, штамповані, термооброблені, з шліфованими зубцями.

Клапани з жароміцної сталі. Кут робочої фаски клапанів - 90°. Діаметр тарілки впускного клапана - 51,6 мм, випускного - 46,6 мм, висота підйому впускного клапана - 14,2 мм, випускного - 13,7 мм. Геометрія тарілок впускних і випускних клапанів забезпечує відповідні газодинамічні параметри впускання-випуску газів.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						16
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Клапани переміщаються в направляючих втулках, виготовлених з металокераміки. Для запобігання попаданню масла в циліндри і зниження його витрати на "чад", на ті, що направляють клапанів встановлюються гумові манжети ущільнювачів.

Штовхачі тарілчастого типу з профільованою направляючою частиною. Виготовлені із сталі з наступним наплавленням поверхні тарілки вибіленим чавуном. Штовхальник підданий хіміко-термічній обробці. *Штанги штовхачів* сталеві, порожнисті, із запресованими наконечниками.

Коромисла клапанів сталеві, штамповані, є двоплечим важелем, у якого відношення більшого плеча до меншого складає 1,55. Коромисла впускного і випускного клапанів встановлюються на загальній стійці і фіксуються в осьовому напрямі пружинним фіксатором. *Стойка коромисел* чавунна, її цапфи піддані термічній обробці СВЧ. *Пружини клапанів* гвинтові, встановлюються по дві на кожен клапан. Пружини мають різні напрями навивки. Діаметр дроту зовнішньої пружини - 4,8 мм, внутрішньої - 3,5 мм. Заздалегідь встановлюване зусилля пружин 355 Н, сумарне робоче, - 821 Н.

Голівки циліндрів окремі на кожен циліндр, виготовлені з алюмінієвого сплаву, для охолодження мають порожнину, що сполучається з порожниною охолодження блоку циліндрів. Кожна голівка циліндра встановлюється на два настановні штифти, запресовані в блок циліндрів, і кріпиться чотирма болтами з легованої сталі. Один з настановних штифтів одночасно служить втулкою для подачі масла на мастило коромисел клапанів. Втулка ущільнена гумовими кільцями. Вікна впускного і випускного каналів розташовані на протилежних сторонах голівки циліндрів. Впускний канал має тангенціальний профіль для забезпечення оптимального обертального руху повітряного заряду, що визначає параметри робочого процесу двигуна і токсичність газів, що відпрацювали. У голівку запресовані чавунні сідла і металокерамічні направляючі втулки клапанів. Випускні сідла і клапани профільовані для забезпечення меншого опору випуску газів, що відпрацювали.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						17
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1 Вимоги до проектованого двигуна.

Для забезпечення економічності потрібно звернути увагу на всі параметри, що впливають на витрату палива і мастила. Крім відпрацьовування параметрів робочого циклу двигуна, що забезпечують високий індикаторний ККД, необхідно раціонально сконструювати системи двигуна, вибрати оптимальний режим охолодження і т.д.

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

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

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

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

Двигун проектується на базі дизеля 8ЧН 12/12, його основні параметри (по технічному опису та інструкції по експлуатації) наведені в таблиці 2.1.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						18
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика двигуна 8ЧН12/12

Найменування параметра, характеристика, одиниці вимірювання	8ЧН12/12
Тип двигуна	чотирьохтактний, з запаленням від стиску
Розташування циліндрів	V-подібне, з кутом розвалу 90°
Порядок роботи циліндрів	1-5-4-2-6-3-7-8
Напрямок обертання колінчастого валу	праве (проти годинникової стрілки при погляді з боку маховика)
Діаметр циліндрів и хід поршня, мм	120x120
Робочий об'єм, л.	10,85
Номінальна потужність, кВт (л.с.)	154,4 (210)
Максимальний момент, що крутить, Н м (кгс-м)	650(65)
Питома витрата пального, г/л.с.·год	178
Ступінь стиску	17 (±2)
Частота обертання колінчастого валу, хв ⁻¹ - номінальна - при максимальному моменті, що обертає на холостому ходу :- мінімальна - максимальна	2600±50 1600...1800 600±20 2830-80
Кількість клапанів в головці циліндра	2 (впускний та випускний)
Система наддуву	газотурбінна, з двома турбокомпресорами і ОНВ типу «повітря-повітря».

2.2 Розрахунок робочого циклу двигуна.

Розрахунковий цикл поршневого двигуна внутрішнього згоряння значно відрізняється від ідеальних циклів. В розрахунковому циклі двигуна внутрішнього згоряння змінюється кількість робочого тіла, його склад і фізичні властивості. В розрахунковому циклі робоче тіло не можна приймати з постійними теплоємностями, так як температура та состав газів в циліндрі значно змінюються. В розрахунковому циклі також мають місце теплові та аеродинамічні втрати.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Крім розрахункового треба розглядати ще дійсний цикл, котрий здійснюється в працюючому двигуні і в наступний час не може бути точно описаним із за недосконалості розрахункових методик та складності процесів, що протикають в ньому. В даному дипломному проєкті використовується класична методика теплового розрахунку, розроблена В. І. Гріневецьким і далі вдосконаленого Є. К. Мазінгом.

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

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

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

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						20
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок робочого процесу газового двигуна.
Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

1. Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e =$	200	кВт
Частота обертання колінчастого валу.	$n =$	2600	хв^{-1}
Діаметр циліндра	$d =$	120	мм
Хід поршня	$S =$	120	мм
Ступінь стиску	$\varepsilon =$	10,5	
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha =$	1,7	
Число циліндрів	$i =$	8	
Коефіцієнт тактності	$z =$	4	

2. Вихідні дані для теплового розрахунку.

Тиск наддуву	$p_b =$	145	кПа
Тиск навколишнього середовища	$p_a =$	100	кПа
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293	К
Показник політропи стиску для відцентрового компресора	$n_k =$	1,6	
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	10	К
Тиск залишкових газів	$p_r =$	135	кПа
Температура залишкових газів	$T_r =$	750	К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	2,15	
Середнє значення показника політропи:			
стиску	$n_1 =$	1,37	
розширення	$n_2 =$	1,25	
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z =$	0,8	
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi =$	0,96	
Нижча теплота згорання газу	$Q_H =$	105300	кДж/м ³

Склад:	в %		В об'ємних долях	
метан	$\text{CH}_4 =$	0	$R_{\text{CH}_4} =$	0
етан	$\text{C}_2\text{H}_6 =$	0	$R_{\text{C}_2\text{H}_6} =$	0
пропан	$\text{C}_3\text{H}_8 =$	50	$R_{\text{C}_3\text{H}_8} =$	0,5
бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10} =$	50	$R_{\text{C}_4\text{H}_{10}} =$	0,5
пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12} =$	0	$R_{\text{C}_5\text{H}_{12}} =$	0
вуглекислота	$\text{CO}_2 =$	0	$R_{\text{CO}_2} =$	0
оксид вуглецю	$\text{CO} =$	0	$R_{\text{CO}} =$	0
азот	$\text{N}_2 =$	0	$R_{\text{N}_2} =$	0

кисень	$O_2 =$	0	$R_{O_2} =$	0
водень	$H_2 =$	0	$R_{H_2} =$	0

3. Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кмоль газу.

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

$$L_0 = 27,38 \text{ кмоль/кмоль}$$

Загальна кількість продуктів свіжого заряду.

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

$$M_1 = 47,55 \text{ кмоль/кмоль}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згоряння.

$$\begin{aligned} \text{Кількість } CO_2: \quad M_{CO_2} &= CO + \sum (n C_n H_m + CO_2), \text{ кмоль} \\ M_{CO_2} &= 3,5 \text{ кмоль} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Кількість } H_2O: \quad M_{H_2O} &= H_2 + \sum (0.5m C_n H_m), \text{ кмоль} \\ M_{H_2O} &= 4,5 \text{ кмоль} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Кількість } O_2: \quad M_{O_2} &= 0.21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль} \\ M_{O_2} &= 4,025 \text{ кмоль} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Кількість } N_2: \quad M_{N_2} &= 0.79 \times \alpha \times L_0 + N_2, \text{ кмоль} \\ M_{N_2} &= 36,773 \text{ кмоль} \end{aligned}$$

Загальна кількість продуктів згоряння.

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 48,798 \text{ кмоль}$$

Змінення об'єму при згорянні 1 кмоль газу.

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

$$\Delta M = 1,25 \text{ кмоль}$$

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

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

$$\beta_0 = 1,0263$$

4. Параметри процесу наповнення.

Температура повітря після нагнітача.

$$T_{\epsilon} = T_a \times \left(\frac{P_{\epsilon}}{P_a} \right)^{\frac{n_{\kappa} - 1}{n_{\kappa}}}, K$$

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						22
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_B = 336,8 \text{ K}$$

Температура повітря після охолоджувача.

$$T_{\text{int}} = T_B - (30 - 70^\circ \text{K})$$

$$\text{число з інтервалу} = 60$$

$$\Delta T_{\text{int}} = 276,8 \text{ K}$$

Температура газоповітряної суміші.

$$T_{\text{см}} = \frac{T_{\text{int}} + \alpha \times L_0 \times T_r}{1 + \alpha \times L_0}, \text{ K}$$

$$T_{\text{см}} = 319,1 \text{ K}$$

де $T_r = 310 \text{ K}$ - температура поступаючого газу.

Коефіцієнт залишкових газів.

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

$$\text{де } P_d = 0,95 \times P_e$$

$$P_d = 137,8 \text{ кПа}$$

$$\gamma_r = 0,045$$

Коефіцієнт наповнення.

$$\varphi_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_e} \times \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{см}} + \Delta T + \gamma_r T_r}$$

$$\varphi_n = 0,92$$

Температура газоповітряної суміші на початку стиску.

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

$$T_d = 347 \text{ K}$$

5. Параметри процесу стиску.

Тиск в кінці стиску.

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

$$P_c = 3452,4 \text{ кПа}$$

Температура в кінці стиску.

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

$$T_c = 828,9 \text{ K} \quad t_c = 555,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6. Параметри процесу згоряння.

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

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

$$\beta = 1,0252$$

Максимальна температура циклу знаходиться з рівняння балансу:

$$\frac{\xi \cdot 224 \cdot Q_H}{(1 + \gamma_r) \cdot (1 + \alpha \cdot L_0)} = \beta_z \cdot m_{Cp} m_z \cdot t_z - (m_{Cv} m_m + 8.314 \lambda) \cdot t_c$$

склад продуктів згорання в об'ємних долях:

$$R_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_2}$$

$$R_{CO_2} = 0,0717$$

$$R_{CO_2} = \frac{M_{H_2O}}{M_2}$$

$$R_{H_2O} = 0,0922$$

$$R_{O_2} = \frac{M_{O_2}}{M_2}$$

$$R_{O_2} = 0,0825$$

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

$$R_{N_2} = 0,7536$$

Мольна теплоємність продуктів згорання:

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

$$\text{для } O_2: m_{Cv_{O_2}} = 19,818 + 418,6 \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

$$\text{для } N_2: m_{Cv_{N_2}} = 19,818 + 418,6 \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

$$\text{для } CO_2: m_{Cv_{CO_2}} = 30,05 + 1255,8 \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

$$\text{для } H_2O: m_{Cv_{H_2O}} = 22,416 + 1004,6 \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$m_{Cv_{me}} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

де:

$$a = 21,41$$

$$b = 558,42$$

теплоємність газового палива.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

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

$$mCv_{ch_4} = 12,235 + 5028 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{c_2h_6} = 7,004 + 12649 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{c_3h_8} = 14,97 + 17800 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{c_4h_{10}} = 93,128 + 11621 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{c_5h_{12}} = 118,06 + 14096 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{N_2} = 20,637 + 255,4 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

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

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 54,05$$

$$b = 14710,5$$

мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному об'ємі.

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

Після підстановки отримаємо рівняння.

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

де:

$$a = 21,10$$

$$b = 516,38$$

де $mCv_{пов} = 20,38 + 209,5 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$ - мольна теплоємність повітря.
середня мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному тиску.

$$mCvm_{cm} = a_{cm} + \frac{b_{cm}}{2} \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCvm_{cm} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

де:

$$a = 21,10$$

$$b = 258,19$$

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

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$mCp_z = 8,314 + 19,86 + \frac{1,68}{\alpha} + \left(427,38 + \frac{184,36}{\alpha} \right) \cdot 10^{-5} t_z$$

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 29,162$$

$$b = 535,827$$

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

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

$$a = 29,162$$

$$b = 267,914$$

Максимальна температура процесу згоряння.

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

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

де:

$$A = 274,652$$

$$B = 29,896$$

$$C = 60222,56 \quad 81263,2$$

Звідки:

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

$$t_z = 1737,2 \text{ C} \quad T_z = 2010,2 \text{ K}$$

Максимальний тиск згоряння.

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

$$p_{\max} = 8582,6 \text{ кПа}$$

Ступінь підвищення тиску

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

$$\lambda = 2,49$$

$$\Delta \lambda = 5,63 \%$$

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

Ступінь попереднього розширення.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

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

$$\rho = 1$$

7. Параметри процесу розширення.

Ступінь подальшого розширення.

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

$$\delta = 10,5$$

Тиск в кінці розширення.

$$p_{\varepsilon} = \frac{p_{\max}}{\delta^{n_2}}, \text{кПа}$$

$$p_{\varepsilon} = 454,1 \text{ кПа}$$

Температура в кінці розширення.

$$T_{\varepsilon} = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$$

$$T_{\varepsilon} = 1116,7 \text{ К}$$

Середня температура випускних газів.

$$T_{\text{ср.г.}} = \frac{T_{\varepsilon}}{K'} \left[1 + (K'' - 1) \frac{P_r}{P_{\varepsilon}} \right]$$

$$T_{\text{ср.г.}} = 880,6 \text{ К}$$

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

Температура залишкових газів.

$$T_r = \frac{T_{\varepsilon}}{\sqrt{\frac{P_{\varepsilon}}{P_r}}}$$

$$T_r = 745,3 \text{ К}$$

$$\frac{|T_r^3 - T_r|}{T_r^3} \times 100 \% = 0,63 \%$$

Перевірка:

8. Індикаторні показники робочого процесу.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

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

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$P_{mi} = 994,10 \text{ кПа}$$

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = 1,985 \frac{(1 + \alpha \cdot L_0) G_{cm} \cdot P_{mi}}{Q_H \cdot P_d \cdot \Phi_c \cdot 22,4} \cdot 4,186$$

$$\eta_i = 0,42$$

Питома індикаторна витрата газу.

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i}, M^3 / (квт \cdot год)$$

$$g_i = 0,08 \text{ м}^3 / (квт \cdot год)$$

9 Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0,088 + 0,0118 \times V_{п.ср} \text{ кПа}$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{п.ср.} = \frac{S_{п.р.} \times n}{30}, M / C$$

$$S_{п.р.} = 0,12 \text{ - хід поршня, м}$$

$$V_{п.ср.} = 10,4 \text{ м/с}$$

$$P_M = 147,5 \text{ кПа}$$

Середній ефективний тиск.

$$P_{me} = P_{mi} - P_m, \text{ кПа}$$

$$P_{me} = 846,59 \text{ кПа}$$

Механічний К.К.Д.

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

$$\eta_M = 0,85$$

Ефективний К.К.Д.

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

$$\eta_e = 0,356$$

Питома ефективна витрата газу.

$$b_e = \frac{g_i}{\eta_m}, M^3 / (квт. год).$$

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$b_e = 0,096 \text{ м}^3/(\text{кВт} \cdot \text{год})$$

Годинна витрата газу.

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

$$B = 19,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

10 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.

$$V_{st} = 10,90 \text{ Л}$$

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{ Л}$$

$$V_s = 1,36 \text{ Л}$$

Діаметр циліндра.

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

$$m = \frac{S_{PP}}{d_{PP}}$$

$$d_{PP} = 0,12 \text{ м}$$

$$m = 1$$

$$d = 120,2 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times d, \text{ мм}$$

$$S = 120,2 \text{ мм}$$

11 Уточнені розміри циліндра двигуна.

Діаметр циліндра.

$$d = 120 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 120 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

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

$$V_{st} = 10,85 \text{ л}$$

Робочий об'єм ходу поршня.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}$$

$$V_s = 1,36 \text{ л}$$

Ефективна потужність двигуна.

		.			ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \cdot V_{St} \cdot n}{30 \cdot Z \cdot 10^3}, KBm$$

$$P_{ep} = 199,1 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

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

$$P_{esp} = \frac{P_{ep} + P_e}{2}$$

$$P_{esp} = 199,5 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,47 \%$$

Так як значення $\Delta P_e < 5\%$, то розрахунок робочого процесу двигуна виконаний вірно.

		.			ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						30
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Розрахунок теплового балансу

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Вихідні дані:

ефективна потужність двигуна	$P_e =$	199,1 кВт
частота обертання колінвалу	$n =$	2600 хв-1
діаметр циліндру	$D =$	120 мм
хід поршня:	$S =$	120 мм
число циліндрів:	$i =$	8
коефіцієнт тактності:	$Z =$	4
нижча теплота згорання газу:	$Q_H =$	105300 кДж/кг
годинна витрата газу:	$B_f =$	19,2 м ³ / год
Індикаторний к.к.д.:	η_i	0,42
ефективний к.к.д.:	$\eta_e =$	0,36
кількість свіжого заряду	$M_1 =$	47,548 кмоль/кг
загальна кількість продуктів згорання	$M_f =$	48,798 кмоль/кг
температура випускних газів	$T_{ср.г.} =$	880,6 К
температура на початку стиску	$T_d =$	347,3 К
мольна теплоємність продуктів згорання при постійному об'ємі:	$mC_v =$	24,75 кДж/(кмоль*К)
мольна теплоємність свіжого заряду при постійному об'ємі:	$mC_v =$	21,64 кДж/(кмоль*К)
середній індикаторний тиск:	$P_{mi} =$	994,10 кПа

Рівняння теплового балансу.

Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом

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

- де Q_e - теплота, еквівалентна ефективній роботі;
 Q_B - теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною;
 Q_f - 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:

$$Q_{II} = B \cdot Q_H / 3600$$

$$Q_{II} = 562,0 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні q_{II} приймаємо за 100%

Теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна:

$$Q_e = 1000 \cdot P_e$$

$$Q_e = 199,1 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						31
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$q = 35,4 \%$$

Перевірка: $Q'_e = Q_n \cdot \eta_e$

$$Q'_e = 200 \text{ кВт}$$

Вираховуємо похибку

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

$$\Delta = -0,47 \%$$

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 циліндра;

$Q_{г.п.}$ - 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.

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

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

З експериментальних даних:

$$W_{нап.} = 0 \quad W_{г.р.} = 0,09-0,25 \quad 0,14$$

$$W_{ст.} = 0 \quad W_{вип.} = 0,01-0,07 \quad 0,05$$

$$Q_w = 106,8 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра.

Середній тиск механічних втрат в механізмах двигуна.

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

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

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

$$C_m = 10,4 \text{ м/с}$$

$$P_{мд} = 210,72 \text{ кПа}$$

Середній тиск тертя поршня:

$$P_{ср.т.} = 0,6 \cdot P_{мд}$$

$$P_{ср.т.} = 126,43 \text{ кПа}$$

Потужність тертя поршнів двигуна:

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

де V_s - робочий об'єм циліндру.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						32
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$V_s = 0,0014 \text{ м}^3$$

$$P_n = 29,7 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі тертя поршнів:

$$Q_{T.П.} = P_{П.}$$

$$Q_{T.П.} = 29,7 \text{ кВт}$$

Визначаємо витрату води для відведення теплоти, що передається через стінки втулки циліндру та утворюється при терті поршнів двигуна:

$$Q'_B = Q_W + Q_{T.П.}$$

$$Q'_B = 136,5 \text{ кВт}$$

тоді витрата охолоджуючої рідини:

$$V_B = \frac{Q'_B \cdot K}{\rho_{\epsilon} \cdot C_{mb} \cdot \Delta T_{\epsilon}}$$

$$K = 1,2-1,5 - \text{коефіцієнт запасу.} \quad K = 1,5$$

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

$$C_{mb} = 4,19 \text{ кДж/(кг*град)} - \text{середня теплоємність води.}$$

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

$$\Delta T_{\epsilon} = 10 \text{ К}$$

$$V_B = 0,0049 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потужність, яка використовується на привід водяного насосу.

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

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

$$\eta_{в.н.} = 0,6 - 0,7 - \text{к.к.д. водяного насосу.}$$

$$\eta_{в.н.} = 0,65$$

$$P_{в.н.} = 0,74 \text{ кВт}$$

$$\text{Тоді } Q_{в.н.} = 0,74 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти, яка відводиться охолоджувальною рідиною.

$$Q_{\epsilon} = Q_W + Q_{T.П.} + Q_{в.н.}$$

$$Q_{\epsilon} = 137,2 \text{ кВт}$$

що складає у відсотковому відношенні:

$$q_{\epsilon} = Q_{\epsilon} / Q_{П.} \cdot 100\%$$

$$q_{\epsilon} = 24,42 \%$$

Теплота, яка виноситься випускними газами:

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$Q_{\Gamma} = \frac{B_r}{3.6 \times 224} \left[M_2 \cdot (mC_p)_{T_0}^{T_{cpz}} \cdot T_{cpz} - M_1 \cdot (mC_p)_{T_0}^{T_d} \cdot T_d \right]$$

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

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

$$mC_p'' = 33,07 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K)}$$

$$mC_p' = 29,95 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K)}$$

$$Q_{\Gamma} = 220,8 \text{ кВт}$$

Що складає у відсотковому відношенні:

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

$$q_{\Gamma} = 39,28 \%$$

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

Теплота, яка відводиться маслом, від гарячих деталей двигуна.

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

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

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

$$\Delta_{MD} = 0,0886$$

тоді

$$Q_{MD} = 49,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{M1} = 19,3 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід насоса системи мащення.

Витрата циркуляційного масла.

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

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

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

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

$T_M = 6 - 15 \text{ K}$ - температурний перепад масла в охолоджувачі двигуна

$$\Delta T_M = 10 \text{ K}$$

$$V_M = 0,0015 \text{ м}^3/\text{с}$$

потужність, яка використовується на привід масляного насоса:

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

де $P_0 = (0,3 - 0,4) \cdot 10^6 \text{ Па}$ - робочий тиск масла в системі.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$P_0 = 400000 \quad \text{Па}$$

$\eta_m = 0,7 - 0,9$ -механічний к.к.д. масляного насоса.

$$\eta_m = 0,7$$

$$P_{\text{м.н.}} = 0,88 \text{ кВт}$$

тоді $Q_{H2} = 1000 \cdot P_{\text{MH}}$

$$Q_{M2} = 0,9 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти складає:

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

$$Q_M = 20,2 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні

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

$$q_M = 3,59 \%$$

Невраховані теплові втрати

$$Q_{\text{H.B.}} = Q_{\text{П}} - (Q_e + Q_g + Q_{\text{в}} + Q_M)$$

$$Q_{\text{H.B.}} = 15,2 \text{ кВт}$$

що складає у відсотковому відношенні:

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

$$q_{\text{H.B.}} = 2,71 \%$$

Всі отримані дані зведені в таблицю 1

Таблиця 1 Зведена таблиця теплового балансу.

Складові теплового балансу	кВт	%
теплота, еквівалентна ефективній роботі	199,1	35,4
теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною	137,2	24,4
теплота, яка виноситься випускними газами	220,8	39,3
теплота, яка відводиться маслом	20,2	3,6
невраховані теплові втрати	15,2	2,7
Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом	592,5	100,0

2.4 Розрахунок індикаторної діаграми.

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми.

Вихідні дані

$P_{mi} =$	0,994 МПа	Середній індикаторний тиск.
$P_d =$	0,1378 МПа	Тиск в кінці впуску.
$n_1 =$	1,370	Показник політропи стиску.
$\varepsilon_c =$	10,500	Ступінь стиску.
$P_{max} =$	8,583 МПа	Максимальний тиск в циліндрі.
$n_2 =$	1,250	Показник політропи розширення.
$\rho =$	1,000	Ступінь попереднього розширення.
$m_p =$	0,040 МПа/мм	Масштаб по осі тиску.
$\xi =$	0,960	

Таблиця 2

Результати розрахунку.

V / V_c	$P_{CT}, \text{МПа}$	$P_{CT}, \text{мм}$	$P_{роз}, \text{МПа}$	$P_{роз}, \text{мм}$	$P_{cp}, \text{МПа}$
1	3,452	86,3	8,583	214,6	5,130
1,25	2,543	63,6	6,494	162,3	3,951
1,5	1,981	49,5	5,170	129,3	3,189
1,75	1,604	40,1	4,264	106,6	2,660
2	1,336	33,4	3,609	90,2	2,273
3	0,766	19,2	2,174	54,3	1,407
4	0,517	12,9	1,517	37,9	1,000
5	0,381	9,5	1,148	28,7	0,767
6	0,297	7,4	0,914	22,8	0,617
7	0,240	6,0	0,754	18,8	0,514
8	0,200	5,0	0,638	15,9	0,438
9	0,170	4,3	0,551	13,8	0,380
9,5	0,158	3,9	0,515	12,9	0,357
$P_{mi}^{\text{Д}} =$					1,036

Об'єм камери згорання

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

$$V_s = [AB] = 180 \text{ мм}$$

$$V_c = 18,947 \text{ мм}$$

Приведений робочий об'єм

Похибка середнього індикаторного тиску.

$$\Delta P_{mi} = \frac{|P_{mi} - P_{mi}^D|}{P_{mi\text{ ср}}} \times 100\%$$

$$P_{mi\text{ ср}} = \frac{P_{mi} + P_{mi}^D}{2}, \text{ МПа}$$

$$P_{mi\text{ ср}} = 1,015 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{mi} = 4,08$$

Похибка не перевищує 5%

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Побудова дійсної індикаторної діаграми.

$C', \text{ДоВМТ}$	точка подачі іскри.
$f, \text{ДоВМТ}$	Визначається кутом випередження запалювання точка початку згорання, визначається кутом затримки згорання: $\Delta\varphi_1 =,^0 \text{ ПКВ}$
$\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$	кут після ВМТ, де тиск максимальний
$b', \text{ПісляВМТ}$	точка відкриття випускного клапану
$r', \text{ДоВМТ}$	точка відкриття впускного клапану
$r'', \text{ПісляВМТ}$	точка закриття випускного клапану
$d', \text{ДоВМТ}$	точка закриття впускного клапану
c''	точка тиску газів в ВМТ в кінці такту стиску
Z_d	точка максимального тиску газів

Вихідні дані.

$\lambda_L =$	0,268	Кривошипно-шатунне відношення.
$[AB] =$	180	мм Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі
$\Delta\varphi_1 =$	10	$^0 \text{ ПКВ}$ Кут затримки згорання.
$P_r =$	0,135	МПа Тиск залишкових газів.
$m_p =$	0,040	МПа/мм Масштаб тиску.
$S =$	120	мм Хід поршня.
$P_c =$	3,452	МПа Тиск в кінці стиску.
$P_{\max} =$	8,583	МПа Максимальний тиск.

Таблиця 3 Визначення точок дійсної індикаторної діаграми.

Позначка точки $\varphi^0, \text{ПКВ}$	Положення точки відносно ВМТ, $\varphi^0, \text{ПКВ}$	Постійна $X = (1 - \cos\varphi) + \frac{\lambda_L}{4} \times (1 - \cos 2\varphi)$	Відстань від ВМТ до точки $X \times \frac{[AB]}{2}, \text{мм}$
$C', \text{ДоВМТ}$	15	0,043	3,9
$f, \text{ДоВМТ}$	5	0,005	0,4
$\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$	10	0,019	1,7
$b', \text{ПісляВМТ}$	130	1,721	154,9
$r', \text{ДоВМТ}$	10	0,019	1,7
$r'', \text{ПісляВМТ}$	30	0,167	15,1
$d', \text{ДоВМТ}$	150	1,900	171,0

Ордината точки г

$$\frac{P_r}{m_p}, \text{ мм} \quad 3,4 \quad \text{мм}$$

Тиск газів в ВМТ.

$$P_c'' = (1.15 - 1.25) \times P_c$$

1,2 Число з інтервалу.

$$\begin{aligned} P_c'' &= 4,14 \quad \text{МПа} \\ P_c'' &= 103,6 \quad \text{мм} \end{aligned}$$

Максимальний тиск згорання.

для карбюраторних і газових двигунів: $P_{zd} = P_{\max} * 0,85$

$$\begin{aligned} P_{zd} &= 7,30 \quad \text{МПа} \\ P_{zd} &= 182 \quad \text{мм} \end{aligned}$$

Поправка Брікса

$$OO = \frac{R \cdot \lambda_L}{2}, \text{ мм}$$

$$OO' = 21,3 \quad \text{мм}$$

Масштаб переміщення

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

$$M_s = 1,89$$

Поправка Брікса в масштабі переміщення

$$OO = \frac{OO'}{M_s}, \text{ мм}$$

$$OO = 11,3 \quad \text{мм}$$

2.5 Динамічний розрахунок двигуна

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Для виконання розрахунків на міцність деталей двигуна, що рухаються необхідно знати величини сил, які діють на КШМ. Для знаходження сил, що діють на деталі

КШМ і виконується динамічний розрахунок двигуна.

Вихідні дані:

$d=$	0,12	м - діаметр циліндра
$s=$	0,12	м - хід поршня
$\lambda_L=$	0,268	- кривошипно-шатунне відношення
$r=$	0,06	м - радіус кривошипа
$n=$	2600	хв ⁻¹ - частота обертання
$m_s=$	7,0	кг - маса деталей, що рухаються зворотно-поступально
$m_F=$	1,00	кН/мм - масштаб сил
$m_p=$	0,05	МПа/мм масштаб тиску.

Кутова швидкість

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

$$\omega = 272,1 \text{ с}^{-1}$$

Площа днища поршня

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = 0,011 \text{ м}^2$$

Сила тиску газу

$$F_z = (P_c - P_a) \times \frac{\pi d^2}{4}, H$$

Сила інерції мас, що рухаються зворотно-поступально.

$$F_u = -m_s r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda_L \cos 2\varphi), H$$

Сумарна сила (дійсна).

$$F_d = F_z \pm F_u, H$$

Нормальна сила.

$$F_n = F_d \times \operatorname{tg} \beta, H$$

Радіальна сила.

$$F_r = F_d \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, H$$

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Дотична сила.

$$F_{\kappa} = F_d \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, H$$

Сила інерції мас, що рухаються обертально.

$$F_{uob} = -m_R r \omega^2, H$$

$$F_{uob} = -43,9 \quad \text{кН}$$

$$F_{uob} = -43,9 \quad \text{мм}$$

Маса деталей, що рухаються обертально

$$m_R = 9,87 \quad \text{кг}$$

Тиск газів в залежності від кута повороту колінчастого вала

$$\text{для } \varphi = 10 \dots 180^\circ \quad P_{\text{ц}} = P_d$$

$$\text{для } \varphi = 190 \dots 350^\circ \quad P_{\text{ц}} = P_d \left(\frac{V_a}{V_f} \right)^{n_1}$$

$$\text{для } \varphi = 360^\circ \quad P_{\text{ц}} = \frac{P_{\text{max}} + P_c}{2}$$

$$\text{для } \varphi = 370^\circ \quad P_{\text{ц}} = P_{\text{max}}$$

$$\text{для } \varphi = 380 \dots 530^\circ \quad P_{\text{ц}} = P_{\text{max}} \left(\frac{V_c \cdot \rho}{V_f} \right)^{n_1}$$

$$\text{для } \varphi = 540^\circ \quad P_{\text{ц}} = \frac{P_b + P_d}{2}$$

$$\text{для } \varphi = 550 \dots 720^\circ \quad P_{\text{ц}} = P_r$$

Робочий об'єм

$$V_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot S = 0,00136 \text{ м}^3$$

Об'єм камери сгорання

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1} = 0,00017 \text{ м}^3$$

Повний об'єм

$$V_a = V_s + V_c = 0,001526 \text{ м}^3$$

Перемінний об'єм циліндра в залежності від кута повороту колінчастого вала

$$V_f = A r \left[(1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda_z}{4} (1 - \cos \varphi) \right] + V_c, \text{ м}^3$$

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Таблиця 4

Результати динамічного розрахунку.

φ	V_f	F_r	F_i	F_d	F_N	F_r	F_k	F_r	F_i	F_d	F_N	F_r	F_k
ПКВ	МЗ	КН	КН	КН	КН	КН	КН	КН	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ
0	0,0002	0,427	-39,440	-39,013	0,000	-39,013	0,000	-39,013	0,43	-39,44	-39,01	0,00	-39,01
10	0,0002	0,427	-38,464	-38,038	-1,763	-37,152	-8,350	0,43	-38,46	-38,04	-1,76	-37,15	-8,35
20	0,0002	0,427	-35,614	-35,187	-3,176	-31,957	-15,078	0,43	-35,61	-35,19	-3,18	-31,96	-15,08
30	0,0003	0,427	-31,105	-30,678	-3,975	-24,494	-18,931	0,43	-31,10	-30,68	-3,97	-24,49	-18,93
40	0,0004	0,427	-25,274	-24,848	-4,044	-16,241	-19,301	0,43	-25,27	-24,85	-4,04	-16,24	-19,30
50	0,0005	0,427	-18,546	-18,119	-3,426	-8,735	-16,323	0,43	-18,55	-18,12	-3,43	-8,74	-16,32
60	0,0006	0,427	-11,384	-10,957	-2,285	-3,214	-10,797	0,43	-11,38	-10,96	-2,29	-3,21	-10,80
70	0,0007	0,427	-4,253	-3,826	-0,848	-0,373	-3,936	0,43	-4,25	-3,83	-0,85	-0,37	-3,94
80	0,0008	0,427	2,432	2,859	0,655	-0,274	2,951	0,43	2,43	2,86	0,65	-0,27	2,95
90	0,0009	0,427	8,336	8,763	2,028	-2,438	8,763	0,43	8,34	8,76	2,03	-2,44	8,76
100	0,0011	0,427	13,234	13,661	3,129	-6,053	12,804	0,43	13,23	13,66	3,13	-6,05	12,80
110	0,0012	0,427	17,024	17,450	3,867	-10,236	14,845	0,43	17,02	17,45	3,87	-10,24	14,84
120	0,0013	0,427	19,720	20,147	4,201	-14,236	15,044	0,43	19,72	20,15	4,20	-14,24	15,04
130	0,0013	0,427	21,441	21,867	4,135	-17,570	13,803	0,43	21,44	21,87	4,13	-17,57	13,80
140	0,0014	0,427	22,379	22,806	3,712	-20,034	11,604	0,43	22,38	22,81	3,71	-20,03	11,60
150	0,0015	0,427	22,769	23,195	3,005	-21,656	8,881	0,43	22,77	23,20	3,01	-21,66	8,88
160	0,0015	0,427	22,842	23,269	2,100	-22,598	5,946	0,43	22,84	23,27	2,10	-22,60	5,95
170	0,0015	0,427	22,798	23,225	1,077	-23,060	2,967	0,43	22,80	23,22	1,08	-23,06	2,97
180	0,0015	0,427	22,768	23,195	0,000	-23,195	0,000	0,43	22,77	23,19	0,00	-23,19	0,00
190	0,0015	0,437	22,798	23,235	-1,077	-23,070	-2,969	0,44	22,80	23,24	-1,08	-23,07	-2,97
200	0,0015	0,470	22,842	23,312	-2,104	-22,640	-5,957	0,47	22,84	23,31	-2,10	-22,64	-5,96
210	0,0015	0,527	22,769	23,296	-3,018	-21,750	-8,920	0,53	22,77	23,30	-3,02	-21,75	-8,92
220	0,0014	0,614	22,379	22,993	-3,742	-20,198	-11,699	0,61	22,38	22,99	-3,74	-20,20	-11,70
230	0,0013	0,736	21,441	22,176	-4,193	-17,818	-13,998	0,74	21,44	22,18	-4,19	-17,82	-14,00
240	0,0013	0,905	19,720	20,625	-4,301	-14,574	-15,401	0,90	19,72	20,62	-4,30	-14,57	-15,40

ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ

Лист

42

Продовження таблиці 4

250	0,0012	1,137	17,024	18,161	-4,025	-10,652	-15,449	1,14	17,02	18,16	-4,02	-10,65	-15,45
260	0,0011	1,456	13,234	14,690	-3,365	-6,510	-13,769	1,46	13,23	14,69	-3,37	-6,51	-13,77
270	0,0009	1,900	8,336	10,236	-2,369	-2,847	-10,236	1,90	8,34	10,24	-2,37	-2,85	-10,24
280	0,0008	2,527	2,432	4,959	-1,136	-0,475	-5,120	2,53	2,43	4,96	-1,14	-0,48	-5,12
290	0,0007	3,434	-4,253	-0,819	0,181	-0,080	0,842	3,43	-4,25	-0,82	0,18	-0,08	0,84
300	0,0006	4,774	-11,384	-6,610	1,379	-1,939	6,513	4,77	-11,38	-6,61	1,38	-1,94	6,51
310	0,0005	6,798	-18,546	-11,748	2,221	-5,663	10,583	6,80	-18,55	-11,75	2,22	-5,66	10,58
320	0,0004	9,890	-25,274	-15,385	2,504	-10,056	11,950	9,89	-25,27	-15,38	2,50	-10,06	11,95
330	0,0003	14,521	-31,105	-16,584	2,149	-13,241	10,234	14,52	-31,10	-16,58	2,15	-13,24	10,23
340	0,0002	20,835	-35,614	-14,779	1,334	-13,422	6,333	20,83	-35,61	-14,78	1,33	-13,42	6,33
350	0,0002	27,415	-38,464	-11,049	0,512	-10,792	2,426	27,42	-38,46	-11,05	0,51	-10,79	2,43
360	0,0002	68,022	-39,440	28,582	0,000	28,582	0,000	68,02	-39,44	28,58	0,00	28,58	0,00
370	0,0002	97,018	-38,464	58,554	2,714	57,190	12,854	97,02	-38,46	58,55	2,71	57,19	12,85
380	0,0002	66,315	-35,614	30,702	2,771	27,884	13,156	66,32	-35,61	30,70	2,77	27,88	13,16
390	0,0003	46,928	-31,105	15,823	2,050	12,633	9,765	46,93	-31,10	15,82	2,05	12,63	9,76
400	0,0004	32,707	-25,274	7,433	1,210	4,858	5,773	32,71	-25,27	7,43	1,21	4,86	5,77
410	0,0005	23,214	-18,546	4,668	0,883	2,251	4,206	23,21	-18,55	4,67	0,88	2,25	4,21
420	0,0006	16,999	-11,384	5,615	1,171	1,647	5,532	17,00	-11,38	5,61	1,17	1,65	5,53
430	0,0007	12,884	-4,253	8,632	1,913	0,841	8,879	12,88	-4,25	8,63	1,91	0,84	8,88
440	0,0008	10,101	2,432	12,533	2,871	-1,201	12,938	10,10	2,43	12,53	2,87	-1,20	12,94
450	0,0009	8,174	8,336	16,509	3,822	-4,593	16,509	8,17	8,34	16,51	3,82	-4,59	16,51
460	0,0011	6,811	13,234	20,045	4,592	-8,882	18,788	6,81	13,23	20,05	4,59	-8,88	18,79
470	0,0012	5,831	17,024	22,855	5,065	-13,406	19,442	5,83	17,02	22,85	5,07	-13,41	19,44
480	0,0013	5,119	19,720	24,839	5,180	-17,552	18,548	5,12	19,72	24,84	5,18	-17,55	18,55
490	0,0013	4,600	21,441	26,041	4,924	-20,923	16,437	4,60	21,44	26,04	4,92	-20,92	16,44
500	0,0014	4,224	22,379	26,604	4,330	-23,370	13,537	4,22	22,38	26,60	4,33	-23,37	13,54
510	0,0015	3,960	22,769	26,728	3,463	-24,955	10,234	3,96	22,77	26,73	3,46	-24,95	10,23
520	0,0015	3,784	22,842	26,626	2,403	-25,859	6,804	3,78	22,84	26,63	2,40	-25,86	6,80
530	0,0015	3,683	22,798	26,482	1,228	-26,294	3,383	3,68	22,80	26,48	1,23	-26,29	3,38

ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ

Лист

43

Продовження таблиці 4

540	0,0015	2,215	22,768	24,983	0,000	-24,983	0,000	2,21	22,77	24,98	0,00	-24,98	0,00
550	0,0015	0,396	22,798	23,194	-1,075	-23,029	-2,963	0,40	22,80	23,19	-1,08	-23,03	-2,96
560	0,0015	0,396	22,842	23,238	-2,097	-22,568	-5,938	0,40	22,84	23,24	-2,10	-22,57	-5,94
570	0,0015	0,396	22,769	23,164	-3,001	-21,627	-8,870	0,40	22,77	23,16	-3,00	-21,63	-8,87
580	0,0014	0,396	22,379	22,775	-3,707	-20,007	-11,588	0,40	22,38	22,77	-3,71	-20,01	-11,59
590	0,0013	0,396	21,441	21,836	-4,129	-17,545	-13,783	0,40	21,44	21,84	-4,13	-17,54	-13,78
600	0,0013	0,396	19,720	20,115	-4,195	-14,214	-15,021	0,40	19,72	20,12	-4,19	-14,21	-15,02
610	0,0012	0,396	17,024	17,419	-3,861	-10,217	-14,818	0,40	17,02	17,42	-3,86	-10,22	-14,82
620	0,0011	0,396	13,234	13,630	-3,122	-6,040	-12,775	0,40	13,23	13,63	-3,12	-6,04	-12,78
630	0,0009	0,396	8,336	8,731	-2,021	-2,429	-8,731	0,40	8,34	8,73	-2,02	-2,43	-8,73
640	0,0008	0,396	2,432	2,828	-0,648	-0,271	-2,919	0,40	2,43	2,83	-0,65	-0,27	-2,92
650	0,0007	0,396	-4,253	-3,857	0,855	-0,376	3,968	0,40	-4,25	-3,86	0,85	-0,38	3,97
660	0,0006	0,396	-11,384	-10,988	2,292	-3,224	10,827	0,40	-11,38	-10,99	2,29	-3,22	10,83
670	0,0005	0,396	-18,546	-18,150	3,432	-8,750	16,351	0,40	-18,55	-18,15	3,43	-8,75	16,35
680	0,0004	0,396	-25,274	-24,879	4,049	-16,262	19,325	0,40	-25,27	-24,88	4,05	-16,26	19,32
690	0,0003	0,396	-31,105	-30,709	3,979	-24,518	18,951	0,40	-31,10	-30,71	3,98	-24,52	18,95
700	0,0002	0,396	-35,614	-35,218	3,178	-31,985	15,092	0,40	-35,61	-35,22	3,18	-31,99	15,09
710	0,0002	0,396	-38,464	-38,069	1,765	-37,182	8,357	0,40	-38,46	-38,07	1,76	-37,18	8,36
720	0,0002	0,396	-39,440	-39,044	0,000	-39,044	0,000	0,40	-39,44	-39,04	0,00	-39,04	0,00

2.6 Аналіз ефективних показників проектного двигуна та двигуна-прототипу.

Ефективні показники двигуна-прототипу та проектного двигуна. Таблиця 2.2

№п/п	Назва параметру	Позначення	Розмірність	Чисельні значення		Порівняння, у %
				Двигун-прототип	Проектований двигун	
1	Ефективна потужність	P_e	кВт	154	199,5	29,5
2	Середній ефективний тиск	p_{me}	кПа	847	846	0,1
3	Ефективний ККД	η_e	-	0,401	0,356	-11,2
4	Механічний ККД	η_m	-	0,865	0,85	-1,73
5	Питома ефективна витрата палива	b_e	МДж	7,560	6,455	-14,6
6	Діаметр циліндру	D	мм	120	120	0,0
7	Хід поршня	S	мм	120	120	0,0

Для порівняння кількості тепла, що використана проектованим двигуном та прототипом було зроблено перерахунок питомої ефективної витрати палива:

1. У дизельного двигуна

$$b_e = 0,178 \cdot 42500 = 7,560 \text{ МДж}$$

2. У проектного двигуна

$$b_e = 0,193 \cdot 33450 = 6,455 \text{ МДж}$$

Згідно завдання на проектування передбачалось збільшення ефективної потужності проектного двигуна на 26 кВт. Згідно отриманих результатів, наведених у таблиці 2.1 видно що, реальне зростання ефективної потужності дорівнює 25,5 кВт, що у відсотковому співвідношенні сягає 29,5%.

Крім того, відповідно завдання змінено вид палива, що використовується двигуном. Використання природного газу потребує зменшення тиску в камері згоряння для уникнення явищ детонації. Відповідно табл. 2.1 середній ефективний тиск зменшився на 0,1%. Результати таблиці 2.1 показують

зменшення ефективного ККД двигуна, що проектується, на 11,2% у порівнянні з прототипом.

Збільшення питомої ефективної витрати палива можна пояснити збільшенням ефективної потужності проектного двигуна, а також зміною виду палива у порівнянні з прототипом. Також необхідно відмітити зменшення механічного ККД проектного двигуна на 1,73%.

Все вище зазначене дозволяє зробити висновок про необхідність застосування додаткових конструкторських рішень, направлених на оптимізацію процесів згоряння, що відбуваються в циліндрах двигуна при протіканні робочого процесу. Одним з таких рішень є вдосконалення системи охолодження. Зазначені рішення описано в розділі 3 даної дипломної роботи.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						48
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Призначення, опис та аналіз існуючих систем та механізмів.

Сучасні системи охолодження ДВЗ мають дуже різноманітні схеми. Вони можуть відрізнятися числом теплообмінників, кількістю насосів, регуляторів температурного рівня, послідовністю з'єднання теплообмінників по ходу течії теплоносіїв і т.п.

Усі сучасні системи охолодження ДВЗ, незалежно від типу, є двоконтурними. У них засорочковий простір двигуна й ряд теплообмінників проохолоджуються теплоносієм внутрішнього контуру (ТВК), найчастіше прісною водою, або водою з інгібіторними добавками, або спеціальними рідинами типу тосолів і антифризів. Відвід теплоти з цього контуру здійснюється теплоносіями зовнішнього контуру (ТЗК).

Системи охолодження, як і теплообмінники, повинні розраховуватися. Аналогічно розрахункам теплообмінників можна сформулювати зміст прямої, зворотної й оптимізаційної задач розрахунків систем. В дипломному проекті розглядається тільки пряма задача розрахунку.

У прямій задачі розрахунку системи задаються: продуктивності компресора, насосів, вентиляторів, задаються кількості теплоти, виділювана двигуном в охолодну воду й масло, задаються параметри навколишнього середовища, задаються ступінь підвищення тиску і ККД компресора чи температура повітря за компресором, приймаються температури наддувного повітря в ресивері двигуна, води й олії на вході в двигун. Додатково можуть задаватися температури води й масла на виході з двигуна. Останні параметри повинні бути погоджені з кількостями теплоти, що відводиться, витратами теплоносіїв і температурами на вході, оскільки вони зв'язуються рівняннями теплового балансу.

Пряму задачу розрахунку можна розділити на теплову і конструктивну частини. У тепловій частині прямої задачі розрахунку системи визначаються: ККД

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						49
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

усіх теплообмінників системи і попередні значення мас їхніх теплообмінних поверхонь, температури теплоносіїв на входах і виходах усіх теплообмінників, витрати теплоносіїв через усі гілки системи, у тому числі витрати обох теплоносіїв через кожний теплообмінник.

У конструктивній частині прямої задачі розрахунку системи визначаються: конструктивні параметри всіх теплообмінників системи, уточнюються їх ККД і опору по обох теплоносіях.

Охолоджувачі наддувного повітря ДВЗ є рекуперативними теплообмінниками (у них теплопередача організована через стінку, що розділяє теплоносіїв). Поверхня теплообміну (ПТ) у цих теплообмінниках, зазвичай, виконується оребреною з боку повітря і гладкою з боку води. Такі ПТ можуть бути створені на базі різних конструктивних елементів і, відповідно, значно відрізнятися між собою. Можна запропонувати класифікацію ПТ, на основі якої вони різняться по виду й типу. Тип ПТ визначається по особливостях конструкції її основного елемента. Зокрема, бувають ПТ трубчасті, трубчасто-пластинчасті, пластинчасті, листоканальні та ін. Усередині кожного типу ПТ розрізняють по виду. Відповідно, трубчасті ПТ можуть бути виконані у вигляді коридорних пучків круглих труб із шайбовим або стрічковим індивідуальним оребренням. Можливе виконання трубчастих ПТ у вигляді шахових пучків круглих труб з індивідуальним стрічковим або шайбовим оребренням. Відомі види трубчастих ПТ із плоскоовальних труб із груповим оребренням плоскими пластинами або з груповим оребренням фігурно-штампованими розсіченими пластинами і т.д. і т.п. Пластинчасті ПТ можуть по виду бути оребреними або гладкоканальними. Вид оребрення може бути дуже різноманітним, зокрема, можливе оребрення суцільною пластиною, зрушено-розсічене оребрення, штамповане-деформоване і т.п. Деяке представлення про варіанти сучасних ПТ для ОНП дає рисунок 3.2.

Розрахунки теплообмінників із різних ПТ мають істотні розходження в алгоритмах, що зв'язано з особливостями геометрій відповідних ПТ. Одночасно для всіх можливих варіантів ПТ є і спільні елементи розрахунків.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						50
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розрахунках шахових пучків труб з індивідуальним накатним оребренням використовують основні розрахункові розміри, зазначені на рис. 3.1. Ряд цих розмірів безпосередньо використовується в наступних розрахунках. Одночасно на їхній основі обчислюються характерні геометричні розміри й безрозмірні комплексні параметри. Використання деяких розмірів має потребу в поясненні.

Так, слід зазначити розходження між габаритними розмірами пучка $L_{\text{п}}, B_{\text{п}}, H_{\text{п}}$ і його розрахунковими розмірами L, B, H . Перші являються його дійсними конструктивними розмірами, що відмірюються по габаритах пучка.

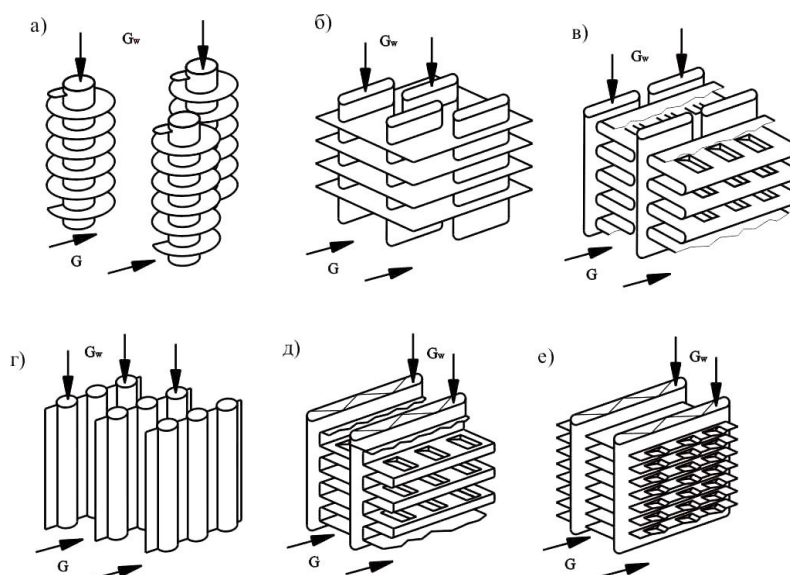


Рисунок 3.1– Типи поверхонь теплообміну ОНП

а) пучок труб з індивідуальним стрічковим оребренням; б) пучок плоско-овальних труб із груповим оребренням плоским ребром; в) пучок плоско-овальних труб зі стрічковим оребренням; г) трубчасто-пластинчаста ПТ; д) пластинчато-стрічкова ПТ; е) пластинчато-ребриста ПТ.

Пучок з розрахунковими розмірами відрізняється тим, що якщо його розмістити без зазору і зсуву поруч із таким само пучком, то утворений блок не буде мати перекручування геометричної структури ПТ у місці сполучення. Використання пучка з габаритними розмірами в такому ж випадку призведе до перекручування геометричної структури ПТ. Відзначене положення особливо важливо враховувати при дослідженнях модельних пучків. У них на границях пучків і корпуса вставляють

спеціальні напівтрубки, щоб зберегти в цих місцях незмінну структуру потоку. Надалі при виконанні розрахунків також варто враховувати зазначену обставину.

Розрахункові розміри виражаються через формули:

$$L = S_2 \cdot Z_2; \quad B = S_1 \cdot Z_1.$$

Габаритна й розрахункова висоти пучка або відстані між трубними дошками збігаються $H_{\text{п}} = H$.

На підставі розмірів, указаних на рисунку 3.3 визначаються наступні комплексні розмірні параметри:

$f_{\text{р}}$, м²/м – площа поверхні ребер, що доводиться на 1 м довжини трубки;

$f_{\text{тр}}$, м²/м – площа поверхні ділянок гладкої трубки між ребрами на довжині 1 м трубки;

$f_{\text{п}}$, м²/м – повна площа оребреної поверхні теплообміну трубки, що доводиться на 1 м її довжини;

$f_{\text{г}}$, м²/кг – повна площа оребреної поверхні трубки, що доводиться на одиницю її маси – коефіцієнт масової компактності ПТ;

$f_{\text{в}}$, м²/м³ – коефіцієнт об'ємної компактності ПТ – повна площа поверхні з боку повітря, що доводиться на одиницю об'єму пучка ОНП; теоретично

$$f_{\text{в}} = \frac{F}{L \cdot B \cdot H} = \frac{f_{\text{п}}}{S_1 \cdot S_2};$$

F , м², – повна площа оребреної поверхні для усього ОНП із боку повітря; можна розрізняти ідеальне (теоретичне) значення площі $F_{\text{т}}$ і дійсне (конструктивне) значення $F_{\text{д}}$:

$$F_{\text{т}} = \frac{f_{\text{п}}}{S_1 \cdot S_2} \cdot L \cdot B \cdot H, \quad F_{\text{д}} = f_{\text{п}} \cdot H_{\text{п}} \cdot Z, \text{ де } Z - \text{загальне число трубок у ОНП};$$

$F_{\text{т}}$ і $F_{\text{д}}$ наближаються за значеннями зі збільшенням абсолютних розмірів ОНП; відповідно значенням $F_{\text{т}}$ і $F_{\text{д}}$, а також об'ємам $V_{\text{т}} = L \cdot B \cdot H$ і $V_{\text{д}} = L_{\text{п}} \cdot B_{\text{п}} \cdot H_{\text{п}}$ припустимо визначати і застосовувати в розрахунках різні значення $f_{\text{в}}$ – теоретичне (відповідає записаному вище) і дійсне (при використанні конструктивних параметрів пучка);

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						52
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$F_w, \text{м}^2$ - повна площа неоребреної поверхні з боку води для усього ОНП;
 $f, \text{м}^2$ – площа живого перетину пучка для проходу повітря (з боку оребрення);
 $f_w, \text{м}^2$ – площа живого перетину пучка ОНП для проходу води (живий перетин одного ходу по воді).

У якості безрозмірних геометричних параметрів використовуються:

σ – коефіцієнт оребрення; $\sigma = F / F_w$;

φ – коефіцієнт стиснення повітряного каналу; $\varphi = \frac{f}{BH}$;

φ_w – коефіцієнт стиснення водяного каналу; $\varphi_w = \frac{f_w b_w}{LB}$.

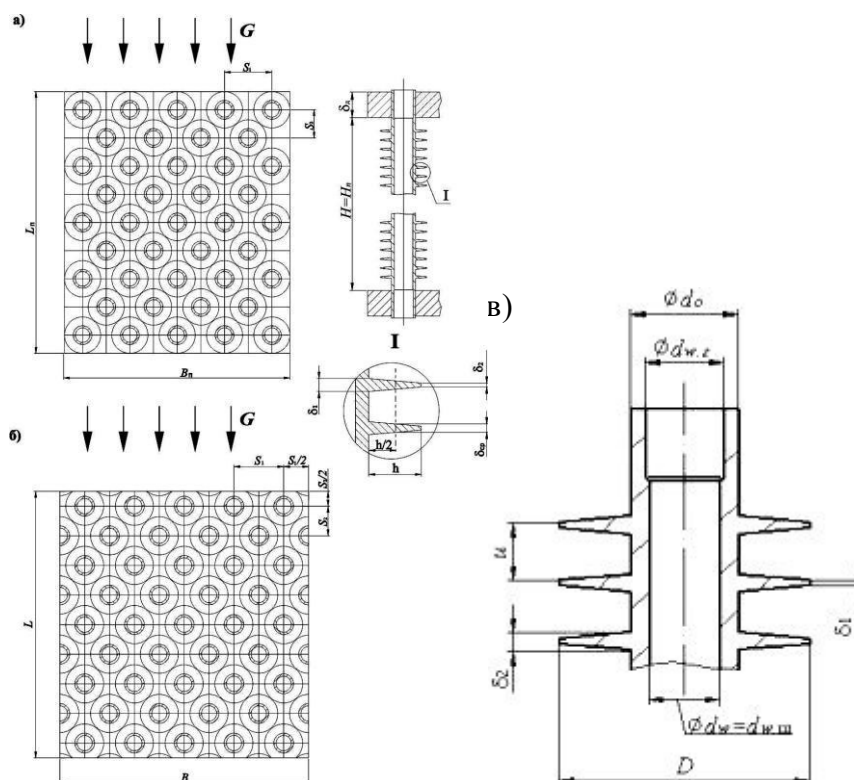


Рисунок 3.2 – Геометричні параметри трубного пучка.

а) конструктивні розміри трубного пучка; б) розрахункові розміри пучка; в) конструктивні розміри трубки.

3.1.1 Система охолодження базового двигуна.

Система охолодження призначена для забезпечення оптимального теплового режиму роботи двигуна. Система охолодження двигуна рідинна, закритого типу, з примусовою циркуляцією рідини, що охолоджує. До основних агрегатів і вузлів системи охолодження відносяться: радіатор, вентилятор з в'язкістю або електромагнітною муфтою приводу або без неї, кожух вентилятора, розширювальний бачок, корпус водяних каналів, водяний насос, термостати, канали і сполучні трубопроводи для проходу рідини, що охолоджує.

Тепловий режим двигуна регулюється автоматично:

- двома термостатами, які управляють напрямом потоку рідини, що охолоджує, залежно від її температури на виході з двигуна, яка повинна знаходитися в межах 75..95 °З;

- в'язкістю муфтою приводу вентилятора залежно від температури повітря перед вентилятором або електромагнітною муфтою приводу вентилятора залежно від температури рідини, що охолоджує, на виході з двигуна.

Схема системи охолодження із співісним колінчастому валу вентилятором і з в'язкістю муфтою приводу вентилятора приведена на малюнку 26. Під час роботи двигуна циркуляція рідини, що охолоджує, в системі створюється водяним насосом 8. Рідина, що охолоджує, з насоса 8 нагнітається в порожнину охолодження лівого ряду циліндрів через канал 9 і через канал 14 - через водомасляний теплообмінник в порожнину охолодження правого ряду циліндрів. Омиваючи зовнішні поверхні гільз циліндрів, рідина, що охолоджує, через отвори у верхніх привалочних площинах блоку циліндрів поступає в порожнини охолодження голівок циліндрів. З голівок циліндрів нагріта рідина по каналах 4, 5 і 6 поступає у водяну коробку корпусу водяних каналів 16, з якої, залежно від температури, спрямовується в радіатор або на вхід насоса. Частина рідини відводиться по каналу 14 в масляний теплообмінник 15, де відбувається передача тепла від масла в рідину, що охолоджує. З теплообмінника рідина, що охолоджує,

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

спрямовується у водяну сорочку блоку циліндрів в зоні розташування четвертого циліндра.

Корпус водяних каналів (рис. 3.3) відлив з чавуну і закріплений болтами на передньому торці блоку циліндрів. У корпусі водяних каналів відлили вхідна 7 і вихідна 11 порожнини водяного насоса, сполучні канали 5 і 12, канали 9 і 14, що підводять рідину, що охолоджує, в блок циліндрів і водомасляний теплообмінник, канали 4 і 6, що відводять рідину, що охолоджує, з голівок циліндрів, перепускний канал 13, канал 14 відведення рідини, що охолоджує, в масляний теплообмінник, порожнини водяної коробки 16 для установки термостатів, канал 10 підвода рідини, що охолоджує, у водяний насос з радіатора.

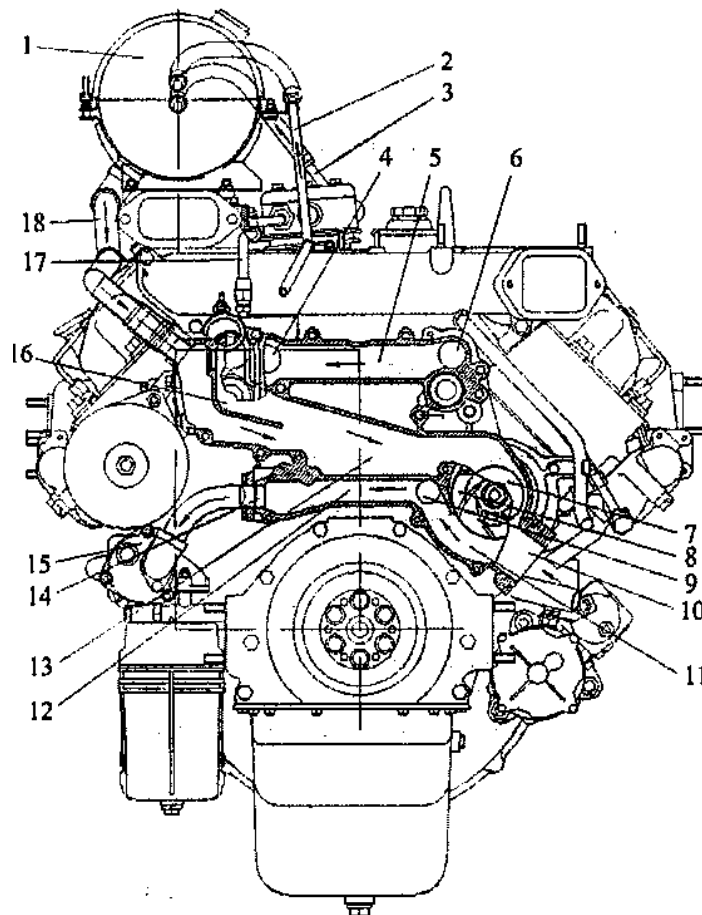


Рисунок 3.3– Схема системи охолодження

1 - розширювальний бачок; 2 - паровідвідна трубка; 3 - трубка відведення повітря з компресора; 4 - канал виходу рідини з правого ряду циліндрів; 5 - сполучний канал; 6 - канал виходу рідини з лівого ряду циліндрів; 7 - вхідна порожнина водяного насоса; 8 - водяний насос; 9 - канал входу рідини в лівий ряд блоку; 10 - канал підведення рідини в насос з радіатора; 11 - вихідна

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

порожнина насоса; 12 - сполучний канал; 13 - перепускний канал з водяної коробки на вхід насоса; 14 - канал відведення рідини в теплообмінник масляний; 15 - теплообмінник масляний; 16 - водяна коробка; 17 - трубка підведення рідини в компресор; 18 - перепускна труба.

Насос водяний (рис. 3.4) відцентрового типу, встановлений на корпусі водяних каналів. У корпус 1 запресований радіальний дворядний шариковий підшипник 6 з валиком. З обох боків торці підшипника захищені гумовими ущільненнями. Мастило в підшипник закладене при складанні двигуна на заводі. Поповнення мастила в експлуатації не потрібно. Нагнітаюче кільце 3 перешкоджає переміщенню зовнішньої обойми підшипника в осьовому напрямі. На кінці валика підшипника напресовані крильчатка 4 і шків 5. Сальник 2 запресований в корпус насоса. У корпусі насоса між підшипником і сальником виконано два отвори: нижнє і верхнє. Верхній отвір 7 служить для вентиляції порожнини між підшипником і сальником, а нижнє 8 - для контролю справності торцевого ущільнення.

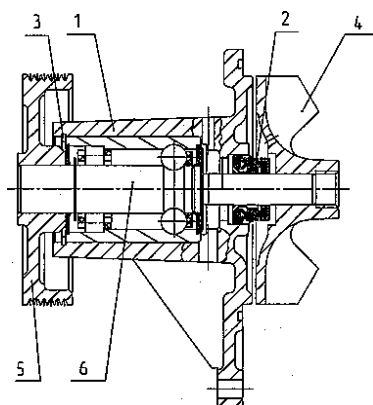


Рисунок 3.4— Насос водяний

1 - корпус; 2 - сальник; 3 - кільце напoлeгливе; 4 - крильчатка; 5 - шків; 6 - підшипник радіальний шариковий з валиком, 7, 8 - отвори.

Муфта в'язкісна приводу вентилятора і лопастний вентилятор приведені на рис. 3.5. Лопастний вентилятор 1, виготовлений із склонаполненого поліаміду, маточина 4 вентилятори - металева. Для приводу вентилятора застосовується муфта, що автоматично включається, 2 в'язкісного типу, яка кріпиться до маточини вентилятора 4. Принцип роботи муфти заснований на в'язкістому терті рідини в невеликих проміжках між веденою і такою, що веде частинами муфти. В

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

якості робочої рідини використовується силіконова рідина з високою в'язкістю. Включення муфти відбувається при підвищенні температури повітря на виході з радіатора до 61...67 °С. Управляє роботою муфти термобіметалічна спіраль 3.

Муфта електромагнітна включення вентилятора (рис. 3.6) складається з нерухомої електромагнітної котушки 10, закріпленою трьома болтами 11 на передній кришці блоку циліндрів 13, шків 9 колінчастого валу, сполученого з валом відбору потужності 12 шістьма болтами 4 через прокладення 5. На виступаючій осі шків 9 в підшипнику 2 вільно обертається маточина 3 з вентилятором 8. Між маточиною 3 і шківом 9 встановлений фрикційний диск 7, який кріпиться до маточини 3 болтами 6 через три пружинні пластини 15. Між торцями шків 9 і фрикційного диска 7 трьома підпружиненими регулювальними болтами 1 встановлюється повітряний проміжок 0,5..0,7 мм.

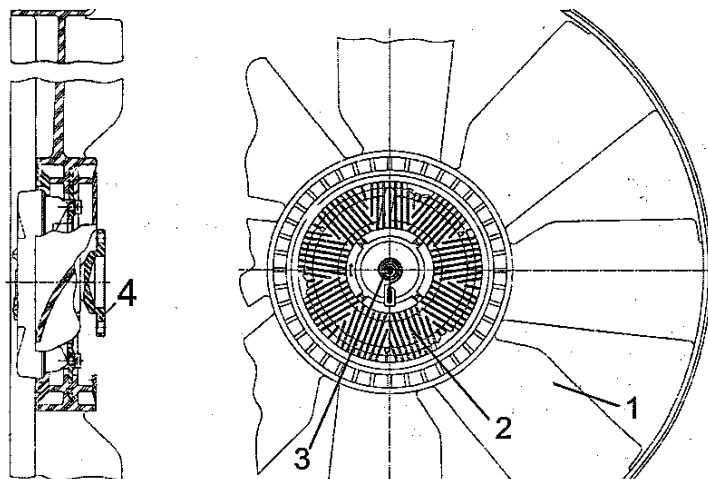


Рисунок 3.5 – Кільцевий вентилятор з в'язкісною муфтою приводу

1 - кільцевий вентилятор; 2 - в'язкісна муфта; 3 – термостійка біметалічна спіраль; 4 - маточина вентилятора.

У потоці рідини, що охолоджує, на вході в двигун встановлений термобіметалічний датчик 14 включень вентилятора. Шків 9 обертається постійно з частотою обертання колінчастого валу. При підвищенні температури рідини, що охолоджує, до 90 °З відбувається замикання контактів термобіметалічного датчика 14, подається напруга на електромагнітну котушку 10 і під дією електромагнітних сил фрикційний диск 7 притискається до шків 9, внаслідок чого, за рахунок сил

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

тертя відбувається передача моменту, що крутить, від шківів 9 до маточини 3 вентиляторів.

При пониженні температури рідини, що охолоджує, до 84°C відбувається розмикання контактів термобіметалічного датчика 14, електромагнітна котушка 10 відключається від джерела живлення і фрикційний диск 7 під дією пружних сил пружинних пластин 15 повертається в початкове положення, відновлюючи повітряний проміжок між фрикційним диском 7 і шківом 9.

У разі відмови в роботі датчика 14 електромагнітна муфта може бути включена в постійний режим роботи клавішею на панелі приладів виробу, а у разі несправності електромагнітної котушки 10 фрикційний диск 7 може бути сполучений з шківом 9 механічно - трьома болтами М8, для чого треба поєднати три вирізи А, розташовані на зовнішньому діаметрі фрикційного диска 7, з різьбовими отворами б в шківі 9 і укрутити болти з пружинними і плоскими шайбами.

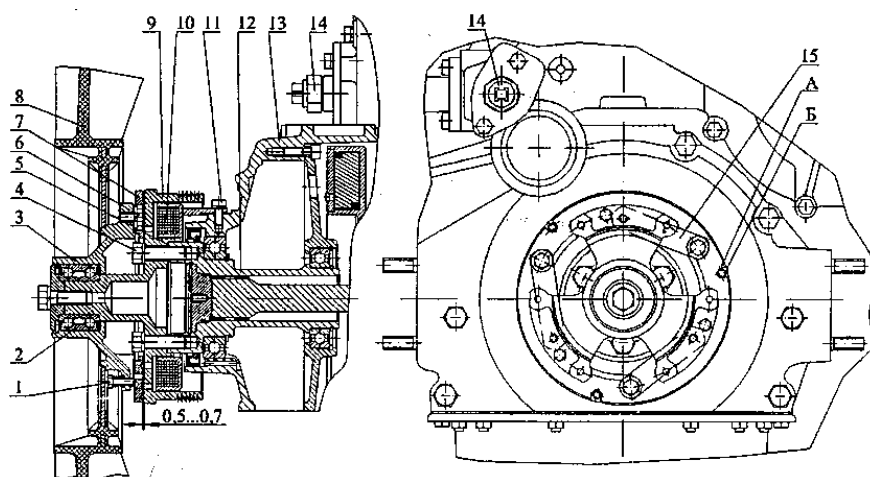


Рисунок 3.6 – Електромагнітна муфта вентилятора

1 - болт регулювальний; 2 - підшипник; 3 - маточина вентилятора; 4 - болт кріплення шківів; 5 - прокладення; 6 - болт кріплення фрикційного диска; 7 - диск фрикційний; 8 - вентилятор; 9 - шків приводу генератора і водяного насоса; 10 - котушка електромагнітна; 11 - болт кріплення електромагнітної котушки; 12 - вал відбору потужності; 13 - кришка передня блоку циліндрів; 14 - датчик включення вентилятора; 15 - пластина пружинна; А - виріз у фрикційному диску; б - різьбовий отвір шківів.

Радіатор мідно-латунний, паяний твердим припоєм, для підвищення тепловіддачі стрічки, що охолоджують, виконані з жалюзійними просіченнями, кріпляться бічними кронштейнами через гумові подушки до лонжеронів рами, а

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

верхньою тягою до сполучного патрубка.

Термостати (рис. 3.7) дозволяють прискорити прогрівання холодного двигуна і підтримувати температуру рідини, що охолоджує, не нижче 75 °С шляхом зміни її витрати через радіатор. У водяній коробці 5 корпусів водяних каналів встановлено паралельно два термостати з температурою початку відкриття (80 ± 2) °С. При температурі рідини, що охолоджує, нижче 80 °З, основний клапан 12 притискається до сідла корпусу 14 пружиною 11 і перекриває прохід рідини, що охолоджує, в радіатор. Перепускний клапан 6 відкритий і сполучає водяну коробку корпусу водяних каналів по перепускному каналу 4 з входом водяного насоса. При температурі рідини, що охолоджує, вище 80°С, наповнювач 9, що знаходиться в балоні 10, починає плавитися, збільшуючись в об'ємі. Наповнювач складається з суміші 60 % церезину (нафтового воску) і 40 % алюмінієвої пудри. Тиск від наповнювача, що розширюється, через гумову вставку 8 передається на поршень 13, який, видавлюючись назовні, переміщає балон 10 з основним клапаном 12, стискаючи пружину 11. Між корпусом 14 і клапаном 12 відкривається кільцевий прохід для рідини, що охолоджує, в радіатор. При температурі рідини, що охолоджує, 93 °З відбувається повне відкриття термостата, клапан піднімається на висоту не менше 8,5 мм. Одночасно з відкриттям основного клапана разом з балоном переміщається перепускний клапан 6, який перекриває отвір у водяній коробці корпусу водяних каналів, що сполучає її з входом водяного насоса. При пониженні температури рідини, що охолоджує, до 80 °З і нижче, під дією пружин 7 і 11 відбувається повернення клапанів 12 і 6 в початкове положення. Для контролю температури рідини, що охолоджує, на водяній коробці корпусу водяних каналів встановлено два датчики температури 1 і 2. Датчик 1 видає свідчення поточного значення температури рідини, що охолоджує, на щиток приладів, датчик 2 служить сигналізатором перегрівання рідини, що охолоджує. При підвищенні температури до 98...104°С на щитку приладів спалахує контрольна лампа аварійного перегрівання рідини, що охолоджує.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

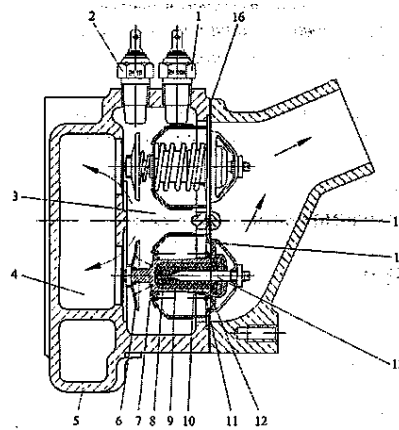


Рисунок 3.7 Термостати

1 - датчик показчика температури; 2 - датчик сигналізатора аварійного перегрівання; 3 - канал виходу рідини з двигуна; 4 - канал перепускання рідини на вхід насоса; 5 - корпус водяних каналів; 6 - перепускний клапан; 7 - пружина перепускного клапана; 8 - гумова вставка; 9 - наповнювач; 10 - балон; 11 - пружина основного клапана; 12 - основний клапан; 13 - поршень; 14 - корпус; 15 - патрубок водяної коробки; 16 - прокладення.

Розширювальний бачок виготовлений з напівпрозорого сополімера пропілену. На горловину бачка нагвинчує пробка розширювального бачка (рис. 3.8) з клапанами впускним 6 (повітрям) і випускним (паровим). Випускний і впускний клапани об'єднані в блок клапанів 8. Блок клапанів нерозбірний. Випускний клапан, навантажений пружиною 3, підтримує в системі охолодження надмірний тиск 65 кПа (0,65 кгс/см²), впускний клапан 6, навантажений слабкішою пружиною 5, перешкоджає падінню тиску нижче атмосферного при охолодженні двигуна.

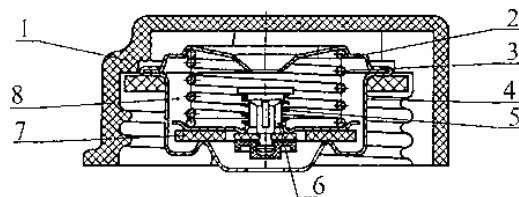


Рисунок 3.8 – Пробка розширювального бачка

1 - корпус пробки; 2 - тарілка пружини випускного клапана; 3 - пружина випускного клапана; 4 - сидло випускного клапана; 5 - пружина клапана впускного; 6 - клапан впускний в зборі; 7 - прокладення випускного клапана; 8 - блок клапанів.

3.2 Розрахунок основних параметрів вентилятора та водяного радіатора системи охолодження Розрахунок водяного радіатора

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

1. Визначення основних параметрів водяного радіатора

1.1. Кількість теплоти, яка виділяється при згорянні палива за одну секунду

$$Q_f = \frac{Q_H \cdot B}{3600} = 561,60 \text{ кДж/с}$$

$Q_H = 105300 \text{ кДж/кг}$ - нижча теплота згоряння палива;

$B = 19,2 \text{ кг/год}$ - годинна витрата палива.

1.2. Кількість теплоти, яка відводиться охолоджуючою рідиною

$$Q_{ж} = q \cdot Q_f = 84,24 \text{ кДж/с}$$

де $q = 0,15 - 0,25$ - доля теплоти, що відводиться в охолоджуючу рідину;

$q = 0,15$

1.3. Розрахункова кількість теплоти, що розсіюється радіатором

$$Q_{ж.p} = \varphi \cdot Q_{ж} = 92,664 \text{ кДж/с}$$

де $\varphi = 1,1 - 1,15$ - коефіцієнт запасу.

$\varphi = 1,1$

1.4. Охолоджуюча поверхня радіатора, яка омивається повітрям

$$F_6 = \frac{Q_{ж.p} \cdot 10^3}{K_1 \cdot (T_{ж.ср} - T_{в.ср})} = 27,6609 \text{ м}^2$$

де $K_1 = 80 - 100 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ - коефіцієнт теплопередачі;

$K_1 = 100$

$T_{ж.ср}$ - середня температура рідини у радіаторі, К;

$$T_{ж.ср} = \frac{T_{ж.вх} + T_{ж.вих}}{2} = 360 \text{ К}$$

$T_{ж.вх} = 353 - 368 \text{ К}$ - температура рідини, що заходить в радіатор;

$T_{ж.вх} = 365 \text{ К}$

$T_{ж.вих}$ - температура води, що виходить з радіатора, К;

$T_{ж.вих} = 355 \text{ К}$

$\Delta T_{ж} = T_{ж.вх} - T_{ж.вих} = 6 - 12 \text{ К}$ - температурний перепад води у радіаторі;

$\Delta T_{ж} = 10 \text{ К}$

$T_{в.ср}$ - середня температура охолоджуючого повітря, що проходить крізь радіатор;

$$T_{в.ср} = \frac{T_{в.вх} + T_{в.вих}}{2} = 326,5 \text{ К}$$

$T_{в.вх} = 313 - 318 \text{ К}$ - температура повітря перед радіатором;

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						61
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{в. \text{ вх}} = 313 \text{ K}$$

$$T_{в. \text{ вих}} = 340 \text{ K}$$

$$\Delta T_{в.} = T_{в. \text{ вих}} - T_{в. \text{ вх}} = 20-30 \text{ K} - \text{температурний перепад повітря в радіаторі};$$

$$\Delta T_{в.} = 27 \text{ K}$$

1.5. Кількість води, що проходить крізь радіатор

$$G_{ж} = \frac{Q_{ж}}{C_{ж} \cdot \Delta T_{ж}} = 2,01 \text{ кг/с}$$

де $C_{ж}$ - середня теплоємність охолоджуючої рідини, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;

$C_{ж} = 4,187 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ - для води;

$C_{ж} = 3,84 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ - для етиленгліколю.

1.6. Кількість повітря, що проходить крізь радіатор

$$G_{в} = \frac{Q_{ж}}{C_{в} \cdot \Delta T_{в}} = 3,12 \text{ кг/с}$$

де $C_{в.}$ - середня теплоємність повітря;

$C_{в.} = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$

1.7. Фронтальна поверхня радіатора

$$F_{фр} = \frac{G_{в}}{\rho_{в} \cdot v_{в}} = 0,389815 \text{ м}^2$$

де $\rho_{в.}$ - густина повітря при середній температурі, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$\rho_{в.} = \frac{P_0 \cdot 10^6}{R_{в.} \cdot T_{в. \text{ ср}}} = 1,067173 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$P_0 = 0,1 \text{ МПа}$ - атмосферний тиск;

$R_{в.}$ - питома газова стала для повітря, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;

$v_{в.} = 6-8 \text{ м/с}$ - швидкість повітря перед фронтом радіатора;

$v_{в.} = 7,5 \text{ м/с}$

1.8. Глибина радіатора

$$l_{рад} = \frac{F_{в.}}{F_{фр} \cdot m_{рад}} = 0,118265 \text{ м} \quad l_{рад} = 0,08-0,14$$

де $m_{рад} = 600-950 \text{ м}^2/\text{м}^3$ - об'ємний коефіцієнт компактності радіатора;

$m_{рад} = 600 \text{ м}^2/\text{м}^3$

1.9. Прохідний перетин одного ходу радіатора зі сторони охолоджуючої рідини

$$f_{ж.1} = \frac{G_{ж}}{\rho_{ж} \cdot v_{ж}} = 0,002515 \text{ м}^2$$

де $\rho_{ж}$ - середня густина охолоджуючої площини, $\text{кг}/\text{м}^3$

$\rho_{ж} = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$

$v_{ж} = 0,6-0,9 \text{ м/с}$ - швидкість рідини у радіаторі;

$v_{ж} = 0,8 \text{ м/с}$

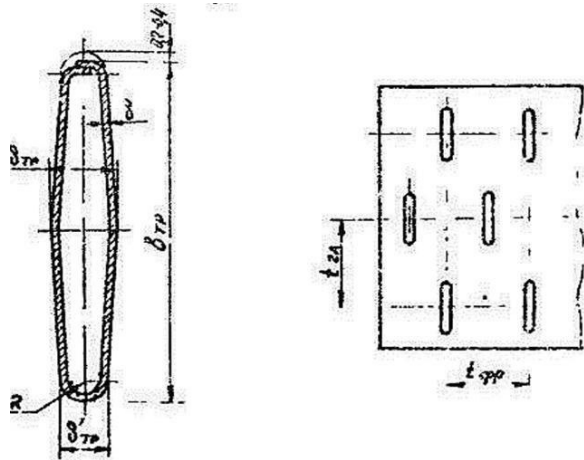
					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

2. Визначення конструктивних розмірів радіатора та його деталей

Розрахункова схема радіатора

Плоскоовальна трубка

Різновид охолоджуючої
пластини



2.1. Трубки радіатора плоско-овальні;

товщина стінок трубки

$$\delta = 0,00013-0,0002 \text{ м};$$

$$\delta = 0,00012 \text{ м}$$

товщина трубки

$$\delta_{тр} = 0,0025-0,0065 \text{ м};$$

$$\delta_{тр} = 0,0047 \text{ м}$$

ширина трубки

$$\delta_{тр} = 0,013-0,020 \text{ м};$$

$$\delta_{тр} = 0,015 \text{ м}$$

шаг трубок по фронту

$$t_{фр} = 0,007-0,015 \text{ м};$$

$$t_{фр} = 0,011 \text{ м}$$

шаг трубок по глибині

$$t_{эл} = 0,010-0,025 \text{ м};$$

$$t_{эл} = 0,012 \text{ м}$$

2.2. Пластини радіатора

товщина охолоджуючих пластин

$$\delta_{пл} = 0,00008-0,00015 \text{ м};$$

$$\delta_{пл} = 0,00011 \text{ м}$$

товщина опорних пластин

$$\delta_{пл} = 0,0008-0,001 \text{ м};$$

$$\delta_{пл} = 0,00085 \text{ м}$$

крок пластини по висоті

$$t_{пл} = 0,0025-0,0045 \text{ м};$$

$$t_{пл} = 0,0033 \text{ м}$$

2.3. Розміри радіатора

Прийняти радіатор квадратної форми конструктивно.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Встановити розміри радіатора:

висота осереддя - H , м

$$H = 0,75 \text{ м}$$

ширина осереддя - B , м

$$B = 0,89 \text{ м}$$

глибина - $l_{\text{рад}}$, м

$$l_{\text{рад}} = 0,11 \text{ м}$$

фронтальна поверхня - $F_{\text{фр}} = H \cdot B$, м^2

$$F_{\text{фр}} = 0,6675 \text{ м}^2 \quad 0,389815$$

2.4. Поверхня охолодження, що омивається повітрям:

поверхня трубок

$$F_{\text{ТР}} = f_{\text{ТР} \cdot H} \cdot n_{\text{ТР}} = 9,315 \text{ м}^2$$

де $n_{\text{ТР}} = 138$ - кількість трубок;

$$f_{\text{ТР} \cdot H} = l_{\text{П} \cdot H} \cdot H = 0,0675 \text{ м}^2 \text{ - площа зовнішньої поверхні трубки;}$$

$$l_{\text{П} \cdot H} = 0,09 \text{ м - довжина зовнішнього периметру перетину трубки;}$$

$$H = 0,75 \text{ м - довжина трубки;}$$

поверхня пластин

$$F_{\text{ПЛ}} = 2(f_{\text{ПЛ}} - f_{\text{О}}) \cdot n_{\text{ПЛ}} = 4,9528 \text{ м}^2$$

де $n_{\text{ПЛ}} = 164$ - кількість пластин;

$$f_{\text{ПЛ}} = B \cdot l_{\text{рад}} = 0,0979 \text{ м}^2 \text{ - площа пластин одного ряду;}$$

$$f_{\text{О}} = f_{\text{О1}} \cdot n_{\text{ТР}} = 0,0828 \text{ м}^2 \text{ - площа отворів в пластинах одно-}$$

го ряду;

$$f_{\text{О1}} = 0,0006 \text{ м}^2 \text{ - площа отвору в пластині для однієї трубки;}$$

загальна поверхня охолодження, яка омивається повітрям

$$F_{\text{в.}} = F_{\text{ТР}} + F_{\text{ПЛ}} = 46,13533 \text{ м}^2 \geq 27,661$$

поверхня не повинна бути менша за розрахункову.

2.5. Прохідний перетин осереддя радіатора

$$f_{\text{ж} \cdot \text{рад}} = f_{\text{ТР}} \cdot n_{\text{ТР}} = 5,52 \text{ м}^2$$

де $f_{\text{ТР}} = 0,04 \text{ м}^2$ - площа прохідного перетину однієї трубки;

2.6. Кількість ходів охолоджуючої рідини в радіаторі

$$i_{\text{рад}} = \frac{f_{\text{рад}}}{f_{\text{ж} \cdot 1}} = 2195$$

2.7. Кількість трубок одного ходу радіатора

$$n_1 = \frac{n_{\text{ТР}}}{i_{\text{рад}}} = 0,062873$$

2.8. Поверхня осереддя радіатора, що омивається рідиною

$$F_{\text{ж}} = f_{\text{вн}} \cdot n_{\text{ТР}} = 9,315 \text{ м}^2$$

де $f_{\text{вн}}$ - внутрішня поверхня однієї трубки, що омивається охолоджуючою рідиною, м^2 .

$$f_{\text{вн}} = f_{\text{ТР}} \cdot H = 0,0675 \text{ м}^2$$

2.9. Коефіцієнт обребрення радіатора

$$\psi = \frac{F_{\text{в.}}}{F_{\text{ж}}} = 4,9528$$

$\psi = 3 - 5$ - для трубчасто-пластинчастих радіаторів.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						64
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходження основних параметрів вентилятора.

1.1. Продуктивність вентилятора

$$V_{air} = \frac{G_{air}}{\rho_{air}} = 1,196262 \text{ м}^3/\text{с}$$

де $G_{air} = 1,28 \text{ кг/с}$ - масова витрата повітря;

$\rho_{air} = 1,07 \text{ кг/м}^3$ - густина повітря при середній температурі.

1.2. Діаметр вентилятора

$$D_{\phi} = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_{\phi p}}{\pi}} = 0,916932 \text{ м}$$

де $A_{\phi p} = 0,66 \text{ м}^2$ - фронтальна поверхня радіатора.

1.3. Колова швидкість вентилятора

$$V_{\phi} = \psi_{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{mp}}{\rho_{air}}} = 87,00628 \text{ м/с}$$

де $\psi_{\lambda} = 3$ – коефіцієнт, який залежить від форми лопастів;

$\Delta p_{mp} = 900 \text{ МПа}$ - опір повітряного тракта.

1.4. Частота обертання вентилятора

$$n_{\phi} = \frac{60 \cdot V_{\phi}}{\pi \cdot D_{\phi}} = 1813,156 \text{ хв}^{-1}$$

1.5. Потужність, яка затрачається на привід вентилятора

$$P_{\phi} = \frac{V_{air} \cdot \Delta p_{mp}}{1000 \cdot \eta_{\phi}} = 2,691589 \text{ кВт}$$

де $\eta_{\phi} = 0,4$ – ККД вентилятора.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

3.3 Визначення типу виробництва

Складання машин є заключним етапом у виробництві машин і представляє собою великий комплекс слюсарних, складальних і контрольних робіт. Від якості складальних робіт залежить надійність машин.

Тип виробництва визначають в залежності від розміру завдання та трудомісткості складання радіатора охолодження по таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Залежність типу виробництва від об'єму

Об'єм випуску					
Одиничне		Серійне		Масове	
Трудомісткість складання, хв	Середньо-місячний випуск, шт.	Трудомісткість складання, хв.	Середньо-місячний випуск, шт	Трудомісткість складання, хв.	Середньо-місячний випуск, шт
2500	До 1	2500	5	2500	-
250-2500	1-3	250-2500	9-60	250-2500	500
25-250	3-5	25-250	31-530	25-250	1500
25-25	5-8	25-25	50-600	25-25	3000
0,25-25	10	0,25-25	81-800	0,25-25	4500

Приблизна трудомісткість складання лежить в межах 25-250 хв, а середньомісячний випуск 20 комплектів, то тип виробництва – серійний.

Основні технологічні признаки серійного виробництва:

- складання машин по технологічному процесу, який розбитий на окремі операції;
- середня кваліфікація робітників;
- середній рівень спеціалізації;
- використання універсального та спеціального обладнання та інструменту.

3.4 Вибір обладнання, пристосування та інструменту.

Раціональна організація робочих місць має великий вплив на підвищення продуктивності праці, не вимагаючи від підприємства значних матеріальних витрат.

Планування робочого місця повинне передбачити правильне розміщення предметів і засобів праці з урахуванням раціонального використання виробничої площі, зручності експлуатації і безпеки роботи. Для розробки технологічного процесу складання радіатора охолодження обране наступне обладнання та інструмент.

Верстати для виконання слюсарно-складальних робіт.

Для продувки і промивки деталей використаємо стиснуте повітря із заводської системи і ванна із дизельним паливом.

Затяжку основних різьбових з'єднань необхідно виконувати за допомогою ключа.

На дільниці встановлені стелажі для зберігання комплектуючих та пристосувань. Для зберігання інструментів, креслень, технологічних процесів на дільниці установлюють інструментальні ящики. Також дільницю укомплектувано вимірювальними пристроями, так як контрольні операції будуть виконувати робітники дільниці.

3.5 Визначення технічної норми часу.

Розрахунок штучного часу в умовах серійного виробництва вираховується згідно формули

$$T_{um} = \sum T_{on} \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{он}}{100}\right), хв$$

T_{on} – оперативний час на операцію, хв.;

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						67
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$a_{обс}$ – відсоток часу від оперативного на обслуговування робочого місця в %, приймаємо 4%;

$a_{он}$ – відсоток часу від оперативного на особисті потреби, приймаємо 3%;

Визначимо штучний час на кожну окрему операцію складання радіатора охолодження:

05 Підготовча.

$$T_{005} = 21,2 \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 22,68 \text{ хв.}$$

010 Складальна.

$$T_{010} = 68 \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 69,07 \text{ хв.}$$

015 Випробувальна

$$T_{015} = 5,0 \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 5,35 \text{ хв.}$$

Визначаємо загальний штучний час на складання.

$$T_{шт} = T_{005} + T_{010} + T_{015}, \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 22,68 + 69,07 + 5,35 = 97,1 \text{ хв.}$$

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						68
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, створених проектованим двигуном

Забруднення навколишнього середовища, що виникають при експлуатації дизеля. Основні компоненти шкідливих викидів з відпрацьованими газами.

Процес перетворення хімічної енергії палива в механічну роботу в циліндрі двигуна супроводжується вихлопом відпрацьованих газів в атмосферу. До категорії найнебезпечніших забруднювачів, що втримуються в них, належать наступні газоподібні речовини й частки, що викидають із випускними газами: окисли азоту NO_x , що утворюються в циліндрах двигуна при температурі вище 1500°C , коли азот стає хімічно активним газом; окис CO і двоокис вуглецю CO_2 , що утворюються в результаті згоряння палива; сірчистий і сірчаний ангідриди SO_2 і SO_3 , що утворюються в результаті окислювання присутньої в паливі сірки (елементарної, меркаптанової та ін.); продукти неповного згоряння палива C_nH_m , агломерація дрібних часток не повністю згорілого палива, частки не повністю згорілого масла, сажі й ін. Утворення окислів азоту NO_x супроводжує робочий процес будь-якої енергетичної установки, якщо температура цього процесу вище 1500°C . За таких умов атоми азоту стають хімічно активними в результаті втрати ними одного або декількох електронів.

Таким чином, для того, щоб зменшити зміст у випускних газах окислів азоту, необхідно: створення в камері згоряння умов, при яких не відбувається інтенсифікація процесу утворення хімічно активного азоту; забезпечення максимально припустимої інтенсифікації процесу окислювання вуглеводнів (палива) у камері згоряння.

Окис вуглецю CO утвориться в результаті неповного згоряння палива, що вказує на недостатньо ефективне протікання робочого процесу в камері згоряння дизеля. До основних причин неповного згоряння палива ставляться: низькі

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

експлуатаційні властивості застосовуваного палива; порушення в регулюванні подачі палива в камеру згоряння дизеля; незадовільний стан паливної системи й деталей ЦПГ (нагар на розпилювачі форсунок, утворення неприпустимих відкладень у газовипускному тракті, втрата рухливості поршневих кілець; зношеність деталей паливних апаратів і ЦПГ).

Утворення окису вуглецю й окислів азоту зв'язані між собою прямо пропорційно, тобто чим більше зміст у випускних газах окису вуглецю, тим більше зміст і окислів азоту. Утворення окису вуглецю як результат неповного згоряння палива вказує на неефективне використання останнього в процесі перетворення його потенційної енергії в двигуні. Окис вуглецю при нормально організованому робочому процесі, правильному виборі застосовуваного палива й необхідному технічному стані дизеля не утвориться й у випускних газах не присутній.

Сірчистий і сірчаний ангідриди SO_2 і SO_3 утворюються в процесі згоряння палива, що містить сірку. Реакції окислювання сірки в сірчистий SO_2 і сірчаний SO_3 ангідриди проходять із виділенням теплоти, тому вони беруть участь у виробленні перетвореної в двигуні корисної енергії. Чим вище частка сірчаного ангідриду SO_3 , тим більше виділяється теплової енергії. Однак викиди цих ангідридів з випускними газами є небезпечними речовинами для навколишнього середовища.

Серед зазначених ангідридів найбільшу небезпеку представляє сірчистий SO_2 , що викидає у вигляді газу, і в результаті подальшого окислювання, що переходить у сірчаний ангідрид SO_3 . При температурі нижче 110°C сірчаний ангідрид, з'єднуючись із парами води, утворить найбільше хімічно активну сірчану кислоту H_2SO_4 . Сірчаний ангідрид утвориться в циліндрі дизеля, а сірчана кислота - ще у випускному тракті, і можлива її нейтралізація очисними пристроями. Тому в процесі згоряння палива необхідно забезпечити окислювання сірки в сірчаний ангідрид.

Загальна кількість змісту сірчистих речовин у випускних газах регламентується змістом у паливі сірки, тому необхідно обмежити наявність сірки в застосовуваних паливах.

Двоокис вуглецю CO_2 є кінцевою газоподібною речовиною процесу

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						70
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перетворення потенційної енергії вуглецево водневих енергоносіїв в енергетичних установках, зокрема в дизелях. На відміну від перерахованих речовин, що викидають у складі випускних газів, виключити зміст у них двоокису вуглецю неможливо. Основне екологічно небезпечний вплив двоокису вуглецю складається в руйнуванні озонового шару й створенні, таким чином, «парникового ефекту» на нашій планеті.

Нешкідливі або нейтральні (CO_2) речовини в сумі складають 99% від загального об'єму випускних газів. Інші - менш 1% (10000 частин на мільйон - проміле, %) - містять у собі окисли азоту (NO_x), сірки (SO_x), окис вуглецю (CO), вуглеводні (C_xH_y) і частки (сажа, зола).

Окис вуглецю, сажа й вуглеводні є результатом неповного згоряння палива. У зв'язку з більшим надлишком повітря у відпрацьованих газах суднових двигунів їх небагато в порівнянні з їхньою кількістю у високообертних автотракторних двигунах. Однак, деякі вуглеводні мають сильні канцерогенні властивості, тому, незважаючи на малу концентрацію, проблема зниження викиду цих компонентів актуальна. Такі хімічні речовини, як NO_x , CO , SO_x і ін., потрапляючи в атмосферу, порушують її природний екологічний баланс внаслідок утворення слабких кислот.

Частка NO_x і SO_2 у відпрацьованих газах двигунів становить більше 80% об'єму всіх шкідливих викидів, тому завдання зниження емісії цих компонентів становить основу проблеми створення екологічно чистих суднових дизелів. Зміст окислів сірки у відпрацьованих газах обумовлено наявністю сірки в паливі. При окислюванні сірки в камері згоряння дизелі утворюються SO_2 і SO_3 , причому переважно SO_2 (співвідношення 15:1). Утворення окислів азоту в камері згоряння двигуна обумовлено наявністю більших кількостей азоту, кисню й високих температур в окремих зонах розшарованого заряду. Окислювання азоту починається при температурі вище 1227°C , а при 2027°C и більше реакція протікає досить швидко (час реакції близько $10^{-2} \div 10^{-6}$ с).

Токсичність випускних газів визначається сортом палива та умовами його згоряння. Так застосування більш дешевих важких сірчаних палив викликає

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						71
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищене забруднення навколишнього середовища, збільшує зношування. При виборі сорту палива вирішальне значення можуть мати перераховані фактори, а не його дешевизна.

Однією з необхідних умов здорової і високопродуктивної праці є забезпечення чистоти повітря і нормальних метеорологічних умов у робочій зоні приміщень. Усунення впливу таких шкідливих виробничих факторів, як відпрацьовані гази, пар, пил, надлишкові теплоти, волога і створення здорового повітряного середовища, є важливою народогосподарчою задачею, що повинна здійснюватися комплексно, одночасно з рішенням основних питань виробництва.

Шум значно погіршує продуктивність праці. Впливає на людину, при інтенсивному рівні шуму тривалий час спостерігається утом слухового апарату, що може привести до часткового чи навіть до повної втрати слуху. Санітарні норми шуму приведені в таблиці 4.1.

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

Таблиця 4.1

Санітарні норми шуму

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

Таблиця 4.2

Санітарні норми вібрації

Напрямок нормування вібрації	Середньоквадратична віброшвидкість (чисельник, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$), 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, що супроводжують роботу двигуна.

Рівень шуму, вироблений двигуном, визначається по формулі:

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

де: n_n – номінальна частота обертання, $n_n = 2600 \text{ хв}^{-1}$;

n – робоча частота обертання, $n = 1800 \text{ хв}^{-1}$;

P_e – номінальна потужність двигуна, $P_e = 154,4 \text{ кВт}$.

$$L = \left[54 + 10 \lg(2600 + 154,4^{0.55}) + 30 \lg\left(\frac{1800}{2600}\right) \right] = 72,96 \text{ Дб}$$

Рівень шуму не перевищує припустимі значення.

Рівень вібрації для двигуна визначається по формулі:

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

де m – маса двигуна, $m = 1120 \text{ кг}$;

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{1800 \cdot 154,4^{0.55} \cdot \left(\frac{1 + 154,4}{1120} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{1120}{154,4}} + 30 \lg\left(\frac{1800}{2600}\right) \right) = 74,3 \text{ Дб}$$

Для зменшення рівня вібрації в конструкції двигуна передбачено: добір поршнів і шатунів по вагових групах, маховик, противаги й інші.

4.2 Техніка безпеки та протипожежний захист в експлуатації.

Правовою основою охорони праці на автомобільному транспорті є:

- Конституція України;
- ЗУ «Про охорону праці»;
- ЗУ «Про дорожній рух»;

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

- Правила дорожнього руху України;
- Правила охорони праці на автомобільному транспорті ДНАОП 0.00-1.28-97, які затверджені Наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці (тепер – Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничому нагляду) від 13.01.97 №5, та які погодженні листом Міністерства транспорту і зв'язку України від 11.06.96 №6/22–17-2907 і які введені в дію 1.10.1997;
- Санітарні правила з гігієни праці водіїв автомобілів;
- Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом України;
- Правила технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту;
- Норми технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту ОНТП 01-91;
- Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту.

До виробничого травматизму відносяться: каліцтва, поранення, опіки, поразки електричним струмом, професійні отруєння і захворювання, пов'язані з виконанням своїх обов'язків на виробництві.

Найбільш характерними причинами виникнення нещасних випадків є відсутність або недостатній інструктаж персоналу про правила безпеки, несправність устаткування, пристосування і інструменту або його невідповідність до умов виконання робіт, відсутність огорож, написів, невідповідний спецодяг, недостатнє освітлення, низький рівень технічної культури виробництва. Під час роботи двигуна автомобіля, особливо при неправильному регулюванні системи живлення, разом з відпрацьованими газами в атмосферу виділяються токсичні речовини, що може привести до отруєнь. Отруєння організму людини може бути хронічним, таким, що розвивається поступово під дією токсичних речовин, що поступають в організм в малих концентраціях, і гострим — що виникає при раптовому попаданні в організм великих порцій токсичної речовини.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						74
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Небезпечними є і простудні захворювання, що виникають із-за невідповідного одягу і поганих умов роботи.

Найбільш поширеними токсичними речовинами, що зустрічаються в практиці роботи автомобільне транспортне підприємство (АТП), є: тетраетилсвинець, окисел вуглецю, акролеїн, оксиди азоту, кислоти, луги, бензин, ацетон, антифриз і ін. Щоб не допустити отруєння вказаними речовинами, необхідно постійно вентилювати приміщення, де можлива їх поява. Не можна допускати використання шкідливих речовин, зокрема бензину, дизельного палива і інших для миття рук, одягу, деталей; зберігати отруйні речовини слід в спеціально виділеному для цієї мети посуді окремо від інших рідин. Робота автомобільного двигуна в закритих приміщеннях допускається тільки для заїзду і виїзду автомобіля за умови, що приміщення вентилується. Кабіна водія повинна бути захищена від проникнення відпрацьованих газів. Необхідно стежити також, щоб система випуску відпрацьованих газів була герметична. За відсутності вентиляції може наступити хронічне отруєння, в цьому випадку з'являється головний біль, запаморочення, поганий сон. Отруєння може привести до втрати свідомості, якщо концентрація окислу вуглецю складе 0,65

міліграм і більш на 1 л повітря. Смертельним вважається зміст 2,5 міліграм окислу вуглецю на 1 л повітря. Якщо зміст акролеїну набуває 0,07 міліграм на 1 л повітря, то людина може перенести таку концентрацію не більше 1 хв.

Великий вплив на здоров'я працівників і продуктивність праці надає температурний режим під час роботи. Високі температури викликають тепловий удар, низькі температури можуть привести до обмороження. Не можна для обігріву під час відпочинку в кабіні використовувати працюючий двигун, оскільки може наступити отруєння газом.

Правильне і достатнє освітлення робочих місць і виробничих приміщень сприяє попередженню травматизму і підвищенню продуктивності праці, інакше робітник вимушений близько нахилитися до хімічно шкідливих продуктів, що збільшує небезпеку травматизму, отруєння і пошкодження очей. Позитивний

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						75
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вплив на попередження виробничого травматизму і підвищення продуктивності праці має культура виробництва і технічна естетика. Наявність справних інструментів, необхідних пристосувань, зручність їх розміщення, на робочому місці, чистота, тон забарвлення устаткування і приміщень, правильний підбір освітлення, озеленення приміщень і території — всі ці елементи технічної естетики повинні бути властиві сучасному автомобільно-транспортному підприємству при високій науковій організації праці водія.

Приміщення гаража і територію відкритої стоянки автомобілів потрібно ретельно прибирати, на території стоянки не можна зберігати предмети, не що відносяться до устаткування їх, а використані обтиральні матеріали необхідно зберігати поза приміщенням в спеціально призначених для цієї мети металевих ящиках.

Зберігання палива і змащувальних матеріалів допускається тільки в спеціальній тарі і у вогнестійкому приміщенні або в цистернах, уритих в землю.

Приміщення, де виконують технічне обслуговування і ремонт автомобілів, повинні бути добре освітлені і міститися в чистоті. Забороняється технічне обслуговування не очищених від бруду автомобілів. Робочі місця потрібно також ретельно прибирати, а верстати і інше устаткування необхідно забезпечити надійними запобіжними пристроями. Прибирають робочі місця і приміщення при непрацюючих верстатах, механізмах і іншому устаткуванні.

Виходячи з вимог техніки безпеки і охорони праці на території автотранспортного підприємства повинен бути встановлений чіткий порядок руху автомобілів, а також заборонено управління автомобілем особам, що не мають посвідчення водія. Всі роботи, передбачені технічним обслуговуванням або пов'язані з ремонтом автомобіля, дозволяється виконувати тільки на спеціально обладнаних постах. При цьому автомобіль повинен бути надійно загальмований, а двигун обов'язково вимкнений і повішений попереджувальний плакат «Двигун не пускати — працюють!». Якщо при виконанні вказаних робіт автомобіль необхідно

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						76
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підняти на домкрат або гідравлічний підйомник, то працювати під ним можна тільки поставивши під нього козелки або надійний упор.

Важкі агрегати дозволяється піднімати механізмами, перевіряти двигуни слід тільки в приміщеннях, обладнаних пристосуваннями для відсмоктування відпрацьованих газів, а гальма — на майданчиках, обладнаних для цієї мети.

При роботі на автомобілі, що знаходиться на підйомнику, слід перевірити блокування підйомника на самоопускання, і встановити упори. На механізм управління підйомником потрібно повісити попереджувальний плакат «Не включати — працюють люди!».

Поводження з антифризом вимагає особливої обережності, оскільки він містить в собі сильнодіючу отруйну рідину — етилгліколь, яка при попаданні в організм приводить до важкого отруєння. Правилами застосування антифризу забороняється видача його у відкритий посуд, а заправка ним автомобілів на роздавальних колонках проводиться безпосередньо в систему охолодження двигуна. Переливати антифриз з однієї ємкості в іншу дозволяється тільки за допомогою спеціальних призначених для цієї мети насосів. На всіх ємностях і тарі, в якій зберігають антифриз, повинна бути добре помітний напис «Отрута», що наноситься незмивною фарбою, а пробки і горловина повинні бути запломбовані незалежно від того, чи є в ній антифриз чи немає. Після операцій, зв'язаних із застосуванням антифризу, необхідно добре промити руки з милом. Кислоти зберігають і транспортують в скляних бутлях з притертими пробками. Пляшки поміщають в лозові корзини з м'якою деревною стружкою. Зверху корзини закриті конічними кришками, виготовленими також з лози. При перенесенні бутлів використовують носилки і візки з гніздами. Необхідно пам'ятати, що кислоти при попаданні на шкіру викликають опік. Нітрофарба, ацетон і інші розчинники виділяють пари, які при вдиханні можуть викликати отруєння, а при попаданні на шкіру — роздратування і опіки. Проводити фарбування автомобілів потрібно в добре вентильованих приміщеннях. Після роботи з кислотами і нітрофарба і їх розчинниками потрібно ретельно мити руки теплою водою з милом.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						77
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При профілактичному обслуговуванні та ремонті транспортних засобів забороняється:

- виконувати будь-які роботи на автомобілі (причепі, напівпричепі), який вивішений тільки на одних підйомних механізмах (домкратах, на канавних пересувних підйомниках, телях тощо);

- підкладати під вивішені частини автомобіля (причепа, напівпричепа) замість підставок (козелків) диски коліс, цеглу та інші випадкові предмети;

- установлювати домкрат на випадкові предмети або підкладати їх під плунжер домкрата;

- знімати і ставити ресори на транспортні засоби усіх конструкцій і типів без попереднього їх розвантаження від маси кузова шляхом вивішування кузова з установленням підставок (козелків) під нього або раму автомобіля;

- проводити обслуговування та ремонт автомобілів при працюючому двигуні, за винятком окремих видів робіт, технологія проведення яких вимагає запуску двигуна;

- підіймати (вивішувати) автомобіль за буксирні пристрої (гаки) шляхом захоплення їх тросами, ланцюгами або гаком підйомного механізму;

- підіймати (навіть короткочасно) вантажі масою більше, ніж це вказано на табличці даного підйомного механізму;

- оглядати, поправляти, ремонтувати пневморесору, якщо робітник знаходиться між кузовом автобуса і колесом;

- знімати, установлювати та транспортувати агрегати при зачалуванні їх тросами або канатами без спеціальних захватів;

- підіймати вантаж при косому натяжінні троса або ланцюгів;

- залишати інструмент і деталі на автомобілі (рамі, агрегатах, підніжках, капоті тощо), краях оглядової канави;

- розбирати і ремонтувати деталі та вузли двигунів і системи живлення автомобілів, що працюють на етильованому бензині, без нейтралізації відкладень тетраетилсвинцю;

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						78
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- транспортувати агрегати на візках, не обладнаних пристроями, що запобігають їх падінню.

Перевіряти співвісність отворів дозволяється тільки за допомогою конусної оправки, а не пальцями. Випресовування втулок, піввісей, підшипників та інших деталей повинно проводитися за допомогою знімачів і пресів. При запресовуванні та випрасовуванні деталей на пресі не дозволяється підтримувати деталі рукою.

При роботі гайковими ключами необхідно підбирати їх відповідно до розмірів гайок, правильно накладати ключ на гайку; не можна підтискувати гайку ривком. Забороняється відкручувати гайки ключами більших розмірів з підкладанням металевих пластинок між гранями гайки і ключа, а також подовження рукоятки ключа шляхом приєднання іншого ключа або труби.

При роботі зубилом або іншим інструментом для рубки металу необхідно користуватися захисними окулярами для запобігання ураження очей металевими частинками. Забороняється стояти проти кінця заготовки, що обруббується. При роботі з пневматичним інструментом подавати повітря дозволяється тільки після установлення інструмента у робоче положення. Забороняється направляти струмінь повітря на себе або на інших.

При експлуатації електроінструмента необхідно дотримуватись усіх вимог безпеки інструкції з експлуатації згідно з ГОСТ 12.2.013.0-91. Перед початком роботи електроінструментом необхідно перевірити його справність.

Електричний та пневматичний інструмент, паяльні лампи дозволяється видавати особам, які пройшли інструктаж та знають правила поводження з ними. Перед тим, як користуватися переносними світильниками, необхідно перевірити наявність на лампі захисного скляного ковпака, захисної сітки і справність кабелю.

У зоні профілактичного обслуговування та ремонту транспортних засобів забороняється:

- виконувати роботи на робочих місцях, які не відповідають вимогам безпеки;

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						79
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- мити деталі, агрегати, руки і т.п. легкозаймистими рідинами (бензином, розчинниками тощо);
- зберігати та залишати легкозаймисті та горючі рідини, злите поливо, кислоти, карбід кальцію, порожню тару з-під палива та мастильних матеріалів тощо;
- проводити роботи з відкритим вогнем без спеціального дозволу і вжиття заходів протипожежної безпеки;
- заправляти автомобілі паливом;
- захищати проходи між стелажми і виходи із приміщень (деталлями, вузлами, агрегатами, тарою тощо);
- при постановці автомобіля на оглядову канаву перекривати ним основний та запасний виходи з неї;
- установлювати автомобілі з відкритими горловинами баків і при наявності течі із паливної системи.

Додаткові вимоги при обслуговуванні та ремонті автомобілів, що працюють на газовому паливі

Профілактичне обслуговування та ремонт автомобілів, що працюють на газовому паливі, повинно здійснюватися згідно з вимогами Керівництва (інструкції) заводу-виготовлювача з експлуатації і обслуговування газобалонних автомобілів. Профілактичне обслуговування, діагностика та ремонт газобалонних автомобілів може проводитися спільно (в одному приміщенні) з автомобілями, що працюють на бензині та дизельному паливі, за умови виконання вимог розділу 5 цих Правил та цього підрозділу. При невиконанні цих вимог газ із балонів повинен бути злитий (випущений), а балони продегазовані.

Перед в'їздом газобалонних автомобілів у зону профілактичного обслуговування та ремонту необхідно обов'язково перевірити на герметичність газову систему живлення. В'їзд у приміщення з негерметичною системою забороняється. Газові автомобілі можуть в'їжджати на пости профілактичного

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						80
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обслуговування та ремонту тільки після переведення роботи двигунів на бензин (дизельне паливо).

Витратні вентиля не можна залишати у проміжному стані; вони повинні бути або повністю відкриті або повністю закриті.

При проведенні робіт на постах обслуговування та ремонту необхідно обов'язково виключити запалювання.

Всі види робіт, пов'язані з обслуговуванням (крім щоденного), регулюванням та ремонтом газової системи живлення безпосередньо на автомобілі, повинні виконуватись в окремому приміщенні, обладнаному у відповідності з вимогами.

Після закінчення обслуговування та ремонту газової апаратури автомобіль із окремого приміщення направляють на загальні пости або лінії профілактичного обслуговування та ремонту.

При працюючому на газовому паливі двигуні дозволяється провадити тільки регулювання холостого ходу. Усі інші роботи з регулювання та ремонту газового обладнання необхідно проводити при непрацюючому двигуні.

Перед проведенням робіт, що пов'язані з усуненням несправностей арматури балонів або її зняттям, газ із балонів автомобіля повинен бути попередньо злитий (випущений) на посту зливу (випуску) газу, а балони продуті стиснутим повітрям або азотом.

Під час зливу (випуску) газу забороняється:

- знаходитися на посту стороннім людям;
- зливати (випускати) газ при працюючому двигуні та включеному запалюванні;
- палити та користуватися відкритим вогнем;
- проводити роботи, що не мають відношення до зливу (випуску) газу.

Ремонт та регулювання приладів електрообладнання дозволяється проводити тільки після провітрювання не менше 3 хв підкапотного простору, відсіку для балонів (у автобусів), багажного відділення (у легкових автомобілів).

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						81
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При проведенні профілактичного обслуговування та ремонту газобалонних автомобілів:

- роботи по зняттю, ремонту та установленню газової апаратури виконуються тільки за допомогою спеціальних пристосувань та інструменту;

Висновок

Таким чином, у даному підрозділі розглянуті можливі забруднення при експлуатації двигуна внутрішнього згоряння та вказані заходи щодо запобігання цих забруднень відповідно до законодавчих актів, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки. Також вказані основні вимоги до організації робочих місць при обслуговуванні автомобілів і двигунів. Розроблено правила техніки безпеки при виконанні робіт по обслуговуванню двигуна внутрішнього згоряння та автомобіля. Особливу увагу приділено техніці безпеки при обслуговуванні газових двигунів.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						82
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Згідно із завданням на дипломне проектування розроблені необхідні конструкторські, розрахункові і пояснювальні матеріали по газовому двигуну 8ГЧН12/12 з розробкою конструкції системи охолодження, які оформлені у вигляді пояснювальної записки та конструкторської частини проекту загальною кількістю 4 аркуші формату А1.

На початку дипломного проекту по заданим вихідним параметрам двигуна ($P = 200 \text{ кВт}$, $n = 2200 \text{ хв}^{-1}$) визначений двигун-прототип 8ЧН 12/12 і проведені розрахунки параметрів робочого циклу. По результатам розрахунків побудовані індикаторна діаграма дійсного робочого циклу і діаграми сил, що діють на деталі КШМ, величини яких знайдені при динамічному розрахунку двигуна.

Також було виконано розрахунки системи охолодження двигуна та розраховано розміри вентилятора осьового типу.

В технологічній частині кваліфікаційної роботи було визначено тип виробництва, обрано обладнання, пристосування та інструмент та розраховано технічні норми часу на виконання процесу складання радіатора системи охолодження. Технологічний процес складання радіатора системи охолодження наведено в додатках.

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 обслуговуючий персонал і на навколишнє середовище. Також розроблено вимоги техніки безпеки при обслуговуванні автомобільних двигунів внутрішнього згорання, зокрема газових двигунів.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						83
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Нестеренко В.В., Лисих А.Ю. Теоретичні передумови застосування альтернативних палив як екологічно безпечних енергоресурсів. //Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 80): матеріали Міжнародної наукової інтернет - конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Ополе, Польща. 19-20 вересня 2023р. – С. 214-216.

2. O. Cherednichenko, M. Tkach, B. Timoshevskiy, V. Havrysh, S. Dotsenko. Improving the efficiency of a gas-fueled ship power plant using a Waste Heat Recovery metal hydride system. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie № 59 (131) – 30.09.2019. – С. 9 – 15.

3. I. Shvets, O. Hrabovenko, S. Dotsenko, V. Nesterenko. «Results of the Experimental Research of the Medium Speed Diesel Engine Work on Soybean Oil». // 24rd International Scientific Conference on Transport Means 2020: – Kaunas, Trakai, Lithuania, 2020. – Pages 671-675.

4. Нестеренко В.В. Фідровська Н.М., Писарцов О.С. Визначення впливу геометричних параметрів канатних блоків на довговічність канату.: - Підйомно-транспортна техніка, Вип. 1(62), 2020, - с. 19-28

5. Фідровська Н.М., Ломакін А.О., Хурсенко С.О., Нестеренко В.В. Напружений стан дротинки канату в процесі згинання на блоці.: - Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Вип. 92, т.1, 2021, - с.184-187

6. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу, теплового балансу, теоретичної та дійсної індикаторної діаграми газового двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ» // Доценко С.М., Бельський Ф.В., Григоренко В.О.-Первомайськ ППІ, 2010.

7. І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) «Новий світ – 2000», Львів, 2006. – 576с.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						84
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

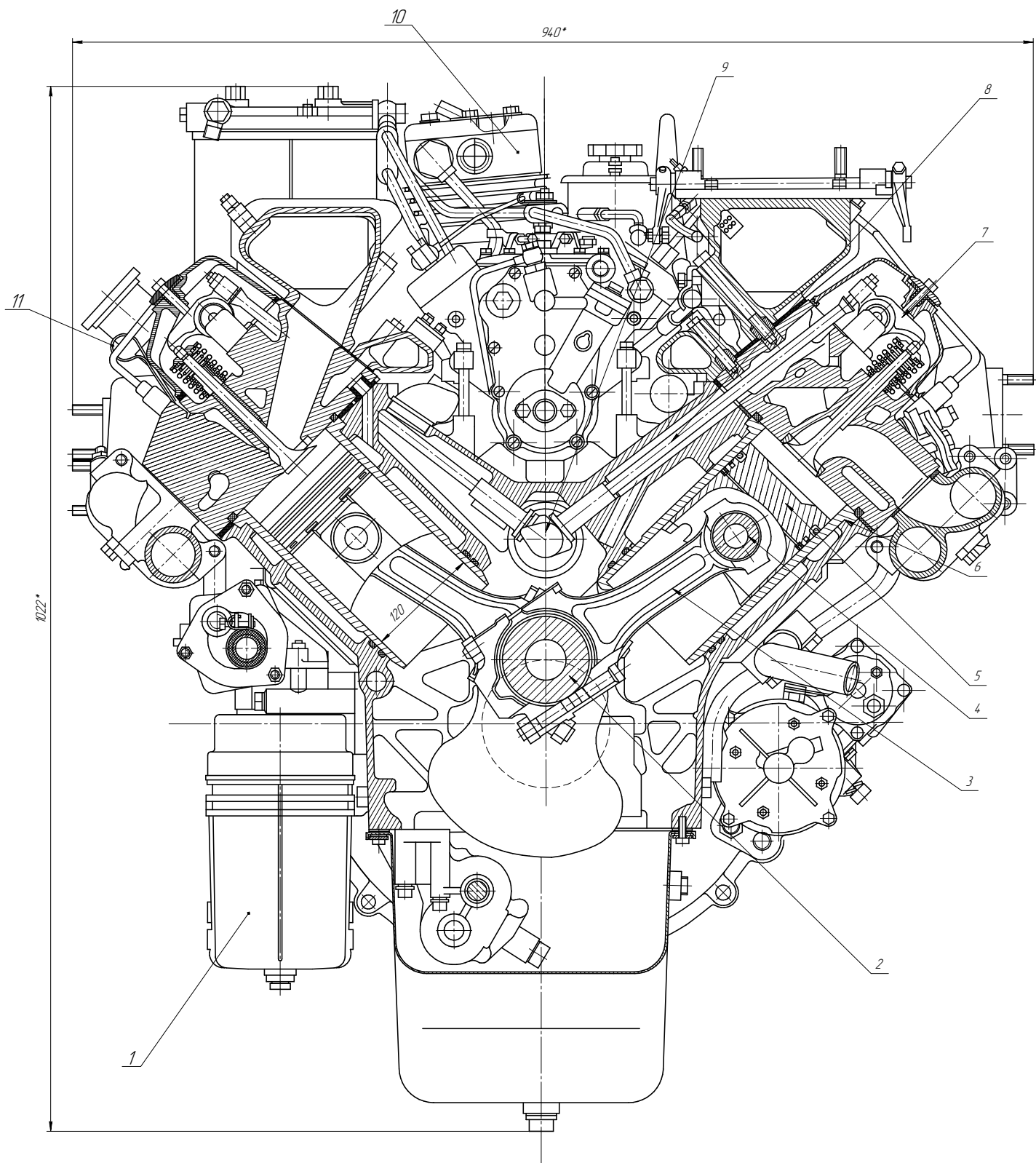
8. Григурко І. О., Анастасенко С. М., Доценко С. М. Проектування технологічних процесів в судновому машинобудуванні (Практикум). «Новий світ – 2000», Львів, 2017. – 348с.

9. С.М. Доценко **О.І. Грабовенко, І.А. Швець, А.Ю. Лисих** [Експериментальні дослідження екологічних параметрів дизельного двигуна при роботі на соєвій олії](#). Збірник наукових праць НУК – Миколаїв: НУК, 2023. – № 2 - 3 (491- 492). – С. 49 – 56.

10. S. Dotsenko, V. Nesterenko, A. Lysykh, O. Hrabovenko, I. Shvets Mathematical modelling of emissions of toxic components of a medium speed diesel engine when operating on soybean oil. 27rd International Scientific Conference on Transport Means 2023 04.10. - 06.10.2023: – Palanqa, Lithuania, 2023. – Pages.

					ПННІ НУК 131.61.24.01 ПЗ	Лист
						85
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A1			ПННІ НУК 131.61.24.01.00СК	Складальне креслення	1	
					Складальні одиниці		
		1		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.01	Фільтр масляний	1	
		2		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.02	Колінчастий вал	1	
		3		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.03	Шатун	8	
		4		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.04	Поршневий палець	8	
		5		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.05	Поршень	8	
		6		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.06	Гільза циліндра	8	
		7		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.07	Коромисло	16	
		8		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.08	Штанга	16	
		9		ПННІ НУК 131.61.24.01.00.09	Розподільчий вал	1	
Подп. и дата				ПННІ НУК 131.61.24.01.00.10	Турбокомпресор	1	
				ПННІ НУК 131.61.24.01.00.11	Клапан випускний	8	
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.24.01.00СК	
	Разраб.	Бондар К.В.				Газовий двигун 8 ГЧН 12/12 (поперечний переріз)	
	Пров.	Нестеренко В.В.					
	Н.контр.	Нестеренко В.В.					
Утв.	Нестеренко В.В.				Лит.	Лист	Листов
							1
					61-ТЕМмаг-23		



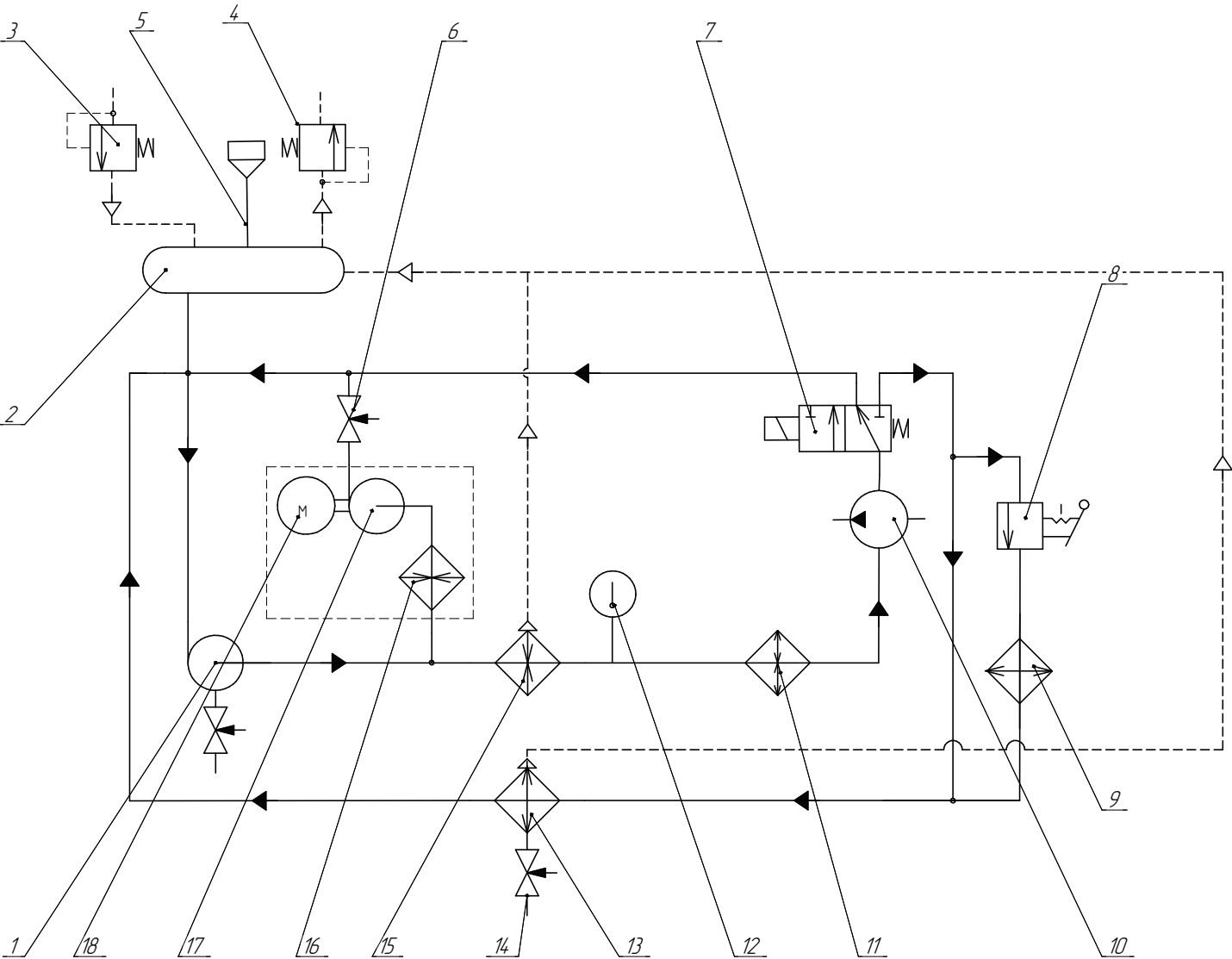
Ефективна потужність, P_e	199,1 кВт.
Частота обертання колінчастого валу, n	2600 хв ⁻¹
Робочий об'єм двигуна, V_l	10,25 л
Годинна витрата газу, B_g	19,2 м ³ /год.
Діаметр циліндру, D	120 мм
Хід поршня, S	120 мм

1. *Розміри для довідок

ПНН НУК 1316124.0100СК					
Двигун 8ГЧН12/12 (поперечний розріз)					
Лист	Лист	№ докум.	Лист	Лист	Лист
Розроб.	Бондар К.В.	Лист	Лист	Лист	Лист
Проєкт.	Нестеренко В.В.	Лист	Лист	Лист	Лист
Інженер	Нестеренко В.В.	Лист	Лист	Лист	Лист
Зам.	Нестеренко В.В.	Лист	Лист	Лист	Лист
61-ТЕМмаг-23					
Формат А1					

Система охолодження двигуна

ПНН НУЖ 131.6124.01СХ



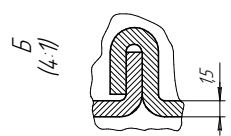
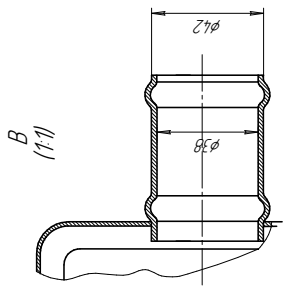
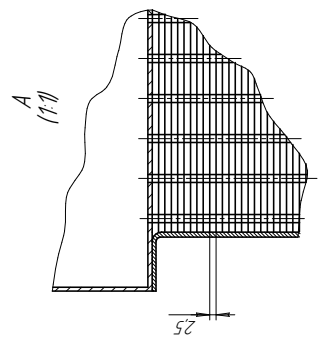
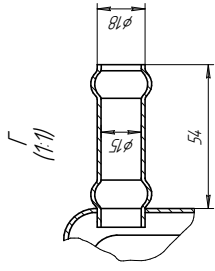
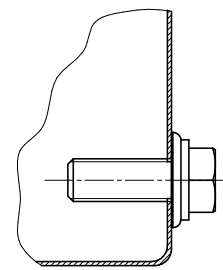
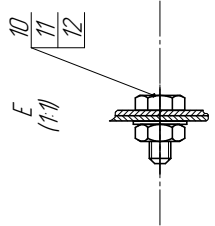
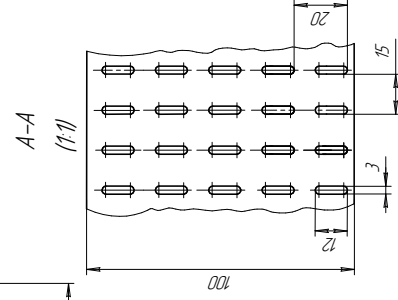
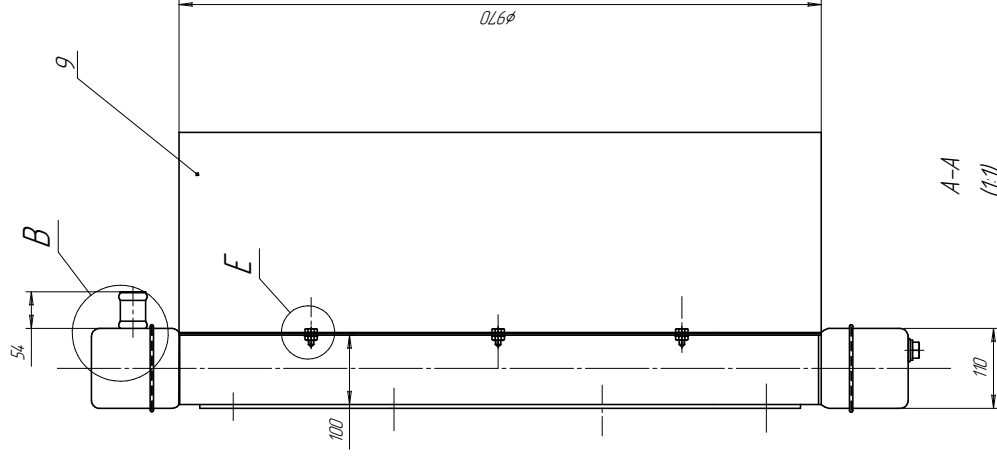
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Доп. указ.
1	-	Основной гидравлический насос	1	
2	-	Расширительный бачок	1	
3	-	Воздушный клапан	1	
4	-	Паровый клапан	1	
5	-	Заливная горловина	1	
6	-	Кран подпиточный	1	
7	-	Термостат	1	
8	-	Заслонка отопителя кабины	1	
9	-	Отопитель кабины	1	
10	-	Водяной насос масляного насоса	1	
11	-	Водяной насос масляной магистрали	1	
12	-	Термометр	1	
13	ПНН НУЖ 6.050503.44.17.04.00СХ	Радиатор	1	
14	-	Злильный кран	1	
15	-	ДВЗ	1	
16	-	Подпиточный	1	
17	-	Насос подпиточный	1	
18	-	Электрический двигатель	1	

ПНН НУЖ 131.6124.01СХ				Лит	Масса	Масштаб
Схема системы охлаждения 8ГЧН12/12				11		
				Лист	Листов	1
61-ТЕМмаг-23						

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1			ПННІ НУК 131.61.24.01.01СК	Складальне креслення	1		
					Складальні одиниці			
	A1	1		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.01	Бачок	1		
	A1	2		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.02	Решітка радіатора	1		
	A1	3		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.03	Бачок	1		
		4		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.04	Зливний болт	1		
		5		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.05	Кронштейн	2		
		6		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.06	Впускне вікно	1		
		7		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.07	Випускне вікно	1		
		8		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.08	Перехід на розширювальний бачок	1		
		9		ПННІ НУК 131.61.24.01.01.09	Кожух вентилятора	1		
					Стандартні вироби			
Подп. и дата			10		Болт ГОСТ 10602-70	6		
			11		Шайба плоска ГОСТ 11371-78	6		
			12		Гайка ГОСТ 5927-70	6		
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПННІ НУК 131.61.24.01СК		
	Разраб.	Бондар К.В.				Радіатор системи охолодження		
	Пров.	Нестеренко В.В.						
	Н.контр.	Нестеренко В.В.				Лит.	Лист	Листов
Утв.	Нестеренко В.В.				4		1	
						61-ТЕМмаг-23		

Копировал

Формат А4



Разміри для довідок

[illegible]

[illegible]

