

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**«Підвищення ефективності механізованого процесу у виробництві
біопалива»**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС - 1 - 21
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Рудь Тимофій Артурович

Керівник: Золотовська Олена Володимирівна

Рецензент: Бікбактров Ренат Рафкатович

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

к.т.н., доцент

(вчене звання)

Теслюк Г. В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Рудь Тимофій Артурович

1. Тема роботи: «Підвищення ефективності механізованого процесу у виробництві біопалива»

керівник роботи: Золотовська Олена Володимирівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«06» травня 2024 року № 984

2. Строк подання студентом роботи: 06.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту Показники господарської діяльності підприємства.
Місце розташування, виробнича діяльність. Наявність та технічний стан МТП.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз та характеристика виробничої діяльності ТОВ «РЕММАШ».
2. Технологічна частина. 3. Методика розрахунку пристрою для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі. 4. Охорона праці. 5. Аналіз функціональних можливостей та економічної ефективності. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Аналіз господарства (А1) 2. Аналіз існуючих схем (А1) 3. Технологічна розрахункова схема (А1) 4. Загальний вигляд пристрою збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі (А1) 5. Складальне креслення пристрою пристрою збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі (А2), Паливна труба (А4), Змішувальний пристрій (А4), Клапан (А4), Ущільнення (А4), Шків пасової передачі (А4) 6. Економічна ефективність проєкту (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Золотовська О.В.		
2	Золотовська О.В.		
3	Золотовська О.В.		
4	Золотовська О.В.		
5	Золотовська О.В.		
нормоконтроль	Бойко В.Б		

7. Дата видачі завдання: _____ 12.03.2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	12.03 – 19.03	Виконав
2	Технологічний	20.03 – 03.04	Виконав
3	Конструкційний	04.04 – 18.04	Виконав
4	Охорона праці	19.04 – 26.04	Виконав
5	Економічний	26.04 – 16.05	Виконав
6	Графічна частина	16.05 – 03.06	Виконав

Студент

_____ Рудь Т. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Золотовська О. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			<i>Текстові документи</i>			
1	A4	52ДП039.000.000ПЗ	Пояснювальна записка	74		
			<i>Демонстраційні матеріали</i>			
2	A1	52ДП039.000.001.ТБ	Аналіз господарства	1	1	
3	A1	52ДП039.000.002ТП	Аналіз існуючих схем	1	2	
4	A1	52ДП039.000.003ТС	Технологічна розрахункова схема	1	3	
5	A1	52ДП039.000.004ТП	Загальний вигляд пристрою збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі	1	4	
6	A1	52ДП039.000.005.СК	Складальне креслення пристрою	1	5	
7	A4	52ДП039.001.006.СК	Паливна труба	1	6	
	A3	52ДП039.002.007.СК	Змішувальний пристрій	1	6	
	A3	52ДП039.003.008.СК	Клапан	1	6	
	A3	52ДП039.004.009.СК	Ущільнення	1	6	
	A4	52ДП039.0035010.С	Шків пасової передачі	1	6	
8	A1	52ДП039.000.011.ТБ	Економічна ефективність пректу	1	7	
Зм.	Арк.	№ докум.	Під	Дата		
Розробив	Рудь				літера	аркуш
Перевірив	Золотовська					арку
Т. контр						3
Н. контр.	Бойко В.Б					74
Затверд.	Теслюк Г.В.					

АНОТАЦІЯ

Рудь Тимофій Артурович, Підвищення ефективності механізованого процесу у виробництві біопалива. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

У дипломному проекті проведено порівняльний аналіз існуючих схем біогазових установок з метою визначення їх ефективності та надійності. На основі цього аналізу запропоновано нову схему біогазової установки, яка включає пристрій для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі. Детально розглянуто основні принципи та методики розрахунку параметрів теплообмінника, що використовується в установках для збагачення біогазу, з акцентом на оптимізацію теплопередачі та підвищення енергоефективності.

Описано заходи з охорони праці, які необхідно дотримуватись під час експлуатації біогазових установок, включаючи безпеку роботи з обладнанням та попередження аварійних ситуацій. Проведено функціонально-вартісний аналіз нової схеми, що дозволило визначити її економічну доцільність та перспективи впровадження в промислових умовах. Результати аналізу свідчать про значний потенціал економії та підвищення продуктивності.

Особливу увагу приділено актуальності впровадження цієї технології в контексті сучасних екологічних викликів. Запропонована схема не лише підвищує ефективність виробництва біогазу, але й сприяє зменшенню шкідливих викидів, що робить її важливим кроком у напрямку стійкого розвитку та охорони довкілля.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ.....	5
ВСТУП.....	7
1.ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «РЕММАШ» НІКОПОЛЬСЬКОГО Р-НУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛ. І БАЗИ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ.....	9
1.1 Структура земельних угідь і посівних площ.....	10
1.2 Характеристика тракторної бригади.....	11
1.3 Нафтогосподарство і його обладнання.....	14
1.4 Організація збереження машин.....	15
1.5 Тваринництво.....	16
1.6 Висновки. Основна мета і задачі проєкту	17
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ПРОРОБКА ПРОЄКТУ.....	19
2.1 Аналіз існуючих схем біогазових установок.....	19
2.1.1 Схема та опис роботи біогазового реактора.....	19
2.1.2 Схема та опис роботи установки для спалювання відходів.....	21
2.1.3 Опис роботи тригенераційної біогазові установки.....	22
2.1.4 Конструктивно-технологічні схеми простих малогабаритних біогазових установок.....	25
2.1.5 Схема та опис роботи біогазові установки.....	26
2.1.6 Опис схеми біогазові установки за винаходом.....	28
2.2 Впровадження пристрою для збагачення біогазу.....	31
2.2.1 Призначення пристрою.....	31
2.2.2 Складова пристрою.....	32
2.2.3 Принцип роботи пристрою.....	33
2.2.4 Переваги пристрою.....	36
2.3 Розробка схеми з пристроєм збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі...37	
3. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ БІОГАЗУ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ.....	40

3.1 Розрахунок пристрою збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі.....	40
3.1.1 Визначення теплофізичних властивостей біомаси та біогазу.....	40
3.1.2 Тепловий розрахунок пристрою.....	46
3.1.3 Конструктивний розрахунок пристрою.....	50
3.1.4 Гідравлічний розрахунок.....	53
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА.....	57
4.1 Робота з біогазовими установками.....	57
4.2 Робота з електричними установками.....	58
4.3 Заходи безпеки.....	59
4.4 Вимоги до технічного обслуговування установки.....	60
4.5 Охорона довкілля.....	61
5. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	63
5.1 Техніко-економічний аналіз розробки.....	63
5.1.1 Порівняльний аналіз розроблених установок.....	63
5.1.2 Визначення виробничих витрат.....	64
5.1.3 Визначаємо чистий прибуток.....	66
ВИСНОВОК.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
ДОДАТКИ.....	74

ВСТУП

В умовах зростаючого дефіциту традиційних енергоресурсів і підвищення цін на них, підприємства стикаються з необхідністю пошуку альтернативних джерел енергії. Одним із таких джерел є біопаливо, яке отримується з біомаси і може використовуватися для виробництва електроенергії, тепла або як паливо для транспортних засобів. Встановлення біопаливної установки на підприємстві може забезпечити низку економічних, екологічних та соціальних переваг.

Однією з головних причин впровадження біопаливних установок є економічна ефективність. Біомаса, з якої виробляється біопаливо, може бути дешевшою за традиційні викопні енергоресурси. Багато підприємств можуть використовувати власні відходи виробництва, такі як сільськогосподарські залишки, для виробництва біопалива, що значно знижує витрати на енергоресурси. Крім того, використання біопалива може забезпечити стабільні ціни на енергію, оскільки ціни на біомасу менш залежні від глобальних економічних та політичних чинників.

Впровадження біопаливної установки сприяє зниженню викидів парникових газів, що є важливим аспектом у боротьбі зі зміною клімату. Біопаливо вважається вуглецево нейтральним, оскільки під час його спалювання виділяється лише той обсяг вуглекислого газу, який був поглинутий рослинами під час їх росту. Таким чином, перехід на біопаливо допомагає зменшити викиди CO₂ і інші шкідливі речовини, що позитивно впливає на якість повітря та здоров'я населення.

Використання біопаливних технологій сприяє створенню нових робочих місць в сфері сільського господарства, виробництва та переробки біомаси. Це може сприяти розвитку сільських регіонів і покращенню рівня життя місцевого населення. Крім того, підприємства, які впроваджують екологічно чисті технології, покращують свій імідж і репутацію, що може позитивно вплинути на їхні відносини з клієнтами, партнерами та інвесторами.

Хоча біопаливні технології мають численні переваги, їх впровадження супроводжується і певними викликами. Необхідні значні інвестиції на початковому етапі для встановлення обладнання та навчання персоналу. Також

важливо забезпечити стабільне постачання біомаси, що може вимагати змін у ланцюгах постачання і додаткових витрат. Однак, з урахуванням довгострокових економічних вигод і зростаючої підтримки з боку держави та міжнародних організацій, ці виклики можуть бути подолані.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «РЕММАШ» НІКОПОЛЬСЬКОГО Р-НУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ І БАЗИ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ.

ТОВ «Реммаш» у Нікопольському районі Дніпропетровської області було засноване в 1958 році як Нікопольська машинно-технологічна станція (МТС). Вона забезпечувала господарства машинно-тракторним парком для виконання агротехнічних робіт. У 1961 році на базі Нікопольської МТС було створено районне об'єднання "Сільгосптехніка", яке відповідало за ремонт і обслуговування машинно-тракторного парку господарств.

У 2005 році підприємство було реформоване в об'єднання ТОВ "Реммаш", яке функціонує в такому статусі до сьогодні. Воно розташоване в районному центрі м. Нікополь, на північний захід від обласного центру на відстані 135 км.

Виробнича діяльність підприємства характеризується невеликою кількістю виконаних ремонтно-обслуговуючих робіт, що зумовлено неспроможністю господарств, які використовують техніку, оплачувати ремонтні послуги. Крім того, більшість обладнання морально і фізично застаріле, а в майстернях відсутня механізація виробничих процесів. Це призводить до підвищення собівартості ремонту і зниження продуктивності праці.

На ТОВ "Реммаш" діє п'ятиденний робочий тиждень. Працівники працюють в одну зміну тривалістю 8 годин. Використання тупикового методу ремонту призводить до нераціонального використання площі майстерні та перетину технологічних потоків. На дільницях, де передбачається значна кількість розбирально-складальних робіт, відсоток механізованих та автоматизованих робіт значно нижчий.

Все це вказує на те, що існуюча організація ремонтних робіт у спеціалізованій майстерні потребує змін. Необхідно орієнтуватися на розподіл та кооперацію праці в процесі виконання робіт зі створення та освоєння нової техніки, включаючи придбання основних засобів для нового виробництва.

Географічно землі господарства розташовані на лісовій акумулятивній рівнині, сформованій на Українському кристалічному масиві. Рельєф горбисто-хвилястий,

розділений вершиною Сурської балки, звідки бере початок річка Камишувата Сура. На вершині, у центрі села Китайгородка, балка розгалужується на південно-східний і південно-західний напрямки.

Клімат округи помірно-континентальний. Літо жарке, з суховіями. Середньорічна температура повітря становить 8,8 °С; середня температура липня - 22 °С, січня - -5 °С. Середня глибина промерзання ґрунту - 35 см, максимальна - 86 см. Середньорічна кількість опадів становить 400-490 мм. Основні напрямки вітру влітку - південно-східні, взимку - північно-східні та східні. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом звичайним, малогумусним, пороховажкосуглинистого механічного складу.

1.1 Структура земельних угідь і посівних площ

Структура земельних угідь і посівних площ ТОВ «РЕММАШ» представлена в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1.

Кількість земельних угідь, які знаходяться в користуванні господарства

№ п/п	Види угідь	Площа, га.	Питома вага, %
1	2	3	4
1	Всього земель	3700	100
2	В т.ч. с.г. угіддя	3470	93,78
3	Із них орної землі	3470	93,78
4	Сінокоси	50	1,35
5	Пасовища	80	2,16
6	Багаторічні насадження	70	1,89

Як видно з таблиці 1.1, угіддя, розташовані на території господарства, не повністю використовуються для вирощування сільськогосподарських культур. Частина земель зайнята забудовами та дорогами. Орні землі складають 3470 га, що

становить 82,4% від загальної площі. Сінокоси і пасовища займають відповідно 1,35% і 2,16%, а багаторічні насадження займають 1,89% площі.

Таблиця 1.2.

Структура посівних площ.

№ п/п	Культура	Площа, га.	Питома вага, %
1	Оз.пшен.	1200	26,7
2	Оз ямінь	100	20,9
3	Ріпак	500	21,8
4	Соняшник	950	19,4

Таблиця 1.3.

Аналіз господарської діяльності.

Культура	Роки					
	2020			2021		
	Площа	Урожай	Собівартість	Площа	Урожай	Собівартість
Оз.пшениця	1150	42	17,2	1250	45	14,1
Оз. ячмінь	100	27	15	250	30	13,4
Соняшник.	1000	18	12,8	850	21	13
Ріпак	500	21	14,5	400	22	14,9

1.2 Характеристика тракторної бригади

В господарстві є дві тракторні бригади. Основна знаходиться в с. Китайгородка, з населенням 525 чол. і 174 двори, та другорядна в с. Зелений клин, з населенням 120 чол. і 44 двора але там зберігається лише декілька тракторів. За тракторними бригадами закріплено орну землю. Тракторні бригади займається вирощуванням сільськогосподарських культур.

Таблиця 1.4.

Склад тракторів по маркам

№ п/п	Марка трактора	Кількість		
		Фізичних	Коефіцієнт перемноження	Умовних
1	MTЗ-892	4	0,7	2,8
2	MTЗ-82	1	0,7	0,7
3	New Holland T8.390	1	2,2	2,2
4	New Holland T8.410	1	2,7	2,2

Таблиця 1.5.

Склад сільськогосподарських машин.

№ п/п	Сільськогосподарські машини	Кількість
1	Horsch Pronto 12NT	1
2	Horsch Maestro 24	1
3	Тодак	2
4	СЗ-5.4	2
5	КРН-5.6	2
6	Manitou	1

Рівень використання машинно-тракторного парку оцінюємо за показниками таблиці 1.6.

Таблиця 1.6.

Показники використання

№ п/п	Назва показників	Одиниці виміру	Роки	
			2019	2020
1	2	3	4	5
1	Середньорічне число тракторів			

1	2	3	4	5
	Фізичних	шт.	8	7
	Умовних	шт.	8,9	7,9
2	Відпрацьовано мотоднів	маш.дн.	3275	3010
3	Відпрацьовано машиннозмін	маш.дн.	4590	4989
4	Коефіцієнт змінності	-	1,14	1,31
5	Виконано нормозмін	норм.зм.	4599	4793
6	Виконано обсяг робіт	ум.га.	230184	124740
7	Виконано роботи на один умовний трактор	ум.га.	6366	5340
8	Витрата палива на 1 ум.га	кг.	7,6	7,2

Про забезпечення господарства інженерно-механічними працівниками та кадрами механізаторів дізнаємося з таблиці 1.7.

Таблиця 1.7.

Інженерно-технічний персонал

№ п/п	Посада	Кількість	Освіта
1	Головний інженер	1	Вища
2	Бригадир АТП	1	Середня
3	Механік по експлуатації/ охорони праці та пожежної безпеки	1	Середня
4	Заправник/комірник	1	Середня
5	Обліковець тракторної бригади	1	Середня
	Механізатори		
	І класу	3	Середня
	II класу	3	Середня
	III класу	3	Середня

1.3 Нафтогосподарство і його обладнання

Нафтогосподарство підприємства призначене для забезпечення машинно-тракторного парку (МТП) паливно-мастильними матеріалами. Воно виконує такі функції: планування та завезення нафтопродуктів, контроль за їх якістю, видача та облік матеріалів, забезпечення заходів з витратами, збір та утилізація відпрацьованих мастил, а також дотримання правил пожежної безпеки. Ефективність нафтогосподарства залежить від правильної організації та точного виконання комплексу робіт.

Для зберігання нафтопродуктів у нафтогосподарстві використовуються стаціонарні резервуари, дрібна нафтогара (металеві та дерев'яні бачки, бідони та ящики) та обладнання для приймання, роздачі та вимірювання нафтопродуктів. Найзручнішими є стаціонарні металеві резервуари, призначені для зберігання 3, 5, 10, 25, 50, 75 та 100 м³ нафтопродуктів. Резервуари можуть бути вертикальними та горизонтальними.

Для приймання палива з автоцистерн у резервуари та роздачі з них використовуються приймально-роздавальні стояки, найефективніші з яких моделі 03-2462А і 03-4721. Вони обладнані відцентрово-вітровими самовсмоктувальними насосами ЧВС-53 та фільтрами дрібної очистки ФДТ-ЗОТ. Для механізованого приймання палива з автоцистерн також можна використовувати мотопомпи МПТ-10Е або БМП-90Ф.

Паливно-мастильні матеріали роздаються механізованим способом за допомогою стаціонарних або пересувних колонок. Стаціонарні паливороздавальні колонки СД-40-0,5, КЕР-40-0,5, ЗУВМ і З-9936 повністю забезпечують механізовану заправку автомобілів і тракторів. Пересувні колонки З107АТС та агрегат НАР-2Т використовуються як запасні на випадок перебоїв у постачанні.

Для роздачі масла використовуються маслороздавальні колонки З67М або маслороздавальний насос-дозатор 03-1559.

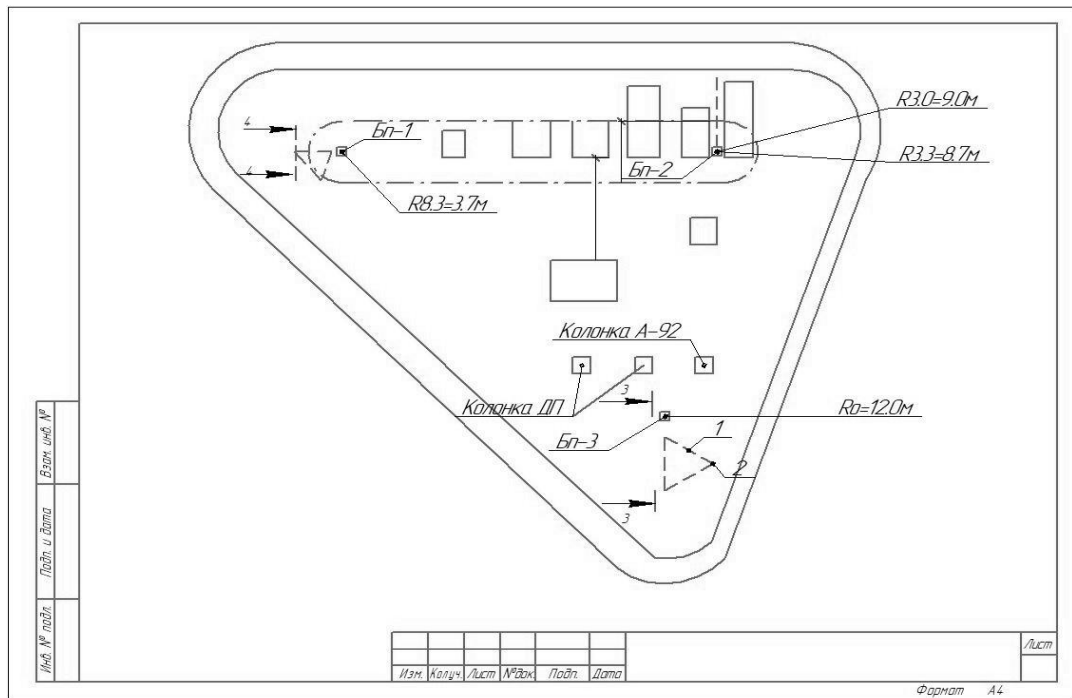


Рисунок 1.1 План складу ПММ

1.4 Організація збереження машин

Стандартом встановлено три види зберігання сільськогосподарської техніки: міжзмінне, короткочасне (перерва у використанні від 10 днів до двох місяців) та тривале (більше двох місяців). На міжзмінне та короткочасне зберігання техніку ставлять безпосередньо після завершення робіт, на тривале – не пізніше 10 днів після їх закінчення. Машини для транспортування, внесення добрив і хімічного захисту ставляться на будь-який вид зберігання відразу після завершення робіт.

Сільськогосподарські машини зберігають у закритих приміщеннях, під навісами та на спеціально обладнаних майданчиках. У разі зберігання на відкритих майданчиках обов'язково проводиться консервація поверхонь, герметизація окремих агрегатів та зняття деяких складових частин для зберігання на складах. Комбайни, складні самохідні та причіпні машини зберігаються у закритих приміщеннях, тоді як більш прості та дешеві машини залишаються на відкритих майданчиках або під навісами.

Машини розміщують на визначених місцях по групах, видах і марках з певною відстанню для проведення профілактичних оглядів. При багаторядному розміщенні

(наприклад, у дванадцять рядів) слід забезпечити можливість заїзду, установки машин та їх зняття із зберігання. Мінімальна відстань між машинами в ряду має бути не менше 0,7 м, а між рядами машин – не менше 6 м.

Найбільш прогресивною є спеціалізована форма організації робіт з підготовки машин, їх ремонту, зберігання та зняття із зберігання. Ці роботи виконує ланка слюсарів машинного двору, яка працює за єдиним нарядом з щомісячним визначенням коефіцієнтів трудової участі.

Стан машин при зберіганні в закритих приміщеннях перевіряють кожні два місяці, а на відкритих майданчиках та під навісами – щомісяця (після сильних вітрів або дощів).

1.5 Тваринництво

Тваринництво є провідною галуззю в даному господарстві, що відіграє ключову роль у його економіці. Значення цієї галузі визначається не лише високою часткою у валовій продукції, а й великим впливом на загальну економічну стабільність та розвиток господарства. Висока частка продукції тваринництва зумовлена головним чином кількістю поголів'я та продуктивністю тварин. Ефективне управління цими показниками є критично важливим для досягнення високих виробничих результатів і забезпечення економічної стійкості господарства.

Таблиця 1.8.

Поголів'я тварин у господарстві

Тварини	2019 р	2020 р	20021 р
Велика рогата худоба	511	407	540
Корови	122	124	140
Коні	14	14	14

За даними таблиці видно, що загалом поголів'я худоби в господарстві зростає. Що стосується окремих видів, то з 2019 року по 2020 рік поголів'я великої

рогатої худоби скорочувалося, але у 2021 році знову зросло. Поголів'я корів щороку збільшується, а поголів'я коней залишається незмінним.

Таблиця 1.9.

Продуктивність тварин

Тварини	2019 р		2020 р		2021 р	
	приріст ваги, г	надій молока, кг	приріст ваги, г	надій молока, кг	приріст ваги, г	надій молока, кг
Корови	428	1925	503	2042	489	3080

З таблиці 1.9 видно, що надої молока з кожним роком зростають. Приріст молодняка у 2021 році порівняно з 2019 роком збільшився на 81 грам, але порівняно з 2020 роком зменшився на 14 грам. У господарстві створені сприятливі умови та достатньо засобів для виробництва продукції рослинництва з високими та стабільними урожаєм

1.6 Висновки. Основна мета і задачі проекту

Аналізуючи вищесказане, можна відзначити актуальність створення механізованого процесу виробництва біопалива на базі ТОВ "РЕММАШ". Така установка виконує збагачення природного газу, підвищуючи температуру його згоряння.

Враховуючи наявність тваринницьких ферм на балансі ТОВ "РЕММАШ", доцільно створити на його базі біогазову установку. Необхідно дослідити існуючі схеми переробки біогазу, виявити та усунути недоліки існуючих технологій і впровадити вдосконалену технологію.

При розгляді цих питань перед нами постають такі завдання проекту:

- проаналізувати існуючі технології біогазових установок;
- проаналізувати, виявити недоліки та удосконалити їх;
- проектування, розрахунки потрібного, основного і допоміжного обладнання;

- запровадження заходи безпеки, охорони праці та захисту навколишнього середовища, а також розрахувати економічну ефективність.

Впровадження біопаливної установки на підприємстві є доцільним кроком, який може забезпечити значні економічні, екологічні та соціальні переваги. Використання біопалива допомагає знизити витрати на енергію, зменшити викиди парникових газів і створити нові робочі місця. Незважаючи на певні виклики, пов'язані з початковими інвестиціями та організаційними змінами, довгострокові переваги біопаливних технологій роблять їх привабливим варіантом для підприємств, які прагнуть підвищити свою енергоефективність і сприяти збереженню навколишнього середовища.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ПРОРОБКА ПРОЄКТУ

2.1 Аналіз існуючих схем біогазових установок

Вивчення систем біогазових установок відкриває широкий спектр можливостей для дослідження різних технологій та підходів у сфері виробництва енергії. Метою даного дослідження є аналіз переваг та недоліків кожної системи та визначення можливих шляхів покращення та оптимізації процесів, пов'язаних з виробництвом біогазу.

Основним завданням проектування є розробка біогазового реактора, в якому введення нових компонентів і сполук дозволить підвищити продуктивність і заощадити час при виробництві біогазу.

2.1.1 Схема та опис роботи біогазового реактора.

На рис. 2.1 показано загальний вигляд запропонованого біогазового реактора. Пристрій складається з ємності 1, закритої зверху кришкою 2 з завантажувальними лотками 12 і заслінками 8 та розділеної на три секції 9 зануреними колосниками 4 з можливістю зміни гідравлічного опору за допомогою регулятора 13. У кожній секції розміщені нагрівачі біомаси 3. Кришка 2 рухомо встановлена по напрямних 10 і містить споживчі лінії 6, під'єднані до кожної секції. Кожна секція 9 контейнера 1 має оглядові вікна 11. У нижній частині контейнера 1 розташована ємність 5 з кришкою 7 для збору біологічного добрива.

Реактор працює за наступною методикою. Під час завантаження ємності 1 біомасою через вали 12, подача регулюється заслінками 8. Біомаса потрапляє в першу секцію 9, де нагрівається нагрівачем 3 і проходить першу стадію ферментації. Потім біомаса переміщується до другої секції 9, де відбувається друга стадія ферментації, шляхом зміни гідравлічного опору колосникової решітки 4 за допомогою регулятора 13. У першу секцію подається нова порція біомаси.

Вироблений біогаз відводиться через лінії споживання 6. Третій етап ферментації біомаси відбувається в нижній частині 9 контейнера 1, після чого біомаса потрапляє в контейнер для збору бруду 5, завантаження якого регулюється заслінкою 7. Процес ферментації візуально контролюється через оглядові вікна 11. Якщо ємність 1 необхідно відкрити, кришка 2 переміщується по напрямних 10 і знімається.

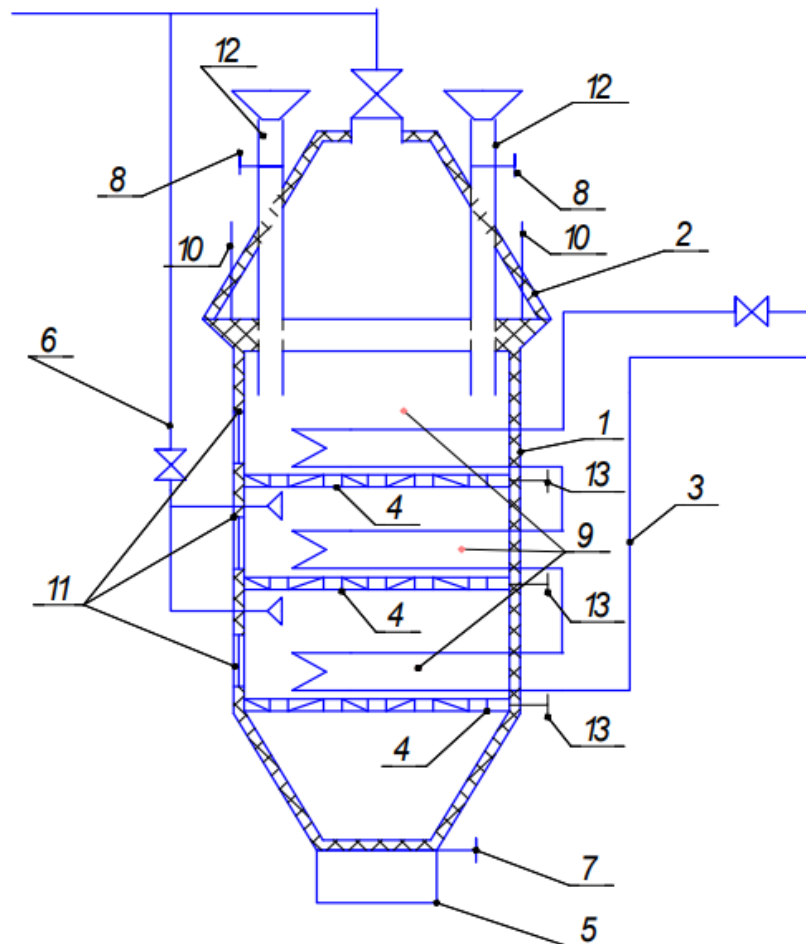


Рисунок 2.1 - Біогазовий реактор з безперервним циклом бродіння

Конструкція біореактора забезпечує безперервну подачу біомаси і безперебійну роботу біогазового реактора, безперервне виробництво біогазу, перемішування біомаси, що падає через решітку, можливість візуального контролю процесу ферментації і регулювання виробництва біодобрива і біогазу, а також підвищення продуктивності біогазового реактора. Процес ферментації відбувається в три етапи. На першому етапі гідроліз розщеплює вуглеводи, жири та білки до низькомолекулярних органічних сполук. На другому етапі бактерії утворюють

кислоти і розщеплюють низькомолекулярні сполуки, вуглеводи і жири до кислот, солей, спиртів, вуглекислого газу, водню, сірководню і аміаку. Третій етап - метанольне бродіння, під час якого органічні речовини розщеплюються на метан і вуглекислий газ. Відходи населених пунктів видаляються за допомогою систем сплавної вивізної каналізації. Тверді побутові відходи транспортуються за межі міст на полігони для зберігання, а рідкі відходи переміщуються через системи трубопроводів до очисних споруд, де здійснюється їх очищення та скидання води у водойми.

2.1.2 Схема та опис роботи установки для спалювання відходів.

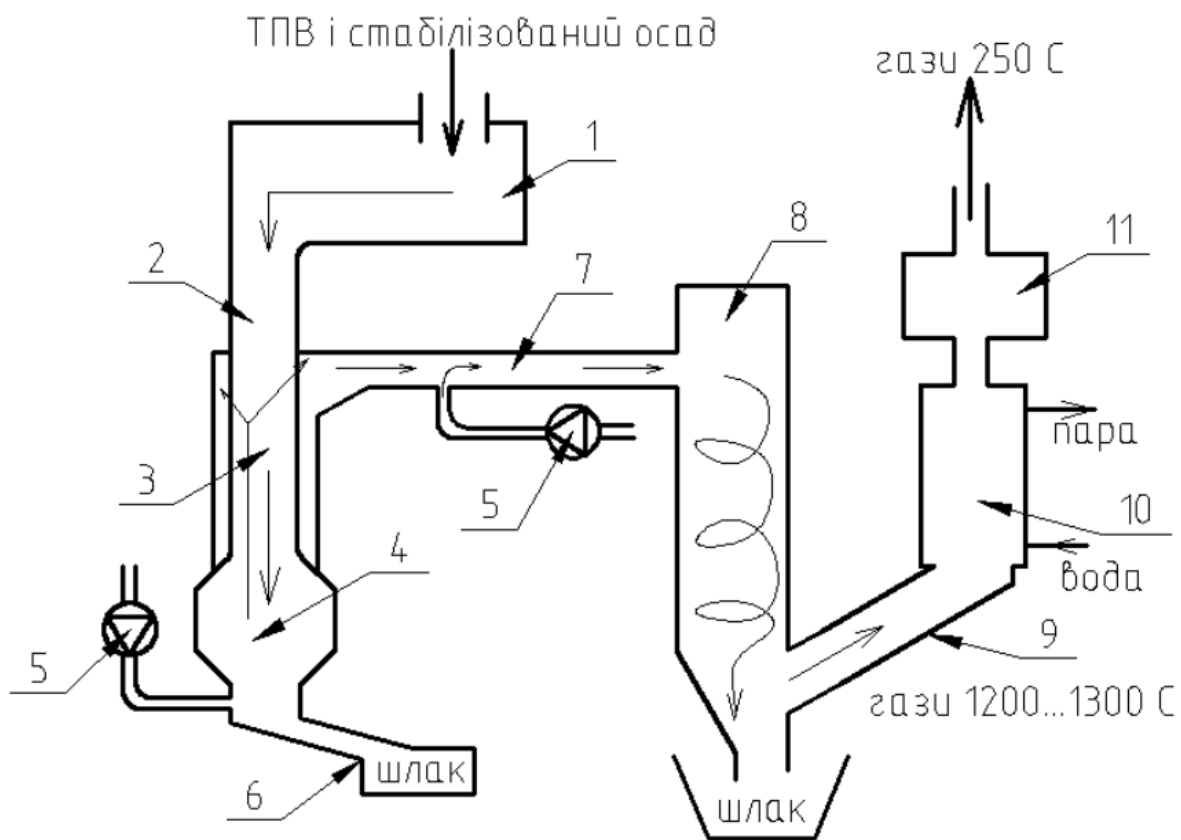


Рисунок 2.2 - Установка для спалювання відходів

До складу газового потоку входять оксид вуглецю, вуглекислий газ, водень, водяна пара і вуглеводні. При окисленні цієї суміші в камері допалювання 8 при температурі 1100-1300 °C з речовин, зважених у газовому потоці, утворюється рідкий шлак. Повітря для доокислення підігрівається рекуперативними нагрівачами та регенераторами і подається вентилятором 5. Близько 15 % теплової

енергії газів використовується на окислення, а решта тепла відводиться через димову трубу 9 до економайзера 10, де з води спочатку утворюється насичена пара, а потім перегрівається. За рахунок теплообміну відпрацьовані гази охолоджуються до 250 °С і надходять в систему газоочистки 11. Система газоочистки доводить якісний склад газів до наступних значень: 70 % азоту, 10 % вуглекислого газу, решта - пара і кисень. Шлак, що утворюється при спалюванні, має об'єм в 10 разів менший від початкової маси і використовується в дорожньому будівництві.

Економайзер з рекуперацією тепла встановлюється в димовому каналі і розділяє потік газу на десятки сопел, які проходять через систему труб, що промиваються водою. З води у верхній частині економайзера генерується пара, яка подається по повітропроводу до пароперегрівача. Перегріта пара використовується для побутових потреб.

2.1.3 Опис роботи тригенераційної біогазової установки.

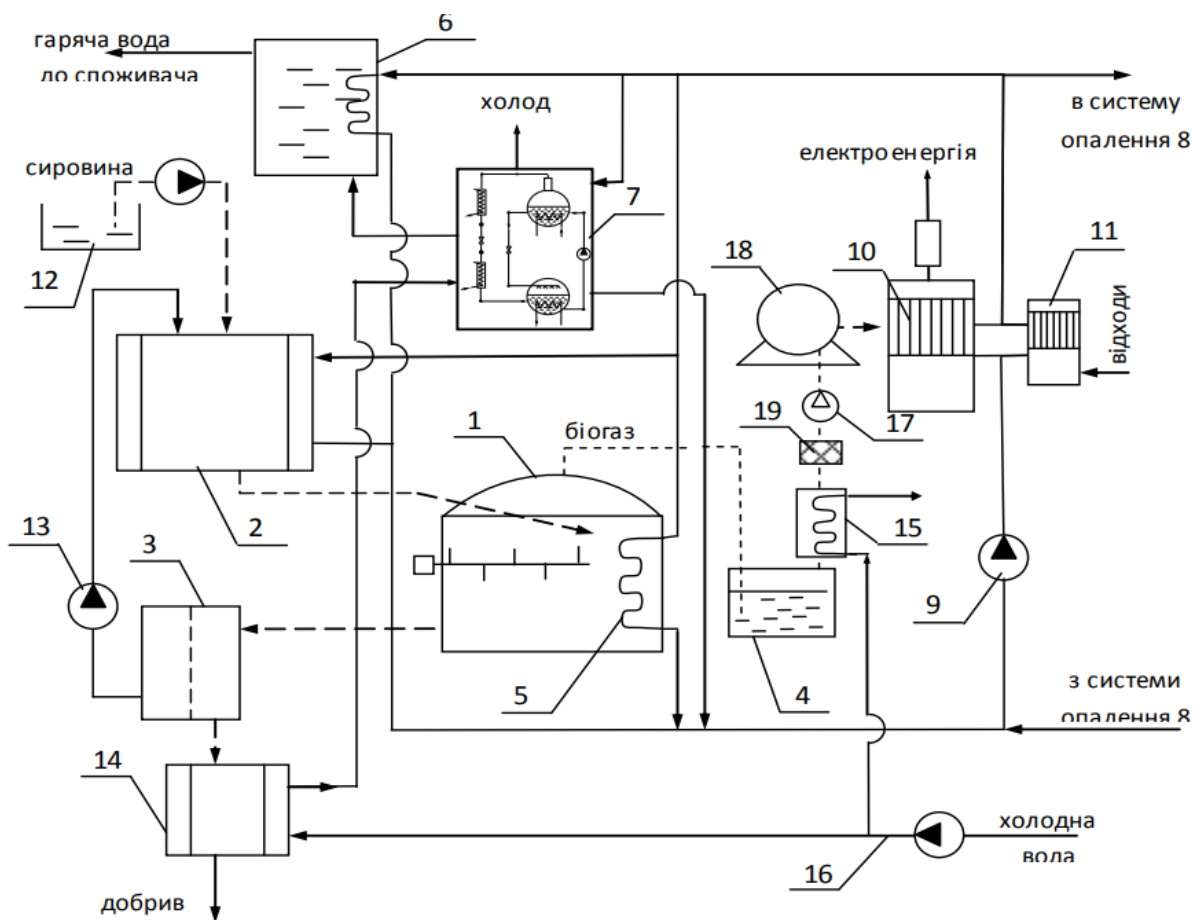


Рисунок 2.3 - Схема тригенераційної біогазової установки

Система складається з біореактора 1, який з'єднаний трубопроводами з внутрішньою порожниною змішувача 2, сепаратором субстрату для бродіння 3 та гідрозатвором 4. Теплообмінник 5 біореактора, бак гарячої води 6, абсорбційний холодильник 7 для виробництва тепла та холоду, зовнішня порожнина змішувача 2 та система опалення 8 з'єднані трубопроводом, оснащеним циркуляційним насосом 9, з когенераційною установкою 10 для виробництва теплової та електричної енергії та теплогенератором 11 для спалювання твердих органічних відходів в газогенераторі. Внутрішня порожнина змішувача 2 з'єднана з резервуаром для збору відходів 12 трубопроводом, обладнаним фекальним насосом, і з сепаратором ферментаційного субстрату 3 трубопроводом, обладнаним рідиннофазним циркуляційним насосом 13. Відокремлювач субстрату для бродіння 3 з'єднаний трубою з внутрішньою порожниною рекуператора 14. Зовнішня порожнина теплоутилізатора 14 та осушувач біогазу 15 з'єднані з трубопроводом холодного водопостачання 16 за допомогою насоса.

Компресор 17 і газовий бак 18 з'єднані з когенераційною установкою 10, яка, в свою чергу, з'єднана з гідрозатвором 4 через осушувач біогазу 15 і фільтр сірководню 19. Абсорбційна холодильна машина 7 з'єднана з баком-накопичувачем гарячої води 6 і зовнішньою камерою системи рекуперації тепла 14.

Установка працює наступним чином. Свіжий субстрат за допомогою насоса завантажується з накопичувальної ємності 12 в змішувач 2, де змішується з рідкою фракцією, що надходить з сепаратора замішування субстрату 3 за допомогою рідиннофазного циркуляційного насоса 13. Підготовлений в змішувачі 2 субстрат завантажується в біореактор 1. Вода, нагріта в когенераційній установці 10 та в теплогенераторі 11 на органічних відходах, циркулює через систему опалення 8, зовнішню порожнину змішувача 2, теплообмінник 5 біореактора, акумулюючий змійовик 6 та абсорбційний холодильник 7, який генерує тепло і холод під дією циркуляційного насоса 9. Зброджений субстрат направляється в сепаратор 3, з якого відокремлена рідка фракція за допомогою циркуляційного насоса 13 повертається в змішувач, а згущений субстрат направляється у внутрішню

порожнину теплоутилізатора 14, де під дією насоса нагріває холодну воду, що подається по лінії 16.

Вироблений біогаз подається від компресора 17 через гідрозатвор 4 в газгольдер 18, в осушувач біогазу 15, що охолоджується прісною водою з трубопроводу 16, і в фільтр сірководню 19, а потім подається в когенераційну установку 10, яка виробляє теплову та електричну енергію. Після системи рекуперації тепла 14 холодна вода нагрівається в теплообміннику абсорбційної холодильної машини 7 і подається в бак гарячої води 6, де знову нагрівається і подається споживачам. Холодна вода використовується для попереднього охолодження молока, охолодження м'яса та кондиціонування повітря на м'ясокомбінаті. Крім того, електроенергія, вироблена з органічних відходів, може бути продана на енергетичному ринку за екотарифом 2,30.

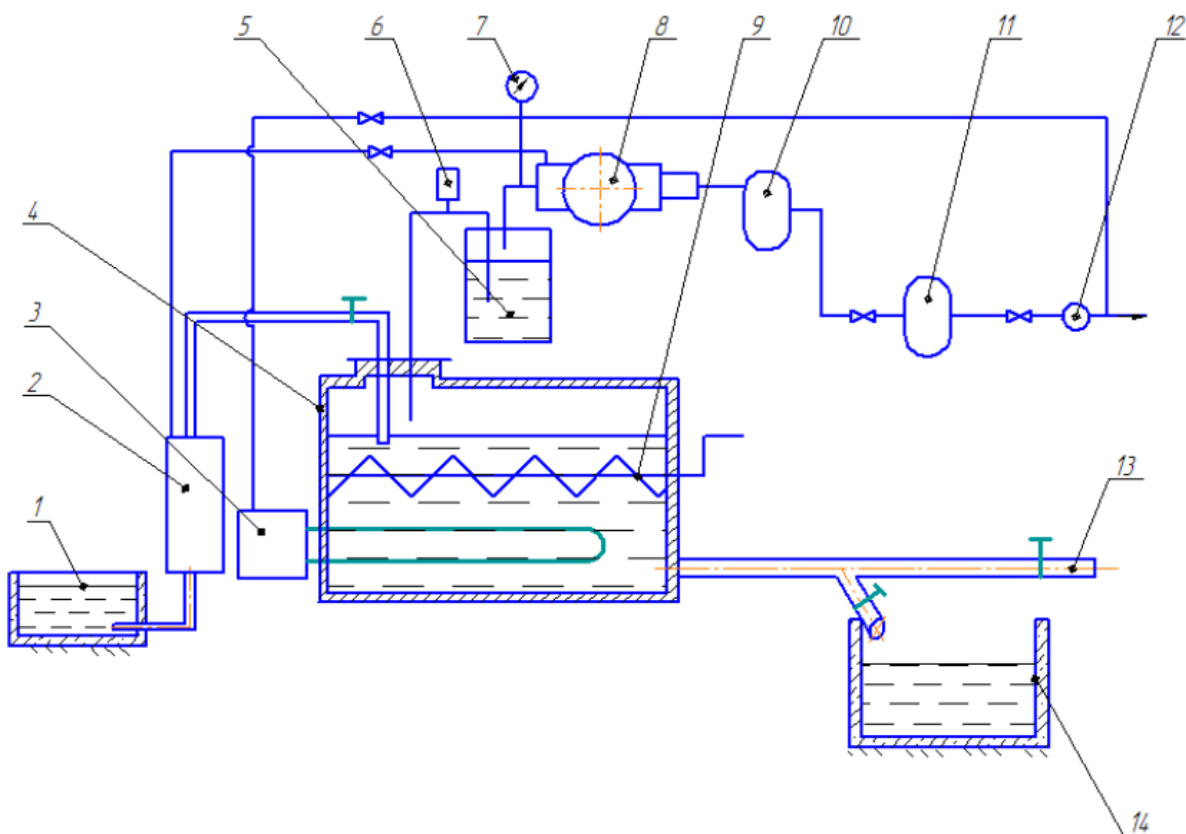


Рисунок 2.4 – Принципова схема біогазової устновки

1 – приймач гною; 2 – бункер завантаження; 3 – котел водонагрівний; 4 – метантанк; 5 – затвор водяний; 6 – клапан запобіжний; 7 – манометр; 8 –

компрессор; 9 – мішалка; 10 – ресивер; 11 – газгольдер; 12 – редуктор газовий; 13 – труба для завантаження біогазу в транспорт; 14 – сховище біодобрив.

2.1.4 Конструктивно-технологічні схеми простих малогабаритних біогазових установок.

Існують різні способи перемішування біомаси в реакторі. Спосіб змішування обирається залежно від типу сировини, її вологості та інших параметрів. Біогаз зберігається в спеціальній ємності - газгольдері, в якому вирівнюється тиск. Частина біогазу подається в котел для підтримки необхідної температури в резервуарі для метану. Біомаса перемішується мішалкою, що приводиться в рух електродвигуном. Залишки з метантенку направляються в бак для біопалива.

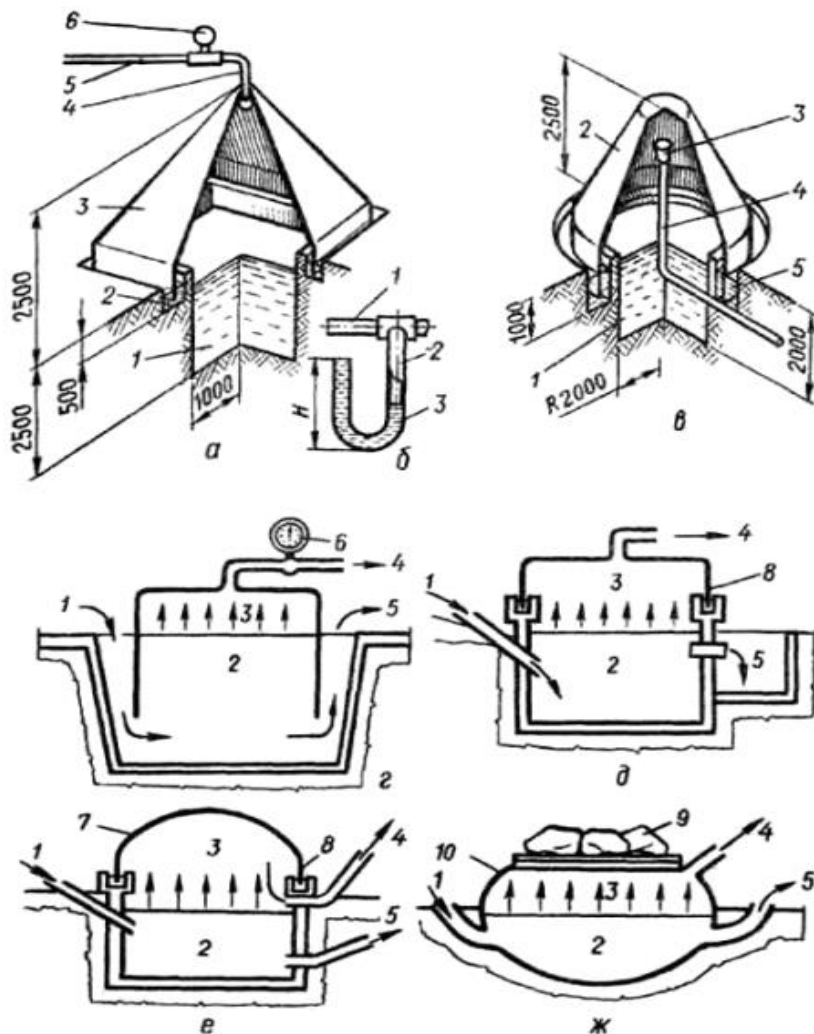


Рисунок 2.5 – Конструктивно-технологічні схеми простих малогабаритних біогазових установок

а) з пірамідальним куполом: 1 – яма для гною; 2 – канавка-гідрозатвор; 3 – дзвін для збору газу; 4, 5 – патрубок для відведення газу; 6 – манометр;

б) пристрій для відведення конденсату: 1 – трубопровід для відведення газу; 2 – U-подібна труба для конденсату; 3 – конденсат; в) з конічним куполом: 1 – яма для гною; 2 – купол (дзвін); 3 – розширена частина патрубку; 4 – труба для відведення газу; 5 – канавка-гідрозатвор;

г, д, е, ж – схеми варіантів простих установок: 1 – подача органічних відходів; 2 – ємність для органічних відходів; 3 – місце збору газу під куполом; 4 – патрубок для відведення газу; 5 – відведення мула; 6 – манометр; 7 – купол з поліетиленової плівки; 8 – водяний затвор; 9 – вантаж; 10 – цільносклеєний поліетиленовий мішок.

Технологічні рухи вихідної органічної маси, газу та осаду показані стрілками. Конструктивно купол може бути виконаний з жорсткої мембрани або поліетилену. Жорсткий купол може мати довгу циліндричну секцію для глибокого занурення в оброблювану масу, може бути «плаваючим» або вставленим в гідравлічний золотник. Мембранний купол може бути вставлений в гідравлічний ущільнювач або виготовлений у вигляді великого цільного мішка. В останньому випадку на мембранний мішок поміщають вантаж, щоб запобігти надмірному розбуханню мішка і створити достатній тиск під мембраною.

Найпоширеніші типи біогазових установок у всьому світі розрізняються за типом подачі сировини, видом збору біогазу, матеріалами, що використовуються для будівництва, горизонтальним або вертикальним розташуванням реактора, підземним або наземним способом будівництва та використанням додаткового обладнання.

2.1.5 Схема та опис роботи біогазової установки.

Біогазова установка складається з реактора 7, резервуара 2 для зберігання рідкого гною 1, сепаратора 4 для розділення на рідку і тверду фракції та установки

для утилізації. Установа призначена для збродження рідкого гною і може переробляти гній великої рогатої худоби, свиней та курей. Як правило, вихідний матеріал виробляється з гною великої рогатої худоби та свинячого гною в рівних частинах з вмістом сухої речовини 3,5-5 %.

Біогазовий реактор розрахований на робочу температуру 35 °С при максимально допустимому навантаженні. Тиск у газовій камері реактора становить 2,0-5 кПа. Система може працювати як в безперервному, так і в періодичному режимі. Проміжне стиснення біогазу перед утилізацією не потрібне; біогаз спалюється без попереднього очищення. Теплота згоряння використовується для нагріву води в установці і частково для нагрівання суміші в реакторі. Надлишок газу випускається в повітря.

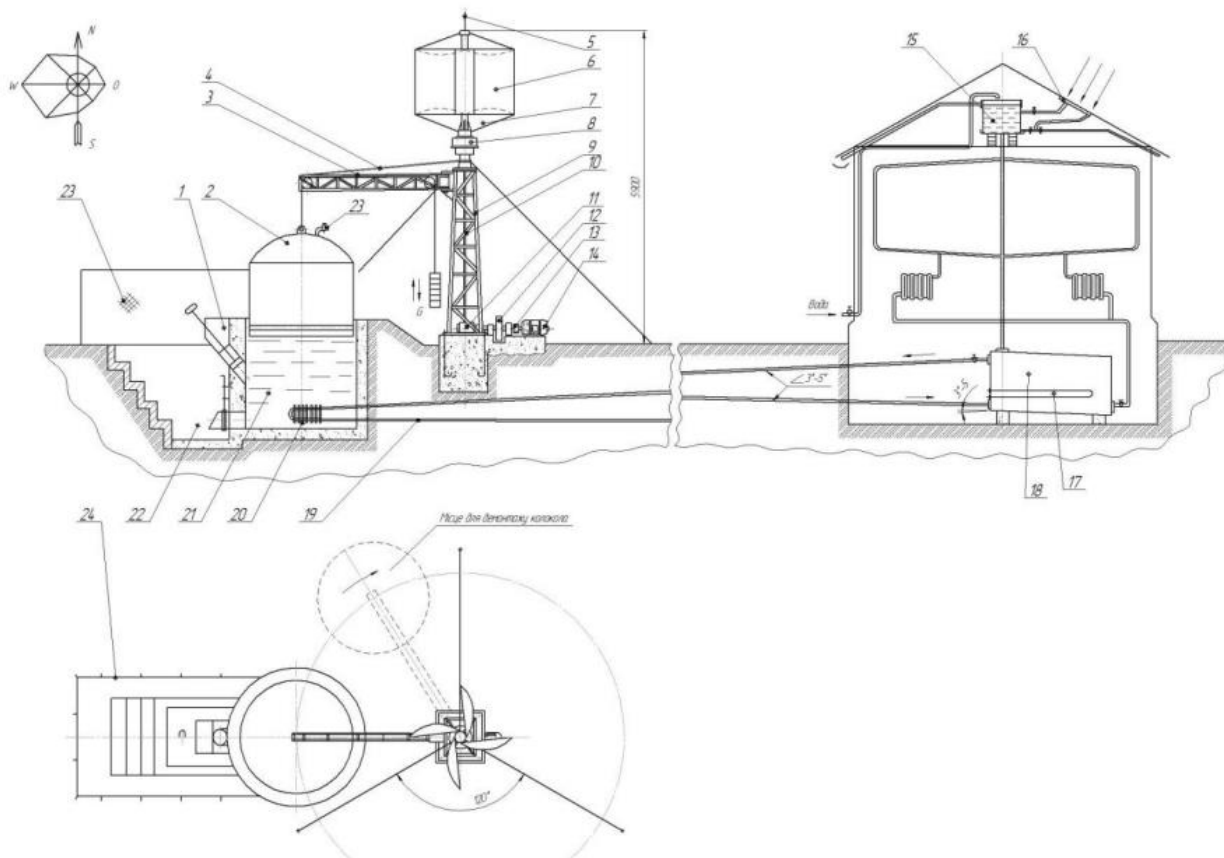


Рисунок 2.6 – Схема біогазової установки

Система оснащена різним додатковим обладнанням: Живильними насосами 3, циркуляційними насосами гарячої води 10, контуром підігріву 15 для перемішування субстрату 16, насосами для перекачування оброблюваної маси

(мулу) 18, клапаном 5, компресором 6, розподільником зворотної води 12 і розподільником гарячої води 13, муловим теплообмінником 17 (позиція 8 - гаряча вода, 11 - витратна вода 19, подача мулу на розподіл і підготовка до використання).

2.1.6 Опис схеми біогазової установки за винаходом.

Біогазова установка сконфігурована таким чином, щоб виробляти графен як продукт, тим самим збільшуючи прибутковість установки. Біогазова установка належить до типу, що включає принаймні один анаеробний метантенк для виробництва біогазу з органічних відходів (побічних продуктів агропромислового виробництва, органічних і побутових відходів або з водоочисних споруд), і, згідно з винаходом, додатково включає принаймні один реактор для синтезу графену, а також подачу біогазу як джерела вуглецю для зазначеного реактора, що надходить із метантенка.

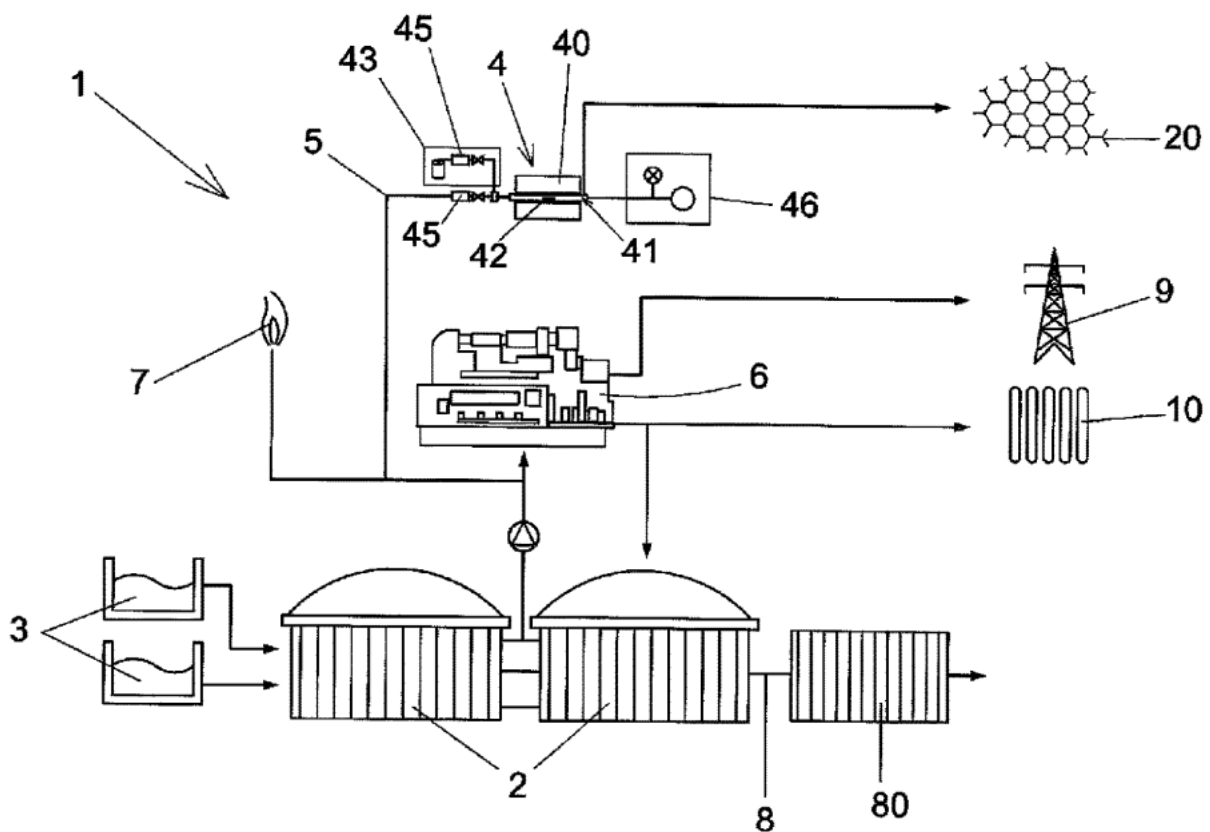


Рисунок 2.7 - Біогазова установка за винаходом

Таким чином, конфігурація сучасних біогазових установок змінюється, оскільки вони можуть бути переобладнані для виробництва графену з цього біогазу. Більше того, враховуючи, що біогаз досягає концентрації до 60-70% метану CH_4 , з'являється доступне джерело вуглецю з високою його концентрацією, яке також передбачає утилізацію відходів. Іншими словами, гній, коров'ячий послід, побутові відходи та/або відходи водопідготовки можуть бути використані для виробництва графену - високотехнологічного матеріалу, який, ймовірно, стане основою для значного промислового розвитку (який може бути використаний для виробництва графенових батарей, екранів або кабелів).

Крім того, враховуючи, що поточна ціна графену становить близько 10 євро за грам і що біогазова установка потужністю 1 МВт або інша, може виробляти близько 2 тонн графену на рік, залежно від розміру установки та обсягу виробництва біогазу, економічний результат дозволяє амортизувати установку за короткий період часу. Податок на збір муніципальних відходів також може бути знижений для населення, де встановлена установка, оскільки вироблене графенове або алмазне покриття може бути продане для використання в ріжучих інструментах або іншому посуді. Слід також взяти до уваги, що алмазне покриття також може бути синтезоване в реакторі синтезу графену.

Біогазова установка 1 згідно з винаходом включає принаймні один анаеробний метантенк 2 для виробництва біогазу з органічних відходів 3, і згідно з винаходом включає принаймні один реактор 20 синтезу графену 4, а також біогазову сировину 5 як джерело вуглецю для зазначеного реактора 4, що надходить з метантенка 2.

В ідеалі, реактор 4 містить реактор хімічного осадження з газової фази (CVD), оскільки він здатний виробляти дуже тонкі плівки матеріалу, що є бажаним ефектом. Зазначений реактор 4 містить тунельну піч 40 з осаджувальною камерою 41 для осадження на підкладку 42 (наприклад, мідь) і принаймні одне джерело газу 43 (водень та/або аргон), а також джерело вуглецю, яке являє собою джерело біогазу 5.

Розташування регуляторів потоку 45 в системі подачі біогазу 5 і в джерелі газу 43 переважно розташоване перед його входом в реактор 4 для регулювання його вхідного потоку з метою управління синтезом графенової або алмазної плівки.

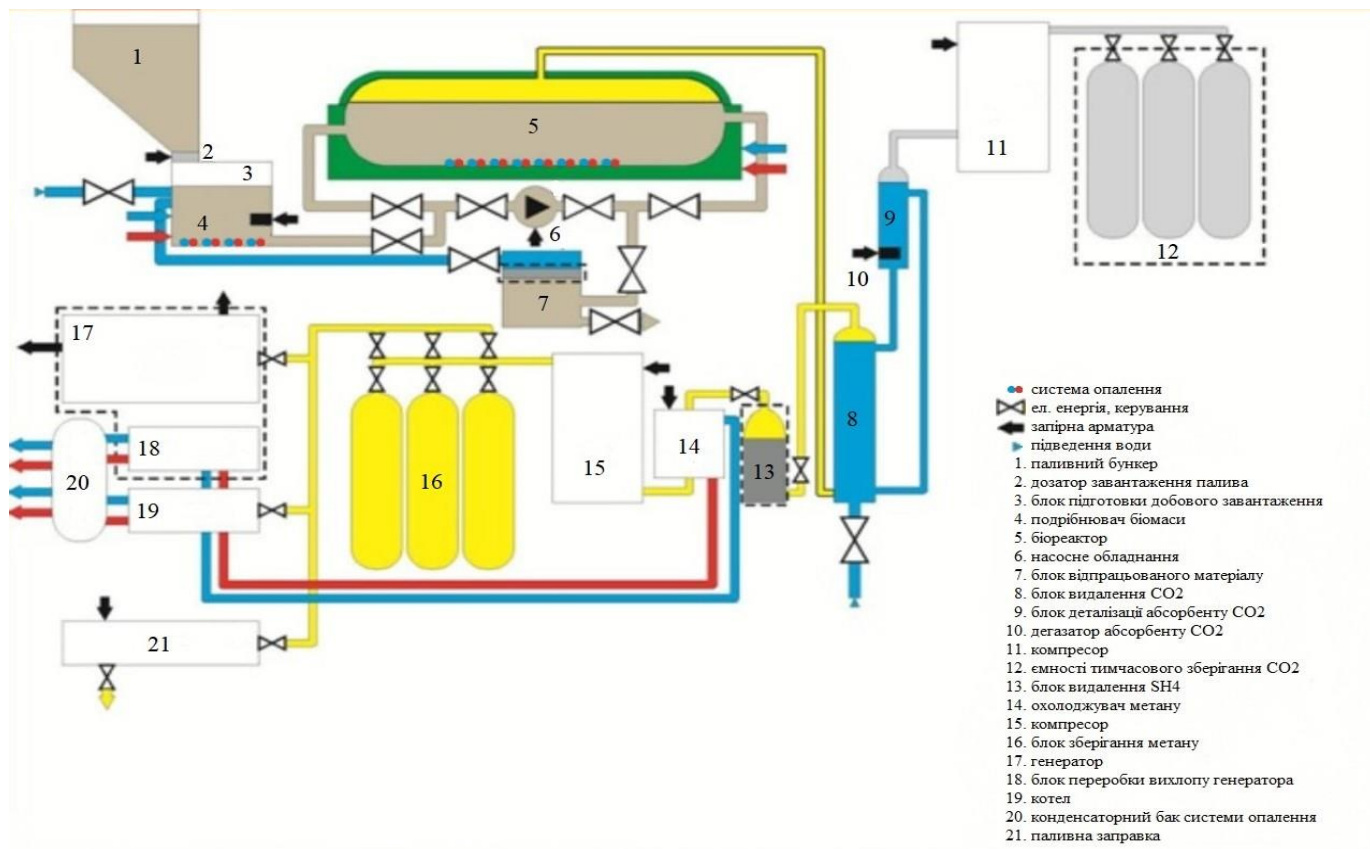


Рисунок 2.9 - Принципова схема біогазової установки

Крім того, передбачається, що реактор 4 містить генератор низького тиску 46, який дозволяє досягти навіть вакууму, і який також може діяти як екстрактор побічних продуктів, оскільки він покращує осадження графену на підкладку.

Аналогічно, установка 1 може містити принаймні один електрогенератор 6, який спалює біогаз з метантенка 2, так що виробництво енергії або графену можна комбінувати або чергувати. На рисунку показано, що електрогенератор 6 є когенератором, який виробляє електричну енергію 9 і теплову енергію 10, частина якої може бути використана для підтримки роботи метантенка 2. Також

передбачено можливість встановлення аварійного пальника 7 в якості заходу безпеки.

Установка містить додатковий вихід 8 для дигестату, який може бути використаний для виробництва добрива, і який накопичується у резервуарі 80.

2.2 Впровадження пристрою для збагачення біогазу

2.2.1 Призначення пристрою.

Апарат призначений для спалювання слабких сумішей повітря або іншого газоподібного окислювача з горючою речовиною. Під слабкою сумішшю, мається на увазі, суміш, в якій частка горючої речовини настільки мала, що, якщо суміш запалити при температурі навколишнього середовища, вона не буде продовжувати горіти, якщо до неї не буде передано тепло. Такі слабкі суміші є результатом процесів нанесення покриттів, в яких розчинники або інші горючі органічні матеріали витісняються з покриття під час сушіння або затвердіння. Утилізація таких органічних матеріалів, як правило, є економічно не вигідною, а викиди в атмосферу призведуть до забруднення атмосфери. Тому бажано спалювати органічні розчинники до води та вуглекислого газу. Одна з труднощів, з якою стикалися до цього часу при спробі спалювання такої слабкої суміші без додавання додаткового палива, полягає в тому, що швидкість виходу газу із зони горіння висока порівняно зі швидкістю надходження горючого матеріалу в зону горіння, а тепла, що виділяється при згорянні, як правило, недостатньо для підтримки температури в зоні горіння вище мінімальної температури займання. Тому попередня практика полягала в підтримці полум'я шляхом спалювання газоподібного палива та впорскування слабкої суміші в полум'я.

Пристрій для проведення реакції в псевдозрідженому шарі містить обертовий барабан з кільцевою стінкою, яка є проникною для газів. Шар частинок під час роботи підтримується на окружній стінці обертового барабана, а реагенти

подаються в шар, принаймні псевдозріджуючий газ, через окружну стінку. Для утримання під час роботи дрібних частинок, що виносяться з шару псевдозріджувальним газом, передбачено приймач. Дрібні частинки повертаються в шар після припинення роботи. Може бути передбачений резервуар для скидання більших частинок в шар після початку роботи.

Апарат може додатково містити вхідні засоби для подачі твердого або рідкого палива в барабан. У початковий період використання апарата, коли апарат запускається з холоду, в барабан може подаватися суміш газоподібного палива з повітрям для його згоряння і нагрівання шару. Після досягнення нормальної робочої температури шару можна розпочати подачу твердого або рідкого палива в барабан і припинити подачу газоподібного палива.

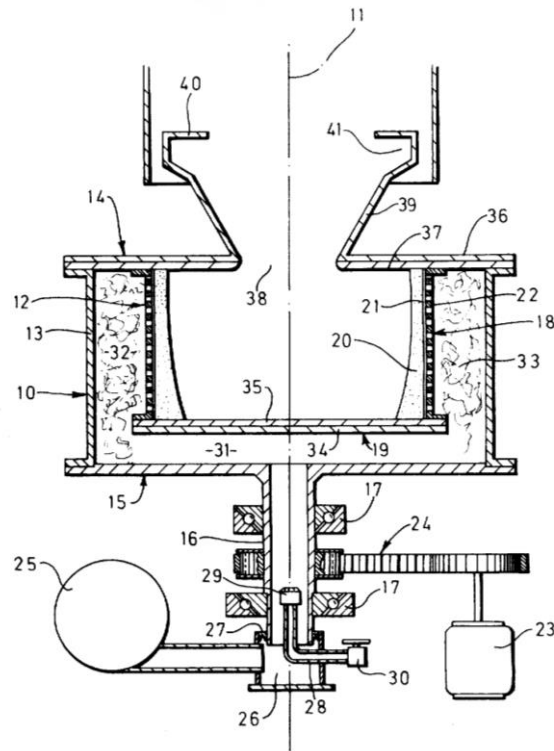


Рисунок 2.10 - Пристрій для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі

2.2.2 Складова пристрою.

Пристрій для проведення реакції в псевдозрідженому шарі містить обертовий барабан з кільцевою стінкою, яка є проникною для газів. Шар частинок під час роботи підтримується на окружній стінці обертового барабана, а реагенти подаються в шар, принаймні псевдозріджуючий газ, через окружну стінку. Для

утримання під час роботи дрібних частинок, що виносяться з шару псевдозріджувальним газом, передбачено приймач. Дрібні частинки повертаються в шар після припинення роботи. Може бути передбачений резервуар для скидання більших частинок в шар після початку роботи.

Пристрій містить обертовий барабан з окружною стінкою, яка є проникною для газів, засоби подачі для змішування газоподібного палива з повітрям або іншим газоподібним окислювачем і для подачі суміші через стінку, а також шар частинок, який, принаймні під час використання пристрою, підтримується на внутрішній поверхні периферійної стінки і знаходиться в псевдозрідженому стані, завдяки чому паливо згорає в шарі.

2.2.3 Принцип роботи пристрою.

Коли барабан обертається, частинки, з яких складається шар, прагнуть відійти від осі обертання до периферійної стінки. Якщо псевдозріджуючі гази подаються в шар через кільцеву стінку, відцентрова дія протидіє дії газів на частинки і, за умови обертання барабана з достатньо високою швидкістю, частинки не будуть повністю здуті від кільцевої стінки псевдозріджуючими газами, що надходять в шар з високою швидкістю.

Пристрій складається з корпусу 10, який встановлений для обертання навколо вертикальної осі 11 і містить барабан 12, закріплений на корпусі для обертання в ньому. Корпус 10 містить циліндричну бокову стінку 13, яка прикріплена до верхньої торцевої стінки 14 і нижньої торцевої стінки 15, причому з'єднання між боковою стінкою і торцевими стінками є герметичними. Корпус встановлений на порожнистому валу 16, який закріплений на нижній торцевій стінці 15, відходить від неї вниз і спирається на підшипники 17, які підтримують корпус 10 на стаціонарній конструкції основи.

Барабан 12 містить проникну стінку 18, що розширюється по колу і є концентричною до бічної стінки 13 корпусу. Барабан також містить непроникну нижню торцеву стінку 19, яка прикріплена до стінки 18, а стінка 18 прикріплена своїм верхнім кінцем до верхньої торцевої стінки 14 корпусу. Усередині барабана

міститься певна кількість вогнетривких частинок, які під час роботи апарата утворюють шар 20, що спирається на внутрішню поверхню стінки 18 і повністю покриває цю внутрішню поверхню. Коли барабан 12 не обертається, частинки падають на дно барабана і утримуються на нижній торцевій стінці 19. Проникна стінка 18 складається з внутрішнього шару у вигляді металевого листа 21, який сформований по всій його площі з перфорацією, достатньо малою для того, щоб частинки шару 20 могли підтримуватися листом. Стінка також включає зовнішній шар 22, який має достатню жорсткість і міцність для підтримки листа 21 і шару 20, коли барабан 12 обертається з високою швидкістю, без прогину або деформації стінки 18. Шар 22 сформований по всій його площі з отворами, які забезпечують доступ газів до перфорованого листа 21 ззовні барабана 12. Шар 22 може бути сформований, наприклад, з металевої сітки.

Для обертання корпусу 10 навколо осі 11 передбачено привід зі змінною швидкістю. Цей привід включає в себе двигун з регульованою швидкістю 23, який також встановлений на базовій конструкції. Двигун зручно використовувати як напірний гідромотор або електродвигун. З двигуном пов'язаний засіб регулювання швидкості (не показаний), за допомогою якого швидкість обертання корпусу можна змінювати безперервно або ступінчасто. Двигун з'єднаний з валом 16 за допомогою зубчастої пасової передачі 24.

Пристрій також містить засоби подачі для змішування газоподібного палива і повітря для подачі суміші в шар 20 через проникну стінку 18 для псевдозрідження шару. Засіб подачі містить вентилятор 25, вихідний отвір якого веде до стаціонарної камери 26. Нижня кінцева частина валу 16 входить в камеру 26, а між обертовим валом і стінками нерухомої камери передбачено ущільнення 27. Засіб подачі також містить стаціонарну паливну трубу 28, яка проходить через камеру 26 у вал 16, де вона закінчується змішувальним пристроєм 29. Змішувальний пристрій може бути простою формою сопла, що має ряд невеликих вихідних отворів, розподілених по його периферії для спрямування відповідної кількості газових потоків у повітряний потік, який створюється у шахті 16 під час використання пристрою. У паливній трубі передбачений клапан 30 регулювання подачі палива.

Слід зазначити, що змішувальний пристрій 29 розташований нижче за течією від ущільнення 27, щоб у разі виникнення витoku на цьому ущільненні газоподібне паливо, що подається через трубу 28, не виходило назовні.

Канал, визначений всередині вала 16, веде від камери 26 через отвір у нижній торцевій стінці 15 до простору 31 між цією торцевою стінкою корпусу 10 і нижньою торцевою стінкою 19 барабана. На периферії барабана цей простір сполучається з кільцевим проходом 32, визначеним між перфорованою стінкою 18 барабана і бічною стінкою 13 корпусу. Слід зазначити, що прохід 32 закритий на своєму верхньому кінці верхньою торцевою стінкою 14. У проході 32 встановлено полум'ягасник у вигляді маси мідної вати 33.

Кожна з верхньої торцевої стінки 14 і нижньої торцевої стінки 19 також складається з двох шарів. Нижня торцева стінка 19 має зовнішній шар 34 з листового металу і внутрішній шар 35 з теплоізоляційного вогнетривкого матеріалу, наприклад, матеріалу на основі азбестових волокон. Верхня торцева стінка 14 аналогічно містить зовнішній шар 36 з листового металу та ізоляційний внутрішній шар 37. Верхня торцева стінка 14 утворена центральним випускним отвором 38, через який продукти реакції, що відбувається в барабані 12, можуть залишати барабан. Від випускного отвору вгору простягається розбіжний випускний прохід, який визначається фрустоконічною частиною стінки 39. На верхньому кінці цієї частини стінки розташоване кільце 40, яке має каналоподібний поперечний переріз. Канал, визначений кільцем 40, являє собою пастку 41 для частинок і має відкриту горловину, спрямовану набігаючим потоком всередину до осі 11.

Коли пристрій не використовується, барабан 12 містить суміш частинок принаймні двох різних розмірів. Суміш включає кількість менших частинок з відповідним діаметром у діапазоні від 200 до 350 мікрон і кількість більших частинок з відповідним діаметром у діапазоні від 400 до 1000 мікрон. Слід розуміти, що під час використання пристрою може відбутися деяка деградація частинок, так що, хоча суміш частинок, що спочатку міститься в барабані, може містити тільки частинки, які потрапляють у зазначені діапазони розмірів,

принаймні після використання пристрою протягом певного часу, суміш, ймовірно, буде включати відносно невеликі частки частинок, розміри яких виходять за межі зазначених діапазонів. Це можуть бути частинки кварцового піску.

2.2.4 Переваги пристрою.

Апарат здатний спалювати слабку суміш без споживання додаткового палива, за винятком початкового періоду роботи, коли температура шару підвищується. Потік слабкої суміші подається вентилятором 25 через камеру 26, вал 16, простір 31, прохід 32 і проникну стінку 18 в барабан 12. Барабан і корпус 10 обертаються з низькою швидкістю, переважно достатньою для створення псевдозрідженого шару частинок, що повністю покриває внутрішню поверхню проникної стінки 18. Суміш подається повітродувкою зі швидкістю, достатньою для псевдозрідження шару частинок за цих умов. Якщо шар 20 холодний, тобто має температуру навколишнього середовища, слабка суміш, що подається вентилятором, не буде продовжувати горіти в барабані 12, навіть якщо її підпалити. Тому на початковому етапі роботи апарату суміш збагачується подачею газоподібного палива через паливну трубу 28. Збагачена газоподібна суміш запалюється всередині барабана 12, наприклад, шляхом направлення полум'я у вихідний отвір 38, і горіння спочатку відбувається поблизу поверхні шару 20. Температура шару підвищується в результаті цього горіння, і коли температура шару досягне мінімальної температури займання збагаченої газової суміші, горіння буде відбуватися повністю всередині шару.

Швидкість, з якою обертаються барабан 12 і корпус 10, може бути збільшена, а швидкість, з якою газоподібна суміш подається з повітродувки 25, відповідно, збільшується для підтримки шару 20 в псевдозрідженому стані. Подача газоподібного палива через паливну трубу 28 може бути зменшена і, в багатьох випадках, припинена таким чином, щоб в шарі 20 горіла тільки слабка суміш.

У певний момент на початковій стадії роботи, під час якої підвищується температура шару, збільшується швидкість обертання барабана і швидкість подачі газоподібної суміші з повітродувки, швидкість подачі газів в шар 20 збільшується

до такого значення, що більш дрібні частинки виносяться з шару і проходять через вихідний отвір 38. Оскільки обертання барабана 12 викликає обертання газів, виникає відцентрова дія на частинки, які захоплюються газами, що проходять через вихідний отвір, і ці частинки відкидаються до пристінної частини 39. Комбінований вплив відцентрової дії та висхідного руху газів призводить до того, що частинки переміщуються по внутрішній поверхні стінки 39 в пастку 41, визначену кільцем 40. Частинки, які потрапляють в пастку, утримуються там під дією відцентрової сили під час роботи апарату.

Максимальна швидкість газу вибирається відповідно до максимальної швидкості обертання, розмірів і маси частинок таким чином, щоб більші частинки залишалися в шарі 20. Буде зрозуміло, що, змушуючи менші частинки виноситися з шару, середній розмір частинок в шарі збільшується. Я виявив, що горіння в шарі може бути встановлене легше, коли шар містить дрібні частинки, переважно з діаметром в діапазоні від 200 до 350 мікрон. Якщо шар містить також більші частинки, швидкість газу можна збільшити до значення, при якому менші частинки будуть винесені з шару.

Слід зазначити, що нижня межа пастки 41 нахилена вниз до осі 11. Відповідно, коли швидкість обертання барабана 12 падає нижче заданого значення при припиненні обертання, частинки, що утримуються в пастці 41, потрапляють назад в барабан 12, так що при наступному введенні апарату в експлуатацію шар буде містити менші частинки.

2.3 Розробка схеми з пристроєм збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі

У своєму дипломному проекті я детально проаналізував існуючі схеми біогазових установок, приділяючи особливу увагу їх ефективності та безпеці. На основі цього аналізу я розробив і впровадив нову схему, що включає пристрій для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі (Рисунок 2.11).

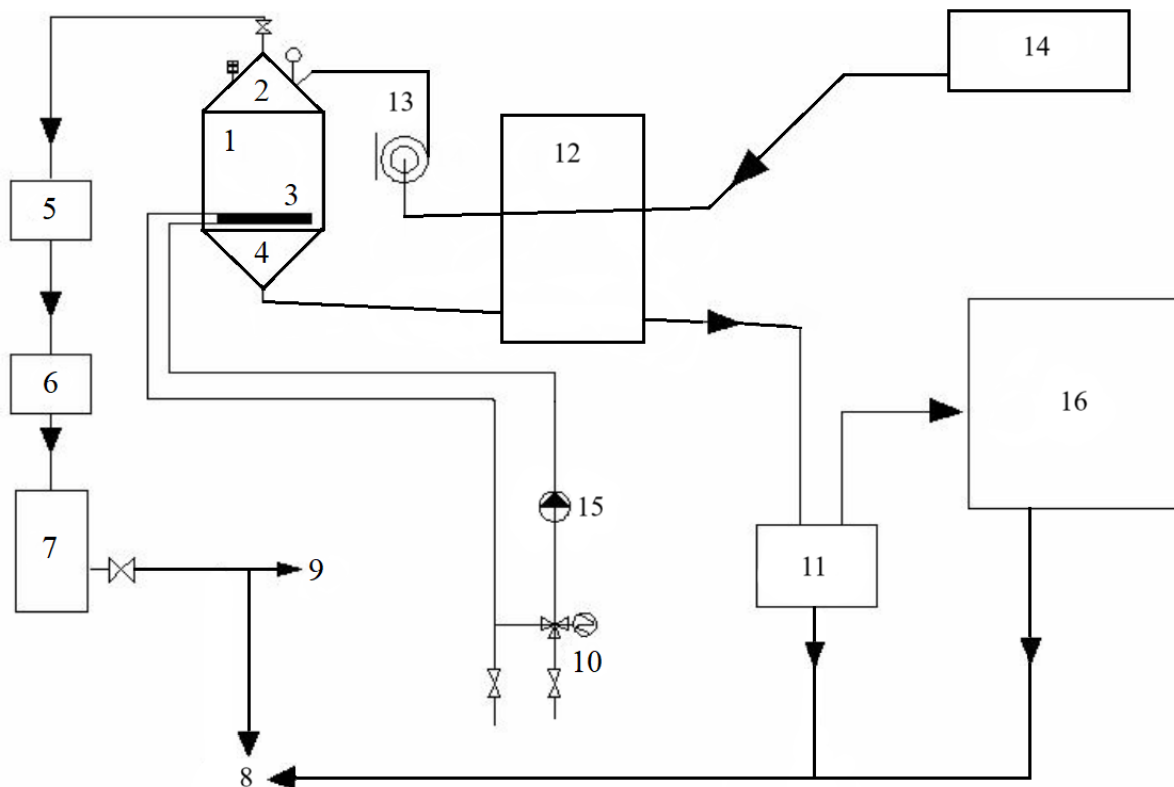


Рисунок 2.11 – Розрахункова схема

1 - реактор установки з конусами доверху і донизу; 2 - верхній конус установки для збору біогазу; 3 - нагрівальний елемент трубчастого типу; 4 - нижній конус для збору шламу; 5 - пристрій для видалення сірки; 6 - пристрій для видалення вуглекислого газу; 7 - газгольдер; 8 - трубопровід, що транспортує газ на потреби господарства; 9 - трубопровід, що транспортує газ на потреби БГУ; 10 - сервопривод з триходовим клапаном; 11 - розділювач фаз відпрацьованого субстрату; 12 - пристрій для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі; 13 - фекальний насос; 14 - резервуар – збірник органічних відходів; 15 - циркуляційний насос системи теплопостачання БГУ; 16 - поле висушування сухої частини шламу.

В процесі виконання другого розділу, було здійснено комплексний аналіз різних схем біогазових установок. Вивчення та порівняння існуючих методів збагачення біогазу дозволило виявити їхні сильні та слабкі сторони, а також визначити напрями для вдосконалення.

Однією з головних інновацій, впроваджених у даному проекті, є використання пристрою для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі. Цей підхід дозволяє суттєво підвищити якість кінцевого продукту та оптимізувати процес виробництва біогазу за рахунок покращеної теплопередачі та більш ефективного видалення домішок.

Основні переваги запропонованої схеми:

- Використання псевдозрідженого шару забезпечує рівномірний розподіл тепла і реагентів, що сприяє більш ефективному видаленню домішок та підвищенню чистоти біогазу.
- Розроблений теплообмінник дозволяє знизити енергетичні витрати за рахунок підвищеної ефективності теплопередачі між робочим середовищем і теплоносієм.
- Впровадження нової схеми забезпечує кращу герметичність і контроль за витокami газу, що знижує ризик вибухонебезпечних ситуацій.
- Спеціальна система вентиляції та використання знаків безпеки додатково мінімізують можливість аварійних ситуацій.
- Запропонована схема сприяє зниженню викидів шкідливих компонентів у навколишнє середовище, забезпечуючи більш екологічно чисте виробництво біогазу.
- Збільшення ефективності процесу та зниження енергетичних витрат дозволяють зменшити загальні витрати на виробництво біогазу, що робить цей метод більш економічно вигідним.

Запропонована схема для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі демонструє значні переваги порівняно з існуючими методами. Вона не лише підвищує якість біогазу, але й сприяє більш безпечному та екологічно чистому виробництву. Таким чином, впровадження цієї інноваційної схеми може стати вагомим кроком уперед у розвитку технологій виробництва біогазу.

3. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ БІОГАЗУ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ.

3.1 Розрахунок пристрою збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі

3.1.1 Визначення теплофізичних властивостей біомаси та біогазу

Починається з визначення теплофізичних властивостей заданого газопо-
повітряна суміш і тверда біомаса при їх середніх температурах.

Середня температура потоків визначається як арифметичне значення
температури на вході і на виході з теплообмінного пристрою, °С:

– робочого простору $\bar{t}_1 = \frac{t_1+t_2}{2}$

– теплоносія $\bar{t}_2 = \frac{t_3+t_4}{2}$

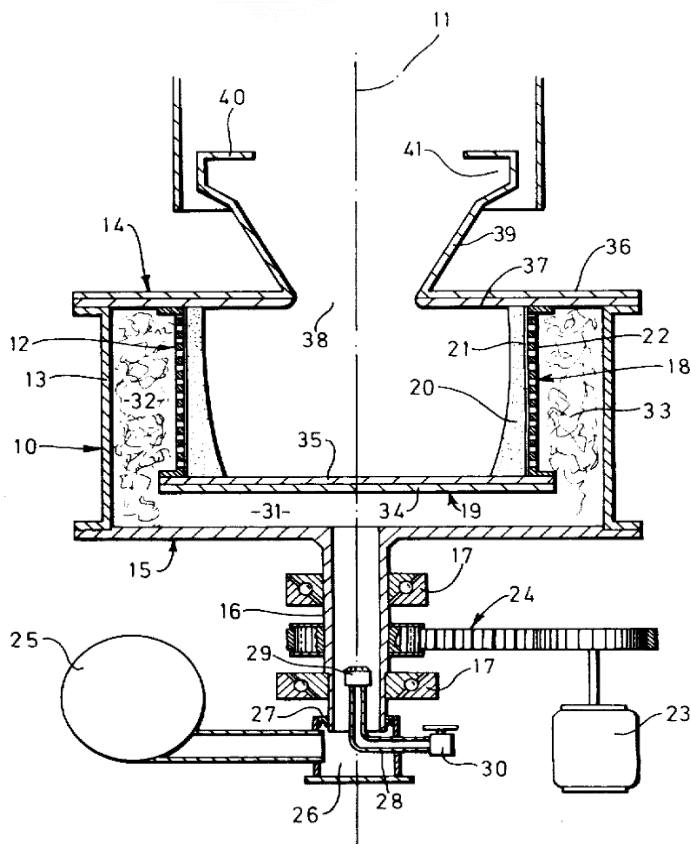


Рисунок 3.1 - Пристрій для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі.

Теплофізичні властивості матеріальних потоків, такі як: густина ρ , кг/м³; питома теплоємність c , Дж/(кг·К); коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м·К); динамічний коефіцієнт в'язкості μ , Па·с – визначаються по їх середнім температурам.

Визначаємо теплове навантаження апарату, кВт:

$$Q = G_1 c_1 (t_1 - t_2), \quad (2.1)$$

де: c_1 – теплоємність робочого середовища, Дж/(кг·К).

Витрата теплоносія на нагрів та охолодження робочого середовища, кг/с:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 (t_4 - t_3)} \quad (2.2)$$

де: c_2 - теплоємність теплоносія, Дж/(кг·К).

Для розрахунку поверхні нагрівання та охолодження теплообмінника пристрою збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі, необхідно обчислити середню різницю температур між холодним і гарячим теплоносієм.

Середню різницю температур можна підрахувати, як середньологаріфмічну, 0С:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln(\Delta t_6 / \Delta t_M)} \quad (2.3)$$

Визначимо діаметр каналу в спіральному теплообміннику по формулі, м:

$$d = \frac{4b\delta}{2b} \quad (2.4)$$

$\delta = 0,008$ м - ширина спірального каналу в теплообміннику

$\delta = 0,008$ м - ширина спірального каналу в теплообміннику

Щоб розрахувати площу поперечного перерізу теплообмінного апарату і ширини стрічки потрібно врахувати швидкість руху середовища w_1 , м:

$$f' = \frac{G_1}{\rho_1 w_1} \quad (2.5)$$

Щоб визначити ефективну висоту теплообмінника, потрібно, м:

$$b'_c = \frac{f'}{\delta} \quad (2.6)$$

Площа поперечного перерізу каналу, визначається за формулою, м²:

$$f = (1,08 \div 1,15) \delta \cdot b'_c \quad (2.7)$$

Для визначення швидкості руху середовища, м/с:

$$w_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot f} \quad (2.8)$$

Швидкість руху теплоносія в каналі теплообмінника, визначається наступним способом, м/с:

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot f} \quad (2.9)$$

Теплоносій передає тепло стінці теплообмінника через тепловіддачу. Теплопровідність через стінку теплообмінника. Тепло, отримане стінкою від першого теплоносія, проводиться через стінку теплообмінника до другого теплоносія. Тепловіддача від стінки до другого теплоносія: Стінка теплообмінника передає тепло другому теплоносію через тепловіддачу.

Щоб визначити коефіцієнт тепловіддачі від розчину до стінки теплообмінника, потрібно, Вт/(м²·К):

$$\alpha_1 = \frac{Nu}{\lambda_1 \cdot d_{\text{екв}}} \quad (2.10)$$

де: λ_1 – коефіцієнт теплопровідності робочого середовища, Вт/(м·К);

Nu – показник Нуссельта, для турбулентного режиму рідини:

$$Nu = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm}}\right)^{0,25} \quad (2.11)$$

де: Re – показник Рейнольдса для внутрішнього середовища:

$$Re = \frac{w_1 \cdot d_{екв}}{\nu_1} \quad (2.12)$$

де: ν_1 - кінематична в'язкість рідини, м²/с

Визначаємо значення критерію Рейнольдса для теплоносія:

$$Re = \frac{w_2 \cdot d_{екв}}{\nu_2} \quad (2.13)$$

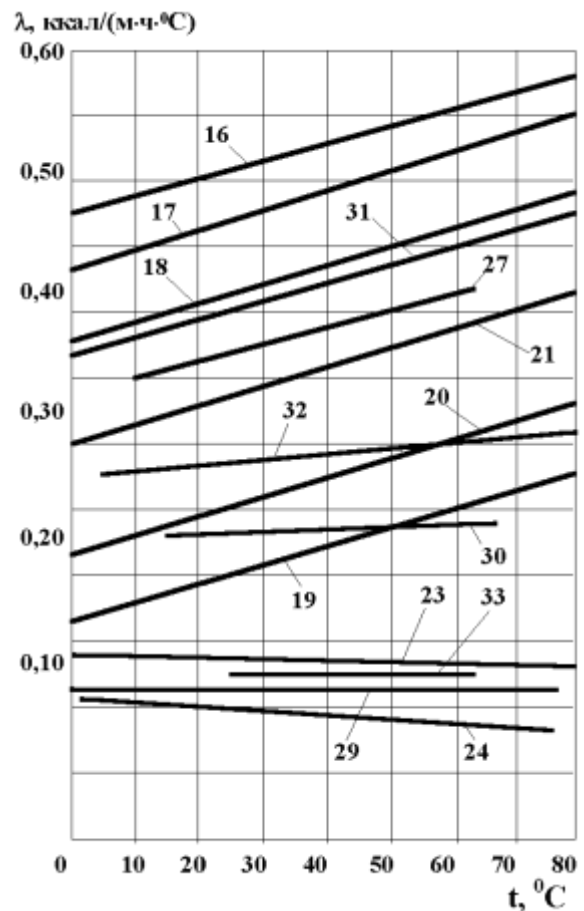
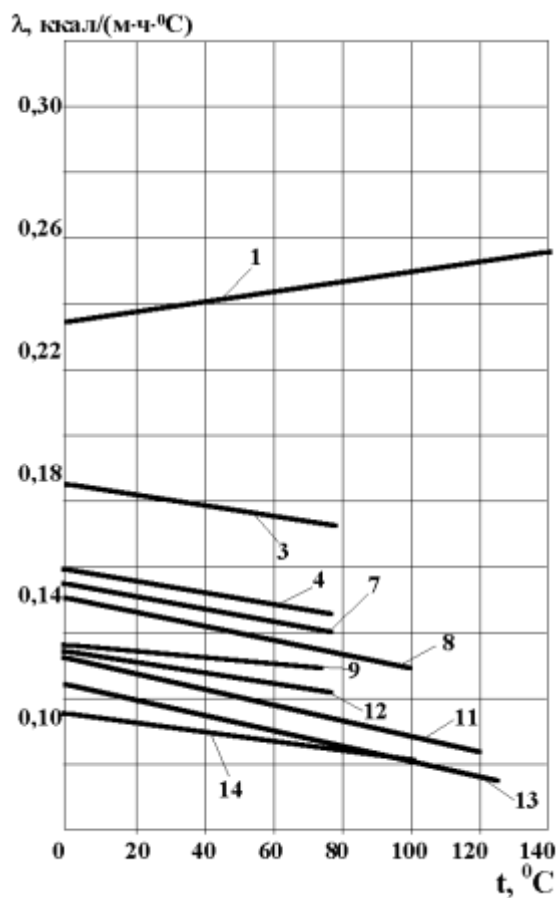


Рисунок. 3.2 - Коефіцієнти теплопровідності рідин.

За розрахунковим значенням критерію Нуссельта, обчислюється коефіцієнт тепловіддачі від стінки теплообмінного апарату до води:

$$\alpha_2 = \frac{Nu}{\lambda_2 \cdot d_{\text{екв}}} \quad (2.14)$$

Враховуючи цю залежність від умов роботи пристрою, товщину стінки апарату для проведення реакцій в псевдозрідженому шарі $\delta_{\text{ст}} = 0,002 \dots 0,006$ м та матеріал стінки з таким коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{ст}} = 16$ Вт/(м·°С), визначаємо значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.15)$$

Для визначення поверхні теплообміну і конструктивних параметрів апарату для проведення реакцій в псевдозрідженому шарі, необхідно:

Необхідна поверхня теплообміну для його роботи, м²:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta \bar{t}} \quad (2.16)$$

Довжина листів спіралі, м:

$$L = \frac{F}{2 \cdot b_c} \quad (2.17)$$

Кількість витків кожної спіралі, яке необхідне для отримання ефективної довжини, для коректної роботи пристрою:

$$N = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot L}{\pi \cdot t} + x^2\right)} - x,$$

де: $x = \frac{1}{2} \left(\frac{d}{t} - 1\right)$, крок спіралі $t = \delta + \delta_{\text{ст}}$, м.

Визначаємо початковий діаметр спіралі, м

$$d = 2 \cdot r + t , \quad (2.18)$$

де: $r = 0,015$ м – конструктивно обумовлений розмір.

Також потрібно визначити зовнішній діаметр спіралі D з урахуванням товщини листа, м:

$$D = d + 2 \cdot N \cdot t + \delta_{\text{см}} \quad (2.19)$$

Після визначення габаритних розмірів теплообмінника, необхідно провести перевірку режимів руху середовищ та його каналів. Критичне значення числа Рейнольдса визначається за формулою:

$$Re_{\text{кр}} = 20000 \cdot \left(\frac{d_{\text{екв}}}{D} \right)^{0,32} \quad (2.20)$$

Якщо $Re_1, Re_2 > Re_{\text{кр}}$, це означає, що виконується прийняте допущення про турбулентний характер руху рідини, який в спіральних каналах теплообмінника.

Для визначення втрати тиску рідиною, при проходженні по каналах спірального теплообмінника необхідно, Па:

- розрахунок для робочого середовища

$$\Delta P_1 = 0,1109 \cdot \frac{L \cdot \rho_1 \cdot w_1^2}{Re_1^{0,25} \cdot \delta} ; \quad (2.21)$$

- розрахунок для теплоносія

$$\Delta P_2 = 0,1109 \cdot \frac{L \cdot \rho_2 \cdot w_2^2}{Re_2^{0,25} \cdot \delta} . \quad (2.22)$$

3.1.2 Тепловий розрахунок пристрою

Бензол є корозійно-активною речовиною, тому в якості конструкційного матеріалу для основних деталей вибираємо саме нержавіючу сталь Х18Н10Т ГОСТ 5632-72, вона стійка в агресивних середовищах до температур порядку 600 °С.

Слід пам'ятати, що температура кипіння бензолу $t_{1н} = 80$ °С

Для визначення приймаємо протитечійний режим руху теплоносіїв, тоді:

– визначаємо більшу різницю температур

$$\Delta t_6 = t_{1н} - t_{2к} = 80 - 60 = 20 \text{ °С} ;$$

– визначаємо меншу різницю температур:

$$\Delta t_M = t_{1к} - t_{2н} = 25 - 15 = 10 \text{ °С} .$$

Відношення $\Delta t_6 / \Delta t_M = 20 / 10 = 2$, тому, середня рушійна сила процесу:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln(\Delta t_6 / \Delta t_M)} = \frac{20 - 10}{\ln(20 / 10)} = 14,4 \text{ °С} .$$

Визначимо середню температуру води:

$$\bar{t}_2 = \frac{\bar{t}_2 + t_{2к}}{2} = \frac{15 + 60}{2} = 37,5 \text{ °С} .$$

Також слід визначити середню температуру бензолу

$$t_{1cp} = t_1 + \Delta t_{cp} = 37,5 + 14,4 = 51,9 \text{ °С} .$$

Теплове навантаження теплообмінного апарату, визначаємо наступним чином, кВт:

$$Q = G_1 c_1 (t_1 - t_2),$$

$$Q = 2,22 \cdot 1,88 \cdot (80 - 25) = 230$$

кВт,

де: $c_1 = 1,88$ кДж/(кг·К) – теплоємність бензолу при $51,9^\circ\text{C}$, масова витрата бензолу,

$$G_1 = 8000/3600 = 2,22 \text{ кг/с.}$$

Також слід визначити витрату води, кг/с

$$G_2 = \frac{Q}{c_2(t_{2к} - t_{2н})} = \frac{230}{4,19 \cdot (60 - 15)} = 1,22 \text{ кг/с},$$

де: $c_2 = 4,19$ кДж/кг – теплоємність води.

Далі визначимо розмір каналів.

Швидкість руху бензолу $w_1 = 1$ м/с, тоді площа поперечного перерізу каналу складатиме:

$$S_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot w_1} = \frac{2,22}{842 \cdot 1} = 0,0026 \text{ м}^2$$

де: $\rho_1 = 842$ кг/м³ – густина бензолу.

При ширині каналу $b_1 = 12$ мм, тоді висота смужки повинна складати:

$$h = \frac{S_1}{b_1} = \frac{0,0026}{0,012} = 0,22 \text{ м.}$$

За ГОСТом приймаємо: $h = 0,4$ м; ширину другого каналу $b_2 = b_1 = 0,012$ м; товщина листа; $\delta = 3,5$ мм.

Далі потрібно визначити коефіцієнт тепловіддачі від бензолу до стінки, а саме еквівалентний діаметр каналу:

$$d_{\text{екв}} = \frac{4bh}{(b+h)} = \frac{2 \cdot 0,012 \cdot 0,4}{(0,012 + 0,4)} = 0,0233 \text{ м.}$$

Швидкість руху бензолу визначається:

$$w_1 = \frac{G}{b \cdot h \cdot \rho_1} = \frac{2,22}{0,012 \cdot 0,4 \cdot 842} = 0,55 \text{ м/с}$$

Далі потрібно визначити Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_1 \cdot d_{\text{екв}}}{\nu_1} = \frac{w_1 \cdot d_{\text{екв}}}{\mu_1} = \frac{0,55 \cdot 0,0233 \cdot 842}{0,43 \cdot 10^{-3}} = 25061,$$

де: $\mu_1 = 0,43 \cdot 10^{-3}$ Па·с – в'язкість бензолу.

Наступний крок, це визначити Критерій Нуссельта:

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{\text{ст1}}} \right)^{0,25}$$

Критерій Прандтля: $Pr_1 = c\mu/\lambda = 1,88 \cdot 0,43 / 0,138 = 5,86$, бензолу:

$\lambda_1 = 0,138$ Вт/(м·К) .

Приймаємо: $(Pr_1/Pr_{\text{ст1}})^{0,25} = 1$, тоді

$$Nu_1 = 0,021 \cdot 25061^{0,8} \cdot 5,86^{0,43} = 148,4.$$

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \lambda_1}{d_{\text{екв}}} = \frac{148,4 \cdot 0,138}{0,0233} = 879 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

Наступним кроком, слід визначити Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води.

Визначаємо швидкість руху води:

$$w_2 = \frac{G_2}{b \cdot h \cdot \rho_2} = \frac{1,12}{0,012 \cdot 0,4 \cdot 993} = 0,26 \text{ м/с,}$$

де: $\rho_2 = 993$ кг/м³ – густина води.

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_2 \cdot d_{\text{екв}}}{\nu_2} = \frac{w_2 \cdot d_{\text{екв}} \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,26 \cdot 0,0233 \cdot 993}{0,69 \cdot 10^{-3}} = 8582$$

де: $\mu_2 = 0,69 \cdot 10^{-3}$ Па·с – в'язкість води.

Визначаємо критерій Нуссельта:

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{ст2}} \right)$$

Визначимо критерій Прандтля: $Pr_2 = 4,58$.

Приймаємо: $(Pr_2/Pr_{ст2})^{0,25} = 1$, тоді

$$Nu_2 = 0,021 \cdot 8582^{0,8} \cdot 4,58^{0,43} = 56,7.$$
$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \lambda_2}{d_{екв}} = \frac{56,7 \cdot 0,630}{0,0233} = 1532 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$$

де: $\lambda_2 = 0,630 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – теплопровідність води.

Визначимо тепловий опір стінки:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r_1 + r_2,$$

де: $\lambda_{ст} = 17,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – теплопровідність нержавіючої сталі,

$r_1 = r_2 = 1/5800 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$ – тепловий опір забруднень

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \left(\frac{0,0035}{17,5} \right) + \left(\frac{1}{5800} \right) + \left(\frac{1}{5800} \right) = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ м} \cdot \text{К/Вт}.$$

Коефіцієнт теплопередачі K , $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, розраховується наступним чином:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{879} + 5,4 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1532}} = 429 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Розраховуємо температуру стінки в пристрої:

$$t_{ст1} = \bar{t}_1 - \frac{K \Delta \bar{t}}{\alpha_1} = 51,9 - \frac{429 \cdot 14,4}{879} = 44,9^\circ \text{C}$$

$$t_{ст2} = \bar{t}_2 - \frac{K \Delta \bar{t}}{\alpha_2} = 37,5 - \frac{429 \cdot 14,4}{1532} = 41,5^\circ \text{C}$$

Визначаємо коефіцієнти тепловіддачі при температурі стінки:

$$Pr_{1ст} = 6,21$$

$$\alpha_{1yt} = 879 \cdot (5,86/6,21)^{0,25} = 866 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$Pr_{2ст} = 4,19$$

$$\alpha_{2yt} = 1532 \cdot (4,58/4,19)^{0,25} = 1566 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Уточнюємо коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{1yt}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2yt}}} = \frac{1}{\frac{1}{866} + 5,4 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1566}} = 428 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Перевіряємо температуру стінки в розрахунках:

$$t_{ст1} = \bar{t}_1 - \frac{K \Delta \bar{t}}{\alpha_{1yt}} = 51,9 - \frac{429 \cdot 14,4}{866} = 44,8^\circ \text{C}$$

$$t_{ст2} = \bar{t}_1 - \frac{K \Delta \bar{t}}{\alpha_{2yt}} = 37,5 - \frac{429 \cdot 14,4}{1566} = 41,4^\circ \text{C}$$

Отримані значення збігаються з попередніми результатами.

Визначаємо поверхню теплообміну:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta \bar{t}} = \frac{230 \cdot 10^{-3}}{428 \cdot 14,4} = 37,3 \text{ м}^2$$

$$F = Q / (K \Delta t_{cp}) = 230 \cdot 10^3 / (428 \cdot 14,4) = 37,3 \text{ м}^2.$$

3.1.3 Конструктивний розрахунок пристрою

Визначаємо довжину елемента:

$$L = \frac{F}{2 \cdot h} = \frac{20}{2 \cdot 0,4} = 25 \text{ м.}$$

Далі проводимо розрахунок штуцерів.

Приймаємо швидкість рідини в штуцері $w_{шт} = 1$ м/с. Саме така швидкість найбільш підходяща.

Далі розраховуємо штуцер для входу і виходу бутанола:

$$d_1 = \sqrt{\frac{G_1}{0,785 \cdot w_{шт} \cdot p_1}} = \sqrt{\frac{2,22}{0,785 \cdot 1 \cdot 842}} = 0,058 \text{ м.}$$

Приймаємо: $d_1 = 65$ мм.

Після розрахунку бутанола, слід розрахувати штуцер для входу і виходу води:

$$d_2 = \sqrt{\frac{G_2}{0,785 \cdot w_{шт} \cdot p_2}} = \sqrt{\frac{1,22}{0,785 \cdot 1 \cdot 993}} = 0,039 \text{ м.}$$

Приймаємо $d_2 = 40$ мм.

Крок спіралей t , м

$$t_1 = t_2 = b + \delta = 0,012 + 0,035 = 0,0155 \text{ м.}$$

Радіус вітка приймаємо з урахуванням розташування штуцера $r = 0,2$ м.

Визначаємо число полувитків першої спіралі:

$$n_1 = \left(0,5 - \frac{r_1}{t_2}\right) + \sqrt{\left(\frac{r_1}{t_2}\right)^2 + \frac{2l}{\pi \cdot t_2}} = \left(0,5 - \frac{0,2}{0,0155}\right) + \sqrt{\left(\frac{0,2}{0,0155}\right)^2 + \frac{2 \cdot 25}{\pi \cdot 0,0155}} = 22,1$$

Визначимо число полувитків другої спіралі:

$$n_2 = \left(\frac{t_1 - 0,5t_2 - r_1}{t_2} \right) + \sqrt{\left(\frac{r_1 - 0,5t_2 - t_1}{t_2} \right)^2 + \frac{2l}{\pi \cdot t_2}}$$

$$= \left(\frac{0,0155 - 0,5 \cdot 0,0155 - 0,2}{0,0155} \right) + \sqrt{\left(\frac{0,2 - 0,5 \cdot 0,0155 - 0,0155}{0,0155} \right)^2 + \frac{2 \cdot 25}{\pi \cdot 0,0155}} = 22,1$$

Визначимо діаметр апарата D , м:

$$D = 2[r_1 + (n_2 + 1)t_2 - t_1] + 2\delta =$$

$$2 \cdot [0,2 + (22,1 + 1) \cdot 0,0155 - 0,0155] + 0,0035 = 1,09 \text{ м,}$$

Приймаємо: $D = 1100$ мм.

Вибір опор апарату.

Маса теплообмінника:

$$m = m_1 + m_B + m_2,$$

де: m_1 – маса спіралей; m_B – маса води, яка заповнює апарат при гідро випробуваннях; m_2 – маса допоміжних елементів.

$$m_1 = 2hL\delta\rho_{ст} = 2 \cdot 0,4 \cdot 25,0 \cdot 0,0035 \cdot 7900 = 553 \text{ кг,}$$

де: $\rho_{ст} = 7900$ кг/м³ – густина сталі.

$$m_B = (0,785D^2h - 2hL\delta)\rho_B = (0,785 \cdot 1,1^2 \cdot 0,4 - 2 \cdot 0,4 \cdot 25,0 \cdot 0,0035)1000 =$$

$$310 \text{ кг.}$$

Приймаємо m_2 , 5% від основної ваги апарату.

Тоді:

$$m_P = 1,05(m_1 + m_B) = 1,05(553 + 310) = 906 \text{ кг} = 9 \text{ кН.}$$

Визначимо навантаження на одну опору:

$$G = m/2 = 9/2 = 4,5 \text{ кН.}$$

Далі слід вибрати опору з допустимим навантаженням 6,3 кН.

Ущільнення каналів.

Кожен канал з одного боку заварюють, а з іншого ущільнюють плоскою прокладкою, схему наведено нижче. Такий спосіб запобігає змішанню теплоносіїв в разі нещільності у прокладці. Завдяки цьому, це ущільнення легко очистити канали при їх забрудненні.

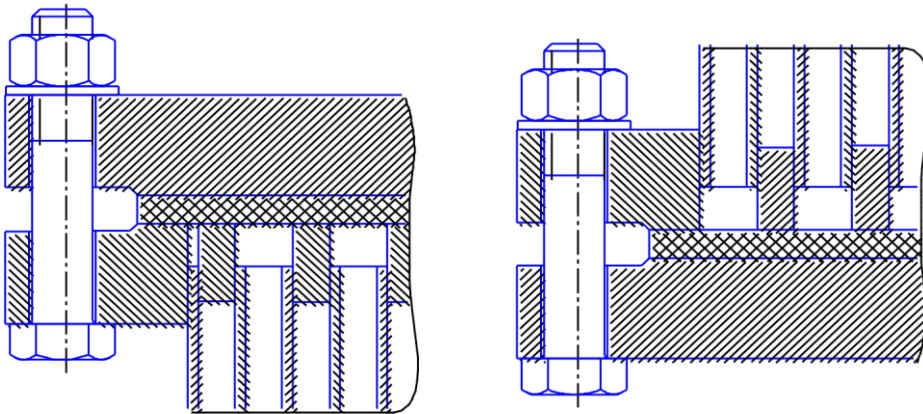


Рисунок 3.3 Ущільнення каналів.

3.1.4 Гідравлічний розрахунок

Головним завданням гідравлічного розрахунку є визначення гідравлічного опору апарату і вибір насоса для подачі рідкого теплоносія.

Розрахунок гідравлічного опору апарату для бензолу, Па

$$\Delta P = \lambda \frac{lw^2 \rho}{2d_{\text{екв}}} + 1,5w_{\text{шт}}^2 \rho .$$

Визначення швидкості бензолу у штуцері $w_{1\text{шт}}$, м/с:

$$w_{1\text{шт}} = \frac{G_1}{0,785 \cdot d_{\text{шт1}}^2 \cdot \rho_1} = \frac{2,22}{0,785 \cdot 0,065^2 \cdot 842} = 0,79 \text{ м/с.}$$

Визначаємо коефіцієнт тертя:

$$\lambda_1 = \frac{0,856}{Re_2^{0,25}} = \frac{0,856}{25061^{0,25}} = 0,068$$

Далі слід визначити гідравлічний опір апарату:

$$\Delta P_1 = 0,068 \cdot \frac{25 \cdot 0,55^2 \cdot 842}{2 \cdot 0,0233} + 1,5 \cdot 0,79^2 \cdot 842 = 10080 \text{ Па.}$$

Необхідний напір насосу визначається наступним чином:

$$H_1 = \frac{\Delta P_1}{\rho_1 g} + h,$$

де: h – геометрична висота підйому рідини і втрати напору у трубопроводі підводу. Приймаємо $h = 3$ м.

$$H_1 = \frac{10080}{842 \cdot 9,8} + 3 = 4,2 \text{ м.}$$

Розрахуємо об'ємну секундну витрату розчину:

$$Q_1 = \frac{G_1}{p_1} = \frac{2,22}{842} = 0,0026 \text{ м}^3/\text{с}$$

За результатами обираємо насос, для якого продуктивність $Q=0,0055$ м³/с, напір $H=10,5$ м

Далі потрібно визначити гідравлічний опір для води.

Визначаємо швидкість води у штуцері:

$$Q_1 = \frac{G_2}{0,785 \cdot d_{шт2}^2 \cdot \rho_2} = \frac{1,22}{0,785 \cdot 0,040^2 \cdot 993} = 0,97 \text{ м/с}$$

Розраховуємо коефіцієнт тертя:

$$\lambda_2 = \frac{0,856}{Re_2^{0,25}} = \frac{0,856}{8582^{0,25}} = 0,089,$$

$$\Delta P_2 = 0,089 \cdot \frac{25 \cdot 0,26^2 \cdot 993}{2 \cdot 0,0233} + 1,5 \cdot 0,97^2 \cdot 993 = 4606 \text{ Па.}$$

Необхідний напір насосу, визначається за формулою:

$$H_2 = \frac{4606}{993 \cdot 9,8} + 3 = 3,5 \text{ м.}$$

Визначаємо об'ємну секундну витрату води:

$$Q_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{1,22}{993} = 0,00123 \text{ м}^3/\text{с.}$$

За результатами обираємо відцентровий насос Х8/30, для якого продуктивність $Q=0,0024 \text{ м}^3/\text{с}$, напір $H=17 \text{ м}$.

Розрахунок теплової ізоляції.

Приймаємо температуру зовнішньої поверхні стінки $t_{\text{ст.з}}=40^\circ\text{C}$, температуру навколишнього повітря $t_{\text{п}}=18^\circ\text{C}$, тоді товщина скловолокнистої ізоляції:

$$\delta_{\text{із}} = \frac{\lambda_{\text{із}}(t_{\text{п}} - t_{\text{ст.з}})}{\alpha_{\text{в}}(t_{\text{ст.з}} - t_{\text{п}})},$$

де: $\lambda_{\text{із}} = 0,09 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ – коефіцієнт теплоізоляційного матеріалу теплопровідності;

$\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки корпусу.

$$\alpha_{\text{в}} = 8,4 + 0,06\Delta t_{\text{в}} = 8,4 + 0,06 \cdot 22 = 9,72 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}),$$

де: $\Delta t_{\text{п}} = t_{\text{ст.з}} - t_{\text{п}} = 40 - 18 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\delta_{\text{із}} = \frac{0,09(80-40)}{9,72(40-18)} = 0,017 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції 20 мм.

Висновок до третього розділу.

В даному розділі були розглянуті основні принципи та методики розрахунку параметрів теплообмінника, який використовується в установках для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі. Для забезпечення ефективної роботи теплообмінника було визначено ряд ключових параметрів, що дозволяють оптимізувати процес теплопередачі між робочим середовищем та теплоносієм.

Було обчислено теплове навантаження апарату та витрату теплоносія, необхідну для нагріву або охолодження робочого середовища. Далі були розглянуті розрахунки середньої різниці температур між холодним і гарячим теплоносіями, що дозволяє визначити ефективність теплообміну.

Завершальним етапом було проведено перевірку режимів руху середовищ у каналах теплообмінника та визначення втрати тиску при проходженні рідиною через канали. Ці параметри важливі для забезпечення стабільної та безперебійної роботи теплообмінника.

Таким чином, розрахунки, проведені в даному розділі, дозволяють оптимізувати конструкцію і роботу теплообмінника в установках для збагачення біогазу, забезпечуючи ефективну теплопередачу і мінімальні енергетичні втрати.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

4.1 Робота з біогазовими установками

Визначення біогазу міститься у статті 1 Закону України «Про альтернативні види палива» № 1391-XIV від 14 січня 2000 року. Згідно з цим визначенням, біогаз - це газ, отриманий з біомаси, який використовується як паливо.

Біогаз утворюється під час ферментації органічних речовин за відсутності повітря і є легкозаймистою та вибухонебезпечною речовиною. Разом з біогазом виробляються різні хімічні речовини, які утворюються як залишки в процесі виробництва. Багато установок працюють під тиском, тому для забезпечення безпеки працівників необхідно суворо дотримуватися встановлених правил, постійно контролювати роботу установок і не залишати їх без нагляду.

Біогазові установки в основному використовують сільськогосподарські субстрати, такі як гній та гноївка, або енергетичні культури (кукурудза, жито, цукровий буряк тощо). Інші субстрати є побічними продуктами переробної промисловості. До них відносяться залишки від виробництва пива (дробина), спирту (барда), біодизеля (ріпаковий шрот, сирий гліцерин), переробки картоплі (пюре), виробництва цукру (буряк, меляса) і побічні продукти переробки фруктів. Для виробництва біогазу також використовуються органічні побутові відходи. Всі ці субстрати розкладаються на біогаз у чотири етапи у ферментаторах під впливом мікроорганізмів за однаковим принципом. Вироблений біогаз збирається за допомогою відповідного технічного обладнання і спалюється безпосередньо на ТЕЦ або збагачується для отримання біометану (очищеного біогазу).

При проектуванні біогазових установок розробляються заходи щодо забезпечення безпеки виробничого персоналу при експлуатації обладнання, пристроїв автоматики та перемикачів системи автоматизації відповідно до офіційних нормативних документів для забезпечення дотримання необхідних стандартів.

При експлуатації біогазових установок та їх утилізації необхідно враховувати вибухонебезпечність метану. Метан може вибухнути, якщо його змішати з

повітрям у пропорції від 5 до 15 відсотків за об'ємом. За наявності вентиляції газ випаровується без наслідків, тому необхідно суворо дотримуватися заходів безпеки на метановому заводі та навколо нього, щоб запобігти пожежам і вибухам.

Біогаз також містить сірководень (H_2S) і вуглекислий газ (CO_2). Сірководень є небезпечним для здоров'я людини, навіть якщо він присутній у невеликих кількостях, і його можна легко розпізнати за неприємним запахом. Оскільки сірководень має більшу питому вагу, ніж повітря, необхідно подбати про те, щоб цей газ не накопичувався в порожнинах у разі витіку. У високих концентраціях він пригнічує сприйняття запахів, ускладнюючи їх виявлення, і може призвести до смертельного отруєння, хоча частка сірководню в біогазі дуже низька і не перевищує 1 %. Вуглекислий газ, який також входить до складу біогазу, може накопичуватися в глибоких заглибленнях, оскільки він важчий за повітря, і якщо він витікає з рослини, існує ризик задухи.

4.2 Робота з електричними установками

Щоб уникнути ураження електричним струмом під час нормальної експлуатації, необхідно вжити індивідуальних або комбінованих заходів захисту від прямого контакту:

- Ізоляція електричних частин.
- Електрична система може бути захищена корпусами та кришками.
- Огородження в електроустановках.
- Тримайте електричні частини подалі від людей.
- Встановлення електричних частин на недоступній висоті або в недоступних місцях.
- Захисні бар'єри у фотоелектричних системах.

Захист від прямого контакту не потрібен, якщо номінальна напруга електричної системи не перевищує

- 25 В змінного струму або 60 В постійного струму, якщо електрообладнання використовується в зонах без підвищеного ризику ураження електричним струмом.

- 6 В змінного струму або 15 В постійного струму, якщо електрична система розташована в небезпечних або надзвичайно небезпечних зонах.

Струмopрoвідні частини фoтoелeктричних систем (ЄС) повинні бути недоступні для випадкового або помилкового прямого контакту з ними.

4.3 Заходи безпеки

4.3.1 Розташування газових балонів

Газгольдери повинні бути встановлені на достатній відстані від житлових будинків, складів і доріг загального користування. Мінімальна відстань становить: від будівель з м'яким дахом - 10 м; від будівель з твердим дахом - 5 м.

4.3.2 Заборона куріння та вогнищ

Поблизу резервуарів з бензином (в радіусі 10 м) заборонено палити і розводити відкритий вогонь. Для цього повинні бути встановлені спеціальні знаки з відповідними написами.

4.3.3 Перевірка рівня води в паливному баку

Регулярно перевіряйте рівень води в циліндричному паливному баку. Взимку слід уникати утворення кірки льоду. Ремонт баків і труб дозволяється виконувати тільки фахівцям (організації виробника приладу), що особливо важливо при виконанні робіт з відкритим полум'ям і зварювальних робіт на газових баках і трубах.

4.3.4 Запобігання викидам метану

Щоб запобігти витоку метану та його змішуванню з повітрям у закритому приміщенні, необхідно забезпечити герметичність газопроводів і видалення повітря з редукторів тиску.

4.3.5 Видалення повітря з газових труб

Перед використанням необхідно видалити повітря з газових труб шляхом пропускання газу через труби.

4.3.6 Вогнегасники

Вогнегасники повинні бути встановлені в газових трубах, які проходять поблизу газових установок.

4.3.7 Вентиляція

Забезпечте належну вентиляцію поблизу газових труб.

4.3.8 Вентиляційні отвори

Під дахом приміщення повинен бути передбачений вентиляційний канал, через який можуть виводитися гази з меншою щільністю, ніж повітря.

4.3.9 Розташування газових труб

Газопроводи повинні бути прокладені з позитивним або негативним градієнтом; прилади повинні бути розташовані в нижньому кінці водорозбірної труби (біогаз містить водяну пару).

4.3.10 Захист від замерзання

Газопроводи і, зокрема, водовідділювачі та вогнегасники повинні бути захищені від замерзання, оскільки мороз може перервати подачу газу, пошкодити газопровід і спричинити значне підвищення тиску в ферментері або в газовому резервуарі, розрахованому на низький тиск.

4.3.11 Усунення потенційних джерел іскроутворення

Усі потенційні джерела іскроутворення повинні бути усунені в зоні біогазової установки та газопроводів.

4.3.12. Тиск в резервуарах для зберігання газу

Резервуари для зберігання газу для наповнення газових балонів повинні бути розраховані на тиск 170 кг/см².

4.4 Вимоги до технічного обслуговування установки

4.4.1 Інструктаж з охорони здоров'я та безпеки на робочому місці

Працівники повинні проходити інструктаж з охорони здоров'я та безпеки на робочому місці. Інструктаж повинен бути записаний у журналі, який повинен бути підписаний працівниками, що пройшли інструктаж, та особою, яка проводила інструктаж.

4.4.2 Інструктаж з охорони праці на робочому місці

Інструктаж з охорони праці та техніки безпеки повинен проводитися з обслуговуючим персоналом щодня перед початком роботи. Особи, які виконують

ремонтні роботи на біогазовій установці, повинні проходити медичний огляд щонайменше кожні 6 місяців. Вагітні жінки не повинні працювати над обслуговуванням біогазової установки.

4.4.3 Перевірка вибухонебезпечності метану

Під час роботи з біогазовою установкою необхідно враховувати вибухонебезпечність метану і перевіряти герметичність газового контейнера та його з'єднань. У разі виявлення витoku газу роботу необхідно припинити, а усунення пошкоджень дозволяється тільки фахівцям, які мають дозвіл на роботу з вибухонебезпечними речовинами.

4.4.4 Перевірка резервуарів

Порожні резервуари та резервуари біогазової установки повинні оглядати щонайменше дві особи, ознайомлені з заходами безпеки, які мають гумові протигази, гумові рукавички та страхувальні мотузки. Після закінчення роботи робочий одяг необхідно провітрити у спеціально відведеному місці.

4.5 Охорона довкілля

4.5.1 Зберігання біомаси

Біомаса повинна зберігатися в місцях, які запобігають викидам метану в навколишнє середовище. Гній необхідно зберігати згідно з відповідними нормами, щоб уникнути забруднення.

4.5.2 Уникнення викидів біогазу

Під час ферментації та зберігання кінцевих продуктів необхідно уникати викидів біогазу та його компонентів (вуглекислого газу, сірководню тощо). Крім того, необхідно запобігати потраплянню рідкої фракції субстрату в навколишнє середовище.

4.5.3 Очищення біомаси

Речовини, які використовуються як біомаса в біогазових установках, такі як стічні води, біовідходи з твердих побутових відходів та інші, які можуть бути джерелом патогенної мікрофлори, повинні бути очищені перед ферментацією. Для

цього біомасу обробляють при 70 °С протягом однієї години, щоб знищити потенційно небезпечні мікроорганізми.

Висновок до четвертого розділу.

У цьому розділі описані правила експлуатації обладнання в біогазових і фотоелектричних системах та вимоги до їх технічного обслуговування. Для забезпечення безпечних умов праці необхідна наявність знаків безпеки, оскільки в установках є електричне обладнання, яке може становити ризик для здоров'я людини. Маркування повинні включати забарвлення електричних частин і використання знаків безпеки.

5. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

5.1 Техніко-економічний аналіз розробки.

5.1.1 Порівняльний аналіз розроблених установок.

Одним з основних напрямків прискорення виробництва біогазу є вдосконалення та розробка установок для активного зброджування біомаси. Розробка високо інтенсивного композитного біореактора довела свою ефективність і дозволяє економно використовувати енергію та прискорити процес виробництва газу.

В даному дисертаційному проекті розробляється нова біогазова установка, яка дозволяє значно збільшити вихід газової суміші. Завершальним етапом технічної та технологічної розробки є визначення економічного ефекту нової установки. Економічна життєздатність проекту буде оцінюватися шляхом порівняння розробленого біогазового реактора з еталонним варіантом. Для цього беруться до уваги вихідні дані, технічні характеристики яких наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Порівняльна характеристика біогазових реакторів

Показники	Одиниці виміру	Біореактор		Відхилення
		Базова	Нова	
1	2	3	4	5
Продуктивність	м ³ /год	700	900	+1000
Потужність електродвигунів, кВт	кВт	7,0	4,5	-1,5
Габаритні розміри:	мм			
довжина		1512	1000	-512
ширина		1465	1000	-465
висота		520	1500	+980

Маса обладнання	кг	722	700	-22
Строк служби	років	12	15	+3

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
Вартість	грн	40000	80000	+40000
Експлуатаційні витрати машини	грн	16860	14320	-2540
Експлуатаційні витрати машини в перерахунку на одиницю продукції	грн/т	3,78	2,6	-1,18

5.1.2 Розрахунок виробничих витрат.

Визначимо виробничі витрати за формулою:

$$З = З_c + З_з + З_{ам} + З_p + Н_p , \quad (4.1)$$

де: $З_c$ – затрати на сировину, грн.;

$З_з$ – заробітна плата, грн.,

$З_{ам}$ – амортизаційні витрати, грн.,

$З_p$ – затрати на ремонт і ТО, грн.,

$Н_p$ – накладні витрати, грн.

Затрати на сировину визначають за формулою:

$$З_c = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot Ц_i) \quad (4.2)$$

де: Q – це витрати сировини, $Q=63800000$ кг/рік – середні витрати

$Ц$ – вартість сировини, $Ц=12,40$ грн/кг.

Оскільки:

$$З_c = 63800000 \text{ кг/рік} \times 12,40 \text{ грн/кг} = 791120000 \text{ (грн/рік)}. \quad (4.3)$$

Наступний крок - визначити затрати на заробітну плату обслуговуючому персоналу:

$$З_з = З_{з.сп.} \cdot z \cdot M + 0,52 (З_{з.сп.} \cdot z \cdot M) , \quad (4.4)$$

де: $Z_{з.ср.}$ – середньорічна заробітна плата.

z – число робітників, зайнятих на лінії, $z=4$;

M – число місяців роботи установки, $M=12$;

0,52 – норма нарахування на зарплату.

Тоді:

$$Z_з = 950 \times 4 \times 12 + 0,52 (950 \times 4 \times 12) = 69312 \text{ (грн)} \quad (4.5)$$

Щоб визначити норму амортизаційних відрахувань (%) для машини потрібно:

$$Z_{ам} = 0,01 \sum_{n=1}^n H_{мі} B_{мі} , \quad (4.6)$$

де: $H_{мі}$ – норма відрахувань для машини (амортизаційних), %; $H_{мі} = 15\%$;

$B_{мі}$ – вартість машини, грн.; $B_{мі} = 40000$ грн.

$$Z_{амб} = 0,01 \times 15 \times 40000 = 6000 \text{ (грн)} \quad (4.7)$$

$$Z_{амм} = 0,01 \times 15 \times 80000 = 12000 \text{ (грн)} \quad (4.8)$$

Визначаємо затрати на електроенергію:

$$Z_{ел} = E \text{ Ц}_E , \quad (4.9)$$

де: E – кількість електроенергії, що витрачається на роботу кВт/рік; $E = 185020$ кВт/рік.

Ц – ціна електроенергії за 1 кВт, $\text{Ц} = 0,50$ грн./кВт.

$$Z_{ел} = 185020 \text{ кВт/рік} \times 0,50 \text{ грн/кВт} = 92510 \text{ (грн/рік)} \quad (4.10)$$

Після початку роботи нової машини витрати на електроенергію залишилися на рівні базисного варіанту.

Визначимо витрати на ремонт базисного та розробленого:

$$Z_p = H_{рем} \times B_m , \quad (4.11)$$

де: $H_{рем}$ – норма ремонтних витрат, $H_{рем} = 20\%$.

Вважаємо, що після модернізації норма амортизаційних витрат становитиме $H_{рем} = 15\%$.

Тоді:

$$Z_{рб} = 0,01 \times 20 \times 40000 = 8000 \text{ (грн.)}, \quad (4.12)$$

$$Z_{рм} = 0,01 \times 20 \times 80000 = 16000 \text{ (грн.)}, \quad (4.13)$$

Накладні витрати:

$$H_p = (0,03 \dots 0,08) Z_{пр} , \quad (4.14)$$

де: $Z_{пр}$ – приведені затрати.

Приведені затрати визначаються за формулою:

$$Z_{пр} = Z_c + Z_z + Z_{ам} + Z_{ен} + Z_p \quad (4.15)$$

$$Z_{прб} = 791120000 + 69312 + 92510 + 6000 + 8000 = 791295822 \text{ (грн)} \quad (4.16)$$

$$Z_{прм} = 791120000 + 69312 + 92510 + 2000 + 16000 = 791309822 \text{ (грн)} \quad (4.17)$$

Тоді накладні витрати визначаємо за формулою:

$$H_{рб} = 0,06 \times 791295822 = 47477749 \text{ (грн)} \quad (4.18)$$

$$H_{рм} = 0,06 \times 791309822 = 47478589 \text{ (грн)} \quad (4.19)$$

Розраховуємо виробничі витрати:

$$Z_б = 791120000 + 69312 + 92510 + 6000 + 8000 + 47477749 = 838773571 \text{ (грн)} \quad (4.20)$$

$$Z_м = 791120000 + 69312 + 92510 + 2000 + 16000 + 47478589 = 838788411 \text{ (грн)} \quad (4.21)$$

Далі визначення виробничої собівартості одиниці

виробленої підприємством продукції визначаємо за формулою:

$$C_{пр} = Z / n \quad (4.20)$$

де: $n_б$ – кількість продукції, що виробляється, $n = 53592000$ кг/рік;

$n_б$ – продукція що виробляється на модернізованій лінії,

$n = 63800000$ кг/рік.

$$C_{прб} = 838773571 / 53592000 = 15,65 \text{ (грн.)} \quad (4.21)$$

$$C_{прм} = 838788411 / 63800000 = 13,15 \text{ (грн.)} \quad (4.22)$$

5.1.3 Визначаємо чистий прибуток.

Чистий прибуток проводимо за формулою:

$$\Pi = V_{реал} - Z \quad (4.23)$$

де: $V_{реал}$ – виручка від реалізації продукції, розраховується за формулою:

$$V_{реал} = Ц \times n \quad (4.24)$$

де: $Ц$ – ціна одного м³ газу, $Ц=1,6$ грн/кг.

для базової моделі:

$$V_{реал.б} = 1,650 \times 53592000 \text{ кг/рік} = 88426800 \text{ (грн)} \quad (4.25)$$

$$V_{реал.м} = 1,650 \times 63800000 \text{ кг/рік} = 105270000 \text{ (грн)} \quad (4.26)$$

тоді прибуток:

$$\Pi_б = 88426800 - 838773571 = 45494429 \text{ (грн)} \quad (4.27)$$

$$\Pi_м = 105270000 - 838788411 = 213911585 \text{ (грн)} \quad (4.28)$$

Визначаємо рівень рентабельності, як відношення чистого прибутку до сумарних затрат:

$$P = \frac{\Pi}{З} 100 \quad (4.29)$$

$$P_{\text{б}} = 45494429 \times 100 / 838773571 = 5,4 \% \quad (4.30)$$

$$P_{\text{м}} = 213911585 \times 100 / 838788411 = 10,5 \% \quad (4.31)$$

Розрахуємо річний економічний ефект:

$$E_p = \Delta\Pi - E_{\text{п}} \times K_{\text{м}}, \quad (4.32)$$

де: $\Delta\Pi$ – приріст прибутку від реалізації продукції:

$$\Delta\Pi = \Pi_{\text{м}} - \Pi_{\text{б}}, \quad (4.33)$$

де: $\Pi_{\text{м}}$ – прибуток продукції модернізованої установки від реалізації, грн.;

$\Pi_{\text{б}}$ – прибуток від реалізації продукції базисної установки, грн.;

$E_{\text{п}}$ – коефіцієнт окупності, $E_{\text{п}} = 0,2$;

$K_{\text{м}}$ – питомі капіталовкладення у виробництво продукції.

Приріст прибутку від реалізації продукції розробленого реактора визначаємо за формулою:

$$\Delta\Pi = 213911585 - 45494429 = 168417156 \text{ (грн)} \quad (4.34)$$

Питомі вкладення у виробництво продукції при розробці реактора:

$$K_{\text{м}} = B_{\text{мм}} - B_{\text{мб}} \quad (4.35)$$

$$K_{\text{м}} = 80000 - 40000 = 40000 \text{ (грн)} \quad (4.36)$$

Річний економічний ефект:

$$E_p = 168417156 - 2 \times 40000 = 168337156 \text{ (грн)} \quad (4.37)$$

Термін окупності капіталовкладень, років:

$$T_{\text{м}} = \frac{K_{\text{м}}}{E_p} \quad (4.38)$$

Термін окупності складає:

$$T_{\text{м}} = \frac{40000}{168337156} = 0,25 \text{ років} \quad (4.39)$$

Тобто 0,25 року становить 3 місяці.

Термін окупності становить 3 місяці.

Отримані розрахункові дані модернізації біогазової установки зведемо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність проекту

Показники	Для базисного варіанту	Для модернізованого	Відхилення
Балансова вартість біоректора, грн	80000	50000	+40000
Собівартість 1 м ³ , грн	2,5	1,6	-2,5
Виручка від реалізації продукції, тис. грн	884268	1052700	+168432
Прибуток від реалізації продукції, тис. грн.	45494	213911	+168417
Рівень рентабельності, %	5,4	10,5	+5,1
Річний економічний ефект, тис. грн	168337		
Термін окупності, місяців	3		

За рахунок збільшення місткості робочої камери і кількості машин цієї категорії можна значно підвищити ефективність розроблених технічних і технологічних заходів.

Висновок до п'ятого розділу.

В ході експлуатаційного та вартісного аналізу досліджуваної технології встановлено, що інтенсифікація процесу виробництва біогазу найбільш раціонально досягається за рахунок комбінованого вібраційного та теплофізичного впливу на вихідну сировину.

Розроблений біореактор перевершує існуючі біореактори за загальними показниками обох типів, що стало можливим завдяки використанню складного обертально-вібраційного руху перемішуючого пристрою, а також застосуванню каталізатора електрогідролізу для проведення процесу.

Результати оцінки економічної ефективності досліджуваного обладнання показали, що розроблений біогазовий реактор, у порівнянні з базовим варіантом, дозволяє значно інтенсифікувати виробництво горючої газової суміші при одночасному зниженні енергоємності досліджуваного процесу.

ВИСНОВОК

В рамках дипломної роботи було проведено комплексне дослідження з удосконалення біогазових установок шляхом впровадження нової системи з пристроєм для збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі.

Проект включав порівняльний аналіз існуючих систем біогазових установок. Виявлені недоліки та обмеження традиційних методів збагачення біогазу лягли в основу розробки нової, більш ефективної системи. Запропонована схема збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі дозволяє покращити теплообмін, підвищити ефективність процесу та якість кінцевого продукту.

Розглянуто основні принципи та методи розрахунку параметрів теплообмінника, що використовується в новій системі. Проведено детальний аналіз теплофізичних властивостей матеріальних потоків і розраховано теплове навантаження системи, витрату теплоносія і середню різницю температур між теплоносіями. На основі цих розрахунків були оптимізовані параметри теплообмінника для досягнення максимальної ефективності.

Окрім технічних аспектів, особлива увага приділялась питанням охорони праці. Розроблено заходи для забезпечення безпеки персоналу, враховуючи потенційні ризики, пов'язані з вибухонебезпечними властивостями метану. Запроваджено інструкції щодо експлуатації обладнання та здійснення ремонтних робіт, що мінімізують ризики нещасних випадків та аварій.

Наприкінці проекту було проведено операційний та вартісний аналіз для оцінки економічної ефективності розробленої концепції. Було встановлено, що запропоновані зміни не тільки покращують технічні характеристики заводу, але й сприяють зниженню операційних витрат, підвищенню продуктивності та приносять економічну вигоду підприємству.

Удосконалення біогазових технологій є важливим напрямком для забезпечення енергетичної незалежності та екологічної стійкості. Використання біогазу як альтернативного джерела енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та раціональному використанню біомаси.

Запропонована система збагачення біогазу в псевдозрідженому шарі підвищує ефективність процесу та якість кінцевого продукту. Використання псевдозрідженого шару покращує умови теплопередачі та сприяє більш рівномірному розподілу тепла.

Впровадження нової системи зменшує втрати енергії, підвищує ефективність системи та збільшує економічні вигоди. Запропонована конструкція забезпечує більш стабільну роботу системи та зменшує витрати на технічне обслуговування.

Аналіз експлуатації та витрат показав, що запропоновані зміни зменшують експлуатаційні витрати та підвищують економічну ефективність системи. Це робить нову технологію привабливою для практичного застосування.

Впроваджені заходи з охорони праці та техніки безпеки забезпечують надійний захист персоналу від потенційних небезпек і зменшують негативний вплив на навколишнє середовище. Все це сприяє створенню безпечних та екологічно чистих умов експлуатації біогазових установок.

Таким чином, результати дослідження та впровадження нової системи зі збагачувачем біогазу в псевдозрідженому шарі демонструють явні переваги. Вдосконалена система є більш ефективною, безпечною та економічно вигідною, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності біогазових технологій на ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Deublein, D., & Steinhauser, A. (2011). Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction. Wiley-VCH.
2. Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. Applied Microbiology and Biotechnology, 85(4), 849-860.
3. Wellinger, A., Murphy, J. D., & Baxter, D. (2013). The Biogas Handbook: Science, Production and Applications. Woodhead Publishing.
4. BiogasWorld - Інформаційний портал про технології та новини у сфері біогазу. <https://www.biogasworld.com/>
5. Bioenergy International - Журнал та новини про біоенергетику. <https://bioenergyinternational.com/>
6. Біогазові установки. Практичний посібник. Барбара Едер, Хайнц Шульц, 1996 р.
7. Довідник з біогазу https://energypedia.info/wiki/File:Biogas_Handbook.pdf
8. Біогаз вступ
<https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/brosch.biogas-2013-en-web-pdf.pdf>
9. Керівництво по біогазу. Від виробництва до використання
<https://mediathek.fnr.de/guide-to-biogas-fromproduction-to-use.html>
10. Значення батч-тестів для аналізу потенціалу біогазу. Порівняння методів та проблеми оцінки субстрату та ефективності біогазових установок
https://task37.ieabioenergy.com/wpcontent/uploads/sites/32/2022/02/Batch_test_s_web_END.pdf
11. Анаеробні реактори Карлос Аугусто де Лемос Чернічаро Кафедра санітарної та екологічної інженерії Федеральний університет Мінас-Жерайс, Бразилія <https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2020/09/volume4.pdf>
12. Значення батч-тестів для аналізу потенціалу. Порівняння методів та проблеми оцінки субстрату та ефективності біогазових установок
https://task37.ieabioenergy.com/wpcontent/uploads/sites/32/2022/02/Batch_test_s_web_END.pdf

13. Process monitoring in biogas plants -Technical Brochure written by: Bernhard Drosch, 2013 https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/12/Technical-Brochure-process_monitoring.pdf
14. Biogas HANDBOOK https://energypedia.info/wiki/File:Biogas_Handbook.pdf
15. BIOGAS an introduction <https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/brosch.biogas-2013-en-webpdf.pdf>
16. https://youtube.com/@BioenergyAssociationUkraine?si=GxZR_Tzo4FV7c1JO
17. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія» ДНІПРО – 2023 .