

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему **Проект автономної енергосистеми, що поєднує вироблення, зберігання та використання біогазу, з розробкою біогазогенератора**
(назва кваліфікаційної роботи згідно з наказом ЗВО)

Здобувача (ки) Романенко О.С.
(прізвище, ініціали)

5 курсу ЗН-754 групи

Керівник доцент Бошков Л.З.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти _____
(посада, прізвище та ініціали)

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту
Рішення кафедри від 09 червня 2023 р., протокол № 11.

Завідувач кафедри ЕТ та ПЕ _____ Юрій СЕМЕНЮК
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса - 2023 рік

АНОТАЦІЯ

дипломної роботи бакалавра на тему «Проект автономної енергосистеми, що поєднує вироблення, зберігання та використання біогазу, з розробкою біогазогенератора»

Даний дипломний проєкт присвячений вивченню особливостей процесу анаеробного зброджування і розробці біогазової установки для отримання біогазу на мезофільному рівні температур із рослинної сировини в кліматичних умовах Одеської області.

Критерієм для вибору рослинної сировини служить показник її середньої ефективної продуктивності, який дає змогу оцінити енергетичний потенціал тієї чи іншої культури в якості джерела для виробництва біопалива. Для умов півдня України проведено дослідження характерних для цього регіону вирощування енергетичних культур та в результаті порівняння показника їхньої ефективної продуктивності вибрані культури з найвищими показниками: кукурудза, солодке сорго та цукровий буряк, біомаса яких і поступатиме в біогазову установку.

Проведено конструкторський і тепловий розрахунки та розрахунки на міцність, а також підбір обладнання для біореактора, призначеного для бродіння рослинного субстрату. Виконано креслення розробки.

Пояснювальна записка на 103 сторінках, рисунків 17, таблиць 32, перелік літературних джерел містить 87 посилань, 1 додаток, складальне креслення на листі А1.

ABSTRACT

of the Bachelor diploma thesis entitled: "Project of an autonomous energy system including biogas production, conservation, and use, with a biogenerator development"

The work is devoted to development of a biogas plant that produces biogas at mesophilic temperatures as a result of methane fermentation of crop biomass for climate conditions of the Odessa region.

Crops are selected according to their average power harvest that gives one the opportunity to estimate the energy potential of a certain culture in given climatic and other conditions. Study has been carried out for suitable energy crops for the conditions of the South Ukraine. As a result some crops have been selected as the most promising for biogas production: maize, sweet sorghum, and sugar-beet, that deliver biomass suitable for the developed biogas generator.

Necessary design calculations have been carried out, selection of necessary equipment has been executed too, and the results are presented in the thesis.

The volume of the explanatory note: 103 pages, 87 literature sources, 3 posters, 3 drawings, 1 attachment, assembly drawing on one A1 sheet.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ВИРОБЛЕННЯ БІОГАЗУ: СИРОВИНА ТА ПРОЦЕС АНАЕРОБНОГО БРОДІННЯ	7
1.1 Вибір сировини	7
1.2 Анаеробне зброджування	25
2 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ	42
2.1 Прототип біогазогенератора	42
2.2 Короткий опис прототипу	42
2.3 Детальний опис прототипу	43
2.4. Модифікація прототипу	49
3 РОЗРАХУНОК БІОГАЗОГЕНЕРАТОРА ТА ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСІВ	51
3.1 Вихідні дані	51
3.2 Конструкторський розрахунок	52
3.3 Розрахунок біореактора на міцність	56
3.4 Підбір насосів	56
3.5 Тепловий розрахунок	57
3.5.1 Розрахунок тепла, одержуваного від перетворення кислот в метан	57
3.5.2 Втрати з реактора в навколишнє середовище (щомісячні)	58
3.5.3 Розрахунок втрат на підігрів біомаси	70
3.6 Тепловий баланс установки	71
4. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	72
4.1 Вступ	72
4.2 Основні способи захисту населення	73

					КРБ.ЕТмПЕ.1.119-03.3.1						
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата	Розрахунково – пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Романенко										
Перевірів	Бошков Л.З.									5	103
								ОНТУ гр. ЗН-754			
Затв.											

4.3 Призначення і класифікація засобів індивідуального захисту	74
4.4 Правила користування засобами індивідуального захисту	74
4.5 Висновки	77
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	78
5.1 небезпечні речовини та фактори, присутні на об'єкті	78
5.2 Охорона праці при експлуатації обладнання	78
5.3 Захист від ураження електричним струмом	79
5.4.1 Класифікація приміщення за ступенем безпеки ураження електричним струмом	79
5.4.2 Розрахунок штучного захисного заземлення	79
5.5 Класифікація виробництв за категоріями вибухів, вибухопожежної та пожежної безпеки	81
5.6 Виробнича санітарія.	82
5.6.1 Розрахунок системи штучного освітлення	82
5.6.2 Догляд за освітлювальними приладами.	85
5.7 Вентиляція як спосіб оздоровлення повітряного простору в приміщенні	85
5.8 Долікарська допомога потерпілому	86
5.9 Висновки	87
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	88
6.1 Розрахунок капітальних витрат	88
6.2 Витрати на оплату праці персоналу	90
6.3 Розрахунок енерговитрат	92
6.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань	92
6.5 Розрахунок економічного ефекту	94
ВИСНОВКИ	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	97
ДОДАТОК	103

ВСТУП

Енергоносії та залежність більшості країн від їх імпорту, зміна природно-кліматичних умов і необхідність забезпечення збалансованого природокористування, зміцнення взаємозв'язків промислових виробництв та галузей агропромислового комплексу призводять до актуалізації використання біологічних видів енергії, сировину для отримання яких постачає сільське господарство, на новому технологічному рівні.

У сучасних умовах інноваційною альтернативою мінеральному паливу є біопаливо (біодизель, біостанол, біогаз) – паливо, що отримують після переробки біомаси – органічних речовин рослинного та тваринного походження.

Виробництво біогазу анаеробною конверсією економічно вигідне і екологічно доцільне, особливо при переробці постійного потоку біомаси –стоків тваринницьких ферм, рослинних відходів або спеціально вирощеної сировини.

Даний дипломний проект присвячений вивченню особливостей процесу анаеробного зброджування і розробці біогазової установки для отримання біогазу на мезофільному рівні температур із рослинної сировини в умовах півдня України.

Метою роботи є розробка біогазогенератора для біологічної конверсії рослинної сировини.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити ряд завдань:

- вивчити процес анаеробного бродіння;
- виконати опис розробленої біогазової установки;
- провести розрахунок параметрів реактора;
- отримати техніко-економічне обґрунтування проекту.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ВИРОБЛЕННЯ БІОГАЗУ: СИРОВИНА ТА ПРОЦЕС АНАЕРОБНОГО БРОДІННЯ

1.1 Вибір сировини

Біомаса – це термін, який об'єднує усі органічні речовини рослинного і тваринного походження. Вона ділиться на первинну (рослини, тварини, мікроорганізми) і вторинну (відходи при переробці первинної біомаси і продукти життєдіяльності людини і тварин). Цьому сприяють такі її властивості, як великий енергетичний потенціал і поновлюваність. А також той чинник, що вона може бути отримана і використана без значних фінансових витрат, що особливо актуально для країн, які розвиваються.

Найбільш поширеними джерелами біомаси є рослини. Усі джерела рослинної біомаси можна розділити на три основні групи.

До першої групи відносяться спеціально вирощувані для енергетичних цілей наземні рослини. Найбільше значення мають лісові енергетичні господарства для вирощування різних порід дерев : евкаліпт, пальма, верба, тополя та ін. Одними з перспективних енергетичних культур є солодке сорго, земляна груша, цукрова тростина.

До другої групи відносяться різні сільськогосподарські залишки і відходи: залишки від збору урожаю сільськогосподарських культур і побічні продукти їх переробки : багаса (жом цукрової тростини), солома жита і пшениці, кукурудзяні початки, стебла бавовни, шкаралупа земляного горіха, відходи картоплі, рисове лушпиння і солома; відходи лісозаготівель, лісопилення і деревообробки : кора, тирса, щепа з дерев, стружка.

Третя група – це водні рослини – морські водорості, гігантські ламінарії (бурі водорості), водяний гіацинт, мікроводорості. Разом з океаном, який розглядається як основний постачальник великих морських бурих водоростей, що мешкають на дні водоймища і плаваючих в стоячій воді, аналізуються можливості використання біомаси естуарій, солоних і прісноводних боліт.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги рослинної біомаси як джерела енергії добре відомі. Крім поновлюваності даного виду палива можна відзначити такі якості, як екологічна чистота в порівнянні з викопними паливами, а також відсутність впливу на баланс вільного вуглецю в атмосфері. Останнє пов'язане з тим, що при згоранні рослинної біомаси виділяється і викидається в атмосферу менше вуглекислого газу, ніж поглинається рослинами з атмосфери в процесі фотосинтезу. Таким чином, кількість вільного вуглецю в атмосфері при спалюванні біомаси не збільшується. При спалюванні рослинної біомаси утворюється в 20 – 30 разів менше оксидів сірки і три – п'ять разів менше золи в порівнянні з вугіллям. Вважається, що за рахунок рослинного палива може бути реалізовано до 20 – 30% глобальної потреби в енергії [1].

Біопаливо, що отримується з сировини рослинного походження, вважається екологічно чистим і поновлюваним видом палива, при спалюванні якого утворюється менша кількість парникових газів, чим при використанні не поновлюваних вуглеводневих викопних палив.

Біопаливо класифікують по агрегатному стану:

- тверді види біопалива (енергетичний ліс, паливні гранули);
- рідкі види біопалива (біодизель, біоетанол, біометанол, біобутанол);
- газоподібні види біопалива (біогаз, біоводень).

Найбільш широко досліджують і впроваджують в життя технології виробництва таких видів біопалива як біоетанол, біодизель та біогаз.

Біоетанол є безбарвною рідиною, біодеградуєчою, мало токсичною; продукти розпаду не забруднюють довкілля. Цей вид біопалива має високе октанове число. При змішуванні з бензином (чи газоліном) оксигенує паливну суміш, забезпечуючи повніше згорання і зменшення викиду забруднень.

Головним джерелом цукру для вироблення біоетанолу служить сировина з пшениці, кукурудзи, маїсу, сорго, цукрової тростини, цукрового буряку та інших цукрових культур. Крім того, можуть використовуватися відходи сільськогосподарського виробництва і деревообробної промисловості (солома, трава, деревина, тирса та ін.), тверді побутові відходи. У Америці основним

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

джерелом рослинної сировини для біоетанолу є цукрова тростина і кукурудза, а в Європі – цукровий буряк і пшениця. Лідерами виробництва біоетанолу є США (34 млрд. л, основна сировина – зерно кукурудзи) і Бразилія (27 млрд. л, основна сировина – цукрова тростина). [2]

Біодизель, або біодизельне паливо – це екологічно чистий вид палива, альтернативний по відношенню до мінеральних ("нафтових") видів, отриманий з рослинних олій і використаний для заміни звичайного дизельного палива. Сировиною для виробництва біодизеля можуть бути різні рослинні олії: рапсова, соєва, арахісова, пальмова, відпрацьовані соняшникова і оливкова, а також тваринні жири. Найбільш популярною сировиною для виробництва біодизелю є ріпакова олія у країнах Європи і соєва – на американському континенті. [3]

Біогаз – це газ, який отримується за допомогою анаеробного метанового бродіння біомаси.

Біогаз у порівнянні з біоетанолом та біодизелем являється найперспективнішим видом біопалива, так як сировиною для його отримання служать не лише спеціально вирощені культури, а й різноманітні рослинні залишки (солома, бадилля, трава), відходи сільськогосподарського виробництва, цукрових та спиртових заводів. Тому високий вміст цукру або крохмалю у культурі (як у випадку з отриманням біоетанолу) або вміст ліпідів (отримання біодизелю) не має такого великого значення.

Виробництво того чи іншого виду біопалива залежить від регіону вирощування рослинної культури.

В дипломному проекті розглянутий регіон півдня України. Виходячи з ґрунтово – кліматичних умов, тобто наявності помірного клімату і родючих чорноземів, а також вирощування традиційних рослинних культур, джерела для біопалива можна розташовувати в такій послідовності: кукурудза, тритікале, пшениця, різні види сорго та проса, цукровий буряк, соняшник, ріпак, відходи сільського і лісового господарства, а також міскантус, тополя, стебла і лузга соняшника. За даними деяких авторів відходи сільськогосподарського виробництва застосовувати як сировину для палива поки недоцільно, тому що

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спостерігається зростаючий дефіцит органіки в ґрунтах, і краще соломі, стеблам і гичку кукурудзи, сої залишати на полі (крім бадилля соняшника). Але в окремих випадках за існування надлишку відходів можна їх переробляти на хімічні продукти та біопаливо. Також проводяться дослідження в області отримання біопалива з біомаси мікроводоростей, для яких не потрібні великі посівні площі і значні затрати виробництва. [4]

В ході дослідження рослинної біомаси як джерела для отримання біопалива виникали і протиріччя щодо доцільності використання її ресурсів. Зокрема значна частина критики використання біомаси, особливо у великомасштабному виробництві палива, пов'язана з побоюваннями, що воно відволікає сільське господарство від виробництва їжі, особливо в країнах, що розвиваються. Основний аргумент полягає в тому, що програми вирощування енергетичних рослин конкурують з вирощуванням харчових культур різними способами (сільське господарство, інвестиції в сільські райони, інфраструктура, вода, добрива, навчені людські ресурси і т.д.), а це може призвести до браку продовольства та підвищенню цін. Однак, це так зване протиріччя "їжа проти палива" виявляється перебільшеним у багатьох випадках. Предмет обговорення більш складний, ніж це зазвичай видається, оскільки сільськогосподарська та експортна політика постачання продовольством представляють собою фактори величезного значення. Аргументи повинні аналізуватися з урахуванням реальної ситуації у світі, окремій країні або регіоні з забезпеченням і потребою в продовольстві (збільшенням надлишків продуктів харчування в більшості промислових і деяких країнах, що розвиваються), використанням продовольства як корму для худоби, недостатнім використанням потенціалу аграрного, зростаючим потенціалом сільськогосподарського виробництва і перевагами або недоліками виробництва біопалива.

Також більшість енергетичних культур являються «важкими» культурами, тобто вони виснажують ґрунт (олійні та крохмалевмісні) або потребують спеціальних умов для вирощування (мікроводорості) чи значних витрат на

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництво біопалива з них (культури, масово не поширені на території країни).

Існує достатня кількість факторів, які потрібно брати до уваги, вибираючи рослинну сировину в якості субстрату (матеріалу, призначеного для біогазового процесу в біогазоустановці) для виробництва певного виду біопалива .

Так, одними з основних критеріїв вибору є урожайність культури, її енергетичний потенціал та енергоємність. В таблицях нижче наведені дані по енергетичним культурам, потрібні для оцінки їхньої спроможності як джерела для отримання конкретного виду біопалива.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики цукрових культур

Культура	Врожайність, т/га		Вихід біопалива		Теплотворна здатність сухої біомаси, МДж/кг	Енергетичний потенціал, ГДж/га
	Україна	Світ	Біоетанол, л/га	Біогаз, м ³ /га		
Цукровий буряк	40 – 45 [5]	46,0 [6] 30 – 40 [7]	5060 [6] ~5000 [8]	16000 – 20000 [9]	14,5 – 15 [10]	135 [11] 135 – 150 [12]
Солодке сорго	Зелена маса: 47 – 63,8; Зерно: 4 – 4,5 [13]	Зелена маса: 20 – 30 [14] 40 – 80 [13]; Зерно: 5 [15]	494 [6]	18000 – 19000 [9]	18 [16]	450 [17]
Цукрова тростина	–	65,0 [6] 56,0 [18]	4550 [6] ~6000 [8] 4032 [18]	25200 [9]	18,8 – 19,6 [19]	105 [11]

Таблиця 1.2 – Основні характеристики крохмалевмісних культур

Культура	Врожайність, т/га		Вихід біопалива		Теплотворна здатність сухої біомаси, МДж/кг	Енергетичний потенціал, ГДж/га
	Україна	Світ	Біоетанол, л/га	Біогаз, м ³ /га		
Пшениця яра	2,0 – 3,0 [20]	7,2 [10]	2500 [10]	1500 [9]	17,2 [21] 17 – 18 [16]	102 [23]
Пшениця озима	5,0 [24] 3,0 [25]	8,1 [10]	2760 [10]	1800 [9]	15,5 [22]	108 [23]
Ячмінь ярий	3,0 [24] 8 – 9,5 [26]	4,1 [27]	–	960 [9]	17,5 [21]	96 [26]
Ячмінь озимий	7,5 – 8 [26]	5,2 [27]	–	1200 [9]		100 [26]
Жито яре	4 – 4,5 [10]	4,9 [10]	1930 [10]	2900 [9]	17,4 [21]	78 [26]
Жито озиме	7 – 8 [26]	8 – 9 [10]	2030 [10]	4720 [9]		86 [26]
Картопля	12,7 [28]	43 [10]	3550 [10]	17000 [9]	14 [20]	110 [20]
Маніок	–	12,0 [6] 8,2 [18]	2070 [6] 1592 [18]	11000 [9] –12000 [9]	13,6 [10]	100 [20]

Продовження табл. 1.2.

Кукуруд за	Зелена маса: 45,0 [29]; Зерно: 5,0 [24] 3,5 [25];	4,9 [6] 3,2 [18] 9,2 [10]	1960 [6] ~3000 [8] 1172 [18] 3520 [10]	29250 [9]	18 [16] 15,5 [22]	178 [29]
Тритіка ле яре	Зерно: 6 – 6.5 [26]	5,6 [10]	2230 [10]	3300 [9]	14,5 [10]	81,5 [30]
Тритіка ле озиме	Зелена маса: 65; Зерно: 8,5 – 11 [26]	Зелена маса: 30 – 40; Зерно: 7 – 8 [30]	2380 [10]	4200 [9]		56,7 [30]

Таблиця 1.3 – Основні характеристики целюлозних культур

Культура	Врожайність, т/га		Вихід біопалива			Теплотворна здатн. сухої біомаси, МДж/кг	Енергетичний потенц., ГДж/га
	Україна	Світ	Біоетанол, л/га	Біогаз, м ³ /га	Тверде паливо		
Просопрутовидне	–	20 [31]	2750 – 5000 [32]	10000 [31]	–	~ 17 [33]	280 [34]
Міскантус (слонова трава)	15 [35]	Зелена маса: 20 [17]; Насіння: 10 – 12 [36] 15 [37]	–	12500 [8]	–	17 [17] 17,6 [21] 14,6 [37]	340 [17]
Верба	7 – 9 [38]	15 [17] 12 [37]	–	–	Паливні брикети, пелети	16 [17] 18,4 [21] 15,4 [37]	240 [17]
Тополь	7 [38]	12 [37]	-	-	Паливні брикети, пелети	18,5 [21] 15,4 [37]	241 [39]
Евкалипт	-	~ 40 [40]	-	-	Паливні брикети, пелети	16,9 [33]	225 [41]

Таблиця 1.4 – Основні характеристики олійних культур

Культура	Врожайність, т/га		Вихід біопалива		Теплотворна здатн. сухої біомаси, МДж/кг	Енергетичний потенц., ГДж/га
	Україна	Світ	Олія, л/га	Біодизель, л/га		
Рапс ярий	0,8 – 1,3 [42] 1,2 – 1,8 [43]	Зелена маса: 16 – 16,4 [44] 25 – 40 [43]. Насіння: 1,2 – 1,8 [44]	1000 [45]	780 [46]	17,1 [21] 16 – 17 [16] 14,2 [22]	42 [47]
Рапс озимий	2,5 [26] 1,93 [48] 2,2 – 2,8 [49]	Зелена маса: 17,2 – 17,6 ; Насіння: 2 – 2,9 [44] 2,5 – 3,5 [43]	1190 [45]	954 [46]		50 [47]
Соняшник	3,5 – 4 [26] 1,2 [50] 1,5 [51]	Зелена маса: 40 – 50; Насіння: 1,2 – 1,4 [52]	952 [45]	767 [46]	17,2 [22]	52,3 [53]
Олійна пальма	–	22 [54]	5950 [45]	4752 [46]	17,08 [55] 19,06 – 20,1 [56]	125 [53]

Таблиця 1.5 – Основні характеристики водних культур

Культура	Врожайність, т/га		Вихід біопалива		Тепло-творна здатність сухої біомаси, МДж/кг	Енергетичний потенціал, ГДж/га
	Україна	Світ	Біодизель, л/га	Біогаз, м ³ /га		
Водяний гіацинт	-	250 [57]	-	175000 [58]	18 – 19 [59]	1000 – 1100 [59]
Мікрорості (спіруліна)	до 70 [60] 50 – 80 [61]	60 – 70 [62]	~ 3000 [46]	42000 – 49000 [58]	19 [59]	600 – 700 [59]

Не менш важливим чинником, який впливає на вибір рослинної сировини, являється оцінка витрат, виникаючих при вирощуванні культур та їхньої подальшої обробки. Так, якщо навіть урожайність культури висока і вихід біопалива значний, але технологія виробництва досить енергоємна і потребує значних капітальних вкладень, то отримання біопалива з даної сировини буде економічно не вигідним і збитковим.

Основний перелік витрат включає в себе: трудовитрати, витрати пального, витрати на хімікати та добрива, збір урожаю, переробку сировини, транспортування, виробництво біопалива, зберігання та ін. в залежності від виду енергетичної культури.

Дослідження в області розрахунків щодо енергетичної ефективності біопалив проводяться постійно. На прикладі розглянемо розрахунки витрат деяких рослинних культур. За даними Білодіда В.Д. та Тарасенко П.В., кандидатів технічних та хімічних наук Інституту загальної енергетики НАН України, які досліджували озиму пшеницю як джерело для отримання біопалива,

за інтенсивної технології вирощування з розрахунковим врожаєм 50 ц/га, загальні енергетичні витрати для неї разом із внесенням добрив, хімікатів, насіння тощо становлять 31,315 тис. МДж/га, з яких: прямі витрати дизпального за весь технологічний цикл – 152,44 кг/га (6,860 тис. МДж/га). За цією технологією при розрахунковому врожаї загальні затрати енергії становлять близько 6,2 МДж/кг. При вирощуванні озимої пшениці за ресурсозберігаючою та екологічно чистою технологією, яка передбачає внесення 50 т/га органічних добрив, повні витрати енергії становитимуть 31,350 тис. МДж/га, прямі витрати палива при цьому зменшуються до 114 кг/га (5,130 тис. МДж/га). Енергоємність кілограму зерна, вирощеного за цією технологією, дорівнюватиме 5,0 – 5,1 МДж (за середнього врожаю 62,6 ц/га). За середньої врожайності 50 ц/га повні енерговитрати становлять 4,29 МДж/кг. [2]

Витрати енергоресурсів на вирощування озимого ячменю в Україні становлять 19,706 тис. МДж/га, в т.ч. витрати дизпалива – 83,8 кг/га (що є еквівалентним 3,770 тис. МДж/га). При врожаї 30 ц/га витрати енергії на виробництво кілограму зерна становлять 3,41 МДж/кг. [2]

При вирощуванні і збиранні кукурудзи на зерно за інтенсивною технологією витрати дизельного палива становлять 92 кг/га (4140 МДж/га) при врожаї 35 ц/га або 90,28 кг/га (4063 МДж/га) при врожаї 40 ц/га, а середня розрахункова енергоємність коливатиметься на рівні 4,4 МДж/кг. [2]

Для інтенсивної технології вирощування цукрового буряку енергетичні витрати становлять 66,363 тис. МДж/га, в т.ч. із витратою дизпалива 274,2 кг/га (12,339 тис. МДж/га). Для ресурсозберігаючої технології енерговитрати дорівнюють 43,1 тис. МДж/га, в т.ч. з витратою дизпалива 217,9 кг/га (9,806 тис. МДж/га). При середній врожайності 450 ц/га повні енерговитрати становлять 1,152. [2]

При вирощуванні тритікале – гібриду жита та пшениці – трудовитрати складають 841,7 МДж/кг, витрати пального – 9937,5 МДж/кг, витрати на збір врожаю – 7120,8 МДж/кг, а повні енергетичні витрати складають 18260 МДж/кг. [30].

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повні енергетичні витрати при вирощуванні олійної культури соняшника складають 40643,6 МДж/кг, із них трудовитрати – 895,6 МДж/кг, витрати пального – 19504,2 МДж/кг, витрати на хімікати – 13660,9 МДж/кг, збір врожаю – 1442 МДж/кг, переробку – 465,2 МДж/кг, транспортування – 6015,8 МДж/кг, зберігання – 174,5 МДж/кг. У порівнянні повні енергетичні витрати на вирощування іншої олійної культури ярого рапсу складають 20810 МДж/кг. [63]

Вчені політехнічного університету Валенсії Д. Хубер, С. Ібора та А. Корма в ході дослідження енергетичних культур в якості джерела для біопалива зробили деякі висновки щодо енергетичного потенціалу рослинної біомаси і енерговитрат, які виникають в процесі підготовки та обробки рослинної сировини для подальшої її переробки на біопалива. Результати їхньої праці наведені в таблиці нижче.

Таблиця 1.6 – Енергетичний потенціал деяких представників рослинної біомаси [64,65,66]

Енергетичні витрати	Кукурудза на зерно	Кукурудза на силос	Просо прутковидне	Цукрова тростина	Солодке сорго	Евкалипт
Продуктивність (сух.т/га на рік)	7	13 – 24	8 – 20	73 – 87	43,8	40,0
Нижча теплота згорання (МДж/сух. кг)	17,0	17,05	~ 17	16,8	17,3	18,1

Продовження табл. 1.6.

Енерговитрати (МДж/сух. кг)	1,35	1,20	2,0	0,346	2,82	5,57
Енергетичний потенціал (ГДж/га на рік)	120	228 – 420	136 – 340	1230 – 1460	760	720
Енергетич- ний потен- ціал (барр/га на рік)	20	40 – 70	23 – 58	210 – 250	128	123

Дані щодо енергетичних витрат не являються постійними, так як спостерігається тенденція коливання врожаю культур, цін на добрива та хімікати, а технологія обробітку та збору врожаю постійно вдосконалюється.

Універсальним критерієм для визначення енергетичного потенціалу культури служить показник середньої енергетичної продуктивності A_{pn} (Average Power Harvest), запропонований доцентом кафедри технічної термодинаміки Академії холоду Л.З. Бошковим. Рослини зростають тільки в певний період року в залежності від кліматичних умов і здатні накопичувати сонячну енергію. Критерій являє собою відношення корисної енергії, отриманої з 1 м² поверхні землі за певний час, до сонячної радіації, падаючої на цю поверхню за той же час. Критерій дає змогу вибрати рослинну біомасу з кращими енергетичними даними і показує чистий вихід виробленої рослиною за рік енергії, тобто

щорічно вироблену тією чи іншою культурою кількість ватт енергії в середньому з 1 м², незалежно від виду чи кліматичних умов.

Показник розраховується за формулою:

$$A_{PH} = \frac{Q_H * U_P - BE}{315360000},$$

де A_{PH} – критерій продуктивності, Вт/м²;

Q_H – нижча питома теплота згоряння, МДж/кг;

U_P – урожайність культури, кг/га;

BE – витрати енергії, МДж/кг.

За стандарт прийняте значення критерію 1 Вт/м², більшість значень лежить в межах менше одиниці, окремі – більше одиниці. Чим більше значення критерію, тим вищий енергетичний потенціал рослини.

В зведеній таблиці нижче наведені розрахункові дані щодо показнику енергетичної продуктивності основних енергетичних культур при переробці їх біомаси на біопаливо.

Таблиця 1.7 – Значення критерію A_{PH} для енергетичних культур

Культура	Середня врожайність, т/га	Нижча теплота згоряння, МДж/кг	Енергозатрати, МДж/кг	Показник A_{PH} , Вт/м ²
Цукрова тростина	87	16,8	0,346	4,07
Солодке сорго	43,8	17,3	2,82	1,81
Цукровий буряк	45	15	1,152	1,78
Евкалипт	40	18,1	5,57	1,43
Кукурудза	31	17	2,55	1,27

Просо прутовидне	20	17	2	0,86
Тритікале	6	14,5	1,8	0,24
Пшениця	5	17,2	4,29	0,23
Ячмінь	3	17,5	3,41	0,12
Соняшник	3	17,2	4	0,11
Рапс	2	17	2	0,05

На основі проведених досліджень маємо три культури, які можна вирощувати в умовах півдня України з найвищими показниками середньої енергетичної продуктивності: солодке сорго, цукровий буряк та кукурудза.

Можно було б вибрати одну монокультуру з вищим показником, але більш стабільна продуктивність буде досягатися за допомогою сівозміни – агрономічно доцільному чергуванню культур по роках (у часі) і полях, що забезпечує підвищення родючості ґрунту і зростання врожайності.

Чергування культур у сівозмінах дозволяє ефективно боротися з бур'янами, хворобами та шкідниками, сприяє кращому використанню вносимих добрив, покращує поживний та водний режими, допомагає створенню найбільш сприятливого структурного стану, оберігає ґрунт від дефляції та водної ерозії. Наявність різних культур у сівозмінах дозволяє краще використовувати робочу силу, техніку та інші матеріальні кошти.

Отже, в якості сировини для отримання біогазу вибираємо з урахуванням сівозміни полікультуру, у складі якої є кукурудза, солодке сорго та цукровий буряк із зведеним показником середньої енергетичної продуктивності $A_{\text{рн}}$, рівним $1,61 \text{ Вт/м}^2$.

Розглянемо стисло опис кожної з цих культур.

Кукурудза (маїс) – це однорічний, трав'янистий, слабокустистий вид з глибоким, потужним та сильно розвиненим корінням.

Кукурудза має різну тривалість вегетації – від 70 до 200 днів, відповідно і екологічні вимоги сильно розрізняються. Її вирощують як в долинах або на невисоких рівнинах, так і в гірських районах до висоти 2000-3300 м. Гірські форми більш скоростиглі, холодостійкі, здатні переносити без великих збитків пониження температури до нижнього рівня активності (10 ° С), а в перші фази росту – навіть короточасні заморозки. Для задовільного урожаю їм необхідна середньодобова температура 19 – 21 ° С. Середньо– і особливо пізньостиглі сорти кукурудзи рівнинного рельєфу потребують значно більшого теплозабезпечення. Для них це забезпечується середньодобовою температурою 25 – 30 ° С.

Вирішальне значення для отримання високих врожаїв кукурудзи має оптимальне поєднання чинників: вода – тепло – яскраве сонячне освітлення. Під кукурудзу відводять дуже різні ґрунти: від важких до легких, від бідних до багатих, від кислих (рН 5) до лужних (рН 8). Проте найбільш високі врожаї отримують на легких або середніх суглинних ґрунтах, добре дренованих і пухких, багатих органікою і доступними поживними речовинами, з нейтральною реакцією ґрунтового розчину. Вона дуже сильно страждає на важких, заболочених, засолених і сильнокислих ґрунтах. Кукурудза особливо вимоглива до ефективної родючості ґрунту, тобто придбаній в результаті обробки, добрив та інших прийомів окультурення. Практикують повторний обробіток кукурудзи на одному полі для отримання двох врожаїв на рік, в цьому випадку використовують скоростиглі сорти і зрошення однієї з культур.

Календарні строки посіву дуже різні в залежності від місцевості і способу обробітку: весняні – з початку березня до початку травня; літні – з початку червня до середини липня й осінні – з кінця серпня до початку жовтня, коли сіють зрошувану кукурудзу. У сівозміні кукурудза виступає попередником для сорго. Механізований посів здійснюють сівалками з міжряддями 75 – 90 см, при цьому зазвичай отримують 40 – 45 тис. рослин на 1 га.

Кукурудза вимагає ретельного догляду за посівом у період від сходів до появи метелок, від якого значною мірою залежать строки дозрівання і збирання,

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а також рівень урожаю. Головні елементи догляду полягають у тому, щоб тримати ґрунт в рихлому і вологому стані, підгодовувати рослини і захищати їх від хвороб, шкідників і бур'янів. Кукурудза дозріває через 7 – 8 тижнів після цвітіння. У неї жовтіють листя, висихають обгортки качанів, зерно стає глянсуватим і твердим. Фізіологічна стиглість настає при вологості зерна 35 – 40%, коли накопичиться максимальна суха маса. Але так як зерно не осипається, рослини можна залишити в полі, поки його вологість не знизиться до 15-20%. Зазвичай при ручному збиранні в сухий сезон селяни так і роблять або зрізають рослини серпами і ставлять сушити в снопи. Сухі качани виламують до частини стебла, зв'язують у пучки і підвішують для зберігання в місцях, недоступних для води, щурів і комах. До механізованого збирання зернової кукурудзи приступають при вологості зерна 25 – 35%. Кукурудзозбиральні чи спеціально переобладнані зернові комбайни в процесі збирання поєднують цілий комплекс операцій: зрізають рослини, відокремлюють качани, очищають їх від обгорток, обмолочують зерно, подрібнюють стебла і листя. При відсутності комбайнів використовують прибиральні машини, котрі тільки відокремлюють качани або ще очищають їх від обгорток, решта роботи проводиться на стаціонарних машинах і установках. Кукурудзу на силос збирають у молочно – восковій стиглості зерна, на зелений корм – у фазі цвітіння рослин. [67]

Солодке сорго – однорічна рослинна культура, має велике число різновидів, характеризуються тим, в соку стебла міститься від 10 до 20 % і більше цукрів. У природі не існує іншої рослини, яка могла б так швидко синтезувати сахарозу. Зерно солодкого сорго після обмолоту залишається у плівках (як просо), тому воно поступається по кормових та харчових показникам зерновому сорго. Зерно сорго містить білок (11 – 15%), крохмаль (68 – 73%), жир (3,5 – 4,5%), провітамін А, каротин, вітаміни групи В, рибофлавін і дубильні речовини. У 100 кг зерна сорго 117 – 130 кормових одиниць. Цукрове сорго при використанні на силос і сіно добре поїдається тваринами. По кормовим показникам воно наближається до кукурудзи: у 100 кг зеленої маси міститься 20 – 25, у силосі – 22 – 23 кормових одиниць.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хімічний склад стебел цукрового сорго (%): вода – 65,80; сахароза – 11,25; інші цукри – 2,75; клітковина – 7,32; крохмаль – 5,15; білки – 2,60; камеді – 3,31; пектинові речовини – 0,60; жир – 0,02. Кількість соку складає 80 – 85% від маси стебел (без листя і метелок). На утворення одиниці сухої речовини сорго витрачає 300 частин води (для порівняння суданська трава – 340, кукурудза – 388, пшениця – 515), за посухостійкістю сорго перевершує кукурудзу і пшеницю. Для зменшення випаровування вологи листя сорго під час посухи згортаються і приймають вертикальне положення. Сорго перевершує кукурудзу за врожайністю зеленої маси, а іноді і зерна при обробітку без зрошення в районах з річною кількістю опадів менше 500 мм. Для набухання і проростання насіння сорго вимагають 35% води від маси насіння, насіння кукурудзи – 40, а пшениці – 55 – 60%.

Сорго – рослина короткого дня, відноситься до теплолюбивих культур, тривалість вегетації від 120 до 135 днів. Мінімальна температура для проростання насіння 8 – 9 ° С, більш дружні сходи з'являються при 13 – 15 ° С на глибині закладення насіння. Оптимальна температура для проростання насіння 20 – 25 ° С. При зниженні температури до мінус 2 – 3 ° С сходи гинуть.

До ґрунту сорго невимогливе. Воно обробляється навіть на засолених ґрунтах, які часто зустрічаються в посушливих зонах. Більша частина сортів сорго дозріває пізно. Метелки, зрізані вручну або машиною, відразу ж просушують на току проти сонця, машини і методи для вирощування кукурудзи можуть бути використані і для вирощування солодкого сорго. [68]

Цукровий буряк – дворічна коренеплодова рослина, вирощується для отримання цукру або на корм тваринам. Це одна з найбільш продуктивних сільськогосподарських культур. У перший рік рослина формує розетку прикореневого листя і потовщений м'ясистий коренеплід із вмістом сахарози до 18 – 20%. Наприкінці вегетації першого року (восени) листя відмирає. Хімічний склад коренеплоду цукрових буряків (%): вода – 70 – 80, клітковина і геміцелюлоза – 3 – 5, вуглеводи – 20 – 22, в тому числі цукру – 16 – 20, азотисті речовини – 1 – 2 і зола – 0,5 – 0,8.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У перший рік життя буряк розвиває 30 – 60 листків, більш продуктивні з них – листя середнього ярусу. Тривалість активної діяльності кожного листа близько 25 днів. До прибирання частка листя цукрових буряків становить 40 – 60% і більше від маси коренеплодів.

Рослина цукрового буряка на другий рік життя проходить наступні фази: фаза розетки, утворення стебел, цвітіння і дозрівання насіння. Збирання насіння виконують роздільним способом: скошування - жатками, добірку і обмолот – переобладнаними зерновими комбайнами.

Терміни посіву: квітень – травень у помірній зоні. Сортова різноманітність буряку велика. Всі сорти цукрових буряків відносять до одного різновиду з білим забарвленням шкірки та м'якоті кореня. Головні прийоми інтенсивної технології обробітку буряку: розміщення в сівозміні за кращими попередниками, внесення розрахункових норм органічних і мінеральних добрив, ефективна основна обробка ґрунту, застосування гербіцидів, система захисту від шкідників і хвороб; повна механізація всіх технологічних процесів догляду і збиранню врожаю, ефективна система заходів щодо організації та оплати праці. [69]

З огляду вищезгаданого матеріалу маємо в якості джерела для отримання біопалива рослинну сировину, яке включатиме в себе культури, розташовані у сівозміні кукурудза – солодке сорго – цукровий буряк.

1.2 Анаеробне зброджування

Біогаз – суміш метану, вуглекислого газу і невеликої кількості домішок – азоту, аміаку, ароматичних і галогено-ароматических вуглеводнів, – продукт метанового бродіння органічних речовин рослинного і тваринного походження.

Вміст метану в біогазі коливається в залежності від хімічного складу вихідної сировини і може становити 55 – 70%.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 – Хімічний склад біогазу [70]

Речовина	Хім. формула	Вміст, %
Метан	CH ₄	55 – 70
Вуглекислий газ	CO ₂	25 – 55
Водяний пар	H ₂ O	0 – 10
Азот	N ₂	< 5
Кисень	O ₂	< 2
Водень	H ₂	< 1
Сірководень	H ₂ S	< 2
Аміак	NH ₃	< 1

Енергетичне використання біогазу в порівнянні зі спалюванням природного газу, зрідженого газу, нафти та вугілля є нейтральним по відношенню до CO₂, оскільки виділений CO₂ перебуває в межах природного кругообігу вуглецю і споживається рослинами протягом вегетаційного періоду. Таким чином, концентрація CO₂ в атмосфері в порівнянні з використанням твердого палива не збільшується.

Основним джерелом біогазу є органічні відходи: гній, фекалії, тверді побутові відходи (ТБО), рослинні залишки (солома, трава, ботва, тирса).

Як джерело енергії біогаз отримують в спеціальних установках – метантанках (іноді говорять "тенк", використовується і термін "метатанк"), або анаеробних колонах. [71] Їх обладнують на фермах, полігонах ТБО або у вигляді малих (односімейних) біогазових установках. Використовують біогаз як паливо для виробництва тепла або пари, електроенергії або в якості моторного палива. (рисунок 1.1)

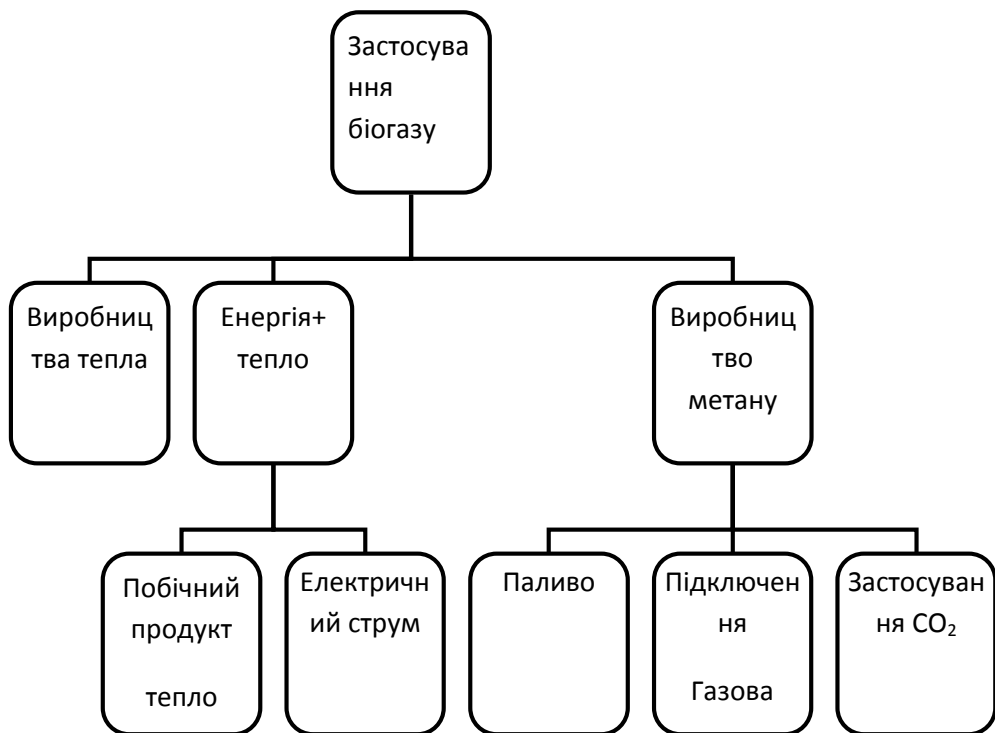


Рисунок 1.1 – Схема застосування анаеробновиробленого біогазу

Таблиця 1.9 – Фізичні властивості біогазу та його компонентів [72]

	Показник	Одиниця вимірювання	Компоненти біогазу				Біогаз (60% CH ₄ , 40% CO ₂)
			CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	
1	Об'ємна частка	%	55 – 70	27 – 44	1	3	100
2	Теплота згоряння	МДж/м ³	35,8	–	110	22,3	17 – 23
3	Температура спалаху	°C	650–950	–	585	–	650 – 950
4	Критичний тиск	МПа	4,7	7,5	1,3	89	7,5 – 8,9

5	Критична температура	°C	190,5	304	0,09	373	190,5
6	Відносна щільність (по повітрю)	—	0,55	2,5	0,07	1,2	0,83

Для порівняння в таблиці 1.10 наведена кількість енергії, що виділяється при згоранні різних енергоносіїв.

Таблиця 1.10 – Кількість енергії, що отримується при згоранні різних енергоносіїв [73]

Енергоносіїв	Кількість енергії, МДж	Біогаз (на 1м ³) з вмістом CH ₄		
		56%	62%	70%
Біогаз (56% CH ₄)	20 МДж/м ³	1,00	0,91	0,80
Біогаз (62% CH ₄)	22,7 МДж/м ³	1,11	1,00	0,88
Біогаз (70% CH ₄)	25 МДж/м ³	1,25	1,13	1,00
Природний газ	33,6 МДж/м ³	1,68	1,52	1,34
Світильний газ	16,8 МДж/м ³	0,84	0,76	0,67
Пропан	46,0 МДж/кг	2,30	2,08	1,89
Котельне паливо	36,0 МДж/л	1,80	1,63	1,44
Котельне паливо	42,3 МДж/кг	2,12	1,91	1,69
Дизельне паливо	36,0 МДж/л	1,80	1,63	1,44
Бензин	30,5 МДж/л	1,53	1,38	1,22
Кокс	27,6 МДж/кг	1,38	1,25	1,10
Електричний струм	3,6 МДж/кВт*ч	0,18	0,16	0,14

Метанове зброджування (або біометаногенез) являє собою процес розкладання органічних речовин до кінцевих продуктів, в основному метану і вуглекислого газу, в результаті життєдіяльності складного комплексу мікроорганізмів в анаеробних умовах під дією мікрофлори.

Метаноутворюючі бактерії представляють собою фізіологічно однорідну групу, що характеризується великою різноманітністю морфології. Можна виділити чотири [73] різних морфологічних типи: палички, коки, вібріони і спірилли.

Паличкоподібні клітини можуть бути різної форми і довжини (від 0,5 до 3,0 мкм), нерідко вони вигнуті, утворюють ланцюжки і довгі нитки, що досягають більше 10 – 15 мкм. Всі палички, крім однієї, нерухомі.

Коковидна форма клітин досить різноманітна і змінюється від правильних до неправильних кутистих сфер у діаметрі 1 – 5 мкм.

Клітини коковидної форми – сарцини, розвиваються у вигляді симетричних або неправильних коків, що утворюють пакети та агрегати, схожі на склеєні піщинки. Клітини метаносарцин нерухомі. Вібріони і спірилли представляють собою правильно вигнуті палички довжиною 1,0 – 7,0 мкм, які утворюють спіральні нитки, що досягають 100 мкм. На ранній стадії розвитку вони рухливі.

Не маючи доступу ні до кисню, ні до інших кращих у енергетичному відношенні акцепторів електронів (нітрати, сульфати, сірка та ін), мікроорганізми змушені використовувати для цієї мети вуглець органічних речовин, в результаті чого в кінцевому результаті утворюється метан – найбільш сильно відновлена з існуючих в природі вуглецевих сполук. У цьому процесі в якості донора електронів мікроорганізми використовують, як правило, вуглець органічних речовин, окислюючи його до вуглекислого газу (другий найважливіший компонент біогазу), при цьому органічні речовини з рідкої або твердої фази переходять в газову фазу. Останнє дуже істотно для розробки процесів біологічної утилізації практично будь-яких органічних відходів. За оптимальних умов ці гази можуть утворюватися в кількості, що дорівнює 80 –

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

95% біологічно розкладеної органічної речовини, інші 5 – 20% витрачаються на відтворення бактеріальних клітин. [74]

Найбільш ефективним для анаеробного зброджування опадів є метантенк. Він являє собою металевий або залізобетонний резервуар, в якому здійснюється зброджування вихідного розчину. Підігрів здійснюється за допомогою парових ежекторів, теплообмінників, а перемішування - механічними мішалками, інжектуванням парою.

Відповідно до сучасних уявлень, анаеробне перетворення практично будь-якої біомаси в метан проходить через чотири послідовні етапи: фаза гідролізу (розщеплення) складних біополімерних молекул (білків, ліпідів, полісахаридів) на більш прості, наприклад, мономери, амінокислоти, вуглеводи та інші; фаза ферментації утворених мономерів до ще більш простих речовин – нижчих кислот і спиртів, аміаку і сірководню; ацетогенна фаза (утворення H_2 , CO_2 , форміату і ацетату) і безпосередньо метаногенна фаза, яка призводить до кінцевого продукту розщеплення – метану. [75]

Дослідники, крім чотирьох етапів конверсії біомаси в метан, окремо виділяють дві стадії. У різних авторів вони мають різні назви: "неметаногенна" і "метаногенна", "кислотна" і "слаболужна" і т.д. [76]

На першому етапі (кисле або водневе бродіння) складні органічні полімери (клітковина, білки, жири та ін.) розкладаються до більш простих сполук: летких жирних кислот, нижчих спиртів, водню та окису вуглецю, оцтової та мурашиної кислот, метилового спирту. Цей розпад здійснюють звичайні сапрофітні анаеробні бактерії, які широко поширені в природі, швидко розмножуються і живуть при рН середовища 4,5 – 7. Кисле бродіння характеризується рясним утворенням кислот, що супроводжується підкисленням середовища і зниженням рН до 5 – 4,5, а також появою неприємного гнильного запаху.

На другому етапі (лужне або метанове) метаноутворюючі бактерії здійснюють подальше розкладання речовин, що утворилися в першій фазі. При

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

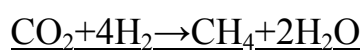
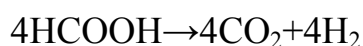
цьому виділяється газ, що складається з метану, вуглекислого газу, водню і азоту.

Джерелами вуглецю та енергії для метаногенів зазвичай є суміш водню і вуглекислого газу. Деякі бактерії використовують цю суміш як єдиний субстрат зростання [77]:



При цьому клітини використовують одночасно газоподібний водень і водень, що входить до складу молекул води.

Наступним потенційно використовуваним джерелом вуглецю та енергії у метаногенів є форміат. На першому етапі форміат розкладається до CO_2 і H_2 , потім CO_2 відновлюється до CH_4 :



Є також дані про те, що форміат може включатися в процес метаногенезу прямим шляхом без утворення CO_2 і H_2 . [78]

Більш важливим субстратом для метаногенезу є ацетат. Кількість CH_4 , що утворюється з ацетату в біогазогенераторі, за деякими даними, становить 72% [72]:



У біореакторах при нормальному ході процесу всі групи організмів діють спільно.

Кількість біогазу, яка може бути виділена з різних сільськогосподарських відходів, залишків і сумішей при оптимальних умовах анаеробної переробки, залежить від кількості субстрату, умов протікання процесу, бактеріального складу в реакторі та ін.

Як вже говорилося, органічні відходи, придатні для метанового бродіння вельми різноманітні. Однак, чим більше клітковини в поступаючому матеріалі, тим повільніше виділяється біогаз.

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість і масштаби анаеробного бродіння метаноутворюючих бактерій залежать від їх метаболічної активності. Основний вплив на біологічний процес метаногенеза мають наступні параметри:

- підтримка анаеробних умов в реакторі;
- дотримання температурного режиму;
- доступність живильних речовин для бактерій;
- вибір правильного часу зброджування і своєчасне завантаження і вивантаження сировини;
- дотримання кислотно – лужного балансу;
- дотримання співвідношення змісту вуглецю і азоту;
- вибір правильної вологості сировини;
- регулярне перемішування;
- відсутність інгібіторів процесу.

На кожен з різних типів бактерій ці параметри впливають по-різному. Існує також тісний взаємозв'язок між параметрами (наприклад, вибір часу зброджування залежить від температурного режиму), тому складно визначити точний вплив кожного показника на кількість біогазу, який утворюється.

Одним з найбільш важливих показників, які впливають на метанове бродіння, є співвідношення вуглецю і азоту в перероблюваній сировині. Якщо співвідношення C/N надмірно велике, то нестача азоту слугуватиме фактором, який обмежує процес метанового бродіння. Якщо ж це співвідношення дуже мале, то утворюється така велика кількість аміаку, що він стає токсичним для бактерій.

Різні експерименти показали: вихід біогазу найбільший при рівні співвідношення вуглецю і азоту від 10 до 20, де оптимум коливається залежно від типу сировини. Для досягнення високої продукції біогазу практикується змішування сировини для досягнення оптимального співвідношення C/N. [79]

Для зростання і життєдіяльності метанових бактерій необхідна наявність в сировині органічних і мінеральних живильних речовин. На додаток до вуглецю і водню життєдіяльність бактерій вимагає достатньої кількості азоту, сірки,

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фосфору, калію і магнію і деякої кількості мікроелементів – заліза, марганцю, молібдену, цинку, кобальту, селену і інших.

Рослинна сировина в якості субстрату для отримання біогазу містить різноманітні мінеральні елементи, накопичені рослинами в процесі росту. Склад макро- і мікроелементів рослин (середній) показано у таблиці нижче.

Основні макроелементи рослинної сировини: калій, кальцій, фосфор, магній, сірка.

Основні мікроелементи: залізо, мідь, марганець, цинк, молібден, кобальт.

Таблиця 1.11 – Мінеральний склад рослинних субстратів [80]

Елементи	Вміст на суху масу
Макроелементи	
Калій (K)	0,5 – 6 %
Кальцій (Ca)	0,2 – 3,5 %
Фосфор (P)	0,1 – 0,8 %
Магній (Mg)	0,1 – 0,8 %
Сірка (S)	0,5 – 1 %
Мікроелементи	
Залізо (Fe)	25 – 300 ppm*
Мідь (Cu)	4 – 30 ppm
Марганець (Mn)	15 – 800 ppm
Цинк (Zn)	15 – 100 ppm
Молібден (Mo)	0,1 – 5,0 ppm
Кобальт (Co)	< 0,1 ppm

* ppm - 1 частка на мільйон, наприклад, 1 мг/кг.

Первинні анаероби представлені різноманітними фізіологічними групами бактерій: клітинноруйнуючими, вуглеводозброджуючими (типу маслянокислих бактерій), амоніфікуючими (розкладають білки, пептиди, амінокислоти),

бактеріями, розкладаючими жири і т.д. Завдяки цьому складу, первинні анаероби можуть використовувати різноманітні органічні сполуки рослинного і тваринного походження, що є однією з найважливіших особливостей метанової спільноти. Тісний зв'язок між цими групами бактерій забезпечує достатню стабільність процесу. Процес анаеробного розкладання органічної речовини в біореакторах здійснюється за допомогою складної асоціації рівних бактерій. Їх співвідношення та взаємодія обумовлюють стабільність даного процесу. Безперешкодний обмін речовин в сировині є передумовою для високої активності бактерій. Це можливо тільки у тому випадку, коли в'язкість сировини допускає вільний рух бактерій і газових бульбашок між рідиною і твердими речовинами, що містяться в ній.

У відходах сільськогосподарського виробництва є різні тверді частинки, наприклад, пісок, глина, що обумовлюють утворення осаду. Легші матеріали піднімаються на поверхню сировини і утворюють кірку. Це приводить до зменшення газоутворення. Тому рекомендується ретельно подрібнювати перед завантаженням в реактор рослинні залишки – соломі, недоїдки і ін. і прагнути до відсутності твердих речовин в сировині.

Для нормального протікання процесу зброджування велике значення має також вологість субстрату. Метанові бактерії можуть жити і розмножуватися, коли субстрати в достатній мірі розчинені у воді (у складі мінімум 50% води). На відміну від аеробних бактерій, дріжджів і грибів вони не можуть існувати в твердій фазі. Якщо ж, навпаки, субстрат містить значну кількість води, то отримання біогазу з нього стане неможливим. У таблиці нижче наведено вміст води в різних видах субстратів.

Підтримка оптимальної температури є одним з найважливіших показників процесу зброджування. У природних умовах утворення біогазу відбувається при температурах від 0° С до 97°С [82], але з урахуванням оптимізації процесу переробки органічних відходів для отримання біогазу виділяють три температурні режими:

– психрофільний при температурах до 20°С;

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- мезофільний при температурах від 20° до 40°C;
- термофільний при температурах 50°C – 60°C .

Таблиця 1.12 – Вміст води в різних видах субстратів [81]

Сировина	Вміст води, %
Барда	90 – 94
Сухий фураж,зернові	12 – 15
Зелений корм,коріння,бульби	75 – 85
Промисловий корм	10 – 15
Силос	80
Суша зелена маса	5 – 12
Сінаж	60 – 70

По даним деяких авторів оптимальною температурою вважають 35°C і вважають, що при цій температурі процес метанового бродіння найбільш стабільний. [82] Прийнято, що в кожній зоні бродіння здійснює своя специфічна асоціація мікроорганізмів. У даному проекті представлена конструкція біогазогенератора на мезофільному рівні температур.

Найважливішим елементом біогазової установки є біореактор - ємність, в якій відбувається анаеробне зброджування біомаси. Від його конструкції залежить продуктивність і економічна ефективність усієї установки.

Для того, щоб побудувати дешевий і надійний метантенк, потрібно оптимально адаптувати його під тип зброджуваного субстрату.

Неможливо розробити універсальний метантенк, здатний оптимально зброджувати різні види сировини. Для проектування метантенка потрібно враховувати два основних критерії: вид завантаження і характеристики вихідної сировини. [83]

Принцип роботи всіх біогазових установок однаковий: після збору і підготовки сировини, що полягає в доведенні її до потрібної вологості в

спеціальній ємкості, вона подається в реактор, де створюються умови для оптимізації процесу переробки сировини.

При нормальній роботі реактора отриманий біогаз містить 55 – 70% метану, 30 – 45% двоокису вуглецю, невелику кількість сірководня, а також домішки водню, аміаку і оксидів азоту. Теплотворна здатність біогазу (62% CH_4) 22,7 МДж/м³. [84]

Сучасні біоенергетичні установки складаються з наступних основних систем:

- система підготовки і подачі сировини в біореактор;
 - біореактор з системою підтримки постійної температури і іншими комплектуючими пристроями;
- система зберігання і використання біогазу;
- система вивантаження і транспортування збродженого шламу.

Розглянемо основні конструкції біореакторів.

Першими для збору відходів стали використовувати закриті місткості, які дістали назву "септик" (рисунок 1.2 а). На виході з септика тверді частки перебродженого шламу часто блокували отвір для виходу. Це змусило почати модернізацію конструкцій і була створена місткість Тревіса (рисунок 1.2 б). Цю конструкцію надалі удосконалив Імгоф, і з 1914 р. вона знайшла широке застосування в США (рисунок 1.2 в). [85]

Якщо спостерігається високий об'єм газу, але він недостатньо горючий, це часто означає, що на поверхні сировини в реакторі утворюється піна або кірка. Якщо тиск газу зовсім низький, це може означати, що утворилася кірка, яка блокує газову трубу. Необхідно видаляти кірку з поверхні сировини в реакторі.

Особливістю кірки, яка утворюється на поверхні сировини в реакторі біогазової установки, є те, що вона не ломка, але тягуча і може стати дуже твердою протягом короткого періоду часу. Для її руйнування потрібно підтримувати її в зволоженому стані. Тобто кірку можна полити зверху водою або опустити в сировину.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для запобігання утворенню кірки у верхньому шарі зброджуваного розчину в реакторах використовують систему перемішування. Головними цілями перемішування є:

- вивільнення біогазу;
- перемішування свіжого субстрату і популяції бактерій (щеплення);
- запобігання формуванню кірки і осаду;
- запобігання ділянкам різної температури усередині реактора;
- забезпечення рівномірного розподілу популяції бактерій;
- запобігання формуванню порожнеч і скупчень, що зменшують ефективну площу реактора.

При виборі відповідного способу і методу перемішування потрібно враховувати, що процес зброджування є симбіоз між різними штамами бактерій, тобто бактерії одного виду можуть жити інший вид. Коли співтовариство розбивається, процес ферментації буде непродуктивним до того, як утворюється нове співтовариство бактерій. Тому дуже часте або тривале і інтенсивне перемішування шкідливе.

Для усіх бродильних виробництв рекомендуються апарати, висота яких більше їх діаметру. Це необхідно для того, щоб розвиток мікроорганізмів відбувався в глибині рідини.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

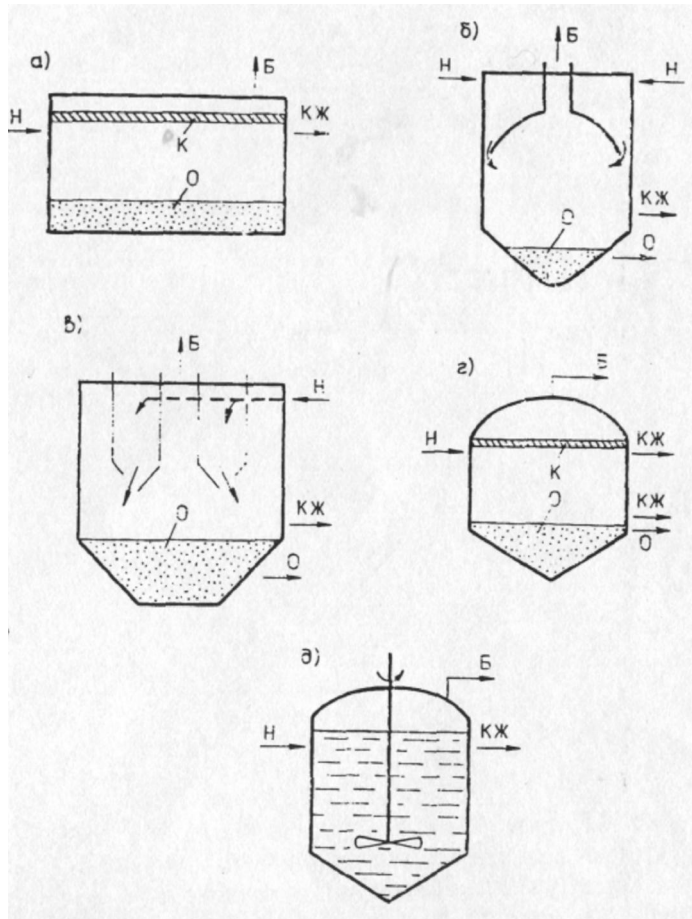


Рисунок 1.2 – Схеми простих метантенків:

а – септик; б – місткість Тревіса; в – місткість Імгофа; г – апарат, що не перемішується; д – біореактор, що перемішується.

У інших конструкціях були розділені камери для седиментації бродіння. З точки зору міцності, створення умов для переміщення рідкого субстрату (витрат енергії на перемішування), відведення опадів і руйнування плаваючої кірки, переважним видається використання яйцеподібного біореактора (рисунок 1.3 а,з). Проте із-за труднощів у виготовленні, великі установки робляться циліндричної форми з бетону або металу. Перевагами циліндричного резервуару з конусною верхньою або нижньою частиною (рисунок 1.3 б) є: наявність невеликого простору для накопичення газу, концентрація плаваючої кірки в обмеженому об'ємі, забезпечення відведення шламу.

Резервуари такої форми використовуються в комунальних установках для очищення стоків. Циліндричний резервуар можна розділити на дві або декілька

камер (рисунок 1.3 г). При такому компонуванні не лише відпадає необхідність в теплоізоляції зовнішніх стінок резервуару, але і покращується теплопередача між обома камерами через перегородку, виконану з теплопровідного матеріалу. Вмонтований в цю перегородку нагрівальний пристрій дає додаткові конструктивні і енергетичні переваги. Біореактор може бути кубічної форми (рисунок 1.3 д). Такий реактор можна також розділити на дві частини: головну бродильну камеру і камеру для остаточного етапу зброджування і осадження шлам. Установки цього типу не дозволяють отримувати високу міру розкладання субстрату, оскільки в них не забезпечується ні рівномірне перемішування маси, ні управління завантаженням робочого об'єму реактора і часом перебування маси в реакторі, що необхідно для максимального виходу газу.

Руйнування плаваючої кірки і осаду пов'язане з великими економічними витратами.

У горизонтальному резервуарі (рисунок 1.3 е) субстрат переміщається в поздовжньому напрямі. Похиле розташування поздовжньої осі резервуару полегшує стікання шлам у напрямку до вивантажувального отвору. Така конструкція зручна для розміщення найпростішого перемішуючого механізму.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

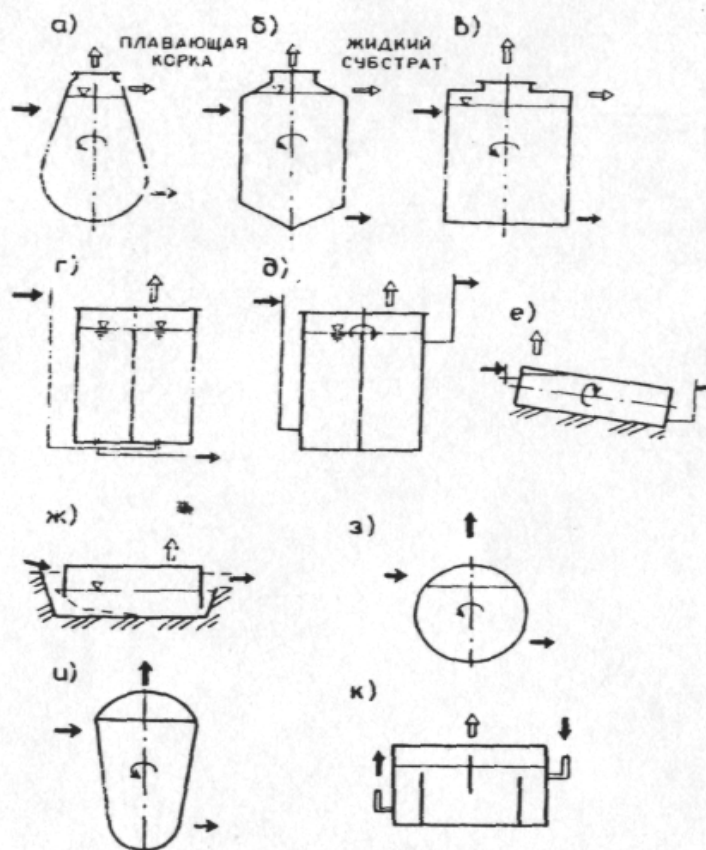


Рисунок 1.3 – Конструктивні схеми біореакторів:

а – яйцеподібна з розширеним дном; б – циліндрична вертикальна з конічним дном; в – циліндрична вертикальна із завантаженням і вивантаженням з верхньої зони; г – циліндрична вертикальна із завантаженням і вивантаженням з нижньої зони; д – циліндрична вертикальна двосекційна із завантаженням в нижній зоні і вивантаженням з верхньої зони другої секції; е – циліндрична горизонтальна з нахилом; ж – траншейна з плаваючим покриттям; з – куляста; і – яйцеподібна з розширеною верхньою частиною; к – горизонтальна секційна.

Біореактор у вигляді виритої в ґрунті траншеї (рис 1.3 ж) дозволяє обробляти великі кількості субстрату. Як будівельний матеріал використовують, як правило, бетон. Найбільш простий у виготовленні і експлуатації біореактор циліндричної форми, встановлений горизонтально (рисунок 1.3 к). Усю місткість можна розділити на декілька камер, унеможлививши тим самим контакт свіжої біомаси зі шламом, що дуже важливо для захисту довкілля. [86]

Залишок, що утворюється в процесі отримання біогазу, містить значну кількість поживних речовин і може бути ефективно використаний як біодобриво.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Прототип біогазогенератора

У проєкті за основу узятий американський прототип газогенератора United States Patent 4, 594, 078.

Апарат для виробництва біометану з органічної сировини включає зброджувач, який має чан з підлогою і центрально розташовану вертикальну вісь. Чан сформований зафіксованим фундаментом і вертикальною стороною стіни. Центральна утримуюча колона має вертикальну вісь, співпадаючу з вертикальною віссю чана і рухливо пов'язану з фундаментом так, що колона може обертатися навкруги осі. Чан має верхню частину, зафіксовану центральною колоною, і обертально підтримувану на стороні стіни.

Циліндричне первинне відділення розташоване усередині чана навколо центральної колони. Зафіксована центральна частина сполучає підлогу і радіально тягнеться через первинне відділення і сторону стіни чана. Частина, що рухається, радіально тягнеться через первинне відділення і сторону стіни і є здатною рухатися навколо центральної осі з верхньою частиною і центральною колоною.

Рециркуляційний насос переносить увесь вміст усередині первинного відділення чана від однієї його сторони до іншої. Подаючий насос переносить речовину від основи в верх первинного відділення або ж порційно назовні первинного відділення. Біогаз збирається в баку, зафіксованому у верхній частині зброджувача і надалі видаляється із зброджувача.

2.2 Короткий опис прототипа

Існуючий винахід стане більш зрозумілим, вивчаючи його в якості апарату для виробництва біогазу із рослинної сировини. Апарат описаний за

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

допомогою необмежених прикладів і ілюстрований у відповідності рисунками, де:

Рисунок 2.1 : Вертикальний переріз, що проходить через центральну вісь чана і через два ролики для зупинки верхньої частини, які розташовані з обох боків центральної осі.

Рисунок 2.2 : Частковий вертикальний переріз, який проходить через початок каналу виходу.

Рисунок 2.3 : Загальна панорама, що показує доведеність кінця вхідного каналу і початку каналу виходу, відносно встановленого розподілу.

Рисунок 2.4 : Частковий вертикальний переріз, що проходить через центральну вісь чана і через рушійну стіну.

Рисунок 2.5 : Вертикальний взаємний переріз через рушійну стіну.

Рисунок 2.6 : Горизонтальний переріз, котрий проходить через зброджувач, скорочує площину, що проходить під краєм сторони бака, – відновника для біогазу.

2.3 Детальний опис прототипа

Рисунок 2.1 показує, що основа зброджувача послідовно складається, від основи до вершини з конкретного постаменту 1, безперервного шару нестискуваного ізолятора 2, конкретної плити 3, і підлоги з підігріванням 4, в якому є проходи для проходження нагрівальних труб 5. Циліндрична сторона стіни 6 охоплена із зовнішнього боку безперервним шаром ізолятора 7.

Уся верхня частина зброджувача і його центральний стовп підтримки 10, до якого він механічно кріпиться, може обертатися навколо центральної осі чана. Для того, щоб це було можливо, зроблена фіксація ступеня в центрі плити 3. Цей ступінь, що несе, пристосовує найбільш низький кінець стовпа підтримки 10 і дозволяє йому виконувати рухи, що чергуються, по колу, служачи при цьому провідником для обертального моменту і як підпора для вертикальних сил.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У верхній частині газгольдер 12 зафіксований на рухомій частині зброджувача і служить для збору біогазу. Грань сторони газгольдера 12 поринає в продукт, рівень якого представлений ламаною лінією 11.

Балки підтримки 13 тримають газгольдер для збору біогазу 12. Вище балки підтримки є безперервний шар ізолятора 16, подоланий покриттям.

Балки 13, які безпосередньо підтримують усі рухливі частини і особливо верхню частину зброджувача, підтримуються одним зі своїх кінців на верхній частині і центрального стовпа 10, до якого вони приєднуються твердою фіксацією. З іншого боку кожна з балок 13 приєднується до ролика 15, який є горизонтальною віссю. Ролик 15 підтримує балку в горизонтальному положенні, і до ролика 14 – вертикальна вісь, яка підтримує балку 13 вертикально. Сукупність елементів, включаючи центральний стовп 10, ролик 15 і ролик 14 дозволяє верхній частині зброджувача і тим елементам, що під'єднується до неї, обертатися в обох напрямках.

Кабель 17 оточує зовнішню вертикальну лицьову сторону на рівні ізолятора 16. Цей кабель захищений на лицьовій стороні вістря і пов'язаний із зворотним пристроєм двигуна.

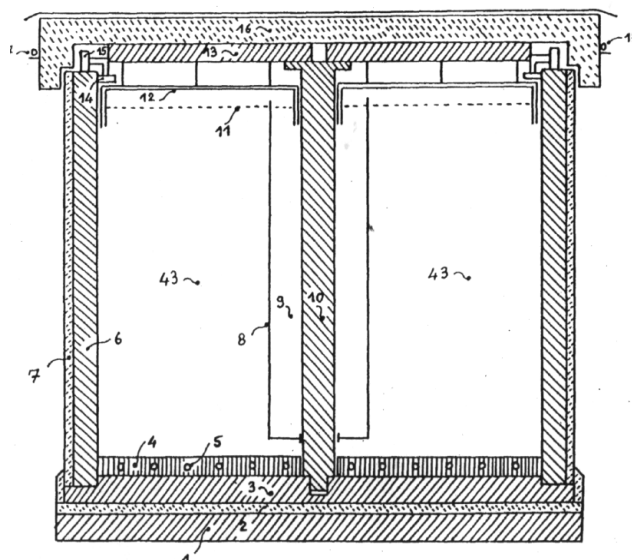


Рисунок 2.1 – Схема біогазогенератора

Центральна частина чана зайнята первинним відділенням 9, сторона стіни 8 якого є циліндричною і має ту ж саму вертикальну вісь, що і стовп підтримки

10 і вісь чана зброджувача. Залишок об'єму чана зайнятий вторинним відділенням 43.

Рисунок 2.2 показує, що біогаз звільняється з труби газовідводу 18 запусків як вертикальна труба, яка проходить згори до низу біля стіни 8 з первинного відділення 9, в течії початку вихідного каналу 21, і потім продовжується похилою трубою, яка проходить через стіну сторони 6 і потім з'являється на зовнішній стороні.

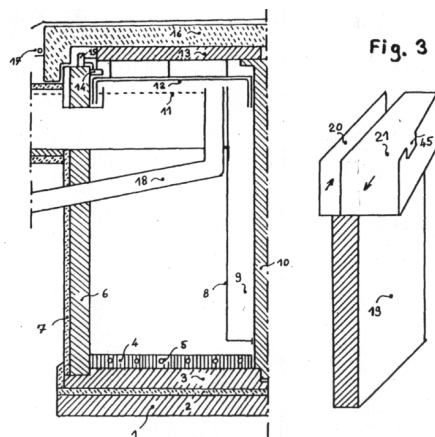


Рисунок 2.2. Канал входу в біогазогенератор

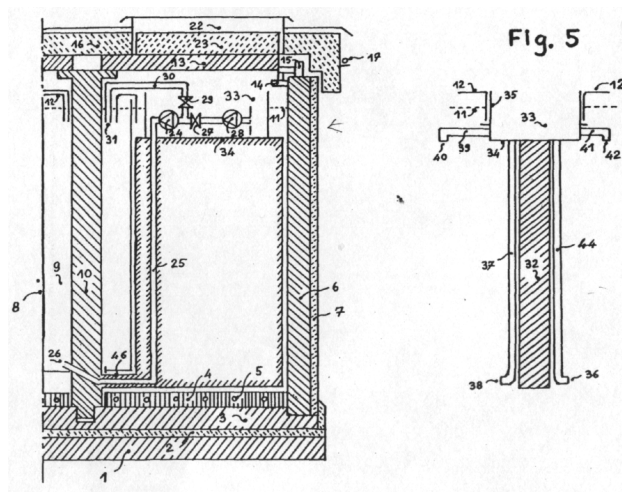


Рисунок 2.3 – Частковий вертикальний переріз

Рисунок 2.3 показує встановлений розподіл 19. Це встановлений розподіл 19 розташований по радіусу чана і повністю блокує взаємний переріз, визначений вгорі основою кінця 20 з вхідного каналу і початком основи 21 з

вихідного каналу, в основі підлогою з підігріванням 4, до зовнішньої сторони стіни і до внутрішньої частини стіни 8 первинним відділенням (елементи 4, 6, 8 і 9 показані на рисунку 2.2).

Сполучаюча гілка 46 твердо приєднується до підніжжя стіни, що рухається, і до підніжжя стовпа 10, що піддається обертанню. Для дозволу цього зв'язку і передачі обертального руху гілки 46, основа первинного відділення 9 має достатню відстань від підлоги з підігріванням 4. Насос подачі 24 направляє продукти з дна первинного відділення 9 або у верхню частину первинного відділення через вентиль 29 і трубу 30, яка виникає на 31, або через вентиль 27 в потік продуктів, переміщуваних рециркуляційним насосом 28.

Рухома стіна знаходиться нижче за корито 33, припиняється балкою 13. Рухома стіна жорстко сполучена з верхньою рухливою частиною зброджувача і вісь обертання рушійної стіни відповідає осі стовпа 10. Над коритом 33 є прямокутний отвір 22 (рисунок 2.4), що проходить через покриття і увесь шар ізолятора 16. Отвір 22 блокується змонтованою знімною кришкою 23.

Рушійна стіна 32 виконує взаємні кругові рухи, щоб охопити цілий об'єм чана поза первинним відділенням. Цей об'єм 43 (рисунок 2.6) розташований з обох боків встановленого розподілу 19 (рисунок 2.3). Корито 33 встановлено його стіною основи 34 і верхній частині рухомої стіни. Газгольдер 12 для збору біогазу натрапляє на стіни сторони 35 з корита. Труба всмоктування 37 розташована на одній стороні рухливої стіни 32 і переходить в 38 основу рухливої стіни. Інша труба всмоктування 44 знаходиться на іншій рухливій стіні, і її початок 36 в основі стіни. Труби постачання 39 і 41 розташовані з обох боків рухливої стіни і верхньої частини. Вони з'являються в 40 і 42 трохи нижче за рівень 11 з продукту. Коли рушійна стінка 32 рухається проти годинникової стрілки, продукти затягуються через отвір 38 рециркуляційним насосом 28 і зливаються згори через отвір 42. Коли рушійна стіна 32 рухається за напрямом годинникової стрілки продукти беруться цим же самим рециркуляційним насосом 28 через відкриття 36 і зливаються через 40.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Труба постачання 39 і її кінець 40 розташовані у такий спосіб, що у кінці відстані покриваємої рухомою стіною 32, вони проходять до початку 21 (рисунок 2.3) вихідного каналу, пройшовши через отвір 45 (рисунок 2.3, 2.5).

Рисунок 2.6 показує, що в зброджувачі вхідний канал 20 суміщений по усій своїй довжині з вихідним каналом 21.

Вхідний канал 20 входить в зброджувач через отвір, зроблений збоку стіни 6. Цей отвір має той же самий взаємний переріз, що і канал. Гранична частина вхідного каналу з'єднується з первинним відділенням 9 через отвір, має той же самий взаємний переріз, що і вхідний канал. Канал виходу 21 запуску в зброджувач має той же самий взаємний переріз, як і вхідний канал. Корито 33, його сторони стіни 35 і рушійну стіну, розташовану внизу, показали в довільному положенні.

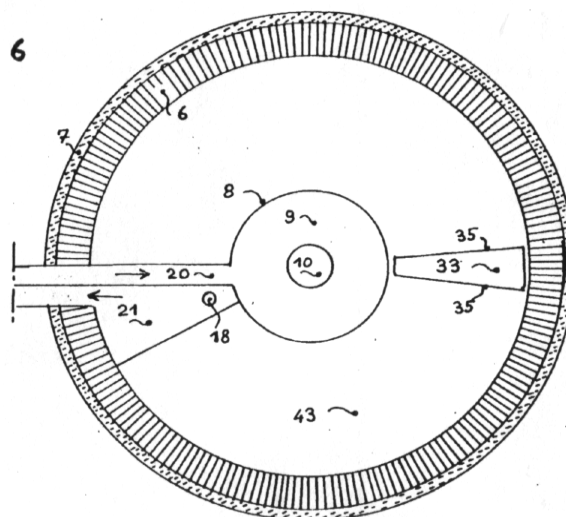


Рисунок 2.5. Горизонтальний переріз

Апарат, описаний вище, працює таким чином.

Свіжий продукт вводиться через вхідний канал 20. Цей канал подає відходи насосом, і виходячи за межі розташування на початку цього каналу, підтримує продукти на постійному рівні.

Поступаючі продукти знаходяться приблизно 36 годин в первинному відділенні 9, де вони піддаються реакціям кислотоутворення і деполімеризації.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Потім продукти беруться з дна первинного відділення подаючим насосом 24, який посипає їх до верхньої частини первинного відділення 9, щоб інокулювати продукти, які поступають рециркуляційним насосом 28.

Рушійна стіна 32 рухається в одному напрямі, а потім в іншому, по обох сторонах від фіксованої стіни 19. У течії цих переміщень охоплюється увесь об'єм вторинного відділення 43.

У течії цих рухів в кожному напрямі рециркуляційний насос засмоктує продукти перед рушійною стіною, біля основи цієї стіни і подає їх за цією ж самою стіною у верхню частину стіни, трохи нижче за загальний рівень продуктів 11.

Продуктивність рециркуляційного насоса 28 така, що кожен заданий період часу вона дорівнює об'єму, описаному рушійною стіною 32 на однаковий період часу.

Коли рушійна стіна 32 підходить до фіксованої стіни 19 на тій же стороні, що і початок 21 вихідного каналу, кінець 40 труб 39 проходить над початком вихідного каналу 21 на основі отвору 45.

У цей момент рециркуляційний насос 28, засмоктує в 38, через трубу 37, а подає на ту ж сторону в трубу 39, що робить можливим послати у вихідний канал шлам, які зібрався перед рушійною стіною 32.

Коли рушійна стіна 32 підходить до вихідного каналу 21, подаючий насос 24 зупиняється, таким чином продукти, що не перебродили, видаляються з реактора. Продукти залишають зброджувач, проходячи через вихідний канал 21.

Цей канал закінчується в відділенні, що виходить за межі, який таким чином автоматично підтримує продукти на такому ж самому постійному рівні в каналі виходу і у вторинному відділенні. Продукти нагріваються і підтримуються при температурі зброджування, нагріваються за допомогою підлоги 4.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Біогаз збирається на поверхні продукту за допомогою гнучкого танка 12, краї якого занурені в продукти, таким чином гарантуючи гідравлічну пломбу. Біогаз залишає зброджувач через трубу 18.

Привід через ланцюг 17 за допомогою системи приводу, в одну або іншу сторону, обертає усю верхню частину, центральну колону підтримки 10 і рушійну стіну 32.

Перевагою винаходу є повне зникнення проблем, представлених корковиникненням, осадженням осаду і регулярне гомогенне забезпечення і поживні речовини в усьому об'ємі продукту, яка є дуже важливим чинником в термінах ефективності і яка дозволяє добре використання потенціалу сировини під час ферментації.

2.4 Модифікація прототипу

У даному дипломному проєкті ми модифікували прототип американського патенту для більшої ефективності процесу отримання біогазу.

Для підтримки біомаси на мезофільному рівні температур, після попереднього часткового проходження кислотної стадії до утворення молочної кислоти певної концентрації природним шляхом, рослинна сировина подаватиметься в мішалку – систему підготовки субстрату, де відбуватиметься його подрібнення, а також подаватиметься гаряча вода для створення сприятливого середовища для живлення метаногенних бактерій. Після чого вже зріджений субстрат поступає в реактор для подальшого процесу метаногенезу. Таким чином підлогу з підігріванням 4, в якій є проходи для проходження нагрівальних труб 5, ми прибираємо.

Для подачі свіжої біомаси і відкачування шламу, що не перебродив, ми встановили два насоси біля основи стіни. Рослинний субстрат насосом подаватиметься до завантажувального лотка, з якого він буде самовільно перерозподілятися по внутрішньому відділенню реактора. Первинне відділення 9 ми також прибираємо.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Центральний стовп підтримки 10 обертатися не буде. Балки підтримки 13 кріпляться одним своїм кінцем до втулки, нанизаної на стовп, а другим – роликами до стіни реактора.

Для обертання верхньої частини реактора на кінці балки приварюються зубці для зубчастої передачі. На рівні верхньої частини реактора встановлюється майданчик для обслуговування, на якому розташовується привід, який за допомогою зубчастої передачі обертатиме кришку реактора та рушійну стіну 32, прикріплену до кришки за допомогою стержнів. До цього майданчика ведуть сходи.

Також ми прибираємо сполучаючу гілку 46, що приєднується для руху рушійної стіни 32, на якій розташований лоток 33. А також насос 24, вентиль 29, трубу 30. Лоток 33 ми кріпимо до двох балок, які обертаються. Насос, розміщений у лотку 33, за допомогою трубопроводів перед стінкою знизу всмоктує субстрат і за стінкою його зливає, створюючи таким чином безперервне відкачування осаду.

Повний цикл завершуватиметься відкачкою зливної біомаси і одночасною подачею свіжої біомаси.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНОК БІОГАЗОГЕНЕРАТОРА ТА ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСІВ

3.1 Вихідні дані

Посівний матеріал: кукурудза, солодке сорго та цукровий буряк

Зведений коефіцієнт середньої енергетичної потужності $A_{pn} = 1,61 \text{ Вт/м}^2$

Посівна площа 63 га.

63 га розділені на три поля, по 21 га у кожному.

На кожному полі вирощуємо культуру і з урахуванням сівозміни чергуємо їх по полям і щорічно.

Середня врожайність біомаси 120 т/га, 2520 т з поля щорічно.

$\frac{1}{4}$ врожаю зеленої маси влітку направляємо прямо в бункер – перемішувач, $\frac{3}{4}$ об'єму в силосну яму.

Запас біомаси в силосній ямі на 1 рік.

Використання електроенергії в місяць 130 – 140 кВт.

Схема запропонованого технологічного процесу отримання біогазу показана на рис. 3.1.

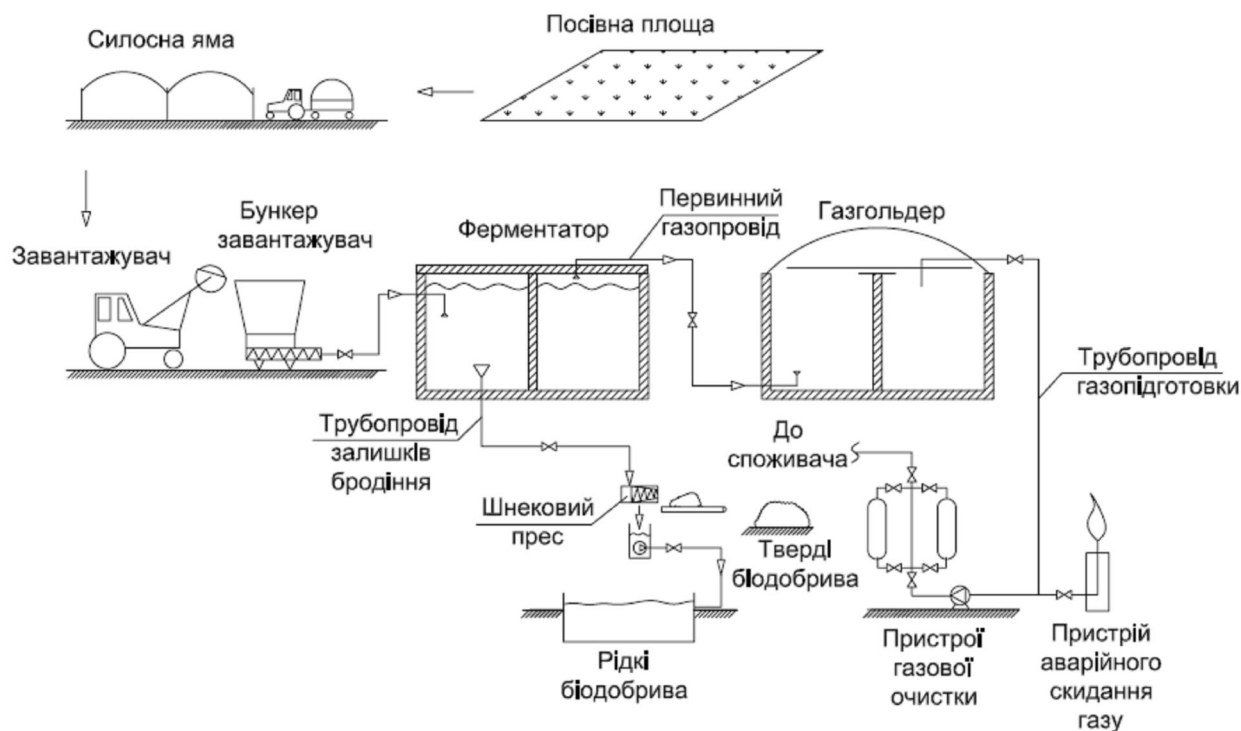


Рисунок 3.1. Схема технологічного процесу отримання біогазу

Біомаса з посівних площ переважно спрямовується у силосну яму для зберігання і використання протягом року в періоди, коли інтенсивність фотосинтезу на полях не забезпечує необхідної кількості сировини. З силосної ями біомаса подається до бункера-змішувача за допомогою тракторних навантажувачів. У бункері біомаса подрібнюється та змішується у разі потреби зі свіжою біомасою. Далі підготовлена біомаса спрямовується до біогазогенератора, де перетворюється у біогаз та відпрацьований субстрат. Біогаз з ферментатора по трубопроводам потрапляє у газгольдер мембранного типу, що розрахований для зберігання необхідної кількості біогазу (10-добова продукція установки). З газгольдера біогаз розподіляється між споживачами за потребою. Для найбільш вимогливих до якості пального споживачів (наприклад, двигуни внутрішнього згоряння) передбачена станція очистки біогазу від зайвих та шкідливих домішок, таких як сірководень, аміак та вода. Відпрацьований субстрат сепарується на шнековому пристрої на рідку і тверду фракції і може безпосередньо бути застосованим як високоякісне органічне добриво, або зберігатися у відповідних ємностях до часу використання.

3.2 Конструкторський розрахунок

Добовий вихід біомаси з реактору:

$$M = n \cdot c, \quad (3.1)$$

де n – кількість поступаючої в реактор сировини;

c – процентний вміст сухої органічної речовини в рослинній біомасі.

$$M = 60 \cdot 0,2 = 12,08 \text{ м}^3/\text{доб. СОВ}$$

З урахуванням 10% концентрації розчину вихід складатиме:

$$M = \frac{12,08}{0,1} = 120,8 \text{ м}^3/\text{доб} \quad (3.2)$$

Визначаємо час обороту реактору:

$$\Theta = \left(\frac{k}{1-n} + 1 - k \right) / \mu, \quad (3.3)$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де μ – специфічна швидкість росту організмів;

k – кінетичний параметр, який характеризує процес збродження;

$n = (B/B_0)$ – відношення продукції CH_4 до граничної продукції CH_4 .

$$\mu = 0,013T - 0,129, \quad (3.4)$$

де T – температура процесу, $^{\circ}C$.

$$\mu = 0,013 \cdot 35 - 0,129 = 0,326 \text{ доб}^{-1}$$

$$\Theta = \left(\frac{1}{1-0,9} - 1 + 1 \right) / 0,326 = 30 \text{ діб}$$

Тоді об'єм реактору становить:

$$V_p = \Theta \cdot M \quad (3.5)$$

$$V_p = 30 \cdot 120,8 = 3624 \text{ м}^3$$

Приймаємо чотири реактори по $V_p = 900 \text{ м}^3$ кожен.

Визначаємо об'єм ями для збору біомаси: прийmemo об'єм ями рівним об'єму поступаючої сировини, маємо $V_{\text{я}} = 63000 \text{ м}^3$.

Запас біомаси в ямі на один рік.

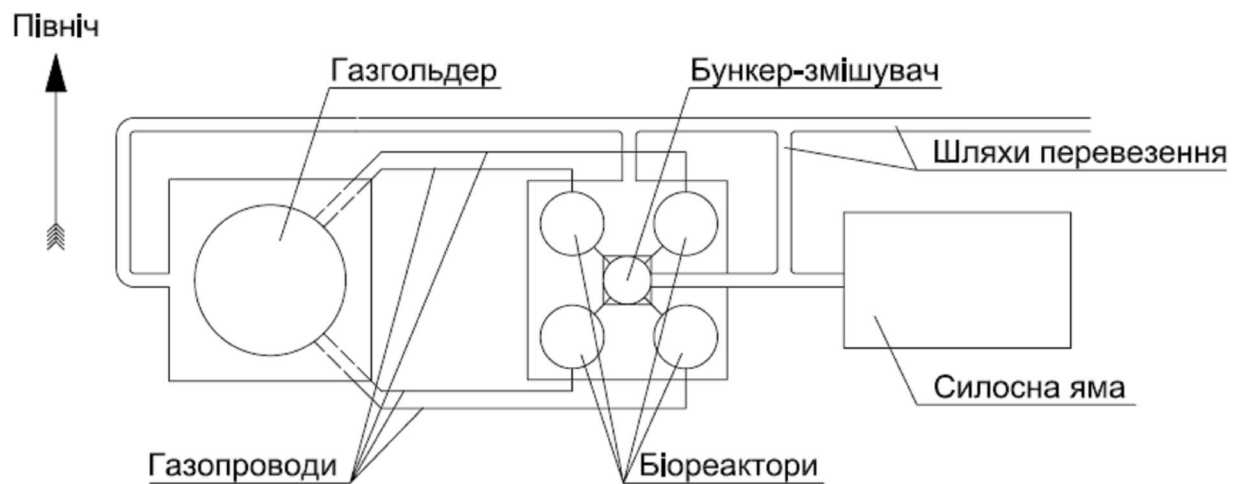


Рисунок 3.2. План розташування біогазової установки на місцевості

Згідно з отриманими результатами можна запропонувати наступний план розташування біогазоаої установки (Рис. 3.2). Чотири однотипних біогазогенератори розміщені у центрі площадки навколо бункера-змішувача. Ця

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

група пристроїв розташована неподалік від силосної ями з запасом біомаси. З іншого боку від силосної ями і реакторів розташований двохмембранний газгольдер, до якого приєднані газопроводи від біогазогенераторів і магістральний газопровід до споживачів.



Рисунок 3.3. Двохмембранний газгольдер біогазової установки

Добовий вихід біогазу з кожного реактору:

$$G_{\text{б}} = \frac{0,35 \cdot 0,9 \cdot 12,08 \cdot 1000}{4} = 952 \text{ м}^3/\text{доб} \quad (3.6)$$

де $0,31 - 0,35 \text{ м}^3$ –добове виробництво біогазу з 1 кг СОВ [80];
90% зброджування органічних речовин.

Визначаємо потужність всієї установки:

$$N = G_{\text{б}} \cdot Q, \quad (3.7)$$

де Q – теплотворна здатність біогазу, МДж/м³.

$$N = \frac{952 \cdot 4 \cdot 22,7}{3600 \cdot 24} = 1 \text{ МВт}$$

Розрахуємо габарити біореактору:

Об'єм циліндру:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H \quad (3.8)$$

Приймаємо $R=H$, тоді $V=\pi \cdot H^3$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Звідси знаходимо висоту реактору:

$$H = 3\sqrt{\frac{V}{\pi}} \quad (3.9)$$

$$H = 3\sqrt{\frac{900}{3,14}} = 6,59 \text{ м}$$

Знайшовши висоту, розрахуємо діаметр конструкції:

$$D = 2H = 2 \cdot 6,59 = 13,18 \text{ м} \quad (3.10)$$

Для того, щоб верхня частина проектного реактора оберталася, нам будуть потрібні ролики. Встановимо по одному ролику на кожні два метри довжини кола.

Знаходимо довжину кола кришки:

$$l = 2\pi \cdot R \quad (3.11)$$

$$l = 2 \cdot 3,14 \cdot 6,59 = 41,39 \text{ м}$$

Визначаємо кількість балок, які кріпляться до стінки реактора роликами і за їх допомогою обертаються:

$$n_p = l / l_o \quad (3.12)$$

$$n_p = 41,39 / 2 = 20,69$$

Приймаємо кількість балок $n_p = 21$.

Знаходимо кількість шпильок, необхідних для закріплення кришки до балок. Для цього розташовуємо по одній шпильці на кожні 50 см довжини балки.

$$l_{\sigma} = (n_p \cdot R) / 0,5 \quad (3.13)$$

$$l_{\sigma} = (21 \cdot 6,59) / 0,5 = 280$$

3.3 Розрахунок на міцність.

Схематичне зображення стінки резервуару наведено на рис. 3.4.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

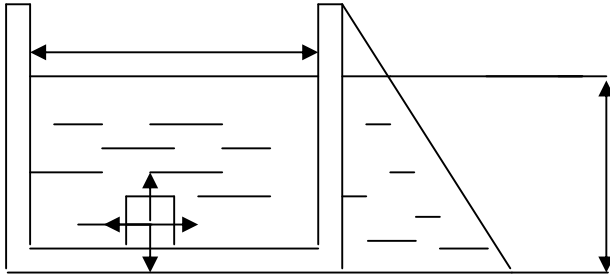


Рисунок 3.4 – схематичне зображення стінки реактору

Для визначення товщини стінки реактору використовуємо рівняння Лапласа:

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_n}{\rho_n} = \frac{P}{\delta} \quad (3.14)$$

Так як $\rho_m = \infty$, а $\rho_n = R$, то:

$$\sigma_n = \frac{P \cdot \rho}{\delta} = \frac{\gamma \cdot (H - y) \cdot R}{\delta} \quad (3.15)$$

Максимальна напруга виникає на дні резервуару, тобто коли $y=0$. Тоді:

$$\frac{\gamma \cdot H \cdot R}{\delta} \leq [\sigma_{\max}]$$

Для розрахунку приймаємо:

$$[\sigma_{\max}] = 1 \text{ кГс/см}^2 = 9,0867 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

$$\delta = \frac{\gamma \cdot R \cdot H}{[\sigma_{\max}]} \quad (3.16)$$

Товщина стінки:

$$\delta = \frac{998 \cdot 9,81 \cdot 6,59 \cdot 6,59}{9,8067 \cdot 10^6} = 0,05 \text{ м}$$

Для розрахунку величину товщини стінки приймаємо з деяким запасом рівній 0,15 метра.

3.4 Підбір насосів

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Для подачі свіжої біомаси та відкачування шламу використовуємо два насоса типа СМ, які призначені для відкачування фекальних вод. [87]

За розходом $G=79,2 \text{ м}^3/\text{год}$ визначаємо основні технічні характеристики насосу.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики підібраного насосу

Типорозмір насосного агрегату	Параметри насосу		Параметри електродвигуна			Маса, кг
	Подача, $\text{м}^3/\text{ч}$	Напір, м	Тип двигуна	Частота обертання, об/хв	Потужність двигуна, кВт	
СМ 125-80-315/4	80	32	АИР180 S4	1450	22	405

Структура умовного позначення:

СМ 125-80 – діаметр вхідного і вихідного патрубків насосу, мм;

315 – номінальний діаметр робочого колеса, мм;

4 – умовне позначення частоти обертання, об/хв.

Габаритні розміри: довжина $L=1440\text{мм}$, висота $H=170\text{мм}$, ширина $B=400 \text{ мм}$.

3.5 Тепловий розрахунок

3.5.1 Розрахунок тепла, одержуваного від перетворення кислот в метан

Основна реакція:



По даній реакції відбувається утворення 72% CH_4 від загально утвореної його кількості.

Мінімальний енергетичний вихід метаногенних реакцій отримається, якщо вважати, що всі 100% CH_4 виходить з оцтової кислоти.

Потенціальне отримання біогазу $952 \text{ м}^3/\text{доб}$, тоді при вмісті 62% CH_4 в біогазі, маємо:

$$\dot{V} = 0,62 * 952 = 736,6 \text{ м}^3/\text{доб}$$

За рівнянням стану ідеального газу:

$$P * \dot{V} = \frac{m}{\mu} * R * T = \nu * R * T,$$

де $P = 1 \text{ атм}$,

$T = 0^\circ\text{C}$

$$\nu = \frac{P * \dot{V}}{R * T} \quad (3.17)$$

Так як $\dot{V} = 736,6 \text{ м}^3/\text{доб}$, то:

$$\nu = \frac{760 * 133,322 * 736,6}{8314,41 * 273,15} = 32,86 \text{ кмоль/доб.}$$

$$\dot{\nu} [\text{кмоль/с}] = \frac{32,86}{24 * 3600} = 0,38 * 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

Енергетичний вихід реакції за одиницю часу:

$$Q_p = \Delta G \cdot \dot{\nu} \quad (3.18)$$

Для $\dot{\nu} = 0,38 \text{ моль/с}$:

$$Q_p = 31 * 0,38 = 11,79 \text{ кВт.}$$

Для подальшого розрахунку приймаємо $Q_p = 12 \text{ кВт.}$

3.5.2 Втрати з реактора в навколишнє середовище (щомісячні)

Вихідні дані:

$$t_{\text{ст}} = 35^\circ\text{C}$$

$$\delta_{\text{ст}} = 0,15\text{м}$$

$$\delta_{\text{из}} = 0,05\text{м}$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_{\text{из}} = 0,07 \text{ Вт/(м*К)}$$

$$\text{Pr}_{\text{ст}} = 0,700$$

$$\Delta t = t_{\text{ст}} - t_{\text{о.с}}$$

В якості ізолятору приймаємо скловату [80].

Таблиця 3.2 – середні температури регіону півдня України [80]

Місяць	Середня температура, °С
Січень	-2,5
Лютий	-1,7
Березень	2,2
Квітень	8,7
Травень	15,4
Червень	19,8
Липень	22,3
Серпень	21,5
Вересень	16,7
Жовтень	11
Листопад	5,1
Грудень	0,2

Січень.

$$t_{\text{о.с}} = -2,5^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,42 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м*К)}$$

$$\Delta t = 35 - (-2,5) = 37,5^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,708$$

$$\nu = 13,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\text{Pr}_{\text{ст}} = 0,700$$

$$Ra_{\text{жс}} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot \text{Pr}_{\text{жс}} \quad (3.19)$$

$$Ra_{\text{жс}} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(13,11 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + (-2,0)} \cdot 37 \cdot 0,708 = 2,78 \cdot 10^{12}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{жк})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жк}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,708}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0028$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (2,78 \cdot 10^{12})^{0,33} \cdot 1,0028 = 1923,25$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{жк} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.20)$$

$$\overline{\alpha} = 1923,25 \cdot \frac{2,42 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 3,62 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}} \right]^{-1} \quad (3.21)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{3,62} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,919 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.22)$$

де F – площа бокової поверхні біогазогенератора:

$$F = 2 \cdot H \cdot R \cdot \pi \quad (3.23)$$

$$F = 2 \cdot 3,14 \cdot 6,59^2 = 293 \text{ м}^2.$$

$$Q = 0,919 \cdot 37,5 \cdot 293 = 10,09 \text{ кВт}$$

Лютый.

$$t_{oc} = -1,7^\circ \text{C}$$

$$\lambda = 2,37 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\Delta t = 35 - (-1,7) = 36,7^\circ \text{C}$$

$$Pr = 0,708$$

$$\nu = 12,57 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ст} = 0,700$$

$$Ra_{жк} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{жк} \quad (3.24)$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$Ra_{жс} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(12,57 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + (-1,7)} \cdot 36,7 \cdot 0,708 = 1,902 \cdot 10^{12}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{жс})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,708}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0028$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (1,902 \cdot 10^{12})^{0,33} \cdot 1,0028 = 1043,72$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.25)$$

$$\overline{\alpha} = 1043,72 \cdot \frac{2,37 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 3,62 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}} \right]^{-1} \quad (3.26)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{3,62} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,919 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.27)$$

$$Q = 0,919 \cdot 36,7 \cdot 293 = 9,88 \text{ кВт}$$

Березень.

$$t_{oc} = 2,2^\circ \text{C}$$

$$\lambda = 2,455 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\Delta t = 35 - 2,2 = 32,8^\circ \text{C}$$

$$Pr = 0,7064$$

$$\nu = 13,47 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ст} = 0,700$$

$$Ra_{\alpha} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{\alpha} \quad (3.28)$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$Ra_{жс} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(13,47 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 2,2} \cdot 32,8 \cdot 0,7064 = 1,45 \cdot 10^{12}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{жс})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,7064}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0023$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (1,45 \cdot 10^{12})^{0,33} \cdot 1,0023 = 952,54$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.29)$$

$$\overline{\alpha} = 952,54 \cdot \frac{2,455 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 3,42 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}} \right]^{-1} \quad (3.30)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{3,42} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,906 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.31)$$

де F – площа бокової поверхні біогазогенератору.

$$Q = 0,906 \cdot 32,8 \cdot 293 = 8,705 \text{ кВт}$$

Квітень.

$$t_{oc} = 8,7^\circ \text{C}$$

$$\lambda = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$\Delta t = 35 - 8,7 = 26,3^\circ \text{C}$$

$$Pr = 0,705$$

$$v = 14,04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ст} = 0,700$$

$$Ra_{жс} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{жс} \quad (3.32)$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$Ra_{жс} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(14,04 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 8,7} \cdot 26,3 \cdot 0,705 = 9,82 \cdot 10^{11}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{жс})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,705}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0018$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (9,82 \cdot 10^{11})^{0,33} \cdot 1,0018 = 837,35$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.33)$$

$$\overline{\alpha} = 837,35 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 3,06 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}} \right]^{-1} \quad (3.34)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{3,06} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,878 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.35)$$

$$Q = 26,3 \cdot 0,878 \cdot 293 = 6,76 \text{ кВт}$$

Травень

$$t_{oc} = 15,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,55 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}$$

$$\Delta t = 35 - 15,4 = 19,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,7037$$

$$\nu = 14,646 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ст} = 0,700$$

$$Ra_{жс} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{жс} \quad (3.36)$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

$$Ra_{жс} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(14,646 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 15,4} \cdot 19,6 \cdot 0,7037 = 6,97 \cdot 10^{11}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{жс})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,7037}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0013$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (6,97 \cdot 10^{11})^{0,33} \cdot 1,0013 = 747,52$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.37)$$

$$\overline{\alpha} = 747,52 \cdot \frac{2,55 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 2,79 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}} \right]^{-1} \quad (3.38)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{2,79} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,855 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.39)$$

$$Q = 19,6 \cdot 0,855 \cdot 293 = 4,91 \text{ кВт}$$

Червень.

$$t_{oc} = 19,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,59 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\Delta t = 35 - 19,8 = 15,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,703$$

$$\nu = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ст} = 0,700$$

$$Ra_{жс} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{жс} \quad (3.40)$$

$$Ra_{жс} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(15,06 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 19,8} \cdot 15,2 \cdot 0,703 = 5,029 \cdot 10^{11}$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{жс})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,703}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0011$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (5,029 \cdot 10^{11})^{0,33} \cdot 1,0011 = 670,91$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.41)$$

$$\overline{\alpha} = 670,91 \cdot \frac{2,59 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 2,54 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}} \right]^{-1} \quad (3.42)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{2,54} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,830 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.43)$$

$$Q = 0,83 \cdot 15,2 \cdot 293 = 3,69 \text{ кВт}$$

Липень.

$$t_{oc} = 22,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,608 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\Delta t = 35 - 22,3 = 12,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,7027$$

$$v = 15,27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ст} = 0,700$$

$$Ra_{ae} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{ae} \quad (3.44)$$

$$Ra_{ae} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(15,27 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 22,3} \cdot 12,7 \cdot 0,7027 = 4,18 \cdot 10^{11}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{ae})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,7027}{0,700} \right)^{0,25} = 1,00096$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (4,18 \cdot 10^{11})^{0,33} \cdot 1,00096 = 631,11$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.45)$$

$$\overline{\alpha} = 631,11 \cdot \frac{2,608 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 2,41 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}} \right]^{-1} \quad (3.46)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{2,41} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,815 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.47)$$

$$Q = 12,7 \cdot 0,815 \cdot 293 = 3,03 \text{ кВт}$$

Серпень.

$$t_{oc} = 21,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,602 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\Delta t = 35 - 21,5 = 13,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,7027$$

$$\nu = 15,201 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ст} = 0,700$$

$$Ra_{\omega} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{\omega} \quad (3.48)$$

$$Ra_{\omega} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(15,201 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 21,5} \cdot 13,5 \cdot 0,7027 = 4,34 \cdot 10^{11}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{\omega})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,7027}{0,700} \right)^{0,25} = 1,00096$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (4,34 \cdot 10^{11})^{0,33} \cdot 1,00096 = 638,39$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\bar{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.49)$$

$$\bar{\alpha} = 638,39 \cdot \frac{2,602 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 2,43 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{уз}}{\lambda_{уз}} \right]^{-1} \quad (3.50)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{2,43} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,818 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.51)$$

$$Q = 13,5 \cdot 0,818 \cdot 293 = 3,23 \text{ кВт}$$

Вересень.

$$t_{oc} = 16,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,564 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$$\Delta t = 35 - 16,7 = 18,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,7037$$

$$\nu = 14,763 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ст} = 0,700$$

$$Ra_{ae} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{ae} \quad (3.52)$$

$$Ra_{ae} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(14,763 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 16,7} \cdot 18,3 \cdot 0,7037 = 6,36 \cdot 10^{11}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{жс})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,7037}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0013$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (6,36 \cdot 10^{11})^{0,33} \cdot 1,0013 = 725,4$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\bar{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{см}}{H} \quad (3.53)$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\bar{\alpha} = 725,4 \cdot \frac{2,564 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 2,72 \text{ Вт/(м}^2\text{*К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{uz}}{\lambda_{uz}} \right]^{-1} \quad (3.54)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{2,72} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,848 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.55)$$

$$Q = 18,3 \cdot 0,848 \cdot 293 = 4,55 \text{ кВт}$$

Жовтень.

$$t_{oc} = 11 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,51 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м*К)}$$

$$\Delta t = 35 - 11 = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,705$$

$$\nu = 14,16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ct} = 0,700$$

$$Ra_{\alpha} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{\alpha} \quad (3.56)$$

$$Ra_{\alpha} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(14,16 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 11} \cdot 24 \cdot 0,705 = 9,287 \cdot 10^{11}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{\alpha})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ct}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,705}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0018$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (9,287 \cdot 10^{11})^{0,33} \cdot 1,0018 = 822$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\bar{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{cm}}{H} \quad (3.57)$$

$$\bar{\alpha} = 822 \cdot \frac{2,51 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 3,02 \text{ Вт/(м}^2\text{*К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$k = \left[\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{uz}}{\lambda_{uz}} \right]^{-1} \quad (3.58)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{3,02} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,875 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.59)$$

$$Q = 24 \cdot 0,875 \cdot 293 = 6,15 \text{ кВт}$$

Листопад.

$$t_{oc} = 5,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,475 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$$

$$\Delta t = 35 - 5,1 = 29,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,7065$$

$$\nu = 13,72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ct} = 0,700$$

$$Ra_{ae} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{ae} \quad (3.60)$$

$$Ra_{ae} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(13,72 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 5,1} \cdot 29,9 \cdot 0,7065 = 1,26 \cdot 10^{12}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{ae})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ct}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,7065}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0023$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (1,26 \cdot 10^{12})^{0,33} \cdot 1,0023 = 909,48$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda_{cm}}{H} \quad (3.61)$$

$$\overline{\alpha} = 909,48 \cdot \frac{2,475 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 3,29 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{K)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{uz}}{\lambda_{uz}} \right]^{-1} \quad (3.62)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{3,29} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,896 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.63)$$

$$Q = 29,9 \cdot 0,896 \cdot 293 = 7,49 \text{ кВт}$$

Грудень.

$$t_{oc} = 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2,44 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{K)}$$

$$\Delta t = 35 - 0,2 = 34,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,707$$

$$\nu = 13,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr_{ct} = 0,700$$

$$Ra_{\alpha} = \frac{g \cdot H^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot t \cdot Pr_{\alpha} \quad (3.64)$$

$$Ra_{\alpha} = \frac{9,81 \cdot 6,59^3}{(13,28 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{1}{273,15 + 0,2} \cdot 34,8 \cdot 0,707 = 1,598 \cdot 10^{12}$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (Ra_{\alpha})^{0,25} \cdot \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{\alpha}}{Pr_{ct}} \right)^{0,25}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{0,707}{0,700} \right)^{0,25} = 1,0025$$

$$\overline{Nu} = 0,15 \cdot (1,598 \cdot 10^{12})^{0,33} \cdot 1,0025 = 983,93$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\overline{\alpha} = \overline{Nu}_{\alpha} \cdot \frac{\lambda_{cm}}{H} \quad (3.65)$$

$$\overline{\alpha} = 983,93 \cdot \frac{2,44 \cdot 10^{-2}}{6,59} = 3,15 \text{ Вт/(м}^2\text{*K)}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \left[\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{uz}}{\lambda_{uz}} \right]^{-1} \quad (3.66)$$

$$k = \left[\frac{0,15}{1,55} + \frac{1}{3,15} + \frac{0,05}{0,07} \right]^{-1} = 0,88 \text{ Вт/м}^2$$

Величина втрат в навколишнє середовище:

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

$$Q=k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.67)$$

$$Q=0,88 \cdot 34,8 \cdot 293=8,97 \text{ кВт}$$

Сумарні втрати з реактору в навколишнє середовище (по місяцях):

$$Q_{\text{пот}} = 10,09 + 9,88 + 8,705 + 6,76 + 4,91 + 3,69 + 3,03 + 3,23 + 4,55 + 6,15 + 7,49 + 8,97 = 77,45 \text{ кВт.}$$

3.5.2 Розрахунок втрат на підігрів біомаси на вході в реактор

$$Q=G \cdot c_p \cdot \Delta t, \quad (3.68)$$

де $\Delta t = 35^\circ\text{C}$

$$c_p = 4,18 \text{ кДж/кг}$$

$$G = \frac{V}{\Theta},$$

$$G = \frac{3624}{30 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,76 \text{ кг/с} \quad (3.69)$$

Тоді для січня:

$$Q=1,76 \cdot (35 - (-2,5)) \cdot 4,18 = 275,88 \text{ кВт,}$$

А для липня:

$$Q=1,76 \cdot (35 - 22,3) \cdot 4,18 = 93,43 \text{ кВт.}$$

3.6 Тепловий баланс установки

Складемо тепловий баланс установки:

$$N_p = Q_{\text{пот}} + Q_r + Q - N_{\text{уст}} \quad (3.70)$$

де Q_r – внутрішнє джерело тепла (теплота реакції), кВт;

$Q_{\text{пот}}$ – втрати в навколишнє середовище (щомісячні), кВт;

Q – втрати на підігрів біомаси на вході в реактор, кВт;

$N_{\text{уст.}}$ – встановлена потужність установки, кВт.

Для січня продуктивність установки становить:

$$N_p = 1260 - 10,09 - 257,88 + 20 = 1012 \text{ кВт}$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{уст} = 120000 / (30 \cdot 24) = 166,66 \text{ кВт}$$

Кількість енергії, яку можна віддати користувачу:

$$N_{п} = \eta \cdot N_p - N_{уст} = 1012 \cdot 0,3 - 166,66 = 136,94 \text{ кВт.}$$

Для липня:

$$N_p = 1260 - 3,03 - 93,43 + 20 = 1183,5 \text{ кВт}$$

$$N_{уст} = 140000 / (30 \cdot 24) = 194,4 \text{ кВт}$$

Кількість енергії, яку можна віддати користувачу:

$$N_{п} = 1183,5 \cdot 0,3 - 194,4 = 160,65 \text{ кВт.}$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА

Основні способи захисту населення. Порядок забезпечення засобами індивідуального захисту і правила користування ними

4.1 Вступ

Організаційні та правові основи захисту громадян України, об'єктів виробничого та соціального призначення, довкілля від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру визначаються Законом України “Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру”, виданий Президентом України 8 червня 2000 року.

Згідно цього Закону, захист населення і територій від НС техногенного та природного характеру здійснюється на принципах:

- пріоритетності завдань, спрямованих на рятування життя та збереження здоров'я людей і довкілля;
- безумовного надання переваги раціональній та превентивній безпеці;
- вільного доступу населення до інформації щодо захисту населення і територій від НС техногенного та природного характеру;
- особистої відповідальності та піклування громадян про власну безпеку, неухильного дотримання ними правил поведінки та дій у НС техногенного та природного характеру;
- відповідальність у межах своїх повноважень посадових осіб за дотримання вимог цього Закону;
- обов'язковості завчасної реалізації заходів, спрямованих на запобігання виникненню НС техногенного та природного характеру та мінімізацію їх негативних психосоціальних наслідків;
- урахування економічних, природних та інших особливостей територій і ступеня реальної небезпеки виникнення НС техногенного та природного характеру;

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– максимально можливого, ефективного і комплексного використання наявних сил і засобів, які призначені для запобігання НС техногенного та природного характеру і реагування на них.

4.2 Основні способи захисту населення

З метою ефективної реалізації завдань цивільного захисту, центральні і місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підлеглі їм сили і засоби, підприємства, установи і організації незалежно від форм власності, здійснюють наступні заходи:

- Оповіщення та інформування;
- Спостереження і лабораторний контроль;
- Укриття в захисних спорудах;
- Здійснення заходів щодо евакуації населення;
- Інженерний захист території;
- Медичний захист населення;
- Психологічний захист;
- Біологічний захист;
- Радіаційний і хімічний захист.

Для захисту населення в умовах надзвичайних ситуацій передбачається:

- Укриття в захисних спорудах близько станцій(пунктів) посадки(висадки) та уздовж маршрутів евакуації пішим порядком;
- Забезпечення населення засобами індивідуального захисту;
- Ведення радіаційної і хімічної розвідки;
- Своєчасне доведення до населення сигналів управління і оповіщення;
- Організація дозиметричного, хімічного і бактеріологічного контролю, санітарної обробки та знезараження.
-

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Призначення і класифікація засобів індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту призначені для захисту людини від попадання всередину організму, на шкірні покриви і повсякденний одяг РР, ОР і БЗ. В умовах виникнення надзвичайних ситуацій ніякі захисні заходи ЦО не виключають необхідності застосування ЗІЗ населенням країни; при необхідності вони можуть бути використані людьми навіть при знаходженні у сховищах і ПРУ.

За своїм призначенням ЗІЗ поділяються на:

- засоби захисту органів дихання, очей і шкіри людини;
- засоби захисту шкіри.

За способом контакту людини із зовнішнім середовищем ЗІЗ діляться на ізолюючі та фільтруючі.

4.4 Правила користування засобами індивідуального захисту

Вміле і своєчасне застосування засобів індивідуального захисту дає можливість повністю уникнути ураження населення хімічною і біологічною зброєю, послабити дію світлового випромінювання ядерного вибуху і уникнути ураження радіоактивним порошком.

4.2.3.1 Засоби захисту органів дихання

Фільтруючі протигази призначені для захисту органів дихання, очей і обличчя від отруйних речовин, радіоактивних речовин, аерозолів, біологічних засобів і гарантують відносно безпечне перебування на зараженій місцевості при умові їх правильного підбору. Фільтруючі протигази є основним засобом індивідуального захисту населення. Принцип захисної дії фільтруючих протигазів засновано на фільтрації (очищенні) повітря, яке вдихає людина. У системі ЦО найбільше використовуються респіратори Р-2. Респіратори призначені для захисту органів дихання від радіоактивного порошку і бактерійних

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аерозолів Р-2 являє собою фільтруючу півмаску, яка має два клапани вдихання і один клапан видихання, металевий носовий притискач і лямки для кріплення до голови. Респіратори Р-2 широко використовувались для захисту органів дихання від радіаційного пороку формуваннями ЦО при ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС. Для захисту органів дихання від радіоактивного пороку, біологічних аерозолів можуть використовуватись і промислові респіратори. Ватно-марлева пов'язка виготовляється самостійно із марлі довжиною 100 см і шириною 50 см. Марлю стелять на столі, посередині кладуть вату розміром 30 х 20 см, товщиною біля двох сантиметрів. Вільні кінці марлі загортають по всій довжині, з обох сторін закриваючи вату. Після цього на кінцях марлі роблять розрізи довжиною 30-35 см, які утворюють дві пари зав'язок. Накладають пов'язку на лице так, щоб був закритий низ підборіддя. Верхній край повинен закривати ніс і доходити до очних впадин. Нижні кінці зав'язуються на тім'ї, а верхні на потилиці за вухами. Респіратори, протипорохові тканинні маски і ватно-марлеві пов'язки від отруйних речовин не захищають.

На підприємствах, діяльність яких пов'язана з виробництвом, використанням і транспортуванням СДОР, при аваріях, стихійному лихові можливі випадки зараження великих територій високими концентраціями небезпечних речовин на довгий час. Все це створює великі труднощі при проведенні рятувальних і інших невідкладних робіт тому, що треба забезпечити надійний захист органів дихання людей, які працюють в осередку ураження. Використання протигазів фільтруючого типу, як цивільних так і виробничих, при високих концентраціях СДОР, а також при нестачі кисню недопустиме. У таких випадках використовують ізолюючі протигazi Ш-46м, ПП-4, Ш-5, які забезпечують захист органів дихання, очей, шкіри обличчя від будь-яких СДОР незалежно від особливостей і концентрації. Вони дозволяють працювати навіть там, де повністю відсутній кисень в повітрі.

4.2.3.2 Засоби захисту шкіри

Засоби захисту шкіри призначені для захисту всього тіла людини в умовах зараження місцевості отруйними речовинами, біологічними засобами,

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіоактивного зараження. Вони також використовуються при роботі з СДОР, при проведенні дегазаційних, дезінфекційних і дезактиваційних робіт.

Прості засоби захисту шкіри від отруйних речовин, біологічних аерозолів і радіоактивного зараження — це звичайна одежа і взуття. Плащі і накидки із прогумованої тканини, хлорвінілу, пальта із драпу, шкіри, грубого сукна добре захищають від радіоактивного порошу і біологічних засобів. До медичних засобів захисту від зброї масового ураження відносяться потиєнідемічні, санітарно-гігієнічні і спеціальні профілактичні. Всі вони проводяться з метою послаблення або запобігання ураженню людей.

4.2.3.3 Санітарно-гігієнічні засоби

Вони передбачають дотримання населенням правил особистої гігієни, підтримання санітарного стану, а також санітарний контроль за станом людей, джерел води і продовольчих продуктів. Спеціальні профілактичні засоби передбачають використання протирадіаційних препаратів, які підвищують стійкість людей до існуючих випромінювань антидотів, підвищуючих стійкість до дії ОР.

Широкого розповсюдження набули аптечка індивідуальна АІ-2, індивідуальний протихімічний пакет і пакет перев'язочний індивідуальний. Аптечка індивідуальна АІ-2 призначена для профілактики уражень людей ОР, радіоактивними та бактеріальними засобами. Аптечка містить набір медикаментозних засобів (антидот, радіопротектори), що запобігають або нейтралізують дію на організм людини іонізуючих випромінювань, ОР і біологічних засобів. Комплект препаратів покладений у пенали та розподілений по гніздах у пластмасовій коробочці. Після видачі аптечку необхідно носити при собі (можна носити у кишені).

Порядок забезпечення засобами індивідуального захисту.

Штаб ЦО об'єкту спільно із службами організовує накопичення, зберігання і підтримку в постійній технічній готовності засобів індивідуального захисту органів дихання, шкіри та медичних засобів. Зберігання засобів індивідуального захисту організується якомога ближче до робочих місць(у цехах, відділах,

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бюро). Якщо такої можливості немає, то ЗІЗ зберігають на складі(відокремлено на кожний цех чи відділ). У мирний час це майно періодично піддається лабораторному контролю. Забезпечуються ЗІЗ і медичними засобами в першу чергу особовий склад формувань ЦО, а також робочі і службовці, що продовжують роботу на об'єкті в умовах надзвичайних ситуацій. Особовий склад формувань, крім того, забезпечується респіраторами. Все непрацююче населення, не дивлячись на те, що воно забезпечується протигазами, повинне мати прості засоби захисту органів дихання - ватяно-марлеві пов'язки та протипильні тканинні маски, що виготовляються самостійно або місцевою промисловістю. Табельними засобами захисту шкіри забезпечуються тільки формування ЦО для ведення робіт в умовах зараження ОР, РР, БЗ та СДОР. Діти забезпечуються засобами захисту органів дихання. Видача ЗІЗ на об'єктах народного господарства проводиться по цехах і відділах при загрозі виникнення надзвичайної ситуації.

Населення, не зайняте у виробництві, одержує кошти захисту на приймальних пунктах в заміській зоні. Одночасно з видачею протигазів проводиться підгонка і перевірка їх технічного стану.

4.5. Висновки.

Захист населення планується і здійснюється диференційовано, залежно від економічного та природного характеру його розселення, виду, ступеня небезпеки, можливих надзвичайних ситуацій.

Усі заходи щодо життєзабезпечення населення готуються заздалегідь і здійснюються на підставі законів держави. При захисті населення використовують усі наявні засоби захисту (евакуацію із небезпечних районів, захисні споруди, індивідуальні засоби захисту). Громадяни повинні знати свої основні обов'язки щодо безпеки життєдіяльності, дотримуватись установлених правил поведінки під час надзвичайних ситуацій.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ охорони праці в дипломному проекті буде присвячений захисту від ураження електричним струмом, протипожежній безпеці, а також підбору системи освітлення та вентиляції.

5.1 Небезпечні речовини та фактори, присутні на об'єкті

В роботі біогазоустановки не застосовуються небезпечні для життя і здоров'я людей речовини, крім самого отриманого біогазу, що складається з 60-70% CH_4 . Метан (CH_4) – найпростіший вуглеводень; газ без кольору і запаху; легший за повітря. У зв'язку з тим, що біогазоустановка знаходиться на відкритій місцевості, необхідно передбачити огорожувальні конструкції і вжити заходів для того, щоб сторонні не могли потрапити на територію установки. Необхідно дотримуватись елементарних правил безпеки при роботі з газовим обладнанням. Небезпечним фактором є наявність електричного устаткування (компресорів для стиснення газу). Необхідно передбачити огорожі для електричного нагрівача і щита автоматики.

Небезпечними зонами є місця поблизу реактора, а також поблизу електричного і компресорного устаткування. Необхідно передбачити огорожі для недопущення попадання сторонніх осіб у вищевказані місця.

5.2 Охорона праці при експлуатації обладнання

Установку перед введенням в експлуатацію необхідно перевірити на наявність витоку. У цьому випадку важливо забезпечити безпеку знаходження обслуговуючого персоналу. Протягом сезону 1 раз на тиждень необхідно проводити перевірку трубопроводів, перекриття реактора, компресорів і резервуарів для зберігання газу.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Захист від ураження електричним струмом

5.4.1 Класифікація приміщення за ступенем безпеки ураження електричним струмом

Приміщення відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки. У зв'язку з тим, що електрообладнання знаходиться у недоступних місцях, то необхідно вжити таких заходів для забезпечення безпеки: забезпечити недоступність струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, шляхом їх подвійної ізоляції; використовувати захисне заземлення.

5.4.2 Розрахунок штучного захисного заземлення.

Завдання розрахунку штучного захисного заземлення – визначення основних параметрів штучного заземлення – число, розміри і порядок розміщення одиночних заземлювачів та заземлюючих провідників.

Вихідні дані: Питомий опір ґрунту ρ_{ϕ} : 30 Ом·м. [88]

Приймаємо в якості вертикального заземлювача сталеву трубу $d = 0.045$ м; горизонтального заземлювача - смугову сталь. Вибираємо систему розподілу в ряд:

$$t_0=0.5 \text{ м}, t=1.5 \text{ м}, l=2 \text{ м}, l'=4 \text{ м}.$$

Визначаємо розрахункове значення питомого опору ґрунту:

$$\rho_p = \rho_{\phi} \Psi, \quad (5.1)$$

де Ψ – кліматичний коефіцієнт, який враховує сезонні коливання (приймаємо $\Psi=1,1$); [88]

ρ_{ϕ} –питомий опір ґрунту.

$$\rho_p = 30 \cdot 1.1 = 33 \text{ (Ом.м)} \quad (5.2)$$

Розрахуємо опір одного вертикального заземлювача:

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_o = \frac{\rho_p}{2\pi l} \left[\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right], \quad (5.3)$$

$$R_o = \frac{33}{2 \cdot 3.14 \cdot 2} \left[\ln \frac{2 \cdot 2}{0.045} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1.5 + 2}{4 \cdot 1.5 - 2} \right] = 12.69 \quad (\text{Ом}) \quad (5.4)$$

Кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R_o}{R_{\text{трєб}}} \quad (\text{Ом}) \quad (5.5)$$

Де $R_{\text{трєб}}$ – необхідний опір заземлюючого пристрою, $R_{\text{трєб}} = 4 \text{ Ом}$;

$$n = \frac{12.69}{4} = 3.17 \quad (5.6)$$

Вибираємо зі стандартного ряду $n = 4$ шт.

Опір вертикального заземлювача:

$$R_{CB} = \frac{R_0}{n' \eta_B}, \quad (5.7)$$

R_0 – опір одного вертикального заземлювача;

η_B – коефіцієнт використання (приймаємо для $n = 4$ $\eta_B = 0.83$); [88]

$$R_{CB} = \frac{12.69}{4 \cdot 0.83} = 3.82 \quad (\text{Ом})$$

Визначаємо опір сполучної смуги (шини):

$$R_n = \frac{\rho_p}{2\pi L \eta_r} \ln \frac{2L^2}{bt_o}, \quad (5.8)$$

Де η_r – коефіцієнт використання (приймаємо $\eta_r = 0.89$); [89]

L – довжина смуги, м;

$$L = l'(n' - 1), \quad (5.9)$$

$$L = 4 \cdot (4 - 1) = 12 \quad (\text{м}).$$

$$R_n = \frac{33}{2 \cdot 3.14 \cdot 12 \cdot 0.89} \ln \frac{(12)^2}{0.045 \cdot 0.5} = 4.31 \quad (\text{Ом}).$$

Визначаємо загальний опір системи:

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$R_c = \frac{R_o \cdot R_n}{R_o + R_n}, \quad (5.10)$$

$$R_c = \frac{3.82 \cdot 4,31}{3.82 + 4,31} = 2,03 \text{ (Ом)}.$$

Згідно з вимогами ПУЕ в електричних мережах напругою до 1000 В, опір заземлюючої системи не повинен перевищувати 4 Ом. Виходячи з того, що розрахований опір системи складає $R_{\text{обц}} = 2,432$ Ом, можна зробити висновок про правильність розрахунку, так як розрахункове значення задовольняє умові.

5.5 Класифікація виробництв за категоріями вибухів, вибухопожежної та пожежної безпеки

Для оцінки пожежної небезпеки того чи іншого технологічного процесу необхідно знати, які вогненебезпечні речовини або суміші використовуються чи утворюються, або можуть утворюватися в процесі виробництва усередині технологічних апаратів, за яких умов і з яких причин вони можуть опинитися поза ними.

Біогазогенератор з оцінки пожежної небезпеки відповідно до СНіП 11-2-80 відноситься до категорії А, тому що присутні вибухонебезпечні та пожежонебезпечні горючі матеріали і речовини (перекриття реактора і газ). Всі матеріали знаходяться в холодному стані і не нагріваються до температури горіння. Категорія А характеризується наявністю горючих газів, рідин і зріджених газів.

Пожежна безпека може бути забезпечена заходами пожежної профілактики і активним пожежним захистом. Поняття пожежної профілактики включає комплекс заходів, необхідних для попередження виникнення пожежі або зменшення її наслідків. Для активного захисту використовують штучні вододжерела: відкриті (водойми) і закриті (резервуари). Розрахуємо обсяг недоторканного запасу води:

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_B = \frac{k \cdot g \cdot n \cdot \tau \cdot 3600}{1000}, \quad (5.11)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k = 1,1 \dots 1,2$;

g – витрата води на зовнішнє пожежогасіння (вибирається в залежності від категорії та ступеня пожежонебезпеки);

n – кількість пожеж, шт,

τ – тривалість гасіння пожежі, годин.

Для промислових підприємств розрахункову витрату води на зовнішнє пожежогасіння визначають за нормами залежно від ступеня вогнестійкості та обсягу будинку, а також від категорії виробництва по пожежній небезпеці. При площі території до 30 га можлива одна пожежа. При ступені вогнестійкості I і II з будівлями Г і Д категорій розрахункову тривалість гасіння пожежі слід приймати дві години. В інших випадках три години. Виходячи з вище сказаного при I ступені вогнестійкості і категорії А, Б та В, витрата води на зовнішнє пожежогасіння g 15 л / с, так як територія будинку не перевищує 150 га, то кількість пожеж $n = 1$ шт. Продуктивність гасіння при А, Б та В категорії і I ступені вогнестійкості становить три години.

Коефіцієнт запасу приймаємо рівним 1,2. [89]

$$V_B = \frac{1,2 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 194,4 \text{ (м}^3\text{)}$$

Максимальний термін відновлення недоторканого запасу для будівлі з виробничою категорією А, Б та В - не більше 24 годин. Для гасіння будівлі достатньо одного пожежного водоймища.

5.6 Виробнича санітарія.

5.6.1 Розрахунок системи штучного освітлення.

Завданням розрахунку є визначення потрібної потужності електричної освітлювальної установки для створення в приміщенні заданої освітленості. Розрахунок проводиться за слідуною методикою.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо тип джерела світла - газорозрядна лампа. Система освітлення - спільна.

Тип світильника - ПВЛП (вологовибухопилезахищені). У цих світильниках встановлені дві і більше ламп, що дає можливість зменшити пульсацію сумарного світлового потоку світильника і виключити стробоскопічний ефект.

У приміщенні, де знаходиться установка, встановлено штучне освітлення. Необхідно розподілити світильники і визначити їх кількість. Забезпечення рівномірного розподілу джерела досягається в тому випадку, якщо відношення відстаней між центрами світильників (L) до висоти їх підвісу над робочою поверхнею (h_p) складає 1.5 для світильника типу ПВЛП. Мінімальна нормована освітленість для зорової роботи високої точності становить $E_n = 200$ люкс. [88]

Розмір приміщення: $A \times B \times H = 8 \times 3 \times 3,2$ м. Розташування ламп по довжині приміщення в один ряд.

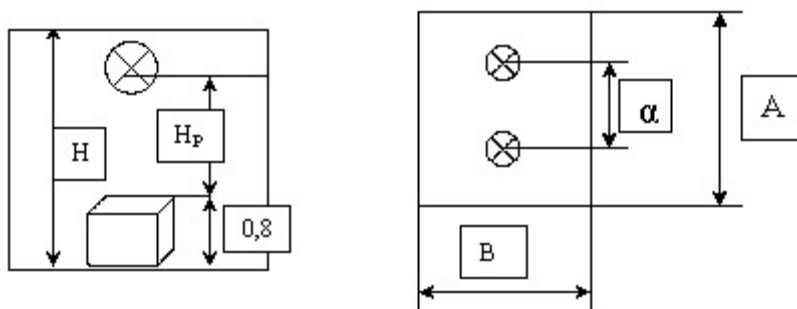


Рисунок 5.1 – Розташування світильників у приміщенні

$$\alpha / H_p = 1,5;$$

$$H_p = 1,5 \text{ (м)};$$

$$\alpha = 1,5 * H_p = 2,25 \text{ (м)}.$$

Розрахунок ведемо за методом світлового потоку.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A * B}{H_p (A + B)} = \frac{8 * 3}{2,4 * (8 + 3)} = 0,9 \quad (5.12)$$

де A – довжина приміщення;

B – ширина приміщення;

H_p – робоча висота приміщення;

$$n = \frac{A \cdot B}{\alpha^2} \text{ (шт)} \quad (5.13)$$

$$n = \frac{8 \cdot 3}{2,25^2} = 4,74 \text{ (шт)}$$

Приймаємо n – число світильників рівним п'яти.

Визначаємо світловий потік однієї лампи:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K \cdot Z \cdot S \cdot 100}{n \cdot \eta}, \quad (5.14)$$

де E_n – рекомендоване освітлення (приймаємо рівним 200 лк); [88]

K – коефіцієнт запасу (приймаємо рівним 1,5); [89]

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості (для ламп ПВЛП дорівнює 1,1); [1]

S – площа приміщення ($S = A \cdot B = 8 \cdot 3 = 24 \text{ (м}^2\text{)}$);

n – число світильників;

η – коефіцієнт використання світлового потоку (коефіцієнт використання світлового потоку ламп, в залежності від $\rho_{\text{п}} = 50\%$ и $\rho_{\text{с}} = 30\%$, $\eta = 28$). [1]:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 24 \cdot 100}{5 \cdot 28} = 5657 \text{ (лм)}. \quad (5.15)$$

Збільшивши кількість світильників у два рази, підбираємо необхідну лампу: лампа ЛД 80 з наступними характеристиками:

Світловий потік – 4070 лм;

Потужність лампи – $P_1 = 80 \text{ Вт}$.

Число ламп в кожному світильнику $N = 2$ (шт).

Визначаємо потужність освітлювальної системи, необхідної для даного приміщення.

$$P = N \cdot n \cdot P_1, \quad (5.16)$$

$$P = 2 \cdot 6 \cdot 80 = 960 \text{ Вт}$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, приміщення рекомендується обладнати електричною освітлювальною установкою з використанням шести світильників з лампами ПВЛП ЛД 80.

5.6.2 Догляд за освітлювальними приладами.

Необхідно стежити за цілісністю плафонів, періодично (раз на шість місяців) витирати пил з освітлювальних приладів. Потрібно стежити за цілісністю проводки, а також змінювати розбиті плафони.

5.7 Вентиляція як спосіб оздоровлення повітряного простору в приміщенні.

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у приміщеннях, де розташовано електрообладнання. Вентиляція досягається видаленням забрудненого або нагрітого повітря з приміщення і подачею до нього свіжого повітря.

Для приблизного розрахунку продуктивності вентилятора використовуємо метод кратності.

Розрахуємо кількість повітря:

$$L = k \cdot V = 3 \cdot 76,8 = 230,4 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.17)$$

Де L – кількість повітря, $\text{м}^3/\text{год}$

V – об'єм приміщення, м^3

k – кратність повітрообміну, $1/\text{год}$ (показує, скільки разів на годину змінюється повітря в приміщенні). Величина зазвичай складає $1 \dots 10$ (великі величини для приміщень невеликого обсягу). Приймається $k = 3$ [88]

$$V = A \cdot B \cdot H = 8 \cdot 3 \cdot 3,2 = 76,8 \text{ м}^3 \quad (5.18)$$

де A – ширина приміщення, м;

B – довжина приміщення, м;

H – висота приміщення, м.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлена потужність електродвигуна:

$$N = (K \cdot L \cdot \Delta P \cdot 10^{-6}) / (3.6 \cdot \eta_v \cdot \eta_n), \quad (5.19)$$

де K – коефіцієнт запасу (приймаємо $K = 1,2$); [88]

ΔP – повний тиск, створюваний вентилятором (приймаємо $\Delta P = 300$ Па); [1]

η_v – КПД вентилятору (приймається з характеристики вентилятору $\eta_n = 0.7$); [1]

η_n – КПД приводу при приєднанні колеса через муфту (приймається $\eta_n = 0.95$). [1]

$$N = (1.2 \cdot 230,4 \cdot 300 \cdot 10^{-6}) / (3.6 \cdot 0.7 \cdot 0.95) = 0,073 \text{ (кВт)} \quad (5.20)$$

Таким чином, потужність системи вентиляції в приміщенні складає 73 Вт.

5.8 Долікарська допомога потерпілому.

Перша долікарська допомога при нещасних випадках від поразки електричним струмом складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму і надання йому медичної допомоги. Звільнення від дії струму слід здійснювати відключенням відповідної частини електроустановки. Якщо це неможливо, то необхідно відтягнути потерпілого від струмоведучих частин, взявшись за його одяг, якщо він сухий; відкинути від нього провід дерев'яною палицею.

Якщо потерпілий у свідомості, йому необхідно забезпечити повний спокій до прибуття лікаря або терміново доставити його до лікувального закладу.

При відсутності свідомості, але збереженому диханні і роботі серця, потрібно рівно і зручно укласти постраждалого, розстебнути йому пояс та одяг, забезпечити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт, кропити обличчя холодною водою, розтирати і зігрівати тіло. При відсутності ознак життя потрібно робити штучне дихання і зовнішній масаж серця.

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При пожежі потерпілого необхідно винести з приміщення на свіже повітря, і залежно від ступеня опіків надати першу медичну допомогу.

5.9 Висновки.

У даному розділі дипломного проекту розраховані:

Система заземлення для запобігання ураження людини електричним струмом, загальним опором $R_c = 2.03$ Ом, що складається з вертикальних сталевих заземлювачів діаметром $d = 0.045$ м, і довжиною $l = 2$ м, в кількості чотирьох штук і сталеві смуги довжиною $L = 12$ м.

Електрична освітлювальна установка, з використанням п'яти світильників типу ПВЛП з лампами ЛД-80 і загальною потужністю $P = 960$ Вт.

Системи вентиляції потужністю 73 Вт.

Обсяг недоторканного запасу води $V_v = 194,4$ м³.

Впровадження розроблених заходів буде сприяти дотриманню норм охорони праці при експлуатації біогазоустановки.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Розроблюваний реактор-біогазогенератор дозволяє отримувати біогаз, який складається з 60-70% CH_4 . Отриманий газ можна використовувати або для власних потреб, або продавати промисловим підприємствам. Ще одним позитивним моментом є незалежність від зовнішніх постачальників газу.

Економічний аналіз запропонованого проекту включає в себе: розрахунок капітальних витрат на монтаж і введення в експлуатацію біореактора.

6.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні вкладення – це одноразові витрати на будівництво нових підприємств, виробництв, цехів, а також на розширення і реконструкцію діючих шляхом заміни старої техніки новою, механізації і автоматизації виробництва. У нашому випадку капітальні витрати – це одноразові витрати на проектні роботи, витрати на придбання (виготовлення) та монтаж устаткування, апаратів і приладів.

Капітальні витрати розраховуються за формулою:

$$K_{\text{кап}} = K_{\text{буд}} + K_{\text{об}} + K_{\text{сб}} + K_{\text{м}}, \quad (6.1)$$

де $K_{\text{буд}}$ – вартість будівництва установки;

$K_{\text{об}}$ – витрати на спеціальне і допоміжне обладнання;

$K_{\text{сб}}$ – вартість монтажу спроектованої установки;

$K_{\text{м}}$ – витрати на придбання матеріалів;

Розрахуємо вартість будівництва установки:

$$K_{\text{буд}} = V_y * Z_{\text{буд}}, \text{ грн,}$$

де V_y – об'єм стінок установки, м^3 ;

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_y = 45 \text{ м}^3;$$

$Z_{\text{буд}}$ - вартість 1 м³ установки, грн.

$$Z_{\text{буд}} = 560 \text{ грн};$$

$$K_{\text{зд}} = 45 \cdot 560 = 25200 \text{ грн.}$$

Посівний матеріал $K_{\text{м}} = 360000$ грн.

Таблиця 6.1 – Капітальні витрати на придбання матеріалів, спеціального та допоміжного обладнання

№	Найменування обладнання	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Сума, грн.
1	Манометр	2 шт	2600	5200
2	Насос СМ 125-80-315/4	3 шт	60000	180000
3	Цемент	1500 мішків	100	150000
4	Вентилі запірні	10 шт	760	7600
5	Труби 40*80 мм	200 м	160	32000
6	Труби d =101.6 мм	14 м	96	1344
7	Газгольдер	1 шт	80000	80000
	Сумарна вартість обладнання			456144

Розрахунок витрат на монтаж установки проводиться за наступною залежністю:

$$K_{\text{сб}} = (K_{\text{м}} + K_{\text{об}}) \cdot 0.25, \quad (6.2)$$

Тобто наближені витрати на монтаж складуть:

$$K_{\text{сб}} = (360000 + 456144) \cdot 0.25 = 204036 \text{ грн.}$$

Таким чином, капітальні витрати на проектувану установку склали:

$$K_{\text{кап}} = 25200 + 360000 + 456144 + 204036 = 1045380 \text{ грн.}$$

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

6.2 Витрати на оплату праці персоналу.

Заробітна плата - сукупність винагород у грошовій або натуральній формі, отриманих працівниками за фактично виконану роботу, а також за періоди, що включаються в робочий час. Оскільки джерелом виплати заробітної плати є національний дохід, то величина фонду заробітної плати трудового колективу, кожного працівника має бути поставлена у пряму залежність від досягнутих кінцевих результатів.

Планування фонду заробітної плати включає розрахунок суми фонду і середньої заробітної плати як усіх працівників, так і за категоріями працюючих.

Таблиця 6.2 – Заробітна плата персоналу

№	Посада	Кількість	Посадовий оклад, грн.
1	Оператор	1	11200
2	Лаборант	1	10400
3	Слюсар	1	11200
	Всього	За місяць	32800
		За рік	393600

Необхідно не тільки розрахувати витрати на заробітну плату, але також врахувати не менш важливу статтю витрат - нарахування на фонд заробітної плати.

Розміри наведені нарахувань в таблиці 6.3

Таблиця 6.3 – Нарахування на фонд заробітної плати

№	Перелік пунктів	Відрахування, %
1	Пенсійний фонд	32%
2	Соціальне страхування	2.5%
3	Страхування на випадок безробіття	2%
4	Комунальний податок	Залежить від кількості працівників
5	Податок на випадок виробничих травм і професійних захворювань	0.89%

Проведемо розрахунок нарахувань на фонд заробітної плати для нашого випадку, результати зведемо в таблицю 6.4

Таблиця 6.4 – Розміри нарахувань на фонд заробітної плати

Нарахування на фонд заробітної плати, грн.						
Фонд заробітної плати	Пенсійний фонд	Соціальне страхування	Страхування на випадок безробіття	Комунальний податок	Податок на випадок виробничих травм	Податки всього
393600	125952	9840	7872	3200	3504	150368

Таким чином, всього відрахування до фонду заробітної плати для нашого випадку складають:

$$Z_{\text{нар}} = 150368 \text{ грн (за 12 місяців)}$$

Загальні витрати на оплату праці складуть:

$$C_{\text{опл}} = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{нар}} = 393600 + 150368 = 543968 \text{ грн (за 12 місяців)}$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

6.3 Розрахунок енерговитрат

Витрати на електроенергію за пропонованим варіантом визначаються за формулою:

$$C_e = N_{ec} \cdot T \cdot C_e \cdot \eta_e. \quad (6.3)$$

N_{ec} - споживана насосами потужність, дорівнює 22 кВт;

T - час роботи насосів, год;

C_e - вартість 1 кВт*ч електроенергії, 2 грн/кВт*ч;

η_e - облік витрат електроенергії в електричних межах НУО, дорівнює 1,05.

В установці електроенергію споживають насоси. Всього пропонується використовувати два насоси потужністю 22 кВт кожний. Насоси працюють по сім годин на добу. Енергоспоживання насосів за рік роботи складатиме:

$$C_e = 2 \cdot 22 \cdot 7 \cdot 365 \cdot 2 \cdot 1,05 = 236080 \text{ грн}$$

Споживання електроенергії за рік:

$$C_e = 2 \cdot 22 \cdot 7 \cdot 365 = 112420 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

6.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація – процес планового відшкодування зносу основних фондів у грошовій формі шляхом поступового, по мірі зносу, перенесення їх вартості по частинах на знову створений продукт.

У процесі виробництва основні фонди зношуються, тобто поступово втрачають споживчі властивості і вартість, яка не зникає безслідно, а переноситься на створювану продукцію. Цей процес називається амортизацією. Для відшкодування вартості зносу основних фондів виробляються амортизаційні відрахування, які відповідають вартості щорічного зносу фондів.

Амортизаційні відрахування включають у собівартість продукції і відшкодовують з грошових коштів, одержуваних від реалізації продукції у

					КРБ.ЕТмПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вигляді амортизаційного фонду. Таким чином, після закінчення певного часу вартість кожного елемента основних фондів повертається у вартісній (грошовій) формі, тобто завершує свій кругообіг.

Розмір амортизаційних відрахувань розраховують за річними нормами, встановленими у відсотках до балансової вартості основних фондів. Амортизація обладнання розраховується на основі балансової вартості устаткування і річних норм амортизації за формулою:

$$C_a = 0.25 \cdot K_{\text{кап}} = 0.25 \cdot 1045380 = 261345 \text{ грн.}$$

Тепер у нас є всі необхідні дані й розрахунки для того, щоб сформувати зведену таблицю всіх наших витрат при розробці та монтажу спроектованої біогазової установки.

Таблиця 6.5 – Зведена таблиця статей витрат

№	Стаття витрати	Сума, грн
1	Капітальні витрати	1045380
2	Витрати на електроенергію	236080
3	Загальні витрати на оплату праці	543968
4	Амортизаційні відрахування	261345
5	Всього	2086773

Отриманий результат сумарних витрат на створення установки включає в себе витрати, не тільки на безпосереднє виготовлення, а й витрати пов'язані з проектуванням і розробкою деяких теоретичних положень.

6.5 Розрахунок економічного ефекту

Економічний ефект від впровадження установки:

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

$$E_{\pi} = \Pi - C,$$

де Π - прибуток від реалізації біогазу (по чистому метану);

C –експлуатаційні витрати.

$$\Pi = 952 * 0,6 * 12 * 365 = 2501856 \text{ грн}$$

$$C = C_{\text{опл}} + C_{\text{е}} + C_{\text{а}} + C_{\text{с}}$$

$C_{\text{с}}$ – експлуатаційні витрати на придбання сировини

$$C_{\text{с}} = 400\,000 \text{ грн}$$

$$C = 543968 + 236080 + 261345 + 400000 = 1441393 \text{ грн}$$

$$E_{\pi} = 2501856 - 1441393 = 1060463 \text{ грн}$$

Термін окупності біореактору:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{кап}} / E_{\pi}$$

$$T_{\text{ок}} = 1045380 / 1060463 = 1 \text{ рік}$$

Таблиця 6.6 – Техніко-економічні показники

№	Показник	Од.вимірювання	Величина
1	Вихід біомаси на добу	т/доб	12,08
2	Кількість отриманого біогазу	м ³ /доб	952
3	Капітальні вкладення	грн	1045380
4	Споживання електроенергії	кВт*год/рік	112420
5	Річні експлуатаційні витрати	грн	1441393
6	Кількість обслуговуючого персоналу	чол	3
7	Економічний ефект	грн	1060463
8	Термін окупності	рік	1

6.6 Висновки

У даному розділі дипломного проекту був зроблений розрахунок капітальних витрат на впровадження в життя нової технології отримання біогазу із рослинного субстрату, а також розрахунок витрат на оплату праці персоналу, енерговитрат, амортизаційних відрахувань. Економічний ефект від введення в експлуатацію біогазогенератора становить 621294 грн, термін окупності даного проекту складає 1 рік.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Рослинна біомаса в якості джерела отримання енергії представляє собою інтерес з точки зору енергозбереження та енергоефективності. Біопаливо, вироблене в результаті різноманітних методів переробки рослинної сировини вважається екологічно чистим і поновлюваним видом палива, при спалюванні якого утворюється менша кількість парникових газів, чим при використанні непоновлюваних вуглеводневих викопних палив.

Біогаз отримують в результаті анаеробного зброджування різноманітних енергетичних культур. Для регіону півдня України перспективними в енергетичному плані являються кукурудза, солодке сорго та цукровий буряк.

Модифікований біореактор дозволяє розробити біогазоустановку потужністю 1 МВт, яка забезпечується отриманням середньої енергетичної продуктивності $1,61 \text{ Вт/м}^2$ з посівної площі 63 га.

Проведений розрахунок біогазової установки підтверджує працездатність та прибутковість вказаної схеми отримання біопалива з рослинної сировини.

За результатами розрахунків виконані складальні креслення та креслення окремих деталей розробленого біогазогенератора.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Фьодоров М.П. Вторичні ресурси // Повідомлення РАН. Енергетика. 2002. №6. С 7-11.
- 2 Інтернет-ресурс : <http://www.db.niss.gov.ua/docs/energy/BioPal.pdf>
- 3 Інтернет-ресурс:<http://www.biorosinfo.ru/biotechnologia/Vasilov-broshura.pdf>
- 4 Інтернет-ресурс:<http://www.nbuu.gov.ua/Portal/all/herald/2008-01/a3-n1.pdf>
- 5 Інтернет-ресурс:
http://chinalist.ru/facts/index.php?p_param=1068&p_lang=0&p_sortparam=2&p_sort_dir=desc&p_offset=40
- 6 Інтернет-ресурс: <ftp://ftp.fao.org/docrep/FAO/011/i0100r/i0100r02.pdf>овап
- 7 Інтернет-ресурс:<http://www.agrokultury.ru/saxaronosnye-rasteniya/sozrevanie-i-sbor-urozhaya-saxarnoj-svekly/#more-42>
- 8 Інтернет-ресурс: <http://www.energoff.ru/епл>
- 9 Інтернет-ресурс: http://www.escob.com/files/19_os16tregubsinapse.pdf
- 10 Інтернет-ресурс:http://www.east-west-bioenergy.net/fileadmin/east-west-bioenergy/pdf/Literatur_Ru/Brosch_Basisdaten_RU_End.pdf
- 11 Інтернет-ресурс: <http://www.cbio.ru/modules/news/article.php?storyid=1131>
- 12 Інтернет-ресурс: <http://www.fraza.ua/news/02.05.09/67799.html>
- 13 Інтернет-ресурс: http://www.nbuu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Cb/2009_6/06-07.pdf
- 14 Інтернет-ресурс: biogas.virtualave.net/image/m_rus.html
- 15 Інтернет-ресурс: <http://www.energoser.74.ru/metodiki/vseh/vse001.htm>
- 16 Інтернет-ресурс: <http://forums.wood.ru/showthread.php?threadid=71870>
- 17 Інтернет-ресурс:
http://buklib.net/component/option,com_jbook/task,view/Itemid,99999999/catid,187/id,8239/
- 18 Інтернет-ресурс:
http://www.fitoteplo.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=57:2009-06-02-10-14-58&catid=29:2009-02-22-13-05-31&Itemid=81

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

- 19 Интернет-ресурс:
<http://subscribe.ru/archive/science.news.elementynews/200802/20053028.html>
- 20 Интернет-ресурс: <http://dissertation2.narod.ru/Diss2006/20-22.htm>
- 21 Интернет-ресурс:
http://scholar.google.com/scholar_host?q=info:gvofQmNwf8cJ:scholar.google.com/&output=viewport&pg=25#P27,M1
- 22 Интернет-ресурс: <http://nesvich.com.ua/product/yaraya-pshenitsa>
- 23 Интернет-ресурс: <http://agriculture.by/?p=244>
- 24 Интернет-ресурс: http://www.ccssu.crimea.ua/crimea/ac/6/2_4.html
- 25 Интернет-ресурс: http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/abdd308d-7f23-80f3-c68b-bb3378045670/36-39_%2001_2007.pdf
- 26 Интернет-ресурс: <http://www.ecosystema.ru/07referats/cultrast/184.htm>
- 27 Интернет-ресурс: <http://www.energy-bio.ru/pfoto.htm>
- 28 Интернет-ресурс: <http://www.wind-energie.De>
- 29 Интернет-ресурс:
<http://www.ukrsugar.kiev.ua/legal/pager.php?iddoc=1375&docl=0>
- 30 Интернет-ресурс: <http://www.furazh.ru/review/worldmarket/?data=240>
- 31 Интернет-ресурс:
http://chinalist.ru/facts/index.php?p_param=1068&p_lang=0&p_sortparam=2&p_sort_dir=desc&p_offset=40
- 32 Интернет-ресурс: <http://ej.kubagro.ru/2005/05/16/p16.asp>
- 33 Интернет-ресурс: <http://www.htplab.kiev.ua/articles1.htm>
- 34 Интернет-ресурс: <http://www.realt5000.com.ua/news/739962/?lng=uk>
- 35 Интернет-ресурс:
<http://subscribe.ru/archive/science.news.elementynews/200802/20053028.html>
- 36 Интернет-ресурс: http://beldumka.belta.by/isfiles/000167_152822.pdf
- 37 Интернет-ресурс: <http://elementy.ru/news/430679>
- 38 Интернет-ресурс: <http://www.vashsad.ua/news/events/show/32/>
- 39 Интернет-ресурс: <http://www.hzto.ru/biotechnology/energy-and-biotechnology/301-vodorosli-i-vodnye-rastenija.html>

- 40 Интернет-ресурс: <http://www.uaseed.com/ovoshi/178.htm>
- 41 Интернет-ресурс: <http://forums.wood.ru/showthread.php?threadid=71870>
- 42 <http://www.biznes-agro.ru/archives/category/bio>
- 43 http://www.5ka.su/ref/nauka/0_object68654.html
- 44 Интернет-ресурс: <http://www.ecosystema.ru/07referats/cultrast/184.htm>
- 45 Интернет-ресурс:
http://www.nbuu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnau/2009_132/09kovwru.pdf
- 46 Интернет-ресурс:
http://buklib.net/component/option,com_jbook/task,view/Itemid,99999999/catid,187/id,8239/
- 47 Интернет-ресурс:
<http://subscribe.ru/archive/science.news.elementynews/200802/20053028.html>
- 48 Интернет-ресурс:
http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B
- 49 Интернет-ресурс:
http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=ru&langpair=en|ru&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel&rurl=translate.google.com.ua&usg=ALkJrhhrmTHjVpugeFyUOhSS103slb_a-w#cite_note-gristmill-57
- 50 Интернет-ресурс: <http://www.cbio.ru/modules/news/print.php?storyid=1131>
- 51 Интернет-ресурс: <http://www.cbio.ru/modules/news/print.php?storyid=1131>
- 52 Интернет-ресурс:
http://buklib.net/component/option,com_jbook/task,view/Itemid,99999999/catid,187/id,8238/
- 53 Интернет-ресурс:
http://buklib.net/component/option,com_jbook/task,view/Itemid,99999999/catid,187/id,8239/

- 54 Интернет-ресурс:
http://www.nbuu.gov.ua/portal/chem_biol/nvlnau/Sg/2009_7/articles/11-Reshetnyak_N.V.,_Dranishchev_N.I.,_Stotchenko_V.E.,_Pavlov_A.L.pdf
- 55 Интернет-ресурс: <http://www.ecosystema.ru/07referats/cultrast/035.htm>
- 56 Интернет-ресурс: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/05.pdf>
- 57 Интернет-ресурс: <http://www.ecosystema.ru/07referats/cultrast/184.htm>
- 58 Интернет-ресурс:
http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=ru&langpair=en|ru&u=http://www.allbusiness.com/energy-utilities/renewable-energy-biomass/131045991.html&rurl=translate.google.com.ua&usg=ALkJrhi98oqzpRIbP8914ir-zdrbzK1Rg
- 59 Интернет-ресурс: <http://www.scipub.org/fulltext/ajas/ajas53179-183.pdf>
- 60 Интернет-ресурс: <http://essentuki.com/>
- 61 Интернет-ресурс: <http://fermer.ru/node/37019>
- 62 Интернет-ресурс:
http://tech.clan.su/publ/sposob_preobrazovaniya_solnechnoj_energii_nakoplennoj_putjom_fotosinteza_v_ehlektricheskuyu_energiju/26-1-0-310
- 63 Интернет-ресурс: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=397
- 64 Интернет-ресурс: <http://hzto.ru/biotechnology/energy-and-biotechnology/301-vodorosli-i-vodnye-rasteniya.html>
- 65 Интернет-ресурс: <http://bio.1september.ru/articlef.php?ID=200601304>
- 66 Интернет-ресурс: <http://www.biomass.kiev.ua/Assets/files/Anaerob1.pdf>
- 67 Klass, D. L. Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals; Academic Press: San Diego, 1998.
- 68 Lynd, L. R.; Wyman, C. E.; Gerngross, T. U. Biotechnol. Prog. 1999, 15, 777.
- 69 Towler, G. P.; Oroskar, A. R.; Smith, S. E. EnViron. Prog. 2004, 23, 334.
- 70 Интернет-ресурс: <http://www.ecosystema.ru/07referats/cultrast/032.htm>
- 71 Интернет-ресурс: <http://www.ecosystema.ru/07referats/cultrast/004.htm>
- 72 Интернет-ресурс: <http://www.ecosystema.ru/07referats/cultrast/031.htm>
- 73 Интернет-ресурс: <http://www.biogas-energy.ru/>

- 74 Інтернет-ресурс:
<http://www.ukragroportal.com/propoz/item.html?PropozRubID=3&Year=&NumID=&obl=&ItemID=1440&Page=200>
- 75 Інтернет-ресурс: <http://www.cogenerator.ru/campaign/alternativa/>
- 76 Інтернет-ресурс: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=108
- 77 Інтернет-ресурс: http://www.5ka.su/ref/nauka/0_object68654.html
- 78 Інтернет-ресурс: <http://www.realt5000.com.ua/news/739962/?lng=uk>
- 79 Sweeten J. Methane production from livestock wastes // Texas Arg. Progress.-1978.-Vol. 24, N 3.-P. 19-22.
- 80 Colleran E., Barry M., Wilkie A., Newell P.I. Anaerobic digestion of agricultural wastes using the upflow anaerobic filter design // Process Biochem.-1982.-March / Apr.-P.12-17; 41.
- 81 Jeck R/ Methane from biomass // Enviroment.-1979. –Vol. 21, N 1.- P.28-29.
- 82 Callander I.J., Barford J.P. Recent advances in anaerobic digestion technology // Process Biochem. –1983.-Aug.-P.24-30; 37.
- 83 О.Шептицький, А.Гжибек, З.Пасторек, П.Івыч, Т.Амон, В.Криворучко. Біопалива. Технології, машини і обладнання.– Киев 2004.128с.
- 84 В.С.Дубровський, У.Е.Вієстур. Метанове зброджування сільськогосподарських відходів. – Ріга: "Зінатне", 1988. 204с.
- 85 Colleran E., Barry M., Wilkie A., Newell P.I. Anaerobic digestion of agricultural wastes using the upflow anaerobic filter design // Process Biochem.-1982.-March / Apr.-P.12-17; 41.
- 86 Вієстур У.Е., Шміте І.А., Жилевич А.В. Біотехнологія.- Ріга: "Зінатне", 1987.-264 с.
- 87 С.Н.Богданов, О.П.Іванов, А.В.Купріянова. Холодильна техніка. Властивості речовин. – М.: "Агропромиздат", 1985. 207с

ДОДАТОК

ГРАФИЧНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

					КРБ.ЕТмаПЕ.1.119-03.3.1	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		