

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

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

_____ 2023 р.
« ____ » _____

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Підвищення надійності газорозподільного механізму стаціонарного дизельного двигуна потужністю 230 кВт за рахунок покращення конструкції газових клапанів та їх направляючих

Виконав:
студент групи 54-ЕМ-20з
_____ **Балбазан Н.О.**
(підпис)

Керівник роботи:
к.т.н., доцент кафедри ЕМ
(посада, науковий ступень, вчене звання)
_____ **Нестеренко В. В.**
(підпис)

Первомайськ - 2023 р.

Анотація

При розробці кваліфікаційної роботи було поставлено завдання розробити 4-х тактний дизельний двигун, потужністю 230 кВт для стаціонарної електростанції та клапанного механізму.

Виконано опис вузлів базового двигуна, в які входять: опис конструкції двигуна, систем двигуна, а також принцип роботи вузлів та систем.

Проведено конструкторський розрахунок в який входить: розрахунок робочого процесу газового двигуна з перевірочними розрахунками, тепловий розрахунок, побудована індикаторна діаграма, а також динамічний розрахунок з побудовою графіків.

Була поставлена та виконана задача спроектувати клапан, направляючу клапана та сідло.

Визначені заходи по охороні праці на електростанції, положення про охорону праці, проведені розробки заходів з охорони праці та навколишнього середовища.

До проекту додаються 4 аркушів креслення формату А1.

Abstract

During the development of the qualification work, the task was set to develop a 4-stroke diesel engine with a capacity of 230 kW for a stationary power plant and a valve mechanism. A description of the basic engine units has been completed, which includes: a description of the engine design, engine systems, as well as the principle of operation of the units and systems. A design calculation was carried out, which includes: a calculation of the working process of a gas engine with verification calculations, a thermal calculation, an indicator diagram was built, as well as a dynamic calculation with the construction of graphs. The task of designing the valve, valve guide and seat was set and completed. Labor protection measures at the power plant, regulations on labor protection, labor and environmental protection measures have been developed. 4 drawing sheets of A1 format are attached to the project.

3MICT

ВСТУП.....	5
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Тхнічна інформація про об’єкт використання двигуна... ..	7
1.2 Опис конструкції двигуна– прототипу.....	13
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Вибір основних параметрів для розрахунку робочого процесу.....	17
2.2 Розрахунок робочого процесу дизельного двигуна.....	19
2.3 Розрахунок теплового балансу	28
2.4 Розрахунок та побудова теоретичної та дійсної індикаторної діаграми.....	35
2.5 Динамічний розрахунок двигуна.....	38
3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ КЛАПАНА, СІДЛА ТА ВТУЛКИ НАПРАВЛЯЮЧОЇ	
3.1 Умови роботи випускного клапана.....	42
3.2 Спосіб захисту клапанів.....	44
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СРЕДОВИЩА	
4.1 Заходи з охорони праці.....	49
4.2 Захист навколишнього середовища	50
4.3 Заходи по зниженню токсичності та димності відпрацьованих газів.....	53
4.4 Заходи щодо зменшення шуму та вібрації.....	57
4.5 Техніка безпеки при експлуатації двигуна.....	57
ВИСНОВКИ.....	60
ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....	61

					ПІНІ НУК 142.54.23.01 ПЗ							
Зм.	Арк..	№ документа	Підпис	Дата								
Розробив	Балбазан				Пояснювальна записка			Літера	Лист	Листів		
Перевірів	Нестеренко							н		3	64	
								54-ЕМ-20з				
Н. контр	Нестеренко											
Затвердив	Нестеренко											

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1	Дизель-генератор ДГА-220 (Складальне креслення), СК, А1....	61
ДОДАТОК 2	Дизель 6ЧН18/22, СК, А1.....	62
ДОДАТОК 3	Клапан, сідло, направляюча клапана,СК.....	63
ДОДАТОК 4	Діаграма індикаторна та сил, що діють на КШМ.....	64

					ПІННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						4
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Випускний клапан — елемент ГРМ, при відкритті якого відбувається видалення (випуск) відпрацьованих газів з камери згоряння двигуна.

Випуск газів відбувається тоді, коли поршень в циліндрі двигуна прямує від нижньої мертвої точки (НМТ) до верхньої мертвої точки (ВМТ). В процесі роботи двигуна випускні клапани піддаються значним термічним навантаженням, так як постійно контактують з розпеченими відпрацьованими газами. Головка клапана при роботі ДВС може розігріватися в межах 600-800 градусів.

Після закінчення такту впуску і стиснення головною вимогою в момент загоряння палива в камері згоряння є максимальна герметичність. Впускний і випускний клапани закриті. Коли поршень прийняв на себе енергію розширюються газів після загоряння паливно-повітряної суміші, з камери згоряння необхідно видалити ці відпрацьовані гази. Герметизація камери на даному етапі вже не потрібна. За видалення вихлопних газів в конструкції газорозподільного механізму відповідає випускний тарільчасте клапан, який розміщений в голівці блоку циліндрів (ГБЦ).

На такті впуску створюється розрядження, а на такті випуску в робочій камері згоряння двигуна утворюється підвищений тиск. Після згоряння суміші палива і повітря відпрацьовані гази залишають камеру згоряння через що відкривається в потрібний момент випускний клапан. Сила тиску дозволяє газам з легкістю вийти з робочої камери. Цим пояснюється менший розмір тарілки випускного клапана порівняно з тарілкою впускного клапана. На такті впуску розрядження за своєю силою менше тиску на випуску. Вихлопні гази практично виштовхуються назовні через відкритий випускний клапан.

Ефективна герметизація камери згоряння стала можлива завдяки використанню тарільчастих клапанів в конструкції ГРМ сучасних ДВС. Пристрій

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						5
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клапана просте, елемент має тарілку і стрижень. Фаска плавно переходить в стрижень, що робить клапан досить міцним. Конічна форма переходу помітно знижує опір вихлопних газів при виході з камери, а також додатково покращує герметизацію.

Відкриття випускного клапана відбувається завдяки отриманому зусиллю від кулачка розподільного вала. Стрижень (шток) клапана знаходиться в направляючої втулці клапана, яка запресована в ГБЦ. Кулачок распредвала натискає прямо на шток клапана або на рокер, від якого зусилля передається на стрижень. У ГБЦ також розміщено сідло клапана. Сідло клапана є поглиблення, яке за своєю формою відповідає верхній частині тарілки клапана. Тарілка клапана і сідло клапана з філігранною точністю туляться один до одного. Дане рішення дозволяє забезпечити максимальну герметичність в той момент, коли закриті впускний і випускний клапани. Головним завданням стає виключити прорив газів з камери згоряння.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						6
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

При розробці електростанції на базі двигуна внутрішнього згорання, що може забезпечити електроенергією споживачів загальною потужністю 220 кВт, в якості базового двигуна був обраний дизель 6ЧН 18/22.

Дизель-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.

1.1 Технічна інформація про об'єкт використання двигуна.

Для розміщення когенераційної установки 6ЧН18/22 загальною електричною потужністю 220 кВт використовуються переважно площі, що вивільняються при реконструкції промислових об'єктів. В розробленому проекті когенераційна установка розміщується на вільній площі котельні. Будівля одноповерхова, із складеного залізобетону, каркасна із залізобетонними панелями. Висота до низу ферми - 6м. Приміщення обладнано підвісним краном вантажопід'ємністю 1,0 Т. Будівля знаходиться в доброму стані, частина будівлі, де буде встановлюватися когенераційна установка, вільна. В зовнішніх стінах є світові пройоми. До будівлі підведені інженерні комунікації. Стан навколишнього середовища району задовільний. Розрахункова температура навколишнього повітря найбільш холодних п'яти діб - 20°C.

Призначення і мета застосування когенераційної установки.

Когенераційна установка на базі газового двигун-генератора ДГА-220 з газовим двигуном 6ЧН 18/22 призначена для вироблення електричної енергії на власні потреби котельні, а також для отримання додаткової теплової енергії за рахунок утилізації тепла від охолоджуючої води, масла, наддувочного повітря і вихлопних газів двигуна.

Мета застосування когенераційної установки - зменшення витрат споживача на електроенергію у 1,5....2 разів, а також додаткове отримання тепла.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						7
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Склад, характеристика устаткування.

В склад когенераційної установки входить слідує теплотехнічне устаткування:

- дизель-генератор ДГА-230, теплообмінник утилізаційний водогрійний (ТУВ), насоси циркуляційні, насоси поповнення, градирня ГМП-20, трубопроводи із запірною арматурою, система стиснутого повітря, система прийому.

Основні технічні дані газового двигун-генератора ДГА-230:

- повна потужність на вихідних клеммах генератора, кВт	230
- мінімальна потужність при тривалій роботі, кВт	80
- питома витрата циркуляційного масла на угар, г/(кВт·год)	0,9
- тиск газу на вході в редуктор, МПа, не більше	0,3
- вид струму -	змінний, 3-х фазний
- напруга, В	400
- частота, Гц	50
- назначений ресурс безперервної роботи, годин	1000
- маса двигун -генератора, кг	4695
Габаритні розміри, мм	
- довжина	3370
- ширина	942
- висота	1763

Двигун-генератор автоматизований по 2-й ступені ГОСТ 14228-80 із виконанням наступних операцій:

- автоматичне регулювання частоти обертання валу двигуна, напруги і температури в системах охолодження і мащення;
- місцеве і дистанційне управління пуском, остановкою, передпусковими і післяостановочними операціями;
- автоматичне заряджання АКБ, забезпечуючий пуск і живлення засобів автоматизації (при пуску електростартера);
- автоматична аварійно-попереджувальна сигналізація і захист;

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- індикація значень контрольованих параметрів на місцевому щитку і дистанційному пульті.
- дистанційне автоматизоване і автоматичне керування пуском, остановкою, передпусковими і післяостановочними операціями;
- автоматичний прийом навантаження при автономній роботі або видача сигналу про готовність до прийому навантаження;
- автоматизація спільної роботи двигунів, у тому числі автоматичний прийом навантаження в ході синхронізації при паралельній роботі ДГА між собою або із зовнішньою мережею;
- автоматична підтримка двигуна в готовності до швидкого прийому навантаження;
- автоматизований екстрений пуск і остановка;

Генератор синхронний типу Leroy Somer LSA 46.2 VL12, трьохфазний із статичною системою збудження, автоматичним регулюванням напруги, одноопорний, щітковий.

Основні технічні характеристики ТУВ

Теплообмінник утилізаційний водогрійний конструктивно виконаний одноступеневим, водотрубним, двохходовим по воді, теплообмінні трубки оребрені, сталевалюмінієві. Теплообмінник складається із чотирьох секцій, з'єднаних поміж собою послідовно по ходу випускних газів.

Циркуляція води в системі охолодження двигуна виконується навісним водяним насосом двигуна ($Q = 27 \text{ м}^3/\text{год}$, $H = 18 \text{ м. вод. ст.}$)

Для обліку тепла, що відводиться від двигуна і подається споживачам

Постачання повітря для пуску дизельного двигуна

Для пуску двигуна передбачена система стиснутого повітря, яка містить в собі:

- електричний компресор автоматизований LT-40 для отримання і нагнітання в балон стиснутого повітря із автоматичною підтримкою тиску в ньому ($p = 3 \text{ МПа}$);

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						9
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- балон стиснутого повітря ($V = 200\text{л}$);
- трубопроводи і арматура.

Система прийому, зберігання та заміни масла

Для поточної витрати масла в проекті передбачений бак запасу масла об'ємом 600 л. Подача масла в бак виконується насосом НМШ 5-25-4,0/4 від пересувної ємкості.

Протипожежні заходи

Будівля відноситься до 1-ої ступені вогнестійкості .

Категорія виробництва “Г”.

Підвал у будівлі відсутній.

В проекті передбачена безпечна евакуація людей у випадку пожежі. В будівлі є два рознесених евакуаційних виходи. Всі конструктивні елементи будівлі виконані із негорючих матеріалів. Передбачені також легко скидальні конструкції (віконні пройоми).

Опалення приміщення когенераційної установки передбачається із розрахунку компенсації тепловтрат через зовнішні огорожуючі конструкції і на нагрівання вентиляційного повітря і забезпечує в приміщенні нормовану температуру повітря. В робочий час підтримка нормованої температури в приміщенні когенераційної установки забезпечується за рахунок тепло- відділень від працюючого двигун-генератора. На період монтажу та ремонтних робіт підтримка нормованої температури забезпечується за рахунок роботи тепловентилятора із електропідігрівом.

В приміщенні когенераційної установки передбачається приточно-витяжна вентиляція із механічним та природним примусом. Загальнообмінна витяжна вентиляція із природним примусом із трьохкратним обміном повітря за годину передбачається із верхньої зони. На додаток до природної витяжки передбачена механічна. Для компенсації витяжки передбачена приточна вентиляція, як природна так і механічна. Приток повітря в приміщення виконується від вентиляторів, на додаток до механічного притоку в теплу пору року

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						10
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачений природний через відкриті фрамуги вікон та ворота.

В холодну і перехідну пору року для запобігання подачі холодного повітря передбачено змішування зовнішнього і внутрішнього повітря, для чого передбачена перемичка.

Водопостачання і каналізація

Проектом передбачається двоконтурна система охолодження: охолоджувачем є оборотна вода, що охолоджується у вентиляторній градирні ГМП-20. Витрата води на підпитку градирні і теплової мережі – 1,5 м³/добу.

Джерелом водопостачання є діюча мережа водопроводу діаметром 100 мм. Водопровід запроектований із сталевих труб діаметром 20 мм по ГОСТ 3262-75.

Дренажна вода із двигун-генератора при ремонтах скидається в запроектовану мережу виробничої каналізації із чавунних каналізаційних труб діаметром 100 мм.

Електро - технічні рішення

Паралельна робота ДГА-230 із електричною мережою Обленерго забезпечується комплектним електрообладнанням двигун-генератора – збуджуючим пристроєм УВГС, низьковольтним пристроєм УКН-400.

Основним споживачем електроенергії є допоміжне технологічне обладнання – маслonaсос сітьовий, підпиточний і циркуляційний насоси, сантехнічна вентиляція і освітлення, вентилятор градирні, щит КВП і прибор пожежного контролю, електроосвітлення.

Розподіл електроенергії до цих споживачів виконується від щита власних потреб (ЩВП) – силового шкафа із автоматами серії ПР11 підключеного до УКН-400.

Електричні мережі до допоміжного обладнання виконуються дротами АВВГ, прокладеними по стінам на дужках. Силкові мережі і контрольні ланцюги двигун-генератора, комплектного збуджуючого пристрою УВГС і низьковольтного комплектного щита УКН-400 виконуються дротами ВВГ, КВВГ, прокладеними в канаві.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						11
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектом передбачене робоче, аварійне і ремонтне освітлення. Аварійне освітлення виконано вибухозахищеними світильниками, що вмикаються зовні і служить для включення освітлення після перерви в роботі, крім того в районі щитів передбачений стаціонарний акумуляторний світильник із під зарядним пристроєм.

В якості джерела світла для робочого освітлення вибрані газорозрядні лампи, для аварійного – лампи розжарювання.

Напруга мережі загального освітлення 380/220 В, на світильниках – 220 В, ремонтного – 36 В.

Для захисту людей від враження електричним струмом при пошкодженні ізоляції передбачається захисне занулення і заземлення всіх не струмоведучих частин електрообладнання, металевих корпусів щитів, сталевих конструкцій електропроводки, повітряних трубопроводів, нульовими жилами дротів, сталевими полосами 40·4 і 25·4 внутрішнього заземлення приміщення ДЕС.Проектований контур заземлення з'єднується із наявним контуром заземлення цеху.

Заземлення нейтралі генератора виконано з'єднанням його до контуру заземлення проектового приміщення ДЕС гнучким голим мідним дротом.

Захист від блискавки димової труби, продувочних свічок газопроводів забезпечується стержневим блискавкоприймачем, закріпленим на димовій трубі і з'єднаним із електродами зовнішнього контуру заземлення.

Пожежна сигналізація.

В якості приймально - контрольного пожежного приладу прийнятий прилад СА-4 із вбудованим блоком живлення і акумулятором. Прилад встановлений в приміщенні когенераційної установки. Напруга живлення -220 В, 50Гц, споживана потужність –5 Вт. Резервне живлення виконується від акумулятора, вмонтованого в прилад.

Автоматичні пожежні сигналізатори комбіновані ИПК-1 монтуються на трасі під стелею приміщення, що захищається, ручні (ИПР) на стінах на висоті 1,5 м

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						12
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від рівня підлоги. Світлозвуковий пристрій встановлюється на фасаді. Сигнал про пожежу передається на пульт чергового.

Газоаналіз

В проекті передбачається слідуєчий об'єм сигналізації:

а) безперервний контроль об'ємної частки природного газу у повітрі;

б) видача звукового і світлового сигналів про перевищення встановлених рівнів об'ємної частки природного газу у повітрі. Світлозвуковий пристрій встановлюється на фасаді. Сигнал про перевищення встановлених рівнів об'ємної частки природного газу у повітрі передається на пульт диспетчера.

Для контролю вибухонебезпечних концентрацій природного газу у повітрі використовується детектор витікання газу GS-133.

Газове пожежегасіння

Для захисту від пожежі двигун-генератора передбачена локальна автоматична установка газового пожежегасіння, що працює як в автоматичному так і в ручному режимі. Ручний (місцевий) пуск виконується із приміщення когенераційної установки.

Установка автоматичного пожежегасіння забезпечує знаходження місця запалювання і подачу сигналу про пожежу, спрацювання установки і випуск вогнегасного матеріалу над устаткуванням що захищається і тушіння пожежі в початковій стадії горіння.

Облік витрат природного газу передбачається лічильником GMS-G160, а облік теплової енергії, що виробляється установкою тепловодолічильником СВТУ-10М.

Контроль складу димових газів від ДГА-230 виконується переносним газоаналізатором.

1.2 Опис конструкції базового двигуна

Дизелі ряду 6Ч 18/22 чотиритактні, простого дії, вертикальні, однорядні з напіврозділеною камерою згорання (камера в поршні), нереверсивні випускаються декількох модифікацій. Залежно від призначення дизелі мають

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						13
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деякі конструктивні відмінності: дизелі без наддування – 6Ч 18/22, з наддуванням - 6ЧН 18/22 для привода генератора потужністю відповідно 155 і 225 кВт; дизелі з реверс-редукторною передачею.

Фундаментна рама дизеля лита, із чавуну, коробчатої форми. Рама має поперечні перегородки з розточеними постелями для нижніх вкладишів корінних підшипників. Корінних підшипників сім; останній підшипник розширений для прийняття додаткового навантаження від ваги маховика.

Нижня частина рами є збірником і резервуаром масла. У нижній частині передньої торцевої стінки рами розташована пробка для зливу масла, а на передній стінці, крім того, є два люки із фланцем для підключення усмоктувального трубопроводу резервного масляного насоса й для підключення нагнітального трубопроводу резервного масляного насоса.

На бічних стінках фундаментної рами є два отвори, заглушені фланцями, для відкачки масла з дизеля. Усередині середньої нижньої частини рами на бобишках кріпиться масляний фільтр, якому можна виймати для чищення через оглядовий люк.

На зовнішніх бічних поверхнях уздовж рами є опорні лабети для кріплення дизеля до фундаменту й різьбові отвори під віджимні болти для центрування дизеля при монтажі. На верхній площині рами є канавки, у які покладений гумовий шнур 15, що забезпечує ущільнення між рамою й блоком циліндрів.

Вентиляція картера незалежна, виробляється в атмосферу через шостий оглядовий лючок, розташований з боку вихлопу. Лючок має фланець для приєднання вентиляційного трубопроводу. Вентиляційні труби повинні виводитися на верхню відкриту палубу й мати вогневі запобіжники й пристрої, що не допускають влучення води в дизель. Об'єднання вентиляційних труб декількох дизелів не допускається.

Блок циліндрів цільний, відлитий із чавуну. Він кріпиться до фундаментної рами чотирнадцятьма силовими шпильками й двадцятьма шістьма болтами по краях для ущільнення стику. Шість циліндрових втулок - вставні, відлиті із

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						14
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чавуну із присадкою нікелю й хрому. Ущільнення водяної порожнини в місцях запресовування втулок досягається у верхній частині притисненням притертого буртика втулки до блоку, унизу - трьома ущільнювальними гумовими кільцями, покладеними в канавки втулок. Простір між циліндровими втулками й стінками блоку є сорочкою для охолодної води.

Кришки циліндрів відлиті із чавуну. Кришка циліндрів має усмоктувальні й вихлопний клапани однакової конструкції, виготовлені з жаростійкої сталі. Клапани переміщуються в напрямних втулках, запресованих у кришку циліндра. Сідла клапанів також запресовані в кришку.

Повітрязбирач із автоматичною повітряною заслінкою змонтований на алюмінієвій плиті. Автоматична повітряна заслінка виконує роль граничного вимикача й забезпечує захист дизеля від розносу.

Випускний колектор звареної конструкції, ізольований, неохолоджуваний. Випускний колектор обгороджений захисним кожухом для запобігання обслуговуючого персоналу від опіків.

Колінчатий вал з маховиком сталевий, цільнокований, має шість шатунних і сім корінних шийок. Коліна вала розташовані під кутом 120° друг до друга, причому перше коліно по напрямку збігається із шостим, друге — з п'ятим, третє — із четвертим. У кожному коліні є косе свердління (масляний канал), що з'єднує радіальний отвір у корінних і шатунних шейках вала. Отвори призначені для підведення масла до шатунних шийок і до верхньої головки шатуна через отвори в ньому. Четверта корінна шийка є упорною. До фланця заднього кінця колінчатого вала за допомогою контрольних штифтів і болтів закріплено маховик.

Поршень чавунний, суцільнолитий. У днищі поршня є камера згоряння об'ємом $325 \pm 5 \text{ см}^3$. У кільцевих канавках поршня розміщені чотири компресійних, одне здвоєне й одне одинарне маслоз'ємні хромовані кільця. Одинарне маслоз'ємне кільце без радіусних фрезерувань розташовано вище пальця, здвоєні маслоз'ємні кільця з радіусними фрезеруваннями - нижче.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Маслоз'ємні кільця встановлюються меншою торцевою поверхнею вниз, тобто шкребком нагору. Поршень з'єднується із шатуном за допомогою порожнього сталевого цементованого й загартованого пальця 5 плаваючого типу. Від осьових переміщень палець утримується стопорними кільцями 6. На поверхні поршня, навколо отворів для пальця, розташовані поглиблення - холодильники.

Шатун має верхню головку, стрижень і нижню (шатунну) головку. Стрижень шатуна двотаврового перетину має глухий некрізний центральний отвір і два бічних свердління в нижній головці для підведення змащення до головного підшипника. У верхню головку запресована бронзова втулка. Нижня головка шатуна рознімна, скріплюється двома болтами. У нижній головці розміщені верхній і нижній вкладиші з біметалічної смуги, плакованої сплавом АСМ.

Розподільний вал зібраний із двох частин, з'єднаних між собою болтами й гайками. Вал обертається в сімох підшипниках, гнізда яких розташовані в бічній частині блоку циліндрів. Розподільний вал має усмоктувальні «а» і вихлопні «б» кулачки для кожного циліндра. Кулачки виконані за одне ціле з розподільним валом. На передній кінець розподільного вала насаджені упорна втулка й шестірня привода розподільного вала.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						16
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір основних параметрів для розрахунку робочого процесу двигуна

При виконанні розрахунку робочого циклу двигуна потрібно враховувати призначення двигуна, вид палива, частоту обертання колінчастого валу та конструктивні особливості проектного двигуна.

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

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.

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

д) Коефіцієнт продувки камери згорання.

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

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

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						17
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ж) Коефіцієнти використання теплоти.

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

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 $\lambda = 1,35 \dots 2,2$.

к) Механічний ККД

Механічний ККД двигуна залежить від його 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 $40 \dots 60^\circ\text{C}$.

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 скруглення індикаторної діаграми.

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

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 $n_k = 1,6$.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						18
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок робочого процесу двигуна.

Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e =$	230 кВт
Частота обертання колінчастого валу.	$n =$	750 хв ⁻¹
Ступінь стиску	$\varepsilon =$	13
Число циліндрів	$i =$	6
Тиск наддуву	$P_B =$	0,21 МПа

Вихідні дані теплового розрахунку.

Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha =$	2,5
Тиск навколишнього середовища	$P_a =$	0,1 МПа
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293 К
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	15 К
Тиск залишкових газів	$P_r =$	0,16 МПа
Температура залишкових газів	$T_r =$	700 К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	1,65
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z =$	0,89
Коефіцієнт повноти індикаторної діалрами	$\xi =$	0,97

Паливо:

Рапсова олія

Середній елементарний склад палива

$$C = 0,87 \quad H = 0,126 \quad O = 0$$

Найнижча теплота згорання палива

$$Q_H = 42500 \text{ кДж/кг}$$

Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг. палива

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \times \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0.21} \times \left(\frac{0.86}{12} + \frac{0.13}{4} - \frac{0.01}{32} \right) \text{ кмоль/кг}$$

$$L_0 = 0,495 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість свіжого заряду

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

$$M_1 = 1,238 \text{ кмоль/кг}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згоряння.

$$\text{Кількість CO}_2: \quad M_{CO_2} = \frac{C}{12}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,0725 \text{ кмоль/кг}$$

$$\text{Кількість H}_2\text{O}: \quad M_{H_2O} = \frac{H}{2}, \text{ кмоль/кг} \quad 0,063 \text{ кмоль/кг}$$

$$\text{Кількість O}_2: \quad M_{O_2} = 0.21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad 0,156 \text{ кмоль/кг}$$

$$\text{Кількість N}_2: \quad M_{N_2} = 0.79 \times \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кг} \quad 0,9781 \text{ кмоль/кг}$$

Загальна кількість продуктів згоряння.

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 1,2696 \text{ кмоль/кг}$$

Параметри процесу газообміну.

Температура повітря після нагнітача.

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

$n_k = 1,3$ показник політропи стиску повітря в нагнітачі.

$T_b = 348 \text{ K}$

Тиск в кінці впуску.

$$P_d = (0.9 - 0.95) \times P_{\epsilon}$$

число з інтервалу = 0,95

$$P_d = 0,1995 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт залишкових газів.

$$\gamma_r = \frac{T_{\epsilon} - \Delta T_1 + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\epsilon \times P_d - P_r}$$

де $\Delta T_1 = (30 - 50^0)$ ступінь охолодження повітря.

$$\Delta T_1 = 30 \text{ K}$$

$$\gamma_r = 0,03$$

Температура в кінці впуску.

$$T_d = \frac{T_{\epsilon} - \Delta T_1 + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, K$$

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

Коефіцієнт наповнення.

$$\Phi_c = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_\varepsilon} \times \frac{T_\varepsilon - \Delta T_1}{T_d(1 + \gamma_r)} =$$

$$\Phi_c = 0,922$$

Густинна заряда на впускі.

$$\rho_\varepsilon = \frac{P_\varepsilon \times 10^6}{R_{II} \times (T_\varepsilon - \Delta T_1)} =, \text{кг/м}^3$$

$R_{II} = 287 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ - Універсальна газова постійна для повітря.

$$\rho_\varepsilon = 2,303 \text{ кг/м}^3$$

Параметри процесу стиску.

Показник політропи стиску.

$$n_1 = 1.41 - \frac{110}{n} \text{ для } 600 \leq n \leq 2500$$

$$n_1 = 1,263 \text{ Значення для } 600 \leq n \leq 2500$$

Вибираємо значення

$$n_1 = 1,330$$

Тиск в кінці стиску.

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

$$P_c = 6,046 \text{ МПа}$$

Температура в кінці стиску.

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

$$T_c = 802 \text{ К}$$

Середня мольна теплоємність повітря.

$$mC_{v'} = 1988 + 0.002638 \times T_c, \text{ КДж/Кмоль} \times \text{К}$$

$$mC_{v'} = 21,9947 \text{ КДж/Кмоль} \cdot \text{К}$$

Параметри процесу згоряння.

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

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

$$\beta_0 = 1,025$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

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

$$\beta = 1,025$$

Емпіричні формули середніх мольних теплоємностей окремих газів при сталому об'ємі.

$$\text{для } O_2: mCv''_{O_2} = 23,3 + 0,00155 \times T_Z$$

$$\text{для } N_2: mCv''_{N_2} = 21,554 + 0,001457 \times T_Z$$

$$\text{для } CO_2: mCv''_{CO_2} = 38,609 + 0,003349 \times T_Z$$

$$\text{для } H_2O: mCv''_{H_2O} = 25,459 + 0,004438 \times T_Z$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому об'ємі.

$$mCv'' = \frac{1}{M_2} \left[M_{CO_2} \times (mCv''_{CO_2}) + M_{H_2O} \times (mCv''_{H_2O}) + M_{O_2} \times (mCv''_{O_2}) + M_{N_2} \times (mCv''_{N_2}) \right] \frac{KДж}{Kмоль \times K}$$

Після підстановки одержим рівняння.

$$mCv'' = a + b \times T_Z, \frac{KДж}{Kмоль \times K}$$

де:

$$a = 22,93623$$

$$b = 0,001724$$

Середня мольна теплоємність продуктів згоряння при сталому тиску.

$$mC''_p = mCv'' + 8,134, \frac{KДж}{Kмоль \times K}$$

Після підстановки одержим рівняння.

$$mC''_p = a + b \times T_Z, \frac{KДж}{Kмоль \times K}$$

де:

$$a = 31,07023$$

$$b = 0,001724$$

Максимальний тиск згоряння.

$$P_{\max} = \lambda \times P_c, \text{ МПа}$$

$$P_{\max} = 9,976346 \text{ МПа}$$

Максимальна температура процесу згоряння.

$$\frac{\xi_Z \times Q_H}{M_1 \times (1 + \gamma_r)} + (mC'v + 8.134 \times \lambda) \times T_c = \beta(mC''p) \times T_Z$$

Після підстановки одержим квадратне рівняння.

$$A \times T_Z^2 + B \times T_Z - C = 0$$

де:

$$A = 0,001767$$

$$B = 31,83678$$

$$C = 58015,01$$

Звідки:

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

$$T_Z = 1668 \text{ K}$$

Ступінь попереднього розширення.

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

$$\rho = 1,29$$

Параметри процесу розширення.

Ступінь наступного розширення.

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

$$\delta = 10,06$$

Середній показник політропи розширення.

$$n_2 = 1.18 + \frac{130}{n} \quad \text{для} \quad 600 \leq n \leq 2500$$

$$n_2 = 1,353333 \quad \text{Значення для} \quad 600 \leq n \leq 2500$$

Вибираємо значення

$$n_2 = 1,23$$

Тиск в кінці розширення.

$$P_{\epsilon} = \frac{P_{\max}}{\delta^{n_2}} =, МПа$$

$$P_{\epsilon} = 0,583 \text{ МПа}$$

Температура в кінці розширення.

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

$$T_{\epsilon} = 981 \text{ К}$$

Індикаторні показники робочого тіла.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

$$P_{mi} = \frac{P_c}{\epsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1-1}} \right) \right] =, МПа$$

$$P'_{mi} = 1,295 \text{ МПа}$$

Дійсний середній індикаторний тиск.

$$P_{mi} = \xi \times P'_{mi} =, МПа$$

$$P_{mi} = 1,256 \text{ МПа}$$

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = \frac{P_{mi} \times l_0 \times \alpha}{Q_H \times \rho_{\epsilon} \times \Phi_c \times 10^{-3}}$$

$$\eta_i = 0,499$$

Питома індикаторна витрата палива.

$$v_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i} =, \text{кг/квт год}$$

$$v_i = 0,170 \text{ кг/квт год}$$

Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0.089 + 0.0118 \times V_{П.СР} \text{ МПа}$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{П.СР.} = \frac{S_{ПР.} \times n}{30} =, \text{М/С}$$

$$S_{ПР} = 0,22 \text{ Хід поршня по прототипу.}$$

$$V_{П.СР.} = 5,500 \text{ м/с}$$

$$P_M = 0,1539 \text{ МПа}$$

Середній ефективний тиск.

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

$$P_{me} = 1,102 \text{ МПа}$$

Механічний К.К.Д.

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

$$\eta_M = 0,877$$

Ефективний К.К.Д.

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

$$\eta_e = 0,438$$

Питома ефективна витрата палива.

$$v_e = \frac{3600}{Q_H \times \eta_e} =, \text{кг/квт. год.}$$

$$v_e = 0,194 \text{ кг/квт год}$$

Годинна витрата палива.

$$B = \nu_e \times P_e =, \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$B = 44,528 \text{ кг/год}$$

Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

$$V_{st} = 30 \times Z \times \frac{P_e}{P_{me} \times n} =, \text{Л}$$

Z=4 - Коефіцієнт тактності.

$$V_{st} = 33,384 \text{ Л}$$

Робочій об'єм циліндра.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{Л}$$

$$V_s = 5,564 \text{ Л}$$

Діаметр циліндра.

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

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

$$d_{PP} = 0,18 \text{ м}$$

$$m = 1,222222$$

$$d = 179,6621 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times d =, \text{мм}$$

$$S = 219,587 \text{ мм}$$

Уточненні розміри циліндра і двигуна.

Діаметр циліндра.

$$d = 180 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 220 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

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

$$V_{St} = 33,57288 \text{ Л}$$

Ефективна потужність двигуна.

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \times V_{St} \times n}{30 \times Z} =, \text{KBm}$$

$$P_{ep} = 231 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

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

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

$$P_{ep} = 231 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,6 \%$$

2.3 Розрахунок теплового балансу двигуна.

Умова завдання:

ефективна потужність:	$P_e =$	231,3	кВт
частота обертання колінвалу:	$n =$	750	хв^{-1}
діаметр циліндру:	$d =$	180	мм
хід поршня:	$S =$	220	мм
число циліндрів:	$i =$	6	
коефіцієнт тактності:	$Z =$	4	
нижча теплота згорання рапсового масла:	$Q_H =$	42500	кДж/кг
годинна витрата пального:	$B_r =$	44,5276	кг/год
Індикаторний к.к.д.:	$h_i =$	0,50	
ефективний к.к.д.:	$h_e =$	0,44	
кількість свіжого заряду	$M_1 =$	1,2381	кмоль/кг
загальна кількість продуктів згорання	$M_r =$	1,270	кмоль/кг
температура залишкових газів	$T_r =$	700	К
температура на початку стиску	$T_d =$	343,8	К
коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha =$	2,5	

Рівняння теплового балансу.

Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом

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

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

$$Q_{\Pi} = B_r \cdot Q_H / 3.6$$

$$Q_{\Pi} = 525673,55 \text{ Дж/сек}$$

у відсотковому відношенні q_{Π} приймаємо за 100%

Теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна:

$$Q_e = 1000 \cdot P_e$$

$$Q_e = 231300,35 \text{ Дж/сек}$$

у відсотковому відношенні

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

$$q = 44,00 \%$$

Перевірка: $Q'_e = Q_n \cdot \eta_e$

$$Q'_e = 230000 \text{ Дж/сек}$$

Вираховуємо похибку

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

$$\Delta = 0,01 \%$$

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 насосу.

Теплообмін між робочим тілом і стінками циліндра.

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

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

З експериментальних даних:

$$W_{нап.} = 0 \quad W_{г.р.} = 0,06-0,18 \quad 0,09$$

$$W_{ст.} = 0 \quad W_{вип.} = 0,01-0,10 \quad 0,01$$

$$Q_w = 52567,355 \text{ Дж/сек}$$

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 $a=0,09$ $v=0,012$ - коефіцієнти для визначення середнього

$$C_m = S \cdot n / 30 \quad \begin{array}{l} \text{тиску механічних втрат} \\ \text{середня швидкість поршня} \end{array}$$
$$C_m = 5,5 \quad \text{м/с}$$
$$P_{\text{мд}} = 153,9 \quad \text{кПа}$$

Середній тиск тертя поршня:

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

$$P_{\text{ср.т.}} = 92,34 \quad \text{кПа}$$

Потужність тертя поршня:

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

де V_s - Робочій об'єм циліндру.

$$V_s = \pi d^2 \cdot S / 4$$
$$V_s = 0,0055955 \text{ м}^3$$
$$P_n = 19,4 \quad \text{кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі тертя поршня:

$$Q_{\text{т.п.}} = 1000 \cdot P_n$$

$$Q_{\text{т.п.}} = 19375,748 \quad \text{Дж/сек}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насосу:

Визначаємо витрату води як суму теплоти:

$$Q_B = Q_W + Q_{\text{т.п.}}$$

$$Q'_B = 71943,103 \quad \text{Дж/сек}$$

тоді витрата охолоджуючої рідини:

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

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

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

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

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

$$\Delta T_v = 6 \quad \text{К}$$

$$V_B = 0,0043 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потужність, яка використовується на привід водяного насосу.

$$P_{в.н.} = V_B \cdot \Delta P_B / \eta_{в.н.}$$

де $\Delta P_B = 98$ кПа - гідравлічний опір системи охолодження.

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

$$\eta_{в.н.} = 0,8$$

$$P_{в.н.} = 0,53 \text{ кВт}$$

$$\text{Тоді } Q_{в.н.} = 525,8 \text{ Дж/сек}$$

Загальна теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною.

$$Q_B = Q_W + Q_{Г.П} + Q_{в.н.}$$

$$Q_B = 72468,94 \text{ Дж/сек}$$

що складає у відсотковому відношенні:

$$q_B = Q_B / Q_{П} \cdot 100\%$$

$$q_B = 13,79 \%$$

Теплота, яка виноситься випускними газами:

$$Q_{Г} = \frac{B_r}{3.6} \left[M_2 \cdot (m C_p'')_{t_0}^{t_2} \cdot t_r - M_1 \cdot (m C_p)_{t_0}^{t_d} \cdot t_d \right]$$

$$m C_p'' = 33,934 \text{ Ізобарна теплоємність продуктів згорання}$$

$$m C_p = 29,131 \text{ Ізобарна теплоємність свіжого заряду.}$$

Вибираємо по таблиці додатку:

$$t_r = T_r - 273^0$$

$$t_r = 427 \text{ Температура залишкових газів.}$$

$$t_d = T_d - 273^0$$

$$t_d = 70,85 \text{ Температура на початку стиску.}$$

$$Q_{Г} = 195935,55 \text{ Дж/сек}$$

Що складає у відсотковому відношенні:

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

$$q_{\Gamma} = 37,27 \quad \%$$

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

Теплота, яка відводиться маслом, від гарячих деталей двигуна.

$$Q_M = (Q_w + Q_{MD}) - Q_6$$

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

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

$$P_{mi} = 1,256 \quad \text{МПа середній індикаторний тиск}$$

$$\Delta_{MD} = 0,061$$

тоді

$$Q_{MD} = 32111,367 \quad \text{Дж/сек}$$

$$Q_{M1} = 12209,781 \quad \text{Дж/сек}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід насоса системи мащення.

Витрата циркуляційного масла.

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

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

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

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

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

$$DT_M = 12 \quad \text{К}$$

$$V_M = 0,0006479 \text{ м}^3/\text{с}$$

потужність, яка використовується на привід масляного насоса:

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

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

$$P_0 = 350000 \text{ Па}$$

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

$$\eta_M = 0,8$$

$$P_{M.H.} = 0,283 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{M2} = 283,44 \text{ Дж/сек}$$

Загальна кількість теплоти складає:

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

$$Q_M = 12493,225 \text{ Дж/сек}$$

у відсотковому відношенні

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

$$q_M = 2,38 \%$$

Невраховані теплові втрати

$$Q_{HB} = Q_{\Pi} - (Q_e + Q_g + Q_r + Q_M)$$

$$Q_{H.B.} = 13475,483 \text{ Дж/сек}$$

що складає у відсотковому відношенні:

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

$$q_{H.B.} = 2,56 \%$$

Всі отримані дані зведені в таблицю

Таблиця 2.2

Зведена таблиця теплового балансу.

Складові теплового балансу	Дж/сек	%
теплота, еквівалентна ефективній роботі	231300	44,00
теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною	72468,9	13,79
теплота, яка виноситься випускними газами	195936	37,27
теплота, яка відводиться маслом	12493,2	2,38
невраховані теплові втрати	13475,5	2,56
Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом	525674	100

2.4 Розрахунок та побудова індикаторної діаграми [10]

Розрахунок торетичної індикаторної діаграми робочого циклу дизельного двигуна 6ЧН18/22 виконується в табличній формі по таким вихідним даним.

Таблиця 2.2 Вихідні дані для розрахунку індикаторної діаграми

Найменування параметру	Позначення	Розмірність	Вличина
1.Середній індикаторний тиск	p_{mi}	МПа	1,244
2.Тиск в кінці стиску	p_c	МПа	5,76
3.Показник політропи стиску	n_1	-	1,33
4.Ступінь стиску	ϵ	-	13
5.Максимальний тиск згоряння	p_{max}	МПа	9,5
6.Показник політропи розширення	n_2	-	1,23
7.Ступінь попереднього розширення	ρ	-	1,3
8.Ступінь послідуочого розширення	δ	-	1,3
9.Масштаб вісі тиску	m_p	МПа/мм	0,05

Форму лінії стиску торетичної індикаторної діаграми знаходимо по формулі

$$P_{ст} = P_c / (V/V_c)^{n_1}, \text{ МПа} = 5,76 / (V/V_c)^{1,33} \quad (1)$$

де P_c – тиск стиску в циліндрі двигуна, МПа

Форму лінії розширення знаходимо по формулі

$$P_{роз} = P_{max} \rho^{n_2} / (V/V_c)^{n_2} = 9,5 \times 1,3^{1,23} / (V/V_c)^{1,23} = 11,34 / (V/V_c)^{1,23}, \text{ МПа} \quad (2)$$

Результати розрахунків по формулам (1) і (2) привдені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 Координати ліній стиску і розширення індикаторної діаграми

V/V_c	$P_{ст}, \text{МПа}$	$P_{ст}, \text{мм}$	$P_{роз}, \text{МПа}$	$P_{роз}, \text{мм}$
1	5,758	115		
1,25	4,280	86		
1,30	4,062	81	9,483	190
1,50	3,358	67	7,952	159
1,75	2,736	55	6,579	132
2	2,290	46	5,582	112
3	1,336	27	3,390	68
4	0,911	18	2,380	48
5	0,677	14	1,809	36
6	0,531	11	1,445	29
7	0,433	9	1,196	24
8	0,362	7	1,015	20
9	0,310	6	0,878	18
10	0,269	5	0,771	15
11	0,237	5	0,686	14
12	0,211	4	0,616	12
13	0,190	4	0,558	11

2.3.2 Побудова дійсної індикаторної діаграми дизеля 6ЧН18/22 [10]

Дійсну індикаторну діаграму будують із врахуванням її характерних точок:

c' – точка початку подачі палива форсункою, яка визначається випередженням впорскування палива.

f - точка початку згоряння, яка визначається кутом затримки згоряння $\Delta\varphi_1=10^\circ$ ПКВ.

$\Delta\varphi_2=10^\circ$ ПКВ- кут після ВМТ, де тиск газів максимальний.

b - точка початку відкриття випускного клапана.

g' - точка початку відкриття впускного клапану.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						36
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

r'' - точка закриття випускного клапана.

d - точка закриття впускного клапану.

c'' - точка тиску газів в ВМТ в кінці такту стиску.

z_d - точка максимального тиску газів.

Вихідні дані для побудови дійсної індикаторної діаграми

1. Кривошипно-шатунне відношення $\lambda = R/L = 0,09/0,28 = 0,26$

2. Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі $AB = 300$ мм

3. Кут затримки згоряння $\Delta\varphi_1 = 10$ ПКВ

4. Тиск залишкових газів $P_r = 0,16$ МПа

5. Масштаб тиску $m_p = 0,05$ МПа/мм

6. Хід поршня $S = 0,18$ м

7. Тиск в кінці стиску $P_c = 5,76$ МПа

8. Максимальний тиск $P_{\max} = 9,5$ МПа

Розрахунок координат характерних точок індикаторної діаграми приведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 Координати характерних точок індикаторної діаграми

φ , ПКВ	Положення точки відносно ВМТ, φ ПКВ	Постійна $X = (1 - \cos\varphi) + 0,25\lambda(1 - \cos 2\varphi)$	Відстань від ВМТ до точки $X(AB)/2$, мм
c , до ВМТ	18	0,061	7,4
f , до ВМТ	8	0,012	1,5
b , після ВМТ	15	0,043	5,1
r' , до ВМТ	130	1,719	206,3
r'' , після ВМТ	20	0,076	9,1
d , до ВМТ	20	0,076	9,1

Ордината точки r'' $P_r/m_p = 0,16/0,05 = 3,2$ мм.

Тиск газів у ВМТ $P_{c'1,2} = P_c = 1,26,29 = 6,91$ МПа;

$P_{c''}/m_p = 5,76/0,05 = 138,2$ мм.

					ПІННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						37
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний тиск згоряння $P_{zd} = P_{max} = 9,5 \text{ МПа}$.

$$P_{zd}/m_p = 9,5/0,05 = 190 \text{ мм.}$$

$$\text{Поправка Брікса } OO_1 = R\lambda_l/2 = 700,25/2 = 8,78 \text{ мм.}$$

$$\text{Масштаб переміщення } m_s = S/AB = 70/300 = 0,233 \text{ мм/мм.}$$

Поправка Брікса в масштабі переміщення

$$OO_1 = OO_1/m_s = 8,78/0,233 = 37,7 \text{ мм.}$$

Дійсна індикаторна діаграма робочого циклу двигуна побудована на листі Додатку 4 графічної частини кваліфікаційної роботи. Там же побудована розвкрнута індикаторна діаграма, яка використана для розрахунку сил діючих в КШМ.

2.5 Динамічний розрахунок двигуна 6ЧН18/22.

Для виконання розрахунків на міцність деталей двигуна, що рухаються необхідно знати вличини сил, які діють на КШМ. Для знаходження сил, що діють на деталі КШМ і виконується динамічний розрахунок двигуна.

Розглянемо сили, що діють на на деталі КШМ:

- Сили тиску газів на поршень

$$F_r = p_{ц} \pi D^2/4, \text{ Н}$$

де $p_{ц}$ – тиск газу в циліндрі двигуна в залежності від кута повороту колінчастого валу, Па

D – діаметр поршня, м

- сили інерції мас КШМ, що рухаються зворотно- поступально

$$F = - m_s r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi), \text{ Н}$$

де m_s – маса деталей КШМ, що рухаються зворотно- поступально, кг

r – радіус кривошипу, м

ω - кутова швидкість колінчастого валу, рад/с

φ – кут повороту колінчастого валу, град

$\lambda = R / L$ – кривошипно – шатунне відношення.

Сумарна сила

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						38
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_d = F_r + F_n, \text{ Н}$$

- Нормальна сила, що діє із сторони поршня на втулку циліндру.

$$F_N = F_d \operatorname{tg} \beta, \text{ Н}$$

де β - кут відхилення шатуна від вертикального положення, град

- Радіальна сила, що діє на коліно колінчастого валу

$$F_r = F_d \cos(\varphi + \beta) / \cos \beta, \text{ Н}$$

- Дотична сила, що діє на коліно колінчастого валу і створює крутний момент двигуна

$$F_k = F_d \sin(\varphi + \beta) / \cos \beta, \text{ Н}$$

Динамічний розрахунок двигуна 6ГЧН 25/34 виконується в табличній формі по таким вихідним даним:

а) діаметр поршня	$D = 0,18 \text{ м}$
б) частота обертання колінчастого валу	$n = 750 \text{ об/хв}$
в) Ордината прийнята для $p_{\max}$	$h_{\max} = 180 \text{ мм}$
г) Максимальний тиск згоряння	$p_{\max} = 9,5 \text{ МПа}$
д) кривошипно - шатунне відношення	$\lambda = R/L = 0,11/0,28 = 0,26$
э) масштаб індикаторної діаграми	$m_p = 0,05 \text{ МПа/мм}$
ж) маса деталей, що рухаються зворотно – поступально	$m_s = 42,1 \text{ кг}$
з) радіус кривошипу	$R = 0,11 \text{ м}$
л) кут максимального тиску	$\Delta \varphi = 10^\circ$
к) кутова швидкість колінчастого валу $\omega = \pi n / 30 =$ $= 3,141500 / 30 = 157 \text{ рад/с.}$	

Динамічний розрахунок двигуна виконаний в табличній формі, а діаграми сил, що діють на деталі КШМ приведені на листі 4 Додатку до графічної частини кваліфікаційної роботи.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						39
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5

Результати динамічного розрахунку.

φ°	V_f	F_{Γ}	F_{Π}	F_d	F_N	F_r	F_k	F_{Γ}	F_{Π}	F_d	F_N	F_r	F_k
ПКВ	м ³	кН	кН	кН	кН	кН	кН	мм	мм	мм	мм	мм	мм
0	0,00047	2,532	-35,957	-33,425	0,000	-33,425	0,000	2,53	-35,96	-33,43	0,00	-33,43	0,00
10	0,00052	2,532	-35,076	-32,544	-1,470	-33,554	-7,128	2,53	-35,08	-32,54	-1,47	-33,55	-7,13
20	0,00068	2,532	-32,500	-29,968	-2,668	-30,952	-12,970	2,53	-32,50	-29,97	-2,67	-30,95	-12,97
30	0,00093	2,532	-28,424	-25,892	-3,376	-26,019	-16,461	2,53	-28,42	-25,89	-3,38	-26,02	-16,46
40	0,00127	2,532	-23,149	-20,617	-3,462	-19,530	-16,953	2,53	-23,15	-20,62	-3,46	-19,53	-16,95
50	0,00168	2,532	-17,055	-14,523	-2,912	-12,498	-14,324	2,53	-17,06	-14,52	-2,91	-12,50	-14,32
60	0,00214	2,532	-10,559	-8,027	-1,823	-5,990	-9,006	2,53	-10,56	-8,03	-1,82	-5,99	-9,01
70	0,00263	2,532	-4,077	-1,545	-0,381	-0,938	-1,890	2,53	-4,08	-1,54	-0,38	-0,94	-1,89
80	0,00313	2,532	2,017	4,549	1,178	2,036	5,853	2,53	2,02	4,55	1,18	2,04	5,85
90	0,00363	2,532	7,420	9,952	2,618	2,711	13,017	2,53	7,42	9,95	2,62	2,71	13,02
100	0,0041	2,532	11,928	14,460	3,744	1,276	18,604	2,53	11,93	14,46	3,74	1,28	18,60
110	0,00454	2,532	15,444	17,976	4,437	-1,765	21,995	2,53	15,44	17,98	4,44	-1,76	22,00
120	0,00494	2,532	17,979	20,511	4,658	-5,745	23,012	2,53	17,98	20,51	4,66	-5,74	23,01
130	0,00528	2,532	19,632	22,164	4,444	-10,003	21,861	2,53	19,63	22,16	4,44	-10,00	21,86
140	0,00556	2,532	20,572	23,104	3,880	-14,017	18,998	2,53	20,57	23,10	3,88	-14,02	19,00
150	0,00578	2,532	21,004	23,536	3,068	-17,463	14,963	2,53	21,00	23,54	3,07	-17,46	14,96
160	0,00594	2,532	21,133	23,664	2,107	-20,210	10,241	2,53	21,13	23,66	2,11	-20,21	10,24
170	0,00603	2,532	21,132	23,664	1,069	-22,258	5,183	2,53	21,13	23,66	1,07	-22,26	5,18
180	0,00606	2,532	21,118	23,650	0,000	-23,650	0,000	2,53	21,12	23,65	0,00	-23,65	0,00
190	0,00603	2,567	21,132	23,699	-1,070	-24,434	-5,191	2,57	21,13	23,70	-1,07	-24,43	-5,19
200	0,00594	2,676	21,133	23,809	-2,120	-24,590	-10,304	2,68	21,13	23,81	-2,12	-24,59	-10,30
210	0,00578	2,866	21,004	23,871	-3,112	-23,988	-15,176	2,87	21,00	23,87	-3,11	-23,99	-15,18
220	0,00556	3,154	20,572	23,726	-3,984	-22,475	-19,509	3,15	20,57	23,73	-3,98	-22,48	-19,51
230	0,00528	3,562	19,632	23,194	-4,651	-19,959	-22,876	3,56	19,63	23,19	-4,65	-19,96	-22,88
240	0,00494	4,128	17,979	22,106	-5,021	-16,497	-24,802	4,13	17,98	22,11	-5,02	-16,50	-24,80
250	0,00454	4,908	15,444	20,352	-5,023	-12,358	-24,902	4,91	15,44	20,35	-5,02	-12,36	-24,90
260	0,0041	5,988	11,928	17,915	-4,639	-8,017	-23,050	5,99	11,93	17,92	-4,64	-8,02	-23,05
270	0,00363	7,504	7,420	14,924	-3,925	-4,065	-19,521	7,50	7,42	14,92	-3,93	-4,07	-19,52

Продовження таблиці 2.5

280	0,00313	9,679	2,017	11,695	-3,028	-1,032	-15,048	9,68	2,02	11,70	-3,03	-1,03	-15,05
290	0,00263	12,882	-4,077	8,805	-2,173	0,864	-10,774	12,88	-4,08	8,81	-2,17	0,86	-10,77
300	0,00214	17,757	-10,559	7,199	-1,635	2,016	-8,076	17,76	-10,56	7,20	-1,63	2,02	-8,08
310	0,00168	25,450	-17,055	8,395	-1,683	3,789	-8,280	25,45	-17,06	8,40	-1,68	3,79	-8,28
320	0,00127	37,994	-23,149	14,845	-2,493	9,006	-12,206	37,99	-23,15	14,84	-2,49	9,01	-12,21
330	0,00093	58,702	-28,424	30,278	-3,947	22,465	-19,250	58,70	-28,42	30,28	-3,95	22,47	-19,25
340	0,00068	91,055	-32,500	58,555	-5,214	50,008	-25,341	91,06	-32,50	58,55	-5,21	50,01	-25,34
350	0,00052	130,628	-35,076	95,552	-4,316	89,877	-20,929	130,63	-35,08	95,55	-4,32	89,88	-20,93
360	0,00047	181,994	-35,957	146,037	0,000	146,037	0,000	181,99	-35,96	146,04	0,00	146,04	0,00
370	0,00052	251,195	-35,076	216,119	9,761	222,824	47,338	251,19	-35,08	216,12	9,76	222,82	47,34
380	0,00068	157,695	-32,500	125,195	11,148	129,305	54,182	157,70	-32,50	125,20	11,15	129,30	54,18
390	0,00093	105,706	-28,424	77,282	10,075	77,663	49,133	105,71	-28,42	77,28	10,08	77,66	49,13
400	0,00127	71,364	-23,149	48,215	8,096	45,673	39,645	71,36	-23,15	48,21	8,10	45,67	39,65
410	0,00168	49,936	-17,055	32,881	6,593	28,295	32,431	49,94	-17,06	32,88	6,59	28,30	32,43
420	0,00214	36,445	-10,559	25,886	5,879	19,319	29,043	36,45	-10,56	25,89	5,88	19,32	29,04
430	0,00263	27,700	-4,077	23,624	5,831	14,345	28,906	27,70	-4,08	23,62	5,83	14,35	28,91
440	0,00313	21,843	2,017	23,860	6,178	10,677	30,699	21,84	2,02	23,86	6,18	10,68	30,70
450	0,00363	17,803	7,420	25,222	6,634	6,870	32,991	17,80	7,42	25,22	6,63	6,87	32,99
460	0,0041	14,946	11,928	26,874	6,958	2,371	34,576	14,95	11,93	26,87	6,96	2,37	34,58
470	0,00454	12,888	15,444	28,332	6,993	-2,782	34,667	12,89	15,44	28,33	6,99	-2,78	34,67
480	0,00494	11,389	17,979	29,367	6,670	-8,225	32,949	11,39	17,98	29,37	6,67	-8,23	32,95
490	0,00528	10,292	19,632	29,924	6,000	-13,505	29,515	10,29	19,63	29,92	6,00	-13,51	29,51
500	0,00556	9,497	20,572	30,069	5,049	-18,242	24,725	9,50	20,57	30,07	5,05	-18,24	24,72
510	0,00578	8,934	21,004	29,939	3,903	-22,213	19,034	8,93	21,00	29,94	3,90	-22,21	19,03
520	0,00594	8,560	21,133	29,693	2,644	-25,359	12,850	8,56	21,13	29,69	2,64	-25,36	12,85
530	0,00603	8,346	21,132	29,478	1,331	-27,727	6,457	8,35	21,13	29,48	1,33	-27,73	6,46
540	0,00606	7,408	21,118	28,526	0,000	-28,526	0,000	7,41	21,12	28,53	0,00	-28,53	0,00

Продовження таблиці 2.5

550	0,00603	1,526	21,132	22,658	-1,023	-23,361	-4,963	1,53	21,13	22,66	-1,02	-23,36	-4,96
560	0,00594	1,526	21,133	22,659	-2,018	-23,402	-9,806	1,53	21,13	22,66	-2,02	-23,40	-9,81
570	0,00578	1,526	21,004	22,530	-2,937	-22,641	-14,324	1,53	21,00	22,53	-2,94	-22,64	-14,32
580	0,00556	1,526	20,572	22,099	-3,711	-20,933	-18,171	1,53	20,57	22,10	-3,71	-20,93	-18,17
590	0,00528	1,526	19,632	21,158	-4,242	-18,207	-20,868	1,53	19,63	21,16	-4,24	-18,21	-20,87
600	0,00494	1,526	17,979	19,505	-4,430	-14,556	-21,883	1,53	17,98	19,50	-4,43	-14,56	-21,88
610	0,00454	1,526	15,444	16,970	-4,189	-10,305	-20,765	1,53	15,44	16,97	-4,19	-10,31	-20,76
620	0,0041	1,526	11,928	13,454	-3,484	-6,021	-17,310	1,53	11,93	13,45	-3,48	-6,02	-17,31
630	0,00363	1,526	7,420	8,946	-2,353	-2,437	-11,701	1,53	7,42	8,95	-2,35	-2,44	-11,70
640	0,00313	1,526	2,017	3,543	-0,917	-0,313	-4,558	1,53	2,02	3,54	-0,92	-0,31	-4,56
650	0,00263	1,526	-4,077	-2,550	0,630	-0,250	3,121	1,53	-4,08	-2,55	0,63	-0,25	3,12
660	0,00214	1,526	-10,559	-9,033	2,051	-2,530	10,134	1,53	-10,56	-9,03	2,05	-2,53	10,13
670	0,00168	1,526	-17,055	-15,529	3,114	-7,009	15,317	1,53	-17,06	-15,53	3,11	-7,01	15,32
680	0,00127	1,526	-23,149	-21,623	3,631	-13,118	17,780	1,53	-23,15	-21,62	3,63	-13,12	17,78
690	0,00093	1,526	-28,424	-26,898	3,507	-19,957	17,101	1,53	-28,42	-26,90	3,51	-19,96	17,10
700	0,00068	1,526	-32,500	-30,974	2,758	-26,453	13,405	1,53	-32,50	-30,97	2,76	-26,45	13,40
710	0,00052	1,526	-35,076	-33,550	1,515	-31,557	7,349	1,53	-35,08	-33,55	1,52	-31,56	7,35
720	0,00047	1,526	-35,957	-34,431	0,000	-34,431	0,000	1,53	-35,96	-34,43	0,00	-34,43	0,00

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ КЛАПАНА, СІДЛА ТА ВТУЛКИ НАПРАВЛЯЮЧОЇ

3.1 Умови роботи випускного клапана

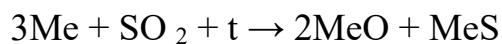
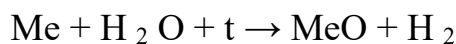
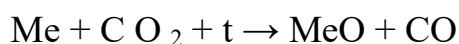
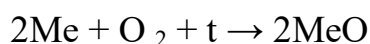
Клапани двигуна внутрішнього згоряння функціонують в екстремальних умовах. Вони схильні до спільної дії змінної механічного навантаження, високої температури, зносу, корозії і ерозії. Під час роботи двигуна температура нагріву головки клапана може досягати 800 °С, стрижень навантажений циклічними розтягуючими зусиллями пружини, поверхня стержня піддається сильному впливу факторів тертя, торець стрижня випробовує інтенсивні контактні навантаження. Клапани і сідла клапанів піддаються зносу в результаті ударів головки клапана про сідло, повторюваних з великою частотою, корозійного дії агресивних відпрацьованих газів при підвищеній температурі, а також ерозійного дії струменя газу та продуктів неповного згоряння палива. Після деякого періоду, роботи сідло покривається нагаром, який під впливом високої температури розжарюється, що призводить до випалюванню опорної поверхні клапана і втрати герметичності. Не герметичність клапанів, у свою чергу, призводить до порушень в роботі двигуна, до яких відносяться утруднений запуск, зменшення потужності та ін. При цьому через щілини, що утворилися під високим тиском проходить струмінь гарячих робочих газів, сильно нагрівають голівку клапана. Внаслідок такого нагріву краю головки підправляється і клапан руйнується. З плином часу матеріал клапана може настільки знизити свою міцність в результаті вигорання деяких компонентів сплаву, що можливий навіть відрив головки від стрижня клапана. На інтенсивність зносу сідел клапанів впливає також склад усмоктуваної в циліндри суміші. Велика суміш занадто бідна, то згорання відбувається при більш високій температурі і корозійне дію відпрацьованих газів виявляється сильнішим. Коли суміш занадто багата, згорання йде повільніше і при більш низькій температурі. Незгорілі важкі фракції палива прискорюють осадження шару нагару, корозійно-агресивного до матеріалу клапана. Тому до клапанів пред'являються дуже жорсткі технічні та якісні вимоги.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						43
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливі причини виходу з ладу або дефектів при експлуатації випускних клапанів.

Характерними дефектами випускних клапанів є їх прогоряння та зависання, обрив клапанних тарілок (термічне руйнування денця). На випускні клапани припадає до 12% загального числа відмов по дизелю. Основна частка відмов (близько 60%) пов'язана з руйнуванням робочих пошуків клапанів та їх сідел через утворення глибоких раковин, що вимагають проточки і притирання. Спостерігається також зношування стрижня по довжині і направляючих втулок. *(Слід зазначити, що випускні клапани і сідла зношуються набагато швидше впускних, так як їх корозія розвивається інтенсивніше.)*

Найбільших втрат випускним клапанів завдає **газова корозія**. Газова корозія - корозія металів, що викликається дією парів і газів зазвичай при високих температурах. Метали окислюються киснем, парами води, оксидом вуглецю, оксидом сірки по наступних рівняннях;



Матеріали використовувані для виробництва випускних клапанів.

Для клапанів використовується завжди жаростійкий (найчастіше хромистая) сталь, що містить 8-15% Cr, 2-3% Si, 0,45% C. Наприклад: 4X10C2M (EI107) Клапани двигунів, кріпильні деталі, що працюють при 600-650°C. 3X13H7C2 (EI72,) - Клапани впускання авіадвигунів і випуску автомобільних, тракторних двигунів.

5X20H4AG9 (EP3O3) Клапани випуску автомобільних двигунів. У авіаційних поршневих двигунах, як у вітчизняній, так і зарубіжній практиці для випускних клапанів використовують хромоникельвольфрамомolibденовую сталь марки 4X14H14B2M (EI69).

Прогресивні технологічні рішення для збільшення терміну служби випускних клапанів.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						44
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Спосіб захисту клапанів

З існуючих способів плазмово-порошкове наплавлення набула найбільшого поширення як найбільш універсальний метод. При плазмово-порошкової наплавленні присадкою служать гранульовані металеві порошки, які подаються в плазмотрон транспортуючим газом за допомогою спеціального живильника. Метод порошкової плазмової наплавки (ППН) є найбільш оптимальним за продуктивністю, ціною і якістю.

Переваги методу плазмового наплавлення полягають у наступному:

- Висока продуктивність наплавлення - вище 25 кг / год;
- Ефективність методу - близько 85%;
- Низька розчинність основного металу в наплавленному шарі (до 5%);
- Висока якість наплавленого металу;
- Можливість наплавлення щодо тонких шарів (0,5-5,0 мм).

Важливою особливістю ППН є відмінне формування наплавлених валиків, стабільність і хороша відтворюваність їх розмірів. Встановлено, що у 95% наплавлених деталей відхилення товщини наплавленого шару від номінального розміру не перевищує 0,5 мм. Це дозволяє істотно скоротити витрату наплавочних матеріалів, час наплавлення, а також витрати на механічну обробку наплавлених деталей.

Встановлення взаємозв'язку між температурою оплавлення порошку і часом витримки при температурі оплавлення порошку дозволяє регулювати і управляти властивостями покриття. Оптимальний вибір технологічних режимів процесу плазмового наплавлення забезпечує мінімальне перемішування наплавляемого матеріалу з основним металом, практично, з нульовою глибиною проплавлення (що дозволяє при одношарової наплавленні забезпечити заданий склад навіть тонкого шару покриття), а також мінімальну окислюваність наплавляемого матеріалу за рахунок спеціальної інертної або відновлювальної захисної середовища.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						45
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плазмова порошкове наплавлення забезпечує високу працездатність деталей за рахунок відмінної якості наплавленого металу, його однорідності, а також сприятливої структури, яка визначається специфічними умовами кристалізації металу зварювальної ванни.

Продуктивність плазмової наплавки з введенням порошкоподібного матеріалу в стовп дуги транспортуючим газом можна підвищувати або за рахунок збільшення теплової потужності дуги, або за рахунок більш ефективного нагрівання порошку в дузі. Особливості процесів плавлення присадочного і основного металів при плазмовому наплавленні обумовлені можливістю регулювати в широкому діапазоні співвідношення між тепловою потужністю дуги, кількістю і температурою подається в зварювальну ванну присадочного порошку. Змінюючи це співвідношення, можна забезпечити мінімальне проплавлення основного металу.

В якості матеріалу вибираються композиційні порошки на основі заліза (у тому числі і нержавіючі сталі), кобальту, нікелю (в тому числі і самофлюсуючіся), що володіють властивостями забезпечують корозійну, ударну, теплову стійкості і стійкість до зношування.

Для автоматизації процесу застосовуються роботизовані комплекси, що забезпечують безперервність процесу виготовлення зміцнених клапанів.

Надмірне підвищення температури оплавлення сплаву і часу витримки при температурі оплавлення призводить до огрублення структури, зниження механічних властивостей основи і покриття.

Деталі при наплавленні швидко нагріваються до високих температур; змінюються теплові умови формування покриттів, збільшуються глибина проплавлення і ступінь перемішування матеріалів покриття та основи, наплавочні матеріал у покритті втрачає свої початкові властивості. Необхідність управління тепловими умовами плазмово-порошкового наплавлення, вибору оптимальних режимів диктує необхідність побудови фізико-математичної моделі з подальшим використанням її у комп'ютерному проектуванні та управління

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

процесом нанесення покриттів. Завдяки можливості регулювання в широкому діапазоні співвідношення між тепловою потужністю дуги і подачею

присадочного порошку, плазмова порошкове наплавлення забезпечує досить високу продуктивність при мінімальному проплавленні основного металу, що дозволяє забезпечувати необхідну твердість і заданий хімічний склад наплавленого металу вже на відстані 0,3-0,5 мм від поверхні сплаву. Це дає можливість обмежитися одношарової наплавленням там, де електродуговим способом необхідно наплавить 3-4 шари.

Основними перевагами цього методу є:

Гнучкість регулювання тепловкладення як до основного металу, так і в матеріал, що наплавляється;

Мінімальна зона термічного впливу; висока щільність і міцність наплавленого металу;

Зниження деформацій виробів; висока продуктивність;

Зручність нанесення покриттів

Лазерне легування

Для здійснення процесу лазерного легування необхідно, щоб температура металу на поверхні досягала значень, трохи перевищують температуру його плавлення. У процесі плавлення матеріалу основи відбувається інтенсивне перемішування його з легуючими елементами, розміщеними на оброблюваній поверхні. Глибина легування визначається потужністю променя лазера, його діаметром і швидкістю сканування. Глибина легування в залежності від режимів обробки насиченого і легуючого матеріалів може досягати, наприклад при насиченні вуглецевої сталі кобальтом, 1, 2 мм. Лазерне легування дозволяє значно підвищити зносостійкість, корозійну стійкість і протиударну міцність клапанів. Великого поширення в двигунобудування отримала наплавлення. Для наплавлення фасок клапанів застосовуються різні методи та матеріали на кобальтової і нікелевій основі, наприклад стеліти (4.5% W, 30% Cr, 60% Co, решта C, Fe, і Si). Товщина наплавлених твердих складних сплавів типу стелітов, наприклад вольфрамохромокобальтового сплаву ВЗК або ніхрому

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						47
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

X20H80, становить 1-1,5 мм-Сплав наноситься на поверхню нагрітої заготовки. Стелітові покриття перевищують твердість поверхні в більшій мірі, ніж гарт або азотування.

Сплави ВЗК і Х20Н80 мають гарну жаростійкістю до 1000-1100 ° С. Твердість ВЗК близько HRC 70. Ніхром має меншу твердість, але завдяки великій пластичності краще прірабативається до сідла; щільне прилягання забезпечується навіть при викривленні сідел.

Наплавлення струмами високої частоти

У вітчизняному двигунобудуванні застосовують також наплавлення з використанням струмів високої частоти. Сутність процесу наплавлення струмами високої частоти полягає в наступному: на заготівлю клапана, в виточку, укладається кільце з жароміцного сплаву, зона наплавлення захищається від окислення порошковим флюсом або газовим захистом (аргон, азот).

Спеціальний індуктор нагріває кільце струмами високої частоти до розплавлення і підігріває заготівлю клапана до температури, що забезпечує дифузійне з'єднання.

Для кристалізації розплавленого сплаву на торець клапана знизу подається вода, в результаті відбувається «наморожування», тобто спрямована кристалізація сплаву. Рівномірність нагрівання забезпечується обертанням клапана. Для наплавлення клапанів ТВЧ розроблені спеціальні самофлюсуючі сплави на нікель-хром-бористої основі, такі як НХ16С2Р2 (ЕП616), НХ26С2Р2 (ЕП616А), НХ24С2Р2Б (ЕП616Б), і НХ10С2Р2 (ЕП616В), які в чотири рази дешевше кобальтових стелітов, мають високу стійкість проти корозії і достатню гарячу твердість. На робочій наплавленою поверхні клапана не повинно бути тріщин, раковин і неметалевих включень. На клапанах з діаметром тарілки більш 70 мм допускаються окремі ділянки междендрітної усадочної пористості, кількість і розміри яких встановлені технічною документацією на конкретні клапани. Ділянки пористості не повинні виходити на краю притирається поверхні. Відсутність тріщин, заходів, розкутих і

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						48
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розкатаних бульбашок перевіряють методами магнітної дефектоскопії, а для немагнітних матеріалів - капілярним методом. Зарубіжні фірми на проміжну наплавлення, в основному виконану зі сплаву на кобальтової основі (Стеліт-6 твердістю HRC 39-49 та ін), наплавляють ще шар твердого корозійно-стійкого сплаву на нікелевій основі (70% Ni і більше) з високою твердістю (HRC 48-62).

Для збільшення стійкості клапанів торець стрижня клапана також наплавляють зносостійким матеріалом, а поверхні стрижня піддають азотуванню або хромуванню.

Порівняльна характеристика методів відновлення клапанів.

У таблиці 1 представлені характеристики основних методів, використовуваних для зміцнення і ремонту клапанів двигунів внутрішнього згоряння.

Таблиця 1

Назва методу	Розчинність основного металу	Зчеплення з основою	Ступінь автоматизації
Наплавлення ТВЧ	20 - 30%	відмінне	напівавтомат
Лазерне легування	5 - 10%	відмінне	напівавтомат
Плазмова наплавлення	2 - 5%	відмінне	повна

Отже в ремонтних роботах слід використовувати - наплавлення ТВЧ, в дрібносерійному виробництві та ремонті - лазерне легування, в серійному і великосерійному-плазмово-порошкове наплавлення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Заходи з охорони праці

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

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

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

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

Паливо та пари мастила

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

Установлені припустимі границі концентрації парів у повітрі виробничих приміщень.

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

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

Висока температура відкритих частин двигуна (випускний колектор,

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

газова турбіна, глушник) здатна заподіяти людині шкоду, що виражається в опіках. Для того щоб запобігти цього треба всі гарячі частини двигуна покривати теплоізоляційними матеріалами.

4.2 Захист навколишнього середовища

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

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

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

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

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

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

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

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

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

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

спричиняє раков захворювання.

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

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

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

Відпрацьовані гази ДВЗ є основним джерелом викиду в атмосферу твердих частинок і в першу чергу сажі (кіптяви).

Частинки сажі розміром 0,5-2 мкм затримуються в легенях, викликаючи алергію.

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

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

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

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						53
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

4.3 Заходи по зниженню токсичності та димності відпрацьованих газів.

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

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						54
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- нейтралізація та рециркуляція випускних газів.

- постійне корегування нормативів на токсичність ДВЗ з посиленням уваги до їхніх канцерогенних компонентів, з розширенням спектра токсидів, що підлягають нормуванню; треба при цьому виходити з експлуатаційних оцінок з урахуванням всіх без винятку експлуатаційних режимів.

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

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

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

4.4 Заходи щодо зниження шуму та вібрації.

Шум

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

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

апарату, що може привести до часткового чи навіть до повної втрати слуху.

Санітарні норми шуму приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Санітарні норми шуму

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

Двигуни внутрішнього згоряння є одними з основних джерел шуму, що негативно впливає на людей. Шум – це комплекс звуків, що змінюються за частотою та рівнем. Як відомо, звук має хвильову природу, розповсюджується у будь-якому середовищі і приймається органами слуху людини у результаті дії на них звукових хвиль. В основному, двигуни випромінюють хвилі з частотою від 20 до 8000 Гц.

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

Найменший тиск звуку, що сприймається людиною, і який називають пороговим, становить $2 \cdot 10^{-5}$ Н/м².

Сила звуку – кількість енергії, яка переноситься хвилею в одиницю часу через одиницю площі. Сила звуку вимірюється у Вт/м² і є величиною, пропорційною квадратові тиску звуку. Порогов значення сили звуку становить 10^{-12} Вт/м². Тиск і сила звуку змінюються у широких межах, тому для вимірювання шуму використовують логарифмічну шкалу і логарифмічні одиниці – децибели (дБ). Рівнем шуму називають двадцяти-кратний логарифм відношення тиску звуку до його порогового значення, або десятикратний логарифм відношення сили звуку до її порогового значення.

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

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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

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

Вібрація.

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

Таблиця 4.2 Санітарні норми вібрації

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

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

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

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

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

4.5 Техніка безпеки при експлуатації двигуна

У період монтажу, експлуатації, технічного обслуговування дизель-генераторів необхідно дотримуватися вимоги техніки безпеки, охороні праці і пожежної безпеки і, крім того, необхідно виконувати і дотримувати наступного:

- В приміщенні електростанції повинна бути медична аптечка для надання першої допомоги при опіках, травмах і отруєнні газами, а також вогнегасники. Їх вміст і готовність до використання повинні регулярно перевірятися.
- При ремонті двигуна у всіх місцях, пов'язаних з управлінням подачею палива і стислого повітря для пуску двигуна, а також на пульті дистанційного керування вивісити попереджувальні таблички, які застерігають про те, що пуск двигуна забороняється. Після закінчення робіт на двигуні і його майданчиках не дозволяється залишати деталі, інструмент і пристосування. Пролит мастило або вода повинні бути негайно прибрані.
- Паливна система непрацюючого дизель-генератора повинна бути перекрита від подачі палива.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

- Перед пуском дизель-генератора перевіряти на герметичність місця з'єднання трубопроводів. Категорично забороняється перевіряти герметичність з'єднань відкритим полум'ям.
- Перед пуском двигуна провртання колінчастого валу вручну здійснювати з відкритими декомпресійними кранами не менше двох оборотів, після чого зняти важіль повороту колінчастого валу і закрити декомпресійні крани.
- Щодня перевіряти розрідження в картрі і у разі відхилення від допустимих меж виявляти і усувати несправність.
- Люки картра при необхідності рекомендується відкривати не менше ніж через 15 хв. після зупинки двигун-генератора.
- Машинне відділення повинне бути забезпечене природною або штучною внтиляцією. Внтиляційні канали не можна закривати.
- При поміченій несправності необхідно зупинити працюючий дизель-генератор і усунути несправність.
- Перед шафами управління повинні бути встановлені гумові килимки, на яких обслуговуючий персонал повинен знаходитися при провденні будь-яких робіт по шафах.
- При роботі в картрі двигуна використовувати переносні електролампи напругою 6-36 В. електролампа повинна бути захищена металевою сіткою.
- У приміщені електростанції забороняється палити і користуватися відкритим вогнем.
- У приміщені електростанції допускається зберігання тільки таких горючих матеріалів, які необхідні для експлуатації дизель-генератора.
- Дизель-генератор і його основні частини: електрогенератор, дроти, кабелі і розподільні пристрої (шафи) – регулярно (щонеділі), а двигун щоденно, очищати від паливо - мастильних речовин, пилу.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						59
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- У нічний час при ремонті повинне бути забезпечене якісне освітлення машинного відділення, а також аварійне освітлення, що забезпечує спостереження за свідченнями приладів під час відключення освітлювальної мережі.
- При експлуатації двигуна в контейнері рекомендується носити облягаючий одяг.
- Особи, обслуговуючі дизель-генератор (працюючий) з рівнем шуму вище 85 дБа повинні мати засоби індивідуального протишумного захисту по ГОСТ 12.4.051-78.

Забороняється:

- пускати двигун при знятому кожусі, що закриває маховик;
- обтирати рухомі і деталі, що обертаються, підтягувати гайки і болти з'єднань трубопроводів, що знаходяться під тиском, на працюючому двигуні;
- торкатися без застосування теплозахисних засобів до незахищених деталей, не призначених для обслуговування, які мають температуру більш +45°C;
- відкривати декомпресійні крани на працюючому двигуні без приєднаних до них вимірювальних приладів;
- працювати в шафах управління, що знаходяться під напругою;
- проводити зварювальні роботи електрозварювальним апаратом на працюючому дизель-генераторі.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						60
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Згідно із завданням розроблені необхідні конструкторські, розрахункові і пояснювальні матеріали по двигуну 6ЧН18/22 з покращеною конструкцією клапанного механізму, які оформлені у вигляді пояснювальної записки та конструкторської частини проекту загальною кількістю 4 аркуша формату А1.

В пояснювальній записці виконаний опис конструкції двигуна з наведення основних параметрів.

На початку кваліфікаційної роботи по заданим вихідним параметрам двигуна ($P = 220 \text{ кВт}$, $n = 750 \text{ хв}^{-1}$) визначений двигун-прототип 6ЧН18/22 і проведено розрахунки параметрів робочого циклу. По результатам розрахунків побудовані індикаторна діаграма дійсного робочого циклу і діаграми сил, що діють на деталі КШМ, влучини яких знайдені в динамічному розрахунку двигуна.

Зроблено аналіз матеріалів з яких виготовляють впускні і випускні клапани та способи їх захисту.

Зважаючи на те, що розроблений дизельний двигун є джерелом шуму і вібрації, значну частину кваліфікаційної роботи відведено для розробки заходів по зменшенню негативного впливу його роботи на обслуговуючий персонал і на навколишнє середовище.

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						61
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

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. Ваншейдт В.А. «Конструирование и расчеты прочности судовых дизелей». Ленинград.: «Судостроение», 1969.
4. Ваншейдт В.А., Иванченко Н.Н., Колерова Л.К. «Дизели. Справочник» Ленинград.: «Машиностроение». 1977.
5. Вшкельский С.А. «Справочник моториста установок с ДВС». Ленинград.: «Машиностроение», 1985.
6. Захаров Ю.С. «Экономическое обоснование дипломных проектов».
7. Зенкин А.С., Петков В.И. Допуски и посадки в машиностроении: Справочник – 3^е издание. К.: Техника, 1990.
8. Каширин Р.В., Голубев Л.Ю., Соколов М.Ф. «Пособие для должностных лиц и специалистов по курсу «Охрана труда»». Николаев: «Учебный центр», 2003.
9. 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.
10. Орлин А.С., Круглова М.Г. Двигатели внутреннего строения. Теория поршневых и комбинированных двигателей. М.: «Машиностроение». 1983.
11. Полтв В.Н. «Охрана труда в машиностроении».

					ПННІ НУК 142.54.23.01 ПЗ	Лист
						62
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		