

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова  
*Машинобудівний навчально-науковий інститут*

Кафедра двигунів  
внутрішнього згоряння,  
установок та технічної  
експлуатації

«Допущений до захисту»  
В.о. завідувача кафедри  
Гогоренко О. А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ДВИГУНОМ ТИПУ 8ГЧН 25/34**

Спеціальність 142 – Енергетичне машинобудування

Для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

Керівник роботи

В. С. Наливайко

Здобувач освіти

Б. К. Сіроштан

Миколаїв 2022

Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Машинобудівний навчально-науковий  
Кафедра Двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації  
Ступінь Магістр  
Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(шифр і назва)  
Освітня програма Двигуни внутрішнього згоряння

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ДВЗ, У та ТЕ  
О. А. Гогоренко  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ОСВІТИ**

Сіроштану Богдану Костянтиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка електростанції з двигуном типу 8ГЧН 25/34

2. Керівник роботи к.т.н., доцент Наливайко В. С.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

3. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_

4. Вихідні дані до роботи Потужність двигуна – 880 кВт; частота обертання колінчатого валу – 750 хв<sup>-1</sup>; ступінь стиснення – 11; нижча теплота згоряння газового палива – 23100 кДж/м<sup>3</sup>.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Застосування двигуна на газогенераторній станції; Моделювання робочого циклу двигуна що працює на звалищному газі; Проектування системи подачі звалищного газу в двигун та її основних елементів; Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень; Організація хорони праці та охорони навколишнього середовища

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Поперечний та продольний перерізи двигуна; Схема очистки газу; Схема подачі газу; Змішувач; Заслінка



## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Застосування двигуна типу 8ГЧН 25/34 на газогенераторній станції ....	7
1.1 Опис двигуна типу 8ГЧН 25/34.....	8
1.2 Принцип дій двигун-генераторів .....	11
1.3 Обґрунтування доцільності проведення модернізації .....	13
2. Моделювання робочого циклу двигуна типу 8ГЧН 25/34 що працює на звалищному газі.....	16
2.1 Методика розрахунку робочого циклу двигуна.....	17
2.2 Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна.....	17
2.3 Розрахунок робочого процесу газового двигуна .....	20
2.4 Розрахунок та побудова теоретичної індикаторної діаграми .....	31
2.5 Висновок по розділу .....	33
3. Проектування системи подачі звалищного газу в двигун та її основних елементів .....	34
3.1 Процес газоутворення, схема видобутку та властивості звалищного газу .....	35
3.2 Метод визначення метанового потенціалу .....	41
3.3 Проектування паливної системи газового двигуна .....	43
3.4 Розрахунок змішувальної камери газового двигуна .....	46
3.5 Проектування дозатору газу .....	48
3.6 Висновки по розділу .....	53
4. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень .....	54
4.1 Порівняльна характеристика впровадженого двигуна .....	55
4.2 Оцінка собівартості і ціни двигуна .....	55
4.3 Соціальний ефект .....	57
4.4 Економічний ефект .....	57
4.5 Висновок по розділу .....	59

5. Організація хорони праці та охорони навколишнього середовища.....	60
5.1 Розрахунок рівня шуму і вібрації під час роботи двигуна .....	61
5.1.1 Визначення поняття охорони праці та особливості державної політики і контролю в цій галузі.....	61
5.1.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при обслуговуванні установки з ДВЗ.....	63
5.1.3 Розрахунок рівня шуму і вібрації в приміщенні електростанції....	69
5.1.4 Аналіз заходів, що передбачені для покращення умов праці при обслуговуванні ДВЗ.....	70
5.1.5 Розробка заходів щодо зменшення впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів що впливають на персонал.....	71
5.2 Охорона навколишнього середовища .....	72
5.2.1 Вступ.....	72
5.2.2 Забруднення навколишнього середовища, які виникають при експлуатації двигуна.....	73
5.2.3 Основні способи зниження токсичності і димності відхідних газів.....	77
5.3 Висновок по розділу.....	78
Висновки по проекту.....	79
Список використаної літератури.....	80
Додатки.....	82

## ВСТУП

Проблема використання газів в якості моторного палива в двигунах внутрішнього згорання стаціонарних енергетичних установок різного призначення багатогранна. Вона виходить за рамки таких галузей як: машинобудування, нафтової та газової промисловості.

Використання двигунів внутрішнього згорання і, перш за все, двигунів стаціонарних електростанцій на газовому паливі, дозволяє одночасно вирішувати ряд найважливіших задач. Але запаси викопних носіїв енергії з кожним роком зменшуються, тому слід звернути увагу на поновлювальні альтернативи природному газу.

Сьогодні сумарне споживання теплової енергії в світі складає 200 млрд. кВт/г в рік (еквівалентні 36 млрд. т умовного палива). Понад 80 % від всіх геологічних запасів органічного палива в світі припадає на частку вугілля, яке стає все менш популярним, у зв'язку зі шкідливим впливом його на навколишнє природне середовище. Крім того, по прогнозах деяких експертів запаси вугілля будуть вичерпані до 2100 р. Вже зараз помітно скорочується видобуток нафти і газу, але не за рахунок модернізації технологій переробки нафти і газу, а за рахунок виснаження природних ресурсів. Так до 2020 року частка видобутку нафти і газу в паливно-енергетичному балансі знизиться з 66,6 % до 20 %. Гідро- і вітроенергетика складають всього 2,3 % від загального виробництва енергії в світі і вони можуть грати тільки допоміжну роль через наявність істотних недоліків: потреби в рівних майданчиках значних розмірів, необхідність виведення їх з господарського обороту, зміна звичного природного ландшафту акустичні шуми, вібрація ґрунту.

Таким чином, ні органічне паливо, ні гідро- і вітроенергія, не можуть вирішити проблеми енергетики в перспективі. Зменшуються також і запаси ядерного палива – урану і торію, з якого можна отримувати в реакторах-розмножувачах плутоній. Основними недоліками даного способу отримання енергії є проблеми високої надійності атомних енергоблоків і здороження

					КРМ.142.6222м.07.ПЗ.	Лист
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

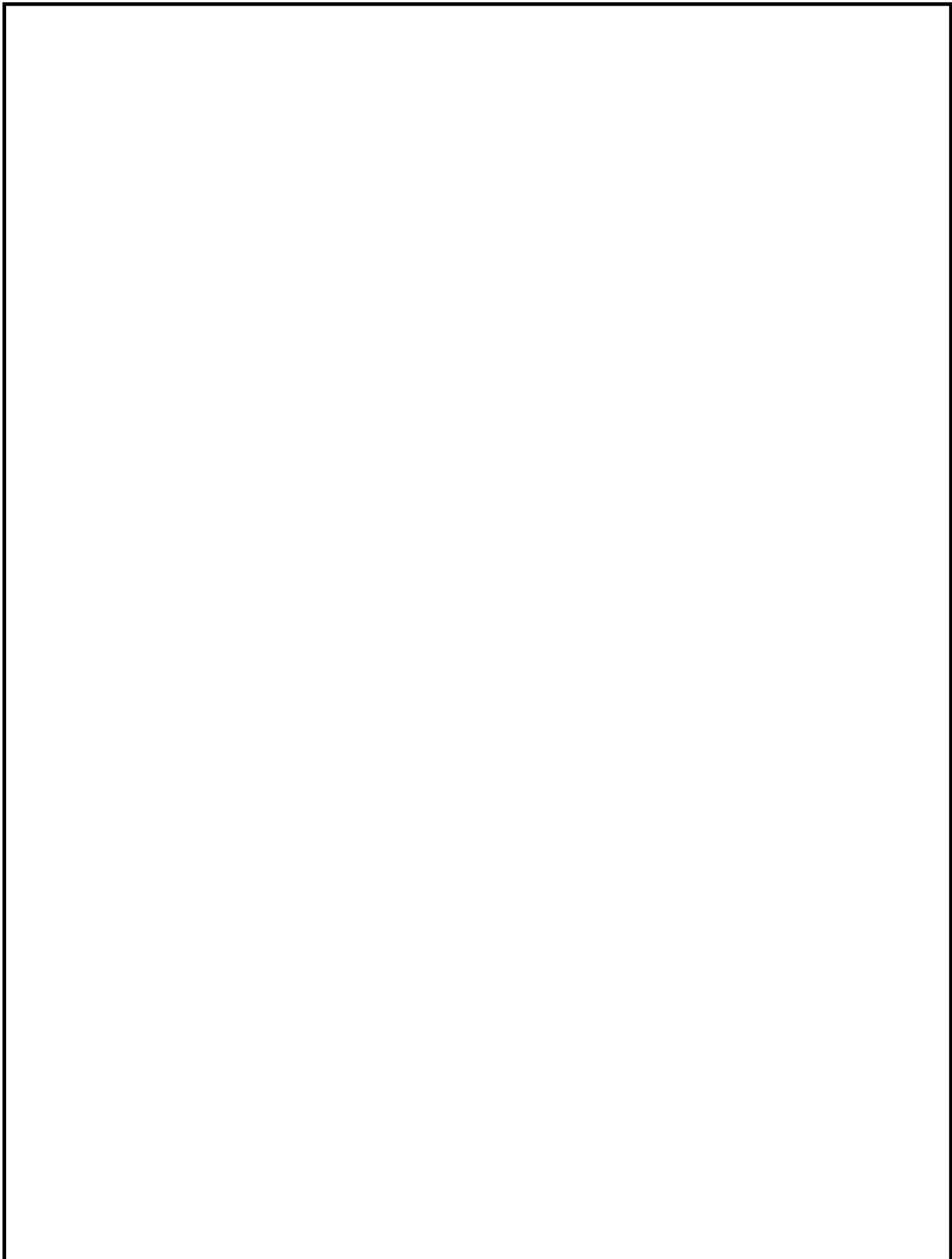
атомних електростанцій. Практично невичерпні запаси термоядерного палива – водню, проте керовані термоядерні реакції поки не освоєні і невідомо, коли вони будуть використані для промислового отримання енергії в чистому вигляді.

Таким чином, розглянуті способи отримання енергії не можуть вирішити проблеми енергозабезпечення майбутніх поколінь. Залишаються два шляхи: граничне економне витрачання енергоресурсів і використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії. Саме поновлювані джерела енергії представляють сьогодні реальну альтернативу традиційним технологіям і залишаються найбільш перспективними з погляду збереження навколишнього природного середовища і первинних природних ресурсів. До них відносять впровадження технологій по біорозкладанню відходів органічного походження (відходи тваринницьких і птахівничих комплексів та ін.), спалювання твердих побутових відходів (ТБО) з використанням тепла димових газів, а також використання звалищного газу (ЗГ), що утворюється на полігонах ТБО. Найбільший інтерес представляє отримання ЗГ, оскільки вирішується ряд проблем економічного і екологічного характеру.

Проектування електростанцій що працюють на (ЗГ) дозволить вже найближчим часом і з мінімальними витратами вивести вітчизняні двигуни на рівень вимог "Євро-3". Про це неодноразово заявляли представники машинобудівної промисловості. Крім того, такий якісний стрибок підвищить конкурентоспроможність вітчизняних двигунів на зарубіжних ринках.

Можна з упевненістю стверджувати, що конвертація мобільних електростанцій для роботи на чистіших з екологічного погляду видів палива в двигунах внутрішнього згорання, перш за все звалищного газу, є глобальним імперативом.

					КРМ.142.6222м.07.ПЗ.	Лист
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сіроштан Б.К.			1 РОЗДІЛ Застосування двигуна типу 8ГЧН 25/34 на газогенераторній станції	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Наливайко В.С.					7	9
Реценз.						НУК		
Н. Контр.								
Затверд.		Гогоренко О.А.						



## 1 РОЗДІЛ

### Застосування двигуна типу 8ГЧН 25/34 на газогенераторній станції

#### 1.1 Опис двигуна типу 8ГЧН 25/34

Двигун 8ГЧН 25/34 спарений з генераторами типу СГ2, утворює двигун-генератор і встановлюється на стаціонарних електростанціях.

Двигун 8ГЧН 25/34 випускаються правої і лівої моделей. Права модель – ліве обертання колінчастого валу, ліва модель – праве обертання колінчастого валу двигуна.

Модель двигунів і двигунів-генераторів визначається по розташуванню газовипускного трубопроводу, якщо дивитися на двигун з боку фланця відбору потужності: права модель – газовипускний трубопровід розташований справа, ліва – зліва. Для визначення напрямку обертання колінчастого валу двигуна, потрібно дивитися на двигун з боку фланця відбору потужності: праве обертання, якщо колінчастий вал обертається за годинниковою стрілкою, ліве – проти годинникової стрілки.

Порядок нумерації робочих циліндрів 8ГЧН 25/34 від фланця відбору потужності.

З боку вільного кінця валу розташовані турбокомпресор, охолоджувач наддувочного повітря, механізм регулювання подачі газу, насоси: водяні, масляний, паливопідкачуючий (рис. 1.1). Привід всіх насосів здійснюється від шестерні колінчастого валу.

З боку основного відбору потужності розташований електронний цифровий регулятор частоти обертання, щит приладів.

Впускний і випускний тракти розташовані на правій стороні газодизеля, що спрощує обслуговування газодизеля, внутрішня порожнина верхньої частини блоку з правого боку газодизеля використана як наддувочний ресивер.

					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.	Лист
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

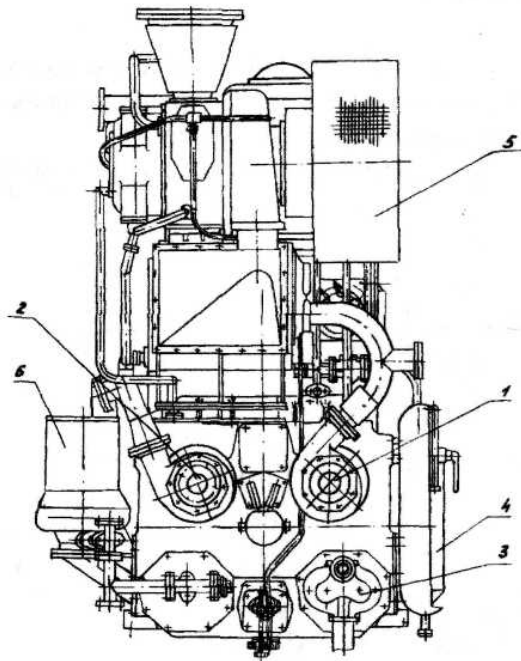


Рис. 1.1 Газовий двигун 8ГЧН  
25/34

(сторона вільного кінця колінчастого валу) 1 – насос контура охолодження наддувочного повітря; 2 – насос контура охолодження газодизеля; 3 – насос масляний; 4 – фільтр тонкого очищення палива; 5 – фільтр-глушник; 6 – центрифуга.

В нижній точці корпусу охолоджувача повітря встановлений автоматичний клапан для зливу конденсату з корпусу охолоджувача на непрацюючому газодизелі.

Кришка циліндра індивідуальна для кожного циліндра, відлита з чавуну, 4-х клапанна з послідовним розташуванням однойменних клапанів, кріпиться до блоку чотирма силовими шпильками. Для забезпечення високих ресурсів клапанів в кришку встановлюються на пресовій посадці сидла клапанів із спеціального сплаву, фаски випускних клапанів мають наплавлення твердим сплавом. Організоване охолодження забезпечує ефективне відведення тепла від найбільш навантажених в тепловому відношенні елементів днища кришки. На кришці змонтовані пусковий клапан, запобіжний клапан і індикаторний кран (рис. 1.2), які встановлені на спеціальному фланці.

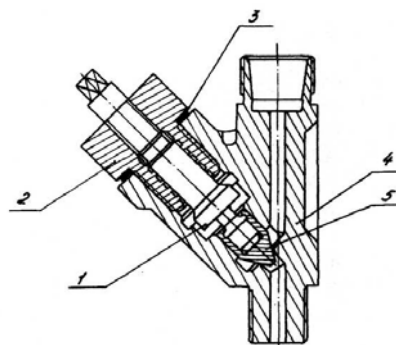


Рис. 1.2. Індикаторний кран

1 – шпindelь; 2 – штуцер; 3 – прокладка; 4 – корпус; 5 – ковпачок

					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		9

Індикаторний кран (рис. 1.2) встановлюється на кожній кришці циліндра, служить для приєднання приладу для виміру тиску в циліндрі. Кран складається з корпусу 4, шпинделя 1 з двома конусами, штуцера 2. На корпусі 4 є з одного боку різьблення для укрупчування крана в перехідник, з іншою – різьблення для приєднання приладів. Індикаторний кран відкривається і закривається вручну за допомогою ключа, що знаходиться в комплекті інструменту.

Втулка циліндра з сорочкою кріпиться до кришки циліндра шістьма шпильками, які спільно з силовими шпильками забезпечують замикання газового стику. Під втулки циліндрів при установці їх в блок-картер встановлюються регульовальні кільця, за допомогою яких забезпечується підбір висоти камери стиснення.

Для газового двигуна прийнята конструкція втулки з напресованою сорочкою. Така конструкція втулки дозволяє зробити блок сухим, що оберігає його від корозійного руйнування.

Поршень цільний. На краях днища поршня з двох сторін зроблені поглиблення для запобігання торкання поршня до клапана при їх відкритті.

В поглибленнях є два різьбові отвори, призначені для угвинчування в них римів, що використовуються при виїмці поршня з шатуном.

Поршень і шатун з'єднуються сталевим, порожнистим поршневим пальцем. Зовнішня поверхня пальця цементована і загартована. Від осевого переміщення палець утримується пружинними стопорними кільцями встановленими в кільцевих канавках внутрішніх бобишек поршня. На кінцях поршневого пальця встановлені заглушки, які на зовнішньому діаметрі мають кільцеву канавку для установки кілець ущільнювачів. Заглушки утримуються пружинними стопорними кільцями. Одна із заглушок має в центрі різьбовий отвір для зняття їх з поршневого пальця. Поршень охолоджуваний. Масло з шатунної шийки через маслопроводячі канали потрапляє до поршневого пальця. Через отвори в середній частині пальця масло поступає у внутрішню порожнину пальця, а потім через отвори, що є на кінцях поршневого пальця,

					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.	Лист
						10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

в кільцеву канавку і отвори, розташовані в бобишках поршня – в охолоджувану порожнину поршня. Надлишки масла через отвір кришки поршня зливаються в картер. На поршні є шість канавок, в яких розміщені поршневі кільця: в чотирьох верхніх – по одному компресійному, в двох нижніх – по два маслос’ємних кільця.

Компресійні кільця мають в перетині прямокутну форму, замки – косі. Верхнє компресійне кільце має на бічній поверхні зносостійке покриття. Маслос’ємні кільця мають гострі кромки, які при установці в канавки повинні бути направлений вниз. Цими кромками при ході поршня вниз з дзеркала циліндра знімається масло, яке через отвори в поршні стікає в картер.

Поршневі кільця не оберігаються від повертання в канавках. При установці поршня у втулку циліндра замки поршневих кілець повинні бути зміщений щодо один одного на кут  $90^\circ$  і розташовані по гвинтовій лінії.

Шатун виготовлений з вуглецевої сталі, штампований. Стрижень шатуна двотаврового перетину має в центрі канал (у верхній головці шатуна проти каналу виконана кільцева канавка), а в нижній головці – канали по яких масло з шатунного підшипника поступає в головній.

Головний підшипник – бронзовий.

Колінчастий вал – суцільнокований з високоякісної сталі, має десять рамових і вісім шатунних шийок. На ведучому кінці валу розташована шестерня приводу розподільного валу. На вільному кінці валу встановлюються шестерня приводу водяних насосів і масляного насоса. Для урівноваження сил інерції мас, що обертаються, на всіх щоках валу встановлені противаги.

Гайки силових шпильок кріплення кришки циліндра до блоку передбачене затягування за допомогою гідродомкратів.

## 1.2 Принцип дій двигун-генераторів

Двигун-генератори є автономними джерелами електричної енергії. Принцип дії їх заснований на перетворенні теплової енергії, що виділяється

					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.	Лист
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

при тому, що згоряє палива, в механічну роботу, а механічної роботи в електричну енергію.

При тому, що згоряє палива тиск газів, утворюваний в циліндрах, через поршні і шатуни впливає на колінчастий вал, при цьому поворотно поступальний рух поршня перетвориться в обертальний рух колінчастого валу, з яким через буферні колодки зв'язаний ротор генератора.

В обмотках генератора за рахунок залишкової електромагнітної індукції виробляється початкова ЕРС, яка системою збудження і регулювання напруги доводиться до номінального значення.

Стаціонарні двигун-генератори, змонтовані на загальній зварній рамі, обладнуються двоконтурною або одноконтурною системою охолодження; в одноконтурній системі охолоджуюча рідина (прісна вода) і масло охолоджуються в радіаторній установці (блоці охолодження) потоком повітря, створюваного вентилятором.

Блок-картер і фундаментна рама скріпляють анкерними зв'язками, що проходять через внутрішні поперечні перегородки. Нижня площина блок-картера скріпляє з верхньою площиною фундаментної рами болтами. Взаємне розташування блок-картера і фундаментної рами фіксується конічними штифтами з нарізною цапфою.

З боку вільного кінця колінчастого валу двигуна розміщені: реле частоти обертання з приводом, ежектор і масловіддільник системи вентиляції картера, водяний і масляний насоси.

В верхній частині двигуна розміщені кришки робочих циліндрів, до яких кріпляться: колектор впускання з охолоджувачем повітря, випускний колектор, збірна труба (збірний колектор) охолоджуючої води, що виходить з кришок циліндрів.

На лівій стороні двигуна правої моделі розміщені: розподільний вал, привід клапанів впускань і випускних, механізм регулювання подачі газу і тяга з клямками механізму безпеки, аварійне стоп-пристрій.

					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.	Лист
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

На правій стороні двигуна правої моделі розташовані: магістраль подачі охолоджуючої води в зарубашечний простір блоку циліндрів, запобіжні клапани.

На двигунах лівої моделі розташування вузлів і механізмів протилежне правій моделі.

З боку основного відбору потужності розташовується зубчата передача приводу розподільного валу.

### 1.3 Обґрунтування доцільності проведення модернізації

Макрокомпонентами звалищного газу є метан ( $\text{CH}_4$ ) і діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) їх співвідношення може мінятися від 40...70 % до 30...60 % відповідно. Як супутні компоненти присутні азот ( $\text{N}_2$ ), кисень ( $\text{O}_2$ ), водень ( $\text{H}_2$ ), а також різні органічні сполуки. Емісії звалищного газу, що поступають в природне середовище формують негативні ефекти як локального, так і глобального характеру. Так, наприклад, в США набув чинності закон про необхідність устаткування всіх без виключення полігонів країни системами здобичі і знешкодження звалищного газу, після того, як американськими дослідниками було показано, що звалища є основним антропогенним джерелом метану в США. Цікаво відзначити, що істотний внесок в глобальну емісію звалищного газу проводить і Україна. По оцінках Міжурядової комісії із зміни клімату (ІРСС) звалища України щорічно викидають в атмосферу 1,5 млн. т, що складає приблизно 3 % від планетарного потоку.

Органічна речовина, будучи основним компонентом твердих побутових відходів, розкладається на звалищах приблизно протягом 20 років. Активне газоутворення в товщі складованих відходів починається приблизно з третього року від початку складування, поступово наростаючи, і продовжується 10...15 років, після чого процес поступово сповільнюється. Тому при середньому виході газу  $100 \text{ м}^3/\text{т}$  твердих побутових відходів середня швидкість виходу його приймається, як правило,  $5 \text{ м}^3/\text{т}$  відходів в рік. Ця цифра підтверджується даними по експлуатації 86 систем збору газу різних країнах.

					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		13

Звалищний газ, що утворюється на звалищі, без попереднього очищення можна використовувати як паливо для котлів і печей, тобто він може поставлятися прямо до промислового споживача для отримання тепла або для використання в якому-небудь технологічному процесі (випалення, отримання технологічної пари і ін.). Цей шлях використання газу є найефективнішим за умови, що його споживання безперервне.

Звалищний газ використовується також після попереднього очищення для отримання електроенергії за допомогою установок комбінованого вироблення тепла і електроенергії в газодизель-генераторах. Вироблена електрика може використовуватися безпосередньо на території звалища або подаватися в мережу.

У перспективі можливе використання газу після збагачення його до якості природного газу. При збагаченні газ висушується, з нього віддаляються діоксид вуглецю і інші домішки.

Лідерами по об'ємах річного газодобування з полігонів твердих побутових відходів в світі є: США – 500 млн. м<sup>3</sup>/рік, Німеччина – 400 млн. м<sup>3</sup>/рік, Великобританія – 200 млн. м<sup>3</sup>/рік. В цілому, глобальна здобич звалищного газу складає приблизно 1,2 млрд. м<sup>3</sup> в рік, що еквівалентне 429 тис. тон метану або 1 % його світовій емісії.

В Україні проводилися спеціальні техніко-економічні розрахунки можливих типових об'єктів по здобичі і утилізації газу із звалищ. Розглядалися два варіанти технологічних схем утилізації газу: виробництво електроенергії і подача газу споживачеві. В результаті, встановили, що об'єкти по виробництву електроенергії вимагають великих інвестицій і є більш прибутковими за абсолютними показниками; із зростанням товщі звалища відходів пропорційно зростають техніко-економічні показники об'єктів; всі розглянуті варіанти економічно ефективні.

На підставі отриманих даних був розроблений і упроваджений проект «Санітарне поховання з рекуперацією енергії на території Київської області».

					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.	Лист
						14
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Основною метою проекту була демонстрація в Україні можливостей біогазової технології.

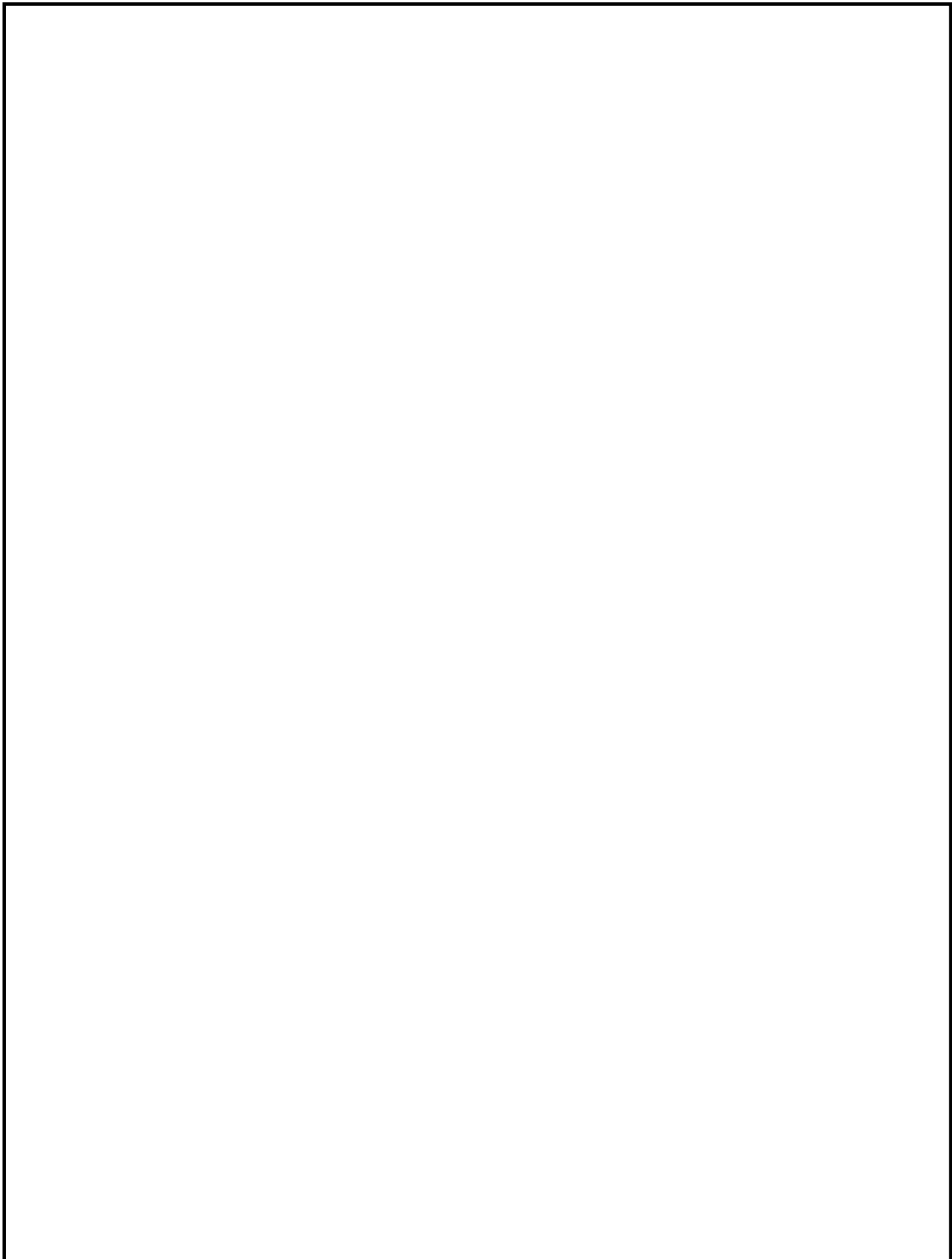
Був вибраний варіант утилізації біогазу у формі виробництва електроенергії. Для цього на територіях звалищ були побудовані системи газовидобутку, що включають свердловини, газопроводи і компресорні станції, що забезпечують подачу газу до мотор-генераторів, що знаходиться в безпосередній близькості від полігонів.

Досвідчено-промисловий режим випробувань показав вироблення до 80 кВт/г електроенергії на кожному полігоні. Таким чином, в українських умовах з 1 м<sup>3</sup> звалищного газу може бути вироблено 1,3...1,5 кВт електроенергії. Це означає, що при повному використанні запасів звалищного газу на полігонах може бути вироблено близько 2500 мВт електроенергії в рік.

Проведений аналіз існуючого положення використання звалищного газу в світі показав, що тенденція розширення збору і утилізації газу, що утворюється на звалищах, спостерігається в багатьох країнах, але об'єм витягнутого газу нікчемний в порівнянні з об'ємом його утворення. Це відкриває широкі можливості для розвитку звалищного газу, як альтернативного джерела "блакитного" палива для використання в двигунах внутрішнього згоряння.

					КРМ.142.6222м.07.01.ПЗ.	Лист
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		





					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сіроштан Б.К.			2 РОЗДІЛ Моделювання робочого циклу двигуна типу 8ГЧН 25/34 що працює на звалищному газі	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Наливайко В.С.					16	18
Реценз.						НУК		
Н. Контр.								
Затверд.		Гогоренко О.А.						

## 2 РОЗДІЛ

### Моделювання робочого циклу двигуна типу 8ГЧН 25/34 що працює на звалищному газі

#### 2.1 Методика розрахунку робочого циклу двигуна

Основною метою розрахунку робочого циклу є визначення основних параметрів і показників робочого процесу, що характеризують ефективність і економічність роботи дизеля.

Розрахунки робочого циклу, як правило, виконуються для номінального режиму. Для перемінних режимів схема розрахунку залишається тією ж, однак вибір вихідних даних винний бути зроблений відповідно до особливостей розрахункового режиму.

Розрахунковий цикл ДВЗ складається з п'яти послідовно протікаючих процесів: наповнення, стиску, згоряння палива, розширення та випуску. Розрахунковий цикл модернізованого двигуна 8ГЧН 25/34 проведемо на комп'ютері за методикою, яка заснована на методі теплового розрахунку Гринивецького В. І.

#### 2.2 Обґрунтування вибору основних параметрів робочого циклу двигуна

*Температура навколишнього повітря  $T_0$ .* Приймаємо  $T_0 = 293$  °С (стандартні атмосферні умови).

*Тиск навколишнього повітря  $p_0$ .* В усіх випадках варто приймати  $p_0 = 100$  кПа (стандартні атмосферні умови) [6].

*Ступінь стиску  $\varepsilon$ .* Вибір ступеня стиску залежить від типу двигуна, його бістроходности, сумішоутворення, наддування. Рекомендовані значення  $\varepsilon = 9...14$  [6]. Ухвалюємо  $\varepsilon_3 = 11$ . Даний ступінь стиску відповідає ступеню стиску прототипу й тому дозволяє зберегти конструкцію дизеля, тому що в проекті конструктивні зміни основних деталей двигуна в порівнянні із прототипом недоцільні.

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

*Коефіцієнт надлишку повітря  $\alpha$ .* Повне згоряння палива, при якому всі його горючі частини перетворюються в кінцеві продукти окиснення, можна одержати тільки при коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha_1 > 1$ . Значення  $\alpha_1$  у газових двигунів змінюються в межах  $\alpha_1 = 1,4 \dots 2$  [6]. Зменшення коефіцієнта надлишку повітря сприяє росту середнього ефективного тиску, але негативно впливає на економічні показники двигуна. Більші значення  $\alpha_1$  трохи знижують температурні напруги. Ухвалюємо  $\alpha_1 = 1,7$ .

*Коефіцієнт використання теплоти в точці  $z$  ( $\xi_z$ ).* Коефіцієнт активного тепловиділення характеризує кількість теплоти, яка повідомляється робочому тілу й використовується на підвищення внутрішньої енергії газу й здійснення механічної роботи. На величину коефіцієнта тепловиділення в точці "z"  $\xi_z$  впливає неповнота згоряння, дисоціація продуктів згоряння й віддача частини виділеної теплоти в охолодне середовище. Досвідчені значення коефіцієнта активного тепловиділення становлять:  $\xi_z = 0,86 \dots 0,92$ ; [6]. Приймаємо  $\xi_z = 0,9$ .

*Ступінь підвищення тиску при згорянні  $\lambda$ .* Для високо форсованих двигунів  $\lambda = (2,0 \dots 2,5)$  [6]. Приймаємо  $\lambda = 2,4$ .

*Підігрів заряду від стінок циліндру  $\Delta T_a$ .* Ця величина складає:  $(5 \dots 20)$  °С – для ДВЗ з наддувом та  $(10 \dots 20)$  °С – для ДВЗ без наддуву [6].

Приймаємо  $\Delta T_a = 20$  К.

*Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми  $\zeta$ .* Величину цього коефіцієнту вибирають на підставі дослідних даних, звертають увагу на тип двигуна та особливості системи газообміну. Для 4 – тактних двигунів  $\zeta = (0,92 - 0,98)$  [6]. Приймаємо  $\zeta = 0,95$ .

*Температура залишкових газів  $T_r$ .* Для двигунів такого типу  $T_r$  знаходиться в межах  $600 \dots 900$  К. Приймаємо  $T_r = 710$  К [6].

*Хімічний склад звалищного газу.* Розрахунок проводиться на паливо – звалищний газ складу [12]:

Метан ( $\text{CH}_4$ ) 60 %;

Етан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) 0,3 %;

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

пропан ( $C_3H_8$ ) 0,12 %;  
бутан ( $C_4H_{10}$ ) 0,15 %;  
пентан ( $C_5H_{12}$ ) 0 %;  
вуглекислота ( $CO_2$ ) 34 %;  
оксид вуглецю ( $CO$ ) 0 %;  
азот ( $N_2$ ) 5 %;  
кисень ( $O_2$ ) 2 %;  
водень ( $H_2$ ) 0 %.

*Коефіцієнт тактності  $Z$*  – являє собою кількість робочих ходів поршня, що припадають на один оберт колінчастого вала, тоді для 4 – тактних двигунів  $Z = 0,5$  [6].

*Нижча теплота згоряння газового палива.* Приймаємо  $Q_n = 23100$  кДж/м<sup>3</sup>.

*Ступінь підвищення тиску в компресорі  $\Pi_k$ .* Для даного типу компресора приймаємо  $\Pi_k = 1,8$ .

*Частка ходу поршня втраченого на продувку  $\varphi_n$ .* Для 4 – тактних двигунів ця величина дорівнює нулю [6].

Для скруглення індикаторної діаграми вибираємо фази газорозподілу й кут випередження запалення згідно із прототипом:

- відкриття впускного клапана до ВМТ – 65;
- закриття впускного клапана після НМТ – 40;
- відкриття випускного клапана до НМТ – 55;
- закриття випускного клапана після ВМТ – 40;
- кут випередження запалення – 22.

Ввівши ці данні проводимо розрахунок і отримуємо результати розрахунку. Розрахунок робочого циклу та побудова індикаторної діаграми проводяться на комп'ютері з використанням розрахункових програм наявних на кафедрі ДВЗ. Програми розроблені в середовищі *Excel*. Розрахунок робочого циклу і його результати приведені на роздруківці.

### 2.3 Розрахунок робочого процесу газового двигуна

Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e$	880 кВт		
Частота обертання колінчастого валу.	$n$	750 хв <sup>-1</sup>		
Діаметр циліндра	$d$	250 мм		
Хід поршня	$S$	340 мм		
Ступінь стиску	$\varepsilon$	11		
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha$	1,7		
Число циліндрів	$i$	8		
Коефіцієнт тактності	$Z$	4		
Вихідні дані теплового розрахунку.				
Тиск наддуву	$P_b$	181 кПа		
Тиск навколишнього середовища	$P_a$	100 кПа		
Температура навколишнього середовища	$T_a$	293 К		
Показник політропи стиску для відцентрового компресору	$n_k$	1,4		
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T$	20 К		
Тиск залишкових газів	$P_r$	150 кПа		
Температура залишкових газів	$T_r$	710 К		
Ступінь підвищення тиску	$l$	2,4		
Середнє значення показника політропи:				
стиску	$n_1$	1,375		
розширення	$n_2$	1,235		
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z$	0,9		
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi$	0,95		
Нижча теплота згорання газу	$Q_H$	23100 кДж/м <sup>3</sup>		
Звалищній газ				
Склад:	в%	В об'ємних долях		
метан	$CH_4$	60	$R_{CH_4}$	0,6
етан	$C_2H_6$	0,3	$R_{C_2H_6}$	0,003
пропан	$C_3H_8$	0,12	$R_{C_3H_8}$	0,0012
бутан	$C_4H_{10}$	0,15	$R_{C_4H_{10}}$	0,0015
пентан	$C_5H_{12}$	0	$R_{C_5H_{12}}$	0
вуглекислота	$CO_2$	34	$R_{CO_2}$	0,34
оксид вуглецю	$CO$	0	$R_{CO}$	0
азот	$N_2$	5	$R_{N_2}$	0,05

кисень	$O_2=$	2	$R_{O_2}=$	0,02
водень	$H_2=$	0	$R_{H_2}=$	0

Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кмоль газу.

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \times [0,5(CO + H_2) + \sum (n + 0.25m)C_nH_m - O_2] =, \text{ кмоль/кмоль}$$

$$L_0 = 5,744048 \text{ кмоль/кмоль}$$

Загальна кількість продуктів свіжого заряду.

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

$$M_1 = 10,76488 \text{ кмоль/кмоль}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згорання.

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

$$M_{CO_2} = 0,9556 \text{ кмоль}$$

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

$$M_{H_2O} = 1,2213 \text{ кмоль}$$

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

$$M_{O_2} = 0,844375 \text{ кмоль}$$

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

$$M_{N_2} = 7,764256 \text{ кмоль}$$

Загальна кількість продуктів згорання.

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг} \quad 10,78553 \text{ кмоль}$$

Змінення об'єму при згоранні 1 кмоль газу.

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

$$\Delta M = 0,02065 \text{ кмоль}$$

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

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

$$\beta_0 = 1,001918$$

Параметри процесу наповнення.

Температура повітря після нагнітача.

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

$$T_B = 347,1283 K$$

Температура повітря після охолоджувача.

$$T_{int} = T_B - (10 - 50^0)$$

число з інтервалу = 50

$$\Delta T_{int} = 297,13 K$$

Температура газоповітряної суміші.

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

$$T_{cm} = 299,25 K$$

де  $T_r = 320 K$  - температура поступаючого газу.

Коефіцієнт залишкових газів.

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

де  $P_d = 0.95 \times P_e$  тиск в кінці впуску.

$$P_d = 171,95 \text{ кПа}$$

$$\gamma_r = 0,038731$$

Коефіцієнт наповнення.

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

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						22
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Phi_c = 0,901853$$

Температура газоповітряної суміші на початку стиску.

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

$$T_d = 333,82 K$$

Параметри процесу стиску.

Тиск в кінці стиску.

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

$$P_c = 4648,55 kPa$$

Температура в кінці стиску.

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

$$T_c = 820,4235 K \quad t_c = 547,423 ^\circ C$$

Параметри процесу згорання.

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

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

$$\beta = 1,001847$$

Максимальна температура циклу знаходиться з рівняння балансу:

$$\frac{\xi \cdot 22,4 \cdot Q_H}{(1 + \gamma_r)(1 + \alpha \cdot L_0)} = \beta_z \cdot mC v_m t_z - (mC v_m t_{cm}) t_c$$

склад продуктів згорання в об'ємних долях:

$$R_{CO_2} = \frac{MCO_2}{M_2}$$

$$R_{CO_2} = 0,0886$$

$$R_{H_2O} = \frac{MH_2O}{M_2}$$

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		23



$$R_{H_2O} = 0,113235$$

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

$$R_{O_2} = 0,078288$$

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

$$R_{N_2} = 0,719877$$

Мольна теплоємність продуктів згоряння:

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

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

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

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

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

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_m = a + b \times 10^5 \times t_z$$

де:

$$a = 24,642$$

$$b = 180,685$$

теплоємність газового палива.

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

$$mCv_{ch_4} = 26,314 + 2600 \times 10^5 \times t_c$$

$$mCv_{c_2h_6} = 41,246 + 7964 \times 10^5 \times t_c$$

$$mCv_{c_3h_8} = 60,043 + 11382 \times 10^5 \times t_c$$

$$mCv_{c_4h_{10}} = 67,00 + 11920 \times 10^5 \times t_c$$

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

$$mCv_{co_2} = 27,545 + 1386 \times 10^5 \times t_c$$

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

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		24

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 31,26$$

$$b = 1704,68$$

мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному об'ємі.

$$mCv_{см} = \frac{mCv_{zn} + mCv_{нов} \cdot \alpha \cdot L_0 + mCv_{mз} \cdot \gamma_r (1 + \alpha \cdot L_0)}{(1 + \alpha \cdot L_0) \cdot (1 + \gamma_r)}$$

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 23,546$$

$$b = 342,141$$

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

середня мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному тиску.

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

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 23,546$$

$$b = 171,071$$

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

$$mCp_z = 8.314 + 19.86 + \frac{1.68}{\alpha} + \left( 427.38 + \frac{18436}{\alpha} \right) \cdot 10^{-5} T_z$$

Після підстановки одержимо рівняння.

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

де:

$$a = 29,162$$

$$b = 535,827$$

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

$$a = 29,162$$

$$b = 267,914$$

Максимальна температура процесу згоряння.

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

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

де:

$$A = 181,0186$$

$$B = 24,68735$$

$$C = 55562,4$$

Звідки:

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

$$t_z = 1966,96 ^\circ C$$

$$T_z = 2239,96 K$$

Максимальний тиск згоряння.

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

$$P_{\max} = 11165,42 \text{ кПа}$$

Ступінь підвищення тиску

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

$$\lambda = 2,402$$

$$DI = 0,08 \%$$

DI повинна бути в межах 10%

Ступінь попереднього розширення.

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

$$\rho = 1$$

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		26

Параметри процесу розширення.

Ступінь подальшого розширення.

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

$$\delta = 11$$

Тиск в кінці розширення.

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

$$P_B = 577,77 \text{ кПа}$$

Температура в кінці розширення.

$$T_e = \frac{T_Z}{\delta^{n_2-1}}$$

$$T_B = 1119,61 \text{ К}$$

Середня температура випускних газів.

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

$$T_{\text{ср.г.}} = 872,39 \text{ К}$$

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

Температура залишкових газів.

$$T_r = \frac{T_e}{3 \sqrt{\frac{P_e}{P_r}}}$$

$$T_r = 714,2433 \text{ К}$$

$$\text{Перевірка: } \frac{|T_r^3 - T_r|}{T_r^3} \times 100 \% = 0,60$$

Індикаторні показники робочого тіла.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

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

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		27

$$P_{mi} = 1245,98 \text{ кПа}$$

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = 0.37 \frac{(1 + \alpha \cdot L_0) T_{cm} \times P_{mi}}{Q_H \times P_d \times \Phi_c}$$

$$\eta_i = 0,4146$$

Питома індикаторна витрата газу.

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

$$g_i = 0,3759 \text{ м}^3 / \text{квт год}$$

Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0.088 + 0.0118 \times V_{п.ср} \text{ кПа}$$

Середня швидкість поршня.

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

$$S_{п.р} = 0,34 \text{ м Хід поршня по прототипу.}$$

$$V_{п.ср} = 8,5 \text{ м/с}$$

$$P_M = 188,3 \text{ кПа}$$

Середній ефективний тиск.

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

$$P_{me} = 1057,68 \text{ кПа}$$

Механічний К.К.Д.

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

$$\eta_M = 0,8489$$

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Ефективний К.К.Д.

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

$$\eta_e = 0,351929$$

Питома ефективна витрата газу.

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

$$g_e = 0,4428 \text{ м}^3 / (\text{кВт год})$$

Годинна витрата газу.

$$V = v_e \times P_e =, \text{М}^3 / \text{ГОД}$$

$$V = 389,69 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

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

Z=4 - Коефіцієнт тактності.

$$V_{st} = 133,12 \text{ Л}$$

Робочій об'єм циліндра.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{Л}$$

$$V_s = 16,64 \text{ Л}$$

Діаметр циліндра.

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

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

$$d_{pp} = 0,25 \text{ м}$$

$$m = 1,36$$

$$d = 249,79 \text{ мм}$$

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Хід поршня.

$$S = m \times d =, \text{мм}$$

$$S = 339,72 \text{ мм}$$

Уточненні розміри циліндра і двигуна.

Діаметр циліндра.

$$d = 250 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 340 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

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

$$V_{st} = 133,45 \text{ Л}$$

Робочій об'єм поршня.

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

$$V_s = 16,68 \text{ Л}$$

Ефективна потужність двигуна.

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

$$P_{ep} = 882,17 \text{ кВт}$$

Отримана величина  $P_{ep}$  відрізняється від заданої на:

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

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

$$P_{esp} = 881,09 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,246717\%$$

Оскільки значення  $D < 5\%$ , то розрахунок виконаний вірно.

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## 2.4 Розрахунок та побудова теоретичної індикаторної діаграми

Ординати точок політропи стиснення та розширення обчислюють за наступними формулами:

– для процесу стиснення:

$$p = \frac{p_c}{(V/V_c)^{n_1}};$$

– для процесу розширення:

$$p = \frac{p_z \cdot \rho^{n_2}}{(V/V_c)^{n_2}};$$

де  $V/V_c = \varepsilon_x$  – відношення об'ємів, яке представляє собою поточне значення ступеня стиснення

Дані для розрахунку та побудови теоретичної індикаторної діаграми

Показник політропи стиснення $n_1$	1,375
Показник політропи розширення $n_2$	1,235
Тиск кінця стиснення $p_c$ , МПа	4,649
Максимальний тиск згоряння $p_z$ , МПа	11,165
Ступінь попереднього розширення $\rho$	1
Ступінь стиснення $\varepsilon$	11

Таблиця 2.1.

$V/V_c$	$P_{ст}$	$P_{розш}$
1,00	11,17	
1,00	4,65	11,17
1,00	4,65	11,17
1,50	2,66	6,77
2,00	1,79	4,74
2,50	1,32	3,60
3,00	1,03	2,87
3,50	0,83	2,38
4,00	0,69	2,02
4,50	0,59	1,74
5,00	0,51	1,53
5,50	0,45	1,36
6,00	0,40	1,22
6,50	0,35	1,11
7,00	0,32	1,01
7,50	0,29	0,93
8,00	0,27	0,86
8,50	0,25	0,79
9,00	0,23	0,74
9,50	0,21	0,69
10,00	0,20	0,65
10,50	0,18	0,61
11,00	0,17	0,58
11,00	0,17	0,17



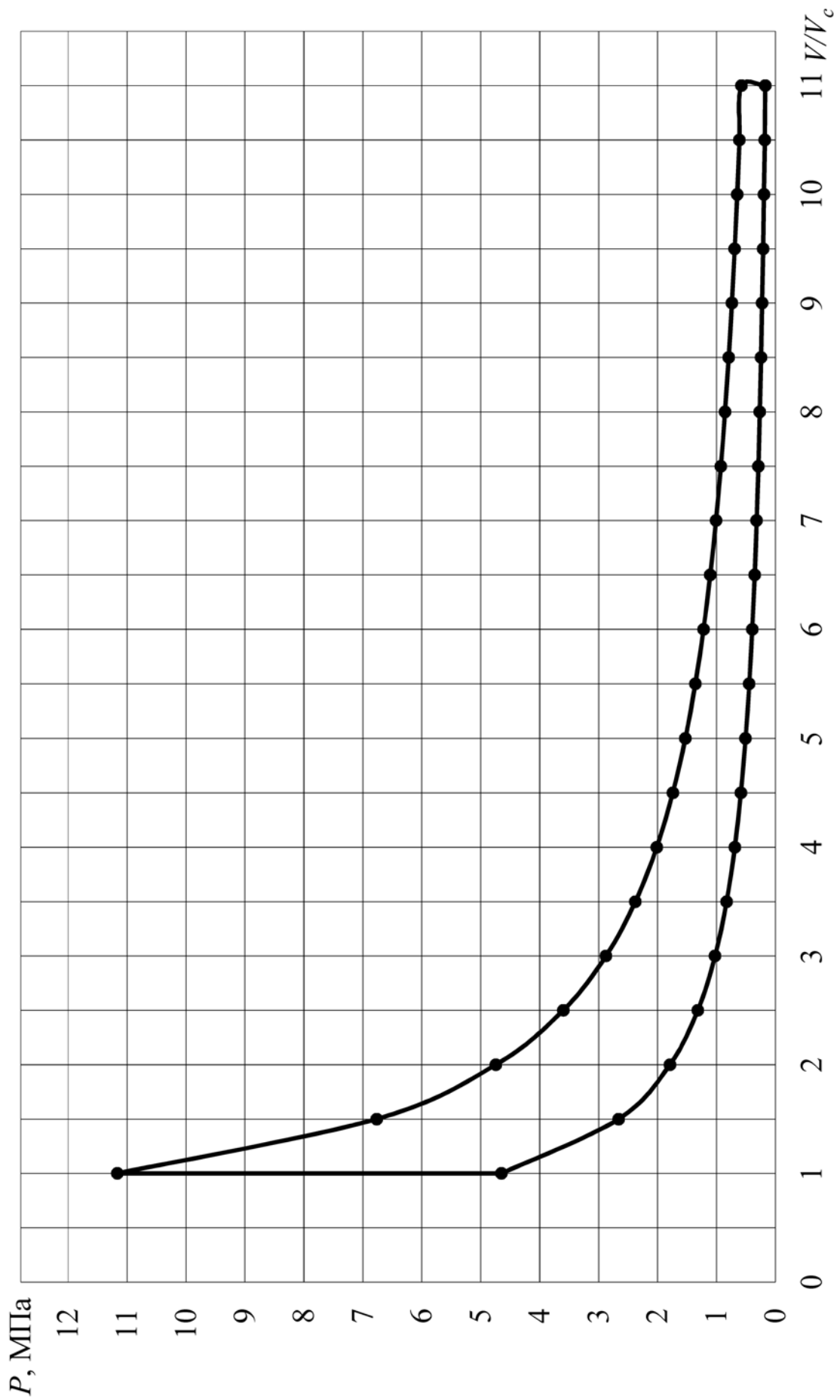


Рис. 2.1. Теоретична індикаторна діаграма двигуна типу 8ГЧН 25/34

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

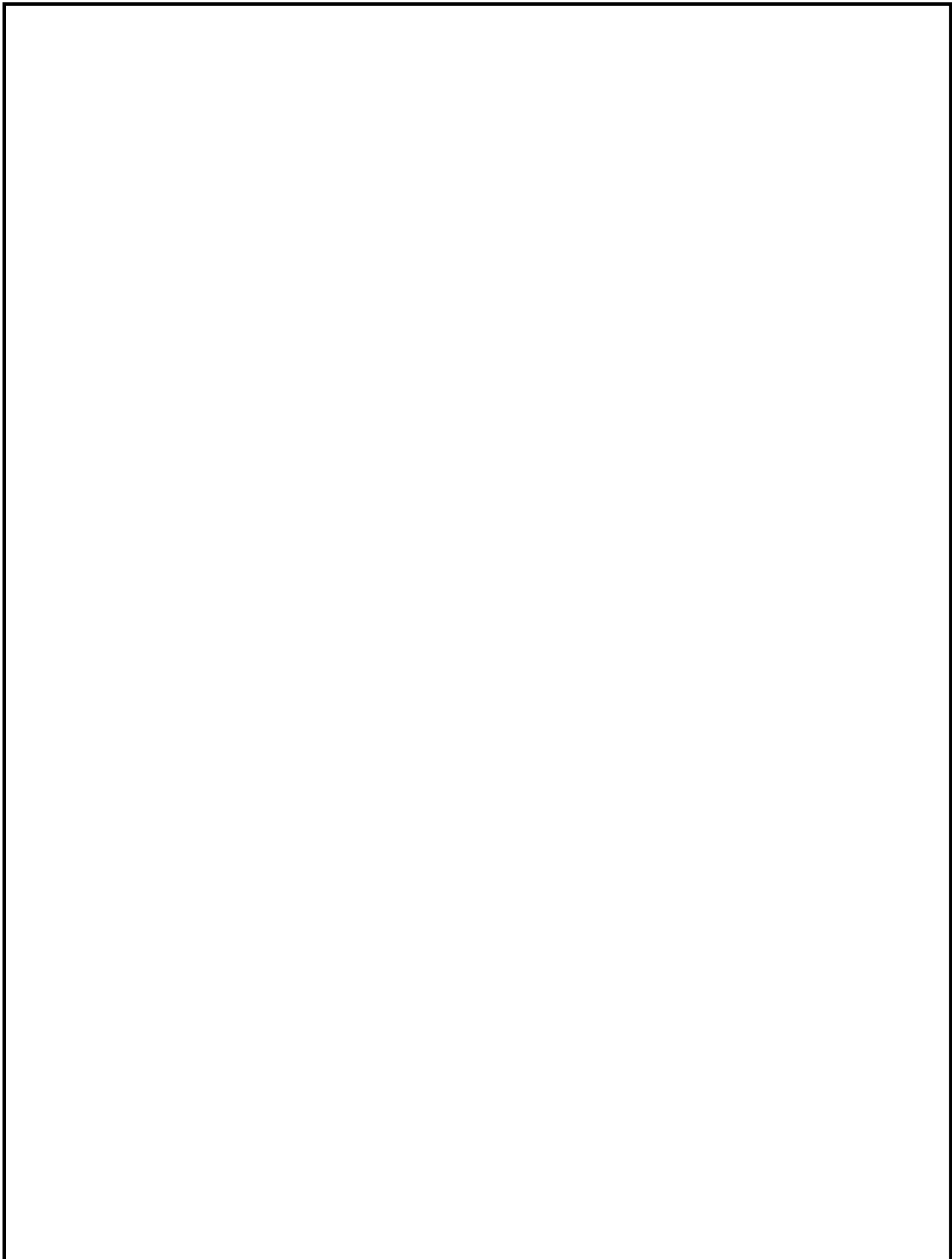
КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.

## 2.5 Висновок по розділу

Максимальний тиск та температура згоряння залишилися на тім же рівні, що й у двигуна прототипу. Це говорить про те, що сили, які діють на деталі остова й КШМ дизеля не змінилися й деталі піддаються тім же навантаженням і зусиллям, що й у двигуні прототипі.

Збільшена питома ефективна витрата пального обумовлена переходом на газове пальне, хімічний склад якого, та нижча теплота згоряння враховуються в розрахунковій методиці. Але головною перевагою спроектованого двигуна є те, що в якості палива застосовується звалищний газ. Завдяки чому істотно зменшиться собівартість виробляємої енергії.

					КРМ.142.6222м.07.02.ПЗ.	Лист
						33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сіроштан Б.К.			3 РОЗДІЛ Проектування системи подачі звалищного газу в двигун та її основних елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Наливайко В.С.					34	20
Реценз.						НУК		
Н. Контр.								
Затверд.		Гогоренко О.А.						

### 3 РОЗДІЛ

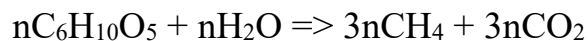
#### Проектування системи подачі звалищного газу в двигун та її основних елементів

##### 3.1 Процес газоутворення, схема видобутку та властивості звалищного газу

Істотна частина фракцій твердих побутових відходів повсюдно представлена різними органічними матеріалами. Основними групами серед них є харчові залишки і папір. Їх співвідношення міняється залежно від рівня розвитку країни і її географічного положення і культурних особливостей. Проте в цілому частка органічних фракцій відходів коливається по світу не так значно, від 56 % в розвинених країнах до 62% – в тих, що розвиваються. Якщо врахувати фракції представлені деревними відходами, то ці величини зростуть відповідно до 61 % і 69 %.

В місцях поховань, куди поступає практично 80 % загального потоку відходів, швидко формуються анаеробні умови, в яких протікає біоконверсія органічної речовини за участю метаногенного співтовариства мікроорганізмів. В результаті цього процесу утворюється біогаз або, так званий, звалищний газ, макрокомпонентами якого є метан (CH<sub>4</sub>) і діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>).

Можна стверджувати, що в середньому газогенерація закінчується в тілі звалища протягом 10...50 років, при цьому вихід газу складає 120...200 м<sup>3</sup> на тону твердих битових відходів. Стехиометрія процесу газоутворення може бути описана наступним спрощеним рівнянням реакції



Істотне варіювання газопродуктивності і швидкості процесу визначається умовами середовища, що склалися в конкретному тілі звалища. До параметрів контролюючих біоконверсію відносяться вологість, температура, рН, склад органічних фракцій. Їх комплексний вплив відбивається в наступному рівнянні кінетики реакції газоутворення першого порядку

$$Q = m \cdot q \cdot e^{-kt}$$

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де  $Q$  – кількість біогазу ( $\text{м}^3$ ), що генерується за час  $t$  (роки);

$m$  – маса відходів (т);

$q$  – питомий газовий потенціал ( $\text{м}^3/\text{т}$ );

$k$  – константа швидкості реакції газоутворення (1/год).

На практиці, для прогнозу газоутворення застосовують різні модифікації формули. Їх основна відмінність зводиться до кількості фракцій органічної речовини твердих побутових відходів, що включаються в розгляд. Як правило, у складі органічних речовин виділяють швидко-, середньо- і повільно розкладані матеріали. Вони істотно розрізняються по своїх фізико-хімічних властивостях і терміном біологічного розпаду. Так, наприклад, розкладання "швидких" фракцій завершується протягом 2...4 років, тоді як біоконверсія "повільних" – протікає протягом десятиріч. Залежно від кількості фракцій, що включаються у вищеприведену формулу, прогнозні моделі набувають вигляду одно-, дво- і трифазних.

Так, довголітні дослідження дозволили фірмі "Геополіс" встановити, що узагальнена двофазна модель, що використовує константи швидкостей реакцій оцінені на підставі польових спостережень, є адекватним засобом прогнозу утворення звалищного газу для умов України. Крива реалізації питомого газового потенціалу відходів, що відображає дану модель дозволяє зробити висновок про те, що найінтенсивніше процес протікає в перших 5 років, за які виділяється близько 50 % повного запасу звалищного газу.

Склад біогазу обумовлений рядом його специфічних властивостей. Перш за все звалищний газ горючий, його середня калорійність складає приблизно 5500 кКал на  $\text{м}^3$ . У певних концентраціях він токсичний. Конкретні показники токсичності визначаються наявністю ряду мікродомішок, таких, наприклад як сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Зазвичай звалищний газ має різкий неприємний запах. Також звалищний газ, належить до так званих парникових газів, що додає йому глобальну значущість і робить його об'єктом пильної уваги світової спільноти.

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Глобальна емісія звалищного газу є важливим параметром для розрахунку прогнозних моделей зміни клімату Землі в цілому. Також на оцінках потоків метану звалища будуються національні стратегії природоохоронної діяльності в деяких розвинених країнах. Так, наприклад, в США набув чинності закон про необхідність обладнання всіх без виключення полігонів країни системами здобичі і знешкодження біогазу, після того, як американськими дослідниками було показано, що звалища є основним антропогенним джерелом метану в США.

Для екстракції звалищного газу на полігонах зазвичай використовується наступна принципова схема: мережу вертикальних газодренажних свердловин сполучають лініями газопроводів, в яких компресорна установка створює розрідження необхідне для транспортування газу до місця використання. Установки по збору і утилізації вмонтовуються на спеціально підготовленому майданчику за межами тіла звалища. Принципова технологічна схема системи по збору звалищного газу приведена на рис. 3.1.

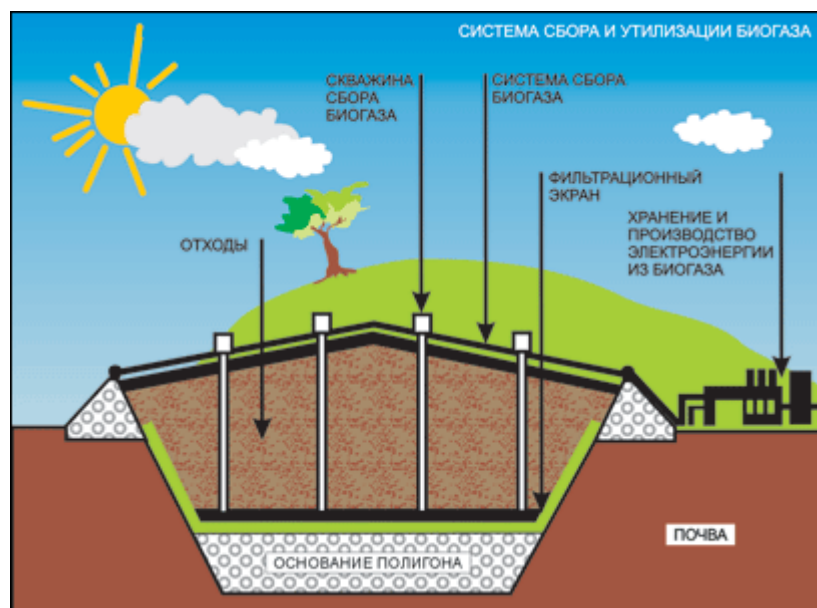


Рис. 3.1. Схема видобутку звалищного газу

Кожна свердловина здійснює дренаж конкретного блоку твердих побутових відходів, що умовно має форму циліндра. Стійкість роботи свердловини може бути забезпечена, якщо її дебіт не перевищує об'єму знов утворює-

мого газу. Оцінка газопродуктивності існуючої товщі твердих побутових відходів проводиться в ході попередніх польових газогеохімічних досліджень.

Споруда газодренажної системи може здійснюватися як цілком на всій території полігону, після закінчення його експлуатації, так і на окремих ділянках полігону відповідно до черговості їх завантаження. При цьому треба враховувати, що для видобутку газу придатні звалищні тіла завтовшки не менше 10 м. Бажано також, щоб територія полігону, на якій намічається будівництво системи збору звалищного газу, була рекультивована, тобто перекрита шаром ґрунту завтовшки не менше 30...40 см.

Для видобутку звалищного газу на полігонах твердих побутових відходів застосовуються вертикальні свердловини. Зазвичай вони розташовуються рівномірно по території тіла звалища з шагом 50...100 м між сусідніми свердловинами. Їх діаметр коливається в інтервалі 200...600 мм, а глибина визначається товщиною тіла звалища і може складати декілька десятків метрів. Для прокладки свердловин використовується як звичайне бурове устаткування, так і спеціалізована техніка, що дозволяє споруджувати свердловини великого діаметру. При цьому, вибір того або іншого устаткування зазвичай обумовлене економічними причинами. При бурінні свердловин в товщі відходів в українських умовах, найбільш доцільним на мою думку, є використання шнекового буріння. Воно порівняно недороге і легкодоступне, оскільки широко використовується в інженерно-геологічних дослідженнях. При використанні цього виду буріння максимально можливий діаметр свердловин складає 0,5 м. Проте їх будівництво в українських умовах зустрічає ряд труднощів, пов'язаних з присутністю великої кількості чужорідних включень (металевих і бетонних конструкцій, залишків техніки, механізмів і ін.) в товщі звалища, що утрудняють буріння і що приводять до частой поломки бурового інструменту. Досвід показує, що відносно легко можуть бути пробурені свердловини діаметром 250...300 мм, в той же час вони цілком достатні для видобутку звалищного газу.

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
						38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Інженерне облаштування свердловини включає декілька етапів. На першому – в свердловину опускається перфорована сталева або пластикова труба, заглушена знизу і забезпечена фланцевим з'єднанням в торцьовій частині. Потім в міжтрубний простір засипається пористий матеріал (наприклад, гравій) з пошаровим ущільненням до глибини 3...4 м від гирла свердловини. На останньому етапі споруджується глиняний замок товщиною 3...4 м для запобігання попаданню в свердловину атмосферного повітря.

Після завершення будівництва свердловин, приступають до установки оголовок свердловин, що є металевим циліндром, забезпеченим газовою арматурою для регулювання дебіта свердловини і контролю складу звалищного газу, а також патрубком для приєднання свердловини до газопроводу.

На завершальній стадії на оголовок свердловини встановлюється металевий або пластмасовий короб для запобігання несанкціонованого доступу до свердловини.

Температура звалищного газу в товщі відходів може досягати 40...50 °С, а вміст вологи – 5...7 %. Після екстракції газу з тіла звалища і його надходження в транспортні газопроводи, відбувається різке зниження температури, що приводить до утворення конденсату, який може виділятися в значних кількостях. Орієнтовно, при видобутку газу в об'ємі 100 м<sup>3</sup>/год, за добу утворюється близько 1 м<sup>3</sup> конденсату. Тому відведення конденсату за допомогою спеціальних пристроїв є завданням першорядної необхідності, оскільки його наявність в газопроводі може утруднити або зробити неможливою екстракцію газу.

На першому етапі проектування газопроводів проводиться їх гідравлічний розрахунок з метою вибору оптимального діаметру труб на різних ділянках. При виборі матеріалів для газопроводів зазвичай розглядають два варіанти: використання пластикових або сталевих труб. Їх порівняльний аналіз проводиться по наступних критеріях:

- механічна міцність;
- корозійна стійкість;

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



- можливість використання в просадочних ґрунтах.

Основна перевага сталевих труб обумовлена механічною міцністю і їх повсюдним використанням при будівництві газопроводів в Україні. Пластикові труби характеризуються високою корозійною стійкістю і пластичністю. Враховуючи високу здатність просадки твердих побутових відходів і високу корозійну активність звалищного газу, для прокладки газопроводу рекомендується використовувати все ж таки пластикові труби з поліетилену низького тиску. Поліетиленові газопроводи мають ряд переваг в порівнянні з металевими: вони набагато легші, характеризуються достатньою міцністю, еластичністю і корозійною стійкістю, добре зварюються. Газопроводи не вимагають електрохімічного захисту. Продуктивність праці при будівництві поліетиленових газопроводів в 2,5 разу вище. При прийманні в експлуатацію поліетиленових газопроводів потрібна виконавча документація згідно СНіП 2.04.08-87 і СНіП 3.05.02-88.

За відсутності поліетиленових можуть бути застосовані сталеві труби. У зв'язку з підвищеною агресивністю середовища товщі звалища, при їх використанні газопровід має бути ізольований захисними покриттями посиленого типу відповідно до технічних нормативів, що діють: бітумно-полімерними, бітумно-мінеральними, полімерними (за ГОСТ 15836-79).

Газопровід прокладається в траншеях, пройдених на глибині що запобігає промерзанню труб в зимовий час. При прокладці ліній газопроводу з метою запобігання скупченню конденсату необхідно дотримувати певні ухили, а також встановлювати конденсатовідводи, що забезпечують видалення вологи з системи.

Конденсатовідвідник є сталевим зварним резервуаром для стоку конденсату з системою гідрозатвору, що забезпечують мінімальні трудовитрати по підтримці їх в робочому стані.

Для регулювання роботи газопроводу використовується запірна арматура (крани, засувки і заслінки) з матеріалів корозійностійких до звалищного газу. Запірна арматура повинна забезпечити надійність, оперативність і

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

безпеку при управлінні роботою газопроводу з мінімальними гідравлічними втратами.

По системі трубопроводів, звалищний газ поступає на пункт збору газу.

Газозбірний пункт призначений для примусового витягання газу з товщі звалища. Для цього за допомогою спеціального електровентильатора в системі газопроводів створюється невелике розрідження (близько 100 Мбар).

Потім звалищний газ використовується як паливо для газових двигунів з метою отримання електроенергії або тепла (найраціональніше використання).

### 3.2 Метод визначення метанового потенціалу

Застосування методу математичного моделювання процесів, що протікають в товщі полігону, дозволило теоретично визначити метановий потенціал полігону на кожному етапі його життєвого циклу, що є дуже важливим фактором при проектуванні утилізаційної установки, в розрахунку строку роботи та метанового потенціалу полігону.

Метановий потенціал – це кількість метану, що виділяється одиницею маси відходів даного морфологічного складу.

Для прогнозування емісій метану з полігонів твердих побутових відходів які необхідні для розрахунку початкові дані приймають наступні параметри:

- морфологічний і хімічний склад біорозкладаної частини відходів;
- зольність відходів,  $A$ ;
- вологість,  $W$ ;
- коефіцієнт біорозкладання відходів на стадії повного метаногенеза  $B_f$

(залежить від морфологічного складу біорозкладеної частини твердих побутових відходів), так як ці дані нам невідомо конкретний розрахунок не будемо розглядати, лише методику.

Повний потенціал генерації метану  $L_0$  ( $\text{нм}^3/\text{т}$  сухих відходів) визначається за формулою:

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$L_0 = \sum (L_{oi} \cdot x_i)$$

де  $x_i$  – доли біорозкладаючихся фракцій;

$L_{oi}$  – метановий потенціал ( $\text{нм}^3/\text{т}$  сухих відходів) для кожної фракції відходів з урахуванням коефіцієнту біорозкладання  $B_f$  і зольності  $A$ , визначається за формулою:

$$L_{oi} = 11088 \cdot \frac{n_c}{\mu_i} \cdot (1 - A) \cdot B_f;$$

де  $n_c$  – число кіломолів вуглецю, що міститься в 1 тоні фракції;

$\mu_i$  – молярна маса фракції ( $\text{кг/кмоль}$ ).

Кількість метану  $Q$  ( $\text{нм}^3$ ), що виділиться за час  $\tau$ , визначається таким чином:

$$\frac{dQ}{d\tau} = (L_o \cdot M_c - Q) \cdot k;$$

де  $L_o$  – повний потенціал генерації метану ( $\text{нм}^3/\text{т}$ );

$k = 1/\tau$  – константа швидкості розкладання;

$M_c$  – маса сухих відходів, визначається за формулою:

$$M_c = (1 - W) \cdot M_{\text{вл}}$$

де  $M_{\text{вл}}$  – маса вологих відходів ( $\text{т}$ ).

Виконавши відповідні математичні дії, виведені формули для визначення об'єму метану, що виділиться, і швидкості його виникнення.

Приведені теоретичні основи можуть бути експериментально підтвержені в лабораторних умовах. Приведено результати експерименту, який проводився протягом 30 діб. Газова фаза, що утворюється в процесі біорозкладання, містить (у  $\text{мг/м}^3$ ): метан – 6,74; аміак – 9,0; сірководень – 0,0245; фенол – 0,035; меркаптан – 0,067.

Розрахункові і експериментальні значення об'ємів газу, що виділилися, представлені на рис. 3.2. Регресійний аналіз отриманих результатів показав збіг розрахункових і емпіричних даних з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,996$ .

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		42

Таблиця 3.1. Розрахунок метанового потенціалу

Найменування відходів	Склад компонентів в суміші відходів, в %	Метановий потенціал, л/кг
Харчові	17,2	0,062
Бумага	53,0	0,1279
Садово-паркові	27,8	0,0889

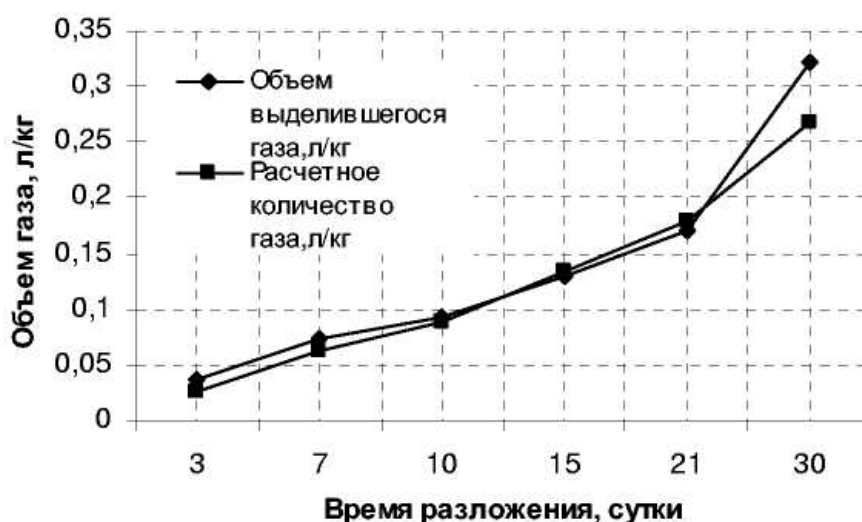


Рис. 3.2. Динаміка утворення метану

Таким чином, достовірність представленої методики для оцінки газосної здатності полігонів підтверджується експериментальними дослідженнями.

### 3.3 Проектування паливної системи газового двигуна

Основні компоненти стандартної паливної газового двигуна системи є:

- Змішувач
- Блок дозування газу (Основний Налаштовуючий Гвинт (ОНГ))
- Редуктор нульового тиску

Співвідношення повітря паливо (СПП), в основному, визначається змішувачем. До тих пір, поки вихідне значення редуктора нульового тиску залишається таким же, як і вхідний тиск змішувача, СПП буде постійним. Потік газу визначається розмірами отворів дозування газу. На практиці розміри отворів дозування газу визначаються так, щоб вони були злегка більші,

ніж потрібні теоретично, що дозволяє за допомогою ОНГ настроювати потік газу в обмеженому діапазоні.

Пропонується для двигуна типу 8ГЧН 25/34 застосувати схему паливної системи, яка зображена на рис. 3.3.

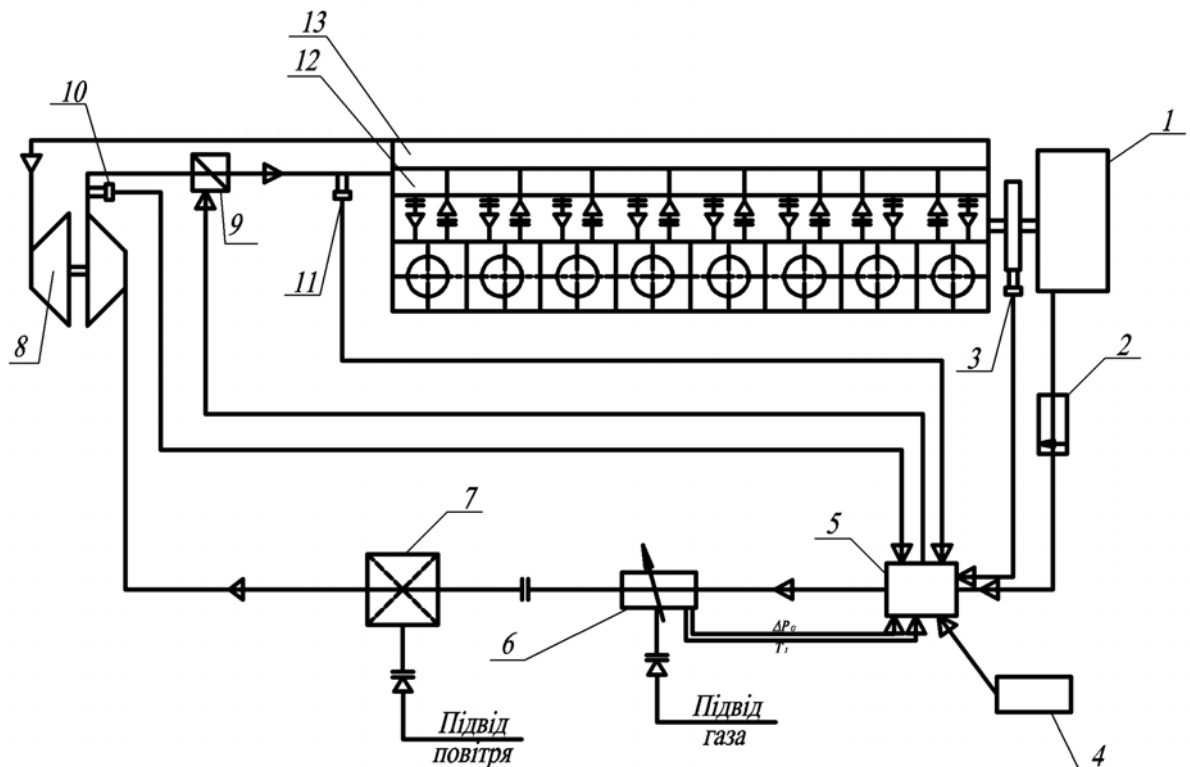


Рис. 3.3. Схема паливної системи газового двигуна типу 8ГЧН 25/34: 1 – генератор; 2 – датчик потужності; 3 – датчик частоти обертання; 4 – комунікаційна програма; 5 – блок управління; 6 – блок дозування газу; 7 – змішувач; 8 – турбокомпресор; 9 – дросельна заслінка; 10 – датчик тиску; 11 – датчик температури; 12 – впускний колектор; 13 – випускний колектор

Теоретично можливо забезпечити розміри отворів дозування газу такими, щоб покрити весь діапазон теплотворної здатності до тих пір, поки є обмеження потоку газу, яке коректує різницю теплотворної здатності, СПП і щільність газу. Порівняння реальної області отворів дозування газу змішувача з теоретично потрібною показує, що, загалом, постачальники завжди додають близько 1/3 від теоретично потрібної.

Це означає, що основним гвинтом налаштування можна управляти таким чином, що СПП буде регульованим. Керований ОНГ, який програмується картами СПП залежно від навантаження і частоти обертання двигуна і реагує на зміни тиску газу і температури суміші, дає ідеальне СПП на всіх режимах роботи двигуна. На основі вимірювань частоти обертання колінчатого валу двигуна, абсолютного тиску у вхідному колекторі, температури суміші і на основі програмованих параметрів, таких як робочий об'єм циліндрів і коефіцієнт заповнення циліндра, можна розрахувати потік суміші. На основі збережених характеристик палива можна також розрахувати потік газу.

Після того, як визначені розміри отворів дозування газу, змішувач комплектується блоком управління. По потоку суміші газу може бути обчислена вставка Вентурі.

Падіння тиску на клапані газу (E-les) обчислюється залежно від всмоктування вставки Вентурі, падіння тиску на отворах дозування газу, падіння і зсуву тиску на регуляторі нульового тиску. Таким чином, можна обчислити необхідну робочу область клапана.

Відомо, що двигуни одного сімейства працюють з приблизно однаковою емісією і характеристикою. Таким чином, жодні додаткові параметри, крім області отворів дозування газу, не вимагають настройки в блоці управління.

Замість використання гайкового ключа, можна запропонувати підключення блоку управління до крокового двигуна і автоматичне регулювання вмісту кисню за допомогою зміни параметра лямбда. Двигун можна налагодити і дистанційно, наприклад, поза станцією. Інформація про робочу область клапана зберігається в блоці управління, і засоби настройки відключаються. Перенастроювання двигуна після цього може проводити лише кінцевий користувач з відповідним рівнем доступу. В разі відключення живлення, високий утримуючий момент крокового двигуна оберігає клапан від небажаного переміщення.

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Вхідний сигнал, що приходить із зовнішньої системи управління, встановлює клапан в положення, відповідне величині вихідного електричного сигналу, що надходить з системи управління користувача. Разом із змішувачем клапан забезпечує ідеальне співвідношення повітря/паливо без додаткової системи управління двигуном і без необхідності присутності фахівців з технічного обслуговування.

### 3.4 Розрахунок змішувальної камери газового двигуна

Вихідні дані:

1. Потужність газового двигуна (номінальна)	Pe= 880 кВт
2. Номінальне число обертів КВ двигуна	n= 750 хв <sup>-1</sup>
3. Витрата газу	V <sub>г</sub> = 389,69 м <sup>3</sup> /год
4. Коефіцієнт надлишку повітря для згорання газу	α = 1,7
5. Коефіцієнт продувки	φ = 1,05
6. Температура повітря і газу при нормальних умовах	T <sub>0</sub> = 293 К

Розрахунок:

1. Об'ємна витрата газо-повітряної суміші (ГПС) на виході із змішувальної камери

$$V_{ГПС} = V_{П} + V_{Г} = 7011,77 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{де: } V_{П} = \alpha \cdot 9,52 \cdot \varphi \cdot V_{Г} = 6622,08 \text{ м}^3/\text{год}$$

тут 9,52 м<sup>3</sup> повітря/м<sup>3</sup> газу необхідний об'єм повітря для згорання 1 м<sup>3</sup> газу

2. Концентрація метану в ГПС

$$\beta = \frac{V_{Г}}{V_{Г} + V_{П}} = 0,056 \quad \text{або} \quad 5,56 \%$$

3. Швидкість повітря в змішувальній камері

$$C_{П} = \frac{4 \cdot V_{П}}{\pi \cdot d^2 \cdot 3600} = 20,27 \text{ м/сек}$$

де: d= 0,034 м - діаметр змішувальної камери  
рекомендується швидкість C<sub>П</sub>=20...60 м/сек

4. Розрідження в змішувальній камері

$$\Delta P = \frac{\rho_{П} \cdot C_{П}^2}{2} = 24,44 \text{ мм.вод.ст.}$$

$$\text{де: } \rho_{\text{II}} = \frac{P_0}{R_{\text{II}} \cdot T_0} = 1,19 \text{ кг/м}^3 \text{ - густина повітря}$$

$P_0 = 98100 \text{ Н/м}^2$  - нормальний тиск повітря

$R_{\text{II}} = 281,5 \text{ Дж/кг*град}$  - газова стала для повітря

5. Тиск газу перед змішувальною камерою (за редуктором низького тиску)

$$P_{\text{Г}} = P_0 + \Delta P_{\text{Г}} = 98150 \text{ Па}$$

$$\text{де: } \Delta P_{\text{Г}} = 50$$

6. Швидкість витікання газу в змішувальну камеру

$$C_{\text{Г}} = \sqrt{z \cdot g \cdot \frac{K}{K-1} \cdot R_{\text{Г}} \cdot T_0 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{P_{\text{В}}}{P_{\text{Г}}} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]} = 47,57 \text{ м/с}$$

де:  $R_{\text{Г}} = 518,9 \text{ Дж/кг*град}$  - газова стала для газу

$P_{\text{В}} = P_0 - \Delta P = 98075,56 \text{ Н/м}^2$  - тиск повітря в змішувальній камері

$$z = 2$$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - прискорення вільного падіння

$$K = 1,3$$

7. Діаметр труби для підведення газу

$$d_{\text{ТР}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{Г}}}{\pi \cdot C_{\text{Г}} \cdot 3600}} = 0,054 \text{ м}$$

8. Ширина щілини для підведення газу в змішувальну камеру знаходимо з рівняння

$$\delta = \frac{V_{\text{Г}}}{3600 \cdot \pi \cdot d \cdot C_{\text{Г}}} = 0,02131448 \text{ м}$$

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		47



### 3.5 Проектування дозатору газу

Дозатор газу (рис. 3.4) призначений для подачі, залежно від заданого навантаження, дозованої кількості газу після турбокомпресора.

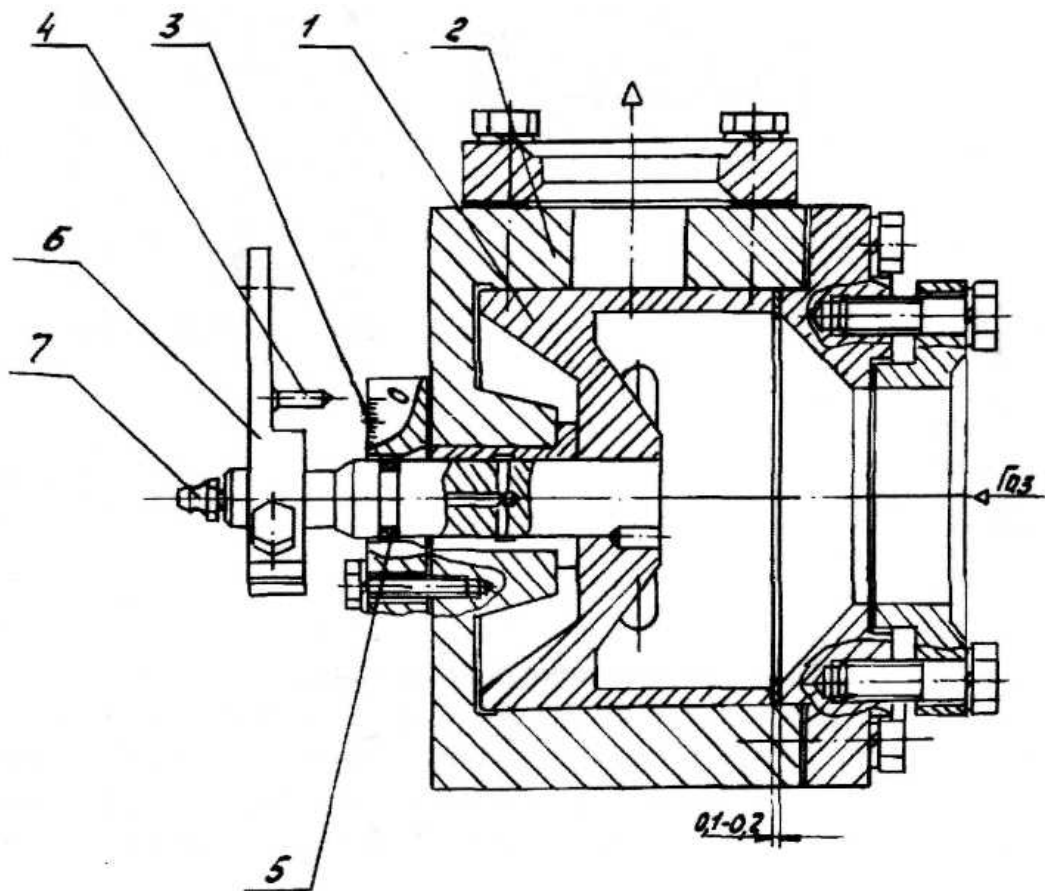


Рис. 3.4. Дозатор газу: 1 – ротор; 2 – корпус; 3 – шкала; 4 – вказчик;  
5 – кільце ущільнююче; 6 – важіль; 7 – масльонка

Основними елементами дозатору газу є корпус і ротор, який обертається в корпусі.

Ротор має на циліндровій поверхні вибірку (щілина) прямокутної форми і вихідний вал, на шпонці якого встановлений важіль 6, сполучений через регулювальну ланку з важелем валу актюатора.

Корпус також має вибірку такої ж форми, але більшого перетину.

Під час переходу роботи двигуна, залежно від заданого навантаження, актюатор повертає важіль 6 і, відповідно вибірку в роторі, яка при поєднанні з вибіркою в корпусі збільшує або зменшує прохідний перетин, чим і регулюється кількість газу, що подається в циліндри двигуна.

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		48

## Розрахунок клапана газового дозатора

Щоб обчислити перетин газового дозатора для даного двигуна, можна розрахувати масову витрату потоку газу через клапан по формулах або використати криві визначення потоку газу.

Масова витрата газу через дозатор залежить від тиску газу на вході в клапан газу, тиску повітря на виході клапана газу, характеристик газу і характеристик потоку через клапани кронос.

Розрахунок газового клапану.

Для визначення діаметру газового клапану знайдемо циклову подачу паливного газу в циліндр двигуна

$$q_r = \frac{B_r}{i \times 60 \times \left(\frac{n}{2}\right)} = 0,00216 \text{ м}^3/\text{цикл.}$$

де:

$B_r = 389,69 \text{ м}^3/\text{год}$  – витрата паливного газу;

$n = 750 \text{ хв}^{-1}$  – число обертів колінчатого валу двигуна.

$i = 8$  число циліндрів

Масова циклова подача паливного газу

$$m_r = q_r \times \rho_r = 0,0016 \text{ кг/цикл.}$$

де:

$\rho_r = 0,72 \text{ кг/м}^3$  – питома витрата паливного газу при нормальних умовах.

Тривалість подачі газу в циліндр двигуна.

$$T_{nod} = \frac{60}{n_{rb}} \times \frac{\varphi_{nod}}{360} = 0,0347222 \text{ сек.}$$

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		49

де  
 $\varphi_{nod} = 125^\circ$  кут подачі газу по колінчатому валу  
 $n_{rb} = 600$

Секундна витрата паливного газу через газовий клапан

$$q_{сек} = \frac{m_r}{T_{nod}} = 0,0449 \text{ кг/сек.}$$

Теоретична швидкість витоку газу через клапан

$$C = \mu \times \sqrt{2 \times \frac{k}{k-1} \times R \times T_1 \times \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} = 181,74 \text{ м/сек}$$

де

$\mu = 0,8$  коефіцієнт витікання

$k = 1,3$  показник адіабати

$R = 519$  Дж/кг.гр. – газова постійна для газу

$T_1 = 320$  К – температура газу перед клапаном;

$P_2 = 0,175$  МПа – тиск повітря у впускному колекторі;

$P_1 = 0,205$  МПа – тиск газу перед клапаном.

”Время – сечения” відкриття газового клапану.

$$A_k = \frac{\pi \times d \times h_k \times \eta \times \cos \alpha_2}{\omega} = 0,04 \times d \times h_k \text{ м}^2\text{сек.}$$

де

$d$  – діаметр клапану, м;

$h_k$  – хід клапану, м;

$\eta = 1$  коефіцієнт повноти  
 $\alpha_2 = 0$  кут твірної корпусу сідла клапану із горизонталлю;

$\omega$  кутова швидкість обертання розподільного валу;

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30} = 78,5 \text{ рад/с.};$$

Потрібне „время – сечения” клапана

$$A_k = \frac{q_r \times P_0 \times 2}{C \times (P_1 + P_2)} = 9,144\text{E-}07 \text{ м}^2\text{сек.}$$

Прийнявши хід клапана  $h_k = 0,002$  м  
визначаємо діаметр клапану.

$$d = \frac{A_k}{0.043 \times h_k} = 0,0106325 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр газового клапана  $d = 0,01$  м

Розрахунок швидкості потоку

Швидкість потоку може бути приблизно розрахована за допомогою М-значення, яке характеризує масову витрату газу через клапан. Проте, такий розрахунок не може замінити реальних вимірювань потоку.

Клапан має наступне М-значення:

$M = 45$

При розрахунку потоку необхідно брати до уваги дві умови:

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		51

Потік не критичний, якщо

$$\frac{P_2}{P_1} \geq \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

Тоді масова витрата потоку газу  $Q$ , (г/сек).

$$Q_{(g/s)} = M \cdot \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \times \rho_{gas0} \times P_1^2 \times \frac{T_0}{T_1} \times \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa}} \right]} = 23,7786$$

Потік критичний при

$$\frac{P_2}{P_1} \leq \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

Тоді масова витрата потоку газу  $Q$ , (г/сек).

$$Q_{(g/s)} = M \cdot \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \times \rho_{gas0} \times P_1^2 \times \frac{T_0}{T_1} \times \left[ \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{2}{\kappa - 1}} - \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1}} \right]} = 23,7786$$

де

$\kappa$  - показник адіабати;

$\rho_{gas0} = 0,72$  - питома вага газу (кг/Нм<sup>3</sup>)

$P_1$  - абсолютний тиск газу на вході в клапан (МПа)

$P_2$  - абсолютний тиск газу на виході з клапана (МПа)

$T_1$  - температура газу на вході в клапан ( ° Кельвіна)

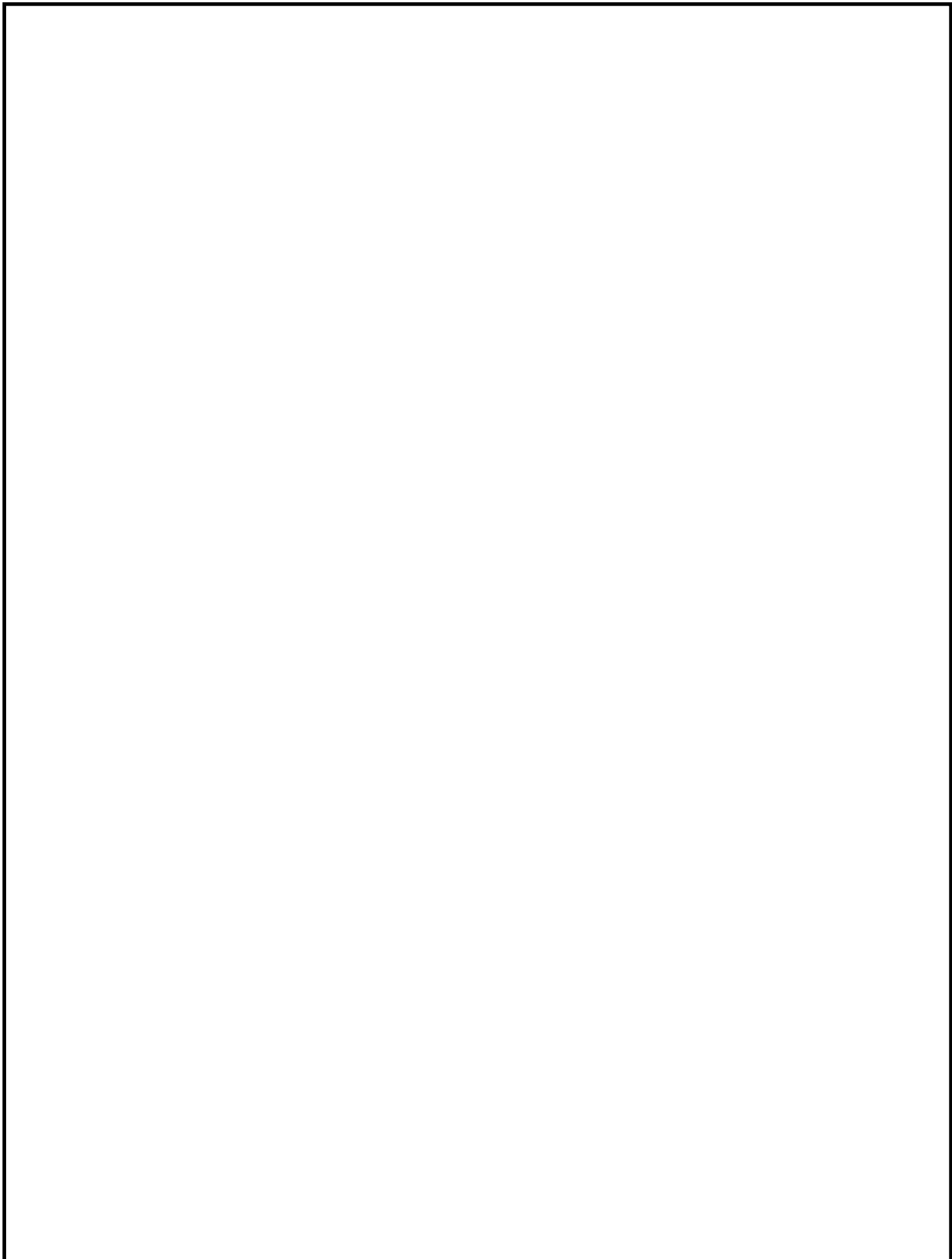
$T_0$  - стандартна температура ( $T_0 - 273^\circ \text{K}$ )

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		52

### 3.6 Висновки по розділу

Детальний аналіз існуючих відомостей звалищного газу показав, що його використання є перспективною альтернативою природним енергоносіям з погляду збереження навколишнього природного середовища і первинних природних ресурсів. Було запропоновано метод математичного моделювання процесів, що протікають в тілі полігону, що дозволяє теоретично визначити метановий потенціал полігону на кожному етапі його життєвого циклу. Запропоновано і детально описано схему паливної системи газового двигуна. Виконано розрахунки змішувальної камери та клапана дозатора і отримано основні конструктивні параметри для ескізної проробки цих деталей.

					КРМ.142.6222м.07.03.ПЗ.	Лист
						53
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



					КРМ.142.6222м.07.04.ПЗ.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сіроштан Б.К.			4 РОЗДІЛ Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							54	6
Керівник		Наливайко В.С.				НУК		
Н. Контр.								
Затверд.		Гогоренко О.А.						

#### 4 РОЗДІЛ

##### Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень

Економічна ефективність від впровадження спроектованого двигуна визначається за методичними вказівками "Показатели качества и экономическое обоснование принятых технических решений при проектировании двигателей внутреннего сгорания".

#### 4.1 Порівняльна характеристика впровадженого двигуна

Мета: аналітичне обґрунтування економічної ефективності впровадження в експлуатацію спроектованого двигуна в порівнянні з базовим.

При визначенні економічного ефекту від створення нового двигуна порівнюються параметри проектуемого двигуна та параметри базового двигуна з урахуванням удосконалення їх до моменту порівняння.

#### 4.2 Оцінка собівартості і ціни двигуна

Собівартість і ціну спроектованого двигуна оцінюємо, виходячи із структури витрат на заводі- виготовнику двигуна прототипу з урахуванням змін, пов'язаних з ухваленням технічних рішень по його доопрацюванню.

Приймаємо для розрахунку собівартість:

двигун прототип-	1350000 грн
спроектований двигун-	1687500 грн
Ціна оптова	
двигун прототип-	1200000 грн
спроектований двигун-	1500000 грн

В табл. 4.1 приведені техніко-економічні показники базового двигуна і спроектованого

Таблиця 4.1 Техніко-економічна характеристика двигунів

№ п/п	Найменування показника	Позначення	Базовий двигун	Проектуемий двигун
1	Потужність, кВт	Pe	630	880
2	Частота обертання колінчатого вала, хв <sup>-1</sup>	n	600	750



Продовження таблиці 4.1. Техніко-економічна характеристика двигунів

3	Діаметр циліндра, м	D	0,25	0,25
4	Хід поршня, м	S	0,34	0,34
5	Середня швидкість поршня, м/с	C <sub>m</sub>	6,8	8,5
6	Питома ефективна витрата газу, м <sup>3</sup> /(кВт год)	Ve	0,44	0,4428
8	Питома ефективна витрата мастила, кг/(кВт год)	g <sub>m</sub>	0,0014	0,0014
9	Оптова ціна, грн.	Ц	1200000	1500000
10	Ціна звалищного газу, грн./м <sup>3</sup>	Ц <sub>п</sub>	5,25	5,25
11	Ціна мастила, грн./кг	Ц <sub>м</sub>	80	80
12	Час роботи двигуна, год	t	7000	7000
13	Кількість контрольних ремонтів	η	2	2
14	Сумарні коефіцієнти по капітальних ремонтах	E <sub>min</sub>	1,1	1,1
15	Коефіцієнт частки вартості робіт	b	0,05	0,05
16	Коефіцієнт частки вартості капітального ремонту	K <sub>кр</sub>	0,4	0,4
17	Коефіцієнт використання потужності	K <sub>м</sub>	0,7	0,7
18	Ресурс двигуна до першого перебирання, год	t <sub>пер</sub>	11000	10000

Продовження таблиці 4.1. Техніко-економічна характеристика двигунів

19	Ресурс двигуна до капітального ремонту, год	$t_{кр}$	60000	65000
20	Коефіцієнт порівняльної економічної ефективності	E	0,15	0,15

#### 4.3 Соціальний ефект

Соціальний ефект полягає в тому, що за рахунок застосування зваличного газу ціна якого становить 5,25 грн/м<sup>3</sup> (близько 20 грн/л), значно знижується собівартість виробляємої енергії, та знижується викиди шкідливих речовин в атмосферу на звалищах. Також це рішення дає можливість вирішити питання по утилізації і переробці побутових відходів.

#### 4.4 Економічний ефект

Таблиця 4.2 Калькуляція собівартості спроектованого двигуна

№	Статті витрат	Структура витрат %	Сума, грн
1	2	3	4
1.	Матеріали і напівфабрикати власного виробництва	48	810000,0
2.	Покупні комплектуючі вироби	10	168750,0
3.	Відходи, що повертаються (віднімаються)	25	421875,0
4.	Транспортно-заготовчі витрати	8	135000,0
5.	Паливо на технологічні цілі	10	168750,0
6.	Енергія на технологічні цілі	5,5	92812,5
7.	Всього матеріальних витрат	56,5	953437,5
8.	Основна заробітна платня виробничих робочих	14	236250,0
9.	Додаткова заробітна платня виробничих робочих	4,5	75937,5
10.	Відрахування на соціальні програми	5,5	92812,5
11.	Відшкудування зносу інструменту цільового призначення	2,1	35437,5
12.	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	5	84375,0
13.	Витрати на зміст і експлуатацію устаткування	4,2	70875,0
14.	Загальновиробничі витрати	2,2	37125,0
15.	Загальногосподарські витрати	3,3	55687,5
16.	Втрати від браку	0,5	8437,5
17.	Інші виробничі витрати	2,2	37125,0
18.	Всього собівартість спроектованого двигуна	100	1687500,0

Таблиця 4.3 Розрахунок вартості введених деталей та складальних одиниць.

№	Найменування деталі (складальної одиниці)	Собівартість (ціна),грн/шт	Кількість, штук	Сума,грн
	<b>Що вводяться</b>			
1.	Свічки запалення		8	1800,0
2.	Елементи системи запалення			2868,0
3.	Елементи системи очищення і подачі газу			8953,0
	<b>Разом що вводяться С<sub>вв</sub></b>			13621,0

Таблиця 4.4 Розрахунок вартості вилучених деталей та складальних одиниць

№	Найменування деталі (складальної одиниці)	Собівартість (ціна),грн/шт	Кількість, штук	Сума,грн
1.	Свічки запалення		8	1800,0
2.	Елементи системи запалення			2400,0
3.	Елементи системи очищення і подачі газу			6570,0
4.				
	<b>Разом вилучених С<sub>вв</sub></b>			10770,0

Таблиця 4.5. Розрахунок економічної ефективності

№	параметр	формула	Значення	
			Базовий двигун	Проектуемий двигун
1	Річна продуктивність, кВт	$N = K_m \cdot N_e \cdot t$	3087000,0	4312000,0
2	Термін служби, років	$T = \frac{t_{кр}}{t}$	8,6	9,3
3	Річні поточні витрати на паливо, грн	$Z_n = g_e \cdot N \cdot Ц_n$	7130970,0	10024106,4
4	Річні поточні витрати на масло, грн	$Z_M = g_M \cdot N \cdot Ц_M$	345744,0	482944,0

Продовження таблиці 6.5 Розрахунок економічної ефективності

5	Річні витрати на поточний ремонт, грн	$Z_{np} = \frac{b \cdot t \cdot \Pi}{t_{nep}}$	38181,8	52500,0
6	Річні поточні витрати на капітальний ремонт, грн	$Z_{kp} = \frac{K_{kp} \cdot t \cdot \Pi}{\varepsilon_{min} \cdot t_{kp}}$	50909,1	58741,3
7	Річні витрати у споживача, грн	$U_1 = Z_n + Z_m + Z_{np} + Z_{kp}$	7565804,9	10618291,7
8	Річний економічний ефект у споживача від використання двигуна, грн	$\varepsilon = \left[ \Pi^{\delta} \cdot \frac{N^n}{N^{\delta}} \cdot \left( \frac{1/T^{\delta} + E^{\delta}}{1/T^n + E^n} \right) + \frac{U_1^{\delta'} - U_1^n}{1/T^n + E^n} \right] - \Pi^n$		
				39824

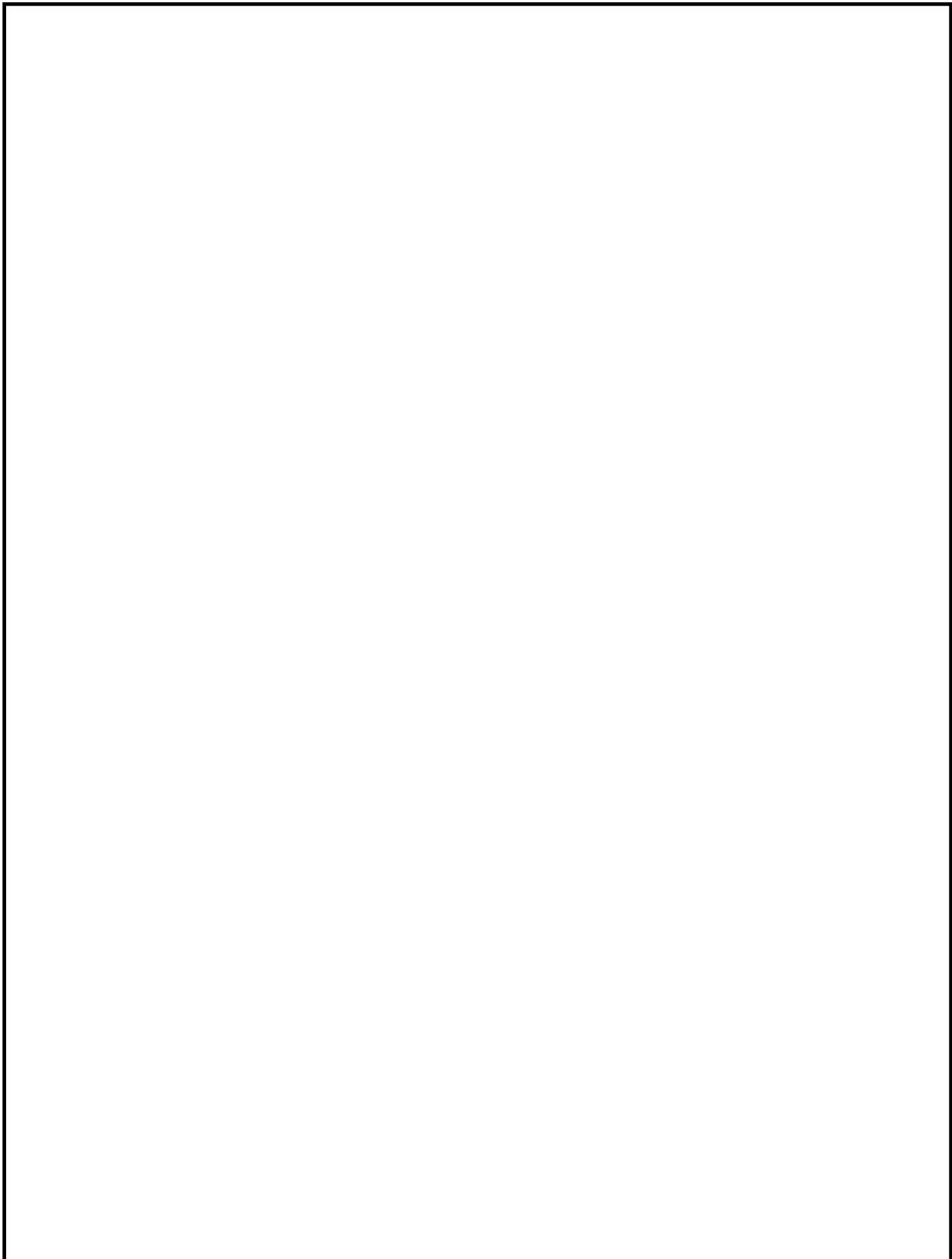
4.5 Висновок по розділу

Приведений результат розрахунку, підтвердив економічну доцільність застосування звалищного газу в якості палива для дизель-генератора, на базі двигуна 8ГЧН 25/34.

Річний економічний ефект зумовлений зниженням річних поточних витрат споживача на паливо, в порівнянні з базовим двигуном.

Річний економічний ефект складає, грн

39824



					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сіроштан Б.К.			5 РОЗДІЛ Організація хорони праці та охорони навколишнього середовища	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							60	19
Керівник		Наливайко В.С.				НУК		
Н. Контр.								
Затверд.		Гогоренко О.А.						

## 5 РОЗДІЛ

### Організація охорони праці та охорони навколишнього середовища

#### 5.1 Розрахунок рівня шуму і вібрації під час роботи двигуна

##### 5.1.1 Визначення поняття охорони праці та особливості державної політики і контролю в цій галузі

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Завдання охорони праці – звести до мінімальної вірогідність ураження або захворювання людини і забезпечити комфорт при максимальній продуктивності праці [14].

Відомо, що між навколишнім середовищем та людиною існує безперервний взаємний зв'язок. Зміна навколишнього середовища викликає ті чи інші зміни в організмі людини. До теперішнього часу ще існують деякі виробничі процеси, які супроводжуються наявністю великої кількості газів, пилу, надлишкового тепла. Під час виробничого процесу на будівельному майданчику виникає великий ризик травматизму, виникають фактори, що шкідливо впливають на працюючих, можуть викликати погіршення стану здоров'я, зниження працездатності. У виробничих процесах відрізняють шкідливості трьох видів.

До першого виду відносять шкідливості, пов'язані з властивостями виробничого процесу, обладнання та матеріалів, що обробляються: виробничий пил, промислові отрути, ненормальні метеорологічні умови (висока температура, теплове випромінювання, надмірний тиск, підвищена вологість повітря), шум, професійні захворювання.

До другого виду відносять шкідливості, пов'язані з властивостями трудового процесу та його режиму: надмірне напруження зору і слуху, тривале змушене положення тіла та інші.

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		61

До третього виду відносять шкідливості, пов'язані з порушенням санітарних вимог: недостатня кубатура робочих приміщень, дефекти освітлення, вентиляції, опалення та інші.

Питання охорони праці освітлюються в багатьох нормативно-правових актах і документах. У 1992 році прийнятий Закон України "Про охорону праці", в якому враховуються взаємини між роботодавцем і працівником. Покращення умов праці призводить до соціальних результатів, покращення здоров'я трудящих.

Державне управління охороною праці в Україні здійснюють:

- Кабінет Міністрів України.
- Державний комітет України з нагляду за охороною праці.
- Міністерства і інші центральні органи виконавчої державної влади.
- Місцеві державні адміністрації і ради народних депутатів.

Державний нагляд за дотриманням законодавчих і інших нормативних актів з охорони праці здійснюють [14]:

- Державний комітет України з нагляду за охороною праці.
- Державний комітет України з атомної і радіаційної безпеки.
- Органи державного пожежного нагляду.
- Органи санітарно - епідеміологічної служби.

Вищий нагляд здійснюється Генеральним прокурором України і підлеглими йому прокурорами.

Суспільний контроль за дотриманням Законодавства про охорону праці здійснюють:

1. Трудові колективи, через обраних або вповноважених осіб.
2. Профспілки, в особі своїх обраних органів і представників.

Дотримання умов техніки безпеки, пожежної безпеки і санітарних правил є найважливішими вимогами щодо запобігання виникненню травматизму, профзахворювань і збереження здоров'я і працездатності людини в процесі роботи на судні.

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		62

### 5.1.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при обслуговуванні установки з ДВЗ

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

Важливими факторами, що впливають на стан працюючого є:

- виділення пари палива і мастила;
- шум;
- вібрація;
- освітлення;
- вентиляція;
- пожежна безпека;
- електробезпека.

*Пара палива та мастила.* Під час роботи двигуна у повітря приміщення виділяється пари палива, надлишкове тепло. Пари палива та мастила потрапляючи в організм людини, діють подразнююче і можуть призвести до виникнення хронічних захворювань легень і дихальних шляхів.

Наявність в машинному відділенні шкідливих газів, призводить до функціональних розладів нервової та серцево-судинної системи, органів дихання. Тривала дія шкідливих речовин на організм людини призводить до появи хронічних професійних захворювань, а внаслідок одноразової дії великих доз шкідливих або токсичних речовин може викликати гостре отруєння.

Шкідливі речовини, що потрапили в організм людини, спричиняють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість в повітрі перевищує граничну для кожної речовини величину. Під гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони розуміють таку концентрацію, яка при щоденній (крім вихідних) роботі протягом 8 годин (але не більше 40 годин на тиждень) за час всього трудового стажу не може викликати професійних захворювань або розладів здоров'я, що визначаються сучасними методами як у процесі праці, так і у віддалені строки

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		63



життя теперішнього і наступних поколінь [14]. Гранично допустимі концентрації небезпечних речовин у повітрі наведено в табл. 5.1.

При роботі двигуна також виділяється велика кількість шкідливих речовин у результаті згоряння палива й мастила. Згідно СНіП 245-71 величина допустимої концентрації оксиду вуглецю не повинна перевищувати 20 мг/м<sup>3</sup> (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Значення гранично допустимих концентрацій деяких небезпечних речовин у повітрі виробничого приміщення

Речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Примітки
Оксиди азоту	5,00	Високо небезпечні
Манган	0,30	Високо небезпечні
Нікель та його оксиди	0,50	Високо небезпечні
Оксид вуглецю	20,00	Мало небезпечні

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

*Шум.* Значний вплив на працюючого здійснює шум – будь-який небажаний звук, що заважає. Виробничим шумом називається шум на робочих місцях, на ділянках або на територіях підприємств, котрий виникає під час виробничого процесу. Під час роботи двигуна можливі шуми того чи іншого рівня. Їх виникнення пов'язане з роботою пристроїв передачі руху, перетворювачів видів та швидкостей руху. В Україні і в міжнародній організації зі стандартизації застосовується принцип нормування шуму на основі граничних спектрів (гранично допустимих рівнів звукового тиску) в октавних смугах частот.

Граничні допустимі величини шуму на робочих місцях регламентуються ГОСТ 12.1.003-86. В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень за їх призначенням. Сані-

тарні норми шуму наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2. Санітарні норми шуму

$b$ , Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\alpha_0$ , Дб	103	96	91	88	85	83	81	80

При тривалій роботі в умовах шуму, перш за все, спостерігається втома слухового апарату, що може призвести до часткової чи навіть до повної втрати слуху, уражаються нервова та серцево-судинна системи та органи травлення. Зменшується виділення шлункового соку та його кислотність, що сприяє захворюванню гастритом. Необхідність кричати при спілкуванні у виробничих умовах негативно впливає на психіку людини. Підвищується кров'яний тиск, стає частішим пульс та дихання, знижується слух. З'являється головний біль, запаморочення, безсоння, ослаблення уваги, знижується працездатність.

*Вібрація.* Вібрації, що виникають під час роботи обладнання, можуть досягати значної інтенсивності та впливати на організм людини безпосередньо. За способом передачі на тіло вібрацію поділяють на загальну, яка передається через опорні поверхні на тіло людини, та локальну, що передається через руки людини.

Вібрація виникає через динамічну неврівноваженість 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, більшої внутрішніх органів через резонансні явища. Стандартні норми вібрації наведені в табл. 5.3.

Вібрація викликає порушення фізіологічного та функціонального станів людини. Стійкі шкідливі фізіологічні зміни називають вібраційною хворобою. При вібраційній хворобі виникають патологічні зміни спинного мозку, серцево-судинної системи, кісткових тканин та суглобів, змінюється капілярний кровообіг [14].

Таблиця 5.3. Санітарні норми вібрації

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

Нормування та гігієнічну оцінку вібрації, що діє на людину у виробничих умовах, згідно ГОСТ 12.1.012-90 здійснюють за одним з наступних методів:

- частотним (спектральним) аналізом нормованого параметра;
- інтегральною оцінкою за частотою нормованого параметра;
- дозою вібрації.

*Освітлення.* Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло займає одне з перших місць. Адже майже 90 % всієї інформації про довкілля людина одержує через органи зору. Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань [14]. Тому значну роль у виробничому процесі відіграє система освітлення. Система призначена для забезпечення освітлення електростанції і складається з таких елементів:

- плафон 60 Вт, 220 В – 2 шт.;
- плафон з лампочкою 60 Вт, 24 В – 2 шт.;
- переноска з лампочкою 60 Вт, 24 В.

Система освітлення функціонує в трьох режимах залежно від обстановки, що склалася:

а) система робочого освітлення – 2 лампи по 60 Вт, що підключені до мережі 220 В і мають плафони для захисту від атмосферних і механічних

пошкоджень;

б) система аварійного освітлення – 2 лампи по 60 Вт, що підключені до акумуляторної батареї в 24 В і мають плафони для захисту від атмосферних і механічних пошкоджень;

в) система ремонтного освітлення – 1 лампа на 60 Вт, що підключена до розетки 24 В на пульті управління електростанцією. Має переносний плафон для зручності перенесення.

*Вентиляція.* У результаті порушення герметичності з'єднань деталей двигуна в приміщенні електростанції можуть з'явитися токсичні сполуки (CO; SO<sub>2</sub>; CH). Щоб запобігти підвищенню концентрації шкідливих речовин, необхідна система вентиляції. Система вентиляції призначена для створення нормальних метеорологічних умов повітряного середовища [14].

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

1. Кількість приточного повітря повинна відповідати кількості вилученого, різниця між ними повинна бути мінімальною.
2. Система вентиляції не повинна створювати шум, що перевищує допустимі норми.
3. Система вентиляції повинна бути електробезпечна, пожежобезпечна і вибухобезпечна, проста у виконанні, надійна в експлуатації та ефективна.

Система вентиляції розроблена відповідно до вимог і норм СНіП. Електростанція облаштована системою автоматичної вентиляції, що складається з таких елементів:

- клапан повітряний утеплений 1000×900;
- клапан повітряний утеплений 800×500 – 2 шт.;
- електропривод типу Velimo для клапана 1000×900;
- електропривод типу Velimo для клапана 800×500 – 2 шт.;
- захисні металеві решітки 1000×900;

– захисні металеві решітки 800×500 – 2 шт.

Для автоматизації провітрювання приміщення електростанції і підводу повітря використовуються клапани повітряні утеплені. Спеціальна оцинкована сталь дозволяє гарантувати довговічність використання. Встановлені на випадок холодної погоди трубчасті нагрівачі використовують для розігрівання і запобігання їх замерзанню. За відкривання і закриття повітряних клапанів відповідає надійний електропривод, що працює в двох режимах – в жорсткому "відкрито-закрито" і в плавному регулюванні подачі повітря. Для збільшення надійності в електропривод вбудований захист від перевантаження, який відключає привод при виникненні НП. Управління системою нерегульованих металевих жалюзійних решіток відбувається автоматично залежно від температури всередині електростанції. Також можливо здійснити відкриття або закриття жалюзі вручну.

*Пожежна безпека.* Причиною пожеж можуть бути: несправні електроприлади, самозаймання промасленого дрантя, несправність запірної арматури, знос і корозія елементів паливної апаратури, застосування відкритого вогню, недотримання норм пожежної безпеки при роботі з легко займистими речовинами [14]. Для попередження виникнення і усунення пожежі на електростанції існує автоматична система пожежогасіння, автоматична система пожежної сигналізації і система оповіщення людей про пожежу.

Автоматична пожежна сигналізація призначена для визначення наявності пожежі на електростанції. Сама система є об'єднаним комплексом, що складається з приладу приймально-контрольного охоронно-пожежного, автоматичного пожежного оповісника, комутаційного пристрою і електронних ключів. При сигналі "Пожежа" відбувається повне виключення електростанції і закриття системи вентиляції. Щоб ніхто сторонній не міг міняти настройки пожежної системи, вона захищена електронними ключами, які видаються тільки персоналу.

Електростанція має власну автоматичну систему пожежогасіння. У стелю електростанції вмонтований порошковий модуль пожежогасіння, який

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
						68
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

здатний локалізувати пожежу класу А, В, С і Е, а зовні блоку виноситься інформаційне табло. Система може бути запущена як в автоматичному режимі, так і в ручному з пульта. В приміщенні електростанції встановлюється газопорошкова або газова система пожежогасіння.

*Електробезпека.* Для контролю і регулювання роботи електростанції є щит власних потреб.

Проходячи через тіло, струм впливає:

1. Термічно. Виражається в опіках, нагріванні кровоносних судин, нервів і інших тканин, гіперскороченні м'язових тканин.
2. Електрично. Виражається в зміні фізико – хімічного складу крові та інших рідин.
3. Біологічно. Виражається в подразненні і руйнуванні тканин організму, а також у порушенні внутрішніх процесів.

### 5.1.3 Розрахунок рівня шуму і вібрації в приміщенні електростанції

Рівень шуму вироблений двигуном 8ГЧН 25/34 визначається за формулою:

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

де  $n_n$  – номінальна частота обертання,  $n_n = 750$  об/хв;

$n$  – робоча частота обертання,  $n = 750$  об/хв;

$N_e$  – номінальна потужність двигуна,  $N_e = 880$  кВт.

$$L = \left[ 54 + 10 \lg(750 + 880^{0.55}) + 30 \lg\left(\frac{750}{750}\right) \right] = 83,0 \text{ дБ.}$$

Рівень шуму має допустимі значення. Для зниження аеродинамічного шуму, створеного двигуном, використовуються глушники різних конструкцій. Використання глушників дозволяє знизити рівень шуму на 10...12 дБ.

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

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		69

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

Рівень вібрації для двигуна 8ГЧН 25/34 визначається за формулою:

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

де  $m$  – маса спроектованого двигуна,  $m = 11380$  кг.

$$L = 44 + 10 \lg \left( \frac{750 \cdot 880^{0.55} \cdot \left( \frac{1 + 880}{11380} \right)}{1 + \left( \frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{11380}{880}} + 30 \lg \left( \frac{750}{750} \right) \right) = 77,8 \text{ дБ.}$$

Отже, рівень вібрації не перевищує норм.

5.1.4 Аналіз заходів, що передбачені для покращення умов праці при обслуговуванні ДВЗ

Двигуни відносяться до найбільш гучних механізмів і у більшості випадків є основними джерелами шуму і вібрації. Найбільш ефективним і, у той же час, найбільш складним є метод боротьби з шумом самого двигуна. Суть методу – у спеціальній організації робочого місця і конструктивному оформленні двигуна і його вузлів, у поліпшеній технології виготовлення й обробки деталей двигуна (підвищена точність нарізання зубців шестерні, загальне доведення і притирання деталей, вибір малогучних підшипників).

Одним з найбільш розповсюджених методів є ізоляція звуку і вібрації. Ізоляцію повітряного шуму виконують за допомогою звукоізолюючих кожухів і перегородок, а також за допомогою звукоізоляції самої електростанції. Ефективним способом зменшення шуму і вібрації є установлення віброгасників у місцях підвищеної вібрації, а також закріплення дверей та люків з метою зменшення тремтіння.

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
						70
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

На електростанції для створення сприятливих умов праці є вентиляція – сукупність заходів та засобів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та в зонах виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що задовольняють гігієнічні та технічні вимоги. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже. Головною санітарно-гігієнічною вимогою до облаштування вентиляції є підтримання у приміщенні складу та стану повітря, які задовольняють гігієнічним та технологічним вимогам.

Для запобігання враження електричним струмом на електростанції використовується відповідне ізоляційне покриття і спецодяг, а також автоматична система контролю стану електромережі і аварійна система вимикання електрокористувачів. Також є освітлення, автоматична система пожежної сигналізації і пожежогасіння.

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

Вирішення даного питання є найбільш важливим для збереження здоров'я та працездатності робочих. На даному виробництві найчастіше виникають проблеми з органами дихання, слизовими оболонками очей, нервовою та серцево-судинною системами. Дія на людину великих доз шкідливих речовин призводить до виникнення захворювань та гострого отруєння.

До обслуговування ДВЗ допускаються люди, що пройшли спеціальну технічну підготовку і мають посвідчення з техніки безпеки та правил експлуатації ДВЗ.

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
						71
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



Перед пуском двигуна необхідно дотримуватись наступних правил:

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

## 5.2 Охорона навколишнього середовища

### 5.2.1 Вступ

Навколишнє середовище – це середовище проживання та виробничої діяльності людини, яке містить у собі не тільки простір, але й природні та антропогенні, тобто створенні людиною, соціальні, фізичні, біологічні, хімічні явища та елементи – все те, що безпосередньо чи побічно впливає на життя та діяльність людини.

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

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

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

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкіру і з їжею. Більшість цих речовин

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		72

відносяться до небезпечних і шкідливих виробничих факторів, оскільки вони негативно впливають на організм людини.

### 5.2.2 Забруднення навколишнього середовища, які виникають при експлуатації двигуна

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

Розглянемо характер впливу компонентів, що містяться у відхідних газах двигунів, на організм людини. За цією ознакою вони поділяються на 6 груп .

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

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

Вплив окису вуглецю залежить від його концентрації в атмосфері. До 0,0016% по обсязі концентрація нешкідлива, при 0,01 % спостерігається хро-

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		73

нічне отруєння при тривалому перебуванні, 0,05 % – легке отруєння через 1 годину, 1,0 % – утрата свідомості після декількох вдихів і смерть, якщо людини не винести з повітряного простору з такою концентрацією окису вуглецю і не надати йому необхідну допомогу.

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

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

До *четвертої групи*, самої численної, відносяться різні вуглеводні (сполуки типу  $C_nH_m$ ), що є представниками всіх гомологічних рядів: алкенів, алкадїїнів, цикланів, а також ароматичних сполук, у тому числі канцерогенів. Мають неприємний запах, викликають багато хронічних захворювань, роблять загальнотоксичний і дратівний вплив.

У *п'яту групу* входять альдегіди. Вони мають різкий запах (особливо – формальдегід). При визначених дозах викликають роздратування дихальних

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
						74
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

шляхів і слизуватих оболонки носа й очей. Дія на організм людини характеризується дратівним і загальнотоксичним ефектом на центральну нервову систему, ураженням внутрішніх органів. У відпрацьованих газах присутні в основному формальдегід і акролеїн.

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

Склад відхідних газів двигунів на 99,0...99,9 % складається з продуктів повного згоряння (вуглецю і пари води), залишкового кисню й азоту повітря. Але саме частина ВГ, що залишилася (не більш 1 % від загальної витрати ВГ, практично рівної витраті повітря) визначає екологічний рівень двигунів, тобто ступінь шкідливого впливу на навколишнє середовище: рослинний і тваринний світ, людину, архітектурні будівлі.

Основними шкідливими компонентами вихлопних газів газових двигунів є *окиси азоту, а також сірчисті з'єднання.*

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

Діоксид вуглецю не створює явної шкоди людині в умовах відкритих провітрюваних приміщень. Він до останнього часу не вважався шкідливим компонентом ВГ двигунів. У той же час утворення вуглекислого газу з вико-

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
						75
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

пних вуглецевих палив веде до збільшення кількості цього газу в атмосфері. Вуглекислий газ входить у число так званих парникових газів атмосфери. Парникові гази здатні уловлювати довгохвильове теплове випромінювання Землі, що не затримується іншими компонентами атмосфери. До парникових газів відносяться водяна пара, метан, фреони і деякі інші сполуки. Молекули парникових газів сприймають кванти енергії довгохвильового випромінювання, збуджуються, і самі випромінюють. Це випромінювання спрямоване в усі сторони, у результаті половина енергії направляється в космос, а половина повертається на Землю. Дія парникових газів забезпечує підтримку в атмосфері Землі і на її поверхні визначених рівноважних температур (для атмосфери середня річна температура приземного шару +14 °С), що є результатом теплового балансу в системі Сонце – Земля – Космос. Збільшення кількості вуглекислого газу веде до збільшення так званого «парникового ефекту», що може вплинути на зміну клімату планети.

Усі зазначені речовини при досягненні певної концентрації в повітрі можуть призвести до смертельного результату. Хоча, звичайно, ступінь шкідливості цих речовин різна і відповідно різна допустима концентрація їх у повітрі. Їх постійний вплив на людину, тварин і рослини може призвести до мутацій на генетичному рівні і до різкої спадкової зміни організмів, що змінює їх морфологічні (зовнішня і внутрішня будівля) і фізіолого-поведінкові ознаки.

Вплив відхідних газів ДВЗ на рослинність обумовлено потраплянням їх як на поверхню рослин, так і в клітини (із ґрунтовими водами). Особливо рослини чутливі до оксидів сірки, оксидів азоту, а також до сполук оксидів азоту з вуглеводнями.

Вплив відхідних газів двигунів на будинки, пам'ятники та інші будівлі також визначається осадженням на поверхнях будівельних елементів сполук оксидів азоту і сірки з парою води, а також осадженням маслянистих частинок сажі.

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
						76
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

### 5.2.3 Основні способи зниження токсичності і димності відхідних газів

*Удосконалювання робочих процесів і сумішоутворення.* При цьому підвищують інтенсивність турбулентності суміші в камері згоряння, збільшують тривалість і потужність електричного розряду, особливо при роботі на бідних сумішах. Це зменшує викид  $CO$  на багатих сумішах, але може збільшити викид  $NO_x$  при роботі на номінальних навантаженнях і на бідних сумішах. Покращують розпилювання палива на всіх режимах роботи, включаючи холостий хід, примусовий холостий хід, часткові і перехідні режими. Покращують рівномірність надходження палива у циліндри двигуна. Зменшення кутів, що визначають момент запалювання, зменшує викид  $NO_x$ , але погіршує економічність двигуна, а також сприяє росту викиду вуглеводнів і  $CO$ .

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

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

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		77

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

### 5.3 Висновок по розділу

При проектуванні газового двигуна типу 8ГЧН 25/34 для стаціонарної електростанції враховано вимоги щодо охорони навколишнього середовища, розглянуто забруднюючі фактори при експлуатації двигуна і розроблено способи зниження токсичності і димності викидів під час роботи станції, тобто експлуатація буде відповідати існуючим нормам безпеки.

Було проаналізовано небезпечні виробничі фактори, що виникають під час обслуговування установок з ДВЗ. На основі державних стандартів і вимог щодо захисту обслуговуючого персоналу було розроблено заходи щодо зменшення або повного усунення, де це можливо, шкідливого впливу виробничих факторів на людей. Було також розраховано рівні шуму і вібрації в приміщенні електростанції і перевірено їх відповідність основним вимогам.

					КРМ.142.6222м.07.05.ПЗ.	Лист
						78
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК ПО ПРОЕКТУ

Згідно з завданням на кваліфікаційну роботу виконано розробку електростанції з двигуном 8ГЧН 25/34 потужністю 880 кВт, який працює на звалищному газі.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки на 84 сторінках і 6 листів креслень формату А1.

Спроектований газовий двигун відрізняється від двигунів, які працюють на природному газі тим, що для забезпечення довговічності і надійності роботи на звалищному газі прийнята система управління співвідношенням газ-повітря і виконано розрахунки та проектування дозатора газу. Таке рішення було прийнято у зв'язку з тим, що звалищний газ є газом змінного хімічного складу. Спроектований дозатор газу включений в розроблену схему паливної системи, що дозволяє підтримувати оптимальний коефіцієнт надлишку повітря у всьому діапазоні роботи двигуна і можливих змінах хімічного складу звалищного газу.

Спроектований двигун при його виготовленні та встановленні на звалищах України може виробляти електричну та теплову енергію і зменшувати тим самим викиди метану  $CH_4$  в навколишнє середовище.

Крім того, завдяки застосуванню в якості палива звалищного газу в двигунах внутрішнього згорання значно знижується собівартість виробленої енергії та вирішується проблема утилізації твердих побутових відходів на звалищах країни.

					КРМ.142.6222м.07.ПЗ.	Лист
						79
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дьяченко Н.Х. Теория двигателей внутреннего сгорания. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1974. – 552 с.
2. Васильев Л.А. Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания: Методические указания. – Хабаровск: Хабаровский политехнический институт, 1987. – 32 с.
3. Дизели. Справочник – 3-е изд., перераб. и доп./Под ред. В.А. Ваншейдта и др. – Л.: Машиностроение, 1977. – 480 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания. Конструкция и расчет поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина – М.: Машиностроение, 1972. – 464 с.
5. Запов Ю.И. Расчет систем двигателей внутреннего сгорания: Методические указания. – Хабаровск: Хабаровский государственный технический университет, 1998. – 29 с.
6. Судовые двигатели внутреннего сгорания: Учебник / Ю.Я. Фомин, А.И. Горбань, В.В. Добровольский, А.И. Лукин и др. – Л.: Судостроение, 1989. – 344 с.: ил.
7. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.
8. Колеров А.К. Газовые двигатели поршневого типа / А.К. Колеров. – Л.: Машиностроение. – 1968.
9. Кираковский И.Ф. Стационарные газовые двигатели / И.Ф. Кираковский. – М.: Машиз. – 1953.
10. Гамбург Д.Ю, Семёнов, В.П. Производство генераторного газа на базе твердого топлива // Химическая промышленность. 1983.- №5.-с. 4-10.
11. Бекаев Л.С. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию / Л.С. Бекаев, О.В. Марченко, С.П. Пинегин и др. – Новосибирск: Наука, 2000. – 300 с.

					КРМ.142.6222м.07.ПЗ.	Лист
						80
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

12. Тереньтьев Т.А. Моторное топливо из альтернативных сырьевых ресурсов / Т.А. Тереньтьев, В.М. Тюков, Ф.В. Смаль – М.: Химия 1989. – 271 с.
13. Расчет экономической эффективности новой техники на машиностроительных предприятиях / В.А. Корчагин. К.: Техника, 1980. – 104 с.
14. Охрана труда, техника безопасности и пожарная профилактика, В.А.Шнацкий, Л.: Судостроение, 1976.
15. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник / Под ред. Г.П. Демиденко. – К.: Вища шк. Головное изд – во, 1987. – 256 с.
16. Знков А.А. Справочник технолога / А.А. Знков, Х.Ю. Стеля, М.: Машиностроение. Том I. – 1989, 300 с.

					КРМ.142.6222м.07.ПЗ.	Лист
						81
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість.	Примітки
				<u>Документація</u>		
			КРМ.142.6222м.07.01-02	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Блок картер	1	
		2		Колінчастий вал	1	
		3		Фундаментна рама	1	
		4		Поршень	8	
		5		Кришка циліндра	8	
		6		Розподільчий вал	1	
		7		Штанга	16	
		8		Випускний колектор	1	
		9		Впускний колектор	1	
		10		Турбокомпресор	1	
		11		Пусковий клапан	8	
		12		Щит приладів	1	
		13		Маховик	1	
		14		Масляний насос	1	

					КРМ.142.6222м.07.01-02			
м	Ли	№ докум.	Підп.	Дата	Двигун 8ГЧН 25/34	Літера	Лист	Листів
Розроб.	Сіроштан Б.К.					Н	1	1
Перевір	Наливайко В.С.					НУК		
Т.контр.								
Н.контр.								
Затв.	Гогоренко О.А.							

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			КРМ.142.6222м.07.05	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Вставка	1	
		3		Ущільнююче кільце	1	
		4		Фланець	1	
		5		Прокладка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		6		Болт М8-8g*25	4	
				ГОСТ18829-73		
		7		Болт М12-8g*25.66.45	2	
				ГОСТ7808-70		
		8		Кільця 122-130-И6-2-2	2	
				ГОСТ 188829-73		

					КРМ.142.6222м.07.05			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Камера змішувальна	Літера	Лист	Листів
Розробив		Сіроштан Б.К.				Н	1	1
Перевір.		Наливайко В.С.				НУК		
Т.контр.								
Н. контр.								
Затв.		Гогоренко О.А.						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			KPM.142.6222м.07.06	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Кришка	1	
		3		Прокладка	2	
		4		Діафрагма	1	
		5		Планка	1	
		6		Кришка	1	
		7		Вісь	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		8		Підшипник 202		
				ГОСТ 8338-75		

					KPM.142.6222м.07.06			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Заслінка	Літера	Лист	Листів
Розроб.	Сіроштан Б.К.					У	1	1
Перевір	Наливайко В.С.					НУК		
Т.контр.								
Н.контр.								
Затв.	Гогоренко О.А.							

Ім'я користувача:  
Oleksiy Gogorenko

ID перевірки:  
1013171060

Дата перевірки:  
04.12.2022 10:35:38 EET

Тип перевірки:  
Doc vs Internet

Дата звіту:  
04.12.2022 10:36:59 EET

ID користувача:  
100009552

Назва документа: Сіроштан Б.К. 6222м

Кількість сторінок: 85 Кількість слів: 12909 Кількість символів: 92411 Розмір файлу: 3.54 MB ID файлу: 1012936472

## 3.95% Схожість

Найбільша схожість: 0.64% з Інтернет-джерелом (<https://www.yumpu.com/xx/document/view/34736261/un-1-2-n-3-4-u-...>)

3.95% Джерела з Інтернету

133

Сторінка 87

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

32