

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайська філія

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Підвищення надійності стаціонарного газового двигуна потужністю 530 кВт за рахунок удосконалення конструкції випускного колектора.
Прототип 6ГЧН25/34

Виконав: студент групи 61-ТЕМмаг-20

_____ **Череднікова О. В.**
(підпис)

Керівник роботи:

ст. викладач кафедри «ЕМ» ПФ НУК
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

_____ **Грабовенко О.І.**
(підпис)

Первомайськ - 2021 р.

ЗМІСТ

Вступ

1	Опис конструкції двигуна.....	
2	Конструкторський розділ.....	
2.1	Вимоги до проектного двигуна та вибір вихідних даних робочого циклу	
2.2	Розрахунок робочого процесу двигуна.....	
2.3	Розрахунок індикаторної діаграми.	
2.4	Аналіз індикаторних та ефективних показників проектного двигуна в порівнянні з базовим.....	
2.5	Динамічний розрахунок двигуна.....	
2.6	Розрахунок теплового балансу.....	
3	Проектування випускного колектора.....	
3.1	Конструкції випускних колекторів	
3.2	Система газообміну.....	
3.3	Опис конструкції випускного колектора.....	
3.4	Розрахунок на міцність випускного колектора.....	
4.	Охорона праці	
4.1	Коротка характеристика обладнання і умов праці на підприємстві..	
4.2	Аналіз умов праці на робочому місці.....	
4.3	Розрахунок інтегральної бальної оцінки.....	
4.4	Визначення заходів з охорони праці.....	
5.	Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень.....	
	Загальні висновки.....	
	Список використаної літератури.....	

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Череднікова						
Перевір.		Грабовенко					2	
Реценз.		Каіров				61-ТЕМмаг-20		
Н. контр.		Грабовенко						
Затверд.		Нестеренко						

Графічна частина роботи

ДОДАТОК А: Поперечний переріз 6ГЧН25/34 СК;

ДОДАТОК Б: випускний колектор СК;

ДОДАТОК В. Компенсатор СК;

ДОДАТОК Г: Секція випускного колектора СК;

ДОДАТОК Д: Сильфон РК;

ДОДАТОК Ж: Індикаторна діаграма та графік сил діючих в КШМ

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) широко застосовуються в усіх галузях народного господарства і в майбутньому вони залишатимуться джерелом енергії для різних енергетичних установок. Постійно відбувається розширення їх вдосконалення. Тому перед двигунобудівниками стоїть задача вдосконалення ДВЗ стосовно їх призначення. Двигун внутрішнього згоряння – циклічний тепловий двигун, що, як відомо, є одним з його недоліків. Разом з цим циклічний принцип здійснення робочого процесу дозволяє реалізовувати в двигуні внутрішнього згоряння високу температуру та тиск газу, завдяки чому ДВЗ є більш економічними енергетичними установками в порівнянні з іншими тепловими двигунами.

Але розвиток конструкції ДВЗ в теперішній час відбувається в умовах інтенсивного виснаження світових запасів нафти і жорстоких вимог до екологічних характеристик двигуна: токсичності, рівня шуму і вібрацій. Це ускладнює вирішення задачі про вдосконалення технічних характеристик ДВЗ.

Сучасний двигун складається з великої кількості різноманітних деталей, систем та механізмів, від роботи яких в значній мірі залежать такі параметри: вага, технічні характеристики двигуна. Основним подальшим розвитком двигунобудування є переобладнання двигунів працюючих на дорогому дизельному паливі на двигуни, які працюватимуть на більш дешевшому паливі – природному газі.

В даній магістерській роботі розроблена конструкція випускного колектора з компенсаторами сільфоного типу.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ДВИГУНА

При розробці електростанції, на базі двигуна внутрішнього згоряння, що може забезпечити електроенергією споживачів загальною потужністю 530 кВт, в якості базового двигуна був обраний двигун 6ГЧН25/34 потужністю 500 кВт.

Двигун-генератор призначений для установки на стаціонарних електростанціях як основне або резервне джерело живлення електроенергією змінного струму різних споживачів в режимі автономної роботи, або паралельної роботи з промисловою мережею.

Автоматизований двигун-генератор ДвГА-500 призначений для використання на електростанціях в якості основного або допоміжного джерела електроенергії змінного трифазного струму в режимі автономної або паралельної роботи між собою чи з промисловою мережею.

Двигун-генератор складається з газового двигуна 6ГЧН25/34 і синхронного генератора перемінного струму типу СГ2-85/45-12, змонтованих на сумісній рамі. Рама дизель-генератора зварної конструкції.

Номінальна потужність двигун-генератора 500 кВт, номінальна частота обертання 600 хв^{-1} , питома витрата газового палива $0,3 \text{ м}^3/\text{кВтгод}$.

Двигун 6ГЧН25/34 повністю закапотований. Кришка циліндра – індивідуальна для кожного циліндра, відлита з високопробного чавуну, з'єднується з блоком чотирма силовими шпильками. Втулка циліндра відлита з чавуну, вставна. В нижній

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

частині порожнина охолодження між блоком та втулкою ущільнюється двома резиновими кільцями круглого перетину. Кількість клапанів на один циліндр дорівнює 2, з каналами розташованими в різні сторони.

Розміщення свічки запалювання в кришці циліндра – центральне з ущільненням у вогневому днищі.

Поршень – суцільний, чавунний, охолоджується маслом. Шатун – виготовлений з прямим роз'ємом нижньої головки. Стержень шатуна і кришка нижньої головки виготовлені зі сталі.

В стержні шатуна є центральний отвір для підвода мастила до підшипника верхньої головки шатуна та для охолодження поршня.

Колінчастий вал – виконується цільним зі сталі. На ведучому кінці валу розміщена шестерня приводу розподільчого валу. На вільному кінці валу встановлюється шестерня приводу масляного насоса, водяних насосів.

Основним видом палива що, застосовується в даному двигуні є природний газ.

Кривошипно-шатунний механізм

Кривошипно-шатунний механізм (КШМ), до якого входять: колінчастий вал, шатуни та поршні, призначений для перетворення поступального руху поршня у обертальний рух колінчастого валу.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Колінчастий вал

Колінчастий вал сталевий, суцільно кований, має вісім рамових і шість шатунних шийок, при цьому остання рамова шийка не використовується.

Кривошипи двигуна 6ГЧН25/34 розташовані по відношенню один до одного під кутом 120° .

Масило з канавок рамових підшипників поступає до шатунних підшипників по каналах, які з'єднують рамові шийки з шатунами, минуючи внутрішні порожнини шийок.

Для викочування вкладишів рамових підшипників використовуються свердлення для проходу масла.

На передньому кінці валу встановлені шестерні приводу масляного насосу.

Шестерня приводу масляного насоса болтами і штифтами жорстко сполучена з маточиною демпфуючої шестерні, пружними елементами якої є шість пружин з грибками. Від осьового зміщення шестерня утримується упорним кільцем з одного боку і кільцем опорним та чотирма болтами з другого боку.

Маховик переднього торця за допомогою шпонки з'єднаний з колінчастим валом і утримується від осьового зміщення упорним кільцем з одного боку і буртом колінчастого валу з іншого.

На задньому кінці валу є опорна кільцева поверхня на яку насаджена шестерня колінчастого валу, яка призначена для приводу розподільного валу через проміжну пару шестерень. Від осьового переміщення утримується шістьма притисками, які кріпляться болтами. За останньою рамовою шийкою валу є масло відбивач, який перешкоджає потраплянню мастила на фланець

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

кріплення маховика, що під тиском виходить з останнього рамового підшипника.

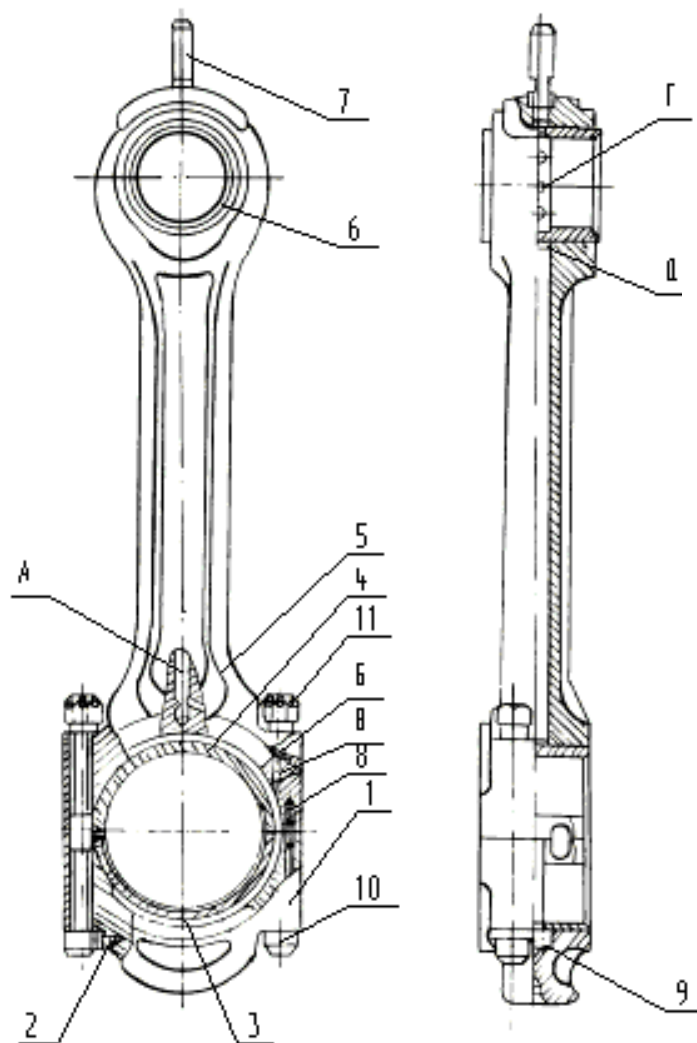


Рисунок 1.4 Шатун

1- кришка шатунного підшипника; 2,8-штифт; 3- вкладиш нижній; 4-вкладиш верхній; 5-стержень шатуна; 6- втулка; 7-розпилювач; 9-штифт; 10-болт шатунний; 11-гайка шатунного болта

Шатун (рис1.4) виготовлений з вуглецевої сталі. Стрижень шатуна двотаврового перетину має в центрі канал. У верхній головці шатуна проти каналу виконана кільцева канавка, а в нижній головці – канали, по яких мастило з шатунного підшипника потрапляє в головний.

У розточування верхньої головки шатуна запресована бронзова втулка, яка є головним підшипником. На внутрішній поверхні втулки виконані кільцева канавка і вісім отворів.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Мастило з каналу поступає в кільцеву канавку у верхній головці шатуна, а потім в розпилювач на охолодження поршня і одночасно через отвори втулки – в кільцеву канавку на змащування поршневого пальця.

У нижній головці шатуна розташовані тонкостінні сталєалюмінієві вкладиші шатунного підшипника. Від провертання і осьового переміщення вкладиші утримуються штифтом і шатунними болтами.

Кришка шатунного підшипника кріпиться до стрижня шатуна чотирма шатунними болтами. Взаємне положення стрижня і кришки фіксується штифтом.

Шатунні болти виготовлені з високолегованої сталі. Гайки шатунних болтів після затягування стопоряться дротом від мимовільного відгвинчування. На обох кінцях шатунного болта виконані лиск, відстані між якими, заміряє з точністю до 0,01 мм, нанесено на головці шатунного болта і служить для контролю залишкового подовження болта при експлуатації двигуна.

Гайки повинні затягуватися по черзі, в перехресному порядку, в два прийоми, рівномірно.

Різниця шатунів по вазі на одному двигуні не повинна бути більше 0,5 кг.

Маховик

Маховик призначений для забезпечення заданого ступеня нерівномірності обертання колінчастого валу.

Маховик 1 (рис.1.5) виготовлений із сталі, жорстко кріпиться до фланця колінчастого валу і генератора двигуна 6ГЧН25/34 за допомогою 4-х призонних болтів і 4-х «чорних» болтів.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

На торці маховика з боку двигуна до маховика кріпляться два ударники 2 механізми безпеки.

Для установки і перевірки кута випередження запалення і фаз газорозподілу, на ободі нанесені відмітки мертвих крапок для кожного циліндра і відмітки кутів повороту валу з інтервалом 5, а також є отвори 3 для провертання колінчастого валу воротком і різьбові отвори для рим-болтів.

На торцевій поверхні ободу маховика двигунів з боку кріплення його до фланця колінчастого валу є 180 отворів і встановлений штифт 6 (84° після ВМТ першого циліндра), які призначені для створення імпульсів датчиками системи запалення і регулятора швидкості при його обертанні, встановлених на кронштейні з боку всмоктування.

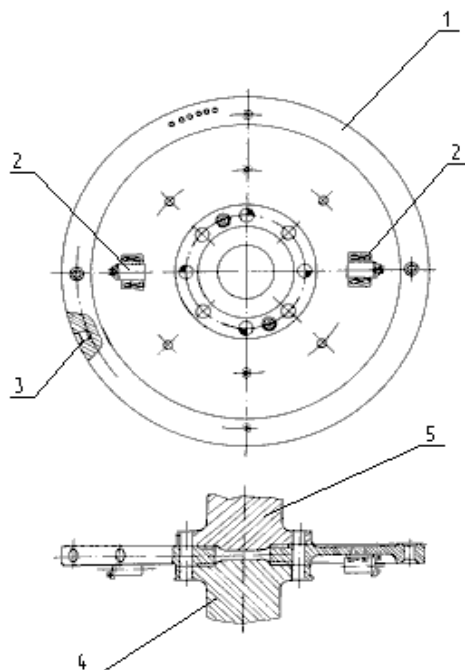


Рисунок 1.5 Маховик

1- маховик; 2-ударники; 3-отвори для провертання; 4- колінчастий вал; 5-вал генератора

В даній роботі пропонується:

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищити ефективну потужність 6-циліндрового газового двигуна серії ГЧН25/34 до 530 кВт за рахунок підвищення обертів колінчастого валу і тиску наддуву та розробити випускний колектор з компенсаторами сильфонного типу.

Стаціонарна автоматизована електростанція потужністю 530 кВт (потужність установки обумовлюється ККД генератора, ККД генератора складає 95%) на базі двигун-генератора ДвГА-530, розміщена в легко розбірному укритті на бетонному фундаменті, призначена для використання як основне та резервне джерело електропостачання трифазним змінним струмом для промислових і комунальних об'єктів. Режим роботи – автономний або паралельний з електричною мережею необмеженої потужності.

Електростанція забезпечує тривалу надійну роботу за наступних умов:

- температура повітря, що оточує двигун-генератор від +8 до +45°C;
- температура зовнішнього повітря від -22 до +47°C;
- відносна вологість не більш 88%;
- висота над рівнем моря до 1000 м;
- сейсмічність за шкалою Ріхтера до 8 балів.

Електростанція може працювати в ручному, автоматизованому і автоматичному режимі управління.

Загальний устрій електростанції.

Силова установка розташована на металевій основі, що розташована на бетонному фундаменті для зменшення вібрації та

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

шуму, також в машинному приміщенні електростанції знаходиться обладнання обслуговуюче двигун, а саме: стаціонарні циркуляційні насоси охолодження з електричним приводом, балон пускового повітря, балон господарських потреб та повітряний компресор для закачування повітря в балони.

Розподільчий електричний щит та силовий щит знаходяться на посту керування біля генератора.

В машинному приміщенні біля двигуна розташований бак мастила та розширювальний бачок води.

Блок охолодження циркуляційної води зовнішнього контуру (радіаторний блок охолодження) знаходиться в відгородженій частині машинного приміщення. Глушник-іскрогасник та блок газової апаратури винесені за межі приміщення станції.

Вентиляція станції складається з легкоз'ємного зонта, від якого повітря потрапляє до витяжного трубопроводу. Приміщення також вентилується приточною вентиляцією.

Машинне приміщення обслуговується 0,5-тонним краном, що має висячу колодку з кнопками керування.

Також в машинному приміщенні встановлена автоматизована протипожежна система.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вимоги до проектного двигуна та вибір вихідних даних робочого циклу.

При виконанні розрахунку робочого циклу двигуна потрібно враховувати призначення двигуна, вид палива, частоту обертання колінчастого валу та конструктивні особливості проектного двигуна. При оцінці вихідних параметрів для розрахунку робочого процесу може бути використаний досвід накопичений при конструюванні і експлуатації подібних двигунів, і наявні експериментальні дані.

В основі прийнятого методу аналітичного розрахунку лежить метод Гриневецького-Мазинга.

Проведемо аналіз вихідних параметрів для розрахунку робочого процесу:

а) Тиск і температура навколишнього середовища.

Як правило, при розрахунках робочого циклу приймається тиск навколишнього середовища $P_0 = 0,1$ МПа, а температура $t_0 = 20^\circ\text{C}$. При високих температурах і низькому тиску навколишнього середовища потужність двигуна буде зменшуватися.

б) Ступінь стиску.

Ступінь стиску для дизелів знаходиться в межах $\varepsilon = 12 \dots 18$ і залежить в основному від діаметру циліндру і числа обертів колінчастого валу.

в) Коефіцієнт надлишку повітря.

Коефіцієнт надлишку повітря для згорання дизельного палива знаходиться в межах $\alpha = 1,8 \dots 3,0$ і залежить від режиму роботи дизеля.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

г) Тиск наддуву для дизельних двигунів сягає 0,3...0,4 МПа і обмежується в основному механічною міцністю деталей двигуна, так як максимальний тиск згоряння при цьому складає 18...20 МПа.

д) Коефіцієнт продувки камери згоряння.

Коефіцієнт продувки $\varphi_a = G_k/G_a$ характеризує якість процесу газообміну, який для дизельного двигуна з великим кутом перекриття клапанів $\alpha_{\text{пер}} = 140...150^\circ$ дорівнює 1,1...1,2.

е) Підігрів заряду свіжого повітря від стінок циліндру, яких він торкається при наповненні циліндру, знаходиться по дослідним даним в межах $\Delta t = 5...20^\circ\text{C}$. Для розрахунків приймаємо $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

ж) Коефіцієнти використання теплоти.

Дослідні величини коефіцієнтів використання теплоти в точках z і b робочого циклу складають $\xi_z = 0,70...0,85$ і $\xi_b = 0,84...0,95$

з) Ступінь підвищення тиску

Ступінь підвищення тиску при згорянні λ залежить від швидкохідності двигуна, ступеню наддуву, організації процесів утворення робочої суміші і ряду інших факторів, при розрахунках для середньооборотних двигунів рекомендується приймати $\lambda = 1,35...2,2$.

к) Механічний ККД

Механічний ККД двигуна залежить від його від конструкції, швидкохідності, наявності приводних механізмів на ньому і таке інше. По дослідним даним двигуна - прототипу приймаємо ККД зпроектованого двигуна $\eta_m = 0,90$.

л) Охолодження наддувочного повітря

Зниження температури наддувочного повітря в одноступеневому охолоджувачі повітря приймаємо в межах $40...60^\circ\text{C}$.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

м) Температура залишкових газів

При виконанні розрахунку робочого процесу двигуна температуру залишкових газів рекомендується приймати в межах $T_r = 600 \dots 900 \text{ K}$.

н) Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми.

Коефіцієнт округлення індикаторної діаграми для дизелів з нероздільною камерою згоряння $\varphi = 0,90 \dots 0,95$.

о) Показник політропи стиску в компресорі.

Показник політропи стиску у відцентровому компресорі із неохолоджуваним корпусом знаходиться в межах $n_k = 1,45 \dots 1,8$.

Для розрахунку робочого циклу приймаю $n_k = 1,6$.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок робочого процесу газового двигуна.

1. Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e =$	530	кВт
Частота обертання колінчастого валу.	$n =$	600	хв ⁻¹
Діаметр циліндра	$d =$	250	мм
Хід поршня	$S =$	340	мм
Ступінь стиску	$\epsilon =$	10,5	
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha =$	1,65	
Число циліндрів	$i =$	6	
Коефіцієнт тактності	$z =$	4	

2. Вихідні дані для теплового розрахунку.

Тиск наддуву	$p_b =$	200	кПа
Тиск навколишнього середовища	$p_a =$	101,3	кПа
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293	К
Показник політропи стиску для відцентрового компресора	$n_k =$	1,6	
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	5	К
Тиск залишкових газів	$p_r =$	180	кПа
Температура залишкових газів	$T_r =$	750	К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	2,5	
Середнє значення показника політропи:			
стиску	$n_1 =$	1,36	
розширення	$n_2 =$	1,25	
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z =$	0,8	
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi =$	0,84	
Нижча теплота згорання газу	$Q_H =$	36590	кДж/м ³
Природний газ			

Склад:	в %		В об'ємних долях	
метан	$CH_4 =$	95,4	$R_{CH_4} =$	0,954
етан	$C_2H_6 =$	2,6	$R_{C_2H_6} =$	0,026
пропан	$C_3H_8 =$	0,3	$R_{C_3H_8} =$	0,003
бутан	$C_4H_{10} =$	0,2	$R_{C_4H_{10}} =$	0,002
пентан	$C_5H_{12} =$	0,2	$R_{C_5H_{12}} =$	0,002
вуглекислота	$CO_2 =$	0,2	$R_{CO_2} =$	0,002
оксид вуглецю	$CO =$	0	$R_{CO} =$	0
азот	$N_2 =$	1,1	$R_{N_2} =$	0,011

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.

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

$$L_0 = 9.73 \text{ кмоль/кмоль}$$

Загальна кількість продуктів свіжого заряду.

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

$$M_1 = 17.05 \text{ кмоль/кмоль}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згоряння.

$$\begin{aligned} \text{Кількість } CO_2: \quad M_{CO_2} &= CO + \sum (nC_nH_m + CO_2), \text{ кмоль} \\ M_{CO_2} &= 1.043 \text{ кмоль} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Кількість } H_2O: \quad M_{H_2O} &= H_2 + \sum (0.5mC_nH_m), \text{ кмоль} \\ M_{H_2O} &= 2.02 \text{ кмоль} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Кількість } O_2: \quad M_{O_2} &= 0.21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль} \\ M_{O_2} &= 1.328 \text{ кмоль} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Кількість } N_2: \quad M_{N_2} &= 0.79 \times \alpha \times L_0 + N_2, \text{ кмоль} \\ M_{N_2} &= 12.692 \text{ кмоль} \end{aligned}$$

Загальна кількість продуктів згоряння.

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 17.083 \text{ кмоль}$$

Змінення об'єму при згорянні 1 кмоль газу.

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

$$\Delta M = 0.031 \text{ кмоль}$$

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

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

$$\beta_o = 1.0018$$

4. Параметри процесу наповнення.

Температура повітря після нагнітача.

$$T_e = T_a \times \left(\frac{P_e}{P_a} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}, K$$

$$T_B = 378,1 \text{ K}$$

Температура повітря після охолоджувача.

$$T_{\text{int}} = T_B - (30 - 70^0 \text{ K})$$

$$\text{число з інтервалу} = 30$$

$$\Delta T_{\text{int}} = 348,1 \text{ K}$$

Температура газоповітряної суміші.

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

$$T_{\text{cm}} = 321,7 \text{ K}$$

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

Коефіцієнт залишкових газів.

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

$$\text{де } P_d = 0,95 \times P_e$$

$$P_d = 190,0 \text{ кПа}$$

$$\gamma_r = 0,043$$

Коефіцієнт наповнення.

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

$$\varphi_n = 0,94$$

Температура газоповітряної суміші на початку стиску.

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

$$T_d = 344 \text{ K}$$

5. Параметри процесу стиску.

Тиск в кінці стиску.

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

$$P_c = 4651,3 \text{ кПа}$$

Температура в кінці стиску.

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

$$T_c = 802,4 \text{ K} \quad t_c = 529,4^0 \text{ C}$$

6. Параметри процесу згоряння.

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

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

$$\beta = 1,0017$$

Максимальна температура циклу знаходиться з рівняння балансу:

$$\frac{\xi \cdot 22,4 \cdot Q_H}{(1 + \gamma_r) \cdot (1 + \alpha \cdot L_0)} = \beta_z \cdot m C_p m_z \cdot t_z - (m C_v m_{cm} + 8.314 \lambda) \cdot t_c$$

склад продуктів згорання в об'ємних долях:

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

$$R_{CO_2} = 0,0611$$

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

$$R_{H_2O} = 0,1182$$

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

$$R_{O_2} = 0,0777$$

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

$$R_{N_2} = 0,7430$$

Мольна теплоємність продуктів згорання:

$$m C_{v_{me}} = R_{O_2} \cdot m C_{v_{O_2}} + R_{N_2} \cdot m C_{v_{N_2}} + R_{H_2O} \cdot m C_{v_{H_2O}} + R_{CO_2} \cdot m C_{v_{CO_2}}$$

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

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

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

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

Після підстановки одержимо рівняння.

$$m C_{v_{me}} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

де:

$$a = 22,47$$

$$b = 610,83$$

теплоємність газового палива.

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

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

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

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

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

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

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

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

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 12,60$$

$$b = 5237,536$$

мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному об'ємі.

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

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 20,03$$

$$b = 508,77$$

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

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

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 20,03$$

$$b = 254,39$$

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

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

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 29,192$$

$$b = 539,113$$

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

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

$$a = 29,192$$

$$b = 269,557$$

Максимальна температура процесу згоряння.

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

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

де:

$$A = 270,026$$

$$B = 29,243$$

$$C = 58943,52 \quad 81263,2$$

Звідки:

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

$$t_z = 1737,0 \text{ C} \quad T_z = 2010,0 \text{ K}$$

Максимальний тиск згоряння.

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

$$p_{\max} = 11671,3 \text{ кПа}$$

Ступінь підвищення тиску

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

$$\lambda = 2,51$$

$$\Delta \lambda = 0,37 \%$$

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

Ступінь попереднього розширення.

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

$$\rho = 1$$

7. Параметри процесу розширення.

Ступінь подальшого розширення.

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

$$\delta = 10,5$$

Тиск в кінці розширення.

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

$$p_{\varepsilon} = 617,5 \text{ кПа}$$

Температура в кінці розширення.

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

$$T_{\varepsilon} = 1116,6 \text{ К}$$

Середня температура випускних газів.

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

$$T_{\text{ср.г.}} = 879,0 \text{ К}$$

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

Температура залишкових газів.

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

$$T_r = 740,4 \text{ К}$$

$$\text{Перевірка: } \frac{|T_r^{\text{з}} - T_r|}{T_r^{\text{з}}} \times 100 \% = 1,28 \%$$

8. Індикаторні показники робочого процесу.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

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

$$P_{mi} = 1182,35 \text{ кПа}$$

Індикаторний ККД.

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

$$\eta_i = 0,37$$

Питома індикаторна витрата газу.

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

$$g_i = 0,27 \text{ м}^3 / (квт \cdot год)$$

9 Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

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

Середня швидкість поршня.

$$V_{П.СР} = \frac{S_{ПР} \cdot n}{30}, M / C$$

$$S_{ПР} = 0,34 \text{ - хід поршня, м}$$

$$V_{П.СР} = 6,8 \text{ м/с}$$

$$P_M = 117,8 \text{ кПа}$$

Середній ефективний тиск.

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

$$P_{me} = 1064,59 \text{ кПа}$$

Механічний К.К.Д.

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

$$\eta_M = 0,90$$

Ефективний К.К.Д.

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

$$\eta_e = 0,331$$

Питома ефективна витрата газу.

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

$$b_e = 0,297 \text{ м}^3/(\text{кВт} \cdot \text{год})$$

Годинна витрата газу.

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

$$B = 157,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

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.

$$V_{st} = 99,57 \text{ Л}$$

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{ Л}$$

$$V_s = 16,59 \text{ Л}$$

Діаметр циліндра.

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

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

$$d_{IP} = 0,25 \text{ м}$$

$$m = 1,36$$

$$d = 249,6 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times d, \text{ мм}$$

$$S = 339,4 \text{ мм}$$

11 Уточнені розміри циліндра двигуна.

Діаметр циліндра.

$$d = 250 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 340 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

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

$$V_s = 100,09 \text{ Л}$$

Робочий об'єм ходу поршня.

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

$$V_s = 16,68 \text{ Л}$$

Ефективна потужність двигуна.

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

$$P_{ep} = 532,8 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

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

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

$$P_{esp} = 531,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,52 \%$$

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

2.3 Розрахунок індикаторної діаграми.

Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми.

Вихідні дані

$P_{mi} =$	1,182 МПа	Середній індикаторний тиск.
$P_d =$	0,1900 МПа	Тиск в кінці впуску.
$n_1 =$	1,360	Показник політропи стиску.
$\epsilon_c =$	10,500	Ступінь стиску.
$P_{max} =$	11,671 МПа	Максимальний тиск в циліндрі.
$n_2 =$	1,250	Показник політропи розширення.
$\rho =$	1,000	Ступінь попереднього розширення.
$m_p =$	0,050 МПа/мм	Масштаб по осі тиску.
$\xi =$	0,840	

Таблиця 2.3

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	4,651	93,0	11,671	233,4	7,020
1,25	3,434	68,7	8,830	176,6	5,397
1,5	2,680	53,6	7,031	140,6	4,351
1,75	2,173	43,5	5,799	116,0	3,626
2	1,812	36,2	4,907	98,1	3,095
3	1,044	20,9	2,956	59,1	1,912
4	0,706	14,1	2,063	41,3	1,357
5	0,521	10,4	1,561	31,2	1,040
6	0,407	8,1	1,243	24,9	0,836
7	0,330	6,6	1,025	20,5	0,695
8	0,275	5,5	0,867	17,3	0,592
9	0,234	4,7	0,749	15,0	0,514
10	0,203	4,1	0,656	13,1	0,453
10,5	0,190	3,8	0,617	12,3	0,427
$P_{mi}^{\text{д}} =$					1,232

Об'єм камери згорання

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

$$V_s = [AB] = 190 \text{ мм}$$

$$V_c = 20 \text{ мм}$$

Приведений робочий об'єм

Похибка середнього індикаторного тиску.

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

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

$$P_{mi \text{ ср}} = 1,207 \text{ МПа}$$

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

Похибка не перевищує 5%

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.

$\lambda_L =$	0,250	Кривошипно-шатунне відношення.
$[AB] =$	190	мм Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі.
$\Delta\varphi_1 =$	10	$^0 \text{ ПКВ}$ Кут затримки згорання.
$P_r =$	0,180	МПа Тиск залишкових газів.
$m_p =$	0,050	МПа/мм Масштаб тиску.
$S =$	340	мм Хід поршня.
$P_c =$	4,651	МПа Тиск в кінці стиску.
$P_{\max} =$	11,671	МПа Максимальний тиск.

Таблиця 2.4 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	0,042	4,0
$f, \text{ДоВМТ}$	5	0,005	0,5
$\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$	10	0,019	1,8
$b', \text{ПісляВМТ}$	130	1,716	163,0
$r', \text{ДоВМТ}$	10	0,019	1,8
$r'', \text{ПісляВМТ}$	30	0,165	15,7
$d', \text{ДоВМТ}$	150	1,897	180,2

Ордината точки r

$$\frac{P_r}{m_p}, \text{ мм} \quad 3,6 \quad \text{мм}$$

Тиск газів в ВМТ.

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

1,2 Число з інтервалу.

$$\begin{aligned} P_c'' &= 5,58 \quad \text{МПа} \\ P_c'' &= 111,6 \quad \text{мм} \end{aligned}$$

Максимальний тиск згорання.

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

$$\begin{aligned} P_{zd} &= 9,92 \quad \text{МПа} \\ P_{zd} &= 198 \quad \text{мм} \end{aligned}$$

Поправка Брікса

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

$$OO' = 21,3 \quad \text{мм}$$

Масштаб переміщення

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

$$M_s = 1,79$$

Поправка Брікса в масштабі переміщення

$$OO = \frac{OO'}{M_s}, \text{ мм}$$

$$OO = 11,9 \quad \text{мм}$$

2.4 Аналіз ефективних показників проектного двигуна й прототипу

Таблиця 2.4 Порівняльна таблиця ефективних показників двигунів

Назва	Позначення	Проектований двигун	Двигун-прототип
Ефективна потужність, кВт	P_e	530	500
Частота обертання колінчастого валу, хв^{-1}	n	600	600
Дійсний максимальний тиск згоряння, МПа	$P_{\max}$	11,671	10
Тиск наддуву, МПа	P_v	0,20	0,18
Діаметр, мм	d	250	250
Хід поршня, мм	S	340	340
Число циліндрів	i	6	8
Ступень стиску	ε	10,5	10,5
Питома ефективна витрата газового палива, $\frac{\text{м}^3}{\text{кВт} \times \text{год}}$	v_e	0,297	0,32

Щоб досягти заданої потужності потрібно було: збільшити тиск наддуву. При збільшенні тиску наддуву збільшився середній ефективний тиск. При збільшенні середнього ефективного тиску зменшилась ефективна витрата палива.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Динамічний розрахунок двигуна

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:

$d=$	0,25	м - діаметр циліндра
$s=$	0,34	м - хід поршня
$\lambda_L=$	0,250	- кривошипно-шатунне відношення
$r=$	0,17	м - радіус кривошипа
$n=$	600	хв^{-1} - частота обертання
$m_s=$	87,0	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

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

$$\omega = 62,8 \quad \text{с}^{-1}$$

Площа днища поршня

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

$$A = 0,049 \quad \text{м}^2$$

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.

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

Дотична сила.

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

Сила інерції мас, що рухаються обертально.

$$F_{u\text{ об}} = -m_R r \omega^2, H$$

$$F_{\text{иоб.}} = -30,8 \quad \text{кН}$$

$$F_{\text{иоб.}} = -30,8 \quad \text{мм}$$

Маса деталей, що рухаються обертально

$$m_R = 46,00 \quad \text{кг}$$

Тиск газів в залежності від кута повороту колінчастого вала

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

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

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

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

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

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

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

Робочий об'єм

$$V_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot S = 0,01668 \text{ м}^3$$

Об'єм камери сгорання

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1} = 0,00209 \text{ м}^3$$

Повний об'єм

$$V_a = V_s + V_c = 0,018766 \text{ м}^3$$

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

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

Таблиця 2.5

Результати динамічного розрахунку.

φ^o	Vf	F _Г	F _и	F _d	F _N	F _r	F _k	F _Г	F _и	F _d	F _N	F _r	F _k
ПКВ	мЗ	кН	кН	кН	кН	кН	кН	мм	мм	мм	мм	мм	мм
0	0,0021	4,352	-72,912	-68,560	0,000	-68,560	0,000	4,35	-72,91	-68,56	0,00	-68,56	0,00
10	0,0022	4,352	-71,146	-66,794	-2,888	-65,276	-14,457	4,35	-71,15	-66,79	-2,89	-65,28	-14,46
20	0,0027	4,352	-65,982	-61,631	-5,186	-56,105	-26,049	4,35	-65,98	-61,63	-5,19	-56,10	-26,05
30	0,0035	4,352	-57,806	-53,454	-6,453	-42,925	-32,559	4,35	-57,81	-53,45	-6,45	-42,93	-32,56
40	0,0045	4,352	-47,215	-42,863	-6,497	-28,349	-32,898	4,35	-47,22	-42,86	-6,50	-28,35	-32,90
50	0,0057	4,352	-34,961	-30,609	-5,387	-15,100	-27,287	4,35	-34,96	-30,61	-5,39	-15,10	-27,29
60	0,007	4,352	-21,874	-17,522	-3,399	-5,396	-17,117	4,35	-21,87	-17,52	-3,40	-5,40	-17,12
70	0,0085	4,352	-8,779	-4,427	-0,912	-0,509	-4,526	4,35	-8,78	-4,43	-0,91	-0,51	-4,53
80	0,01	4,352	3,574	7,926	1,688	-0,606	8,155	4,35	3,57	7,93	1,69	-0,61	8,16
90	0,0115	4,352	14,582	18,934	4,074	-4,889	18,934	4,35	14,58	18,93	4,07	-4,89	18,93
100	0,0129	4,352	23,832	28,184	6,002	-11,944	26,512	4,35	23,83	28,18	6,00	-11,94	26,51
110	0,0142	4,352	31,121	35,472	7,310	-20,188	30,401	4,35	31,12	35,47	7,31	-20,19	30,40
120	0,0154	4,352	36,456	40,808	7,916	-28,241	30,816	4,35	36,46	40,81	7,92	-28,24	30,82
130	0,0164	4,352	40,026	44,377	7,810	-35,158	28,429	4,35	40,03	44,38	7,81	-35,16	28,43
140	0,0172	4,352	42,151	46,503	7,048	-40,490	24,091	4,35	42,15	46,50	7,05	-40,49	24,09
150	0,0179	4,352	43,224	47,575	5,744	-44,198	18,597	4,35	43,22	47,58	5,74	-44,20	18,60
160	0,0184	4,352	43,641	47,993	4,038	-46,507	12,544	4,35	43,64	47,99	4,04	-46,51	12,54
170	0,0187	4,352	43,740	48,092	2,079	-47,724	6,293	4,35	43,74	48,09	2,08	-47,72	6,29
180	0,0188	4,352	43,747	48,099	0,000	-48,099	0,000	4,35	43,75	48,10	0,00	-48,10	0,00
190	0,0187	4,417	43,740	48,157	-2,082	-47,789	-6,302	4,42	43,74	48,16	-2,08	-47,79	-6,30
200	0,0184	4,616	43,641	48,257	-4,061	-46,763	-12,613	4,62	43,64	48,26	-4,06	-46,76	-12,61
210	0,0179	4,964	43,224	48,187	-5,817	-44,767	-18,836	4,96	43,22	48,19	-5,82	-44,77	-18,84
220	0,0172	5,487	42,151	47,638	-7,220	-41,478	-24,679	5,49	42,15	47,64	-7,22	-41,48	-24,68
230	0,0164	6,228	40,026	46,254	-8,140	-36,645	-29,631	6,23	40,03	46,25	-8,14	-36,65	-29,63
240	0,0154	7,251	36,456	43,707	-8,479	-30,248	-33,005	7,25	36,46	43,71	-8,48	-30,25	-33,01

Продовження таблиці 2.5

250	0,0142	8,652	31,121	39,772	-8,196	-22,636	-34,086	8,65	31,12	39,77	-8,20	-22,64	-34,09
260	0,0129	10,574	23,832	34,406	-7,327	-14,582	-32,366	10,57	23,83	34,41	-7,33	-14,58	-32,37
270	0,0115	13,243	14,582	27,825	-5,988	-7,184	-27,825	13,24	14,58	27,83	-5,99	-7,18	-27,83
280	0,01	17,007	3,574	20,581	-4,383	-1,575	-21,177	17,01	3,57	20,58	-4,38	-1,57	-21,18
290	0,0085	22,428	-8,779	13,649	-2,813	1,568	-13,955	22,43	-8,78	13,65	-2,81	1,57	-13,95
300	0,007	30,415	-21,874	8,542	-1,657	2,630	-8,344	30,42	-21,87	8,54	-1,66	2,63	-8,34
310	0,0057	42,429	-34,961	7,468	-1,314	3,684	-6,657	42,43	-34,96	7,47	-1,31	3,68	-6,66
320	0,0045	60,682	-47,215	13,466	-2,041	8,907	-10,336	60,68	-47,22	13,47	-2,04	8,91	-10,34
330	0,0035	87,842	-57,806	30,037	-3,626	24,120	-18,296	87,84	-57,81	30,04	-3,63	24,12	-18,30
340	0,0027	124,580	-65,982	58,598	-4,931	53,344	-24,767	124,58	-65,98	58,60	-4,93	53,34	-24,77
350	0,0022	162,560	-71,146	91,414	-3,952	89,335	-19,786	162,56	-71,15	91,41	-3,95	89,34	-19,79
360	0,0021	400,412	-72,912	327,500	0,000	327,500	0,000	400,41	-72,91	327,50	0,00	327,50	0,00
370	0,0022	572,621	-71,146	501,475	21,681	490,072	108,540	572,62	-71,15	501,47	21,68	490,07	108,54
380	0,0027	395,926	-65,982	329,944	27,763	300,361	139,455	395,93	-65,98	329,94	27,76	300,36	139,46
390	0,0035	282,241	-57,806	224,435	27,095	180,228	136,705	282,24	-57,81	224,43	27,10	180,23	136,71
400	0,0045	198,191	-47,215	150,976	22,883	99,854	115,875	198,19	-47,22	150,98	22,88	99,85	115,88
410	0,0057	141,707	-34,961	106,746	18,786	52,659	95,160	141,71	-34,96	106,75	18,79	52,66	95,16
420	0,007	104,530	-21,874	82,657	16,035	25,454	80,748	104,53	-21,87	82,66	16,03	25,45	80,75
430	0,0085	79,815	-8,779	71,036	14,640	8,163	72,624	79,82	-8,78	71,04	14,64	8,16	72,62
440	0,01	63,040	3,574	66,614	14,186	-5,097	68,540	63,04	3,57	66,61	14,19	-5,10	68,54
450	0,0115	51,390	14,582	65,973	14,196	-17,034	65,973	51,39	14,58	65,97	14,20	-17,03	65,97
460	0,0129	43,133	23,832	66,964	14,261	-28,380	62,993	43,13	23,83	66,96	14,26	-28,38	62,99
470	0,0142	37,182	31,121	68,303	14,076	-38,873	58,538	37,18	31,12	68,30	14,08	-38,87	58,54
480	0,0154	32,849	36,456	69,305	13,444	-47,963	52,335	32,85	36,46	69,30	13,44	-47,96	52,34
490	0,0164	29,684	40,026	69,709	12,268	-55,228	44,657	29,68	40,03	69,71	12,27	-55,23	44,66
500	0,0172	27,390	42,151	69,540	10,540	-60,549	36,027	27,39	42,15	69,54	10,54	-60,55	36,03
510	0,0179	25,770	43,224	68,993	8,329	-64,096	26,969	25,77	43,22	68,99	8,33	-64,10	26,97
520	0,0184	24,693	43,641	68,334	5,750	-66,219	17,861	24,69	43,64	68,33	5,75	-66,22	17,86
530	0,0187	24,077	43,740	67,817	2,932	-67,299	8,874	24,08	43,74	67,82	2,93	-67,30	8,87

Продовження таблиці 2.5

540	0,0188	14,839	43,747	58,586	0,000	-58,586	0,000	14,84	43,75	58,59	0,00	-58,59	0,00
550	0,0187	3,861	43,740	47,602	-2,058	-47,238	-6,229	3,86	43,74	47,60	-2,06	-47,24	-6,23
560	0,0184	3,861	43,641	47,502	-3,997	-46,032	-12,416	3,86	43,64	47,50	-4,00	-46,03	-12,42
570	0,0179	3,861	43,224	47,085	-5,684	-43,743	-18,405	3,86	43,22	47,08	-5,68	-43,74	-18,41
580	0,0172	3,861	42,151	46,012	-6,974	-40,063	-23,837	3,86	42,15	46,01	-6,97	-40,06	-23,84
590	0,0164	3,861	40,026	43,887	-7,723	-34,770	-28,115	3,86	40,03	43,89	-7,72	-34,77	-28,11
600	0,0154	3,861	36,456	40,317	-7,821	-27,902	-30,445	3,86	36,46	40,32	-7,82	-27,90	-30,45
610	0,0142	3,861	31,121	34,982	-7,209	-19,909	-29,980	3,86	31,12	34,98	-7,21	-19,91	-29,98
620	0,0129	3,861	23,832	27,693	-5,898	-11,737	-26,051	3,86	23,83	27,69	-5,90	-11,74	-26,05
630	0,0115	3,861	14,582	18,444	-3,969	-4,762	-18,444	3,86	14,58	18,44	-3,97	-4,76	-18,44
640	0,01	3,861	3,574	7,435	-1,583	-0,569	-7,650	3,86	3,57	7,44	-1,58	-0,57	-7,65
650	0,0085	3,861	-8,779	-4,918	1,014	-0,565	5,028	3,86	-8,78	-4,92	1,01	-0,57	5,03
660	0,007	3,861	-21,874	-18,012	3,494	-5,547	17,596	3,86	-21,87	-18,01	3,49	-5,55	17,60
670	0,0057	3,861	-34,961	-31,100	5,473	-15,342	27,725	3,86	-34,96	-31,10	5,47	-15,34	27,72
680	0,0045	3,861	-47,215	-43,354	6,571	-28,674	33,275	3,86	-47,22	-43,35	6,57	-28,67	33,27
690	0,0035	3,861	-57,806	-53,945	6,513	-43,319	32,858	3,86	-57,81	-53,94	6,51	-43,32	32,86
700	0,0027	3,861	-65,982	-62,121	5,227	-56,551	26,256	3,86	-65,98	-62,12	5,23	-56,55	26,26
710	0,0022	3,861	-71,146	-67,285	2,909	-65,755	14,563	3,86	-71,15	-67,28	2,91	-65,76	14,56
720	0,0021	3,861	-72,912	-69,051	0,000	-69,051	0,000	3,86	-72,91	-69,05	0,00	-69,05	0,00

2.6 Розрахунок теплового балансу

Вихідні дані:

ефективна потужність двигуна	$P_e =$	532,8 кВт
частота обертання колінвалу	$n = \boldsymbol{n} =$	600 хв-1
діаметр циліндру	$d = \boldsymbol{D} =$	250 мм
хід поршня:	$S =$	340 мм
число циліндрів:	$\boldsymbol{i} =$	8
коефіцієнт тактності:	$Z =$	4
нижча теплота згорання газу:	$Q_H =$	36590 кДж/кг
годинна витрата газу:	$B_r =$	157,4 $m^3 / год$
Індикаторний к.к.д.:	$\eta_i =$	0,37
ефективний к.к.д.:	$\eta_e =$	0,33
кількість свіжого заряду	$M_1 =$	17,052 кмоль/кг
загальна кількість продуктів згорання	$M_r =$	17,083 кмоль/кг
температура випускних газів	$T_{c.p.g.} =$	879,0 К
температура на початку стиску	$T_d =$	344,2 К
мольна теплоємність продуктів згорання при постійному об'ємі:	$mC''_v =$	24,61 кДж/(кмоль*К)
мольна теплоємність свіжого заряду при постійному об'ємі:	$mC'_v =$	21,82 кДж/(кмоль*К)
середній індикаторний тиск:	$P_{mi} =$	1182,35 кПа

Рівняння теплового балансу.

Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом

$$Q_{\Pi} = Q_e + Q_B + Q_G + Q_M + Q_{н.в}$$

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

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

$$Q_{\Pi} = 1600,1 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні q_{Π} приймаємо за 100%

Теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна:

$$Q_e = 1000 \cdot P_e$$

$$Q_e = 532,8 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні

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

$$q = 33,3 \%$$

Перевірка: $Q'_e = Q_n \cdot \eta_e$

$$Q'_e = 530 \text{ кВт}$$

Вираховуємо похибку

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

$$\Delta = 0,52 \%$$

похибка не перевищує 1%

Теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною:

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

де Q_w - теплота, яка відводиться робочим тілом в стінки циліндра;

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

$Q_{\text{в.н.}}$ - теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насосу.

Теплообмін між робочим тілом і стінками циліндра.

$$Q_w = (-W_{\text{нап.}} + W_{\text{ст.}} + W_{\text{г.р.}} + W_{\text{вип.}}) \cdot Q_n$$

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

З експериментальних даних:

$$W_{\text{нап.}} = 0 \quad W_{\text{г.р.}} = 0,09-0,20 \quad 0,16$$

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

$$Q_w = 336,0 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра.

Середній тиск механічних втрат в механізмах двигуна.

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

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

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

$$C_m = 6,8 \text{ м/с}$$

$$P_{\text{мд}} = 168,24 \text{ кПа}$$

Середній тиск тертя поршня:

$$P_{\text{ср.т.}} = 0,6 \cdot P_{\text{мд}}$$

$$P_{\text{ср.т.}} = 100,94 \text{ кПа}$$

Потужність тертя поршнів двигуна:

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

де V_s - робочий об'єм циліндру.

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

$$V_s = 0,0167 \text{ м}^3$$

$$P_n = 67,4 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі тертя поршнів:

$$Q_{T.П.} = P_{П.}$$

$$Q_{T.П.} = 67,4 \text{ кВт}$$

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

$$Q'_B = Q_W + Q_{T.П.}$$

$$Q'_B = 403,4 \text{ кВт}$$

тоді витрата охолоджуючої рідини:

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

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

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

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

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

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

$$V_B = 0,0144 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потужність, яка використовується на привід водяного насосу.

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

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

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

$$\eta_{\epsilon.н.} = 0,6$$

$$P_{\epsilon.н.} = 2,36 \text{ кВт}$$

$$\text{Тоді } Q_{\epsilon.н.} = 2,36 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти, яка відводиться охолоджувальною рідиною.

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

$$Q_{\epsilon} = 405,7 \text{ кВт}$$

що складає у відсотковому відношенні:

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

$$q_{\varepsilon} = 25,36\%$$

Теплота, яка виноситься випускними газами:

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

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

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

$$mC_p'' = 32,92 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)}$$

$$mC_p' = 30,13 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{К)}$$

$$Q_{\Gamma} = 619,8 \text{ кВт}$$

Що складає у відсотковому відношенні:

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

$$q_{\Gamma} = 38,73\%$$

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

Теплота, яка відводиться маслом, від гарячих деталей двигуна.

$$Q_{M1} = (Q_w + Q_{MD}) - Q_{\varepsilon}$$

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

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

$$\Delta_{MD} = 0,0523$$

тоді

$$Q_{MD} = 83,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{M1} = 14,0 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід насоса системи мащення.

Витрата циркуляційного масла.

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

$\kappa = 1,2 - 1,5$ - коефіцієнт запасу $\kappa = 1,5$

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

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

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

$$\Delta T_M = 6 \text{ К}$$

$V_M = 0,0186 \text{ м}^3/\text{с}$
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.
 $P_0 = 300000 \text{ Па}$

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

$$\eta_m = 0,7$$
$$P_{M.H.} = 7,98 \text{ кВт}$$

тоді $Q_{H2} = 1000 \cdot P_{MH}$

$$Q_{M2} = 8,0 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти складає:

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

$$Q_M = 22,0 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні

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

$$q_M = 1,38 \%$$

Невраховані теплові втрати

$$Q_{H.B.} = Q_{\Pi} - (Q_e + Q_{\epsilon} + Q_{\Gamma} + Q_M)$$

$$Q_{H.B.} = 19,9 \text{ кВт}$$

що складає у відсотковому відношенні:

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

$$q_{H.B.} = 1,24 \%$$

Всі отримані дані зведені в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 Зведена таблиця теплового балансу.

Складові теплового балансу	кВт	%
теплота, еквівалентна ефективній роботі	532,8	33,3
теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною	405,7	25,4
теплота, яка виноситься випускними газами	619,8	38,7
теплота, яка відводиться маслом	22,0	1,4
невраховані теплові втрати	19,9	1,2
Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом	1600,1	100

3 ПРОЕКТУВАННЯ ВИПУСКНОГО КОЛЕКТОРА

3.1 Конструкції випускних колекторів.

Випускні системи стаціонарних двигунів виготовляють у вигляді одного круглого, прямокутного або овального колектора з патрубками, які кріпляться або до блоку, або до кришок циліндра. За відсутності утилізації газів випускний колектор забезпечується водяною сорочкою, а при утилізації газів колектор покривають ізоляційним шаром.

Діаметр випускних колекторів 4-тактних двигунів виготовляють $d=(0,4-0,6)D$, D – діаметр циліндра.

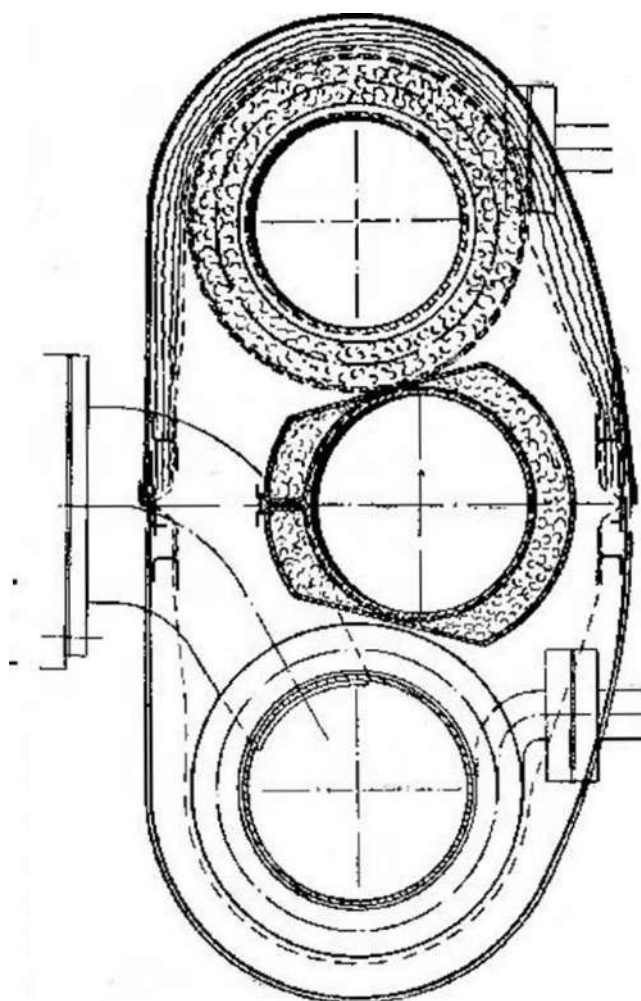


Рисунок 3.1 Ізоляція випускного колектора

Щоб уникнути втрат тепла при використанні вихлопних газів в утилізаційному котлі або газовипускній турбіні вихлопні труби ретельно ізолюють азбестом, шлаковою ватою, альфолем і іншими ізоляційними

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалами у зв'язку з високими температурами вихлопних газів (400-600°C). Окрім ізоляційного шару, нерідко застосовують захисні кожухи, що оберігають обслуговуючий персонал від опіків (рис. 4.1).

У зв'язку з деформацією вихлопного колектора від нагріву окремі його секції сполучають між собою компенсаторами, які виконуються лінзові (а) або поршневого (б) типів (рис. 3.2). Лінзові компенсатори складаються із зварених між собою тонкостінних штампованих напівлінз 1, фланців 2 і сорочки 3. Недоліком лінзових компенсаторів являється руйнування пав лінз в районі зварювання. Сорочка служить для зменшення гідравлічного опору колектора і оберігання лінз від швидкого забруднення продуктами згорання; сорочка приварюється тільки до одного з фланців (з боку входу газів) і може вільно розширюватися. Лінзові компенсатори еластичні, герметичні і мають невеликі розміри і вагу.

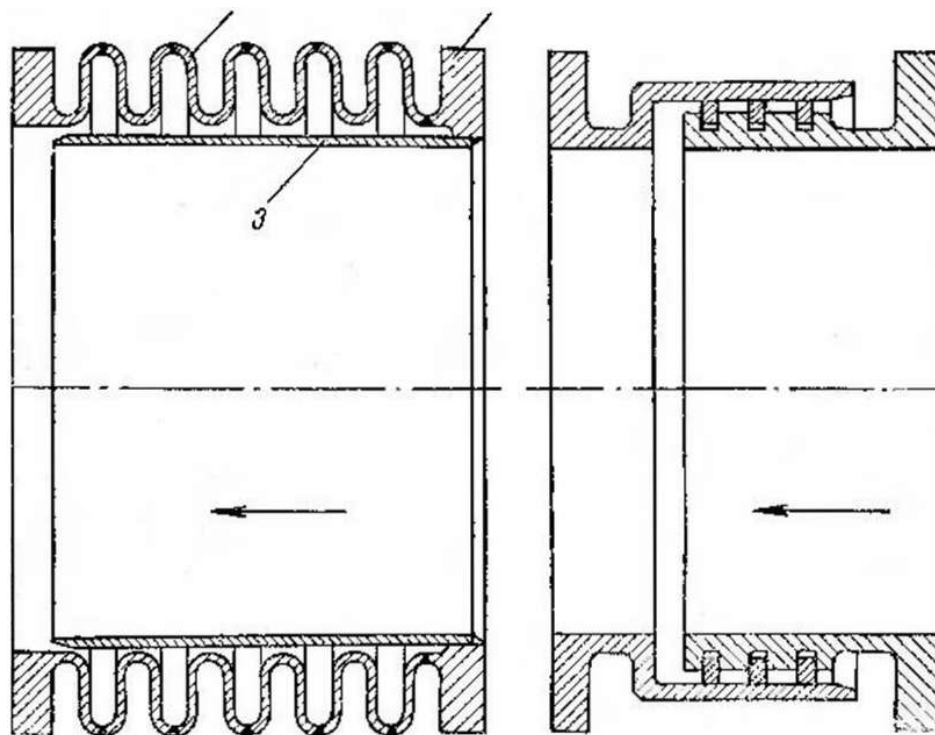


Рисунок 3.2 Компенсатори випускних трубопроводів: а - лінзовий; б поршковий.

У поршкових компенсаторах (рис 4.2, б) для ущільнення застосовують кільця, по конструкції що мало відрізняються від поршкових кілець для

двигунів. Недоліком таких компенсаторів являється зношування кілець і пропуск випускних газів назовні.

Системи газовипускного трубопровода двигунів з наддувом залежать від тактності, схеми наддуву, конструктивного оформлення і призначення двигуна.

У 4-тактних двигунів з наддувом щоб уникнути порушення вихлопними імпульсами процесу «продування» циліндри групують так, щоб отримати в окремих гілках колектора найбільше зрушення фаз вихлопних імпульсів тиску.

3.2 Система газообміну

Система газообміну (рис. 3.3) призначена для підведення газоповітряної суміші в циліндри двигуна і відведення від них відпрацьованих газів. Основні вузли, які входять в систему: комплект газової апаратури, фільтр-глушник, змішувач, турбокомпресор, колектор впускання, випускний колектор.

Фільтр-глушник

Фільтр-глушник призначений для очищення повітря, що нагнітається в двигун, від пилу, сторонніх предметів і інших забруднень, а також для зниження шуму впускання.

Фільтр-глушник через перехідний патрубок кріпиться до турбокомпресора, а також до патрубку під'єднується система вентиляції картера. Періодично необхідно робити його очищення.

Комплект газової апаратури

У комплект газової апаратури входить: два кульові крани, регулятор співвідношення газ-повітря, два електромагнітних клапани, манометр, а також комплект патрубків з фланцями.

Вказаний комплект призначений для монтажу трубопроводу (блоку) газової апаратури на місці експлуатації, який повинен забезпечувати регулювання подачі газу в двигун, а також

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.1 Принципова схема системи газообміну

1-шаровий кран; 2-фільтр; 3-редуктор; 4-електромагнітний клапан свічки; 5-електромагнітний клапан подачі газу; 6-регулятор нульового тиску; 7-заслінка дросельна; 8-мановакууметр; 9-охолоджувач наддувочного повітря; 10-фільтр-глушник; 11-турбокомпресор; 12-розподільник потоку випускних газів; 13-колектор випускний; 14-мановакууметр; 15-колектор впускний; 16-шаровий кран на свічку; 17-манометр; 18-електронно керований клапан; 19-змішувач зі вставкою Вентурі; 20-контроллер відношення газ-повітря

3.3 Опис конструкції випускного колектора.

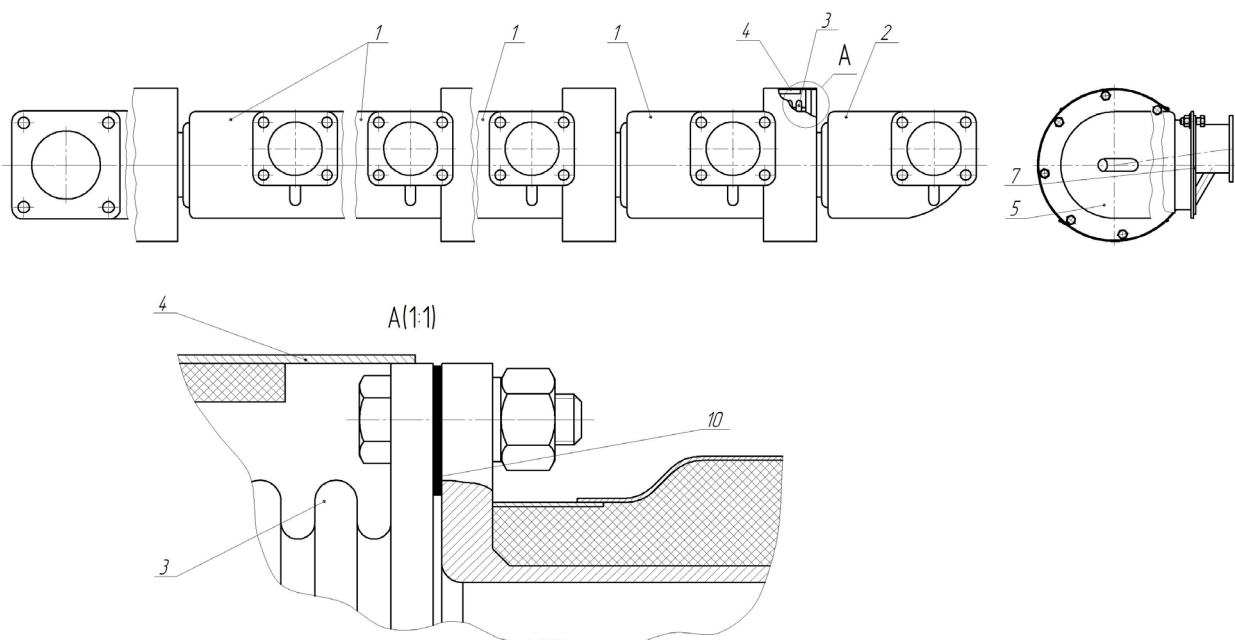


Рисунок 3.3 Випускний колектор

1 – секція; 2 – секція; 3 – компенсатор; 4 – кожух; 5 – перехідник;

Випускний колектор має вигляд труби круглого перетину, яка складається з 5 секцій та 6 сильфонних компенсаторів (кількість встановлених компенсаторів було підібрано в залежності від коефіцієнту лінійного розширення матеріалу з якого виготовлено випускний колектор і складає 6,6 мм на 1 м випускного колектора (рис. 4.4) та кріпиться до

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

кришок робочого циліндру Труби з'єднуються з газоприймальним корпусом турбокомпресора через сильфоний компенсатор компенсатори.

До патрубків приварені штуцери для установки термопар контролю температури випускних газів на виході з кожного циліндра.

На переходнику приварені штуцери для установки термопар виміру температури газів перед турбокомпресором.

Для компенсації температурного розширення випускних труб між трубами і переходником встановлені сильфоні компенсатори.

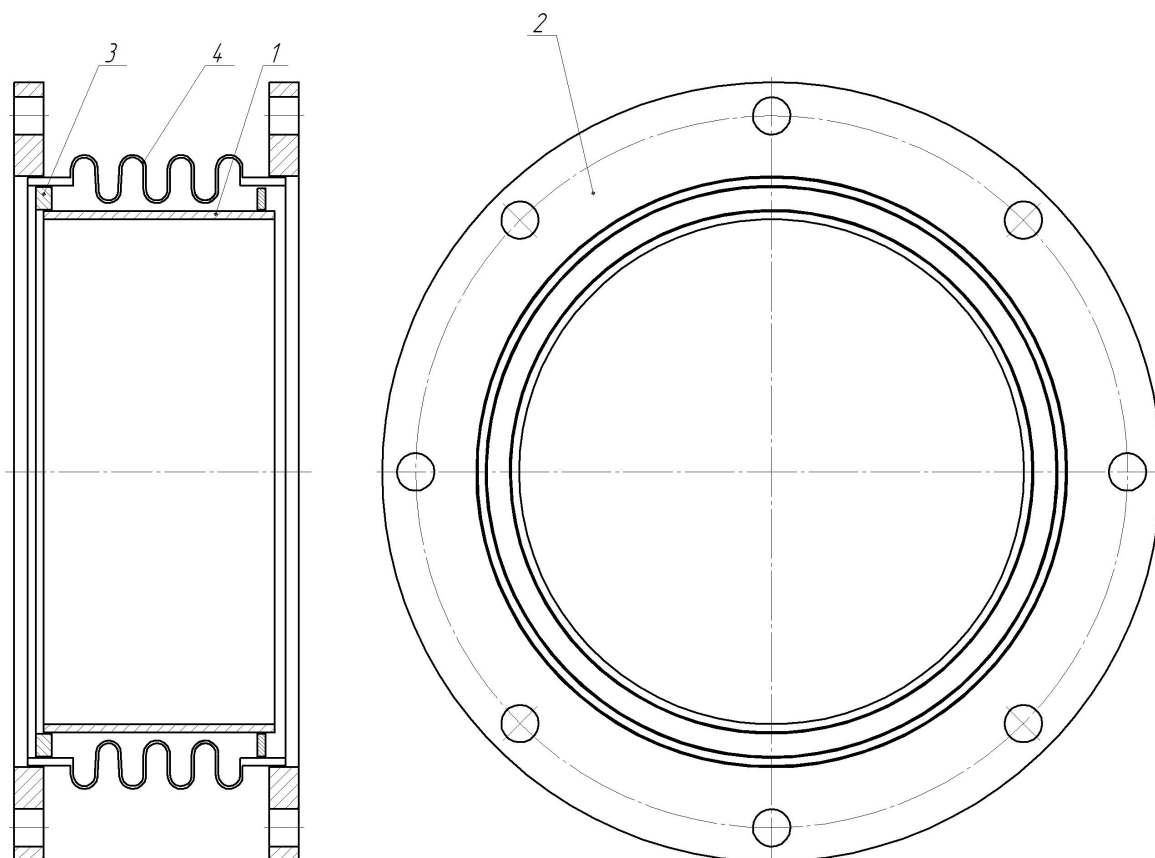


Рисунок 3.4 Компенсатор

1 – екран; 2 – фланець; 3 – кільце; 4 – сильфон;

Труби випускного колектора мають тришарову теплову ізоляцію з базальтового шнура і алюмінієвої фольги і закриті кожухами з листового алюмінію. Випускний колектор також має зовнішню огорожу у вигляді захисних екранів з перфорованого сталевого оцинкованого полотна товщиною 1 мм;

На сьогодні, сучасним способом продовження терміну експлуатації трубопровідних систем є використання сильфонних осьових компенсаторів. Компенсатори дозволяють виключити різні деформації, які відбуваються в трубопроводах через постійного перепаду температур, тиску і різного роду вібрацій. Відсутність компенсаторів на трубах може призвести до таких небажаних наслідків, як зміна довжини труби, при температурному розширення-стиснення металу труби, це надалі призведе до розриву трубопроводу. Аварії трубопроводів призводять до системних катастроф в економічній, екологічній та соціальній сфері. У цьому зв'язку проблемі надійності трубопроводів приділяється найпильніша увага і здійснюється постійний пошук оптимальних рішень щодо забезпечення технічної безпеки трубопровідних систем.

Актуальним в даний час стає застосування компенсаторів сильфоного типу, які не дають витоків і не вимагають постійного обслуговування. Через малих габаритів сильфоні компенсатори можуть встановлюватися в будь-якому місці трубопроводу при будь-якому способі його прокладки, не вимагають будівництва спеціальних камер і обслуговування протягом усього терміну експлуатації. Термін їх служби, як правило, відповідає терміну служби трубопроводів.

Конструкції сучасних металевих сильфонних компенсаторів складаються з декількох тонких шарів нержавіючої сталі, які формуються в сильфон за допомогою гідравлічної обпресування або розкочування. Багат шарові компенсатори нейтралізують дію високого тиску, високої температури і різного роду вібрацій.

Якісний сильфон металевого компенсатора виготовляється з якісних, корозійностійких марок сталі 08X18H10T, 10X17H13M2T. Для забезпечення гарантованих властивостей матеріалу, сталева стрічка, використовувана для виготовлення сильфонів компенсатора, на заводі виробника проходить вхідний контроль, де перевіряються хімічні та механічні властивості

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

стрічки. Термін експлуатації компенсатора безпосередньо залежить від товщини використовуваного матеріалу - чим товще матеріал, тим менше термін експлуатації.

3.4 Розрахунок на міцність випускного колектора.

$$P_p = 7 \cdot P_k = 7 \cdot 0,18 = 1.26 \text{ МПа, де}$$

$P_k = 0,18 \text{ МПа}$ – надлишковий тиск у випускному колекторі.

Напруження розтягування в стінці випускного колектора, який має форму круглої труби, знаходимо по формулі добре відомої з опору

$$\sigma = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \delta} = \frac{1.26 \cdot 0,186}{2 \cdot 0,004} = 29.2 \text{ МПа, де}$$

матеріалів

$D = 0,186 \text{ м}$ – діаметр випускного колектора

$\delta = 0,004 \text{ м}$ – товщина стінки випускного колектора

Допустиме напруження для матеріалу колектора – Сталь 12х18Н10Т ГОСТ 5582-75 – 84 - $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$.

По результатам розрахунку міцність випускного колектора забезпечується.

Розрахунок на міцність компенсатора

$$P_p = 7 \cdot P_k = 7 \cdot 0,095 = 1.26 \text{ МПа, де}$$

$P_k = 0,18 \text{ МПа}$ – надлишковий тиск наддувочного повітря у випускному колекторі.

Напруження розтягування в стінці компенсатора, який має форму

$$\sigma = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \delta} = \frac{1.26 \cdot 0,225}{2 \cdot 0,001} = 141 \text{ МПа, де}$$

круглої труби, знаходимо по формулі добре відомої з опору матеріалів

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

$D = 0,225\text{м}$ – середній діаметр сильфона

$\delta = 0,001\text{м}$ – товщина стінки компенсатора

По результатам розрахунку міцність компенсатора не забезпечується тому, в компенсаторі встановлюємо екран з товщиною стінки $\delta = 0,004\text{м}$.

Допустиме напруження для матеріалу компенсатора – Сталь 12х18Н10Т ГОСТ 5582-75 – 84 - $[\sigma] = 100\text{ МПа}$.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Коротка характеристика обладнання і умов праці на підприємстві

Основні цехи підприємств машинобудівної промисловості - ливарні, ковальські, термічні (підготовчі) та металообробні (механічні, механоскладальні, зварювальні та ін.).

Технологічний процес ливарного виробництва заснований на отриманні виробів допомогою заливки розплавленого металу в різні форми. Основними несприятливими факторами виробничого середовища, що визначають умови праці в ливарних цехах, є метеорологічні умови, пил, токсичні гази, шум і значне фізичне напруження при виконанні немеханізованих операцій. Несприятливі метеорологічні умови у вигляді високої температури і впливу променистого тепла відзначаються при плавці і заливці металу, а також нагріванні металевих виробів у печах. Основними джерелами пилу в ливарних цехах служать піскоструминне очищення лиття, обрубка лиття пневматичними інструментами, вибивка лиття, приготування форм та ін. Несприятливий вплив пилу визначається вмістом в її складі вільної двоокису кремнію (20-30%) високої дисперсності.

В повітрі сучасних ливарних цехів внаслідок провітрювання і наявності механічної загальнообмінної вентиляції міститься лише невелика кількість окису вуглецю, сірчастого газу, окису цинку і ін. У деяких відділеннях ливарних цехів мають місце шум і вібрація. З метою оздоровлення умов праці в ливарних цехах проводиться комплекс заходів, спрямованих на вдосконалення технологічного обладнання, раціональне розміщення його в прольотах, механізацію і автоматизацію окремих виробничих процесів, вдосконалення технологічного процесу лиття. Так, перехід на лиття у постійні форми зменшив обсяг найбільш трудомістких і пильних робіт

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Для поліпшення умов праці в процесі приготування формувальних і стрижневих сумішей необхідна механізація цих процесів, а також використання гідро - і пневмотранспорту. Змішуючі бігуни і млини для розлому матеріалів утворюються укриттями з видаленням з них запиленого повітря. З метою оздоровлення умов праці при плавці проводиться механізація завантаження печей (вагранок), пило очищення і допалювання газів, що відходять від них.

Для боротьби з запиленістю повітря при піскоструминної очищенні лиття камери обладнують витяжною вентиляцією; застосовують для очищення замість кварцового піску дріб, використовують мокрі методи очищення лиття.

Боротьба з запиленістю при вибивки виробів з форм проводиться шляхом укриття вібраційних машин і витяжної вентиляції. Основні заходи по боротьбі з виділеннями газів і несприятливими метеорологічними умовами зводяться до створення природної і механічної вентиляції (загальнообмінної і місцевої). Всі джерела виділення тепла і газів по можливості обладнуються місцевою витяжною вентиляцією. Для зменшення шуму в обрубних відділеннях ливарних цехів очисні барабани ізолюють в окремі приміщення або встановлюють у камерах зі звукоізоляційними стінками.

Загальна захворюваність в ливарних цехах зазвичай вище загальнозаводської. З професійних захворювань перше місце займає силікоз. У обрубників, що працюють з вібраційними інструментами, може виникати вібраційна хвороба.

Технологічний процес в ковальських цехах полягає в отриманні виробів і напівфабрикатів із злитків металу, що надходять з ливарних і прокатних цехів.

Процеси нагрівання металу та подальшої обробки його в ковальських цехах супроводжуються виділенням тепла і впливом променистого тепла від

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхонь печей та нагрітого металу. Крім того, в повітря приміщень виділяються продукти неповного згоряння палива і пригорання мастильних масел (окис вуглецю, сірчистий газ, кіптява та ін.). У ковальсько-пресових цехах умови праці характеризуються також несприятливим впливом шуму, створюваного роботою кувальних машин і штампувальних пресів.

Для оздоровлення праці в ковальських цехах проводять такі заходи: охолодження гарячих поковок поза цеху або в спеціальних галереях з відсмоктуванням гарячого повітря з них; використання для нагрівання печей природного газу і повне спалювання його; поліпшення мікрокліматичних умов шляхом пристрою місцевої витяжної вентиляції від нагрітих печей, аерації, повітряного душення та ін.; для зменшення опромінення робітників застосовується термоізоляція нагрітих поверхонь печей, водяне охолодження на кришках і рамках печей, пристрій водяних завіс перед завантажувальним отвором печі. Важливе значення має механізація трудомістких процесів, пристрій в цехах місць для відпочинку з нормальним мікрокліматом (альтанки з водяними завісами), забезпечення можливості прийняття душу або полудуша, організація раціонального питного режиму. Для зниження шуму доцільно замість молотів більш широко використовувати преси.

Основним технологічним процесом у так званих холодних механічних і механоскладальних цехах є холодна обробка металу різанням на різних верстатах (токарних, фрезерних, свердлильних). При роботі на таких верстатах можливо вплив на організм охолоджуючих рідин (веретенне, солярове масло, фрезол, 1,5-2% розчин кальцинованої соди, 0,03-0,07% розчин хромпика та ін.), при роботі на точильно-шліфувальних верстатах - утворюється пилю. Робота на верстатах підвищеної точності супроводжується значним напруженням зору. Є небезпека травматичних пошкоджень, особливо при обслуговуванні штампувальних, пресувальних

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

верстатів

та

ін.

Оздоровчі заходи зводяться до наступного. Для попередження розбризкування охолоджуючих масел застосовуються пристрої, що не допускають надходження рідини при зупинці верстата, обладнання верстатів щитками, екранами, що обмежують поширення бризок. Для зменшення розпилення охолоджуючої рідини і виділення пароподібні речовин у повітря цехів автоматичні верстати обладнуються витяжною вентиляцією, зблокованій з пусковим механізмом верстата. При відсутності місцевої вентиляції повинна бути передбачена загально-обмінна механічна вентиляція. Станини верстатів влаштовують таким чином, щоб охолоджуючі рідини легко стікали у відповідні приймачі.

Мастильно-охолоджуючі рідини рекомендується не рідше одного разу на місяць дезінфікувати.

В цілях попередження виникнення шкірних захворювань рекомендується заміна мінеральних масел їх водними емульсіями, не допускається вміст нафтових кислот, вільного лугу, кальцинованої соди вище допустимих норм.

Обтиральний матеріал для верстатів повинен бути промитим і продезінфікованим.

В механоскладальних цехах для з'єднання металевих частин застосовують різні способи електрозварювання (точкова, дугова). При дуговому електрозварюванні відбувається інтенсивний вплив полум'я вольтової дуги, в спектрі випромінювання якої є ультрафіолетові промені. Ці промені можуть викликати професійне захворювання очей - електроофтальмію. Висока яскравість вольтової дуги може бути причиною пошкодження сітківки. Іншою професійною шкідливістю при дуговому електрозварюванні є зварювальний аерозоль високої дисперсності і складного складу (частинки заліза, оксидів марганцю, хрому та інших елементів, що входять до складу зварювальних матеріалів, електродів і

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

обмазок електродів). Крім того, при зварюванні виділяються деякі газоподібні продукти (окисли азоту, фтористий водень). Радикальне оздоровлення умов праці при зварюванні досягається застосуванням автоматичного, напівавтоматичного зварювання під флюсом, а також зварювання в атмосфері інертних газів. Для захисту органів зору застосовують щитки і маски зі світлофільтрами, які поглинають ультрафіолетові й інфрачервоні промені і зменшують яскравість дуги. Важливим заходом для оздоровлення умов праці зварників є захист їх від виділяються газів і пилу. При стаціонарній зварюванні в кабінах це досягається пристроєм місцевої витяжної вентиляції у вигляді бічних відсмоктувачів над столами зварювання. При неможливості застосувати місцеву витяжну вентиляцію (зварювання, що проводиться на великій площі цехів) видалення газів здійснюється шляхом загально-обмінної механічної вентиляції з подачею повітря в робочу зону (на деякій відстані від постів) та природної або механічної витяжки з верхньої зони приміщення. При проведенні зварювання в замкнутих просторах (цистерни, відсіки суден та ін) вентилявання проводять за допомогою рухомих відсмоктувачів з максимальним наближенням всмоктувального отвору до електрозварювальної дузі. У тих випадках, коли не можна забезпечити обмін повітря в замкнутому просторі, повітря подають під шолом електрозварника. Для покращання умов праці велике значення має застосування електродів з мінімальним вмістом марганцю і кварцу. Для захисту оточуючих від дії випромінювання дуги влаштовують кабінети для зварювальників, захищають їх робочі місця ширмами, щитками.

4.2 Аналіз умов праці на робочому місці

Доступність енергії і надійність енергопостачання у сучасному світі є основою розвитку економіки, покращення якості життя людей. Найважливішими проблемами перспективного розвитку теплової енергетики стали подальше технічне удосконалення, перехід на принципово

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

нові технології, що забезпечують підвищення економічної та енергетичної ефективності, надійності й екологічної чистоти виробництва електричної енергії з мінімізацією викидів у навколишнє середовище до екологічного безпечного рівня. Впровадження гібридних установок, що розробляються і являють собою поєднання паливних елементів та ПГУ, може дозволити у перспективі досягти к.к.д. 75%, а при використанні когенераційних технологій з виробництвом також теплоти – до 85% та більше.

Стаціонарні дизель-генераторні установки, які працюють на рідкому паливі, випускаються численними підприємствами Росії та України. Вони представляють широку номенклатуру дизельних електростанцій, придатних для використання в якості автономного джерела електричної та теплової енергії в умовах відсутності централізованого електропостачання та газопостачання. В останні роки багато дизельних заводів СНД перейшли на випуск газових когенераційних електростанцій.

У зв'язку з широким розповсюдженням комп'ютерної техніки, електронних систем охоронної сигналізації, робототехніки, що висувають підвищені вимоги до надійності електропостачання, затребуваність малих стаціонарних електростанцій як аварійно-резервних джерел електропостачання істотно зросла.

Сьогодні малі електростанції широко застосовують у складі джерел безперебійного електроживлення банків, торговельних підприємств, офісів, адміністративних та цивільних будинків.

Такі електростанції автоматично включаються в роботу при втраті напруги зовнішньої мережі, здійснюють автономне електропостачання об'єктів протягом певного розрахункового періоду часу, автоматично відключаються при поновленні зовнішнього електропостачання.

Улаштування малої електростанції вимагає дотримання певних правил безпеки.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

При використанні стаціонарного варіанту двигуни потрібно монтувати у спеціальних приміщеннях міцно закріпивши на цегляному чи бетонному фундаменті. Об'єм приміщення повинен бути не менше 20-кратного об'єму станції. У приміщенні повинно бути два виходи з дверима, які оббиваються негорючим матеріалом (листовим металом) з виходами назовні. Вихлопні труби повинні проходити не ближче 0,5 м від трубопроводів з горючими чи мастильними матеріалами, виводитися з приміщення для викидів відпрацьованих газів в атмосферу і бути обладнаними глушниками та іскрогасниками. Приміщення потрібно постійно провітрювати, забезпечити надійною вентиляцією й засобами пожежогасіння. Якщо в одному приміщенні змонтовано декілька двигунів, то вільний прохід між ними повинен бути не менше 1,5 м. В машинному відділенні на видних місцях розміщуються інструкції по догляду за ДВЗ і правила їх експлуатації.

Знаходячись в приміщенні стаціонарної електростанції людина відчуває негативні впливи виробничих факторів, що створюються працюючим двигуном:

- Шум;
- Вібрація;
- Відпрацьовані гази;
- Підвищена температура;
- Сухість повітря;
- Електричний струм високої напруги;
- Наявність хімічних речовин в повітрі робочої зони
- Ймовірність виникнення пожежі.

Робота стаціонарного двигуна супроводжується шумом і вібрацією. Рівень шуму зазвичай складає 85-95 дБ, що перевищує нормовані значення (80дБ). Вплив шуму полягає у погіршенні функцій слуху і появі професійної приглухуватості. Крім цього страждають нервова і серцево-судинна системи.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Вібрація проявляється у невеликих значеннях, оскільки коливання гасяться в масивному фундаменті двигуна.

В приміщенні електростанції реєструється підвищена температура і низька відносна вологість повітря. Це може призвести до пересихання слизових оболонок органів дихання і очей, що викликає часті інфекційні захворювання і хвороби очей. Крім цього підвищена температура повітря – це причина перегрівання тіла і можливих теплових ударів. В таких температурних режимах особливу небезпеку створюють можливі протяги в приміщенні.

Для промивання фільтрів та інших деталей двигуна використовується дизельне паливо. Воно негативно впливає слизові оболонки і шкіру людини. Але такі наслідки рідко виникають, оскільки дизельне паливо малотоксичне, а концентрація в повітрі незначна внаслідок низької випаровуваності речовини.

Серед негативних сторін роботи моториста – робота у 2-3 зміни. Тривалість зміни 8-12 годин.

Під час ремонтних робіт виникають фізичні перенапруження окремих груп м'язів і органів при переміщенні чи підніманні деталей двигуна та інших вантажів.

На стаціонарних електростанціях існують електро- і пожежовибухонебезпеки. Такі умови роботи вимагають застосування засобів і заходів пожежної безпеки – порошкових і вуглекислотних вогнегасників. Наявність електричного струму високої напруги і сили передбачає улаштування штучного заземлення.

Безпечна робота ДВЗ забезпечується також загородженням небезпечних місць, відповідними процедурами підготовки двигунів до роботи, своєчасним технічними оглядами і обслуговуванням, а також чітким дотриманням правил техніки безпеки при їх експлуатації.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті проведення гігієнічної оцінки умов праці моториста (машиніста) встановлені певні характеристики робочого місця (таблиця ____).

Таблиця Бальна оцінка елементів умов праці моториста (машиніста)

Показник	Значення	Бал
Температура, °С	28	3
Відносна вологість, %	47	1
Шум, дБА	86	4
Нервово-емоційне навантаження	Прості дії за заданим планом	2
Змінність	2 зміни	2
Точність зорових робіт	груба	1
Число об'єктів спостереження	6	2
Освітленість, лк	150	2

6.3 Розрахунок інтегральної бальної оцінки

Визначимо інтегральну бальну оцінку тяжкості праці згідно показників, що характеризують умови праці на робочому місці.

$$I_t = 10 \cdot \left(x \frac{(6 - x \sum_{i=1}^n x_{i_{max}})}{6 \cdot (N - 1)} = 10 \cdot \left(4 + \frac{(6 - 4) \cdot 13}{6 \cdot (8 - 1)} \right) = 46,2 \right)$$

Інтегральна бальна оцінка тяжкості праці в 46,2 балів відповідає 4 категорії тяжкості праці.

Ступінь втомлюваності визначаємо за формулою:

$$Y = \frac{I_t - 15,6}{0,64} = \frac{46,2 - 15,6}{0,64} = 47,8$$

Працездатність людини в даних умовах праці – величина, протилежна втомлюваності:

$$R = 100 - Y = 100 - 47,8 = 52,2$$

Оцінка умов праці показала, що вони є шкідливими (4 категорія тяжкості праці). Відповідно, необхідно розробити заходи по забезпеченню безпечних и комфортних умов праці.

4.4 Визначення заходів з охорони праці

За допомогою досліджень встановлено, що умови праці моториста (машиніста) дизельної електростанції не можна назвати не тільки

комфортними, але й допустимими. Найчастіше їх відносять до шкідливих через наявність підвищених рівнів факторів виробничого середовища і трудового процесу.

Гігієнічна оцінка умов праці на робочому місці моториста (машиніста) стаціонарної електроустановки визначила, що найгірші значення мають такі виробничі фактори, як шум, температура повітря робочої зони, освітлення робочого місця, змінність. Крім цього протягом зміни швидко втрачається працездатність і настає втома. Відповідно, саме для покращення умов праці, а також для зменшення втоми працівника можна використовувати такі заходи:

- встановлення раціональних режимів праці і відпочинку;
- додаткові перерви в роботі;
- використання навушників для зменшення впливу шуму;
- акустична обробка приміщення за рахунок укривання стелі і стін звукопоглинальними матеріалами;
- заміна ламп загального освітлення на більш потужні;
- регулярне миття вікон і плафонів світильників;
- встановлення раціональної системи вентиляції приміщення;
- регулярне провітрювання виробничого приміщення;
- регулярне проведення медичних оглядів працівників;
- виплата компенсації за роботу в шкідливих умовах праці (12-16% до зарплати);

видача безкоштовно лікувально-профілактичного харчування.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПОРШНЯ ПОЛПШЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Спроектований двигун 6ГЧН25/34 призначений для встановлення на електростанції в якості привода електрогенератора.

Від двигуна-прототипу він відрізняється потужністю, кількістю обертів, конструкцією випускного колектора та кількістю циліндрів. Базовий двигун призначений для стаціонарних електростанцій з використанням в якості палива природного газу та має потужність 530 кВт. Спроектований двигун працює на природному газі, встановлюється на стаціонарній електростанції для забезпечення споживачів електроенергією.

Прогнозований об'єм продаж (річний випуск) може досягати 20 штук в рік.

Ціль: аналітичне обґрунтування технічної ефективності впровадження в експлуатацію спроектованого двигуна в порівнянні з існуючим прототипом.

При визначенні технічного ефекту від створення нового двигуна порівнюються параметри базової моделі і модернізованої.

У таблиці 5.1 приведені техніко-економічні показники базового газового двигуна 6ГЧН25/34 і модернізованого газового двигуна 6ГЧН25/34.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники

Найменування показників	Позначення	Базовий двигун	Спроектований двигун
Потужність, кВт	P_e	500	530
Частота обертання, хв^{-1}	n	600	750
Діаметр циліндра, м	D	0,25	0,25
Хід поршня, м	S	0,34	0,34
Середній ефективний тиск, МПа	P_{me}	1,08	1,19
Питома витрата природного газу, $\text{м}^3/\text{г}$	$g_{ед}$	0,30	0,294
Механічний ККД	η_m	0,85	0,9
Питома витрата мастила, $\text{кг}/\text{кВтг}$	g_m	0,0019	0,0019
Вага, кг	G	14350	12500
Габарити, м	L	5,3	4,6
	B	1,28	1,28
	H	2,42	2,42
Ціна двигуна, грн	Π	3024000	2880000
Ціна природного газу, $\text{грн}/\text{м}^3$	$\Pi_{п}$	4,2	4,2
Ціна мастила, $\text{грн}/\text{т}$	Π_m	14000	14000
Час роботи за рік, г	t	8000	8000

Продовження таблиці 5.1

Число контрольних ремонтів	η	1	1
Сумарний коефіцієнт по капітальних ремонтах	$\varepsilon_{\min}$	1,1	1,1
Коефіцієнт частини вартості роботи	b	0,05	0,05
Коефіцієнт використання потужності	K_{Π}	0,75	0,75
Коефіцієнт частини вартості капітального ремонту	$\square K_{\cdot p}$	0,3	0,3
Ресурс двигуна до першого перебирання, г	$t_{\text{пер}}$	10000	10000
Ресурс двигуна до капітального ремонту, г	$t_{\text{к.р}}$	60000	60000
Нормативний коефіцієнт порівняння економічної ефективності	E	0,15	0,15

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Економічний ефект визначається як економія, яка досягається при упровадженні результатів розробки за призначенням і виражається в грошових одиницях вимірювання, одиницях часу або одиницях, використовуваних для вимірювання певних видів ресурсів (матеріальних, трудових, енергетичних і ін.).

Таблиця 5.2 Калькуляція собівартості спроектованого двигуна

№ п/п	Стаття витрат	Структура витрат, %	Сума, грн.
1	2	4	5
1	Матеріали та напівфабрикати власного виробництва	56,34	681600
2	Покупні комплектуючі вироби	4,3	52000
3	Повернуті відходи (вираховуються)	-	-
4	Транспортно-заготівельні витрати	1,28	15500
5	Паливо на технологічні цілі	2,01	24320
6	Енергія на технологічні цілі	0,67	8070
Загальна сума матеріальних затрат		64,6	781490

Продовження таблиці 5.2

7	Основна заробітна плата робітників	1,53	18456
8	Додаткова заробітна плата робітників	0,31	3696
9	Відрахування на соціальні програми	1,46	17650
10	Витрати на підготовку та освоєння виробництва	13,01	157450
11	Витрати на експлуатацію обладнання	7,57	91758
12	Загально виробничі витрати	6,83	82570
13	Загальногосподарські витрати	4,69	56726
Загальна сума затрат		100	1209796

Розрахунок основної заробітної плати одного робітника

$$З_{п.пог.} = \Phi_{міс} \cdot C_{г}, \text{ грн.}$$

де

$\Phi_{міс}$ – фактично відпрацьований за місяць час

$$\Phi_{міс} = K_{д.м.} \cdot K_{г.з.}, \text{ год/міс.}$$

$K_{д.м.} = 30$ – кількість днів в місяці

$K_{г.з.} = 12$ – кількість годин за зміну

$$\Phi_{міс} = 30 \cdot 12 = 360 \text{ год/міс}$$

$C_{г}$ – годинна тарифна ставки робітника відповідно розряду

$$C_{г} = 4,27 - 3 \text{ розряд}$$

$$C_{г} = 5,11 - 4 \text{ розряд}$$

На ділянці обслуговування двигуна працюватиме робітник з 3 розрядом.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{п.пог} = 360 \cdot 4,27 = 1538 \text{ грн.}$$

Розрахунок додаткової заробітної плати

$$Д = \frac{З_{п.пог.} \cdot \%допл}{100}, \text{грн.}$$

$$\% \text{ допл.} = 20\%$$

$$Д = \frac{1538 \cdot 20}{100} = 308 \text{ грн.}$$

Кількість робітників – 12 чоловік.

Розрахунок вартості деталей, що вводяться (вилучених), та складальних одиниць

Таблиця 7.3

Вартість деталей що вводяться

Найменування деталі (складальної одиниці)	Собівартість (ціна), грн./шт	Кількість, штук	Сума, грн.
1. Введені			
Випускний колектор з компенсаторами сильфоного типу	10000	1	10000
Разом введених, $C_{вв}$	10000		
2. Вилучені			
Випускний колектор	15000	1	15000
Разом вилучених, $C_{из}$	15000		

Розрахунок економічної ефективності

Річна продуктивність.

$$N = K_{\pi} N_{\epsilon} t, \text{ кВтрік}$$

$$N_{\delta} = 0,755008000 = 3780000 \text{ кВтрік}$$

$$N_{\epsilon} = 0,755308000 = 4500000 \text{ кВтрік}$$

Річні поточні витрати на пальне.

$$Z_n = N_{\epsilon} g_{\epsilon} t \Pi_n, \text{ грн.}$$

$$Z_{n\delta}^{\delta} = 5000,3080004,2 = 6350400 \text{ грн.}$$

$$Z_{n\delta}^{\epsilon} = 5300,29480004,2 = 7408800 \text{ грн.}$$

Річні поточні витрати на мастило.

$$Z_m = N_{\epsilon} g_m t \Pi_m, \text{ грн.}$$

$$Z_m^{\delta} = 5000,0019800014 = 134064 \text{ грн.}$$

$$Z_m^{\epsilon} = 5300,0019800014 = 159600 \text{ грн.}$$

Річні витрати на поточний ремонт.

$$Z_{n.p} = \frac{b \cdot t \cdot \Pi}{t_{\text{пер}}}, \text{ грн}$$

$$Z_{n.p}^{\delta} = \frac{0,05 \cdot 8000 \cdot 3024000}{10000} = 120960 \text{ грн}$$

$$Z_{n.p}^{\epsilon} = \frac{0,05 \cdot 8000 \cdot 2880000}{10000} = 115200 \text{ грн}$$

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Річні поточні витрати на капітальний ремонт.

$$Z_{\kappa.p} = \frac{K_{\kappa.p} \cdot t \cdot C}{t_{\kappa.p} \cdot \varepsilon_{\min}}, \text{ грн}$$

$$Z_{\kappa.p}^{\delta} = \frac{0,3 \cdot 8000 \cdot 3024000}{60000 \cdot 1,1} = 109963 \text{ грн}$$

$$Z_{\kappa.p}^{\delta} = \frac{0,3 \cdot 8000 \cdot 2880000}{60000 \cdot 1,1} = 104727 \text{ грн}$$

Термін служби.

$$T = \frac{t_{\kappa.p}}{t}, \text{ рік}$$

$$T_{\delta} = \frac{60000}{8000} = 7,5 \text{ років}$$

$$T_c = \frac{60000}{8000} = 7,5 \text{ років}$$

Річний економічний ефект у споживача.

$$U = Z_n + Z_m + Z_{\kappa.p} + Z_{n.p}, \text{ грн}$$

$$U_{\delta}^{\delta} = 6350400 + 134064 + 109963 + 120960 = 6715387 \text{ грн.}$$

$$U_c^{\delta} = 7408800 + 159600 + 104727 + 115200 = 7788327 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект у споживача від використання спроектованого двигуна.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{\kappa} = \left[C_{\delta} \cdot \frac{N_c}{N_{\delta}} \cdot \left(\frac{\frac{1}{T_{\delta}} + E_{\delta}}{\frac{1}{T_c} + E_c} \right) + \frac{U_1^{1\delta} - U_1^c}{\frac{1}{T_c} + E_c} \right] - C_c, \text{ грн}$$

$$U_1^{1\delta} = \frac{N_c}{N_{\delta}} \cdot U_1^{\delta} = \frac{4500000}{3780000} \cdot 6715387 = 7994508 \text{ грн}$$

$$E_{\kappa} = \left[3024000 \cdot \frac{3600000}{3780000} \cdot \left(\frac{\frac{1}{7,5} + 0,15}{\frac{1}{7,5} + 0,15} \right) + \frac{7994508 - 7788327}{\frac{1}{7,5} + 0,15} \right] - 2880000 = 1454921 \text{ грн.}$$

Проведений аналіз та техніко-економічні розрахунки показали доцільність виготовлення та застосування спроектованого двигуна для електростанції.

Окупність капітальних вкладень залежить від їх ефективності і виражається показником, визначуваним відношенням капітальних вкладень до одержаного економічного ефекту.

Термін окупності капітальних вкладень при його технічному переозброєнні на базі нової техніки визначається відношенням суми капітальних вкладень (кошторисної вартості) K_{Π} до одержаного прибутку в результаті здійснення даного заходу Π (рівної різниці між вартістю річного випуску продукції в оптових цінах C і собівартістю цього ж об'єму продукції C):

$$t_{\Pi} = \frac{K_{\Pi}}{\Pi}$$

де:

K_{Π} – сума капітальних вкладень

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\Pi} = 6000000 \text{ грн.}$$

Π – прибуток

$$\Pi = \Pi - C$$

C_d – собівартість виготовлення нового двигуна

$$C = 1209796 \text{ грн.}$$

C – собівартість річного об'єму продукції

$$C = i C_d$$

$$C = 20 \cdot 1209796 = 24195920 \text{ грн.}$$

$i = 20$ шт. – запланована кількість двигунів, що випускаються за рік

Π – вартість річного випуску продукції

$$\Pi = i \Pi_n$$

$$\Pi = 20 \cdot 2880000 = 57600000 \text{ грн.}$$

$$\Pi = 57600000 - 24195920 = 33404080 \text{ грн.}$$

$$t_{\Pi} = \frac{30000000}{21804080} = 1,79 \text{ років}$$

Річний економічний ефект від виробництва та використання спроектованого двигуна складає: 1454921 грн.

Строк окупності капітальних вкладень складає: 1,79 роки.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Згідно із завданням на магістерську роботу розроблені необхідні конструкторські, розрахункові і пояснювальні матеріали по газовому двигуну 6ГЧН25/34 з проектуванням випускного колектора, які оформлені у вигляді пояснювальної записки та конструкторської частини проекту загальною кількістю 8 аркушів формату А1

Конструкція елементів системи, а також план розміщення устаткування в електростанції показані на листах графічної частини роботи, а в пояснювальній записці виконаний детальний опис обладнання електростанції з наведенням їх параметрів.

На початку магістерської роботи по заданим вихідним параметрам двигуна $P = 530$ кВт визначений двигун-прототип 6ГЧН 25/34 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 в динамічному розрахунку двигуна.

Ці діаграми побудовані на листі графічної частини роботи.

З теплового розрахунку було взято необхідні вихідні дані для перевірки на працездатність системи охолодження.

Було спроектовано та виконано розрахунки випускного колектора та компенсатора сильфоного типу.

Зважаючи на те, що розроблений газовий двигун є джерелом шуму і вібрації, значну частину магістерської роботи відведено розробці заходів по зменшенню негативного впливу його роботи на обслуговуючий персонал і на навколишнє середовище. На завершення магістерської роботи виконано економічне обґрунтування покращення конструкції випускного колектора газового двигуна по відношенню до базового.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

В розрахунку економічного ефекту враховуються витрати на капітальні ремонти, поточні ремонти, масло та паливний газ. Стро к о купно сті капітальних вкладень складає: 1,79 ро ки.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамчук Ф.И., Марченко А.П., Разлейцев Н.Ф., Третьак Е.И., Шеховцов А.Ф., Шокотов Н.К. «Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности», К.: Техника, 1992.
2. Анурьев В.И. «Справочник конструктора – машиностроителя» том 2. М.: Машиностроение, 1973.
3. Анурьев В.И. «Справочник конструктора – машиностроителя» том 3. М.: Машиностроение, 1978.
4. Балабанов А.Н. Короткий справочник технолога машиностроителя. – М.: Издательство стандартов, 92.
5. Ваншейдт В.А. «Конструирование и расчеты прочности судовых дизелей». Ленинград.: «Судостроение», 1969.
6. Ваншейдт В.А., Иванченко Н.Н., Колерова Л.К. «Дизели. Справочник» Ленинград.: «Машиностроение». 1977.
7. Васильев Ю.Н. Новые конструкции судовых дизелей. «Судостроение». Ленинград 1972.
8. Вешкельский С.А. «Справочник моториста установок с ДВС». Ленинград.: «Машиностроение», 1985.
9. Дальский А.М. «Технология конструкционных материалов». М.: «Машиностроение», 1985.
10. Дьяченко Н.Х. Теория двигателей внутреннего сгорания. Ленинград: «Машиностроение», 1974.
11. Захаров Ю.С. «Экономическое обоснование дипломных проектов».
12. Зенкин А.С., Петков В.И. Допуски и посадки в машиностроении: Справочник – 3^е издание. К.: Техника, 1990.
13. Истомин П.А. Динамика судовых двигателей внутреннего сгорания. Ленинград «Судостроение», 1976.

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- 14.Каширин Р.В., Голубев Л.Ю., Соколов М.Ф. «Пособие для должностных лиц и специалистов по курсу «Охрана труда»». Николаев: «Учебный центр», 2003.
- 15.Кинжалов О.С., Литвин С.Н., Горбань А.И. «Показатели качества и экономическое обоснование принятых технических решений при проектировании двигателей внутреннего сгорания» Учебное пособие для студентов специальности 090210 «Двигатели внутреннего сгорания» Николаев 2006.
- 16.Орлин А.С., Круглова М.Г. Двигатели внутреннего строения. Теория поршневых и комбинированных двигателей. М.: «Машиностроение». 1983.
- 17.Полтев В.Н. «Охрана труда в машиностроении».
- 18.Юдин Е.М. «Охрана труда в машиностроении».

					ПФ НУК 131.61.21.09 ПЗ	Аркуш
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		