

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Геннадій ВАРЛАМОВ
(підпис)

“ ____ ” _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Біогазова установка для тепло- і енерговиробництва»

Виконав: студент IV курсу, групи ТП-71

Школяр Володимир Олександрович

Керівник: проф., д.т.н Геннадій ВАРЛАМОВ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище) (підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н. Юрій ПОЛУКАРОВ _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, прізвище) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ (підпис)

Київ – 2021 р.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Геннадій ВАРЛАМОВ

(підпис)

«___» _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Школяру Володимиру Олександровичу

1. Тема проекту: «Біогазова установка для тепло- і енерговиробництва»

керівник проекту проф., д.т.н Геннадій ВАРЛАМОВ,

затверджені наказом по університету від «___» _____ 2021 р. №___

2. Термін подання студентом проекту 16.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: біогазова установка, встановлена потужність якої складає 330 кВт. Працює на субстратах: Гній ВРХ, силос кукурудзи. Добове виробництво: біогазу – 3630 м³; електричної енергії - 2640 МВт * год; теплової енергії - 3160 МВт * год; твердих добрив (вологість 70%) - 9344 тонн, рідких добрив (вологість 99%) - 18 359 тонн.

4. Зміст пояснювальної записки

4.1. Загальні характеристики біогазу

4.2. Характеристика процесів та особливості повного циклу виробництва та використання біовідходів.

4.3. Принципова схема та характеристика процесів виробництва біогазу.

4.4. Опис технологічного устаткування біогазової енергоустановки.

4.5. Загальні результати та особливості ефективного використання біовідходів.

4.6. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

1) Розміщення будівель і споруд – 1 арк. ф. А1

2) Монтажно-технологічна схема – 1 арк. ф. А1

3) Конструктивні елементи ферментатора – 1 арк. А1

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
охорона праці	<u>доцент, к.т.н. Юрій ПОЛУКАРОВ</u>		

7. Дата видачі завдання 19.05.21 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Опис існуючого обладнання біогазової станції	20.05.21 р.	
2.	Розробка схем установки	25.05.21 р.	
3.	Опис технологічних процесів,	27.05.21 р.	
	пов'язаних із виробництвом біогазу		
4.	Теоретичні розрахунки існуючого	30.05.21 р.	
	обладнання		
5.	Порівняння розрахунків з реальними	02.06.21 р.	
	показниками та характеристиками		
6.	Охорона праці	04.05.21 р.	
7.	Графічна частина		
	- Розміщення будівель і споруд	08.06.21 р.	
	- Монтажно-технологічна схема	12.06.21 р.	
	- Конструктивні елементи ферментатора	14.06.21 р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки	16.06.21 р.	

Студент

(підпис)

Володимир ШКОЛЯР

(ім'я, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Геннадій ВАРЛАМОВ

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

на тему: «Біогазова установка для тепло- і енерговиробництва»

Київ – 2021р.

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему «Біогазова установка для тепло- і енерговиробництва»: пояснювальна записка на 61 с., 14 рис., 6 табл., 18 бібліографічних найменувань; 2 дод.; креслень – 3 арк. Ф. А1.

Робота присвячена аналізу умов експлуатації реальної біогазової установки, розгляду і розрахунку процесів енерговиробництва з органічних відходів, розробці заходів з підвищення ефективності та надійності її роботи.

Представлено та проаналізовано основні характеристики генерування біогазу з використанням біовідходів від корів на фермі у п. Бзів Бориспольського району Київської області із визначенням екологічних показників експлуатації об'єкту.

Проведено загальні розрахунки біогазової установки за реальними показниками її завантаження та порівняні їх із даними, що зазначені в документації біогазової станції.

Користуючись нормативними матеріалами, паспортними даними та проектною документацією наданою підприємством «Ecodevelop», проведено розрахунки технологічних характеристик метантенку для різних типів сировини, що зброжується в біогазовій установці. Виконано порівняння цих характеристик.

Розроблені та запропоновані пропозиції з метою підвищення ефективності установки та удосконалення виробництва біогазу.

До проєкту додаються креслення на яких наведено розміщення будівельних споруд та монтажно-технологічна схема.

Ключові слова: біогазові установка, розрахунки, аналіз, пропозиції, підвищення ефективності, надійність, охорона праці.

SUMMARY

Diploma project of the first (bachelor's) level of higher education on the topic "Biogas plant for heat and energy production": explanatory note for 61 pages, 14 figures, 6 tables, 18 bibliographic titles; 2 add .; drawings - 2 sheets. F. A1.

The work is devoted to the analysis of operating conditions of a real biogas plant, consideration and calculation of energy production processes from organic waste, development of measures to improve the efficiency and reliability of its work.

The main characteristics of biogas generation using biowaste from cows on a farm in the village of Bzov, Boryspil district, Kyiv region are presented and analyzed with the definition of environmental performance of the facility.

The general calculations of the biogas plant are carried out according to the real indicators of its loading and compared with the data specified in the documentation of the biogas plant.

Using regulatory materials, passport data and design documentation provided by the company "Ecodevelop", calculations of technological characteristics of the methane tank for different types of raw materials, which are armed in the biogas plant. A comparison of these characteristics is performed.

Proposals have been developed and proposed to increase the efficiency of the plant and improve biogas production.

The project is accompanied by drawings showing the location of buildings and assembly and technological scheme.

Keywords: biogas plant, calculations, analysis, proposals, efficiency improvement, reliability, labor protection.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект первого (бакалаврской) уровня высшего образования на тему «Биогазовая установка для тепло- и энергопроизводства»: пояснительная записка на 61 с., 14 рис., 6 табл., 18 библиографических наименований 2 доп. ; чертежей - 2 л. Ф. А1.

Работа посвящена анализу условий эксплуатации реальной биогазовой установки, рассмотрению и расчета процессов энергопроизводства из органических отходов, разработке мероприятий по повышению эффективности и надежности ее работы.

Представлены и проанализированы основные характеристики генерирования биогаза с использованием биоотходов от коров на ферме в п. Бзов Бориспольского района Киевской области с определением экологических показателей эксплуатации объекта.

Проведено общее расчеты биогазовой установки по реальным показателям ее загрузки и сравнению их с данными, указанными в документации биогазовой станции.

Пользуясь нормативными материалами, паспортными данными и проектной документацией предоставленной предприятием «Ecodevelop», проведены расчеты технологических характеристик метантенке для различных типов сырья, зброжується в биогазовой установке. Выполнено сравнение этих характеристик.

Разработаны и предложены предложения с целью повышения эффективности установки и совершенствования производства биогаза.

К проекту прилагаются чертежи на которых приведены размещения строительных сооружений и монтажно-технологическая схема.

Ключевые слова: биогазовая установка, расчеты, анализ, предложения, повышение эффективности, надежность, охрана труда.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІКУМОВНИХПОЗНАЧЕНЬ,СКОРОЧЕНЬ,ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	11
1 ЗАГАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ БІОГАЗУ ТА НОРМАТИВНА БАЗА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ.....	12
1.1 Загальні положення.....	12
1.2 Види сировини для отримання біогазу.....	14
1.3 Енергетичне обґрунтування використання біогазу.....	15
1.4Висновки за розділом 1.....	17
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПОВНОГО ЦИКЛУ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ БІОВІДХОДІВ.....	18
2.1 Процес вироблення біогазу.....	18
2.2 Висновки за розділом 2.....	23
3. ПРИНЦИПОВА СХЕМА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ.....	24
3.1Принципова схема процесу утворення біогазу.....	25
3.3 Експлуатаційні параметри.....	26
3.4 Температура процесу.....	27
3.5 Мікробіологічні процеси, що протікають в біогазовій установці.....	28
3.6 Висновки за розділом 3.....	30
4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ	31
4.1 Основні структурні елементи біогазової установки.....	31
4.2 Опис елементів біогазової установки.....	32
4.3 Методика розрахунку біогазових установок.....	35
4.4 Розрахунок і вибір устаткування для біогазової станції.....	38
4.5 Розрахунок біогазової установки.....	40
4.6 Висновки за розділом 4.....	44
5 ЗАГАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ БІОВІДХОДІВ.....	45
5.1 Загальні результати використання біовідходів.....	45
5.2 Параметри і режими роботи біогазової установк.....	45

					ТП 71 97 010 ПЗ			
Зм.	Кільк	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Школяр				Біогазова установка для тепло- і енерговиробництва. Пояснювальна записка.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Варламов					ДПБ	7	61
П. контр						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, кафедра ТПТ		
Н.контр	Боженко							
Зав. каф.	Варламов							

5.3 Пропозиції щодо підвищення ефективності роботи біогазової установки	49
5.4 Висновки за розділом 5	51
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці	52
6.2 Пожежна безпека	57
6.3 Висновки за розділом	57
Висновки	58
Список використаної літератури	59
ДОДАТКИ	
Додаток А Перевірка дипломного проекту на академічну доброчесність	61

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

t – температура;
 Q – витрата теплоти;
 G – витрата води;
 F – площа поверхні нагріву;
 α - коефіцієнт тепловіддачі;
 κ - коефіцієнт теплопередачі;
 W – швидкість руху теплоносіїв;
 D – діаметр патрубків;
 P – тиск;
 V – об'єм води;
 A – температурний множник;
 Re – число Рейнольдса;
 Pr – критерій Прандтля;
 ν - кінематична в'язкість;
 λ - теплопровідність;
 ρ - густина.

Індекси:

нижні:

роб – параметри робочі;
б – параметри біогазу;
0 – параметри почтакові;
доб. – параметри добові;
довк. – параметри навколишнього середовища;
р – розрахункова величина;
ср – середні параметри;
сор – параметри сухої органічної речовини;

Скорочення:

СОР – суха органічна речовина;
ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;
СЗ – сухий залишок;
ККД – коефіцієнт корисної дії;

БГУ – біогазова установка;

КВЕ – коефіцієнт відтворення енергії

РОК – розрахункова очікувана кількість

ДБН – Державні будівельні норми;

ДСН – державні санітарні норми;

ГОСТ – государственный стандарт.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Біогазова установка – один з варіантів виробництва електричної та теплової енергії, який не потребує застосування традиційного органічного палива такого як вугілля, природного газу тощо. Це сучасний та актуальний альтернативний вид виробництва теплової та електричної енергії.

Корисні копалини палива органічного походження (вугілля, природний газ, нафта) є вичерпною величиною, тому за таких умов потрібно розробляти технології застосування альтернативних джерел енергії для систем енергогенерування.

Інноваційним альтернативним від застосування органічного палива видом виробництва тепло- та електроенергії є установки з використанням поновлювальних видів енергетичної сировини, до яких відносяться біологічні відходи.

Особливої популярності цей вид енергогенерування почв набувати зараз, коли ціни на нафту та газ почали підвищуватись, а людство прорахувало, що корисних копалин різних видів вистачить на термін, що не перевищує 50-300 років.

Одночасно тенденції застосування альтернативних джерел енергії для виробництва теплової та електричної енергії супроводжуються покращенням стану навколишнього природного середовища за рахунок цілеспрямованого використання великих за обсягом органічних відходів тваринного та рослинного походження, які раніше викидалися у навколишнє середовище безконтрольно. При цьому новітні системи енергогенерування з органічних відходів дозволяють наблизитися до безвідходних процесів з отриманням горючих газів (метан, водень) та залишків біопереробки, які можливо ефективно використати як добрива.

Таким чином, актуальним та інноваційним напрямком застосуванням біовідходів є виробництво з них біопалива для біогазових установок та добрив для сільськогосподарських процесів вирощування різних культур.

Об'єктом дослідження є біогазова установка, що розташована у с. Бзів Бориспільського району Київської області. В проекті запропоновані пропозиції щодо її вдосконалення.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ БІОГАЗУ ТА НОРМАТИВНА БАЗА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Загальні положення

Біогаз - це газ, який в основному складається з метану (CH_4), що утворюється з біомаси. Слід зазначити, що для утворення біогазу можуть використовуватися різні види біомаси, зокрема різні побутові і промислові відходи органічного походження. Основним способом отримання біогазу є анаеробне бродіння біомаси [1].

Спосіб отримання біогазу безпосередньо визначає застосування комплексу основного обладнання, яке встановлюється на біогазовій станції, а саме: реактор анаеробного зброджування з когенераційною установкою.

Біогаз добувається водневим або метановим бродінням біомаси. Метанове розкладання біомаси відбувається під впливом трьох видів бактерій. Процес розкладання розділяється на 4 фази (рис.1.1). Аеробні бактерії розкладають високомолекулярні речовини (білки, жири, вуглеводи, целюлоза) на низькомолекулярні сполуки.



Рисунок 1.1 - Схема процесу розкладання аеробних бактерій

У ланцюжку харчування наступні бактерії харчуються продуктами життєдіяльності попередніх. Перший вид - бактерії гідролізні, другий - кислото утворюючі, третій – метаноутворюючих.

У виробництві біогазу беруть участь не тільки бактерії класу метаногенів, а всі три види. Однією з різновидів біогазу є біоводень, де кінцевим продуктом життєдіяльності бактерій є не метан CH_4 , а водень H_2 .

В анаеробному середовищі органічна речовина розкладається за допомогою бактерій. Біогаз є проміжним продуктом їх метаболізму.

1.1.1 Кислотоутворення

Окремі молекули проникають в клітини бактерій, де відбувається подальша трансформація. Цей процес протікає під дією анаеробних бактерій, які поглинають кисень, який залишився, для забезпечення прийнятних анаеробних умов для метанових бактерій.

Кислотоутворюючі бактерії утворюють вихідні продукти для утворення метану: оцтову кислоту, вуглекислий газ і водень.

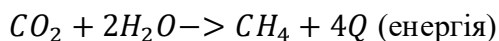
Останньою фазою є утворення метану, вуглекислого газу і води. 90% метану утворюється саме на цьому етапі. Біогазові технології, що базуються на анаеробних зброджуванні вихідного продукту, найбільш активно Використовують в Європі для Вироблення електроенергії з аграрних і тваринницький відходів, відходів харчової промисловості, відсортованих побутових відходів (харчова, паперова та ін. біомаса), з енергетичних трав'янистих рослин (кукурудза, різнотрав'я і т.д.).

При анаеробній ферментації відбувається розпад органічної Речовини, Який проходити в два етапи. На Першому етапі з вуглеводів, жирів та білків утворюються основні продукти розпад – жирні кислоти, вуглекислий газ, спирти, амінокислоти, аміак.

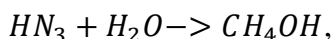
Бактерії, які здійснюють зброджування облогу, є факультативним анаероби типу маслянокислого, протеїнових, та інших кислот.

На іншому етапі відбувається руйнування кислот, що виділяються на Першому етапі з утвореннями вуглекислоти, метану, водні і окису вуглецю в невеликих кількостях.

В Основі їх життєдіяльності лежить здатність відновлювати вуглекислоту за реакцією:



Найбільш важливими є реакції розпаду, що обумовлюють нормальне протікання процесу, який наведено нижче. Реакція утворення гідрату окису амонію з аміаку та води:



яка після нейтралізації кислих продуктів першого етапу забезпечує характерне для метанового зброджування слаболужне середовище ($pH = 7,2...7,6$). Реакція утворення

вуглекислоти (NH_4CO_3) та двовуглекислого амонію ($(NH_4) CO_3$) з аміаку та вуглекислоти забезпечує такі важливі фактори бродіння, як лужність середовища, а також вміст мулової рідини амонійного азоту. При цьому водень має стимулюючу дію на процес метаногенезу.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті виділяється біогаз, який складається з 65– 70 % CH_4 (метан) та 30– 35 % CO_2 (вуглекислий газ). Теплота згоряння біогазу – 23 – 25,1 МДж/м³. Біогаз може використовуватись в домашньому господарстві як паливо. Так, для приготування їжі для сім'ї з 4-х чоловік необхідно 1 м³ біогазу на добу, а для опалення приміщення (50 м²) взимку – 4 м³ біогазу на добу [2].

Для отримання 1 м³ біогазу достатньо гною від 1 корови або 4– 5 свиней. Загальні моменти для різних біогазових технологій Сучасні біогазові установки підрозділяються на два види за технологією підготовки і бродіння сировини: «мокра» технологія (вологість бродильної пульпи порядку 85 – 95 %) і «суха» (вологість пульпи близько 50 – 60 %). Візуально перша має за в'язкістю пульпу близьку до кефіру, а друга – до густої суміші сиру зі сметаною. Усіх їх об'єднує те, що для оптимізації процесу зброджування в ЄС застосовуються суміші відходів з енергетичними рослинами (переважно кукурудзяний силос). Процентний склад сумішей, що завантажуються до біогазової установки, варіюється залежно від типу відходів.

1.1.2 Склад біогазу

Біогаз складається з наступних компонентів: 50 - 87% метану CH_4 , 13-50% CO_2 , незначні домішки H_2 і H_2S . Після очищення біогазу від CO_2 виходить біометан. Біометан - повний аналог природного газу, відмінність тільки в походженні.

Оскільки тільки метан CH_4 поставляє енергію з біогазу, доцільно, для опису якості газу, виходу газу і кількості газу все відносити до метану, з його нормованими показниками. Обсяг газів залежить від температури і тиску.

Високі температури призводять до розширення газу і до зменшеного разом з обсягом рівню калорійності і навпаки. Крім того при зростанні вологості калорійність газу також знижується. Щоб виходи газу можна було порівняти між собою, необхідно їх співвідносити з нормальним станом (температура 0 ° С, атмосферний тиск 1,01325 бар, відносна вологість газу 0%).

В цілому дані про виробництво газу представляють в літрах (л) або кубічних метрах (м³) метану на 1 кг органічної сухої речовини (ОСВ), це набагато точніше і красномовніше, ніж дані в м³ біогазу в м³ свіжого субстрату.

1.2 Види сировини для отримання біогазу

Перелік органічних відходів, придатних для виробництва біогазу: гній, пташиний послід, зернова і меласно-послеспиртова барда, пивна дробина, буряковий жом, фекальні опади, відходи рибного і забійного цеху (кров, жир, кишки, канига), трава, побутові відходи, відходи молокозаводів - солоні і солодка молочна сироватка, відходи виробництва біодизеля

- технічний гліцерин від виробництва біодизеля з ріпаку, відходи від виробництва соків - жом фруктовий, ягідний, овочевий, виноградна витримка, водорості, відходи виробництва крохмалю і патоки - мезга і сироп, відходи переробки картоплі, виробництва чіпсів - очищення, шкурки, гнилі бульби, кадова пульпа.

Окрім використання цих відходів, біогаз можна виробляти із спеціально вирощених енергетичних культур, наприклад, з силосної кукурудзи або сільфії (ароматна та лікарська рослина з роду Ферула (*Ferula*)), а також водоростей. Вихід газу CH_4 може досягати до 300 м³ з 1 тони енергетичних культур [3].

Вихід біогазу залежить від вмісту сухої речовини і виду використовуваної сировини. З тонни гною великої рогатої худоби виходить 50-65 м³ біогазу з вмістом метану 60%, 150-500 м³ біогазу з різних видів рослин з вмістом метану до 70%. Максимальна кількість біогазу - це 1300 м³ з вмістом метану CH_4 до 87% - можна отримати з жиру.

Розрізняють теоретичний (фізично можливий) і технічно-реалізований вихід газу. У 1950-70-х роках технічно можливий вихід газу становив лише 20-30% від теоретичного. Сьогодні застосування ензимів, бустерів для штучної деградації сировини (наприклад, ультразвукових або рідинних кавітаторів) і інших пристосувань дозволяє збільшувати вихід біогазу на самій звичайній установці з 60% до 95%.

У біогазових розрахунках використовується поняття сухої речовини (СР або англійське TS) або сухого залишку (СЗ). Вода, що міститься в біомасі, не дає газу.

Щоб порахувати вихід біогазу з конкретного сировини, необхідно провести лабораторні випробування або подивитися довідкові дані і визначити вміст жирів, білків і вуглеводів. При визначенні останніх важливо дізнатися процентний вміст швидко розкладаємих (фруктоза, цукор, сахароза, крохмаль) і важко розкладаємих речовин (наприклад, целюлоза, геміцелюлоза, лігнін). Визначивши вміст речовин, можна обчислити вихід газу для кожної речовини окремо і потім скласти.

1.3 Енергетичне обґрунтування використання біогазу

Стрімкі темпи науково-технічного прогресу в усьому світі сприяють практично щорічного значного зростанню енергоспоживання.

У той же час актуальність питань енергозбереження та енергоефективності постійно також зростає. Обмежені запаси традиційного палива сприяють швидкому розвитку нової галузі енергетики - відновлюваних. В даний час перспективи ефективного використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) очевидні.

Відомо також, що сьогодні перспективним напрямком є використання відходів сільськогосподарського виробництва: рослинництва, тваринництва, а також птахівництва, для забезпечення сільськогосподарського виробництва щодо дешевими енергоносіями. За рахунок переробки біомаси, виробляється біогаз ККД енергетичних пристроїв, які

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснюють перетворення біогазу в теплову енергію знаходиться в межах від 0,7 до 0,9, а в електричну.

З практики експлуатації БГУ відомо, що з економічної точки зору вигідно отримувати біогаз не з спеціальних сільськогосподарських культур, а з відходів тваринництва і птахівництва. Економічні розрахунки показали також, що економічна ефективність БГУ залежить від транспортних витрат, пов'язаних з відстанню переміщення сировини до БГУ, а також відстані транспортування енергії до споживачів[4].

Пропонується енергетичний метод оцінки ефективності БГУ. Впровадження БГУ вважається ефективною, якщо значення коефіцієнта відтворення енергії (КВЕ) установкою буде більше одиниці і визначається за формулою:

$$\pi^{бг} = \frac{q_1^{бг}}{q_{зе}^1} \quad (1.1)$$

де $q_1^{бг}$ - питома теплота, отримана від біогазу, Дж / рік;

$q_{зе}^1$ - дійсні витрати первинної теплоти на виробництво біогазу, Дж / рік.

Дійсні витрати енергії (теплоти), Дж/рік

$$q_{зе}^{бг} = q_{роб}^{бг} + q_{екс}^{бг} + q_{кап}^{бг} + q_{пр}^{бг} \quad (1.2)$$

де, $q_{роб}^{бг}$ - питома теплота, витрачена на отримання біогазу, Дж / рік;

$q_{екс}^{бг}$ - експлуатаційні витрати первинної питомої теплоти за розрахунковий період, Дж / рік;

$q_{кап}^{бг}$ - втрати первинної питомої теплоти на капітальні витрати, Дж / рік;

$q_{пр}^{бг}$ - витрати праці та інші витрати первинної питомої теплоти, Дж / рік.

Проектування БГУ виправдано якщо КВЕ більше одиниці ($\pi > 1$), інакше вкладати фінанси в серйозну розробку недоцільно.

У загальному випадку, ККД БГУ визначається за формулою:

$$\eta = \frac{q_1^{бг}}{q_{max}} \quad (1.3)$$

де $q_1^{бг}$ - теплота (енергія), яку відпускають споживачеві, Дж / рік;

q_{max} - максимальна теплота (енергія), яку споживає БГУ в рік, Дж / рік.

Значення коефіцієнтів являють собою суму енергетичних еквівалентів виробничих і експлуатаційних витрат на одиницю маси БГУ:

$$q_{роб}^{бг} + q_{екс}^{бг} = M^{бг} K = 140075,42 = 105588 \text{ МДж/год.}$$

Аналогічно

$$q_{зе}^1 = 105588 + 882,5 = 106470,5 \text{ МДж/год.}$$

Тоді значення коефіцієнта відтворення енергії для базової установки складуть:

$$\pi_6^{бг} = \frac{109500}{106470,5} = 1,03.$$

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Висновки за розділом 1

Розглянуто загальні характеристики біогазу та представлені основні характеристики розглянутої біоустановки.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПОВНОГО ЦИКЛУ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ БІОВІДХОДІВ

2.1 Процес вироблення біогазу

Основне завдання біогазової установки – оптимальна робота з метою виробництва максимально досяжних обсягів біогазу.

Виробничий процес біогазу складається з чотирьох основних фаз.

2.1.1 Фаза I: управління субстратом

Першим етапом роботи біогазової установки, а точніше її запуску, починається з завантаження субстрату в ферментатор. Продуктивне біогазове виробництво напряду залежить від зберігання і попередньої підготовки субстрату. Залежно від виду субстрату, який використовує дана установка і від способу ферментації, приймальний резервуар біогазової станції слугує для виконання підготовчих робіт, ефективність проведення яких дає результат на загальному показнику всього виробництва.

У прийальному резервуарі субстрат подрібнюється і гомогенізується, тут створюються сприятливі умови для метаногенних мікроорганізмів необхідним доступом до живильних речовин, які безпосередньо містяться в субстратах, а також ця фаза сприяє оптимізації наступних виробничих фаз.

2.1.2 Фаза II: виробництво біогазу

Біогаз утворюється в основній частині біогазової установки - в метантенку, функція якого досить проста - забезпечення фізичної взаємодії субстрату, підтримання температури виробничого процесу і метаногенних мікроорганізмів.

Виробництво біогазу забезпечується завдяки наступним обов'язковим для підтримки умовам:

- Метантенк повинен бути абсолютно герметичним, та непрозорим;
- Пристрої, які перемішують, повинні забезпечувати необхідний ступінь перемішування субстратів, також швидкість мішалок не повинна шкодити життєдіяльності метаногенних мікроорганізмів;
- Напротязі всього процесу автоматика повинна забезпечувати постійну температуру і контролювати внутрішню чи зовнішню систему опалення;
- Теплоізоляція має бути щільною та добре прорахованою, з метою уникнення теплових втрат і забезпечення оптимальних умов функціонування біогазової станції.

2.1.3 Фаза III: зберігання дегістата

В результаті зброджування органічні відходи перетворюються в CO_2 - нейтральний дегістат та високоякісні органічні добрива, які потім використовують в побуті. Дегістат накопичується і тимчасово зберігається (приблизно до 7-8 місяців) в резервуарах-

сховищах, або в легенях закритого типу. Частіше за все використовують закриті резервуари-сховища, тому що така система дозволяє відбирати залишковий потенціал біогазу, який, в залежності від виду зброджуваного субстрату, може складати 4-6%.

2.1.4 Фаза IV: енергетичне перетворення біогазу в теплову і електричну енергію

Чим краще забезпечуються технології ферментації, тим більший вихід газу матиме біогазова установка. Таким чином її ККД буде збільшений.

Представлені різні варіанти схем біогазових станцій – залежно від типів і кількості видів субстратів. Використання попередньої підготовки, в одиничних випадках, дозволяє збільшити швидкість і ступінь розпаду сировини в біореакторах, а це призводить до збільшення виробництва біогазу. Якщо застосовується декілька субстратів одночасно, що відрізняються теплотворною здатністю, або різні за структурою, наприклад твердих і рідких відходів, їх накопичення, попередня підготовка (поділ на фракції, подрібнення, підігрів, гомогенізація, біохімічна або біологічна обробка, та ін.) проводиться окремо, а потім вони змішуються перед подачею в біореактори, або подаються відокремленими потоками[5].

Розрахунок очікуваної кількості біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні ТПВ, м³, рекомендується виконувати за формулою:

$$V_{p.б.} = P_{ПТВ} \times K_{л.о.} \times (1 - Z) \cdot K_p \quad (2.1)$$

де $V_{p.б.}$ - розрахункова кількість біогазу, м³ ;

$P_{ПТВ}$ - загальна маса ТПВ, які складуються на полігоні, кг;

$K_{л.о.}$ - вміст органіки, що легко розкладається, в 1 т відходів ($K_{л.о.}$ - 0,4...0,7);

Z - зольність органічної речовини ($Z = 0,2...0,3$);

K_p - максимально можливий ступінь анаеробного розкладання органічної речовини за розрахунковий період ($K_p = 0,4...0,5$).

$$V_{p.б.} = 20000 \times 0,5 \times (1 - 0,2) \cdot 0,4 = 3200 \text{ м}^3$$

Таким чином ми визначили, що на кожні 20 т сировини ми отримуємо 3200 м³ біогазу.

З урахуванням інших обставин питомий об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т твердих відходів за весь період експлуатації системи біогазу, визначається за формулою:

$$V'_{p.б.} = V_{p.б.} \cdot K_c \times K, \quad (2.2)$$

де $V'_{p.б.}$ - об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 т ТПВ, м³ ;

K_c - коефіцієнт ефективності системи збору біогазу ($K_c = 0,5$);

K - коефіцієнт поправки на непередбачені обставини ($K = 0,65...0,70$).

$$V'_{p.б.} = 3200 \times 0,5 \times 0,7 = 1120.$$

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід звернути увагу на такі величини: - вагова кількість біогазу, яка була вироблена при анаеробному розкладанні, 1 г біогазу з 1 г розкладеної беззольної речовини ТПВ; - об'ємна маса біогазу - 1 кг/м³ ; - теплотворна здатність біогазу 5000 ккал/м³ (21 МДж/м³). Якщо враховувати, що цей розрахунок виконаний згідно ДБН очікуваної кількості біогазу, що виділяється при анаеробному розкладанні однієї тисячі кг ТПВ, не враховує тривалість утворення біогазу в ТПВ, для того, щоб визначити кількість біогазу, що утворюється на полігоні, використана емпірична залежність утворення метану за числом зберігання ТПВ, яка широко використовується в моделі розрахунку Агентства захисту довкілля (США):

$$Q = L_0 R (e^{-kc} - e^{-kt}), \quad (2.3)$$

де Q – кількість метану, що утворюється протягом року, м³/рік;

L_0 – потенціал утворення метану, м³/тону ТПВ

R – середня кількість ТПВ, що вивозяться на полігон, т/рік;

k – постійна величина утворення метану, 1/рік;

c – час з моменту закриття полігону, років;

t – час з моменту відкриття полігону, років.

$$Q = 0,16 \times 27703(2,7^{-3,3 \times 10^3} - 2,7^{-3,3 \times 10^3}) = 1,3 \times 10^6 \text{ м}^3$$

За розрахунком згідно з (2.3) кількість біометану, що утворюється на біостанції міста Бзів, складає приблизно 151 м³ /год.

Особливістю виробництва біогазу є те, що він може вироблятися метановими бактеріями тільки з абсолютно сухих органічних речовин. Тому завданням першого етапу виробництва, є створення суміші субстрату, який має підвищений вміст органічних речовин, і в той же час може перекачуватися насосами. Це субстрат з вмістом сухих речовин 10-12%. Рішення досягається шляхом виділення зайвої вологості за допомогою шнекових сепараторів.

Рідкий гній надходить з виробничих приміщень в резервуар, гомогенізується за допомогою занурювальної мішалки, і занурювальним насосом подається в цех поділу на шнекові сепаратори. Рідка фракція накопичується в окремому резервуарі. Тверда фракція завантажується в пристрій подачі твердої сировини.

Відповідно до графіка завантаження субстрату в ферментатор, за розробленою програмою періодично включається насос, що подає рідку фракцію в ферментатор і одночасно включається завантажувач твердого сировини. Як варіант, рідка фракція може подаватися в завантажувач твердої сировини, що має функцію перемішування, і потім вже готова суміш подається в ферментатор за розробленою програмою завантаження. Включення бувають нетривалими – це зроблено, щоб не допустити зайвого надходження органічного субстрату в ферментатор, оскільки це може порушити баланс речовин і викличе дестабілізацію процесу в ферментерах. Одночасно включаються також насоси, що

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перекачують дигестат з ферментера в доброжувач і з доброжувач в накопичувач дигестата (лагуну), щоб не допустити переповнення ферментера і доброжувача.

Маси дигестата, які знаходяться в ферментерах і доброжувачах, перемішуються для забезпечення рівномірного розподілу бактерій по всьому об'єму ємностей. Для перемішування використовуються тихохідні мішалки спеціальної конструкції.

У процесі знаходження субстрату в ферментерах, бактеріями виділяється до 80% всього біогазу, що виробляється БГУ. У доброжувачі виділяється частина, що залишилася біогазу.

Важливу роль у забезпеченні стабільної кількості виділення біогазу грає температура рідини всередині ферментера і доброжувача. Як правило, процес протікає в мезофільному режимі з температурою 41-43 °С. Підтримання стабільної температури досягається застосуванням спеціальних трубчастих нагрівачів всередині ферментера і доброжувачів, а також надійної теплоізоляцією стін і трубопроводів. Біогаз, що виходить з дигестата, має підвищений вміст сірки.

Очищення біогазу від сірки проводиться за допомогою спеціальних бактерій, що заселяють поверхню утеплювача, укладеного на дерев'яний балковий звід всередині ферментера і доброжувачів.

Накопичення біогазу здійснюється в газгольдері, який утворюється між поверхнею дигестата і еластичним високоміцним матеріалом, що покриває ферментатор і доброжувач зверху. Матеріал має здатність сильно розтягуватися (без зменшення міцності), що при накопиченні біогазу значно збільшує ємність газгольдера. Для запобігання переповнення газгольдера і розриву матеріалу, є запобіжний клапан.

Далі біогаз надходить в когенераційну установку. Когенераційна установка (КДУ) є блоком, в якому здійснюється вироблення електричної енергії генераторами, привід яких здійснюють газопоршневі двигуни, що працюють на біогазі. Когенератори працюють на біогазі, мають конструктивні відмінності від звичайних газогенераторних двигунів, оскільки біогаз є сильно збідненим паливом. Виробляється генераторами електрична енергія, забезпечує харчування електроустаткування самої БГУ, а все понад цей відпускається довколишнім споживачам. Енергія рідини, що йде на охолодження когенераторів і є вироблюваної тепловою енергією за мінусом втрат в бойлерних пристроях. Виробляється тепла енергія, частково йде на обігрів ферментерах і доброжувачів, а частина, що залишилася - також направляється в поблизу лежачим споживачам.

Можна встановити додаткове обладнання для очищення біогазу до рівня природного газу, однак це дороге устаткування і його застосовують, тільки якщо метою БГУ є не виробництво теплової та електричної енергії, а виробництво палива для газопоршневих

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двигунів. Апробованими і найбільш часто вживаними технологіями очищення біогазу є водна абсорбція, адсорбція на носії під тиском, хімічне осадження і мембранне розділення.

Енергетична ефективність роботи БГУ багато в чому залежить як від обраної технології, матеріалів і устаткування основних споруд, так і від кліматичних умов в районі їх розташування. Середнє споживання теплової енергії на підігрів біореакторів в помірного кліматичному поясі одно 15-30% від енергії, що виробляється когенераторів (брутто).

Загальна енергетична ефективність біогазового комплексу з ТЕЦ на біогазі становить в середньому 75-80%. У ситуації, коли все тепло, що отримується від когенераційної станції при виробництві електроенергії неможливо спожити (поширена ситуація через відсутність зовнішніх споживачів тепла), воно відводиться в атмосферу. В такому випадку, енергетична ефективність біогазової ТЕС становить лише 35% від загальної енергії біогазу.

Основні показники роботи біогазових установок можуть істотно відрізнятись, що багато в чому визначається застосовуваними субстратами, прийнятим технологічним регламентом, експлуатаційної практикою, виконуваними завданнями кожної окремої установки.

Процес переробки гною становить не більше 40 днів. Одержуваний в результаті переробки дігестат, не має запаху і є прекрасним органічним добривом, в якому досягнута найбільша ступінь мінералізації поживних речовин, засвоюваних рослинами.

Дігестат, як правило, поділяється на рідку і тверду фракції за допомогою шнекових сепараторів. Рідку фракцію направляють в лагуни, де накопичують до періоду внесення в ґрунт. Тверда фракція також використовується як добриво. Якщо застосувати до твердої фракції додаткову сушку, грануляцію і упаковку, то вона буде придатна для тривалого зберігання і транспортування на великі відстані.

Біогазові технології, що базуються на анаеробному зброджуванні вихідного продукту, найбільш активно використовуються в Європі для вироблення електроенергії з аграрних і тваринницьких відходів, відходів харчової промисловості, відсортованих побутових відходів (харчова, паперова та ін. біомаса), з енергетичних трав'янистих рослин (кукурудза, різнотрав'я і т.д.). При анаеробній ферментації відбувається розпад органічної речовини, який проходить в два етапи.

На першому етапі з вуглеводів, жирів та білків утворюються основні продукти розпаду – жирні кислоти, водень, вуглекислий газ, спирти, амінокислоти, аміак. Бактерії, які здійснюють зброджування осаду, є факультативними анаеробами типу маслянокислих, протеїнових, бутилових та інших кислот.

На другому етапі відбувається руйнування кислот, що виділяються на першому етапі з утворенням вуглекислоти, метану, водню і окису вуглецю в невеликих кількостях.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бродіння здійснюється метановими бактеріями. В основі їх життєдіяльності лежить здатність відновлювати вуглекислоту за реакцією: $CO_2 + 2H_2O \rightarrow CH_4 + 4Q$ (енергія).

Найбільш важливими є реакції розпаду, що обумовлюють нормальне протікання процесу, який наведено нижче. Реакція утворення гідрату окису амонію з аміаку та води: $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH$, яка після нейтралізації кислих продуктів першого етапу забезпечує характерне для метанового зброджування слаболужне середовище ($pH = 7,2...7,6$). Реакція утворення вуглекислоти (NH_4CO_3) та двовуглекислого амонію ($(NH_4)CO_3$) з аміаку та вуглекислоти забезпечує такі важливі фактори бродіння, як лужність середовища, а також вміст мулової рідини амонійного азоту. При цьому водень має стимулюючу дію на процес метаногенезу [6].

2.2 Висновки за розділом 2

Було розглянуто і проаналізовано деякі методи вироблення біогазу, всі фази (від подачі сировини до установки до утилізації та використання біовідходів), проведено загальні розрахунки, в яких наведена розрахункова кількість біогазу.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

3 ПРИНЦИПОВА СХЕМА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

3.1 Принципова схема процесу утворення біогазу

Принципова схема процесу утворення біогазу представлена нижче:

Для ефективного виробництва біогазу з органічної сировини створюються комфортні умови для життєдіяльності декількох видів бактерій при відсутності доступу кисню.

Принципова схема процесу утворення біогазу представлена нижче.



Рисунок 3.1 - Схема процесу утворення біогазу

Залежно від виду органічної сировини складу біогазу може змінюється, але, в загальному випадку, до його складу входять метан (CH_4 , частка - 63%), вуглекислий газ (CO_2 , частка - 33%), невелика кількість сірководню (H_2S , частка - 2%), аміаку (NH_3 , частка - 1%) і водню (H_2 , частка - 1%).

Так як біогаз на 2/3 складається з метану - горючого газу, що становить основу природного газу, його енергетична цінність (питома теплота згоряння) становить 60-70% енергетичної цінності природного газу, або близько 29,3 МДж/м³. 1м³ біогазу також еквівалентний 0,7 кг мазуту і 1,5 кг дров.

Біогаз широко застосовується як пальне паливо в Німеччині, Данії, Китаї, США та інших розвинених країнах.

Він подається в газорозподільні мережі, використовується в побутових цілях і в громадському транспорті. Сьогодні починається широке впровадження біогазових технологій на ринках СНД і Прибалтики.

Сировиною для отримання біогазу може служити широкий спектр органічних відходів - тверді і рідкі відходи агропромислового комплексу, стічні води, тверді побутові відходи, відходи лісопромислового комплексу. Якість відходів характеризується вологістю, виходом біогазу на одиницю сухої речовини і вмістом метану в біогазі.

Сучасні технології дозволяють переробляти в біогаз будь-які види органічної сировини, однак найбільш ефективним є використання біогазових технологій для переробки відходів тваринницьких і птахівничих ферм, підприємств АПК і стічних вод, так як вони характеризуються постійністю потоку відходів в часі і простотою їх збору.

Біогазова установка - пристрій, що здійснює переробку органічних відходів в біогаз і органічні добрива. Біогазова станція - більш широке поняття, воно включає комплекс інженерних споруд, що складається з пристроїв для підготовки сировини, виробництва біогазу і добрив, очищення і зберігання біогазу, виробництва електроенергії та тепла. У біореакторі підтримується постійна температура, необхідна для активної діяльності бактерій (від 31 до 70 С °). Робота всієї установки регулюється автоматикою. Число зайнятих на біогазових станціях середнього масштабу не перевищує 10-15 чоловік. Потужність біогазових станцій варіюється в межах від 1 кВт (побутові установки) до декількох десятків МВт [7].

3.2 Технічний потенціал біогазового сектора

Згідно з визначенням, технічний потенціал представляє собою загальний передбачуваний національний потенціал, який технічно можливий. Економічний потенціал базується на технічний потенціал з урахуванням обмежень, які визначаються за допомогою аналізу ефективності витрат (вимоги до рентабельності). Дане питання вивчалось поруч авторів; в цьому звіті отримані результати наводяться в узагальненому вигляді.

У таблиці 3.1 показані дані, характерні для оціночного потенціалу виробництва біогазу з використанням відходів скотарства.

У таблиці 3.2 наведено розрахунковий вихід біогазу і вміст метану в залежності від первинної сировини.

Таблиця 3.1- Потенціал виробництва біогазу з використанням відходів скотарства

Джерело біогазу	Загальна кількість тварин, тис.шт.	Біомаса, кг/добу	Загальна біомаса, т/добу	Об'єм біогазу отриманого з 1 кг біомаси	Загальне вироблення біогазу, тис м ³ /добу
Велика рогата худоба	916	45	41260	0.04	1650
Свині	328	9	2955	0.06	177.3
Вівці, кози	580	4	2321	0.06	139.2
Птахи	7580	0.17	1288	0.07	90.1
Коні	22	35	786	0.04	314

Таблиця 3.2 - Вихід біогазу і вміст метану в залежності від первинної сировини

Опис первинної сировини	Вихід біогазу(м ³ /t)	Вміст метану в біогазі, %
Постійні відходи забою худоби	260-280	50-60
Свинячий гній	561	
Кінський гній	200-300	
Трава	630	70
Стебла льону	359	
Квіткові луски злакових	432	59
Листя дерев	210-294	58
Жом	640	50
Стічні води винних заводів	300-600	58
Углеводи	750	49
Ліпіди	1440	72
Білок	980	50

3.3 Експлуатаційні параметри

При спорудженні біогазових установок на першому плані переважно знаходяться аргументи з області екології.

Так, при виборі розміру реактора не обов'язково прагнуть до максимального обсягу одержуваного газу і до повного розкладання що міститься в субстраті органічної маси.

Реалізація повного розкладання органічних речовин часом пов'язана з дуже тривалим часом перебування субстрату в реакторі, що також вимагає відповідного великого обсягу резервуарів, так як деякі речовини розкладаються лише протягом дуже тривалого часу або не розкладаються взагалі. Тобто, потрібно прагнути до прийнятних витрат і оптимальної продуктивності розкладання.

В цьому відношенні об'ємна навантаження (Він) є важливим експлуатаційним параметром. Вона показує, скільки кілограмів органічного сухої речовини (ОСВ) можна подати в реактор на м робочого об'єму за одиницю часу. Об'ємна навантаження вказується в кг ОСВ / (м³/добу).

3.4 Температура процесу

Вважається, що хімічні реакції проходять тим швидше, чим вище температура середовища. Але це тільки в обмеженому масштабі стосується біологічних процесів розкладання і обміну. Потрібно мати на увазі, що для беруть участь в процесі обміну речовин мікроорганізмів існують різні оптимальні температури. Якщо ці оптимальні температурні діапазони не дотримуються, це може привести до пригнічення життєдіяльності відповідних мікроорганізмів і в екстремальних випадках до непоправних збитків для них. Виходячи з температурних оптимумів беруть участь в процесі розкладання мікроорганізми поділяються на три групи. Розрізняють психро- профільні, мезофільні і термофільні мікроорганізми: - Температурний оптимум для психрофільних мікроорганізмів знаходиться в діапазоні 25-28° С. При таких температурах немає необхідності в нагріванні субстратів і / або реактора, але продуктивність розкладання і обсяг одержуваного газу є незначними. Тому рентабельна експлуатація біогазових установок, як правило, неможливо.- Переважна частина відомих метаноутворюючих бактерій має оптимум зростання в мезофільному діапазоні температур від 37 до 42 ° С. Установки, які працюють в мезофільному діапазоні, на практиці поширені найбільш широко, так як в цьому температурному діапазоні досягаються відносно великі обсяги отримання газу, а також хороша стабільність процесу. Якщо за допомогою гігієнізації субстрату потрібно знищувати шкідливі для здоров'я мікроорганізми або як субстрат використовуються побічні продукти або відходи, що мають високу власну температуру (напр., технологічна вода), для зброджування рекомендується використовувати терморфільні культури. Їх оптимум знаходиться в діапазоні температур від 50 до 60 ° С.

У цьому випадку завдяки високій робочій температурі досягаються велика швидкість розкладання, а також зменшена в'язкість. Але потрібно враховувати, що для розігрівання в ході процесу бродіння необхідно більше енергії. Процес бродіння в цьому температурному діапазоні також відрізняється більшою чутливістю до неполадок, нерівномірності подачі субстрату або режиму експлуатації реактора, так як при термофільних умовах існує менше

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різних видів метаногенних мікроорганізмів. Практика в зв'язку з цим показала, що переходи між температурними діапазонами є плавними і мікроорганізмам шкодить, в першу чергу, швидка зміна температури, і навпаки, метаногенів мікроорганізми можуть в разі повільного зміни температури пристосуватися до різних її рівнях. Тому для стабільності технологічного процесу важлива не так абсолютна температура, як в набагато більшому ступені сталість рівня температури. В зв'язку з цим слід назвати часто спостерігається на практиці ефект самонагрівання. Цей ефект проявляється при використанні переважно містять вуглеводи субстратів і відмову від рідкого сировини, а також від добре ізольованих резервуарів. Самонагрівання пояснюється тим, що окремі групи мікроорганізмів в процесі розкладання вуглеводів виділяють тепло. Це може привести до того, що при первісному мезофільному режимі експлуатації температура зросте аж до діапазону 43-48 ° С. При інтенсивному аналітичному супроводі і пов'язаному з цим регулювання процесу зміна температури може проводитися з короткочасними, незначними падіннями обсягу одержуваного газу. Але якщо не вживати необхідне втручання в процес (напр., зменшення обсягу подачі сировини), мікроорганізми не зможуть пристосуватися до зміни температури і в самому несприятливому випадку генерування біогазу буде зведено до нуля.

3.5 Мікробіологічні процеси, що протікають в біогазовій установці.

Ефективність, в тому числі швидкість, мікробіологічних процесів, що протікають в БГУ, залежить від значення температури бродіння, кислотності переробляється маси, ступеня перемішування та ін. Для підтримки необхідних номінальних значень цих факторів БГУ містять додаткові функціональні елементи, що виконують функції обігріву, перемішування, контролю рН, рекуперації тепла збродженого продукту. У загальному випадку продуктивність процесу метанового бродіння характеризується зміною в часі біогазу.

Продуктивність процесу метану бродіння виражається рівнянням, кг/с

$$U = \frac{dG}{dt} \quad (3.1)$$

де dG - зміна кількості продукту, кг

dt - зміна за часом, с.

Формула для розрахунку продуктивності біогазу, що враховує технологічні характеристики процесу, в загальному випадку має вигляд:

$$U = k\Delta C \quad (3.2)$$

де k - константа швидкості процесу;

ΔC - рушійна сила процесу.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Рушійна сила процесу ΔC є величиною постійною, так як концентрація органічної речовини в посліді є величиною постійною і залежить тільки від технології утримання птиці.

Таким чином, продуктивність процесу метаногенеза визначається постійної швидкості процесу, яка виражається рівнянням Арреніуса:

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad (3.3)$$

де k_0 - предекспонентний множник;

E - енергія, активації, Дж / моль;

R - молярна постійна, Дж / (моль · К);

T - температура, К.

З рівняння (3.3) видно, що метаболізм бактерій знаходяться в функціональної залежності від температури і енергії активізації.

Практика експлуатації біогазової установки (БГУ) показала, що для підтримки теплового режиму її роботи витрачається від 20 до 50% вироблюваного біогазу. Такий широкий діапазон розкиду температури пов'язаний із залежністю теплового режиму роботи БГУ від температури навколишнього середовища. При цьому, важливим є той факт, що різні види метаногенеруючих бактерій здійснюють свою життєдіяльність при різних температурі, яка характеризується двома інтервалами.

Перший інтервал мезофільні (працюють мезофільні бактерії). Температурний режим їх розвитку від 25°C до 38°C. При цьому оптимальна температура дорівнює 37°C.

Другий інтервал термофільний (працюють термофільні бактерії). Температурний режим знаходиться в межах від 45°C до 60 °C. При цьому оптимальна температура дорівнює 56°C.

Кожен з цих інтервалів має недоліки і переваги (табл 3.3). БГУ містить пристрій для перемішування органічної маси яка бродить. Основна мета перемішування – руйнація на поверхні біомаси кірки, яка уповільнює бродіння і перемішування осаду.

Таблиця 3.3 - Характеристика мезо- і термофільного режимів

Режим зброджування	Переваги	Недоліки
Мезофільний	<p>1 Продуктивність газу не знижується при відхиленні температури в межах 1-2°C від номінального значення</p> <p>2 На підтримку температури необхідно менше енергетичних витрат</p>	<p>1 Неінтенсивні виділення газу.</p> <p>2 Для повного розкладання субстрату необхідно 25 днів.</p> <p>3 Биоудобрение не є повністю стерильним.</p>
Термофільний	<p>1 Більш інтенсивне виділення біогазу.</p> <p>2 Для повного розкладання субстрату необхідно 12 днів.</p> <p>3 Биоудобрение є повністю стерильним. Крім того його можна застосовувати в якості кормових добавок тваринам.</p>	<p>1 Значно знижується продуктивність біогазу при зміні температури на 1-2 ° С від номінального значення.</p> <p>2 На підтримання необхідної температури необхідно більше енергетичних витрат</p>

Таким чином, доцільно розглянути теплові процеси, що протікають в БГУ для того, щоб визначити вплив на них конструкції установки. Як правило, при інженерних розрахунках визначають тепловіддачу, оскільки теплообмін в рідинах позначається і на тепловіддачі, а врівноважує потік тепла завжди спрямований у бік зниження температури.

3.6 Висновки за розділом 3

На рисунках представлена ілюстрація циклів. Представлений технічний потенціал установки, яка працює на біопаливі, і її експлуатаційні параметри. Були проведені розрахунки продуктивності процесу метану бродіння та метаногенезу. Описано принципову схему та характеристики процесів виробництва біогазу.

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

4.1 Основні структурні елементи біогазової установки

Основними структурними елементами схеми типової біогазової установки є:

- Ємність гомогенізації
- Завантажувач твердої (рідкої) сировини
- Реактор
- Мішалки
- Газгольдер
- Система змішування води і опалення
- Газова система
- Насосна станція
- Сепаратор
- Прилади контролю
- КВП з візуалізацією
- Система безпеки

Технологічні схеми БГУ бувають різними в залежності від виду і числа субстратів, від виду і якості кінцевих цільових продуктів, від того чи іншого використовуваного «ноу-хау» компанії постачальника технологічного рішення, і ряду інших чинників. Найбільш поширеними на сьогоднішній день є схеми з одноступінчастим бродінням декількох видів субстратів, одним з яких зазвичай є гній [8]:

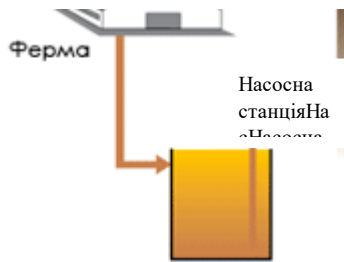


Рисунок 4.1- Технічне устаткування біогазової установки

4.2 Опис елементів біогазової установки

4.2.1 Модуль зважування та подачі сухих та рідких видів субстрату

Сухий субстрат завантажується в модуль зважування та подачі сухого субстрату. Рідкий субстрат відповідно завантажується в модуль завантаження рідкого субстрату. Модуль представляє собою велику ємність під землею, в яку насипом закидають потрібну кількість субстрату. З цього починається весь процес вироблення біогазу.



а) схема

б) зображення

Рисунок 4.2 - Модуль зважування та подачі сухих та рідких видів субстрату

4.2.2 Ферментатор

Після ретельної підготовки в модулях рідкий субстрат переміщується з сухим, в правильних пропорціях, та подається до ферментатора (рис.4.3). В ферментаторі відбувається основний процес вироблення біогазу. Подача сировини в ферментатор відбувається 4-6 разів на добу за допомогою спеціального насоса для рідких і драглистих субстратів. Ферментатор є газонепроникним, герметичним резервуаром.

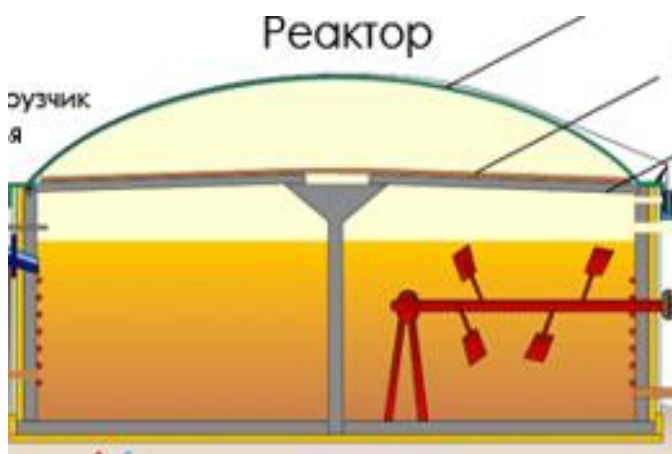
Для підтримки стабільної температури всередині ферментатор обладнується системою обігрівання стін. У холодних кліматичних умовах, щоб уникнути втрати теплоти, ферментатор теплоізолюється зовні.

Субстрат постійно переміщується за допомогою низько швидкісних механічних мішалок, що гарантує повне і дбайливе перемішування. В залежності від фізико-механічних властивостей субстрату, використовують різні види систем перемішування: механічні, гідравлічні або пневматичні.

В нашому випадку механічні звичайні.

Вивантаження перебродженого субстрату відбувається автоматично з такою ж періодичністю, як і завантаження [9].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



а) схема



б) зображення

Рисунок 4.3 – Ферментатор

4.2.3 Мішалки та нагрівники

У ферментаторі попередньо нагрітий субстрат витримується в анаеробних умовах протягом 20-35 днів (це залежить від конкретного субстрату). Для ефективного вироблення газу та підтримання життєдіяльності мікроорганізмів, які виробляють цей газ, в реакторі потрібно підтримувати постійну температуру $\sim 35 - 70^{\circ}\text{C}$ та постійно перемішувати. Для цього й використовують спеціальні мішалки та підігрівачі встановлені безпосередньо всередині реактора на його боковій поверхні.

4.2.4 Доброджувач та газгольдер

Вироблений біогаз накопичується в газгольдері, змонтованому на даху доброджувача. Доброджувач необхідний для підвищення виходу біогазу з біомаси шляхом продовження витримки субстрату до 50-80 днів.

Газгольдер використовується в якості газонепроникного покриття ферментатора і виконує функцію акумулювання газу. Зовнішній купол має високу стійкість до ультрафіолету, стійкий до підпалювання і є надзвичайно розтяжним (рис 4.4)

Схема біогазової установки передбачає високу еластичність цього елемента і надійну фіксацію конструкції.



Рисунок 4.4 - Загальний вигляд газгольдера

4.2.5 Трубопроводи та когенераційний блок

Відведення біогазу відбувається по трубопроводу, який оснащений пристроями автоматичного відведення конденсату і запобіжними пристроями, які захищають газгольдер від перевищення допустимого тиску. З газгольдера йде безперервна подача біогазу на когенераційну установку (рис. 4.5), або подається у систему очищення біогазу. Біогаз з газгольдера подається через систему очищення від сірководню і осушення в когенераційну установку, де спалюється з виробництвом теплоти та електроенергії. Також передбачений факел для спалювання надлишку газу або аварійного його скидання.

Електроенергія розподіляється в електромережу за «зеленим» тарифом, а теплота частково (до 30%) використовується для підігріву субстрату на вході в ферментатор. Інша частина теплоти може бути використана для виробництва теплоносія (нагрітої води, перегрітої води або пари), і застосовується для власних потреб підприємства. Перероблений субстрат після установки подається на сепаратор. Система механічного поділу працює від 4-6 разів на добу і розділяє залишки бродіння після ферментатора на тверді та рідкі біодобрива. Все обладнання контролюється системою автоматики.

Будова біогазової установки передбачає мінімізацію людської праці при її роботі. Тому людина витрачає свій час та зусилля лише на обслуговування обладнання та додавання сировини в установку.



Рисунок 4.5 - Зображення когенераційної установки енергогенерування на базі біогазу

4.3 Методика розрахунку біогазових установок

Розрахунку біогазових установок передуює вибор схеми, конструктивного виконання і технологій генерування біогазу. Під цим розуміється вибір наступних параметрів[10]:

- вибір режиму анаеробного зброджування;
- режим подачі субстрату в метантенк;
- система тепlopостачання метантенка і його ізоляція;
- система збору біогазу;
- технологія вивантаження біогазу, система очищення і інше допоміжне обладнання.;
- виконання метантенка.

Для проектування продуктивності біогазової установки необхідно визначити обсяг одноразової завантаження метантенка.

Якщо прийнятий безперервний спосіб завантаження, і обсяг метантенка розрахований на усі відходи гнію поголів'я крупної рогатої худоби, то добовий обсяг завантаження визначається як маса добових екскрементів, кг:

$$m_{\text{доб.}} = N_{\text{ж}} \cdot m_{\text{уд}} \quad (4.1)$$

де: $N_{\text{ж}}$ - кількість тварин, голів;

$m_{\text{уд}}$ - питомий вихід екскрементів на добу, кг/добу.

Якщо гній завантажується з підстилкою, то необхідно застосовувати поправочний коефіцієнт $K_{\text{п}}$, що враховує органічну масу підстилки.

Визначається частка сухої речовини (СВ) у переданому матеріалі, кг:

$$m_{\text{св}} = m_{\text{доб.}} \left(1 - \frac{W_{\text{е}}\%}{100}\right), \quad (4.2)$$

де $W_{\text{е}}$ - вологість маси екскрементів, %

Визначається частка сухої органічної речовини (COP) у гної:

$$m_{\text{cop}} = m_{\text{ср}} \cdot \frac{P_{\text{cop}}\%}{100}, \quad (4.3)$$

де $P_{\text{cop}}\%$ - частка COP в сухій речовині гною.

Визначається вихід біогазу при повному розкладанні COP гною, м^3

$$V_{\text{пол}} = n_{\text{ек}} \cdot m_{\text{cop}}, \quad (4.4)$$

де $n_{\text{ек}}$ - вихід біогазу з 1 кг COP різного вихідного матеріалу, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Визначається обсяг отриманого біогазу при обраній тривалості метанового бродіння, м^3

$$V_6 = V_{\text{пол}} \cdot \frac{n_t}{100} \quad (4.5)$$

де n_t - частка виходу біогазу від вихідного матеріалу при даній тривалості метанового процесу, %

Обсяг метантенка визначається об'ємом повного завантаження метантенка:

$$V_{\text{пол.заг}} = m_{\text{доб.ек}} \cdot t_{\text{доб}} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{H}}} \quad (4.6)$$

де $m_{\text{доб.ек}}$ - добова завантаження метантенка, $\text{кг} / \text{добу}$;

$t_{\text{доб}}$ - тривалість процесу бродіння, діб;

ρ_{H} - питома щільність сбражуваної маси, $\text{кг} / \text{м}^3$

Після цього визначається обсяг метантенка виходячи з умови, що співвідношення $V_{\text{пол.заг}} / V_m$ становило 0,6 ... 0,8. Для зменшення металоємності і зниження витрат на монтаж ізоляції необхідно визначити габарити метантенка при яких площа поверхні буде мінімальною.

Обсяг циліндра визначається за формулою, м^3 :

$$V_{\text{ц}} = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (4.7)$$

Сумарна площа поверхні циліндра визначається за формулою, м^2 :

$$\sum S = 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \quad (4.8)$$

Для подальшого вирішення завдання необхідно з формули обсягу циліндра висловити висоту і підставити її значення в формулу площі і використовуючи властивість похідної функції, яка говорить про те що взявши похідну від будь-якої функції і прирівнявши її до нуля, ми зможемо знайти все максимуми і мінімуми цієї функції на зазначеному відрізку.

Якщо застосовується стандартний метантенк, то зупиняються на найближчому більшому обсязі його; якщо метантенк буде виготовлятися індивідуально, то під обсяг V_m розраховуються геометричні розміри.

Рекомендується вибрати метантенк циліндричної форми. Для зручності збору шламу та біогазу верхню і нижню частини метантенка виконують у вигляді усіченого конуса з

горловиною у верхній частині. Визначається спосіб перемішування сбразиваемой маси (механічне перемішування, барботаж).

Під час проведення теплового розрахунку метантенка визначається кількість теплоти, необхідної для підігріву маси біовідходів, завантажується у метантенк, до температури процесу бродіння на добу, МДж/добу

$$Q_{\text{под}} = \frac{m_{\text{доб.ек}} \cdot C_{\text{с}} (T_{\text{пр}} - T_{\text{заг}})}{\eta} \quad (4.9)$$

де $C_{\text{с}}$ - середня теплоємність субстрату, МДж / (кг · К);

$T_{\text{пр}}$ - температура процесу бродіння, К;

$T_{\text{заг}}$ - температура завантажувального субстрату, К;

η - коефіцієнт корисної дії процесу.

Визначається також кількість теплоти, що втрачається субстратом в результаті тепловіддачі через стінку реактора в навколишнє середовище за годину МДж/год

$$Q_{\text{пот}} = k \cdot P (T_{\text{пр}} - T_{\text{довк}}) \quad (4.10)$$

де $T_{\text{довк}}$ - температура навколишнього повітря, К;

P - площа поверхні теплообміну метантенка, м²;

k - коефіцієнт теплопередачі, Вт / (м²·К).

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.11)$$

де $\frac{1}{\alpha_1}$ і $\frac{1}{\alpha_2}$ - термічний опір тепловіддачі від субстрату до внутрішньої поверхні стінки метантенка і від зовнішньої поверхні теплоізоляції метантенка до навколишнього середовища; і одиниці

$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - сумарний опір теплопровідності матеріалу стінок метантенка $\frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}}$ і теплоізоляції $\frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}}$.

Якщо теплоізоляція багат шарова, в розрахунках враховується кожен шар.

Визначаються загальні витрати енергії на підтримку процесу, МДж / добу:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{под}} + Q_{\text{пот}} \cdot 24 + Q_{\text{мех}} t_{\text{роб}}, \quad (4.12)$$

де $t_{\text{роб}}$ - час роботи механічної мішалки на добу, год.

Визначаються потенційні запаси енергії біогазу, виробленого за добу, МДж / добу:

$$Q_{\text{вир}} = V_{\text{б}} \cdot C_{\text{б}}, \quad (4.13)$$

де $C_{\text{б}}$ - теплотворна здатність біогазу, МДж / м³.

Визначається коефіцієнт товарності біогазової установки:

$$k_m = \frac{Q_{\text{заг}} - Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{заг}}}. \quad (4.14)$$

На основі оцінки енергетичного ефекту біогазової установки з'являється можливо визначити потенціал енергії біогазу, кВт · год / добу, за формулою:

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\text{БГУ}} = \frac{Q_{\text{вир}} \cdot 277,78}{1000}. \quad (4.15)$$

Даний показник відображає теоретичний електричний потенціал енергії біогазу без урахування ККД генеруючої установки (когенератора).

Потенціал теплової енергії біогазу, кДж / добу:

$$Q_{\text{БГУ}} = \frac{W_{\text{БГУ}} \cdot 0,86}{1000}. \quad (4.16)$$

Теоретичний потенціал (середня потужність), яку може підтримувати біогазова установка на протязі тривалого часу виходячи з біогазового потенціалу тваринницького підприємства, кВт:

$$P_{\text{CP}} = \frac{W_{\text{БГУ}}}{24}. \quad (4.17)$$

Отриманий після розрахунків показники відображають теоретичний валовий потенціал біогазу з прив'язкою до конкретного тваринницького підприємству.

4.4 Розрахунок і вибір устаткування для біогазової станції

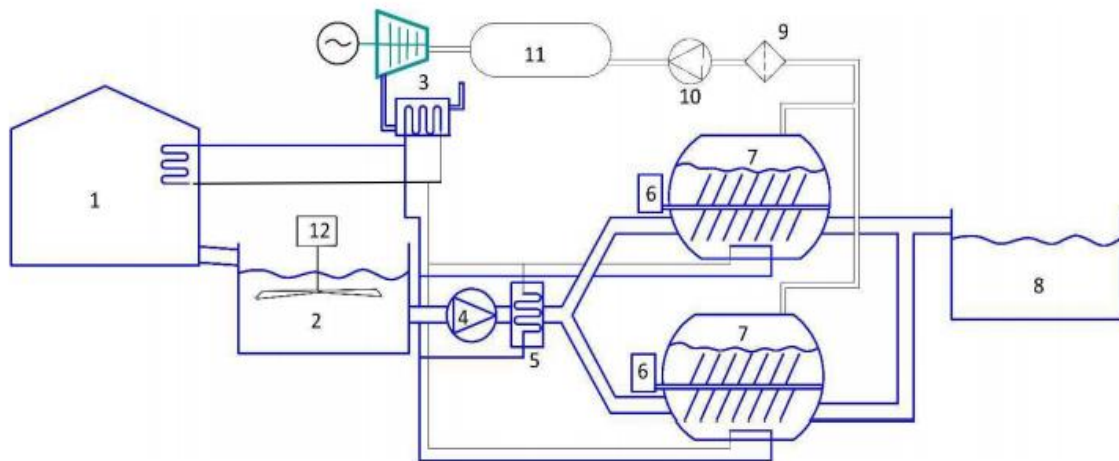
Для вирішення поставленого завдання було розглянуто можливе будівництво біогазової станції в с.Бзів Київської області. Як приклад розглянута технологічна схема виробництва біогазу на свинарському комплексі з кількістю свиней на відгодівлі 1500 голів (з масою до 70 кг). Система видалення гною і будівлі утримання свиней в приймальний резервуар - гідрозмив [11].

Прийнятий хімічний склад свинячого гною, що надходить на біогазову станцію вказано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Характеристики вихідної речовини

Добриво	Азот $N, \%$	Фосфор $P_2O_5, \%$	Калій $K_2O, \%$	Кальцій $CaO, \%$	Магній $MgO, \%$	Вода $H_2O, \%$	Органічна речовина
Безпідстилковий гній	0,57	0,27	0,44	0,28	0,08	85	12

На першому етапі проектування необхідно визначитися із принциповою схемою біогазової установки. За аналог узята принципова схема біогазової установки, що представлена на рис.4.6.



1 - свинарник, 2 - приймальний резервуар, 3 - когенераторів, 4 - насос перекачування субстрату, 5 - теплообмінник попереднього підігріву субстрату, 6 - привід пристроями,, 7 - метантенк, 8 - лагуна, 9 - газовий фільтр, 10 - компресор, 11 - газгольдер.

Рисунок 4.6 - Принципова схема біогазової установки, що проектується

В якості вихідних даних задаються наступними параметрами:

- обсяг метантенка циліндричної форми 60 м^3 (довжина 10,3 метри, діаметр 2,8 метри);

- питомий вихід екскрементів на добу - $m_{\text{уд}} = 3,2 \text{ кг/добу}$;

- вологість маси екскрементів- $W_e = 85 \%$;

- частка СОВ в сухій речовині гною - $P_{\text{сов, \%}} = 80 \%$;

- вихід біогазу з 1 кг СОВ різного вихідного матеріалу - $n_{\text{ек}} = 0,42 \text{ м}^3 / \text{кг}$;

-частка виходу біогазу від вихідного матеріалу при даній тривалості метанового процесу - $n_t = 60\%$;

- тривалість процесу бродіння - $t_{\text{сут}} = 20$;

- питома щільність сбражуваної маси - $\rho_H = 1200 \text{ кг/м}^3$;

- середня теплоємність субстрату - $c_c = 0,0025 \text{ МДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$;

- температура процесу бродіння - $t_{\text{пб}} = 50^\circ \text{C}$;

- температура завантажувального субстрату - $t_{\text{заг}} = 5^\circ \text{C}$;

-термічне опір тепловіддачі від субстрату до внутрішньої поверхні стінки метантенка - $\alpha_1 = 830 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$;

-термічне опір тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляції метантенка до навколишнього середовища - $\alpha_2 = 15 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$;

-товщина стінки - $\delta_{\text{ст}} = 0,008 \text{ м}$;

-теплопровідність сталі - $\lambda_{\text{ст}} = 47 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТП 71 97 010 ПЗ

Арк.

39

- теплотворна здатність біогазу- $C_6 = 21,6 \text{ МДж /м}^3$;

4.5 Розрахунок біогазової установки

4.5.1 Розрахунок метантенку

За описаною вище методикою виробляємо розрахунок, що дозволяє визначити теоретичний валовий потенціал біогазу проектованої біогазової станції.

Визначається обсяг одноразової завантаження метантенка за формулою (4.1):

$$m_{\text{доб.}} = 1500 \cdot 3.2 = 4800 \text{ кг/добу}$$

Визначається частка сухої речовини у переданому матеріалі за формулою (4.2):

$$m_{\text{св}} = 4800 \cdot \left(1 - \frac{85}{100}\right) = 720 \text{ кг/добу}$$

Визначається частка сухої органічної речовини в гної за формулою (4.3):

$$m_{\text{сop}} = 720 \cdot \frac{80}{100} = 576 \text{ кг/добу}$$

Визначається вихід біогазу при повному розкладанні СОВ за формулою (4.4):

$$V_{\text{пол}} = 0,42 \cdot 576 = 241,9 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Визначається обсяг отриманого біогазу при обраної тривалості метанового бродіння по формулі (4.5):

$$V_6 = 241,9 \cdot \frac{60}{100} = 145,1 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Визначається обсяг повного завантаження метантенка по формулі (4.6):

$$V_{\text{пол.заг}} = 4800 \cdot 20 \cdot \frac{1}{1200} = 80 \text{ м}^3$$

Після цього визначається обсяг метантенка виходячи з умови, щоб співвідношення $V_{\text{пол.заг}} / V_M$ становило 0,6 ... 0,8.

Так як раніше об'єм реактора був прийнятий 60 м³, виникає необхідність в розроблюваної схемою передбачити установку двох реакторів, які працюють паралельно. Це в свою чергу дозволить домогтися резервування обладнання, що сприятливо позначиться на надійності тепло та електропостачання. У таблиці 4.2 представлені результати проведених вище розрахунків.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 - Зведена таблиця результатів розрахунку основних характеристик біогазової установки

Обсяг одноразового завантаження метантенка, кг /добу	4800
Частка СВ у завантажувемому матеріалі, кг /добу	720
Доля COB, кг/добу	576
Вихід біогазу при повному розкладанні COB, м ³ /добу	241,9
Обсяг отриманого біогазу при обраній тривалості метанового бродіння, м ³ /добу	145,2
Об'ємом повного завантаження метантенка, м ³	80

Для подальших розрахунків необхідно визначитися з матеріалом і товщиною теплової ізоляції. Теплова ізоляція - необхідна умова для ефективної роботи біогазової установки.

Застосовуваний теплоізоляційний матеріал повинен мати хороші ізолюючі властивості, бути доступним і дешевим [12].

Оптимальна товщина ізоляції в першу чергу залежить від форми і розмірів реактора, різниці в температурі між вмістом ферментатора і навколишнього середовища, вартості ізоляційного матеріалу і економічного ефекту від її застосування.

Слід зазначити, що група горючості теплоізоляції ферментатора повинна ставитися мінімум до слабогорючих (Г1), а в радіусі 1 м навколо патрубку відбору біогазу вона повинна бути не горючі. [1] Для захисту ізоляції від опадів і механічного впливу необхідно передбачати покривний шар, найчастіше за все виконаний з оцинкованої сталі.

Мінеральна вата є найбільш часто використовуваних ізоляційним матеріалом. Це обумовлено її низькою вартістю і хорошими значеннями теплопровідності, а не горючість, а також стійкістю до дії мікроорганізмів.

Як ізоляційний матеріал застосовано теплову ізоляцію Isover типу «Профі», що поставляється матами з покривним шаром з оцинкованої сталі 0.55мм. Основні характеристики ізоляційному матеріалу наведено в таблиці 4.3. Розглянемо, який вплив надає збільшення товщини теплоізоляції на початкові капітальні вкладення, втрати теплової енергії через стінки реактора, експлуатаційні витрати на опалення біогазової установки і терміни окупності витрат на теплову ізоляцію.

Варіант метантенка без ізоляції приймемо в якості базового варіанту для визначення ефекту від застосування ізоляції. Іншими варіантами розрахунку стане товщина ізоляційного шару 50, 100, 150, 200мм.

Таблиця 4.3 - Характеристики ізоляційного матеріалу Isover «Профі»

Параметр матеріалу	
Товщина мату, мм	50/100/150
Ширина мата, мм	1220
Довжина мата, мм	5000/5000/4000
Кількість матеріалу в Упаковці $S_{\text{мат}}, \text{м}^2$	12,2/6,1/4,88
Обсяг матеріалу в упаковці $V_{\text{мат}}, \text{м}^3$	0,61/0,61/0,73
Водопоглинання по ГОСТ Р ЕН 1609, кг / м^2 , не більше	1
Коефіцієнт теплопровідності, Вт / ($\text{м} \cdot \text{К}$)	0,037
Клас горючості	НГ

На підставі даних з розрахунку габаритів заданого метантенка, визначається площа поверхні реактора, м^2 :

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l = 2 \cdot \pi \cdot 1,4^2 + 2 \cdot \pi \cdot 1,4 \cdot 10,3 = 103 \text{ м}^2 \quad (4.18)$$

З огляду на той факт що згідно з розрахунками є необхідною установка двох ($n = 2$) метантенків працюють паралельно, то їх сумарна площа поверхні дорівнює $S_M = 206 \text{ м}^2$. Для визначення в подальшому значення тепловіддачі і необхідних обсягів покривного шару розраховуємо площу поверхні реактора з урахуванням ізоляції:

$$S_{\text{із}} = (2 \cdot \pi \cdot (r + \delta_{\text{із}})^2 + 2 \cdot \pi \cdot (r + \delta_{\text{із}}) \cdot l) \cdot n \quad (4.19)$$

Капітальні витрати на ізоляційні роботи визначаються за формулою, грн:

$$K = \left(\frac{S_M}{S_{\text{мат}}} \cdot V_{\text{мат}} \cdot C_{\text{ізол}} + S_{\text{ізол}} \cdot C_{\text{пок}} \right) \cdot 1,3 \quad (4.20)$$

де $C_{\text{пок}}$ - вартість покривного матеріалу, згідно приймаємо рівну $98 \text{ грн} / \text{м}^2$.

У зв'язку з тим, що проектувана біогазова станція буде працювати цілий рік, розрахунок для визначення економічної ефективності застосування того чи іншого варіанту виконання ізоляції буде проводиться по середній річній температурі $t_{\text{сер}}$ в с. Бзів, яка становить $2,4^\circ\text{C}$. У розрахунку теплових втрат в зв'язку з незначною товщиною і високою теплопровідністю покривний шар не враховується. Граничні умови розв'язуваної задачі наочно представлені на рисунку 4.7.

За формулами (4.10) і (4.11) визначаємо кількість теплоти, що втрачається субстратом в результаті тепловіддачі через стінку реактора в навколишнє середовище для кожного варіанта.

Для визначення можливих витрат на заповнення втрат теплоти виробляємо розрахунок за формулою, грн/ рік:

$$E = Q \cdot T_{TE} \cdot 31536000 \quad (4.21)$$

де T_{TE} - тариф на теплову енергію, приймаємо рівним 1409 грн /кДж

Для перевірки працездатності біогазової станції в найлютіші морози, визначаємо кількість теплоти, що втрачається субстратом в результаті тепловіддачі через стінку реактора в навколишнє середовище при обраної товщині ізоляції і абсолютно мінімальній температурі повітря, яка дорівнює -48°C згідно. Граничні умови для даної постановки завдання представлені на рисунку 4.7.

За формулою (4.10) визначаємо значення теплових втрат при абсолютно мінімальній температурі зовнішнього повітря:

$$Q_{\text{пот}} = 0,183 \cdot 273 \cdot (50 - (-48)) = 4,9\text{кВт} = 17,6\text{МДж/год}$$

Визначаємо кількість теплоти, необхідне для підігріву завантажувється маси до температури процесу бродіння, в розраховується установці за формулою (4.9):

$$Q_{\text{под}} = \frac{4800 \cdot 0,0025 \cdot (50 - 5)}{0,95} = 568,4\text{МДж/добу}$$

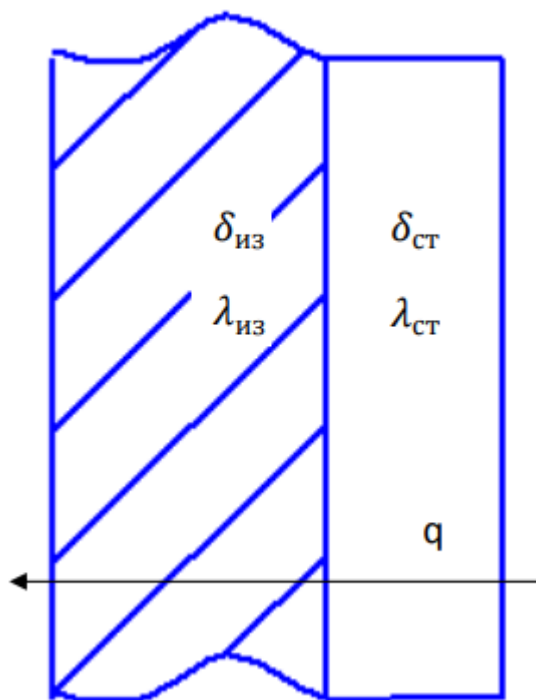


Рисунок 4.7 - Граничні умови розв'язуваної задачі

Визначаємо за формулою (4.12) загальні витрати теплової енергії на підтримку процесу:

$$Q_{\text{заг}} = 568,4 + 17,6 \cdot 24 = 991,7\text{МДж/добу} = 11,5\text{кВт}$$

Визначаємо за формулою (4.13) потенційні запаси енергії біогазу, виробленого за добу:

$$Q_{\text{вир}} = 141,1 \cdot 21,6 = 3135,3 \text{ МДж/добу}$$

Визначаємо коефіцієнт товарності біогазової установки по формулі (4.14):

$$k_m = \frac{Q_{\text{заг}} - Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{заг}}} = \frac{3135,3 - 991,7}{1095} = 2,16$$

На основі оцінки енергетичного ефекту біогазової установки з'являється можливість визначити валовий потенціал енергії біогазу за формулою (4.15):

$$W_{\text{БГУ}} = \frac{3135,3 \cdot 277,78}{1000} = 870,9 \text{ кВт} \cdot \text{год/добу}$$

Даний показник відображає теоретичний електричний потенціал енергії біогазу без урахування ККД генеруючої установки (когенератора).

Валовий потенціал теплової енергії біогазу за формулою (4.16) дорівнює:

$$Q_{\text{БГУ}} = \frac{870,9 \cdot 0,86}{1000} = 0,74 \text{ Гкал} = 0,3 \text{ кДж}$$

Теоретичний потенціал (середня потужність), яку може підтримувати біогазова установка на протязі тривалого часу виходячи з біогазового потенціалу тваринницького підприємства визначається за формулою (4.17):

$$P_{\text{CP}} = \frac{870,9}{24} = 36,3 \text{ кВт}.$$

4.6 Висновки за розділом 4

Обрана спеціальна установка та підібране необхідне обладнання біогазової станції, для якої був виконаний розрахунок устаткування. Описано методологію розрахунку біогазових установок на прикладі конкретних початкових даних.

5 ЗАГАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ БІОВІДХОДІВ

5.1 Загальні результати використання біовідходів

Для популяризації та впровадження біогазових технологій в Україні на базі класичного фермерського господарства компанією «Ecodevelop» побудований біогазовий комплекс, що працює на відходах фермерського господарства (гній ВРХ) і кукурудзяному силосі, який вирощують на полях господарства.

Мета даного біогазового комплексу - на конкретному прикладі показати повний технологічний цикл переробки відходів ферми ВРХ, вироблення електроенергії і теплоти, використання збалансованих біодобрив для полів. На базі станції працює навчальний і науково-методологічний центр з підготовки фахівців-біотехнологів для біогазової галузі України [10].

5.2 Параметри і режими роботи біогазової установки

Установка, яку ми розглядаємо та розраховуємо в цьому проекті, має характеристики:

Розташування: Україна, с. Бзів, Київська обл.

Період будівництва: 2015/2016.

Субстрати: Гній великої рогатої худоби, силос кукурудзи.

Встановлена потужність: 330 кВт.

Застосування біогазу: Спалювання біогазу в когенераційної установки для генерування електричної енергії і продаж її в електромережу за «зеленим» тариф.

Особливості проекту: 1 метантенк первинний з газгольдером, 1 лагуна, реалізація біодобрив, мезофільні режим зброджування.

Добове виробництво біогазу - 3630 м³.

Вихід (на рік):

Електрична енергія - 2640 МВт · год.

Теплова енергія - 3160 МВт · год.

Тверді добрива (вологість 70%) - 9344 т.

Рідкі добрива (вологість 99%) - 18 359 т.

Випробування об'єкта дослідження проводяться для перевірки рівняння, знайденого теоретично, а також коли рівняння об'єкта невідомо і скласти його з тих чи інших причин неможливо.

Правильно організовані і ретельно проведені випробування дозволяють отримати необхідні дані про властивості об'єкта при великому числі джерел збурень [13].

Під час експерименту перед додатком контрольованого обурення досліджуваний об'єкт призводять до стану встановленого рівноваги, а саме:

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- усі вхідні і вихідні параметри об'єкта зберігаються незмінними протягом заданого періоду часу;

- необхідна тривалість стаціонарного режиму тим більше, чим більше інерційність досліджуваного об'єкта.

Дослідження необхідно проводити в різних робочих режимах, а так як під час проведення експерименту можливі неточності, в кожному режимі слід виконувати кілька однакових експериментів.

Одним з методів експериментального дослідження динамічних властивостей об'єкта полягає в знятті його характеристик.

Цей метод широко застосовується при плануванні експериментів.

Для встановлення оптимальних конструктивних параметрів і режимів роботи БГУ, що забезпечують максимальний вихід біогазу, проведений багатофакторний експеримент.

На підставі отриманих даних для оцінки впливу змінних факторів на максимальний вихід біогазу (критерій оптимізації) було складено рівняння регресії, що має вигляд:

$$Y_{Q_{BG}} = 15,3967 - 0,6838X_1 + 0,0925X_2 - 0,2888X_3 - 0,27X_1X_2 - 0,7725X_1X_3 + 0,775X_2X_3 - 1,2996X_1^2 - 1,0471X_2^2 - 1,1196X_3^2 \quad (5.1)$$

В результаті перевірки адекватності рівняння за критерієм Фішера встановлено, що отримане рівняння регресії адекватно

$$(F_{\text{розрах}} = 0,765 < F_{\text{табл}} = 2,359).$$

Рівняння регресії (5.1) в розкритому стані має наступний вигляд:

$$Q_{BG} = 15,3967 - 0,6838 \left(\frac{T_{II} - 57}{3} \right) + 0,0925 \left(\frac{n_T - 7,5}{0,5} \right) - 0,27 \left(\frac{T_{II} - 57}{3} \right) \left(\frac{t_{II} - 17}{3} \right) - 0,7725 \left(\frac{T_{II} - 57}{3} \right) \left(\frac{n_T - 7,5}{0,5} \right) + 0,775 \left(\frac{t_{II} - 17}{3} \right) \left(\frac{n_T - 7,5}{0,5} \right) - 1,2996 \left(\frac{T_{II} - 57}{3} \right)^2 - 1,0471 \left(\frac{t_{II} - 17}{3} \right)^2 - 1,1196 \left(\frac{n_T - 7,5}{0,5} \right)^2. \quad (5.2)$$

Після перетворень рівняння (5.2) має наступний вигляд:

$$Q_{BG} = -905,8499 + 20,6062T_{II} + 1,8215t_{II} + 87,1701n_T - 0,03T_{II}t_{II} - 0,515T_{II}n_T + 0,5167t_{II}n_T - 0,1444T_{II}^2 - 0,1163t_{II}^2 - 4,4784n_T^2 \quad (5.3)$$

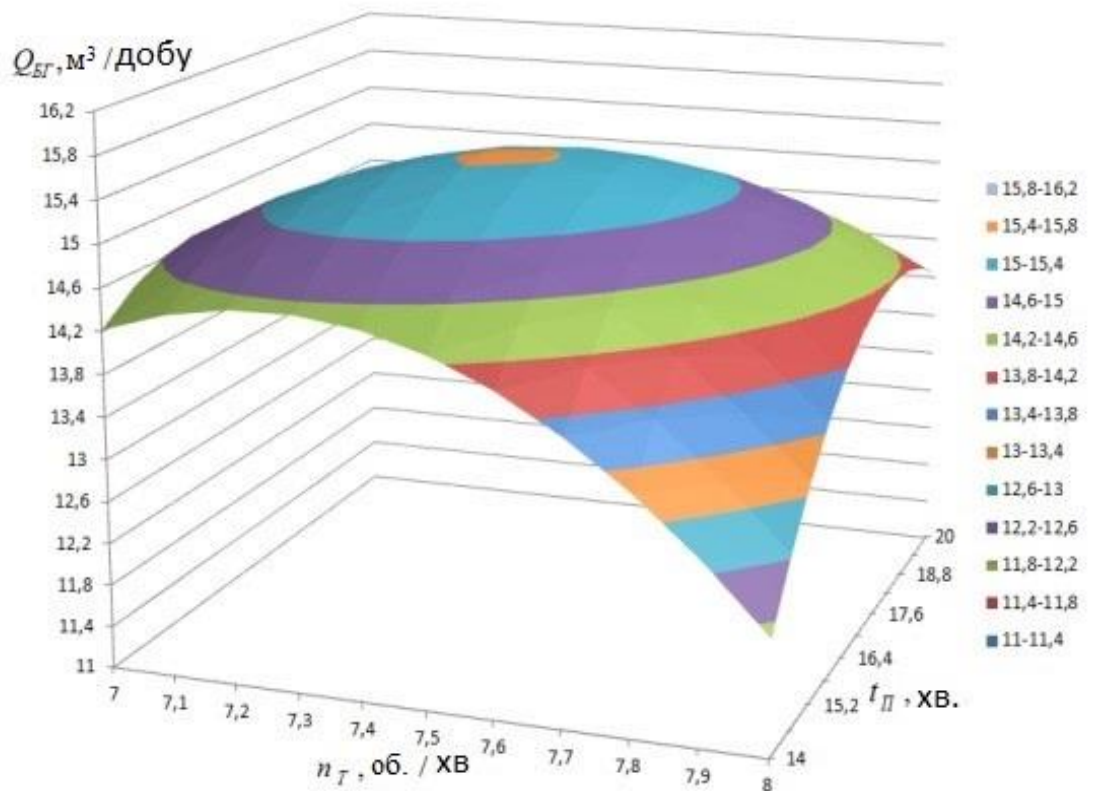


Рисунок 5.1- Поверхня віддачі $f(T_{\Pi}, n_T)$ при нульовому рівні $T_{\Pi} = 56,2^{\circ}\text{C}$

Поверхня віддачі при зміні температури зброджування і числа обертів теплообмінника-мішалки представлена на Рис. 5.2.

Рівняння регресії при нульовому рівні числа обертів теплообмінника-мішалки ($n_T = 7,5$ об/хв) має вигляд:

$$Q_{BG} = -503,9842 + 16,7737T_{\Pi} + 5,6967t_{\Pi} - 0,03T_{\Pi}t_{\Pi} - 0,1444T_{\Pi}^2 - 0,1163t_{\Pi}^2 \quad (5.4)$$

Поверхня відгуку при зміні температури зброджування і тривалості перемішування маси яка бродить представлена на рис 5.3.

Аналіз результатів багатофакторного експерименту показує, що максимальне значення критерію оптимізації $15,5 \text{ м}^3 / \text{добу}$, за який прийнятий вихід біогазу, досягається при наступних значеннях варіюють факторів [14]:

- температура зброджування $T_{\Pi} = 56,2^{\circ}\text{C}$;
- тривалість перемішування маси яка бродить $t_{\Pi} = 17\text{хв.}$,
- число оборотів теплообмінника-мішалки $n_T = 7,5\text{об/хв}$

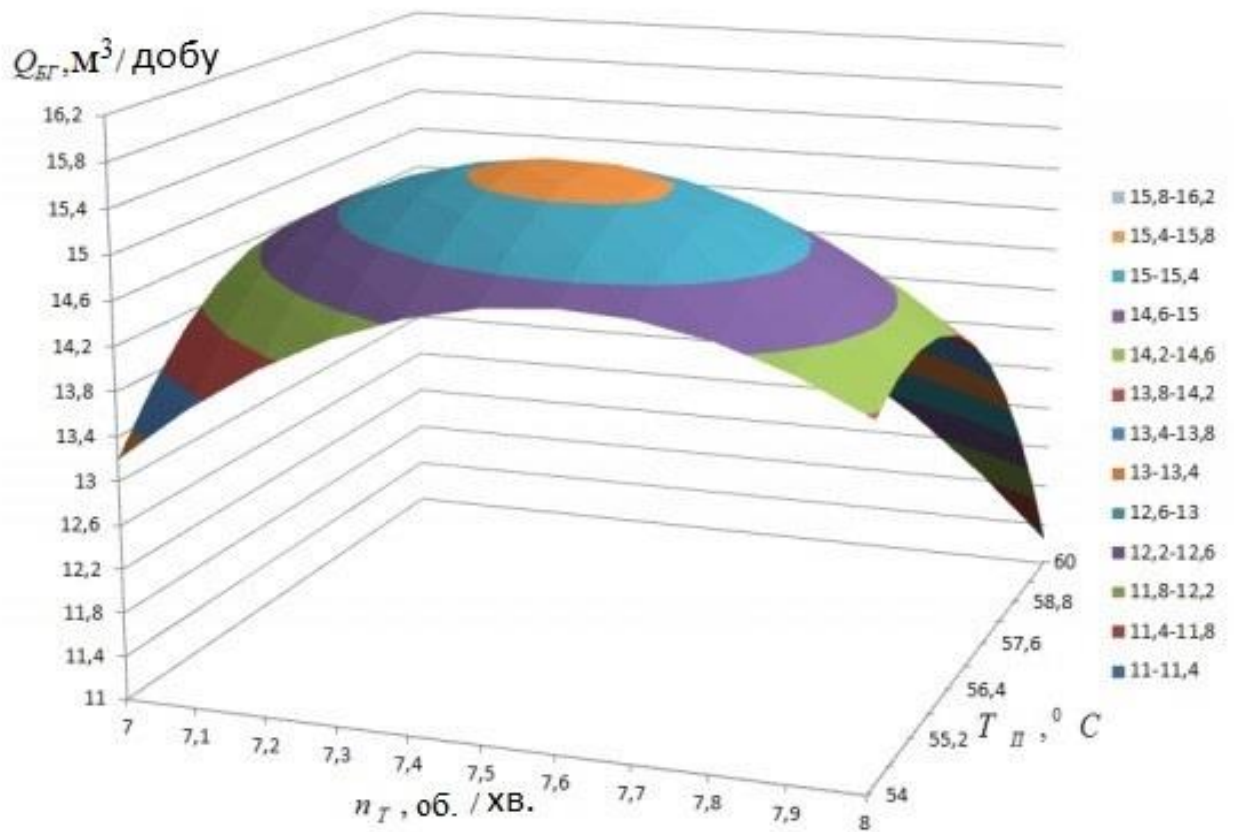


Рисунок 5.2- Поверхня віддачі $f(T_{\Pi}, n_T)$ при нульовому рівні $T_{\Pi} = 17^{\circ}\text{C}$

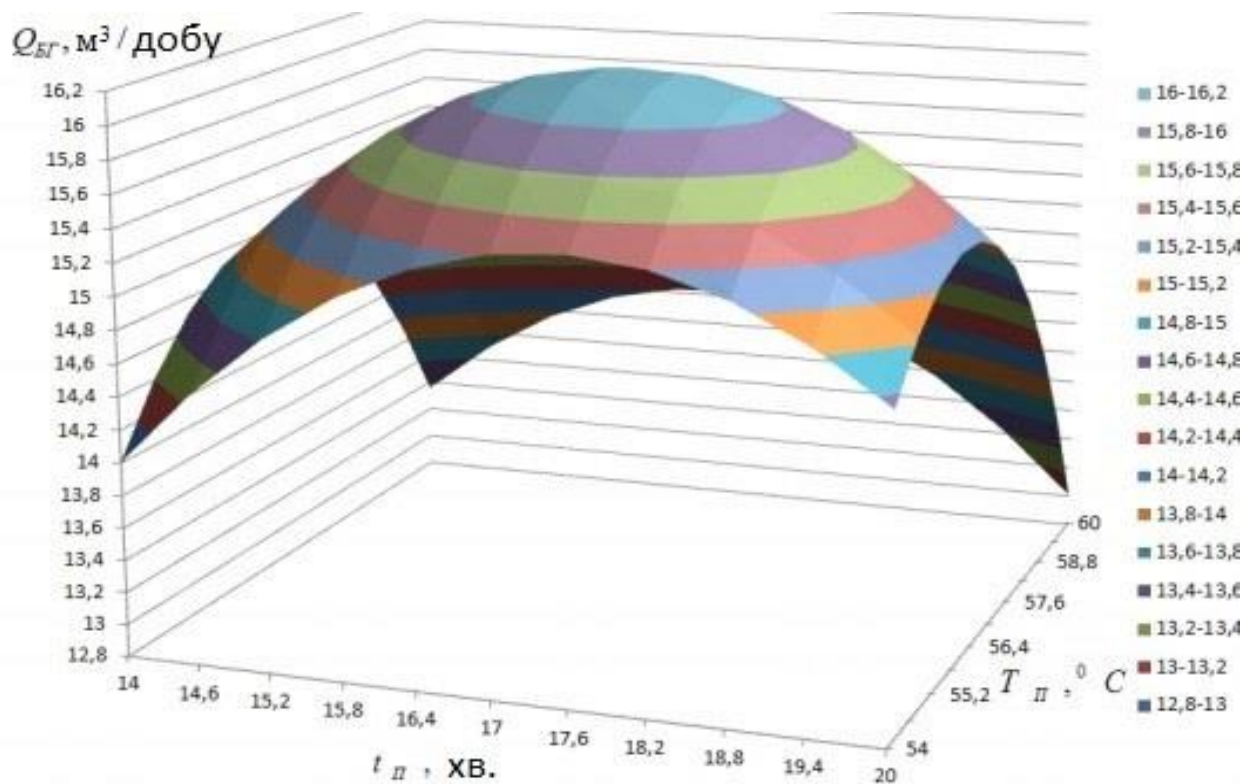


Рисунок 5.3 - Поверхня віддачі $f(T_{\Pi}, n_T)$ при нульовому рівні $n_T = 7,5\text{об/хв}$

5.3 Пропозиції щодо підвищення ефективності роботи біогазової установки

За підсумками проведення обстеження устаткування біогазової установки даного типу за проектною документацією та на реальному об'єкті у п. Бзов Бориспільського р-ону Київської області визначені основні особливості монтажних та конструктивних характеристик всієї установки. З врахуванням необхідності покращення умов експлуатації та ефективності роботи біогазової установки розроблено пропозиції щодо її вдосконалення за різними напрямками.

5.3.1 Покращення теплового режиму роботи установки

З аналізу технологічного процесу роботи біогазової установки визначено, що важливою характеристикою її роботи є організація і підтримка необхідного температурного режиму всередині реактору-ферментатора. Сталий температурний режим роботи ферментатора (метантенк-реактор біогазу) забезпечується системою теплозабезпечення, яка реалізована підігрівом всієї біомаси з використанням трубчастого нагрівача, що розташований на його боковій поверхні (рис.5.4).



Рисунок 5.4 - Загальний вигляд внутрішнього об'єму реактора- ферментатора під час проведення капітального ремонту

Подачу нагрівальної води в трубки нагрівача здійснюється в одному місці з одного вводу, що призводить до значного зменшення температури води на виході з нагрівача і перекосу температурних полів в об'ємі ферментатора. Ця особливість системи нагріву не дозволяє забезпечити рівномірний нагрів біомаси всередині ферментатора і знижує ефективність генерування біогазу.

Окрім того, забезпечення рівномірного температурного поля в об'ємі реактора-ферментатора та нагрів біомаси до необхідної робочої температури ускладнено великою втратою теплоти через бетоновану підлогу великої площі. Це суттєві за масштабом втрати теплоти.

З метою покращення температурного режиму роботи реактора пропонується виконати модернізацію системи підігріву біомаси у реакторі за рахунок наступних заходів:

1) розділити поверхню нагрівача реактора, що розташована на внутрішній боковій поверхні, на секції (доцільно розділити на 4 секції) і подавати гарячу воду паралельно і одночасно у кожну секцію;

2) збільшити поверхню нагрівача за рахунок збільшення кількості трубок у кожній секції;

3) облаштувати на підлозі реактора додаткові секції системи підігріву;

4) збільшити кількість мішалок до 8 шт., що встановлені всередині реактора, з розміщенням їх на висоті 1м та 2м від рівня підлоги для покращення перемішування біомаси в об'ємі ферментатора і підвищення рівня рівномірності температури у об'ємі біомаси.

5.3.2 Покращення надійності роботи системи перемішування ферментатора

За рахунок здійснення аналізу наявних на установці конструктивних характеристик механізмів перемішування біомаси в середині реактора виявлені певні особливості роботи системи перемішування, а саме:

1) мішалки біомаси встановлені на рівні другого контуру бокової поверхні нагріву в корпусі ферментатора, що не дозволяє перемішувати шари вище і нижче по висоті реактора;

2) кількість мішалок на весь реактор становить 3 шт., що не дозволяє здійснювати якісне рівномірне розмішування біомаси всередині великого за об'ємом реактора. В реакторі наявні зони застоювання біомаси без перемішування, що призводить до зниження температури в них і зниженню активності процесів виробництва біогазу. Особливо це наглядно видно у холодну пору року;

3) розмір мішалок замалий з робочим сектором перемішування до 0,5м, що не дозволяє здійснювати ефективне перемішування біомаси в інших зонах по висоті нижче і вище місця встановлення мішалок;

4) направлення потоку біомаси виконано таким чином, що біомаса від мішалки направляється у центр реактора. У всіх інших зонах перемішування біомаси не відбувається;

5) увесь механізм і самі мішалки встановлені всередині реактора, що ускладнює нагляд за їх технічним станом, їх технологічним обслуговуванням та ремонтом під час виходу з ладу.

З метою покращення якості перемішування біомаси в середині реактора та надійності роботи мішалок пропонується виконати модернізацію системи перемішування біомаси у

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реакторі за рахунок наступних заходів:

- 1) збільшити кількість мішалок до 8 шт. що встановлені всередині реактора;
- 2) розташувати мішалки рівномірно на двох рівнях: на висоті 1м та 2м від рівня підлоги по 4 на кожний рівень;
- 3) змінити направлення потоку біомаси від мішалки під кутом 45 градусів від бокової поверхні реактора;
- 4) направлення потоку біомаси від нижнього ряду мішалок (4 шт.) здійснити додатково під кутом 25 градусів від підлоги (біомаса буде рухатися знизу наверх та
- 5) від бокової поверхні до центральної частини об'єму реактора.
- 6) змінити конструкцію і спосіб встановлення мішалок біомаси за межами реактора, тобто зовні, що дозволить забезпечити доступ до їх нагляду і технічного обслуговування під час експлуатації і навіть ремонту без зупинки самого біологічного процесу виробництва біогазу в реакторі.

5.4 Висновки за розділом 5

Реалізація на практиці описаних у пп. 5.3.1 і 5.3.2 пропозицій дозволить суттєво покращити ефективність роботи біогазової установки за рахунок вдосконалення теплового режиму роботи реактора-ферментатора і забезпечить підвищення надійності, якості роботи і обслуговування мішалок ферментатора у процесі виробництва біогазу у різні періоди року та незважаючи на різкі зміни температури навколишнього середовища.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Враховуючи той факт, що на нашому підприємстві «Ecodeveloper» ми маємо справу із легкозаймистою та вибухонебезпечною речовиною – біогазом, хімічними речовинами, які являються відходами в виробничому процесі, устаткуванням станції, яке працює під тиском – необхідно виконувати задані режими, слідкувати за коректною роботою апаратури та вчасно її обслуговувати.

В даному дипломному проєкті розглядається тема: «Біогазова установка для тепло- і енерговиробництва». При проєктуванні було розроблено заходи, що забезпечують безпеку персоналу виробництва в процесі експлуатації приладів, засобів автоматизації, щитових пристроїв системи автоматики у відповідності з сучасними вимогами охорони праці.

В зв'язку із специфікою біогазової установки, єдине робоче приміщення на підприємстві – приміщення, в якому знаходиться оператор установки. Його розміри: площа - 12м², об'єм - 33м³, що відповідає нормам ДНАОП 0.00-1.31-99.

6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці.

6.1.1 Повітря робочої зони

Відходи, які виникають в процесі виробництва біогазу є досить шкідливими речовинами. Біогаз є досить брудним, з екологічної точки зору, продуктом. Крім вологи, сірководню, важких металів, аміаку, нітратного азоту, фосфору, небезпечних бактерій і ін. домішок сировинної біогаз багатий вуглекислим газом. Вміст CO₂ в ньому може доходити до 30% - 35%. Вуглекислий газ - парниковий. Він поглинає випускаються Землею інфрачервоні промені і таким чином бере участь в процесі глобального потепління.

Є в біогазі інші шкідливі речовини, які потрібно видаляти. Зокрема, в біогаз, отримуваний на смітєвих полігонах, присутні силосиди – сполуки, що в молекулі чергуються з атомами кремнію і кисню (-> Si-O-Si <-). У традиційному природному газі їх немає. Сполуки, що містять кремній, негативно діють на двигун автомобіля. При попаданні всередину газопроводів та іншого обладнання вони ведуть до корозії і виходу техніки з ладу. Процеси, що розвиваються під дією виробничих отрут, спричиняють в організмі людини порушення функціонального і структурного стану, необхідного для його нормальної життєдіяльності.

Характер і ступінь таких змін під дією отрути обумовлений їх концентрацією (дозою), часом дії і періодом виведення (елімінації) з організму. Токсичний ефект хімічних речовин залежить від індивідуальних властивостей особистості, що визначається станом здоров'я людини. Допустимі значення температури повітря визначено в таблиці 6.1.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Допустимі і оптимальні параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних				
Холодний	Легка - Іа	22-24	23	22	19	17	40 - 60	70	0,1	Не більше 0,1
Теплий		23-25	27	25	25	23	60 - 40	55	0,1	Не більше0,1

Гігієнічне нормування шкідливих речовин проводимо за гранично допустимими концентраціями (ГДК, мг/м³) у відповідності з нормативними документами: для робочих місць визначається гранично допустима концентрація в робочій зоні – ГДК_{рз} (ГОСТ 12.1.00588/98). Гігієнічне нормування вимагає, щоб фактична концентрація забруднюючої речовини не перевищувала ГДК ($C_{\text{факт}} \leq 1$).

ГДК_{рз} – це максимальна концентрація, що при щоденній (крім вихідних днів) роботі у продовження 8 год чи при іншій тривалості, але не більш 41 год у тиждень, протягом усього стажу (25 років) не може викликати захворювань чи відхилень стану здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень у процесі роботи чи у віддалений період життя сучасного і наступних поколінь.

Для запобігання професійних отруєнь служать технологічні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні заходи та засоби.

Радикальним способом захисту є заміна отруйних неотруйними або менш токсичними речовинами, дотримання правил безпеки і виробничої санітарії, введення нових технологій, санітарно-гігієнічна експертиза хімічних речовин, їх гігієнічна стандартизація, комплексна механізація та автоматизація виробничих процесів.

Ефективним заходом профілактики на виробництвах, де використовують високоотруйні речовини, є впровадження дистанційного управління або безперервності технологічних процесів, за рахунок яких усувається порушення герметичності обладнання. Прилади, якими вимірюють умови мікроклімату на даному підприємстві: барометр, психрометр, електронний термометр і гігрометр.

6.1.2 Виробниче освітлення

У денний час в операторській передбачене денне освітлення, згідно ДБН В.2.5-28:2018 [15]. Роботи, виконувані в операторській, пов'язані зі зняттям показань з контрольно-вимірювальної апаратури, відносяться до III розряду зорових робіт. У приміщенні КВП (контроль вимірювальних пристроїв) є вікна розміром 3300x2300 мм. Вони забезпечують значення коефіцієнта природного освітлення 8 - 10 %. Коефіцієнт природного освітлення для даного розряду робіт при верхньому і комбінованому освітленні складає 8 %. Отже, фактичне значення КПО відповідає нормам. У темний час доби використовують штучне висвітлення. Згідно ДБН В.2.5-28:2018, освітленість та світловий потік, що відповідають III розряду зорових робіт, при газорозрядних лампах повинні складати $E_n=200$ Лк, $F_n=2800$ Лм відповідно, де F_n – світловий потік газорозрядних ламп.

Приймемо лампи типу ЛДЦ15-4. Поставимо 9 світильників, що забезпечать освітленість приміщення для даного розряду зорових робіт, відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. При цьому фактичні значення складуть: $E_{\text{факт}}=275$ Лк, $E_{\text{нор}}=200$ Лк. Таким чином, можна стверджувати, що освітленість приміщення відповідає нормам. Нормовані значення КПО та норми освітленості в системі суміщеного освітлення наведено в табл. 6.2

Таблиця 6.2 – Нормативні показники природного та штучного освітлення ТЕЦ, згідно ДНБ В. 2.5-28:2018

Розряд і під-розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Комбіноване
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
Vб	-	200	3 і 1	1,8 і 0,6
VIIIв	-	50	0,7 і 0,2	0,5 і 0,2

6.1.3 Виробничий шум та вібрації

Шум – один з основних факторів, що негативно впливає на людей у сучасних містах і на виробництві. Збільшення потужності устаткування, насиченість виробництва високошвидкісними механізмами, різке збільшення транспортного потоку приводить до збільшення рівня шуму як у побуті, так і на виробництві [6].

Шкідливий вплив шуму на організм людини є досить різноманітним. Працюючи в умовах тривалого шумового впливу стикаються зі зниженням пам'яті, запамороченнями, підвищеною стомленістю, дратівливістю тощо. До об'єктивних симптомів шумової хвороби відносяться: зниження слухової чутливості, зміна функцій травлення, що виражається в порушенні кислотно-лужного балансу у шлунку, серцево-судинній недостатності, нейроендокринному розладі.

Процесі виробництва біогазу голоними джерелами шуму й вібрації є вентилятори, електродвигуни, насоси, резерви, що працюють під тиском. Одними з джерел шуму є вентилятори і насоси, рівень шуму яких, сягає 80-100 дБА, що перевищує нормативне значення. Тривалий вплив інтенсивного шуму (вище 80 дБА) на слух приводить до його часткової втрати. Відповідно до ДСН 3.3.6037-99 [16], для наладчика, ця гучність не повинна перевищувати 80 дБА, тому проектом розроблено наступні заходи для її зниження. Оскільки шум від вентиляційного агрегату поширюється через повітряне середовище, по будівельних конструкціях і через стінки повітропроводів, боротьба з шумом передбачається методом зниження початкової гучності вентиляційного агрегату і насосів, ізоляцією агрегатів за допомогою віброзахисних елементів.

Амортизатори вібрацій виготовляють зі сталевих пружин чи гумових прокладок. Фундаменти під відцентрові насоси ізолюють азбестом, для зменшення вібрації. Застосовують також звукопоглинаючі матеріали, такі як скловолокно, поролон для повітропроводів і обличкування вентиляційних систем.

До організаційних заходів відносять раціональне розташування виробничих ділянок, устаткування та робочих місць, постійний контроль рівня звуку, оптимізація режиму праці і відпочинку працівників, обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам. У якості індивідуальних засобів захисту від шуму передбачено протишумні шоломи ШШЗ-65, ШШЛ-65, шолом-каска ВЦННІОТ2М; протишумні навушники ВЦННІОТ-2. В результаті впровадження даного комплексу заходів, відповідно до ДСН 3.3.6037-99, для персоналу планується забезпечити рівень шуму в межах 50-60 дБА.

6.1.4 Електробезпека

Відповідно до ПУЕ, метантенк та приміщення для оператора за небезпекою електротравм відноситься до приміщення без підвищеної небезпеки. В приміщенні застосовується трифазна чотирипровідна мережа напругою 380 В з глухозаземленою нейтраллю. У цьому випадку захисне заземлення не є досить надійним захистом щодо профілактики електротравм.

Більш ефективним засобом попередження електротравм при замиканні на корпус у даному випадку вважається занулення – навмисне електричне з'єднання неструмовідних елементів електроустановки, які можуть опинитися під напругою в результаті замикання на корпус, з нульовим проводом.

Система технічних засобів і заходів з електробезпеки передбачає, що основні технічні засоби і заходи що застосовуються для забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок в цеху і включають:

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ізоляція струмовідних частин - забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок;

- недоступність струмовідних частин – застосовуються захисні огороження, закриті комутаційні апарати, неізольовані струмовідні частини розміщуються на висоті, недосяжній для ненавмисного дотику до них інструментом, різного роду пристосуваннями, обмежується доступ сторонніх осіб в електротехнічні приміщення;

- блокування безпеки - унеможливають доступ до неізольованих струмовідних частин без попереднього зняття з них напруги, попереджують помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допускають порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання;

- засоби орієнтації в електроустановках дають можливість персоналу чітко орієнтуватися при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям.

Для того, щоб не допустити ураження людини електричним струмом при виникненні аварійних ситуацій передбачено заземлення всього обладнання, що працює від мережі 220 В, 50 Гц. Опір нульового дроту повинен бути таким, щоб при замиканні на корпус, виникав струм короткого замикання, сила якого повинна перевищувати в 1,5 рази номінальний струм.

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_{\phi} + (z_T/3)}, \quad (6.1)$$

де U_{ϕ} - напруга фази мережі, В;

R_0 - опір нульового дроту на ділянці від фазового трансформатора до розетки, Ом;

R_{ϕ} - опір фазового дроту на тій же ділянці, Ом;

$z_T/3$ - еквівалентний опір трансформатора, Ом;

Виконаємо розрахунок струму короткого замкнення при аварійному режимі роботи згідно (6.1):

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_{\phi} + (z_T/3)} = \frac{220}{3,1 + 4,09 + 0,12} = 30,1 \text{ А.}$$

Опір заземлюючих пристроїв не перевищує встановлених значень ПУЕ-2017.

Виконано всі необхідні заходи щодо електробезпеки відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98. Додаткових заходів з електробезпеки вживати не потрібно.

6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Для дотримання безпеки технологічних процесів на підприємстві, передбачено дотримуватися конкретних правил безпеки.

Проект передбачає здійснення наступних заходів безпеки:

1) Машинне відділення і генератор:

-перекриття подачі газу, в інші приміщення (за межі машинного);

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зупинку роботи обладнання вимикачем, що знаходиться поза машинного відділення;
- примусове провітрювання відділення.

2) Газгольдер:

- закриття подачі газу;
- випускання газу з газгольдера;

Проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів.

6.2 Пожежна безпека

На виробництві знаходяться горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини та матеріали (в тому числі пил і волокна). За вибухопожежною та пожежною небезпекою належить до категорії В – пожежонебезпечні у відповідності з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [17], за умови, що приміщення, не належать до категорій А і Б. Ступінь вогнестійкості будівлі II, згідно з ДБН В.1.1-7:2016 [18], тому що стіни приміщення кабінету цегляні. Приміщення відповідає класу пожежонебезпечної зони П-І відповідно до ПУЕ. Найбільш швидким та надійним засобом виявлення ознак займання та сигналізації про пожежу є автоматична установка пожежної сигналізації (АУПС), яка працює цілодобово. Комбіновані сповіщувачі ІПК-1, ІПК-2, ІПК-3 контролюють відразу два чинника, що супроводжують пожежу: дим та температуру.

До засобів гасіння, передбачених проектом, належать: стаціонарний модульний порошковий вогнегасник САМ-3, вогнегасник порошковий призначений для гасіння загорянь тліючих матеріалів, горючих рідин, газів і електроустановок, що знаходяться під напругою не більше 1000 В, на промислових підприємствах, складах зберігання горючих матеріалів, а також на транспортних засобах. Також передбачено наявність переносних вуглекислотних вогнегасників ОУ-3, в яких у якості вогнегасної речовини застосовується діоксид вуглецю (CO₂), при переході вуглекислоти з рідкого стану в газоподібний відбувається збільшення її обсягу в 400-500 разів, супроводжуване різким охолодженням до температури -72 ° С і часткової кристалізацією. При цьому ефект вогнегасіння досягається зниженням температури вогнища загоряння нижче точки займання, і витісненням кисню із зони горіння негорючим вуглекислим газом.

6.3 Висновки за розділом 6

Проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1 Розглянуто загальні характеристики біогазу та представлені основні характеристики розглянутої біоустановки. Біогазова установка, яка розглядається в дипломному проекті бакалавра, розташована в с.Бзів Бориспільського району Київської області.

2 На основі проведеного аналітичного огляду та дослідження закордонної літератури, технічних характеристик біогазових комплексів, було представлено характеристику процесів та особливості повного циклу виробництва та використання біовідходів. Було розглянуто і проаналізовано деякі методи вироблення біогазу, всі фази (від подачі сировини до установки до утилізації та використання біовідходів), проведено загальні розрахунки, в яких наведена розрахункова кількість біогазу, об'єм біогазу, що можна зібрати з 1 тони сировини тощо.

3 Описано принципову схему та характеристики процесів виробництва біогазу. На рисунках представлена ілюстрація циклів. Представлений технічний потенціал установки, яка працює на біопаливі, і її експлуатаційні параметри. Були проведені розрахунки продуктивності процесу метану бродіння та метаногенезу. Розглянуто та описано теплові процеси, що протікають в БГУ.

4 На основі існуючих схем обрана спеціальна установка та підібране необхідне обладнання біогазової станції, для якої був виконаний розрахунок устаткування.

5 Описано методологію розрахунку біогазових установок на прикладі конкретних початкових даних.

6 Після ознайомлення з документацією біогазової установки та аналізу основних процесів генерування біогазу розроблено та описано заходи із удосконалення виробництва біогазу та підвищення ефективності роботи комплексу енергогенерування у вигляді пропозицій, які наведені в розділі 5.

7 Виконано усі заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 Айкен. Управління проектами енергетики. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://iknet.com.ua/uk/articles/useful-to-know/biogas-power/> (02.06.2019)

2 О.Б.Гуменюк, Н.В.Семенюк. Технічні науки. Вісник Хмельницького національного університету. [Електронний ресурс]:http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2012_6/25gum.pdf. 2012 – 6 с.

3 Національна академія аграрних наук України. Науково-методичний і координатний центр з наукових проблем розвитку АПК України.[Електронний ресурс]. Режим доступу - http://naas.gov.ua/newsall/newsnaan/?ELEMENT_ID=6287 (28.09.2020)

4 Пришляк Н.В. Забезпечення енергетичної та екологічної безпеки держави за рахунок біопалива з біоенергетичних культур і відходів. Монографія/ Н.В. Пришляк, Д. М. Токарчук, Я. В.Паламаренко. - 2019 – 248 с.

5 Текнішіан. Технологія виробництва і пристрій установки по виробництву біогазу. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://technerium.ru/uk/kak-poluchit-biogaz-iz-navoza-tehnologiya-i-ustroistvo-ustanovki-po-proizvodstvu-besplatnyi-biogaz/> (22.04.2020)

6 РФ-ДЖК. Отримання газу з відходів. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://rf-gk.ru/uk/poluchenie-gaza-iz-othodov-biogaz-iz-navoza-naskolko-vygodno-i/> (02.02.2019)

7 Вайкун. Екологічний проект, контент-платформа. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://ua.waykun.com/articles/ekologichnij-proekt-biogaz-jak-dostupnij-vid.php> (2016)

8 В.О.Красінко Біоенергетика та охорона довкілля. Конспект лекцій для студентів спеціальності 7.05140101 «Промислова біотехнологія» денної та заочної форм навчання./ В.О.Красінко. 2013 – 88 с.

9 Бітеко Енерджі. Схема біогазової установки. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://biteco-energy.com/ua/help/1575899636/id39/> (09.12.2019).

10 Екодевелоп. Принцип роботи біогазової установки. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://ecodevelop.ua/russkij-printsiprabotybiogazovojustanovki/> (12.09.2019).

11 Лампатка Т.В. Звіт з оцінки впливу на довкілля. [Електронний ресурс].Режим доступу <http://www.eia.menr.gov.ua/uploads/documents/685/reports/0726d027bef41bdbd6cbfe4c8b03eaf8.pdf> (2018).

12 Ватмо. Класи теплостійкості ізоляції. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <http://watomo.com.ua/klas-teplostijkosti-izolyacii.html> (2018).

13 Важинський С. Е. Методика та організація наукових досліджень; Навч. Посібник/ С.Е. Важинський, Т.І. Щербак. - 2016 – 260 с.

					ТП 71 97 010 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 14 Стаття. Екологічна безпека. [Електронний ресурс]. Режим доступу - [http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2018_1\(25\)/PDF/46-51.pdf](http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2018_1(25)/PDF/46-51.pdf) (01.02.2018).
- 15 ДБН В.2.5-28:2018. «Природне і штучне освітлення».
- 16 ДСН 3.3.6037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
- 17 ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
- 18 ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

Додаток А

Перевірка дипломного проекту на академічну доброчесність



Ім'я користувача:
Боженко Михайло Федорович

ID перевірки:
1008308375

Дата перевірки:
16.06.2021 07:18:49 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
16.06.2021 07:22:21 EEST

ID користувача:
100005082

Назва документа: Shkoljar_bakalavr

Кількість сторінок: 42 Кількість слів: 9937 Кількість символів: 73640 Розмір файлу: 941.75 KB ID файлу: 1008376284

24.4% Схожість

Найбільша схожість: 4.82% з Інтернет-джерелом (<http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/245/1/6.7.pdf>)

22.1% Джерела з Інтернету 48 Сторінка 44

17.5% Джерела з Бібліотеки 82 Сторінка 45

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0.1% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 10 слів та 0%)

0% Вилучення з Інтернету 27 Сторінка 46

0.1% Вилученого тексту з Бібліотеки 100 Сторінка 46

Модифікації

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

Замінені символи 239

інв. № дійсн.

Підп. та дата

Взаєм.інв.№

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, вибору, матеріалу	Завод - виготовлювач	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка																																																																																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																				
	Основне обладнання																																																																																											
1	Приймальний резервуар, V=100 м ³				комп.	2		з.б.																																																																																				
1.1	Мішалка в резервуарі				шт.	2																																																																																						
2	Прямокутний для обладнання				шт.	2																																																																																						
2.1	Насос				шт.	1																																																																																						
3	Резервуар сепарування, V=100 м ³				комп.	1																																																																																						
3.1	Насос в резервуарі сепарування				шт.	1																																																																																						
4	Ферментатор, V=3500 м ³				шт.	1																																																																																						
4.1	Мішалка в ферментаторі				шт.	1																																																																																						
5	Лагуна, V=7200 м ³				шт.	1																																																																																						
6	Резервуар для перебродженого субстрату, V=60 м ³				шт.	1																																																																																						
7	Труба PVC безнапірна Dn160 мм	Rehau AWADUKT PP SN10			шт.	2																																																																																						
8	Хомут FRC потрібний 6"	Fisher (74926)			шт.	1																																																																																						
9	Різьбова штанга M 10, L=1000 мм	Fisher (60695)			шт.	1																																																																																						
11	Ущільнення Dn32	Rotex RS68			шт.	2																																																																																						
12	Гільза PE, L=250 мм	PE 100 SDR 17			шт.	1																																																																																						
13	Труба PE Dn32 x 2.0 мм	PE 100 SDR 17			шт.	2																																																																																						
14	Шпилька G8, L=1000 мм	Fisher (79740)			шт.	1																																																																																						
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="3">ТП 71 97 10 001 ТМК.С</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="3">Полігон побутових відходів</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Зм.</td><td>Кл. у.</td><td>Арк.</td><td>№ док.</td><td>Підп.</td><td>Дата</td><td rowspan="4">Біогазова установка</td><td>Стадія</td><td>Аркуш</td></tr><tr><td>Студент</td><td colspan="2">Школяр</td><td></td><td></td><td></td><td>ДПБ</td><td></td></tr><tr><td>Керівник</td><td colspan="2">Варламов</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>П.контр.</td><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Н.контр</td><td colspan="2">Боженко</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2">Специфікація</td><td colspan="2" rowspan="2">КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, кафедра ТПТ</td></tr><tr><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Зав.каф.</td><td colspan="2">Варламов</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>															ТП 71 97 10 001 ТМК.С									Полігон побутових відходів												Зм.	Кл. у.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Біогазова установка	Стадія	Аркуш	Студент	Школяр					ДПБ		Керівник	Варламов						1	П.контр.								Н.контр	Боженко					Специфікація	КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, кафедра ТПТ								Зав.каф.	Варламов							
						ТП 71 97 10 001 ТМК.С																																																																																						
						Полігон побутових відходів																																																																																						
Зм.	Кл. у.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Біогазова установка	Стадія	Аркуш																																																																																				
Студент	Школяр						ДПБ																																																																																					
Керівник	Варламов							1																																																																																				
П.контр.																																																																																												
Н.контр	Боженко					Специфікація	КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, кафедра ТПТ																																																																																					
Зав.каф.	Варламов																																																																																											

Копіював

Формат А3

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/П	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ТП 71 97 010 ПЗ	Пояснювальна записка	61	
3	A1	ТП 71 97 10 001 ГП	Розміщення будівель і споруд	1	
4	A1	ТП 71 97 10 001 ТХ	Монтажно-технологічна схема	1	
5	A1	ТП 71 97 10 002 ТХ	Вузли ферментатора	1	
6	A1	ТП 71 97 10 001 ТМК.С	Специфікація	1	

				ТП 71 97 010		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Студент	Школяр			Відомість дипломного прокту	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Варламов					1
Консульт.	-				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ	
Н.контр.	Боженко					
Зав.каф.	Варламов					