

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет біотехнології і біотехніки

Кафедра біотехніки та інженерії

«На правах рукопису»

УДК _____

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Вікторія МЕЛЬНИК

«___» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Вдосконалення конструкції абсорбера для збагачення біогазу»

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи БІ-01мп

Календюк Владислав Володимирович _____

Керівник:

ас. кафедри біотехніки та інженерії

Остапенко Жанна Ігорівна _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент(-ка) _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біотехніки та інженерії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Вікторія МЕЛЬНИК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Календюк Владислав Володимирович

1. Тема дисертації «Вдосконалення конструкції абсорбера для збагачення біогазу», керівник дисертації Остапенко Жанна Ігорівна, асистент кафедри біотехніки та інженерії, затверджені наказом по університету від «__» _____ 2021 р. № _____
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження: абсорбер для збагачення біогазу з механічним перемішуючим пристроєм та газорозподільчим пристроєм
4. Предмет дослідження: дослідження процесу збагачення біогазу.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: дослідження стану проблеми за темою дисертації, провести літературний огляд; розробити математичну модель абсорбера для збагачення біогазу; розробити комп'ютерну модель апарату, дослідити абсорбер для збагачення біогазу з механічним перемішуючим та газорозподільчим пристроями; провести конструктивний розрахунок апарату; розробити стартап-проект.
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Лінія виробництва та очищення біогазу. Апаратурно-технологічна схема (A1); Абсорбер для

збагачення біогазу. Складальне креслення (А1); Креслення складальних одиниць; плакати за темою магістерської дисертації.

7. Орієнтовний перелік публікацій: «АНАЛІЗ МАСООБМІНУ В АБСОРБЕРІ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ БІОГАЗУ», «БІОГАЗ».

8. Дата видачі завдання _____.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів дисертації	Примітка
1.	Літературний огляд. Дослідження стану проблеми.		
2.	Проведення експериментальних досліджень.		
3.	Обробка результатів експериментальних досліджень		
4.	Математичне моделювання процесу.		
5.	Патентний пошук.		
6.	Комп'ютерне моделювання.		
7.	Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.		
8.	Оформлення креслень		
9.	Розробка стартап-проєкту.		
10.	Оформлення ПЗ. Розробка плакатів за темою дисертації		

Студент

Керівник

Владислав КАЛЕНДЮК

Жанна ОСТАПЕНКО

РЕФЕРАТ

УДК 66.045.12

Атестаційна робота освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» на тему: «Вдосконалення конструкції абсорбера для збагачення біогазу» / НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»; Керівник Остапенко Ж.І. – К., 2021. – 110с.: 1 іл. . Виконавець Календюк В.В. – Бібліогр.: 55п.

Робота складається з переліку умовних позначень, вступу, шести розділів, висновку, переліку посилань та додатків. Повний обсяг роботи становить 134 сторінок, 18 рисунків 17 таблиць і переліку посилань з 35 найменувань (на 3 сторінках).

Об'єкт досліджень - Абсорбер для збагачення біогазу з механічним перемішуючим та газорозподільчим пристроями

Предмет дослідження – дослідження процесу збагачення біогазу в абсорбері з механічним перемішуючим та газорозподільчим пристроями

Мета досліджень – докладне вивчення впливу конструкції абсорбера на збагачення біогазу; вдосконалення конструкції абсорбера.

Методи дослідження – комп'ютерне моделювання абсорберу для збагачення біогазу з механічним перемішуючим та газорозподільчим пристроями, математичне моделювання та експериментальні дослідження процесу.

Результати роботи та їхня новизна: сформульована математична модель процесу, розроблено конструкцію абсорберу для збагачення біогазу з механічним перемішуючим та газорозподільчим пристроями та досліджено його вплив на збагачення біогазу.

На основі проведених досліджень спроектовано абсорбер для збагачення біогазу з механічним перемішуючим та газорозподільчим пристроями лінії виробництва та очищення біогазу.

За результатами роботи опубліковано: одна стаття та двоє тез доповідей на конференції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БІОГАЗ, МОНОЕТАНОЛАМІН, АБСОРБЕР

ABSTRACT

UDC 66.045.12

Certification work of the educational qualification level "Master" on the topic: "Improving the design of the absorber for biogas enrichment" / NTUU "KPI named after Igor Sikorsky"; Head Ostapenko Zh.I. - K., 2021. - 110p. : 11il. . Artist Kalendyuk VV - Bibliogr. : 55p.

The work consists of a list of symbols, introduction, six sections, conclusion, list of references and appendices. The total volume of the work is 134 pages, 18 figures 17 tables and a list of links from 35 titles (3 pages).

Object of research - Absorber for enrichment of biogas with mechanical mixing and gas distribution devices

Subject of research - research of the process of biogas enrichment in the absorber with mechanical mixing and gas distribution devices

The purpose of research - a detailed study of the impact of the design of the absorber on the enrichment of biogas; improving the design of the absorber.

Research methods - computer modeling of the absorber for biogas enrichment with mechanical mixing and gas distribution devices, mathematical modeling and experimental studies of the process.

The results of their work and their novelty: a mathematical model of the process is formulated, the design of the absorber for biogas enrichment with mechanical stirring and gas distribution devices is developed and its influence on biogas enrichment is investigated.

On the basis of the conducted researches the absorber for enrichment of biogas with mechanical mixing and gas-distributing devices of the line of production and purification of biogas is designed.

Based on the results of the work, one article and two abstracts of reports at the conference were published.

KEY WORDS: BIOGAS, MONOETHANOLAMINE, ABSORBER

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	12
ВСТУП	15
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	17
1.1 Призначення та область застосування лінії виробництва біогазу	17
1.1.1 Характеристика біогазу	19
1.1.2 Сировина для виробництва біогазу	20
1.2 Мікробіологічні основи процесу метаноутворення.....	21
1.3 Вплив виду субстрату та його перемішування на вихід біогазу	31
1.4 Постановка мети і задач дослідження	33
1.5 Висновки	34
2. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	36
2.1 Опис експериментальної установки	36
2.2 Методика проведення експерименту.....	39
2.3 Методика обробки результатів досліджу	41
2.5 Висновки	43
3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	44
3.1 Матеріальний баланс	45
3.2 Тепловий баланс	47
4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ АБСОРБЕРА	50
4.1 Опис технологічного процесу лінії виробництва та очищення біогазу .	57
4.2 Призначення та область застосування абсорбера.....	59
4.3 Обґрунтування вибору конструкції абсорбера	63

4.4 Технічна характеристика абсорбера	64
4.5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	65
4.5.1 Розрахунок геометричних розмірів апарата.....	65
4.5.2 Розрахунок барботера.....	67
4.5.3 Розрахунок вала перемішуючого пристрою	70
4.5.4 Розрахунок обичайки абсорбера під дією внутрішнього та зовнішнього тисків.....	75
4.5.5 Розрахунок фланцевого з'єднання корпусу і кришки.....	77
4.6 Рекомендації по монтажу і експлуатації	82
4.7 Висновки	83
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	84
4.1 Повітря робочої зони	85
5.2 Температура поверхонь устаткування і матеріалів.....	86
5.3 Електробезпека	87
5.4 Освітлення	89
5.5 Вибухо- і пожежонебезпека	90
6. СТАРТАП	91
5.1 Резюме	91
5.2 Планові варіанти розвитку стартап ідеї.	94
5.3 Вплив зовнішнього та зовнішнього оперативного середовища на цінність стартап-ідеї	97
5.4 Формування потенційного споживача	119
5.5 Споживач. Структура пошуку	121
5.5 Визначення оптимальної ціни пропозиції для стартап-проєкту	124

5.7 Розрахунок ціни інноваційної пропозиції	126
5.8 Перелік основних потенційних конкурентів стартап-проєкту	129
5.9 Визначення ефективного методу просування цінності стартап-проєкту на цільовий ринок	134
5.10 Висновки	138
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	140

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

МЕА - моноетаноламін

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу, МПа;

V_p – об’єм робочого середовища, м³;

V - об’єм апарату, м³;

D – внутрішній діаметр апарату, мм;

S – товщина стінки, мм;

c – прибавка до розрахункової товщини стінки, мм;

P – тиск в апараті, Па;

λ – коефіцієнт теплопровідності, $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{К})}$;

D_ϕ – діаметр фланця, м;

G_a – загальна вага апарату.

V_p - Кількість розчину МЕА в одиницю часу

α_{CH_4} - розчинність метану в воді при температурі t та нормальному тиску
м³/м³

V_{H_2O} – об’ємні витрати води в водяному розчині МЕА

ρ_p – густина 15%-вого водяного розчину МЕА при температурі входу в апарат $t_p = 44$ °С

Q – кількість теплоти відповідного матеріального потоку, кВт;

Q_a – кількість теплоти, що виділяється при абсорбції компонентів, кВт.

$H_{t_c}^r$ – ентальпія газу при температурі надходженні в апарат, кДж/кг.

$H_{cm(0)}$ – ентальпія ідеальної газової суміші, кДж/кг;

ΔH_{cm} – поправка на тиск, кДж/кг.

$T_{п.кр.}$ – псевдо критична температура, К

$H_{t_a}^ж$ – ентальпія розчину МЕА при температурі $t_a = 44$ °С, кДж/кг.

q_a – теплота хемосорбції

V_d – об’єм еліптичного днища.

F_π – площа поперечного перерізу циліндричної частини апарату

w_n – швидкість газу при русі його по трубі

H_p – висота стовпа рідини, яка визначається за формулою

ϕ – коефіцієнт заповнення апарата

де V'_n – попередньо прийнята витрата газу ($\text{м}^3/\text{с}$)

L – розрахункова довжина вала (м)

E – модуль Юнга ($\text{Н}/\text{м}^2$)

J – момент інерції поперечного перерізу вала (м^4);

m – маса одиниці довжини суцільного вала (м);

α – корінь частотного керування.

M_m – маса перемішуючого пристрою, кг ;

$M_{\text{пр}}$ – приведена зосереджена маса вала та перемішуючого пристрою (кг);

r – радіус обертання центра тяжіння приведеної маси валу та мішалки (м).

q – коефіцієнт приведення розподільної маси вала до зосередженої маси перемішувального пристрою

e' – ексцентриситет центру маси перемішуючого пристрою з урахуванням биття валу в (м);

e – ексцентриситет центра маси перемішуючого пристрою

δ – граничне биття валу (приймається 1 мм)

a – конструктивний додаток до розміру болтів

t_1 – крок розміщення болтів м

λ_ϕ – конструктивний коефіцієнт

s – товщина стінки обичайки, м

$l_{\text{б.о.}}$ – висота болта, що не забезпечить згвинчування з гайкою

$k_{\text{пр}}$ – прокладочний коефіцієнт, для гумової прокладки

b_o – ефективна ширина прокладки м

k_n – коефіцієнт обтискання прокладки

E_n – модуль Юнга для прокладки МПа

E_ϕ – модуль Юнга для болтів зі Ст35Х МПа

E_{ϕ} - модуль Юнга для фланців із сталі 09Г2С МПа

q - зусилля герметизації, для гумових прокладок МПа

Біогаз — різновид біопалива — газ, який утворюється при мікробіологічному розкладанні метановим угрупованням біомаси чи біовідходів (розкладання біомаси відбувається під впливом трьох видів бактерій), твердих і рідких органічних відходів: на звалищах, болотах, каналізації, вигрібних ямах тощо.

Диспергування — тонке подрібнення та розподіл в якомусь об'ємі твердого матеріалу, рідини або газу, в результаті якого виникають дисперсні системи: порошки, суспензії, емульсії, аерозолі.

Абсорбція — вибіркове поглинання речовини з газового чи рідкого середовища усім об'ємом твердого тіла чи рідини.

ВСТУП

Згідно з досвідом європейських країн, використання органічних відходів для анаеробного перетворення в біогаз, основним компонентом біогазу є метан, який зменшує споживання природного газу.

Для того, щоб біогазова установка була ефективною, необхідно видалити баластні домішки, особливо вуглекислий газ і сірководень, яких у біогазі може становити до 50%. Серед відомих методів очищення біогазу від сірководню та вуглекислого газу, на мою думку, найбільш перспективним є метод хімічної абсорбції (хемосорбції) водним розчином моноетаноламіну, який можна використовувати при атмосферному тиску.

Використовуючи водний розчин моноетаноламіну для вилучення вуглекислого газу та сірководню з суміші метану шляхом хімічної абсорбції, його використовують для очищення природного газу, а конверсійний газ отримують шляхом каталітичної конверсії оксиду вуглецю. У процесі промислового хімічного поглинання конвертованих газів можуть використовуватися форсункові абсорбери, бульбашкові абсорбери з високошаровими пластинами та абсорбери з частково зануреними соплами. Продуктивність поглинача газової форсунки з перемиканням становить близько 100 000 м³/год, бульбашкового абсорбера з високошаровою пластиною – близько 200 000 м³/год, а абсорбера часткового занурення – близько 50 000 м³/год. [1] На біогазовій установці з середньою швидкістю виробництва біогазу (500-1000) м³/год низькі витрати газової фази не можуть забезпечити ефективні гідродинамічні режими роботи в абсорберах таких розмірів і конструкцій, що виробляються в машинобудуванні, що вимагає нового розвитку структури.

Утворюючи добре розвинену поверхню розділу, забезпечується ефективний гідродинамічний режим роботи абсорбера для процесу хімічного поглинання. Проаналізувавши попередні теоретичні дослідження і літературні

джерела можна стверджувати, що розвинену міжфазну поверхню можна створити в абсорберах які мають барботери та механічні перемішуючі пристрої.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Призначення та область застосування лінії виробництва біогазу

Розвиток альтернативних джерел енергії та пошук нових джерел енергії є основними світовими тенденціями 21 століття. Виснаження природних ресурсів на місцевості, можлива енергетична криза, поганий вплив класичної енергетики на довкілля, загроза регіональних екологічних катастроф сприяли її ефективності. Варто зазначити, що останнім часом відновлювана енергетика стала одним із важливих стандартів сталого розвитку міжнародного співтовариства [2,3,4,5]. Біоенергія є однією з найперспективніших компонентів відновлюваної енергетики в Україні. Він заснований на використанні біомаси, що містить енергію вуглецю, органічну речовину, отриману з рослин і тварин. В порівнянні з відновлюваними джерелами енергії, біомаса є універсальним джерелом енергії, цю енергію можна використовувати для виробництва тепла та електроенергії, а також для виробництва біопалива для транспортування. На сьогоднішній день зниження використання природного газу є однією з найактуальніших проблем економіки України, через це пошук альтернативних джерел енергії та запровадження технологій для енергозбереження є першочерговими. Використання відновлюваної енергії, переважно біомаси, пов'язане з Україною, оскільки зменшує залежність від імпорту енергії та покращує енергетичну безпеку [6]. Основним компонентом газоподібного палива, що використовується при переробці біомаси являється біогаз. Енергія, отримана від спалювання біогазу, може досягати 60-90% енергії сировини. Серед усіх відновлюваних джерел енергії біогаз займає особливе місце, оскільки він має багато застосувань в енергетиці, а його виробництво може бути найдешевшим в Україні [7,8]. З огляду на ці та інші безсумнівні переваги біогазової технології, актуальність їх удосконалення та широкого впровадження для української енергетики є очевидною.

На сьогоднішній день ставлення до відновлювальних джерел енергії стрімко змінилося, оскільки вартість традиційних джерел енергії з кожним роком зростала, тому вони стали цікавими. По суті, біогаз – це реальний спосіб позбутися тарифів і витрат на традиційну енергетику, а не отримувати власне джерело палива, а використовувати для будь-яких цілей і в достатній кількості.

У Китаї створено та експлуатується найбільша кількість біогазових установок: 40 мільйонів біогазових установок малої та середньої потужності виробляють приблизно 27 мільярдів кубометрів метану щороку. Біогаз можна використовувати як звичайний природний газ для опалення та виробництва електроенергії, а також для самопостачання опалення та електроенергії. Сьогодні ставлення до альтернативних джерел енергії різко змінилося, оскільки вартість традиційних джерел енергії з кожним роком зростала, тому вони стали цікавими. По суті, біогаз – це реальний спосіб позбутися тарифів і витрат на традиційну енергетику, а не отримувати власне джерело палива, а використовувати для будь-яких цілей і в достатній кількості.

Біогаз можна використовувати як звичайний природний газ для опалення та виробництва електроенергії, а також для самопостачання опалення та електроенергії. Виробництво біогазу з коров'ячого посліду може запобігти забрудненню атмосфери метаном, а його уловлювання є найкращим способом запобігання глобальному потеплінню. Тому особливо важливо використовувати біогаз для технічних цілей, оскільки це може зменшити викиди метану, а врожайність підвищується на 30-50%.

1.1.1 Характеристика біогазу

Біогаз - це горючий газ, що у своєму складі має: метану (CH_4 : 50-75%), вуглекислий газ (CO_2 : 25-50%), водяну пару (H_2O : 0-10%), азоту (N_2 : 0,01-5%) та кисень (O_2 : 0,01-2%), водень (H_2 : 0-1%), аміак (NH_3 : 0,01-2,5 мг/м³) і сірководень (H_2S : 10-30,000 мг./м³) [5]. Основною складовою біогазу є метан, при спалюванні якого виділяється енергія. Склад газу нестабільний та може змінюватися залежно від типу біомаси, мікроорганізмів, які приймають участь у процесі, а також фізичних чинників і домішок, які мають вплив на процес. Біогаз - кліматично нейтральний продукт, тому, що біомаса, яка використовується під час вегетаційного періоду, видаляє вуглекислий газ з атмосфери, а потім знову виділяється під час спалювання біогазу або біометану.[9]

1.1.2 Сировина для виробництва біогазу

Сировина для біогазового бродіння поділяється на 3 категорії:

- Сільське господарство: гній, гній, енергетичні культури, залишки біомаси тощо;
- Промисловість: крохмаль, відходи боєнь, молочні та цукрові заводи, фармацевтична, косметична та паперова промисловість тощо;
- Економіка: органічні відходи, міські стічні води тощо. Ферментаційну сировину також можна розділити на основне (бродіння, яке можна проводити самостійно без додавання інших речовин) і допоміжне. Основними матеріалами для бродіння є гній, грязі, молода трава та допоміжні матеріали - відходи переробки фруктів, органічні відходи, харчові залишки, жир, патока, органічні продукти природного (біологічного) розпаду, побутові стічні води тощо. [10].

1.2 Мікробіологічні основи процесу метаноутворення

Переробка сировини на метан відбувається в результаті не простих взаємодій у різних, змішаних популяціях бактерій, які належать до групи археїв, які відомі під загальною назвою метаногени. Процес розкладання біомаси метаногенами ділиться на чотири етапи (рис. 1).

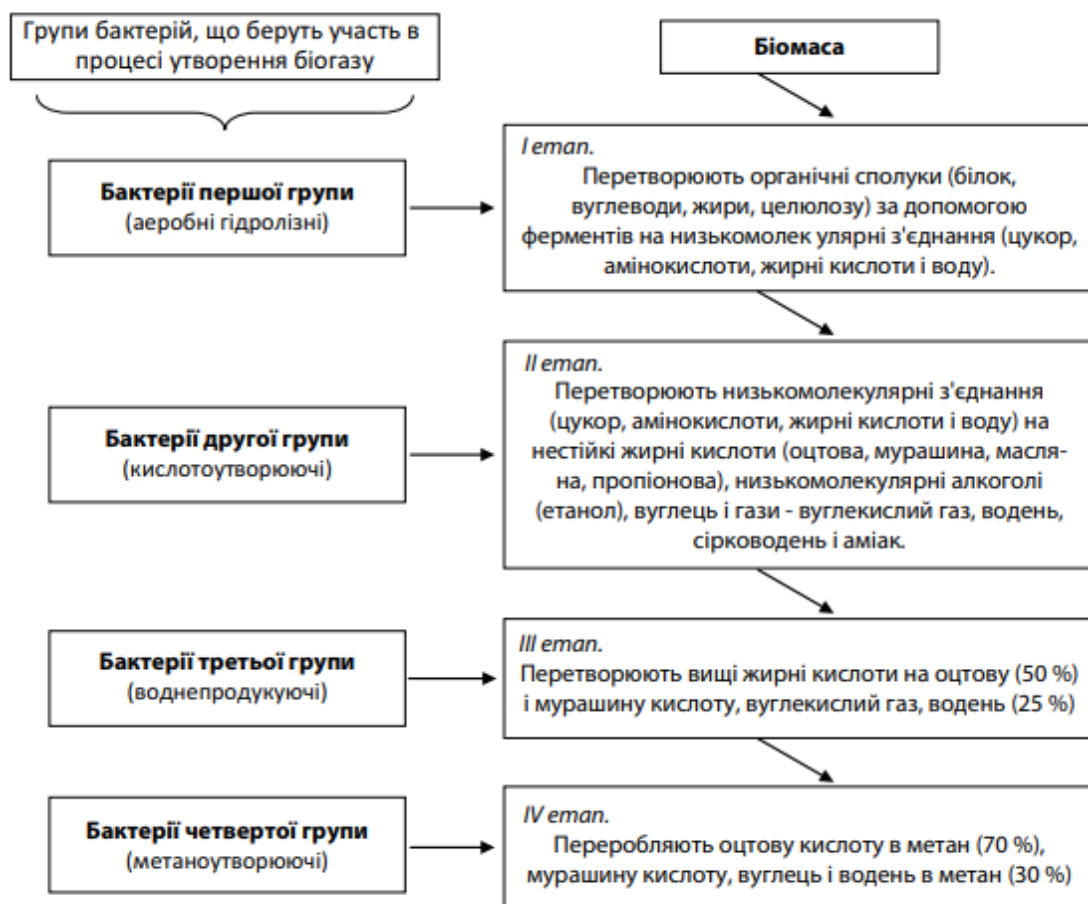


Рис. 1.1 Процес метанового бродіння

I етап. Аеробні гідролізни бактерії перебудовують високомолекулярні органічні субстанції (білок, вуглеводи, жири, целюлозу) завдяки допомозі ферментів на низькомолекулярних з'єднаннях, такі як цукор, амінокислоти, жирні кислоти та вода. Ферменти наділені гідролізними бактеріями, прикріплюються до зовнішньої стінки бактерій (які називаються екзоферментами) і при цьому розщеплюють органічні складові субстрату на малого розміру водорозчинні молекули. В результаті полімери (багатомолекулярні утворення) перетворюються на одномери (окремі

молекули). Цей процес називається гідроліз, проходить повільно та залежить від позаклітинних ферментів, наприклад: амілази, протеази, ліпази тощо. На процес також має вплив рівень рН (оптимальний - 4,5-6), також час перебування у резервуарі.

II етап. Потім розщепленням займаються кислотоутворюючі бактерії. Певні молекули здатні проникати в клітини бактерій, де вони продовжують процес розкладання. У цьому процесі частково приймають участь аеробні бактерії, які в свою чергу споживають залишки кисню, також при цьому створюють анаеробні умови, які необхідні для метанових бактерій. При рівні рН 6-7,5 виробляються спочатку нестійкі жирні кислоти (муришина, оцтова, масляна, пропіонова), низькомолекулярні алкоholes (етанол), вуглець та гази - вуглекислий газ, водень, аміак та сірководень. Цей етап має назву фаза окислення (рівень рН знижується).

III етап. Далі водопродуктивні бактерії з органічних жирних кислот виробляють початкові продукти що утворюють метан: мурашину та оцтову кислоту, вуглекислий газ, водень. Ці бактерії, що знижують чисельність вуглецю (у складі органічних кислот), досить чутливі до температури. IV період. На останньому рубежі за допомогою метанообразующих мікробів з оцтової та мурашиної кислоти, вуглецю та водню з'являється метан, вуглекислий газ та вода. 90% метану виконується на даному рубежі, при цьому 70% метану з'являється з оцтової кислоти. Таким чином, виховання оцтової кислоти (тобто III період та найменшою мірою II етап) вважається моментом, що визначає швидкість утворення метану. Метаноутворюючі бактерії найанаеробніші. У процесі розщеплення продукти перетравлення будь-якої групи бактерій виступають ситними препаратами для належної групи бактерій. Розщеплення органіки на окремі речовини і перетворення на метан може відбуватися тільки у зволоженому середовищі, оскільки бактерії можуть переробляти тільки препарати в розчиненому вигляді. Таким чином, для бродіння строгих субстратів є необхідність додавання води [11]. Пофазне розщеплення органіки відбувається нерівномірно, оскільки різні групи

бактерій працюють при різній швидкості. Найшвидше працюють кислотоутворюючі бактерії, які розщеплюють органіку вже в напрям часу від кількох годин до двох діб. При ідеальному випадку між фазами розщеплення уточнюється динамічна рівновага у зосередженні препаратів, саме між подачею калорійних препаратів та його розщепленням. Найчастішою помилкою вважається перегодовування бактерій швидко розщеплюється субстратом, що призводить до накопичення кислот внаслідок впливу кислотообразующих бактерій. У цьому може наступити досить різке зниження значення рН, якого витримають інші види бактерій. Крім того, надмірна концентрація виробленого препарати призводить до затримки підйому групи виробляють її бактерій. Динамічна рівновага ще орієнтується легкістю розщеплення субстрату. Цукор і крохмаль, наприклад, через свою нехитру структуру розщеплюються досить швидко і вимагають лише короткого часу перебування в ферментаторі. Чим складніше система субстрату, що довше триватиме розщеплення. Целюлоза і геміцелюлоза мають широко розгалужену структуру і розпадаються повільно. Лігнін (одревеснела речовина рослин), чисельність якого зростає з віком рослини, розкладається мікробами досить погано, тому що він показує стійкість навіть до кислот. Швидкість розщеплення субстратів надає прямий вплив на технічному рівні важливий час для бродіння. Таким чином, вже при плануванні типу і системи біогазової установки йде слідом чітко кваліфікувати, які субстрати будуть застосовуватися для бродіння. Якщо ферментатор поновити субстратом, то в результаті проходження деяких фаз процесу розщеплення біогаз буває помічена ретельно. Чисельність виробленого щодня біогазу збільшується до такого етапу, поки не буде досягнуто максимально. У цей час просто розкладається субстрат стане перероблений і мікробам залишаться тільки препарати, які непросто перетравлювати. Таким чином, кількість виробленого щодня газу буде знижуватися до тих пір, поки не буде розщеплений цілий дешевий тканину або поки субстрат неможливо буде розщеплювати далі. Це і є момент, коли кількість виробленого газу так мало, що довгострокове

наявність субстрату в ферментаторі більше безглуздо з фінансової точки зору. Тобто на практиці жодного разу не відбувається досконалого розщеплення органіки. Ефективний напрямок метанової ферментації органічних препаратів вимагає виконання чотирьох провідних умов:

- безкисневої атмосфери;
- відповідній температурі маси, що зброджується;
- слаболужної реакції середовища;
- наявності мікробів, які виробляють метан.

Виділення метану з ферментованого препарати буває тільки в анаеробних умовах, тобто за цей час, коли немає доступу повітря (повітря). Тому ферментація повинна проходити в спеціальних резервуарах, замкнутах ферментаційних відеокамерах і т.п. Досить необхідним моментом дієвого перебігу процесу ферментації вважається жар маси, що зброджується. За оптимальною температурою життєдіяльності метанообразующие бактерії можна розділити на 3 групи (рис. 1.2).

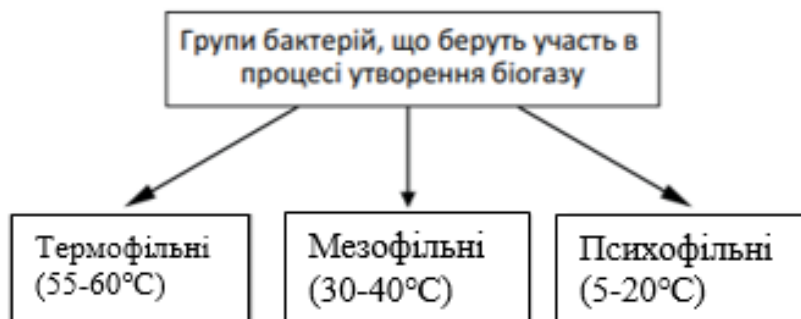


Рис. 1.2. Класифікація метаноутворюючих бактерій за температурним режимом

Термофільні бактерії більшу продуктивніші, ніж мезофільні. Через це, при такому числі виробництва біогазу в день, місткість ферментаційних резервуарів може бути значно менше. Разом з тим, враховуючи необхідність підтримки більш високої температури бродильної маси, витрата теплової енергії при реалізації термофільних процесів значно вище. При низькій температурі навколишнього середовища і недостатній ізоляції резервуара витрата теплової енергії може бути настільки велика, що виробленого біогазу

мало для обігріву бродильної маси. У цьому в європейських погодних умовах ферментаційні відеокамери зазвичай працюють у мезофільному діапазоні температур. Необхідною умовою забезпечення постійного перебігу біохімічних процесів метантенка вважається слабо-лужна реакція бродильного середовища, при цьому непоганим вважають рН рівня 6-8 (найкраще значення знаходиться в межах 7-7,5 рН). Досить лужна реакція сприяє ферментації через патогенне тління, але викликає непотрібне виділення сірководню. У дуже кислому середовищі (при ферментації домашніх відходів, відлень свиней) метанове бродіння може зупинитися з блокуванням виділення біогазу.

Велике значення у процесі бродіння мають дрібні організми. Для забезпечення метанової ферментації необхідно наявність метаногенних бактерій. Ці мікроорганізми розвиваються тільки в схвальних умовах - в анаеробному середовищі зі слаболужною реакцією. Для вдосконалення перебігу ферментації необхідно щеплення відповідних колоній бактерій. Краще ініціювати початок ферментації шляхом додавання вже ферментованого субстрату, тобто прищепити сировини бактерії відповідного штаму, реалізують цей процес. З метою уніфікації температури піддається ферментації органічного препарати, а також поширення бактерій в біомасі, проводять постійне її змішування. Змішування препарату, що зброджується, застерігає районну ферментацію, що викликається патогенами [12]. Таким чином, анаеробне зброджування з отриманням біогазу вважається важким біотехнологічним ходом, що вимагає подальшого поліпшення технологічного обладнання для забезпечення граничного виходу біогазу та збільшення фінансової продуктивності переробки рослинної біомаси та гною в органічні добрива.

1.3 Способи завантаження субстрату в метантенк

Відомі періодичний і поступовий методи завантаження субстрату в метантенк. При періодичному методі завантаження сировина поступає в метантенк 1 раз протягом всього періоду бродіння. Найбільший вихід біогазу спостерігається протягом декількох днів, після чого інтенсивність його генерації поступово знижується аж до повної зупинки. Час повного розкладання біомаси при анаеробному бродінні може складати 30-45 днів, однак в цьому випадку низький вихід біогазу не може забезпечувати прибуток біогазової установки. Поступовий спосіб завантаження сировини припускає щоденне завантаження малих порцій сировини. Процеси, метанового зброджування гноївки в метантенку, які відбуваються періодично в метантенку, повністю узгоджуються з процесами, що проходять при культивуванні мікроорганізмів в біореакторах, та ділять на кілька фаз. Розглянемо процес метанового бродіння сировини в метантенку, що має об'єм 30л на прикладі переробки гноївки великої рогатої худоби (ВРХ) при температурі 55°C. На першому етапі, після додавання нового субстрату, можна спостерігати лаг-фазу, або фазу пьд час якої мікроорганізми звикають до нових умов. У метантенк додається від половини до третьої частини його об'єму гноївки, та така сама біошламу зливається. Метанові бактерії, що залишилися в «затравочній» порції субстрату у метантенку, деякий період часу мають звикнути до нового субстрату. В даній ситуації, такий тривалий період лаг-фази зумовлений тим, що до нової заправки в якості субстрату у метантенку був курячий послід, який розвели водою, а температура зброджування була 400°C. У разі додавання до метантенку однотипного субстрату за умови температурний режим не буде змінений час лаг-фази значно зменшується. Після звикання бактерій до нових умов, починається активний ріст та розмноження бактерій, виділяючи при цьому значну кількість біогазу. Процес переходить в експотенціальну (логарифмічну) фазу (період з 4 по 8 день зброджування). По мірі закінчення поживних властивостей субстрату та накопичення в ньому продуктів обміну, швидкість росту

зменшується та процес переходить у фазу в якій ріст уповільнюється (період з 8 по 15 день) і далі в стаціонарну фазу, де процеси розділення та відмирання бактерій в популяції проходить у динамічній рівновазі (період з 15 по 20 добу). Коли поглинання поживних речовин в субстраті та накопичення продуктів метаболізму преходять порогові концентрації, починається фаза в якій бактерії відмирають і їх число поступово зменшується в популяції. Відповідно, зменшується і об'єм виробленого біогазу. Стадія фази відмирання відповідає часу з 20 по 35 добу (рис 1.3). Якщо до складу субстрату входить декілька компонентів, може спостерігатись явище діауксії, явище коли бактерії виробили один компонент субстрату, починають житися іншим компонентом. В даному випадку спостерігається один пік максимального виходу біогазу

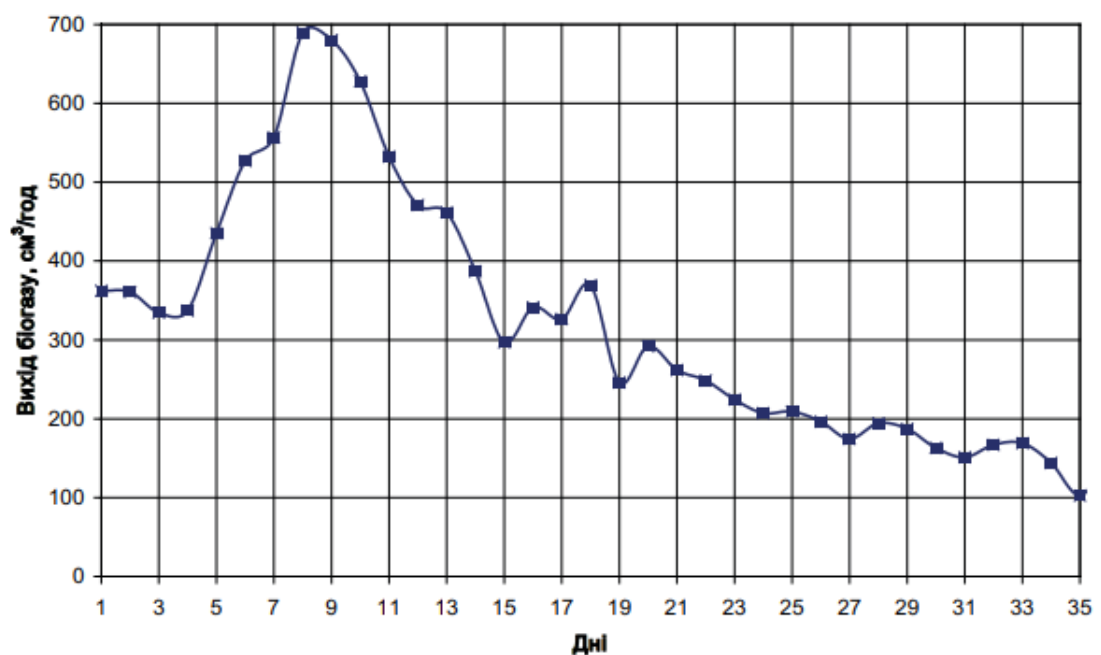


Рис. 1.3 Процес метанового зброджування гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 550°C

Дефекти повторюваного анаеробного методу зброджування біомаси, коли етап дієвого виготовлення біогазу відбувається тільки в межах 7-8 днів під час протікання логарифмічної фази і частини фази затримки зростання при подальшому поступовому зниженні значення виходу біогазу, відсутні при дозування метантенк невеликими порціями і дозованого відлучення біошламу

досягається постійна робота біореактора при логарифмічній фазі зброджування, що істотно підвищує ефективність виробництва біогазу [13; 14]. Для рівномірного розподілу виходу біогазу в часі використовується постійна подача субстрату в метантенк, при якій субстрат сервірується в напрямку дня величезною кількістю незначних порцій з одночасним видаленням відпрацьованого біошламу. При цьому кожна нова порція завантаженого в метантенк субстрату буде створювати індивідуальний максимум виходу біогазу. Максимуми від будь-якої порції завантаженого субстрату будуть створювати артільний вихід біогазу з метантенка, який буде значно перевищувати вихід біогазу при завантаженні, що повторюється. Причому чим частіше будуть завантажуватися нові порції субстрату, що більш рівномірним стане артільний вихід біогазу.

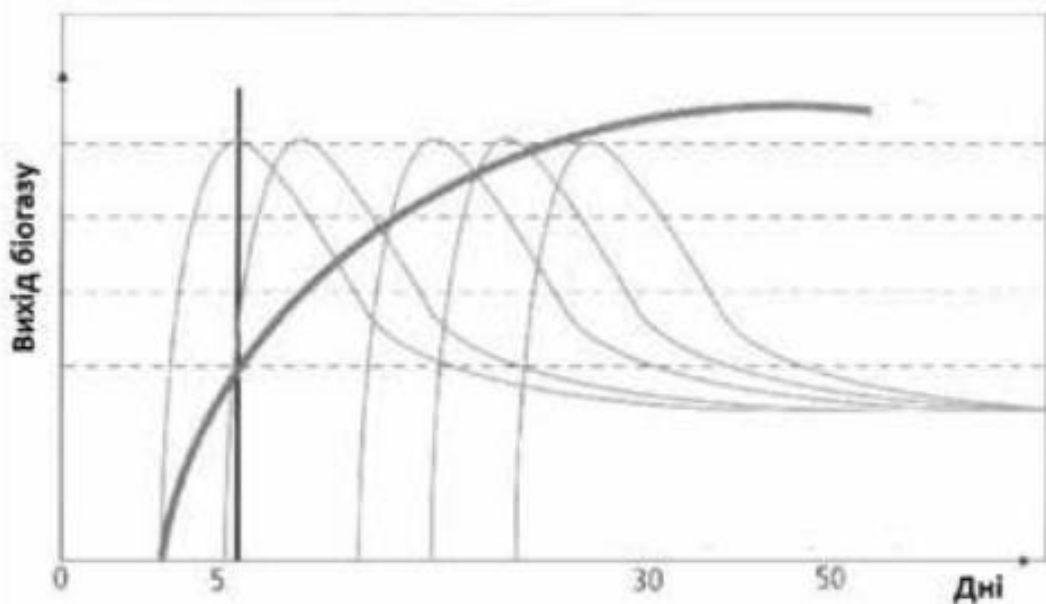


Рис. 1.4 Схематичне зображення формування виходу біогазу при безперервному завантаженні субстрату в метантенк

Підсумки вивчення генерації біогазу при поступовому завантаженні субстрату наведено на рис. 1.4, з якого видно, що бродіння сполучається з двома піками граничного виходу біогазу. Початок відліку збігається з першим піком, після чого починається згасання генерації біогазу, і на шостий день бродіння є 2 пік генерації біогазу. На 8 день бродіння вихід біогазу

стабілізується і в подальші дні є порівняно рівномірне генерування біогазу з незначним збільшенням його виходу в часі. При підвищенні кількості завантажень субстрату у напрямі дня і ночі відмінності виходу біогазу від середнього сенсу зменшуватимуться (рис. 1.5) [15].

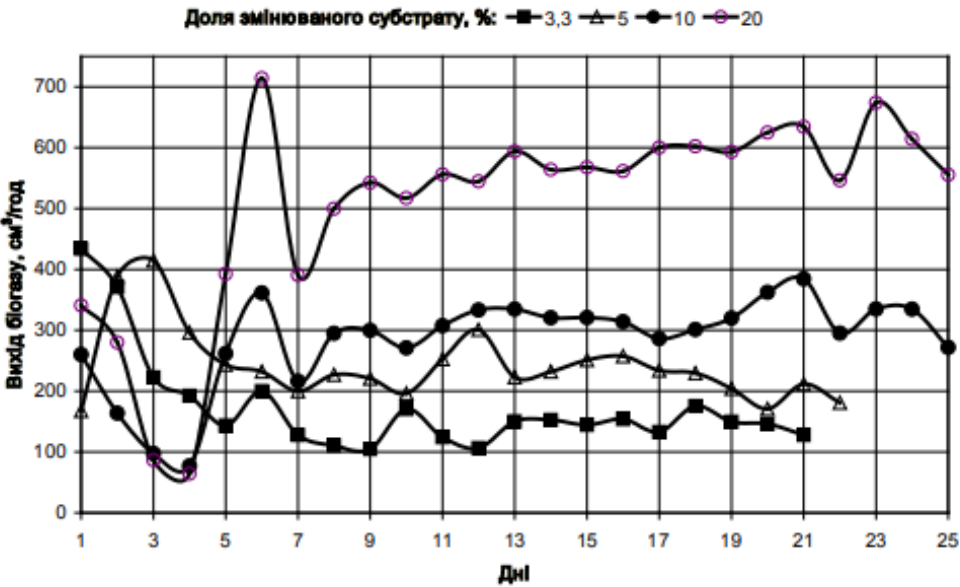
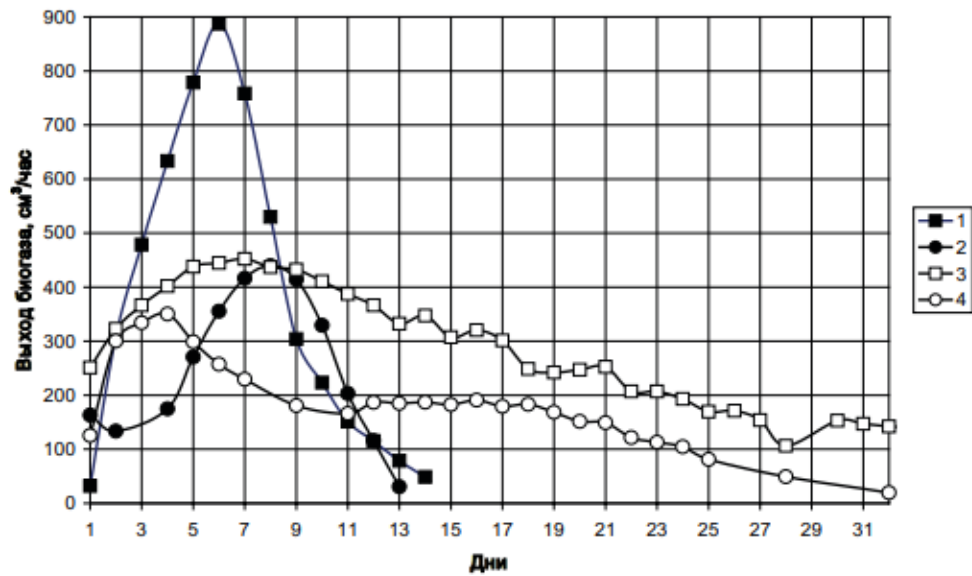


Рис. 1.6 Генерация біогазу при поступовому завантаженні субстрату

Косубстратами це речовини, що додаються до основного субстрату щоб інтенсифікувати процес бродіння. В якості косубстратів при дослідженні застосовувалися крохмаль і гліцерин. Результати досліджень показали, що використання косубстратів веде до різкого збільшення інтенсивності метанового зброджування

Доля заміненого субстрату, %	1	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Вихід біогазу, л/(кгЧ	3	1,8	7,8	13,8	19,8	25,8	31,9	37,9	43,9	49,9	55,9	61,9

Рис. 1.6 Розрахункові прогнозовані значення середнього виходу біогазу при бродінні гною ВРХ з додаванням 3% гліцерину від маси гною ВРХ

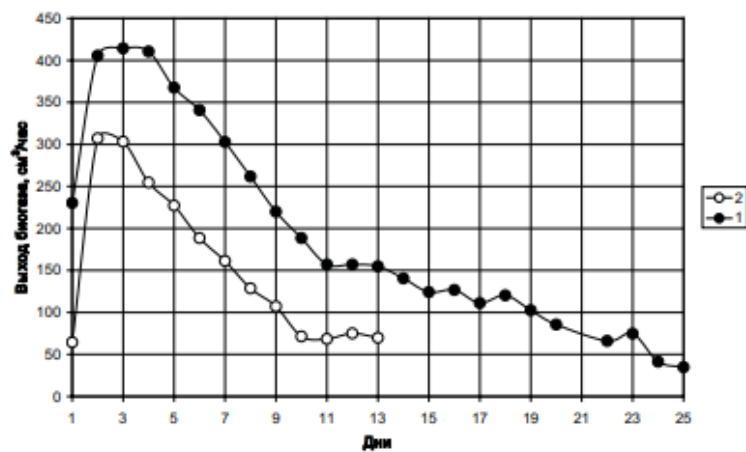


1 – з додаванням 0,1 л неочищеного гліцерину при температурі бродіння 500°C; 2 – з додаванням крохмалю при температурі бродіння 400°C; 3 – без косубстратів при температурі бродіння 500°C; 4 – без косубстратів при температурі бродіння 400°C

Рис. 1.7 Вихід біогазу при метановому зброджуванні гноївки ВРХ при використанні косубстратів і без них

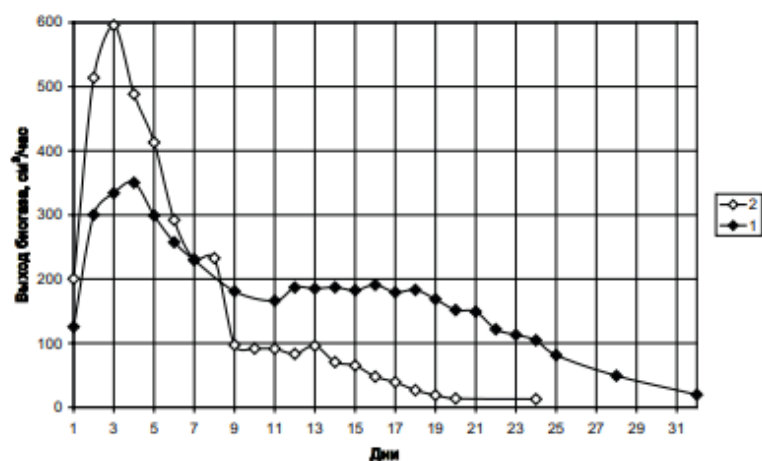
1.3 Вплив виду субстрату та його перемішування на вихід біогазу

Вивчення впливу гною ВРХ на вихід біогазу приймався до уваги корм: в одному випадку основу корму становили концкорми і сіно, в іншому - трава. Вивчення впливу годування ВРХ на вихід біогазу. За наявності в гною великого числа неперетравленої целюлози та геміцелюлози вихід біогазу зменшується в 1,7 раза. При застосуванні як субстрату курячого посліду в порівнянні з гною КРХ вихід біогазу швидко зростає.



1 – при кормлінні ВРХ сіном і концентратами; 2 – при кормлінні ВРХ грубими кормами (соломою)

Рис. 1.8 Вихід біогазу при метановому зброджуванні гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 400°C



1 – гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 400°C; 2 – курячого посліду вологістю 73% при температурі 400°C

Рис. 1.9 Вихід біогазу при метановому зброджуванні різних субстратів без перемішування

Також, при зброджуванні курячого посліду, на відміну гною ВРХ, є підвищений вихід сірководню, про що говорить властивий запах, а вихід метану видно менше. Отже, перші 10 діб біогаз взагалі не палає, відповідні кілька днів горіння є, але досить погане, з перервами, часто горіння зупиняється. При застосуванні як субстрату суміші гною ВРХ і курячого посліду вихід біогазу, в порівнянні зі зброджуванням чистого гною ВРХ, збільшується, але вміст метану в цьому біогазу низький. Так, при температурі бродіння 550°C та 500°C справжнє горіння біогазу є лише на 7 день роботи метантенка, при 450°C та 350°C – на 4 добу. Горіння біогазу, інтелектуального при зброджуванні гною ВРХ, в більшості експериментів спостерігалось з першого дня зброджування, рідко коли фіксували відсутність його горіння під час перших двох днів [16]. При дослідженні впливу змішування субстрату на вихід біогазу як субстрат застосовувався гній ВРХ. На одному реакторі змішування не виконувалося, другого разу на день виконувалося змішування субстрату.[14].

1.4 Постановка мети і задач дослідження

Видалення сірководню та вуглекислого газу з суміші з метаном способом хімічної абсорбції водним розчином моноетаноламіна можна використовувати під час очищення природного газу, у виробництві конвертованого газу за допомогою каталітичної конверсії окису вуглецю. В промисловості щоб провести процес хемосорбції конвертованого газу використовують на-садкові абсорбери, барботажні абсорбери з високошаровими тарілками, абсорбери які мають частково затоплену насадку. Продуктивність за конвертованим газом абсорберів з частково затопленою насадкою близько 50000 м³/год, бар-ботажних абсорберів з високошаровими тарілками близько 200000 м³/год, насадкових абсорберів приблизно 100000 м³/год [17]. В біогазових установках які мають середню продуктивність за біогазом (500–1000) м³/год, низькі витрати газової фази не можуть забезпечити максимально ефективний гідродинамічний режим роботи в абсорберах тих типових розмірів і конструкцій, які випускаються машинобудівною промисловістю. В результаті це викликає необхідність розробки нових конструкцій. Ефективний гідродинамічний режим роботи в абсорберах щоб провести процес хемосорбції можна забезпечити створенням розвиненої міжфазної поверхні. Проаналізувавши літературні джерела та попередні теоретичні дослідження можна побачити, що розвинену міжфазну поверхню можна створити в абсорберах з механічними перемішуючим пристроєм і барботером

1.5 Висновки

Наразі Україна перебуває на початковій стадії впровадження відновлюваної енергетики, недостатньо досліджено науково-технічні та економічні питання виробництва та використання біогазу. Тому особливо важливо вивчати зарубіжний досвід з цих питань та ознайомити з ним українські сільськогосподарські підприємства.

Без змішування біомаси в реакторі, через певний період часу, через різницю в щільності різних мінералів і органічних компонентів, а також через флотацію частинок під час процесу виходу газу, біомаса відокремлюється і утворює шар. Великі анаеробні бактерії Частина біомаси знаходиться внизу реактора, а органічна частина біомаси субстрату скоплюється у верхній частині реактора. Наслідком цього є те, що площа контакту між анаеробними бактеріями та біомасою субстрату обмежена прикордонним шаром цих частин реактора. Плаваючі оболонки з твердої органічної речовини також можуть перешкоджати виділенню біогазу. Субстрат змішують, щоб сприяти контакту анаеробних бактерій з біомасою субстрату, але слід уникати насильницького змішування, оскільки це може призвести до зупинки анаеробного бродіння, руйнуючи симбіотичний зв'язок між ацетогеном і метаногеном. На практиці компроміс можна досягти за допомогою повільного обертання перемішуючих пристроїв або їх короткого часу роботи [13].

Коли використовується проточний реактор, невелика частина свіжої біомаси, що подається в реактор, може бути негайно вивантажена з реактора. Найкращий спосіб вирішити цю проблему — подавати невелику частину субстрату в реактор кілька разів на день і використовувати кілька реакторів, що працюють паралельно і послідовно..

Під час процесу біодеградації в реакторі вивільняються деякі тверді мінеральні включення, що містяться в фекальній матриці. Відкладення корисних копалин зменшують корисний об'єм реактора. Досвід експлуатації реактора біогазової установки показує, що половина існуючого реактора

заповнена мінеральним шламом, який можна видалити екскаватором лише після повної зупинки процесу бродіння.

Тому вдосконалення існуючого біореактора та його нормальна робота забезпечить більш ефективне виробництво біогазу та електроенергії на його основі.

2. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Опис експериментальної установки

Мета дослідження: Вивчити здатність розчину моноетаноламіну поглинати вуглекислий газ шляхом хімічної адсорбції.

З метою дослідження процесу масообміну при хімічній адсорбції розчину моноетаноламіну та вуглекислого газу розроблено експериментальний прилад, який відображає процес збагачення біогазу розчином MEA.

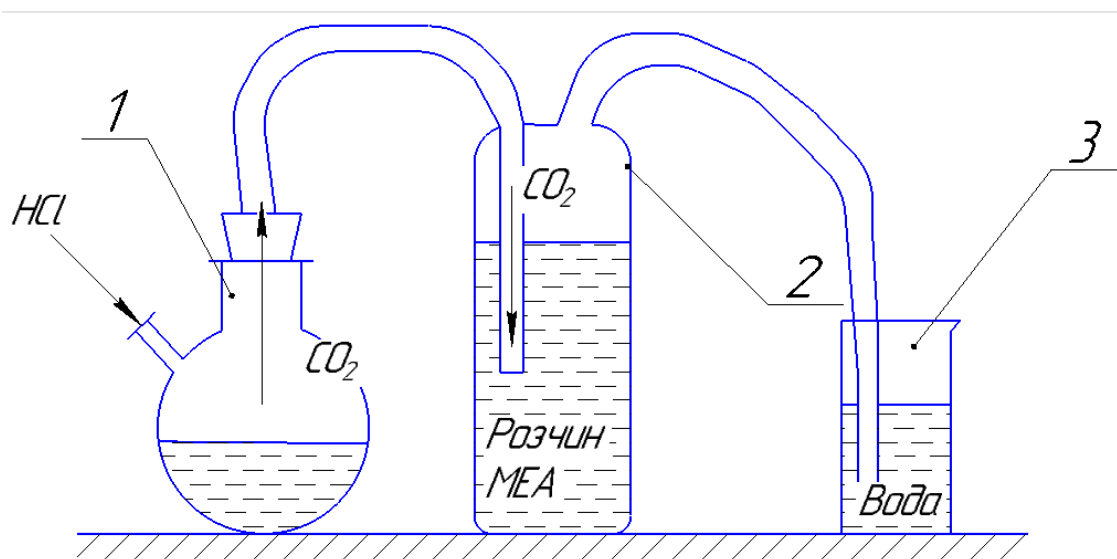


Рис. 2.1 – Ескіз експериментальної установки

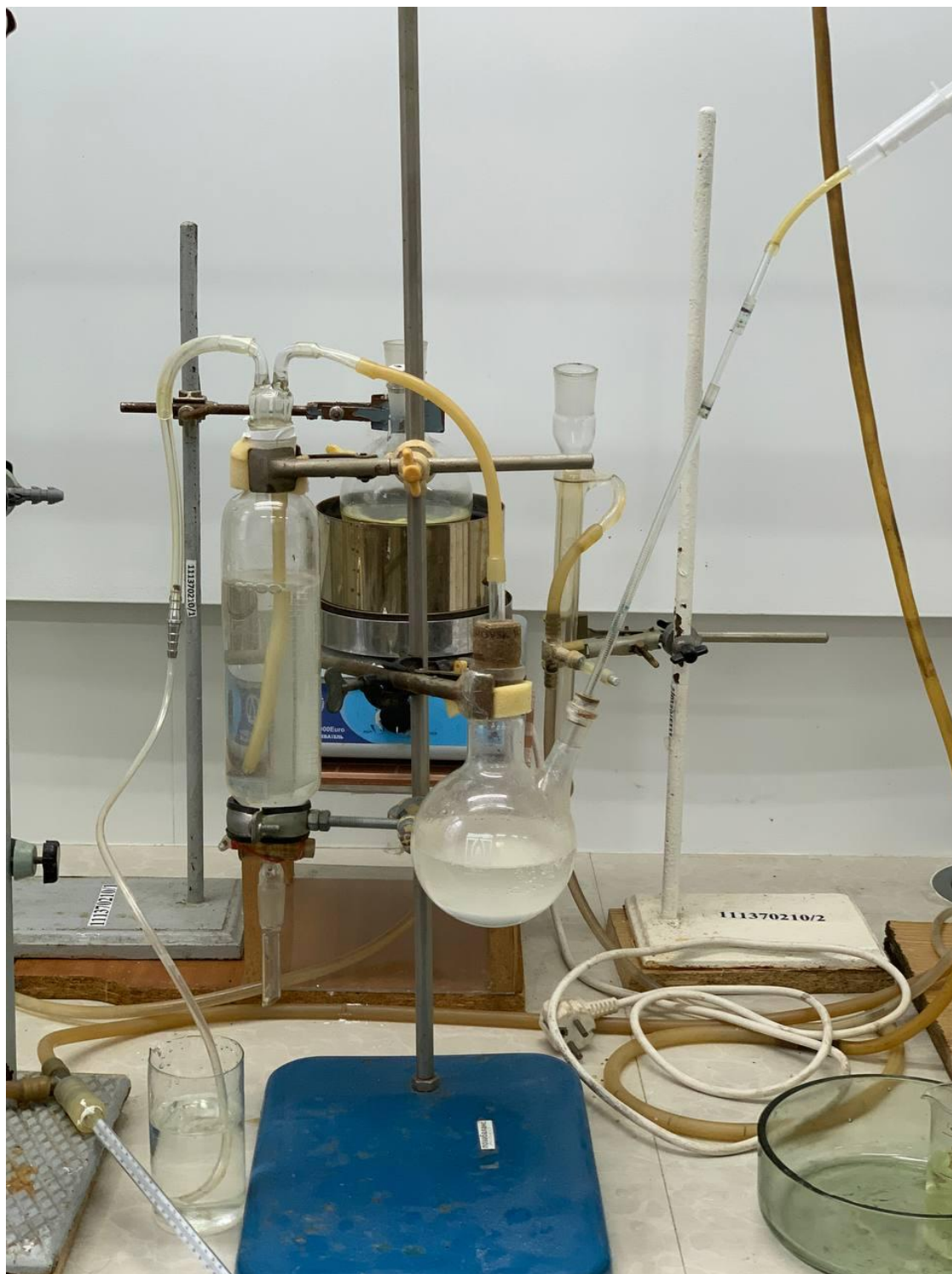


Рис. 2.2 – Фото експериментальної установки

Пристрій складається з колби для отримання CO_2 1, колби насиченої CO_2 розчином MEA 2, і мірного циліндра 3, наповненого водою.

Принцип роботи експериментального пристрою такий: у колбу, що містить водний розчин гідрокарбонату натрію, через герметичну трубку вводять 35% розчин соляної кислоти HCl для отримання CO₂

1. Харчова сода реагує з соляною кислотою з утворенням хлориду натрію NaCl і вивільнення великої кількості діоксиду водню, який потім направляється в колбу для насичення CO₂ MEA

2. Під час процесу хімічної адсорбції вуглекислий газ повністю поглинається MEA. Для контролю втрат CO₂, які можуть бути викликані перенасиченням розчину MEA або надмірною реакцією $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, встановлено вимірювальний циліндр 3, наповнений водою.

2.2 Методика проведення експерименту

Для проведення експерименту необхідно заздалегідь підготувати експериментальне обладнання та розчини, які будуть використані в експерименті:

1) У колбу 1 насипте необхідну кількість харчової соди. Кількість розраховується за реакцією $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ залежно від кількості CO_2 , необхідної для досліду, і розводиться невеликою кількістю води.

Для досліду потрібно 15 грам NaHCO_3 і 15,3 мілілітрів 35% розчину HCl , в результаті виходить 4,5 літра CO_2 . Ця кількість CO_2 поглине 200 мілілітрів 15% водного розчину ІЕА.

2) Під'єднайте колбу 1 до штатива і закрийте її пробкою. Пробка має отвір для з'єднання колби 1 з колбою 2 через сполучну трубку.

3) Залити в колбу 2:

1. 170 мл води та 30 мл моноетаноламіну дають 15 % розчин МЕА.

2. 160 мл води та 40 мл моноетаноламіну для отримання 20% розчину МЕА.

3. 140 мл води та 60 мл моноетаноламіну дають 30 % розчин МЕА.

4) Колба 2 закріплена на штативі.

5) З'єднайте колбу 1 і колбу 2 з'єднувальною трубкою і закрийте пробкою.

6) У градуйований циліндр 3 ємністю 150 мл налити воду, заповнити градуйований циліндр до 0,7 об'єму і з'єднати його з трубкою колби 2 сполучною трубкою.

7) Розведіть 35% водний розчин соляної кислоти невеликою кількістю води, щоб виключити випаровування кислоти.

Після підготовки розчинів, необхідних для установки та експерименту, виконайте наступні пункти:

1) Наберіть лабораторною піпеткою водний розчин HCl і закріпіть його в пробірці колби 2 і закупоріть пробкою.

2) Повільно відіжміть розчин HCl з лабораторної піпетки, щоб кислота потрапила до розчину бікарбонату натрію, реакція виділяє CO_2 , а потім увійдіть у колбу з водним розчином MEA через сполучну трубку 2.

У колбі 2 вуглекислий газ поглинається розчином MEA внаслідок хімічної адсорбції. Після того, як хлористоводнева кислота в лабораторній піпетці та колбі 2 закінчилася, видно, що виділення CO_2 припинилося. Він не буде насиченим, тому CO_2 , що проходить через насичений розчин MEA, впаде.

3. Вставте з'єднувальну трубку в градуйований циліндр.

1) Після повного насичення відпрацьований розчин MEA засипаємо мембранами та залишаємо їх на 24 години для поглинання моноетаноламіну. Мембрани поглинатимуть моноетаноламін, а CO_2 , який був увібраний розчином MEA випарується, завдяки відбудеться відновлення MEA.

2.3 Методика обробки результатів досліду

На рис 2.3 видно що в результаті досліду утворився осад.

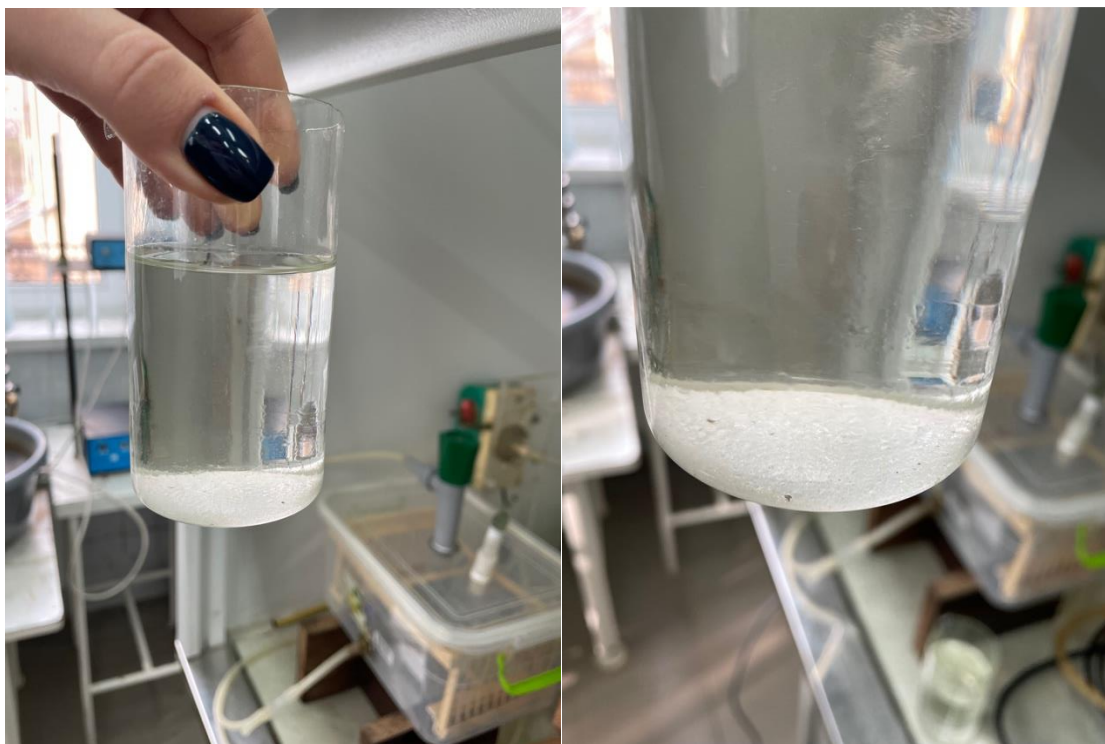


Рис. 2.3 Осад, що утворився в результаті експерименту

Відфільтрували через фільтрувальний папір, як показано на рис 2.4



Рис. 2.4 Процес фільтрації осаду

Після того, як весь осад був відфільтрований через фільтрувальний папір, його висушили в сушильній шафі. Далі зважуємо осад, що утворився

2.4 Результати досліджень

На рис 2.5 показано як відбувається процес зважування осаду, та скільки грамів ми в результаті отримуємо



а)

б)

Рис 2.5 Процес зважування осаду, що утворився

Фільтр 1: маса фільтра (0,77 г) + висушений осад = 0,87 г

Фільтр 2: маса фільтра (0,65 г) + висушений осад = 0,68 г

Отже, отримано $(0,87-0,77)+(0,68-0,65) = 0,1 + 0,03 = 0,13$ г

За результатами експерименту CO_2 був повністю поглинутий розчином МЕА, це підтверджує теоретичні дослідження і аналіз літературних джерел. При насиченні розчину моноетаноламіну, як видно з рис. 2.4, утворюється осад, який можна пояснити карбонізацією розчину під час процесу хемосорбції. Також була встановлена залежність, що з збільшенням концентрація моноетаноламіну в розчині, зменшується ступінь карбонізації.

2.5 Висновки

1. Було проведено дослідження яке показує здатність розчину МЕА поглинати вуглекислий газ в результаті хемосорбції.
2. Спроекована експериментальна установка, що відображає процес збагачення біогазу розчином моноетаноламіну. Установка складається з колби для отримання CO_2 , колби для насичення CO_2 розчином моноетаноламіну і мірного циліндра, що заповнений водою.
3. В результаті проведення експерименту було встановлено, що вуглекислий газ CO_2 був повністю поглинутий розчином МЕА, що підтверджує аналіз літературних джерел та теоретичні дослідження .
4. Встаовили, що при насиченні розчину моноетаноламіну утворюється осад. Це пояснюється карбонізацією розчину під час процесу хемосорбції. Також встановили залежність, що зі збільшенням концентрації моноетаноламіну в розчині, зменшується ступінь карбонізації.
5. Також було проведено дослідження процесу відновлення розчину моноетаноламіну полімерним адсорбентом. При взаємодії з полімерним адсорбентом на поверхні адсорбенту спостерігається утворення бульбашок CO_2 . З нашої точки зору це пов'язано з виникненням фізичного зв'язку між молекулами RNH_2 з матеріалом полімерного адсорбенту і послаблення зв'язку з радикалом $\text{R}(\text{OHCH}_2\text{CH}_2)$ та іонами NH_2 . При відкриванні колби бульбашки спливають на поверхню. Дане явище потребує більш суттєвих дослідів.

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Матеріальний баланс

Кількість розчину моноетаноламіну, що циркулює в системі абсорбер-десорбер в одиницю часу, знаходиться в залежності від витрат сировини $V_c = 500 \text{ м}^3/\text{год}$ та сумарного складу кислих компонентів:

$$y_k = y_{H_2S} + y_{CO_2} = 40; \quad (3.1.1)$$

де y_{H_2S} , y_{CO_2} – склад кислих компонентів в газовій сировині, %(об.).

Кількість розчину МЕА в одиницю часу:

$$V_p = \frac{1091 \cdot 4}{1018} = 4,287 \text{ м}^3/\text{год}; \quad (3.1.2)$$

Тоді:

$$A_p = V_p \cdot \rho_p = 4,287 \cdot 998 = 4278,43 \text{ кг/год}; \quad (3.1.3)$$

При цьому ρ_p – густина 15%-вого водяного розчину МЕА при температурі входу в апарат $t_p = 44 \text{ }^\circ\text{C}$.

Кількість метану, що розчиняється в одиницю часу [18]:

$$V_{CH_4} = \alpha_{CH_4} \cdot V_{H_2O} \cdot \frac{273}{t+273}; \quad (3.1.4)$$

де α_{CH_4} – розчинність метану в воді при температурі t та нормальному тиску, $\text{м}^3/\text{м}^3$; V_{H_2O} – об'ємні витрати води в водяному розчині МЕА.

$$V_{CH_4} = 0,02369 \cdot 0,0782 \cdot \frac{273}{42+273} = 0,438 \text{ м}^3/\text{год}; \quad (3.1.5)$$

Витрати метану, CO_2 в очищеному газі:

$$V_{CH_4}^o = V_{CH_4}^c - V_{CH_4} = 300 - 0,438 = 299,562 \text{ м}^3/\text{год}; \quad (3.1.6)$$

$$V_{CO_2}^o = V_{CO_2}^c \cdot y_{CO_2} = 200 \cdot 0,007 = 1,4 \text{ м}^3/\text{год}; \quad (3.1.7)$$

де $y_{CO_2} = 0,007$ – вміст CO_2 в очищеному газі, об.д.;

Витрати газів, поглинутих розчином МЕА[18]:

$$G_{CH_4} = \frac{V_{CH_4}^o \cdot M_{CH_4}}{22,4} = \frac{299,562 \cdot 16}{22,4} = 213,97 \text{ кг/год}; \quad (3.1.8)$$

$$G_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}^o \cdot M_{CO_2}}{22,4} = \frac{1,4 \cdot 44}{22,4} = 2,75 \text{ кг/год}; \quad (3.1.9)$$

$$G_i = G_{CH_4} + G_{CO_2} = 216,72 \text{ кг/год}; \quad (3.1.10)$$

$$G_{ci}^{CH_4} = \frac{300 \cdot 16}{22,4} = 214,29 \text{ кг/год}; \quad (3.1.11)$$

$$G_{ci}^{CO_2} = \frac{200 \cdot 44}{22,4} = 392,86 \text{ кг/год}; \quad (3.1.12)$$

$$G_{ci} = G_{ci}^{CH_4} + G_{ci}^{CO_2} = 214,29 + 392,86 = 607,15 \text{ кг/год}; \quad (3.1.13)$$

$$G_k = G_{ci} - G_i = 607,15 - 216,72 = 390,43 \text{ кг/год}. \quad (3.1.14)$$

Витрати насиченого кислими компонентами водяного розчину МЕА[4]:

$$A_n = A_p + G_k = 4278,43 + 390,43 = 4668,86 \text{ кг/год}. \quad (3.1.15)$$

3.2 Тепловий баланс

Тепловий баланс абсорбера складається з знаходження температури, при якій насичений розчин МЕА виводиться з апарату. Рівняння теплового балансу має вигляд[18]:

$$Q_{Vc} + Q_{Ap} + Q_a = Q_V + Q_{An}; (3.2.1)$$

де Q – кількість теплоти відповідного матеріального потоку, κBm ; Q_a – кількість теплоти, що виділяється при абсорбції компонентів, κBm .

Кількість теплоти, що вноситься в апарат газовою сировиною при температурі $t_c = 42^\circ C$, дорівнює:

$$Q_{Vc} = G_{ci} \cdot H_{t_c}^r; (3.2.2)$$

де $H_{t_c}^r$ – ентальпія газу при температурі надходженні в апарат, $\kappa Дж/кг$.

Ентальпія газової суміші розраховується за формулою:

$$H_{t_c}^r = H_{cm(0)} - \Delta H_{cm}; (3.2.3)$$

де $H_{cm(0)}$ – ентальпія ідеальної газової суміші, $\kappa Дж/кг$; ΔH_{cm} – поправка на тиск, $\kappa Дж/кг$.

Ентальпія $H_{cm(0)}$ знаходиться за формулою:

$$H_{cm(0)} = H_{CH_4} \cdot y_{CH_4} + H_{CO_2} \cdot y_{CO_2} = 652,9 \cdot 0,6 + 230,9 \cdot 0,4 = 484,1 \text{ } \kappa Дж/кг; (3.2.4)$$

Поправка на тиск розраховується за формулою:

$$\Delta H_{cm} = \frac{R \cdot T_{п.кр.}}{M_{cm}} \cdot (\Delta H^{(0)} + \omega_{cm} \cdot \Delta H^{(1)}); (3.2.5)$$

де $R=8,315 \text{ } \kappa Дж/(кмоль \cdot K)$ – універсальна газова стала; $T_{п.кр.}$ – псевдо критична температура, K ; $M_{cm} = \frac{16+44}{2} = 30$ – середня мольна маса газу, що поступає в апарат; $\Delta H^{(0)} = 2,515$ та $\Delta H^{(1)} = 0,628$ – поправки на тиск для ентальпії; $\omega_{cm} = 0,0076 + 0,00046 = 0,00806$ – фактор ацентричності суміші.

$$T_{п.кр.} = 143,6 + 0,61 = 144,21 \text{ } K; (3.2.6)$$

$$\Delta H_{cm} = \frac{8,315 \cdot 144,21}{30} \cdot (2,515 + 0,00806 \cdot 0,628) = 100,73 \text{ } \kappa Дж/кг; (3.2.7)$$

$$H_{t_c}^r = H_{cm(0)} - \Delta H_{cm} = 484,1 - 100,73 = 383,37 \text{ } \kappa Дж/кг; (3.2.8)$$

$$Q_{Vc} = G_{ci} \cdot H_{t_c}^r = 607,15 \cdot 383,37 = 232763,1 \text{ } \kappa Дж/год; (3.2.9)$$

$$Q_V = G_i \cdot H_t^r; (3.2.10)$$

$$H_t^r = H_{\text{см}(0)} - \Delta H_{\text{см}} = 652,9 - 188,86 = 464,04 \text{ кДж/кг}; (3.2.11)$$

$$H_{\text{см}(0)} = H_{\text{CH}_4} \cdot y_{\text{CH}_4} = 652,9 \cdot 1 = 652,9 \text{ кДж/кг}; (3.2.12)$$

$$\Delta H_{\text{см}} = \frac{8,315 \cdot 144,21}{16} \cdot (2,515 + 0,00806 \cdot 0,628) = 188,86 \text{ кДж/кг}; (3.2.13)$$

$$Q_V = 216,72 \cdot 464,04 = 100566,7 \text{ кДж/год}. (3.2.14)$$

Приход теплоти з регенерованим водяним розчином МЕА:

$$Q_{Ap} = A_p \cdot H_{t_a}^{\text{ж}}; (3.2.15)$$

де $H_{t_a}^{\text{ж}}$ – ентальпія розчину МЕА при температурі $t_a = 44^\circ\text{C}$, кДж/кг.

Ентальпія в цьому випадку розраховується за формулою:

$$H_{t_a}^{\text{ж}} = c \cdot t_a; (3.2.16)$$

де c – теплоємність водного розчину МЕА кДж/(кг·°C).

З графіка $c = 3,97 \text{ кДж/(кг·°C)}$.

Тоді:

$$H_{t_a}^{\text{ж}} = 3,97 \cdot 44 = 174,7 \text{ кДж/кг}. (3.2.17)$$

$$Q_{Ap} = 4278,43 \cdot 174,7 = 747441,7 \text{ кДж/год}; (3.2.18)$$

Кількість теплоти, що виділяється в одиницю часу при абсорбції CO_2 в 15%-вому розчині МЕА розраховується за формулою:

$$Q_a = G_k \cdot q_a; (3.2.19)$$

де q_a – теплота хемосорбції, яка для CO_2 дорівнює $q_a = 467 \text{ кДж/кг}$.

$$Q_a = G_k \cdot q_a = 390,43 \cdot 467 = 182330,8 \text{ кДж/год}; (3.2.20)$$

$$Q_{Vc} = \frac{232763,1}{3600} = 64,66 \text{ кВт}; (3.2.21)$$

$$Q_{Ap} = \frac{747441,7}{3600} = 207,62 \text{ кВт}; (3.2.21)$$

$$Q_a = \frac{182330,8}{3600} = 50,65 \text{ кВт}; (3.2.22)$$

$$Q_V = \frac{100566,7}{3600} = 27,94 \text{ кВт}; (3.2.23)$$

$$Q_{AH} = Q_{Vc} + Q_{Ap} + Q_a - Q_V = 64,66 + 207,62 + 50,65 - 27,94 = 295 \text{ кВт}; (3.2.24)$$

Отже:

$$H_{t_H}^{\text{ж}} = \frac{3600 \cdot Q_{A_H}}{A_H} = \frac{3600 \cdot 295}{4668,86} = 227,46 \text{ кДж/кг. (3.2.25)}$$

Температуру насиченого абсорбера знайдемо з рівняння:

$$H_{t_H}^{\text{ж}} = c \cdot t_H, \text{ (3.2.27)}$$

Звідки

$$t_H = \frac{H_{t_H}^{\text{ж}}}{c}. \text{ (3.2.28)}$$

Перепад температур розчину МЕА в промислових абсорберах аміної очистки газів в залежності від складу кислих компонентів в сировині та ступеня очистки може досягати 70 °С. Для врахування залежності теплоємності насиченого абсорбенту від температури, прийmemo, що температура насиченого абсорбенту на 12 °С вище температури регенованого розчину:

$$t_H = 44 + 12 = 56 \text{ °С; (3.2.29)}$$

З графіку видно, що при температурі $t_H = 56 \text{ °С}$ знайдемо, що

$$c = 4,03 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°С)}.$$

Тоді:

$$t_H = \frac{227,46}{4,03} = 56,44 \text{ °С. (3.2.30)}$$

Знайдена величина не відрізняється від прийнятої температури

$$t_H = 56 \text{ °С.}$$

4. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ АБСОРБЕРА

4.1 Вибір програмного забезпечення та побудова моделі

Метою моделювання є визначення товщини стінок конструктивних елементів та їх перевірка на міцність

У пакеті SolidWorks була спроектована конструкція розпилювального з використанням реальних фізичних властивостей матеріалів було проведено дослідження конструктивних елементів на міцність та стійкість за заданим тиском $P = 0,1$ МПа. Вихідні дані для розрахунку конструкції на міцність подано у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 вихідні дані для розрахунку на міцність

Матеріал апарату	Габаритні розміри апарату, мм			Маса апарату, кг	Надлишковий тиск, МПа
	Довжина	Ширина	Висота		
Сталь 09Г2С	1480	1330	5010	1590	0,1

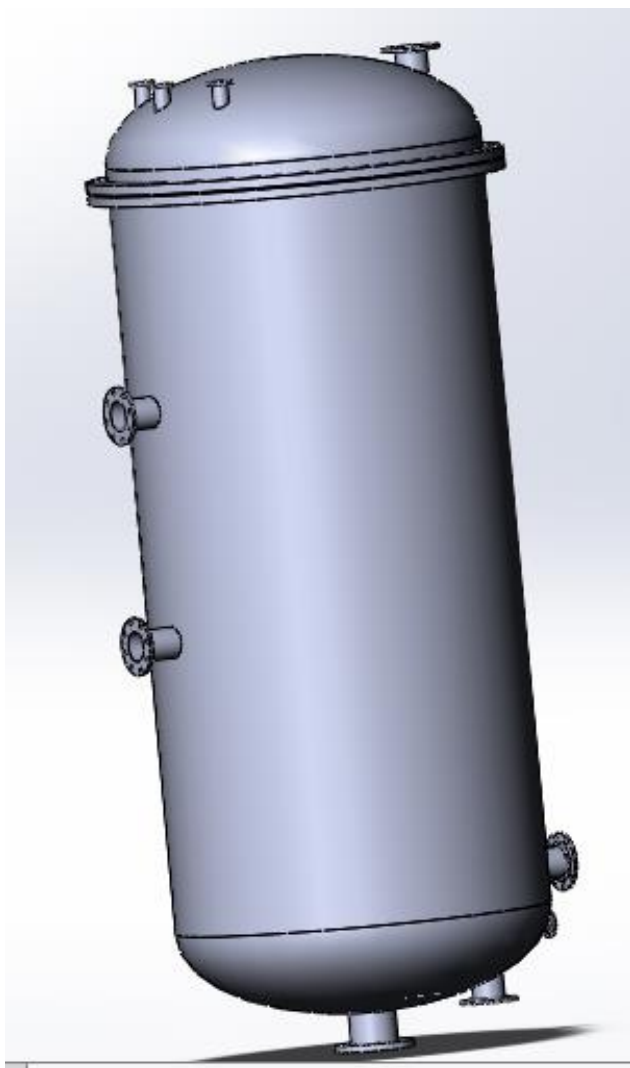


Рис 4.1 3D – модель абсорбера

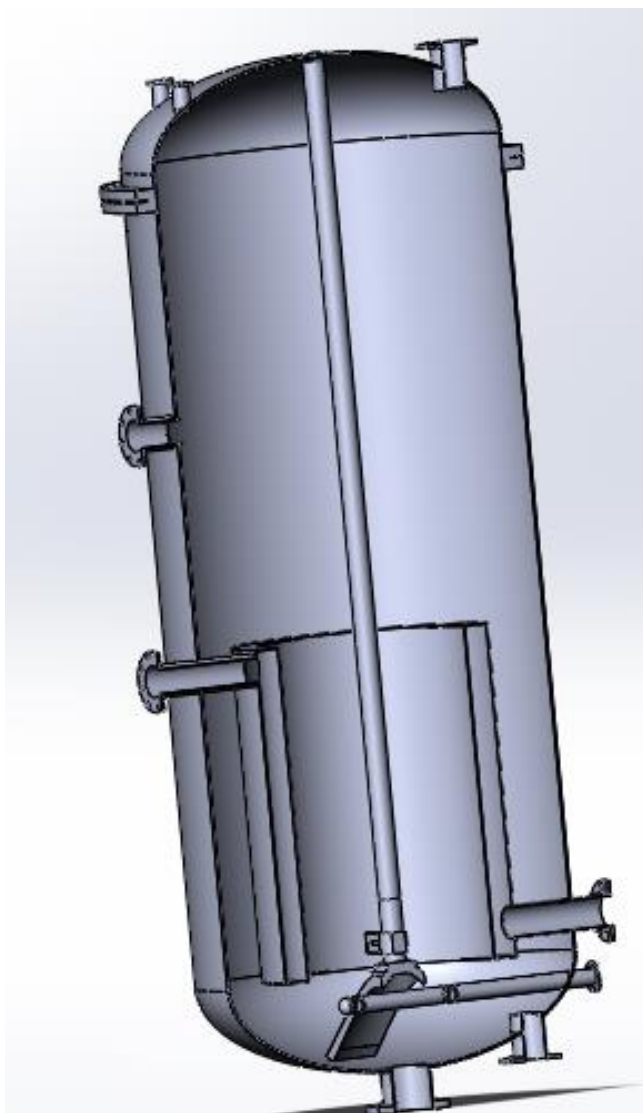


Рис 4.2 3D – модель абсорбера в розрізі

4.2 Аналіз результатів моделювання

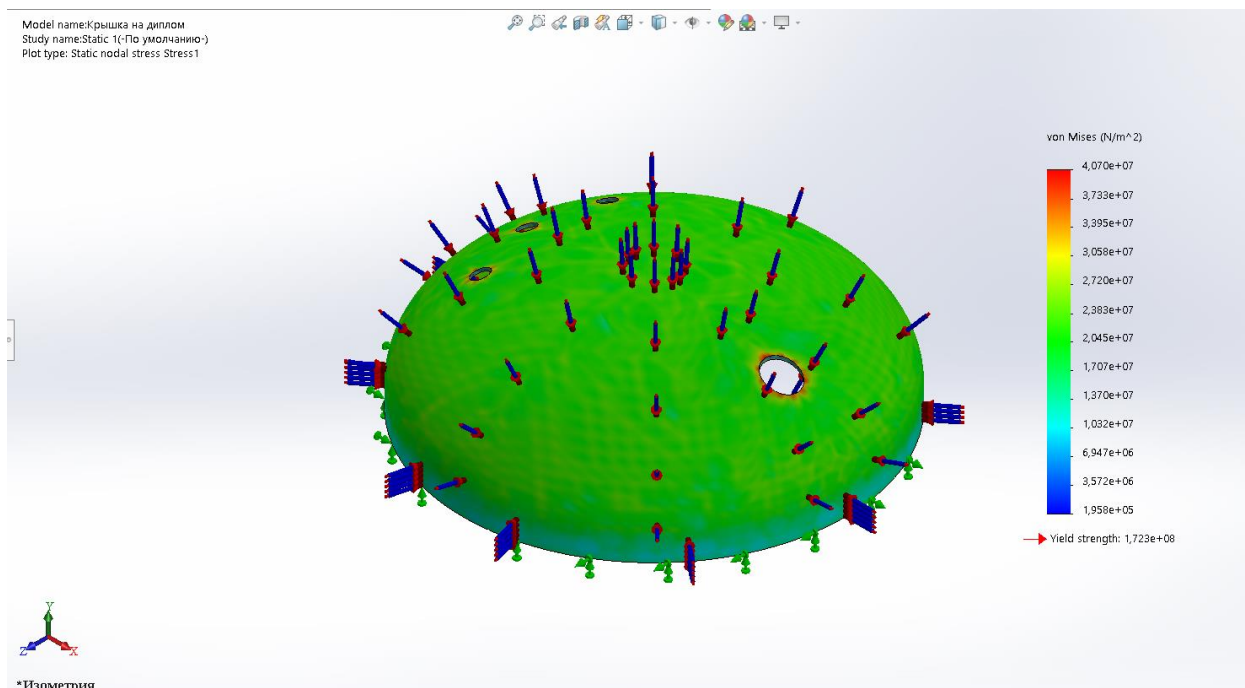


Рис 4.1 Епюра напружень кришки

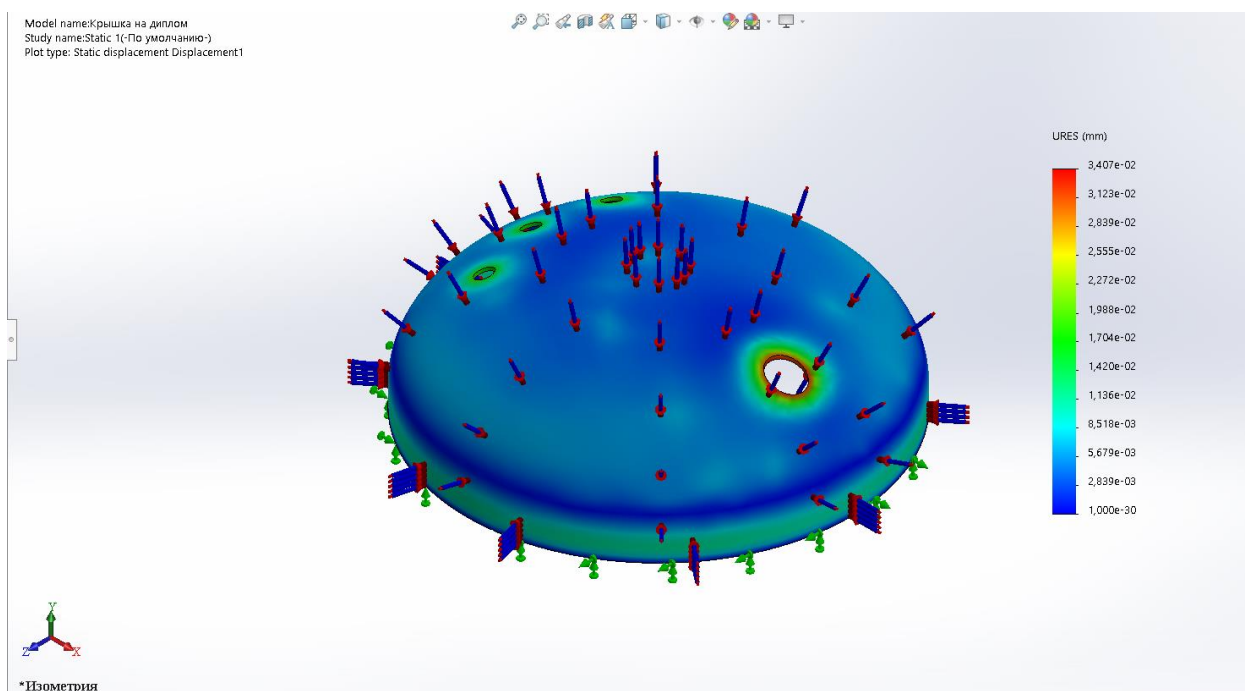


Рис 4.4 Епюра деформацій кришки

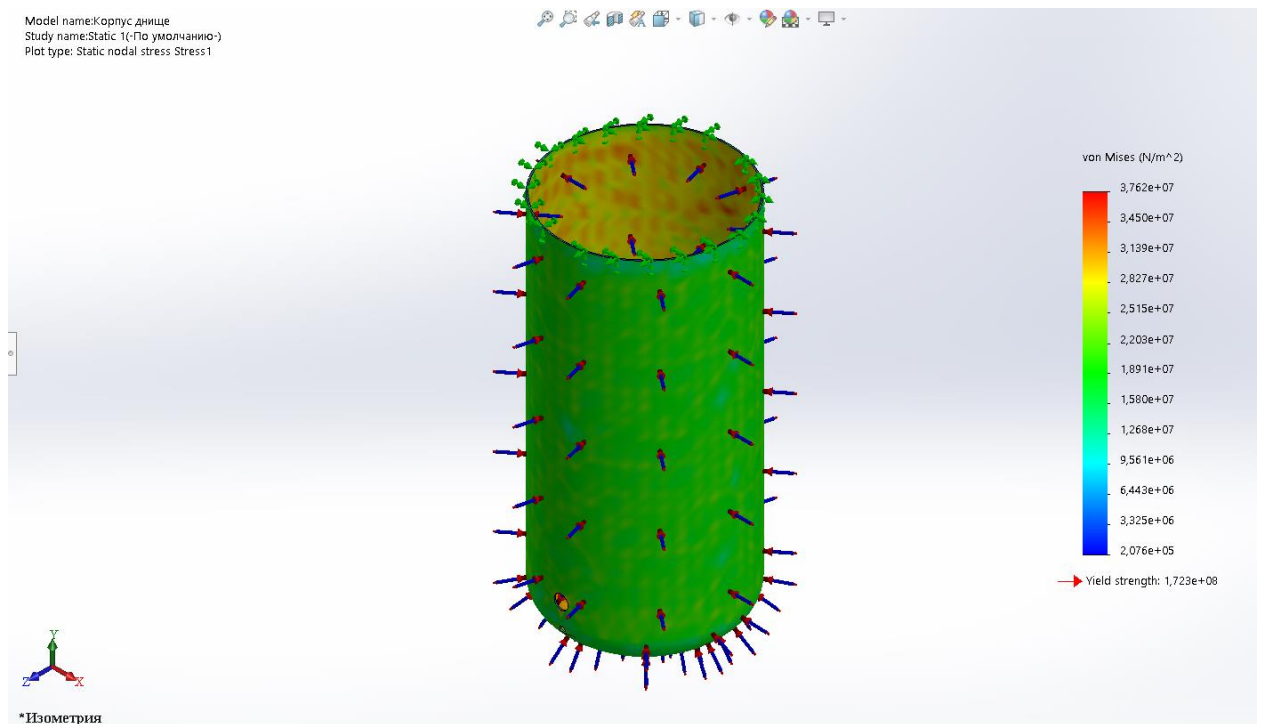


Рис 4.5 Епюра напружень корпусу та днища

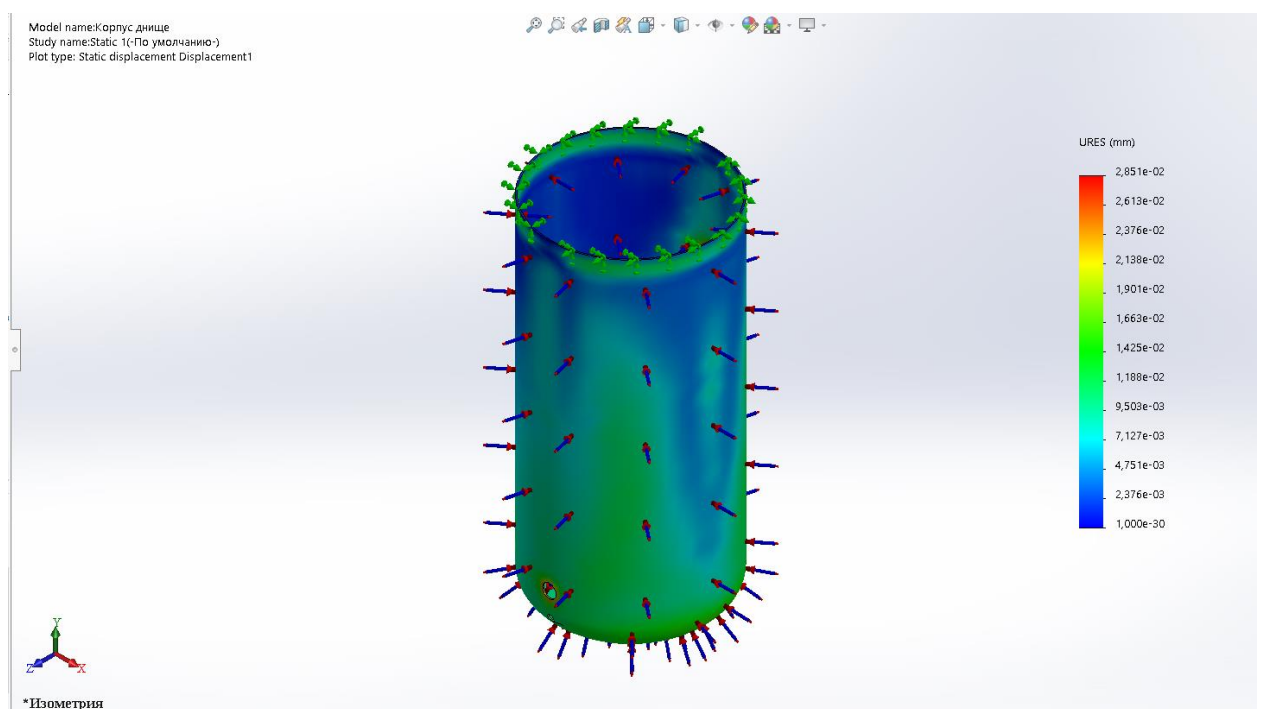


Рис 4.6 Епюра деформацій корпусу та днища

На рис 4.3 зображена епюра напружень кришки абсорбера. Її максимальне напруження досягається в червоних зонах та становить 4.07МПа.

На рис 4.4. зображена епюра деформацій кришки абсорбера. Її максимальна деформація досягається в червоних зонах.

На рис 4.5 зображена епюра напружень корпусу та днища абсорбера. Масимальне напруження досягається в червоних зонах і становить 3.7МПа.

На рис 4.6 зображена епюра деформацій корпусу та днища абсорбера, Максимальна деформація досягається в червоних зонах.

4.3 Висновки

При навантаженні елементів апарату виявили, що умови стійкості та міцності виконуються. Деформації конструктивних елементів знаходяться в допустимих межах

Також було спроектовано 3D-модель кбсорбера з механічним перемішуючим пристроєм та барботером

5. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ АБСОРБЕРА

4.1 Опис технологічного процесу лінії виробництва та очищення біогазу Апаратурна схема представлена у Додатку А

Вихідний субстрат який зберігається у ємності попереднього утримання для вихідного субстрату С-1, подається у змішувач Зм-2. Щоб досягти необхідної вологості 96-98%, субстрат розводять водою, а також перемішують для забезпечення однорідності і попередньо нагрівають до температури $+36^{\circ}\text{C}$. Використовуючи насос Н-3 заздалегідь підготовлений субстрат подається у метантенк М-4, де відбувається процес метанового бродіння. У метантенку М-4 головне завдання якого є підтримання температури на рівні $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ та руйнування, за рахунок перемішування, верхнього шару затверділого субстрату, який утворюється внаслідок засихання гною. Вода використовується як теплоносіє щоб підтримувати температуру в метантенку, вода нагрівається у когенераційній установці К-6 до температури $+38^{\circ}\text{C}$ і подається у теплообмінні пристрої. Готовий біогаз з метантенка через газовідвідну трубу поступає у газгольдер Г-5. Від газгольдера Г-5 біогаз поступає до абсорбера Аб-9 для збагачення біогазу компресором К-8, де біогаз, взаємодіючи з розчином МЕА, очищається від сірководню та вуглекислого газу. Після збагачення очищений біогаз у вигляді метану подається у когенератор К-6, де частина біогазу використовується для нагрівання теплоносія для теплообмінних пристроїв метантенка М-4, а решта біогазу перетворюється в електроенергію щоб задовольнити потреби підприємства.

Відпрацьований розчин МЕА потрапляє у мембранний апарат Ма-11, проходячи через фільтр Ф-10, що видаляє осад, що утворюється в результаті процесу хемосорбції. Отриманий осад відправляється на переробку. У мембранному апараті Ма-11 розчин МЕА відновлюється і подається до абсорбера Аб-9 для подальшого використання.

Відпрацьований субстрат відкачується насосом Н-7 у збірник для відпрацьованого субстрату З-12. По трубопроводу відпрацьований субстрат із З-12 поступає до фільтруючої центрифуги Ц-13. Центрифуга відокремлює відпрацьовану воду, яка потім направляється для подальшого очищення. Потім із центрифуги субстрат надходить до барабанної сушарки Сш-14. У ній відпрацьований субстрат висушується і в результаті ми отримуємо з нього сухе гранульоване добриво.

4.2 Призначення та область застосування абсорбера

Абсорбер — це пристрій (металева колонка або інший видовжений контейнер), в якому проходить процес поглинання. Оскільки процес поглинання починається на поверхні поділу фаз, тому абсорбер має забезпечити найбільшу поверхню контакту газової, рідкої і твердої фаз.

За способом формування поверхні абсорбер поділяють на 4 класи:

I - поверхня поглинання-дзеркало рідини. Ці абсорбери характеризуються нерухомою контактною поверхнею, яка визначається конструктивною геометрією елемента пристрою.

II - Розпилювальний абсорбер, де контактна поверхня утворена розпиленням рідини у великій кількості газу на дрібні краплі, і визначається гідродинамічним станом (потік рідини). До найпростішого обладнання цього типу входять різні системи пиловловлення в гірничих роботах, в яких використовується розпилена вода з розчином поверхнево-активної речовини. Основні види розпилювача: насадковий, швидкісний постійного струму, механічний (обертовий).

III-пузирковий абсорбер. Контактна поверхня визначається гідродинамічним станом (витрата газу та рідини).

IV-пінний абсорбер. Контактна поверхня між ними створюється шляхом пропускання газу через рідину знизу вгору зі швидкістю, при якій тиск газу врівноважує масу рідини (аналог-кипачений шар). В результаті рідина «зависає» в потоці повітря і утворюється шар динамічної піни (плівка, струмінь, струмінь, бризок рідини), яка змішується з бульбашками та газовим вихором і швидко рухається.

Також є пластини та насадки. У пластинчастому абсорбері газова суміш, що містить речовину, що видаляється, проходить знизу вгору через шар рідкого абсорбенту, який перетікає з пластини на пластину через переливну трубу. Форсунковий абсорбер (металевий або керамічний стовпчик)

оснащений горизонтальною сіткою, на якій розміщено кілька шарів насадок (наприклад, коксових або металевих або керамічних кілець), на які абсорбент стікає вниз для зустрічі з газовою сумішшю (протиструмовий контакт).

Якщо газова суміш добре розчиняється в абсорбенті, використовуйте абсорбент, який проходить крізь поверхню абсорбенту, або розпорошує абсорбент на дрібні краплі через обертові турбіни, диски і форсунки. Абсорбери найчастіше використовуються у хімічній та металургійній промисловості.

Вологий абсорбер може досягти фізичного захоплення (фізична адсорбція) і хімічної адсорбції забруднюючих речовин.

Різниця між цими концепціями полягає в тому, що в процесі фізичної адсорбції затримка домішок відбувається через уловлюваний матеріал, а не утворення ковалентного зв'язку. У процесі хімічної адсорбції утворюються нові хімічні зв'язки, як правило, змінюється температура середовища взаємодії (найчастіше нагрівання, рідше охолодження).

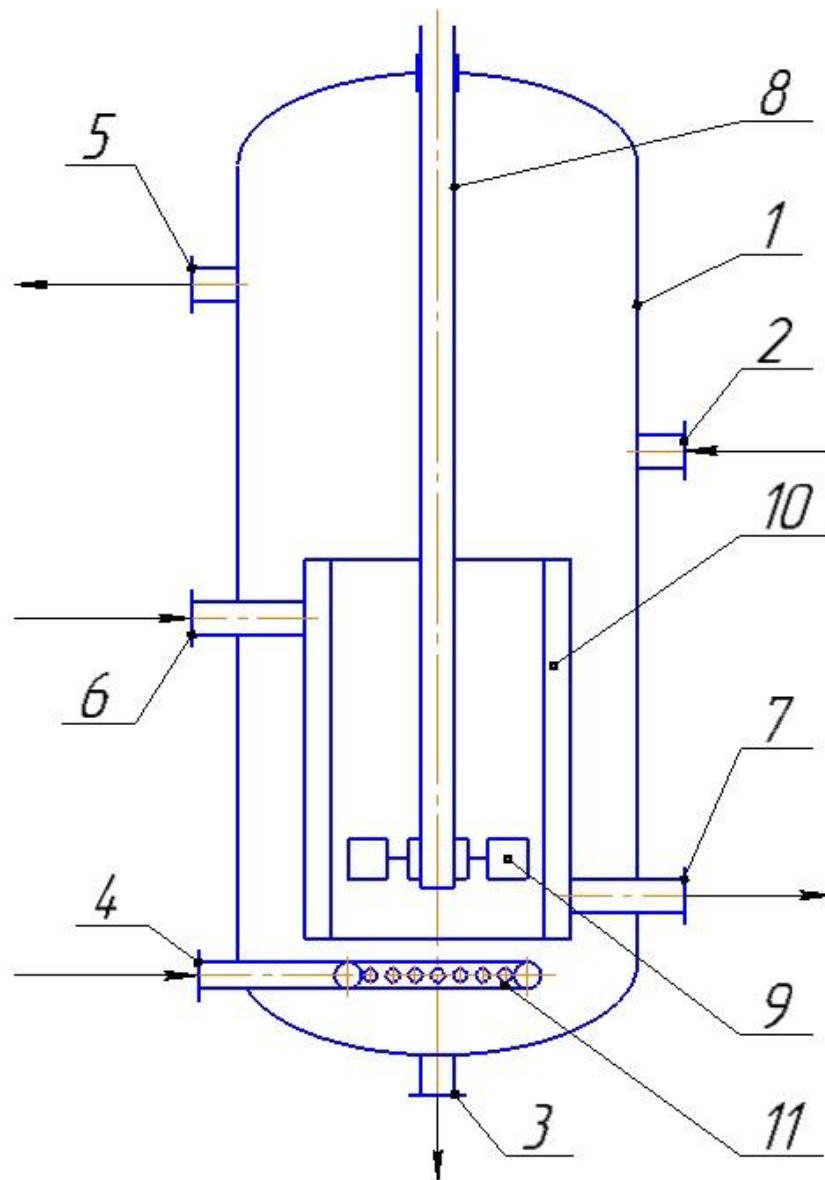
При промисловій повітря — і газоочистці нагрів апаратів може бути досить істотним, що накладає певні вимоги до конструкційних матеріалів хемосорбційних пристроїв.

Абсорбер для збагачення біогазу відноситься до пристроїв що розділяють газові суміші шляхом поглинання абсорбентом одного чи декількох компонентів і може використовуватись в біотехнологічній, хімічній та інших галузях промисловості.

Головною метою дипломного проекту є створення нової конструкції абсорбера, що може використовуватись для біогазових установок з продуктивністю $500-2000 \text{ м}^3/\text{год}$. Нова конструкція перемішуючого пристрою та барботера дозволить диспергування газової фази в рідині для зменшення діаметру газових бульбашок у рідині та створення розвиненої міжфазної поверхні.

Цю задачу можна вирішити в абсорбері, який складається з наповненого абсорбентом корпусу зі штуцерами, та вертикального валу з перемішуючим пристроєм.

Перемішуючий пристрій розміщений в нижній частині циркуляційного циліндра з кільцевим каналом для подачі теплоносія над барботером у вигляді згорнутої у тор перфорованої трубки.



1 – Корпус; 2-7 – Штуцери; 8 – Вертикальний вал; 9 – Мішалка; 10 – Циркуляційний циліндр; 11 – Газорозподільчий пристрій.

Рис 4.1 – Ескіз абсорбера для збагачення біогазу
Конструкція абсорбера пояснюється кресленням:

Абсорбер складається з корпусу 1 з штуцерами 2-7, а також з вертикального валу 8 з перемішуючим пристроєм 9, який розміщений в нижній частині циркуляційного циліндра 10 який має кільцеві канали для підведення теплоносія. Під перемішуючим пристроєм встановлений барботер 11 у вигляді перфорованої трубки згорнутої у тор.

Абсорбер працює наступним чином:

Абсорбент подається до корпусу 1 через штуцер 2, а біогаз – через штуцер 4 і отвори перфорованої трубки барботера 11. Газ, що проходить через отвори – барботує у рідині. Завдяки перемішуючому пристрою 9, що встановлений на валу 8, бульбашки інтенсивно диспергуються. Газорідинна суміш, що утворюється поступає вгору всередині циркуляційного циліндра 10, в кільцевий канал якого, через штуцер 6 підводиться теплоносій, через штуцер 7 він відводиться, для забезпечення необхідної температури для проведення процесу. Газ, що вже збагачений виводиться з газорідинної суміші через штуцер 5, а рідина – через циркуляційну зону між корпусом 1 та зовнішньою поверхнею циркуляційного циліндру подається вниз апарату та виводиться через циліндр 3. Щоб обрати конструкцію і розміри абсорбера в залежності від продуктивності біогазової установки необхідно оцінювати інтенсивність процесів абсорбції баластних газів в апараті. Відомо, що при протіканні хімічної абсорбції коефіцієнти масовіддачі і масообміну в рідкій фазі набагато вищі якщо порівнювати з фізичною абсорбцією [19].

4.3 Обґрунтування вибору конструкції абсорбера

На інтенсивність процесу бродіння та, виходячи з цього, утворення біогазу впливають 4 групи факторів:

- біологічні (склад зброджуваної біомаси);
- склад мікрофлори; (умови життєдіяльності мікроорганізмів), фізичні (температура бродіння);
- тиск у біогазовій установці; гідравлічний режим), хімічні (концентрація, рівень кислотності середовища);
- вміст летких жирних кислот в масі що зброджується; (обсяг і склад біогазу, які утворюється) і організаційно технологічні (доза добового завантаження нових порцій зброджуваної маси; навантаження за беззольною речовиною; залишкові речовини) [20] . Завдяки великій кількості мікроорганізмів здійснюється весь цей складний комплекс перетворень (за певними оцінками – близько декількох сотень видів), велика кількість з них бактерії. Кількісний та якісний склад мікрофлори сильно залежить від складу органічних речовин, які зброджується і умов, що створюються в довкіллі [20, 21]. При великій різноманітності біогазових технологій з них виділяють 2 великі класи:

– централізовані біогазові установки, які можна охарактеризувати великими габаритами, а добовий об'єм сировини, що піддається ферментації, становить від 50 до 100 тонн;

– індивідуальні біогазові установки, мають менші розміри і об'єм сировини, яка переробляється. Розмір і продуктивність біогазових установок залежить від значної кількості факторів, але, не зважаючи на це, принцип їх роботи подібний. В результаті збору і підготовки сировини, що полягає в доведенні її до необхідного відсотку вологості в спеціальній ємності, вона потрапляє в реактор, в якому створюються умови для оптимізації процесу анаеробного бродіння, в наслідок чого відбувається процес очищення біогазу від різних домішок та відведення продуктів, що отримали у спеціальні накопичувальні ємності [22].

4.4 Технічна характеристика абсорбера

1. Об'єм, м	
номінальний	3,2;
робочий	1,92;
2. Тиск, МПа	
в абсорбері	0,1;
в сорочці циркуляційного циліндра	0,3;
3. Температура в абсорбері, °С	
робочого середовища	40;
4. Температура теплоносія в сорочці циркуляційного циліндра, С	
на вході	35;
на виході	38;
5. Площа поверхні теплообміну, м	5;
6. Частота обертання мішалки, с	2,67;
7. Потужність електродвигуна, кВт	0,6;
8. Маса, кг	1590;
9. Габаритні розміри, мм:	
довжина	1480;
ширина	1330;
висота	

4.5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

4.5.1 Розрахунок геометричних розмірів апарата

Загальний об'єм апарату V , м³ 3,2.

Визначимо геометричні розміри апарата.

Задамося відношенням висоти до діаметру апарата: $\frac{H}{D} = 2,5$

Знайдемо діаметр апарата в залежності від об'єму апарата:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{2,5 \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 3,2}{2,5 \cdot 3,14}} = 1,177 \text{ м} \quad (4.5.1.1)$$

Приймаємо діаметр апарата $D = 1,2 \text{ м} = 1200 \text{ мм}$

Висота еліптичного днища тоді буде рівна:

$$H_{\text{дн}} = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 1200 = 400 \text{ мм} \quad (4.5.1.2)$$

Оскільки еліптичні днища є стандартними виробами то за ГОСТ 653:

78 приймаємо днище 1200 – 26 – ГОСТ 6533-78.

Основні параметри еліптичного днища:

$S_{\text{д}} = 6-20 \text{ мм}$ – товщина стінки еліптичного днища;

$H_{\text{д}} = 300 \text{ мм}$ – висота еліптичного днища;

$h_{\text{ц}} = 40 \text{ мм}$ – висота циліндричної частини еліптичного днища;

$F_{\text{д}} = 0,71 \text{ м}^2$ – площа поверхні еліптичного днища;

$V_{\text{д}} = 0,27 \text{ м}^3$ – об'єм еліптичного днища.

Об'єм циліндричної частини апарата:

$$V_{\text{ц}} = V - 2 \cdot V_{\text{д}} = 3,2 - 2 \cdot 0,27 = 2,66 \text{ м}^3 \quad (4.5.1.3)$$

де V – загальний об'єм апарата;

$V_{\text{д}}$ – об'єм еліптичного днища.

Звідси висота циліндричної частини апарата:

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{F_{\text{ц}}} = \frac{2,66}{1,13} = 2,35 \text{ м} = 2350 \text{ мм} \quad (4.5.1.4)$$

де $F_{\text{ц}}$ – площа поперечного перерізу циліндричної частини апарату:

$$F_{\text{ц}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 1,2^2 = 1,13 \text{ м}^2 \quad (4.5.1.5)$$

Загальна висота еліптичного днища:

$$h_d = h_{\text{щ}} + H_d = 40 + 300 = 340\text{мм} = 0,34\text{м} \quad (4.5.1.6)$$

За цими даними знаходимо загальну висоту апарата

$$H_{\text{общ}} = H_{\text{ц}} + 2 \cdot h_d = 2,35 + 2 \cdot 0,34 = 3,03\text{м} \quad (4.5.1.7)$$

Перевіряємо вище приведені відношення:

$$\frac{H}{D} = \frac{3,03}{1,2} = 2,525 - \text{воно майже дорівнює заданому.}$$

Розрахуємо геометричні розміри перемішуючого пристрою.

Приймаємо одноярусну турбінну мішалку, діаметр якої:

$$d_m = \frac{D}{4} = \frac{1200}{4} = 300\text{мм} \quad (4.5.1.8)$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр мішалки:

$$d_m = 320\text{мм}$$

Висота лопаті:

$$h_l = 0,2 \cdot d_m = 0,2 \cdot 320 = 64\text{мм} = 0,064\text{м} \quad (4.5.1.9)$$

Відстань від перемішуючого пристрою до еліптичного днища апарата:

$$h_m = (0,5 \div 1,0) \cdot d_m = (0,5 \div 1,0) \cdot 320 = 0,160 \div 0,320\text{м} \quad (4.5.1.10)$$

Приймаємо $h_m = 0,320\text{м}$.

Діаметр барботера $D_o = d_m = 0,32\text{м}$

Відстань між барботером і турбінною мішалкою:

$$h_r = 0,25 \cdot d_m = 0,25 \cdot 0,320 = 0,08\text{м} \quad (4.5.1.11)$$

4.5.2 Розрахунок барботера

Вихідні дані:

Загальна висота апарата $H_{\text{заг}}$, м	3,03;
Об'єм розчину МЕА V , м ³	1,92;
Густина розчину МЕА ρ_c , кг/м ³	998;
Густина газу, що подається на барботер ρ_n , кг / м ³	1,21;
Тиск над рідиною в апараті P , Па	$0,12 \cdot 10^6$
Витрата газу V'_n , м ³ / с	0,139;
Діаметр барботеру D_o , м	0,32;
Відстань між барботером і турбінною мішалкою h_r , м	0,08;

Тиск газу, що використовується для барботування, повинен бути достатнім для створення необхідного напору в трубопроводі і подолання місцевих опорів і гідростатичного опору стовпа рідини, що переміщується.

Тиск газу визначають за формулою:

$$P_n = \frac{\rho_n \cdot w_n^2}{2} \cdot \left(1 + \sum \xi\right) + g \cdot \rho_c \cdot H_p + P \quad (4.5.2.1)$$

де $\sum \xi = 1$ – сума коефіцієнтів опору тертю і місцевих втрат при русі газу по трубі і на виході з неї в середовище, що переміщується;

w_n – швидкість газу при русі його по трубі;

H_p – висота стовпа рідини, яка визначається за формулою:

$$H_p = \varphi \cdot H_{\text{заг}} = 0,6 \cdot 3,03 = 1,818 \text{ м} \quad (4.5.2.2)$$

де $\varphi = 0,6$ – коефіцієнт заповнення апарата [23].

Визначимо швидкість газу при русі його по трубі. Для цього задамося цією величиною і визначимо внутрішній діаметр труби барботера, за допомогою якого можна буде знайти розрахункове значення швидкості газу. Розбіжність ε між прийнятими і розрахунковими значеннями можна вважати допустимими, якщо вони не перевищують 5%.

Нехай швидкість газу $w'_n = 30 \text{ м / с}$, тоді внутрішній діаметр труби барботера буде дорівнювати:

$$d'_{\text{тп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V'_n}{\pi \cdot W'_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,139}{3,14 \cdot 30}} = 0,34 \text{ м} (4.5.2.3)$$

де V'_n – попередньо прийнята витрата газу.

Виберемо із стандартного ряду трубу 40×5 мм.

Тиск газу розраховуємо за формулою (5.1.13):

$$P_n = \frac{\rho_n \cdot W_n^2}{2} \cdot \left(1 + \sum \xi\right) + g \cdot \rho_c \cdot H_p + P =$$

$$= \frac{1,21 \cdot 30^2}{2} \cdot (1 + 1) + 9,81 \cdot 998 \cdot 1,818 + 0,12 \cdot 10^6 = 0,122 \cdot 10^6 \text{ Па} (4.5.2.4)$$

Витрату газу знаходимо з рівняння:

$$V_n = 0,28 \cdot 10^{-8} \cdot K \cdot F \cdot P_n = 0,28 \cdot 10^{-8} \cdot 31 \cdot 1,13 \cdot 0,17 \cdot 10^6 = 0,133 \text{ м}^3 / \text{с}, (4.5.2.5)$$

де $K = 31$ – дослідний коефіцієнт, що залежить від інтенсивності перемішування. При перемішуванні середньої інтенсивності [17];

$F = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 0,6^2 = 1,13 \text{ м}^2$ – площа поверхні рідини в апараті перед перемішуванням.

Розбіжність між прийнятими і розрахунковими значеннями V_n становить:

$$\varepsilon_1 = \frac{V'_n - V_n}{V'_n} \cdot 100\% = \frac{0,139 - 0,133}{0,139} \cdot 100\% = 4,316\% (4.5.2.6)$$

Така розбіжність цілком допустима.

Потужність на валу насоса:

$$N = \frac{V_n \cdot \Delta P}{\eta} = \frac{0,139 \cdot 0,02 \cdot 10^6}{0,9} = 3,08 \text{ кВт}, (4.5.2.7)$$

де $\Delta P = P_n - P = 0,122 \cdot 10^6 - 0,12 \cdot 10^6 = 0,02 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – повний опір перемішування.

З врахуванням можливості заростання отворів барботера поживним середовищем діаметр отворів дорівнює: $d_0 = 2-5$.

Приймемо діаметр отворів рівним $d_0 = 3$ мм, тоді необхідна кількість отворів становитиме:

$$z_0 = \frac{4 \cdot V_n}{\pi \cdot d_0^2 \cdot w_n} = \frac{4 \cdot 0,139}{3,14 \cdot 0,003^2 \cdot 30} = 377, (4.5.2.8)$$

Прийmemo кількість отворів $z_0 = 380$ і розтапуємо їх на ніж боковій поверхнях барботера вздовж всієї довжини труби у кількості z_0 та $z_{02}=200$, відповідно.

Необхідну кількість отворів $z_{01}=180$ на нижній поверхні барбс розмістимо з кроком t_{01} :

$$t_{01} = \frac{L_{01}}{z_{01}} = \frac{1,005}{180} = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 6 \text{ мм}, (4.5.2.9)$$

де $L_{01} = \pi \cdot D_6 = 3,14 \cdot 0,32 = 1,005 \text{ м}$ – довжина лінії верхньої частини труби барботера, вздовж якої розташовані отвори.

Необхідну кількість отворів $z_{02}=200$ на зовнішній поверхні барбс розмістимо з кроком t_{02} :

$$t_{02} = \frac{L_{02}}{z_{02}} = \frac{1,162}{200} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 6 \text{ мм}, (4.5.2.10)$$

де $L_{02} = \pi \cdot (D_6 + d_{\text{тр}}) = 3,14 \cdot (0,32 + 0,05) = 1,162 \text{ м}$ – довжина лінії зовнішньої частини труби барботера, вздовж якої розташовані отвори.

4.5.3 Розрахунок вала перемішуючого пристрою

Вал має бути міцним, жорстким та стійким до вібрацій.

За основну умову розрахунку працездатності валу приймаємо його вібростійкість. В апараті з перемішуючим пристроєм, як правило застосовують жорсткі валу, які мають кутову швидкість обертання ω нижчу першої критичної швидкості ω_{01} , і які забезпечують умову: $\omega \leq 0,7\omega_{01}$.

Ця умова експериментально підтверджена при перемішуванні рідини динамічним коефіцієнтом в'язкості

$$\mu_c \leq 0,3 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} \Rightarrow 0,00155 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} \leq 0,3 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} \quad \text{та} \quad \text{густини}$$

$$\rho_c \leq 1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \Rightarrow 998 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \leq 1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \text{ тобто умова задовольняється.}$$

Першу критичну швидкість визначаємо:

$$\omega_{01} = \frac{\alpha^2}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} \quad (4.5.3.1)$$

де L – розрахункова довжина вала (м);

E – модуль Юнга ($\text{Н}/\text{м}^2$);

J – момент інерції поперечного перерізу вала (м^4);

m – маса одиниці довжини суцільного вала (м);

α – корінь частотного керування.

Вибір розрахункової схеми вала проводиться з наступними припущеннями:

- одиночний радіальний шариковий підшипник вважається шаровою опорою;
- нижній кінцевий підшипник вважається жорсткою опорою;
- розбірне з'єднання за допомогою жорсткої муфти еквівалентно нерозрізному валу;
- сальникове та торцеве ущільнення не змінюють умови закріплення валу;
- піддатливість вузлів кріплення валу не змінюють умови защемлення валу;

– зміна ω_{01} за рахунок гігроскопічного моменту перемішуючого пристрою, а також за рахунок дії стискаючого та розтягуючого осьового навантаження від дії рідини, від сили тяжіння та від нахилу лопаті мішалки (не перевищує 5%) не враховується;

– посадочне потовщення валу в місцях закріплення підшипників не враховується.

Приймаємо за вихідні дані розрахункову потужність $N_m = 3100$ Вт, що витрачається на перемішування, і кутову швидкість $\omega = 2,67$ с⁻¹.

Розрахунковий і крутний момент на валу з мішалкою M_k в Н·м визначається за формулою:

$$M_k = \frac{N_m}{\omega} = \frac{3100}{2,67} = 1061 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (4.5.3.2)$$

Вибираємо розрахункову схему вала в залежності від типу приводу, конструкції опори приводу та умов експлуатації (рис 5.4).

Приймаємо розрахункові дані: $L = 3,52$ м; $l = 3,0$ м $l_1 = 3,24$ м; $l_2 = 0,28$ м.

Визначаємо лінійні розміри вала та його ділянок.

Перевірочний мінімальний діаметр вала визначається за формулою:

$$d = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_k}{\tau_a}} = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{1061}{44 \cdot 10^6}} = 0,049 \text{ м}; \quad (4.5.3.3)$$

де $\tau_a = 44 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ – граничне напруження на скручування для матеріалу вала;

Враховуючи прибавки на корозію і механічне зношування, округляємо до ближнього більшого розміру для валів відповідного нормалізованого приводу. Приймаємо діаметр вала $d = 65$ мм = 0,065 м.

Для обчисленого діаметра вала визначають масу одинці довжини суцільного вала (кг/м):

$$m = \rho \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 7850 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 0,065^2 = 26,04 \frac{\text{кг}}{\text{м}}; \quad (4.5.3.4)$$

$$\begin{aligned}
 M_M &= 6 \cdot m_n + m_o + m_{\infty} = 6\rho h_n S_n l_n + \rho \left(\frac{\pi}{4} (d_n^2 - d_s^2) \cdot S_n \right) + \\
 &\rho \left(\frac{\pi}{4} (d_s^2 - d_{\text{вал}}^2) \cdot h_s \right) = 6 \cdot 7850 \cdot 0,064 \cdot 0,005 \cdot 0,08 + 7850 \cdot \\
 &\cdot \left(\frac{\pi}{4} (0,675^2 - 0,065^2) \cdot 0,008 \right) + \left(\frac{\pi}{4} (0,65^2 - 0,55^2) \cdot 0,225 \right) = 65 \text{ кг}
 \end{aligned}
 \quad (4.5.3.10)$$

Визначають корінь частотного рівняння $\alpha = f(K, a_1)$ для основного тону, з відповідного графіку (рис 5.1).

$$a = 5.$$

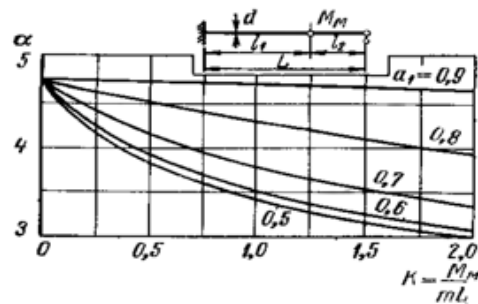


Рисунок 4.1 – Графік значень кореня частотного рівняння α для розрахунку вала.

Обчислюємо першу критичну швидкість вала:

$$\omega_{01} = \frac{\alpha^2}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} = \frac{5^2}{3,03^2} \cdot \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^{11} \cdot 0,87 \cdot 10^{-6}}{1061}} = 36,6 \text{ (с}^{-1}\text{)}; \quad (4.5.3.11)$$

де $E = 2,2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ – модуль Юнга для матеріалу вала;

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot d^4 = \frac{3,14}{64} \cdot 0,065^4 = 0,87 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^4\text{)} \quad - \quad \text{момент інерції}$$

поперечного перерізу вала.

Перевіримо що робоча кутова швидкість задовольняє умову:

$$\frac{\omega}{\omega_{01}} = \frac{2,67}{36,6} = 0,073 \Rightarrow 0,073 < 0,7, \quad (4.5.3.12)$$

тобто, умова задовільняється.

Для перевірки обчисленого діаметра вала визначаємо дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_K}{0,2d^3} \frac{1061}{0,2 \cdot 0,065^3} = 19,3 \text{ МПа} \quad (4.5.3.13)$$

Згинальний момент $M_{\kappa} = P_{\kappa} \cdot \frac{l_1 \cdot l_2}{L}$ від дії приведеної відцентрової сили P_{κ} ,

яка визначається:

$$P_{\kappa} = M_{\text{пр}} \omega^2 r = 9772,8 \cdot 2,67^2 \cdot 0,254 \cdot 10^{-3} = 177 \text{ Н} \quad (4.5.3.14)$$

де $M_{\text{пр}}$ – приведена зосереджена маса вала та перемішуючого пристрою (кг);

r – радіус обертання центра тяжіння приведеної маси вала та мішалки (м).

Приведена зосереджена маса вала та мішалки визначається за формулою [23]:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{м1}} + qmL = 65 + 16,5 \cdot 55,6 \cdot 3,03 = 2845 \text{ кг} \quad (4.5.3.15)$$

де $M_{\text{м1}}$ – маса перемішуючого пристрою;

q – коефіцієнт приведення розподільної маси вала до зосередженої маси перемішувального пристрою визначається за формулами:

$$q = \frac{12}{32a_1^2 \cdot a_2^2} = \frac{12}{32 \cdot 0,92^2 \cdot 0,079^2} = 16,5 \quad (4.5.3.16)$$

Радіус визначається за формулою:

$$r = \frac{e'}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{01}} \right)^2} = \frac{0,7 \cdot 10^{-3}}{1 - \left(\frac{2,67}{36,6} \right)^2} = 0,254 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (4.5.3.17)$$

де e' – ексцентриситет центру маси перемішуючого пристрою з урахуванням біття вала в (м);

Величина e' визначається за формулою;

$$e' = e + 0,5\delta = 0,2 + 0,5 \cdot 1 = 0,25(\text{мм}) = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (4.5.3.18)$$

де e – ексцентриситет центра маси перемішуючого пристрою

δ – граничне біття вала (приймається 1 мм)

Згинаючий момент визначається за формулою:

$$M_{\kappa} = P_{\kappa} \cdot \frac{l_1 \cdot l_2}{L} = 177 \cdot \frac{3,24 \cdot 0,28}{3,52} = 45,6 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.5.3.19)$$

Згинаюче напруження визначаємо за формулою:

$$\sigma_{\kappa} = \frac{M_{\kappa}}{0,1 \cdot d^3} = \frac{45,6}{0,1 \cdot 0,065^3} = 1,66 \text{ МПа} \quad (4.5.3.20)$$

Підсумкове напруження вала σ_p визначається за формулою:

$$\sigma_p = \sqrt{1,66^2 + 4 \cdot 19,3^2} = 38,63 \text{ МПа}$$

$$\sigma_p \leq [\sigma] \Rightarrow 38,63 \text{ МПа} < 180 \text{ МПа} \quad (4.5.3.23)$$

Величина підсумкового напруження значно нижче граничного, тобто, умова виконується.

Прогин вала в місці установки сальникового ущільнення визначаємо по формулі:

$$\begin{aligned} y &= \frac{P_u \cdot l_2 \cdot x}{6EJL} \cdot [2L(L-x) - l_2^2 - (L-x)^2] = \\ &= \frac{177 \cdot 0,28 \cdot 1,31}{6 \cdot 2,2 \cdot 10^{11} \cdot 0,87 \cdot 10^{-6} \cdot 3,03} \cdot [2 \cdot 3,03(3,03 - 1,31) - 0,28^2 - (3,03 - 1,31)^2] = 2,997 \cdot 10^{-5} \text{ м} \end{aligned}$$

(4.5.3.24)

$$y < [y] \Rightarrow 0,02997 \text{ мм} < 0,1 \text{ мм}$$

$[y] = 0,1 \text{ м}$ – допустиме биття вала в сальниковому ущільненні.

Граничне биття валу в сальниковому ущільненні дорівнює 0.05 – 0.1 мм.

Для радіальних кулькових підшипників граничний кут скручування визначається так:

$$\begin{aligned} \theta_s &= -\frac{P_u \cdot L^2}{6 \cdot E \cdot J} \left(\frac{2 \cdot l_2}{L} + \frac{l_2^3}{L^3} - \frac{3 \cdot l_2^2}{L^2} \right) = \\ &= -\frac{177 \cdot 3,03^2}{6 \cdot 2,2 \cdot 10^{11} \cdot 0,87 \cdot 10^{-6}} \left(\frac{2 \cdot 0,28}{3,03} + \frac{0,28^3}{3,03^3} - \frac{3 \cdot 0,28^2}{3,03^2} \right) = \\ &= 2,989 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \end{aligned}$$

(4.5.3.25)

$$\theta_s < [\theta] \Rightarrow 0,0002989 \text{ рад} < 0,01 \text{ рад}$$

Умова виконується.

В результаті вал з діаметром 65 мм може задовольняти всі умови міцності, жорсткості і вібростійкості.

4.5.4 Розрахунок обичайки абсорбера під дією внутрішнього та зовнішнього тисків

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр обичайки абсорбера D , м 1.2

Робочий тиск в абсорбері P , МПа 0.1

Тиск стерилізації $P_{ст}$, МПа 0.2

Температура процесу в абсорбері $t_{проц}$, °C 40

Матеріал обичайки – Сталь 09Г2С

Розрахунковий тиск

$$P_R = P_{роб} + P_{гидр} \quad (4.5.4.1)$$

Визначаємо гідростатичний тиск

$$P_{гидр} = \rho g 0.8L = 998 \times 9.81 \times 0.8 \times 3 = 23497 \text{ Па} = 0,023497 \text{ МПа} \quad (4.5.4.2)$$

Отже,

$$P_R = P_{роб} + P_{гидр} = 0.1 + 0.023497 = 0.123497 \text{ МПа.} \quad (4.5.4.3)$$

Допустимі напруження Сталь 09Г2С при $t^0 = 40$ °C, дорівнює $[\sigma_{40}] = 180$ МПа.

Визначаємо розрахункову товщину стінки:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R} = \frac{0.123497 \cdot 1.2}{2 \cdot 180 \cdot 1 - 0.123497} = 0.0004 \text{ м} = 0.4 \text{ мм} \quad (4.5.4.4)$$

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + C = 4 \text{ мм} \quad (4.5.4.5)$$

$C_1 = 0,5$ мм – прибавка на корозію та ерозію матеріалу.

$C_2 = 0.4$ мм – прибавка, що враховує допуск при виготовленні листового прокату.

$C_3 = 0,2$ мм – прибавка на стоншення внаслідок технологічних операцій.

$C_4 = S - (S_R + C_1 + C_2 + C_3) = 4 - 1.5 = 2.5$ мм – прибавка, яка враховує округлення до більшого стандартного числа в ряді величин.

$C = 1.1$ мм.

Визначаємо допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 180 \cdot 0.0029}{1.2 + 0.0029} = 0.868 \text{ МПа (4.5.4.6)}$$

$$P = 0.123497 < [P] = 0.868 \text{ (4.5.4.7)}$$

4.5.5 Розрахунок фланцевого з'єднання корпусу і кришки

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр обичайки абсорбера D , м	1,2;
Температура процесу в абсорбері $t_{проц}$, °C	40;
Температура оточуючого середовища t , °C	20;
Ширина стінки корпусу	$S_0 = 0,006 \text{ м}$;

Для з'єднання корпусу і кришки обрано фланець у системі шип-паз, оскільки для встановлення в нього прокладки не потрібно її центрувати. Для ущільнення використовуємо гумову прокладку між плоскими поверхнями (забезпечує герметичність при тиску $P \leq 18 \text{ МПа}$).

Обираємо прокладку

Тип прокладки	Гумова;
Ширина прокладки	$b = 0,02 \text{ м}$;
Товщина прокладки	$h = 0,003 \text{ м}$.

Діаметр болтової окружності:

$$D_\phi \geq D + 2(2s + d_\phi + a) = 1,2 + 2 \cdot (2 \cdot 0,006 + 0,024 + 0,02) = 1,312 \text{ м}, (4.5.5.1)$$

де d_ϕ - діаметр болтів, приймаємо $d_\phi = 0,024 \text{ м}$ [9];

D - внутрішній діаметр апарата, $D = 1,2 \text{ м}$;

a - нормативний зазор, $a = 0,02 \text{ м}$.

Приймаємо $D_\phi = 1,304 \text{ м}$.

Зовнішній діаметр фланця [23]:

$$D_\phi \geq D_\phi + a = 1,312 + 0,047 = 1,359 \text{ м}, (4.5.5.2)$$

де a - конструктивний додаток до розміру болтів, $a = 0,047 \text{ м}$.

Кількість болтів, що необхідна для забезпечення герметичності з'єднання:

$$n_\phi > \frac{\pi D_\phi}{t_1} = \frac{3,14 \cdot 1,359}{0,12} = 31,56 \text{ шт.}, (4.5.5.3)$$

де t_1 - крок розміщення болтів,

$$t_1 = (4,2 \dots 5) \cdot d_\phi = 5 \cdot 0,024 = 0,12 \text{ м}. (4.5.5.4)$$

Приймаємо кількість болтів $n_b = 32$ шт.

Висота фланця:

$$h_\phi \geq \lambda_\phi \sqrt{Ds} = 0,34 \sqrt{1,2 \cdot 0,006} = 0,0288 \text{ м}, \quad (4.5.5.5)$$

де λ_ϕ - конструктивний коефіцієнт, приймаємо $\lambda_\phi = 0,34$ за графіком
наведеним на рисунку 5.8; s - товщина стінки обичайки, м.

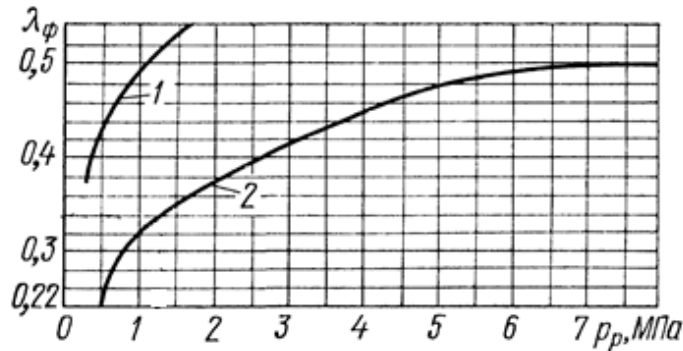


Рисунок 4.2 – Графік для визначення коефіцієнта λ_ϕ : 1 – плоскі фланці, 2 – фланці приварні встик.

Розрахункова довжина болта [9]:

$$l_b = l_{bo} + 0,28 \cdot d_b = 0,064 + 0,28 \cdot 0,024 = 0,0707 \text{ м}, \quad (4.5.5.6)$$

де l_{bo} - висота болта, що не забезпечить згвинчування з гайкою.

$$l_{bo} = 2(h_\phi + h_n) = 2 \cdot (0,0288 + 0,003) = 0,064 \text{ м} \quad (4.5.5.7)$$

($h_n = 3 \text{ мм}$ - висота прокладки).

Для зручності монтажу приймаємо довжину болта $l_b = 0,075 \text{ м}$.

Розрахунок навантажень, що діють на фланцеве з'єднання.

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$F_d = \frac{P \pi D_{en}^2}{4} = \frac{0,1 \cdot 3,14 \cdot 1,212^2}{4} = 0,115 \text{ МН}, \quad (4.5.5.8)$$

де P - тиск в апараті, $P = 0,1 \text{ МПа}$.

Реакція прокладки:

$$R_n = \pi D k_{np} b_o P = 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,007 \cdot 0,1 = 0,0013 \text{ МН}, \quad (4.5.5.9)$$

де k_{np} - прокладочний коефіцієнт, для гумової прокладки $k_{np} = 0,5$;

b_o - ефективна ширина прокладки,

$$b_o = 0,12\sqrt{b} = 0,12\sqrt{0,003} = 0,007 \text{ м} \quad (4.5.5.10)$$

Піддатливість прокладки:

$$y_n = \frac{k_n h_n}{E_n \pi D_{cn} b} = \frac{1 \cdot 0,010}{2000 \cdot 3,14 \cdot 1,212 \cdot 0,003} = 0,000438 \frac{\text{м}}{\text{МН}}, \quad (4.5.5.11)$$

де k_n - коефіцієнт обтискання прокладки, $k_n = 1$; E_n - модуль Юнга для прокладки, $E_n = 2000 \text{ МПа}$.

Піддатливість болтів:

$$y_\varepsilon = \frac{l_\varepsilon}{E_\varepsilon f_\varepsilon n_\varepsilon} = \frac{0,075}{1,83 \cdot 10^5 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4} \cdot 32} = 0,0000377 \frac{\text{м}}{\text{МН}}, \quad (4.5.5.12)$$

де E_ε - модуль Юнга для болтів зі Ст35Х, $E_\varepsilon = 1,830 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; f_ε - площа поперечного перерізу болта, приймається по діаметру, $f_\varepsilon = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Піддатливість фланців:

$$y_\phi = \frac{(1 - \nu(1 + 0,9\lambda_\phi))\psi_2}{h_\phi^3 E_\phi} = \frac{(1 - 0,4 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,34)) \cdot 16}{0,0288^3 \cdot 2,1 \cdot 10^5} = 1,52 \frac{\text{м}}{\text{МН}}, \quad (4.5.5.13)$$

$$F_t = \frac{y_\varepsilon n_\varepsilon f_\varepsilon E_\varepsilon (\alpha_\phi t_\phi - \alpha_\varepsilon t_\varepsilon)}{y_\varepsilon + y_n + 0,5 y_\phi (D_\varepsilon - D_{cn})} =$$

$$= \frac{0,0000377 \cdot 32 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,83 \cdot 10^5 \cdot (12,7 \cdot 10^{-6} \cdot 19,2 - 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot 19)}{0,0000377 + 0,000438 + 0,5 \cdot 1,52 \cdot (1,312 - 1,212)^2} = 0,01 \text{ МН}, \quad (4.5.5.19)$$

де $\alpha_\phi, \alpha_\varepsilon$ - коефіцієнти температурного розширення відповідно фланців і болтів, $\alpha_\phi = 12,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$, $\alpha_\varepsilon = 13,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$; t_ϕ, t_ε - температури відповідно фланців і болтів:

$$t_\phi = 0,96t = 0,96 \cdot 20 = 19,2 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad t_\varepsilon = 0,95t = 0,95 \cdot 20 = 19 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (4.5.5.20)$$

Зусилля в болтах в умовах монтажу:

$$F_{\varepsilon 1} = \max \left\{ k_{\text{ж}} F_d + R_n; \pi D_{cn} b_o q; 0,4[\sigma]_\varepsilon^{20} n_\varepsilon f_\varepsilon \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 1,01 \cdot 0,115 + 0,007 = 0,12 \text{ Н}; \\ 3,14 \cdot 1,212 \cdot 0,024 \cdot 2 = 0,18 \text{ МН}; \\ 0,4 \cdot 230 \cdot 32 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4} = 1 \text{ МН} \end{array} \right\} = 1 \text{ МН}, \quad (4.5.5.21)$$

де q - зусилля герметизації, для гумових прокладок $q = 2 \text{ МПа}$;

$[\sigma]_{\delta}^{20}$ - граничне напруження в болтах при температурі 20 °C,
 $[\sigma]_{\delta}^{20} = 230 \text{ МПа}$.

Зусилля в болтах в робочих умовах:

$$F_{\delta 2} = F_{\delta 1} + (1 - k_{\text{ж}})F_{\text{д}} + F_t = 1 + (1 - 1,01) \cdot 0,115 - 0,001 = 0,998 \text{ МН}. \quad (4.5.5.22)$$

Приведений вигинаючий момент:

$$M_0 = \max \left\{ 0,5(D_{\delta} - D_{\text{сн}})F_{\delta 1}; [0,5(D_{\delta} - D_{\text{сн}})F_{\delta 2} + (D_{\text{сн}} - D - s_0)F_{\text{д}}] \frac{[\sigma]_{\phi}^{20}}{[\sigma]_{\phi}} \right\} =$$

$$= \max \left\{ 0,5 \cdot (1,312 - 1,212) \cdot 1,2 = 0,06 \text{ МН} \cdot \text{м}; \right.$$

$$\left. [0,5 \cdot (1,312 - 1,212) \cdot 0,998 + (1,212 - 1,2 - 0,006) \cdot 0,115] \frac{180}{178} = 0,051 \text{ Н} \cdot \text{м} \right\} = 0,06 \text{ МН}$$

(4.5.5.23)

де $[\sigma]_{\phi}^{20}, [\sigma]_{\phi}$ - граничні напруження для фланців, відповідно при 20 °C і 33 °C: $[\sigma]_{\phi}^{20} = 180 \text{ МПа}, [\sigma]_{\phi} = 178 \text{ МПа}$ [13].

Умова міцності болтів в умовах монтажу

$$\frac{F_{\delta 1}}{n_{\delta} f_{\delta}} \leq [\sigma]_{\delta}^{20} \Rightarrow \frac{1}{32 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4}} = 92 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа} \quad (4.5.5.24)$$

виконується.

Перевірка міцності болтів в робочих умовах:

$$\frac{F_{\delta 2}}{n_{\delta} f_{\delta}} \leq [\sigma]_{\delta}^{20} \Rightarrow \frac{0,998}{32 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4}} = 92 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа}, \quad (4.5.5.25)$$

отже, умова виконується.

Умова міцності прокладки:

$$\frac{F_{\text{вмк}}}{\pi D_{\text{сн}} b} \leq [P]_{\text{пр}} \Rightarrow \frac{1}{3,14 \cdot 1,212 \cdot 0,02} = 13,1 \text{ МПа} \leq 18 \text{ МПа}, \quad (4.5.5.26)$$

де $[P]_{\text{пр}}$ - допустимий тиск, для гумової прокладки $[P]_{\text{пр}} = 18 \text{ МПа}$ [1]; $F_{\text{вмк}}$ - найбільше зусилля в болтах

$$F_{\text{вмк}} = \max \{ F_{\delta 1}, F_{\delta 2} \} = 1 \text{ МН}. \quad (4.5.5.27)$$

Умова міцності прокладки виконується.

Радіальне напруження обчислюється за формулою:

$$\sigma_1 = \frac{T_{\phi} M_0 \nu}{D(s-c)^2} = \frac{1,86 \cdot 0,06 \cdot 0,4}{1,2 \cdot (0,0055)^2} = 122 \text{ МПа}, \quad (4.5.5.28)$$

де T_ϕ - конструктивний коефіцієнт, визначається по формулі

$$T_\phi = \frac{D_n^2 \left(1 + 8,55 \lg \frac{D_n}{D} \right) - D^2}{(1,05 D^2 + 1,945 D_n^2) \left(\frac{D_n}{D} - 1 \right)} = \frac{1,36^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{1,36}{1,2} \right) - 1,2^2}{(1,05 \cdot 1,2^2 + 1,945 \cdot 1,36^2) \cdot \left(\frac{1,36}{1,2} - 1 \right)} = 1,86. \quad (4.5.5.29)$$

Максимальне напруження кільця обчислюється за формулою:

$$\sigma_k = \frac{M_0(1 - \nu(1 + 0,9\lambda_\phi))}{D h_\phi^2} = \frac{0,06 \cdot (1 - 0,4 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,34))}{1,2 \cdot 0,0288^2} = 28,79 \text{ МПа}. \quad (4.5.5.30)$$

Напруження у втулці від внутрішнього тиску обчислюється за формулами:

$$\sigma_t = \frac{PD}{2(s-c)} = \frac{0,1 \cdot 1,2}{2(0,0055)} = 11 \text{ МПа}; \quad \sigma_m = \frac{PD}{4 \cdot (s-c)} = \frac{0,2 \cdot 3}{4 \cdot (0,005)} = 5,5 \text{ МПа}. \quad (4.5.5.31)$$

Умова міцності обчислюється за формулою:

$$\sqrt{(\sigma_1 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2 - (\sigma_1 + \sigma_m) \sigma_t} \leq \varphi[\sigma]_0 \quad (4.5.5.32)$$

$$\sqrt{(122 + 5,5)^2 + 11^2 - (122 + 5,5) \cdot 11} = 122 \text{ МПа} < 1 \cdot 630 \text{ МПа},$$

Де $[\sigma]_0$ - граничне напруження в перерізі, обмежено розміром s ,

$$[\sigma]_0 = 0,003 E_\phi = 0,003 \cdot 2,1 \cdot 10^5 = 630 \text{ МПа}. \quad (4.5.5.33)$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання [19]:

$$\Theta = \frac{\sigma_k D}{E_\phi h_\phi} \leq [\Theta]; \quad \frac{28,79 \cdot 1,2}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,0288} = 0,0057 < 0,013. \quad (4.5.5.34)$$

де $[\Theta]$ - граничний кут повороту фланців, $[\Theta] = 0,013$ при $(D < 2000 \text{ мм})$.

Умова герметичності фланцевого з'єднання виконується. Отже розрахований фланець задовольняє всі вимоги даного апарату.

4.6 Рекомендації по монтажу і експлуатації

Роботи з монтажу заключаються у установці апарату на металевій конструкції, встановленню та під'єднанню допоміжного обладнання, підключенні трубопроводів, деталях подачі та видалення виробів, встановлення приладів теплового регулювання та автоматичного регулювання. Несправності конструкції та виготовлення також усуваються під час монтажу. При цьому пристрій налаштовується на підготовку до роботи. [18]

Перелік операцій зборки:

- установка корпусу апарату на металеву конструкцію;
- встановлення внутрішніх елементів апарату;
- під'єднання всіх трубопроводів;
- встановлення арматури та контрольно-вимірювальних приладів;
- герметизація місць з'єднання абсорбера;
- приєднання допоміжних пристроїв;
- встановлення огорожень;
- випробування абсорбера на герметичність;
- якщо необхідно, встановлюється теплоізоляція;
- здача апарату в експлуатацію.

Підготовка установки до експлуатації обов'язково має включати перевірку витрат теплоносіїв, їх температур, тиск в апараті та трубопроводі. Потрібно забезпечити простий та надійний контроль за технологічним процесом.

Щоб отримати правильний експлуатаційний режим апарату необхідно [24]:

- справність та безперебійність роботи обладнання;
- кваліфікований обслуговуючий персонал;
- забезпечення необхідною енергією та її раціональна витрата.

4.7 Висновки

В результати проведених розрахунків ми визначили:

1. Геометричні розміри апарата
2. Провели розрахунок барботера, та розраховали необхідну кількість отворів на зовнішній поверхні барботера
3. Провели розрахунки валу перемішуючого пристрою, після яких визначили, що вал с діаметром 65 мм задовільняє всі умови мічності, жорсткості і вібростійкості
4. Провели розрахунок обичайки абсорбера під дією внутрішнього та зовнішнього тисків
5. Провели розрахунки фланцевого з'єднання, та розраховали умови герметичності. Отже фланець задовільняє всі вимоги нашого апарату

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно закону України про охорону праці під час експлуатації апарату для очистки біогазу від сірководню, для працівників необхідно створення безпечних умов праці.

Технологічний процес очищення біогазу має не мало шкідливих факторів. Потрібно, щоб усі ці фактори відповідали галузевим і загальновизнаним державним стандартам. Головною умовою зменшення травматизму під час виробництва – це дотримання всіх правил техніки безпеки. Весь робочий персонал обов'язково має бути з ознайомлений з всіма правилами. Інструкції з техніки безпеки мають розташовуватись на робочому місці. Плакати, які ілюструють безпечні способи роботи, також повинні розміщуватись у виробничій зоні у гарно помітних місцях .

Введення в експлуатацію нових виробництв, введення нових конструкцій і процесів, є небезпечними факторами для персоналу. Ці фактори вони можуть призвести до збільшення частоти нещасних випадків, та навіть до набуття професійних захворювань персоналом. Через це охорона праці є одним з важливих напрямків на підприємстві на сьогодні.

Під час роботи апарату на робочому місці оператора присутні такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- підвищена чи знижена температура поверхонь обладнання і матеріалів;
- враження електричним струмом (електромережа живлення апарату);
- промислове освітлення;
- пожежо- і вибухонебезпека.

5.1 Повітря робочої зони

Потрібно забезпечити для персоналу оптимальні температурні умови, відносної вологості та швидкості вітру на робочому місці.

Так як абсорбер розташовується в цеху, в результаті пошкодження герметичності установки в повітря робочої зони потрапляють сірководень, монооксид і діоксид вуглецю. Найбільш небезпечними є монооксиди вуглецю. Його ранично допустима концентрація в повітрі становить 20 мг/м³. При впливі оксидів вуглецю можуть виникати гострі та хронічні отруєння. Гострі захворювання викликаються одноразовою взаємодією з значною кількістю оксиду вуглецю, хронічні - тривалою дією. Головна негативна особливість сірководню та монооксиду вуглецю це накопичення у повітрі та витіснення кисню. При значному накопиченні монооксиду та діоксиду вуглецю можливий вибух. Через це має бути забезпечена повна вентиляція та очистка повітря в робочій зоні.

Повітря робочої зони має відповідати нормам [25], які для даної категорії робіт, наведено в таблиці 5.1. Дотримання даних параметрів здійснюється за допомогою водяного опалення приміщення з температурою теплоносія від 70 до 90°C, а в літній період за допомогою кондиціонера з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря.

Таблиця 5.1 – Параметри повітря робочої зони

Сезон року	Категорія робіт – 1б		
	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	19-20	40-65	0,2
Теплий	20-25	40-70	0,2

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюється за ДСН 3.3.6.042-99 [26]. Згідно з нормами всі виробничі і допоміжні приміщення мають бути вентилязовані. У данному випадку використовується припливно-витяжна вентиляція із системою очистки повітря.

6.2 Температура поверхонь устаткування і матеріалів

Під час з рідинами та газами що перебувають за температури нижче ніж 0°C , потрібно вжити заходи, для уникнення контакту персоналу з поверхнями що перебувають при низькій температурі. Для цього використовується теплоізоляцію та огороження обладнання. Температура поверхні теплоізоляції не повинна опускатись нижче 15°C .

Ізоляція відповідає вимогам [27]:

1. Ізоляція повинна мати малу об'ємну вагу;
2. вона має відрізнятися малою гігроскопічністю;
3. ізоляція має зберігати свої якості при різних температурних режимах;
4. ізоляції потрібно мати термостійкість;
5. вона має відрізнятися механічною міцністю;
6. вона має бути пластичною;
7. нарешті, ізоляція має бути вогнестійкою, довговічна (не гинити, не розпадатись).

6.3 Електробезпека

За ступенем ураження електричним струмом, дане приміщення відноситься до 1 класу (без підвищеної небезпеки) згідно ПУЕ. Система виробництва використовує електроустановки із заземленою нейтраллю: напруга 220/380 В, частота 50 Гц.

Головними чинниками нанесення електричних травм під час роботи апарата є:

- Випадковий контакт персоналу до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;
- доторкання персоналу до струмоведучих частин, які знаходяться під напругою, внаслідок пошкодження ізоляції;
- потрапляння робітника під напругу, внаслідок випадкового ввімкнення устаткування під час проведення ремонту.

Заходи щодо захисту працівників від ураження електричним струмом під час роботи виробництва:

- перед кожним запуском, перевірити ізоляцію на наявність пошкодження, $R_{із} \geq 0,5$ МОм;
- проводити регулярні інструктажі з правил техніки безпеки при роботі на виробництві.

Заходи для захисту працівників під час нормального режиму роботи:

- в електроустановках використовують такі види ізоляції [28];
- частини що знаходяться під напругою мають бути огорожені сіткою висотою 1,7м;
- розміром отворів 10x10 мм;
- електропроводи потрібно підвисити на висоту 3,5 м;
- встановлено таблички з написами “Обережно! Електрична напруга” на частини що ведуть струм;
- використовувати сигнальні лампи зеленого та червоного кольору “Вимкнено” і “Увімкнено» відповідно, на шафі управління лінією;

- згідно вимог [29] виконують монтаж електрообладнання та його занулення. Щоб запобігти ураження електричним струмом персонал повинен дотримуватись елементарних правил:

- не торкатися до електропроводів, робити ремонт електрообладнання, не допускати до ремонту електрообладнання особам, що не мають права допуску;

- в розподільну щитову дозволяється входити лише працівникам, які мають право доступу;

- використовувати лампи напругою 12 В для переносного освітлення;

- систематична перевірка заземлення електриками за дотримання правил безпеки;

- в аварійному режимі занулення з автоматичним відключенням [30].

6.4 Освітлення

Освітлення в робочій зоні має відповідати гігієнічним нормам. Використовується штучне і природне освітлення.

Природне освітлення використовують бокове, а для штучного використовують світлодіодні лампи, що мають велику світловіддачу $\Phi = 2200$ люмен та тривалий терміном служби ($10\text{Вт } W =$). Загальна освітленість в приміщенні складає $E_{\text{ф}}=240\text{лк}$ що відповідає вимогам [31]

6.5 Вибухо- і пожежонебезпека

Технологічний процес очищення синтез газу відноситься до вибухонебезпечного виробництва, через те що використовуються вибухонебезпечний газ.

Вибухонебезпечними компонентами є водонь, діоксид і монооксид вуглецю.

Лінія використовується для експлуатації в пожежонебезпечних зонах класу 2 за ПУЕ. Категорія виробництва “А” по [32].

В приміщенні розташована система автоматичного пожежогасіння, Отже, робоче середовище пожежонебезпечне за [33]. Передбачено стаціонарні зрошувальні системи на повну висоту колонних апаратів. В місця де подається метанол і синтез-газ встановлюються запобіжні клапани, які у випадку підвищення тиску, автоматично перекривають подачу даних речовин.

Щоб уникнути можливих пожеж кисень і збагачене киснем повітря не мають контактувати з аматурою, трубопроводами, устаткуванням, інструментами. Всі поверхні, що можуть контактувати з киснем, потрібно обезжирити.

Витрати на пожежогасіння – 300 л/с. У випадку аварійного відключення електроенергії вода подається за допомогою насосів.

Передбачені порошкові вогнегасники (ОПС-10 і ОППС-100) для гасіння ввімкнених електромереж.

На відстані 30м встановлено пожежні гідранти з довжиною рукава по 10м.

Відстань до пожежних виходів – 40 м, кількість виходів – 4, з шириною прорізу дверей 2,5 м згідно до [34].

У вибухонебезпечних приміщеннях аварійна вентиляція вмикається коли НКМВ вище 20%. В приміщенні встановлено повітряно-емульсійні та порошкові вогнегасники.

Висновки: було проведено аналіз лінії виробництва очистки синтез-газу, все вище перераховане відповідає чинному законодавству України та відповідним нормативно правовим документам згідно [35].

7. СТАРТАП

6.1 Резюме

Стартап - це тимчасова структура, ціллю якої є пошук і опрацювання бізнес моделі діяльності.

Стартап є механізмом реалізації інноваційної моделі підприємницької діяльності та передбачає використання будь-яких можливостей (у межах закону) для підприємства, навіть якщо власних ресурсів для цього недостатньо. Схема дій під час розробки і реалізації стартапу проекту наступна: формування мети, вивчення зовнішнього середовища для пошуку альтернативних можливостей, оцінювання власних ресурсів і співставлення їх зі знайденими можливостями, пошук у зовнішньому середовищі додаткових джерел ресурсів, діяльність з реалізації мети.

У таблиці 6.1 представлена структурно-логічна послідовність відповідей на ключові питання у формуванні ідеї стартап проекту: **ЩО Є?** **ЩО ЯКЩО?** **ЩО ВАУ?** **ЩО РОБИТИ?**

Таблиця 6.1 Структурно-логічне формування ідеї.

Питання	Відповідь
Що є ?	Лінія очистки біогазу. В Україні працюють 3 біогазові заводи: Біогазовий завод компанії «Астарта», (м. Глобине) Виробнича потужність - 150 м ³ біогазу на добу, Біогазовий завод ПрАТ «Екопрод» 1,5 МВт, ТОВ «Юзефо-Миколаївська Біогазова компанія (с. Михайлин) 3 МВт

Що ЯКЩО?	Збільшити потужність лінії виробництва за рахунок вдосконалення конструкції абсорбера, а саме створення розвиненої міжфазної поверхні шляхом додавання в конструкцію механічного перемішуючого пристрою та барботера.
Що ВАУ?	Збільшення продуктивності біогазової установки при порівняно невеликих розмірах апарату
Що робити?	Підібрати абсорбер з барботером та механічним перемішуючим пристроєм, провести конструкторський розрахунок, математичне та комп'ютерне моделювання процесу

Висновок: отже, стартап-ідея звучить так: «Удосконалення конструкції абсорбера для інтенсифікації процесу очищення біогазу.»

Формування характеристик стартап-ідеї

Стартові характеристики стартап-ідеї наведені в таблиці 2.

Таблиця 6.2 - Стартові характеристики стартап-ідеї

Характеристика	Розкриття характеристики
Об'єкт стартапу	Абсорбер для очистки біогазу з барботером та механічним перемішуючим пристроєм
Суб'єкт стартапу	Фізична особа (я)

Потреба яку задовольняє стартап	
У споживача	Забезпечення біогазом
У виробника	Підвищення якості та кількості продукту, збільшення продуктивності установок і як наслідок отримання прибутку
На покращення якого фактору в моделі ділової досконалості підприємства спрямований стартап	Якість (результат направлений на споживача)
Місце стартапу у ланцюжку цінностей продукту	Виробництво (Технологічна розробка)
Гранична корисність стартапу	Сервісне обслуговування

Висновок: сформувавши характеристики стартап-ідеї ми бачимо орієнтовно на покращення яких аспектів спрямований стартап. І ми вже може сформулювати деякі варіанти цінності стартап-ідеї.

6.2 Планові варіанти розвитку стартап ідеї.

1. Перший товар, що може бути запропонований – це абсорбер з механічним перемішуючим пристроєм та барботером. Тип товару – матеріальний. Споживач отримає новітнє обладнання, яке необхідно внести в лінію очищення біогазу. Даний варіант найдешевший, проте прибуток, який буде отримано найменший.

2. Лінія очистки біогазу. Споживач отримає лінію очищення, яка необхідна для виготовлення готового продукту. Цей варіант потребує значних витрат, але ціна всієї лінії відповідно більша.

3. Готовий продукт – біогаз.

У таблиці 6.3 описані варіанти і опис можливого розвитку стартапу.

Таблиця 6.3. Варіанти та можливий розвиток ідеї.

Варіанти	Стислий опис можливого розвитку
1. Абсорбер з механічним перемішуючим пристроєм та барботером	Номінальний об'єм апарату: 3,2 м ³ . Робочий тиск: 0.1 МПА Температура середовища: робоча 35°C; максимальна – 38°C. Маса апарату: 1590 кг. Середовище в апараті: не агресивне, токсичне, вибухонебезпечне. Габаритні розміри: довжина 1330 мм, ширина – 1480мм, висота – 5010 мм. Механічний перемішуючий пристрій знаходиться в сорочці над барботером.
2. Лінія очищення біогазу.	Включає в себе: Ємність для попереднього субстрату; Змішувач; Насос 2 шт.; Метантенк; Газгольдер; Когенератор; Компресор; Абсорбер; Фільтр для видалення

	осаду; Мембранний апарат; Збірник для відпрацьованого субстрату; Центрифуга; Барабанна сушарка.
3. Біогаз	Склада: метан (CH ₄ : 50-75 %), вуглекислий газ (CO ₂ : 25-50 %), водяна пара (H ₂ O: 0-10 %), азот (N ₂ : 0,01-5 %), кисень (O ₂ : 0,01-2 %), водень (H ₂ : 0-1 %), аміак (NH ₃ : 0,01-2,5 мг/м ³) та сірководень (H ₂ S: 10-30.000 мг/м ³)

У таблиці 6.4 наведені основні прогнозовані елементи витрат.

Таблиця 6.4 Складові структури витрат стартап-проекту

Прогнозовані й елемент витрат	Прогнозо вана кількість, од	Прогнозо вана вартість, грн	Джерело покриття витрат
1.Технічна документація абсорбера (Складальне креслення, Специфікація, креслення загального виду)	1	10 000	Підприєм ство замовник
2.Корпус з кришкою, днищем, опорними підставками, штуцерами.	1	18000	Іноземні інвестори

3. Циркуляційний циліндр	1	6000	Власні кошти
4.Газорозподіл ьчий пристрій	1	12000	Інвестори
5.Вал з мішалкою	1	4000	Інвестори
6.Випробуванн я апарату.	3	21000	Потенційн і покупці.

6.3 Вплив зовнішнього та зовнішнього оперативного середовища на цінність стартап-ідеї

Кожне промислове підприємство під час своєї роботи і розвитку постійно відчуває вплив зовнішнього середовища. Можна сказати, що ефективність діяльності підприємства і результати напряду залежать від його зовнішнього середовища. До зовнішніх економічних факторів можна віднести географію, демографію, політику, економіку, культуру і звісно ж, науково-технічний прогрес.

Основна цінність цього стартапу – «абсорбер для очистки біогазу з механічним перемішуючим пристроєм та барботером». Отже, в таблиці 6.5 представлено вплив зовнішнього середовища на цінність стартап-ідеї.

Таблиця 6.5. Вплив зовнішнього середовища на цінність стартап-ідеї

Фактор	Загроза			Можливості		
	Суть загрози	Ймовірність настання	Вплив на цінність проекту	Суть можливості і	Ймовірність настання	Вплив на цінність проекту
Політика	1.Доступність сертифікатів на виготовлення обладнання. 2. Міжнародна сертифікація.	1.80% 2.80% 3.85% 4.100% 5.85%	1.75%Здор ожчує і ускладнює процес виготовлення абсорбера. 2.80% додаткові витрати для	1.Доступність сертифікатів на виготовлення обладнання. 2.Міжнародна	1.80% 2.80% 3.85% 4.100 % 5.85%	1.20% Держава зацікавлена у створенні інноваційного обладнання. 2.75% можли-

3. Державне мито на експорт\імпорт продукції.		отримання міжнародних сертифікатів.	сертифікація. Держава зацікавлена в розвитку ідеї створеної на базі державної установи.	вість розширення закордонного ринку.
4.Пандемія коронавірусу (закриття кордонів).		3.50%дода-ткові витрати при експорті деталей абсорбера.	3. Державне мито на експорт\імпорт продукції.	3.50%можливість отримати додаткові кошти при імпорті готового обладнан-ня.
5.Війна на сході України.		4. 70% неможли-вість вити на міжнародн ий ринок.	4.Пандемія коронаві-русу(закри т-тя кордонів).	4.55% менша конкурен -ція на вітчизня-ному ринку.
		5. 20% загроза зупинення виробницт -ва	5.Війна на сході України.	5.10% можли-вість переорієн тувати продукці ю.

Еконо- міка	1.Встановлен	1.90%	1.15%	1.Встановл	1.90%	1.80%
	-ня цін у	2.80%	вітчизняні	ення цін у	2.	Убезпе-
	доларах	3.85%	споживачі	доларах	80%	чити
	США.	4.50%	вимагатим	США.	3.85%	виробник
	2. Інфляція в	5.75%	уть ціни у	2. Інфляція	4.50%	а від
	країні.		національ	в країні	5.75%	падіння
	3.Вартість		ній валюті.	3.Вартість		гривні.
	комплектую-		2.90%	комплекту		2.50%
	чих і		зниження	ючих і		зменшенн
	сировини		купівельно	сировини		я витрат
	досить		ї	досить		шляхом
	висока.		спроможн	висока.		не
	4.Велика		ості	4.Велика		підніманн
	конкуренція		грошей.	конкуренці		я
	на ринку.		3.70%Дер-	я на ринку.		заробітни
	5.Придбання		жава не			х плат
	комплектую-		зможе	5.Придбан		працівни-
	чих для		фінансуват	ня		ків,
	обладнання у		и стартап,	комплекту		збільшен-
	вітчизняних		через що	ючих для		ня ціни на
	виробників.		необхідно	обладнанн		обладнан
			самостійн	я у		ня у разі
			о шукати	вітчизняни		встановле
			кошти на	х		ння цін у
			його	виробників		доларах
			розвиток.	.		США.
			4.40%			3.20%ви-
			важко			робники
			знайти			комплект
						уючих

			споживача . 5.25% відсутніст ь деталей до інноваційн ої продукції на вітчизняни х ринках.			зацікавле -ні зробити знижку для виотов- лення іннова- ційного обладнан -ня 4.65% можли- вість переходу спожива- чів від конкурен тів. 5. 80% Вітчизня ні комплект уючі дешевші за імпортні.
Геогра -фія	1.При роботі апарат продукує	1.70% 2.60% 3.50%	1.80% Необхід- ність	1.При роботі апарат	1.70% 2.60% 3.50%	1.30%мо ж-ливість повторно

	шкідливі відходи, що негативно впливає на екологію. 2. При розробці і випробуванні обладнання у м. Києві заробітня плата залучених працівників вища ніж у інших регіонах. 3. При залученні працівників з сусідніх міст, сіл, СМТ необхідний трансфер. 4. У столиці розташовано більше постачальників сировини.	4.80% 5.75%	очищати відходи, утилізувати їх – це тягне додаткові витрати. 2.80% Збільшує собівартість апарату. 3.75% додаткові витрати на трансфер працівників в 4.50% сировина дорожча ніж в інших регіонах. 5.40% більша конкуренція серед виробників в.	продукує шкідливі відходи, що негативно впливає на екологію. 2. При розробці і випробуванні обладнання у м. Києві заробітня плата залучених працівників в вища ніж у інших регіонах. 3. При залученні працівників в з сусідніх міст, сіл, СМТ необхідний трансфер.	4.80% 5.75%	переробляти відходи. Можливо знайти якісну сировину за короткий проміжок часу. 2.80% менші затрати на трансфер працівників. 3.30% ЗП працівників менша ніж працівників столиці. 4.65% менші затрати на транспор-
--	---	----------------	--	--	----------------	---

	5. У столиці можливо постачати обладнання у найбільші заводи без довгої і вартісної доставки.			4. В столиці розташова- но більше постачальн иків сировини. 5. У столиці можливо постачати обладнанн я у найбільші заводи без довгої і вартісної доставки.		тування сировини . 5.65% Зменшен- ня собіварто сті за рахунок НЕ значних витрат на доставку.
Демог- рафія	1.Відтік кадрів, все більше людей прагне працювати за кордоном. 2.Можливіст ь залучення студентів 5-6 курсів навчання	1.50% 2.20% 3.40% 4.50%	1.50% Складно знайти кваліфіков аних спеціалісті в з досвідом. 2.20% Студен- там	1.Відтік кадрів, все більше людей прагне працювати за кордоном. 2.Можливі сть залучення	1.50% 2.20% 3.40% 4.50%	1.10% Можливі сть оновлюва ти кадри часто. 2.40% Можли- во знайти персонал серед

	3. Більшість молодих спеціалістів хочуть працювати в офісах. 4. Часто молоді спеціалісти не затримуються довго на робочих місцях.		потрібен час щоб включитися в роботу. 3.40% Складно знайти молодого спеціаліста на робочу вакансію. 4. 50% «Летучка кадрів».	студентів 5-6 курсів навчання 3. Більшість молодих спеціалістів хочуть працювати в офісах. 4. Часто молоді спеціалісти не затримуються довго на робочих місцях.		студентів без досвіду. 3.20% Можливість зацікавити спеціалістів інновацією 4.15% Можливість часто змінювати працівників.
Культура	1.Для людей є більш привабливим працювати в офісі ніж виготовляти апарати. 2.Працівники іноді недбало	1.50% 2.70% 3.30% 4.50% 5.50%	1.50% Складність залучення персоналу для роботи з обладнанням.	1.Для людей є більш привабливим працювати в офісі ніж виготовляти апарати.	1.10% 2.10% 3.80% 4.15% 5.70%	1.10%за рахунок додаткової плати залучити іноземних провідних

	ставляться до обладнання. 3.Необхідність автоматизації процесу. 4.Необхідність надавати вихідні на державні свята. 5. Необхідність забезпечувати сприятливий соціальний клімат на підприємстві.		2.70% збільшення витрат на ремонт. 3.30% значні затрати на автоматизацію. 4.50% у вихідні процес роботи зупиняється я збільшується час виготовлення продукції. 5.50% необхідні додаткові затрати для регулювання соціального клімату на	2.Працівники іноді недбало ставляться до обладнання. 3.Необхідність автоматизації процесу. 4.Необхідність надавати вихідні на державні свята. 5.Необхідність забезпечувати сприятливий соціальний клімат на підприємстві.		спеціалістів. 2.10% можливість стягти деяку плату за нанесену шкоду. 3.80% автоматизований процес дозволить зменшити кількість працівників, тим самим зменшити фактор людської помилки. 4.15% працівники які гарно відпочил
--	---	--	--	---	--	---

			виробницт ві			и, налаштов ані на працю. 5.70% працівни- ки, які задоволе ні роботода- вцем прагнуть працюват и краще.
НТП	1.Деякий персонал потрібно перекваліфік овувати. 2.Застосуван ня інноваційних технологій. 3.Застосуван ня інноваційног о обладнання. 4. Участь у розробці	1.70% 2. 50% 3.45% 4.55% 5.20%	1.70%Вит- рата часу і ресурсів на переквалі фікування працівникі в 2.50% необхідні кошти і кваліфіков ані працівник и, щоб мати	1.Деякий персонал потрібно перекваліф іковувати. 2.Застосув ання інноваційн их технологій . 3.Застосув ання інноваційн ого	1.70% 2. 50% 3.45% 4.55% 5.20%	1.50% Переквалі фіковани й персонал принесе нові можли- вості підприєм- ству. 2.70%інн о-ваційні технологі ї значно продукти

	інноваційних проєктів. 5. Так як ВНЗ України йдуть «в ногу» з НТП, випускники будуть обізнані у нових технологіях.		достатню інформацію про нові технології. 3.45%необхідні значні кошти на придбання чи розробку нового обладнання. 4.55% не всі працівники згодні на участь у проєктах, хіба що за значну додаткову працю. 5.20% набираючи новий штат кваліфіков	обладнання. 4. Участь у розробці інноваційних проєктів. 5. Так як ВНЗ України йдуть «в ногу» з НТП, випускники будуть обізнані у нових технологіях.		-вніші за старі. 3.70% інноваційне обладнання має кращі показники якості, тим самим інтенсифікує процес і збільшує прибуток. 4.80% участь у інноваційних проєктах дозволить слідувати за всіма новинками у НТП. 5.70% достатньо
--	---	--	--	---	--	---

			аних спеціалісті в, виникне питання що ж робити зі старими.			кваліфіко- -ваних спеціаліс- тів, які уже готові показати відмінну якість роботи.
--	--	--	---	--	--	--

Таблиця 6.6 Вплив у відсотках

Фактор	Сутність/ймовірність настання	Загроза (%)	Можливість (%)	Вплив на цінність
Політика	1.8%	80	15	43 % загроза
	2.85%	75	65	4% загроза
	3.85%	50	45	0
	4.2%	70	55	15% можливість
	5.5%	20	15	8.5% можливіст
Економіка	1.9%	15	85	58,5% можливість
	2.8%	85	45	31% загроза
	3.85%	70	15	42,5% загроза

	4.5%	40	65	13.5% можливість
	5.75%	30	80	42.25% можливість
Географія	1.7%	80	30	35% загроза
	2.6%	80	80	0
	3.5%	74	30	23,5% загроза
	4.8%	50	64	11% можливість
	5.75%	40	60	14% можливість
Демографія	1.5	45	10	20% загроза
	2.2	30	45	5% можливість
	3.4	45	15	8% загроза
	4.5	50	15	17,5 % загроза
Культура	1.4	45	10	20% загроза
	2.8	70	15	7% загроза
	3.5	25	75	15% можливість
	4.6	50	20	17.5 % загроза
	5.50	55	75	10% можливість

НТП	1.7	75	50	14% загроза
	2.6	45	65	14% можливість
	3.55	45	70	11.25 % можливість
	4.45	60	75	13.25% можливість
	5.3	25	70	10% можливість

Провівши аналіз зовнішнього середовища, було виявлено що відносно політики доступність сертифікатів (43%), що є основним негативним фактором, в свою чергу пандемія COVID-19 (15%) несе нові можливості; економічний фактор вартість комплектуючих(43.5%) – є головною загрозою для стартапу, але якщо встановити ціну у доларах США(58.5%) це надасть певні можливості і убезпечить виробника; географічне розташування стартап-проекту в м.Києві надає перевагу у доставці виробів (15%), але головною загрозою є те, що апарат виробляє шкідливі відходи для місцевості (35%); демографічна загроза це відтік кадрів(20%), проте чудова можливість залучення студентів старших курсів(5%); культура України також несе деяку загрозу, а саме робота в офісі є більш привабливою для людей (20%) але, якщо автоматизувати процес це стане головною можливістю(15%) з точки зору культури; НТП тягне за собою перекваліфікацію співробітників(14%), проте це додаткові витрати, але величезною можливістю є застосування інновацій для виробництв(14%).

Зовнішнє оперативне середовище підприємства визначає організаційні і технічні умови робити даного підприємства. Воно являється результатом

управлінських рішень. Метою аналізу внутрішнього середовища вважається виявлення слабких та сильних сторін діяльності підприємства.

Виробник повинен мати внутрішній потенціал, для того аби скористатися зовнішніми можливостями, проте дуже важливо знати також слабкі свої сторони, вони можуть підсилювати зовнішню загрозу. Конкуренти, виробництво, Постачальники, посередники і споживачі відносяться до чинників зовнішнього-оперативного середовища.

У таблиці 6.7 представлено аналіз недоліків та переваг зовнішнього середовища на цінність стартап-ідеї.

Таблиця 6.7 Вплив зовнішнього оперативного середовища на цінність стартап ідеї.

Фактор	Переваги			Недоліки		
	Сутність	Ймовірність настання	Вплив на цінність	Сутність	Ймовірність настання	Вплив на цінність
Постачальник	1.Великий вибір постачальників сировини. 2.Разовий вклад в устаткування та можливість його використання в подальшому	1.90% 2.75% 3.50% 4.70% 5.40%	1.80% можлив ість вибрати постача льника з найниж чими цінами.	1.Великий вибір постачальників. 2.Одноразовий вклад в устаткування і можливість його	1.90% 2.75% 3.50% 4.70% 5.40%	1.20% недовіра до постачальників, з якими не працювали.

	для інших процесів. 3.Збільшення ціни на сировину. 4.Взаємозамінність і стандартизація деталей хімічної, біотехнологічної та харчової промисловості. 5.Дефіцит компаній, що могли б задовольнити потреби виробництва.		2.70% зменшення витрат на нове устаткування. 3.10% збільшення ціни на продукцію. 4.60% можливості закупки деталей з хімічного чи харчового виробництва. 5. 40% компанії ї надаватимуть	подальшого використання для інших процесів. 3.Підвищення ціни на сировину . 4.Взаємозамінність та стандартизація деталей хімічної, біотехнологічної та харчової промисловості. 5.Нестача компаній , які могли б задоволь		2.50% загроза застаріння обладнання. 3.80% збільшення собівартості устаткування. 4.15% можливості закупити деталі, які значно зношені 5.40% значні ціни на послуги компанії.
--	---	--	--	--	--	--

			якісні послуги , щоб не втратити клієнта.	нили потреби виробництва.		
Посередники	1.Відсутність бази посередників. 2. Використання минулих посередників. 3.Залучення посередників при експорті продукції 4. Оптовою реалізацією товару займаються посередники. 5. Посередник має добре налагоджені контакти.	1.40% 2.65% 3.70% 4. 80% 5. 90%	1.50% можливість знайти посередників, що працюватимуть з інноваційною продукцією. 2.60% старі посередники гарно знайомі з ринком.	1.Відсутність бази посередників. 2.Використання минулих посередників. 3.Залучення посередників при експорті продукції 4.Оптовою реалізацією товару займаються	1.40% 2.65% 3.70% 4. 80% 5.40%	1.30% необхідно затратити час, щоб знайти посередників. 2. 30% старі посередники можуть відмовити в працювати з інноваційною продукцією.

			3. 50% менший обсях капіталовкладень при експорті (не потрібні створювати новий закордонний торговий апарат). 4. 75% продавець менше ризикує 5. 65% можливість легко знайти споживача на	посередники. 5. Недостатня увага посередника до роботи з товарами експортера.		3. 65% ізоляція виробника від ринку. 4. 80% залежність експортера від посередника. 5. 80% можливість пошкодження продукції.
--	--	--	---	---	--	--

			продукцію.			
Конкурен ти	1.Перехід від конкурентів за рахунок зацікавленості в інноваціях і інтенсифікації процесу. 2.Покупка іншими компаніями прав на інновації. 3.Невелика кількість компаній на ринку. 4.Самовдоволення серед конкуруючих фірм. 5.Лідерство на ринку серед конкурентів, за рахунок інноваційної продукції.	1.50% 2.80% 3.65% 4.50% 5.60%	1.70% збільшен ня кілько сті спожив ачів продук ції, і як наслідок збільшен ня прибутк у. 2.80%О триман я прибутк у. 3.70% Споживачі зацікавлені в інноваційній	1.Перехід від конкурентів за рахунок зацікавленості в інноваціях та інтенсифікації процесу. 2.Покупка іншими компаніями прав на інновації. 3.Невелика кількість компаній на ринку. 4.Можливість появи нових	1.50% 2.80% 3.65% 4.50% 5.60%	1.30 Необхідність задовольнити потреби нових клієнтів, збільшити обсяги виробництва, це тягне значні витрати 2.70% зменшення ринку збуту. 3.35% недовіра до нової

			продукції. 4.40% можливість витримати конкуренцію. 5. 60% збільшення прибутку за рахунок переходу у споживачів від конкурентів.	конкурентів 5.Уразливість стосовно конкурентного тиску.		продукції. 4.40% зменшилась кількість споживачів. 5.30% додаткові затрати, щоб витримати конкуренцію на ринку.
Споживачі	1.Завжди будуть підприємства, що зацікавлені в продукції. 2.Можливість розширення закордонного ринку.	1.80% 2.85% 3.65% 4.85% 5. 50%	1.80% є можливість продати обладнання. 2.85% можливо	1.Вітчизняний ринок збуту занадто вузький. 2.Можливість розшире	1.65% 2.95% 3.50% 4.60% 5.50%	1.60% складно знайти споживача в Україні. 2.85% додаткові

	3.Вузький ринок збуту. 4.Гарна репутація у споживачів. 5. Зростання сили торгу у покупців та постачальників.		знайти закордонних споживачів,як і платити муть в доларах США. 3.50% не значні витрати на реклам у. 4.70% споживачі не зацікавлені у переході до конкурентів. 5.45% можлив ість збільши	ння закордонного ринку. 3.Не всі споживачі і зацікавлені в покупці інновацій 4.Зміна потреб і смаків споживачів. 5.Зростання сили торгу в покупців і постачальників.		витрати на отримання міжнародних сертифікатів. 3.40% необхід на реклама , щоб зацікавити споживача, що тягне додаткові витрати . 4.50% необхід ність модернізації апарату , що тягне
--	---	--	---	--	--	---

			ти ціну апарату за рахунок торгу.			значні витрати 5. 45% можлив ість зменши ти ціну апарату за рахунок торгу
--	--	--	---	--	--	---

Таблиця 6.8. Вплив зовнішнього – оперативного середовища у відсотках

Фактор	Сутність/ймовірність настання	Переваги Вплив(%)	Недоліки Вплив(%)	Вплив
Постачальник	1.90%	80	20	54% перевага
	2.75%	70	50	15% перевага
	3.50%	10	80	35% недолік
	4.70%	60	15	31,5% перевага
	5.40%	40	40	0
Посередник	1.40%	50	30	8% перевага
	2.65%	60	30	19,5% перевага

	3.70%	50	65	10,5% недолік
	4.80%	75	80	4% недолік
	5.90%	65	80	13,5% недолік
Конкуренти	1.50%	70	30	20% перевага
	2.80%	80	70	8% перевага
	3.65%	70	35	12,75% перевага
	4.50%	40	40	0
	5.60%	60	30	18% перевага
Споживач	1.80%	80	60	16% перевага
	2.85%	85	85	0
	3.65%	50	40	6,5% перевага
	4.85%	70	50	17% перевага
	5.50%	45	45	0

Зробивши аналіз зовнішнього та зовнішнього оперативного середовища, виявив можливості та загрози, недоліки та переваги різних факторів. Було виявлено сильні та слабкі сторони виробництва. Цей аналіз показує що потрібно робити для того щоб успішно управляти та розвивати підприємство.

Для забезпечення гарного функціонування підприємства необхідно спиратися на позитивні фактори та намагатись мінімізувати вплив негативних.

Виходячи з цього, що стосується постачальників, головною перевагою є їх великий вибір(54%), головним недоліком становить підвищення ними цін на сировину або комплектуючі(34%); посередники, використання минулих посередників є перевагою(19,5%), проте те що вони мають добре налагоджену мережу споживачів (13,5%) для нас є недоліком; перехід споживачів від конкурентів (20%) є перевагою, а їх відносно невелика к-ть (0) не має ніякого впливу на проект; серед споживачів треба мати гарну репутацію (17%) – це перевага, а зростання сили торгу та розширення іноземного ринку не має ніякого впливу.

6.4 Формування потенційного споживача

На підставі згенерованих цінностей стартапу було проведено аналіз потенційного споживача стартап-проекту (таблиця 6.9).

Таблиця 6.9 - Формування потенційного споживача

Критерій оцінки потенційного споживача	Значення
Форма власності	Державне, приватне
КВЕД	19.089
За потужністю	Малі, середні
За масштабом виробництва	Серійні
За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільні
За ресурсами, що споживаються	Капіталомісткі
За чисельністю персоналу	Малі, середні
За сферою діяльності	Виробничі
За приналежністю капіталу і контролю	Національні, іноземні
За географічним розташуванням	Територія України

За наявністю вільних ОБЗ	Підприємство має вільні ОБЗ у вигляді сировини
--------------------------	--

Висновок: аналіз потенційного споживача стартап-проєкту дає уявлення про потенційних споживачів і дає можливість звужити області пошуку потенційних споживачів.

6.5 Споживач. Структура пошуку

Для того щоб сформувати список перших десяти споживачів необхідно знати які підприємства використовують нашу сировину.

Таблиця 6.10 - Список перших шести споживачів

Місце пошуку	Конкретна адреса пошуку	Знайдена інформація	Контакти	Особливості
Бази даних по підприємствах України	https://www.ua-region.com.ua/	ТОВ ЗОРГ БІОГАЗ УКРАЇНА Рік заснування 2004. За розміром: середнє. Кількість працівників: 55 Код ЄДРПОУ:32240231.	Телефон основний: (04405212951 Електронна пошта: biogas@zorg.ua	-
Бази даних по підприємствах України	https://www.ua-region.com.ua/	Лімекс інвест ПП. За розміром: середнє. Фактична адреса: 43000, м. Волинська обл., м. Луцьк вул. Шопена 22 оф.183	Телефон основний: (0332) 248493 Електронна пошта: limexinvest@meta.ua	-
Бази даних по підприємствах України	https://www.ua-region.com.ua/	МНС ГРУП, ТОВ. За розміром: мале. Кількість працівників: 8 Фактична адреса:	Телефон основний: (057) 7523075	-

		М. Харків, вул. Новгородська 11, оф.402	Електронна пошта: moiseyenko.yuriy@gmail.com	
Бази даних по підприємствах України	https://www.ua-region.com.ua/	ОЗОН БІОГАЗ ІНВЕСТМЕНТ, ТОВ За розміром: мале. Кількість працівників: 1 Фактична адреса: м. Київ, вул. Польова 24	Телефон основний: (093) 5809672	-
Бази даних по підприємствах України	https://www.ua-region.com.ua/	ОРІЛЬ-ЛІДЕР, ПрАТ з ІНОЗЕМНИМИ ІНВЕСТИЦІЯМИ За розміром: середнє. Фактична адреса: м. Київ вул. Академіка Заболотного, 158	Телефон основний: (044)2070000 Електронна пошта: orel-lider@mhp.com.ua Сайт: http://mhp.com.ua/	-
Бази даних по підприємствах України	https://www.ua-region.com.ua/	ТЕХІНСЕРВІС, Виробнича група, ТОВ За розміром: Середнє. Кількість працівників: 91 Фактична адреса: 04114, м. Київ, пров. Макіївський, 1	Телефон основний: (044) 4689311 Електронна пошта: net@techinservice.com.ua	-

			Сайт: https://techinservice.com.ua /	
--	--	--	---	--

Висновок: завдяки списку перших шести потенційних споживачів ми отримали таку інформацію як: назва та місце розташування підприємства-споживача, його контакти, масштаби виробництва і орієнтовний обсяг вільних Обз підприємства.

6.6Визначення оптимальної ціни пропозиції для страп-проекту

Таблиця 6.11 Економічні складові

№ п/п	Складова	Сума, грн
1	Сировина і матеріали	60 000
2	Вартість приміщення з інструментами	15 000
3	Нематеріальні активи	20 000
4	Інше	27 000
5	Амортизація	17 800
6.	Заробітня плата персоналу (+22% нарахування)	95 840+1760=97 600
7.	Разом собівартість	235 400

Матеріали абсорберу являють собою: корпус –6 000 грн., днище – 8 500 грн., кришка -10 000 грн., опорні лапи – 4 500 за 4 штуки, барботер – 29 000 грн., з'єднувальні деталі – 2 500 грн., сировина, для випробування апарату – 1500 грн.

Приміщення в якому розробляється і випробовується цей апарат – лабораторія, яку надає НТУУ КПІ ім. І. Сікорського. Вартість 3 750 грн/місяць. Приблизний час виготовлення апарату 4 місяця, тому вартість приміщення – 15000 грн.

Нематеріальні активи, до яких відноситься технічна документація абсорбера з механічним перемішуючим пристроєм та барботером – 20 000 грн., щоб провести випробування апарату необхідно 27 000 грн.

За попередньою оцінкою вартість ліквідації апарату приблизно 1000 грн. Тоді, амортизація складає 17 800 грн. Щоб виготовити апарат залучено два студенти. Зарплата кожного складає 10 000 грн/місяць. Фонд оплати праці складає 97 600 грн. Собівартість розробки одного апарату:

$$C = \text{Обз} + A = 235\,400 \text{ грн}$$

$$C_{\text{од}} = C/V = 235\,400 / 1 = 235\,400 \text{ грн}$$

Планова ринкова ціна (за конкурентним методом) апарату:

$$\Pi = 360\,000 \text{ грн/од.}$$

Дохід:

$$\Pi = \Pi - C = 360\,000 - 235\,400 = 124\,600 \text{ грн}$$

Рентабельність:

$$P = (\Pi/C) * 100\% = (124\,600/235\,400) * 100\% = 52.9\%$$

6.7 Розрахунок ціни інноваційної пропозиції

Витратний метод

У витратному методі відсоток прибутку, буде мінімальний та складатиме до 3%, так як обмежується інфляцією. Через це даний метод покриває тільки витрати, проте також існують такі витрати, що мають відношення до виробництва товару, проте не відносяться до собівартості, так як їх фінансування відбувається за рахунок прибутку, спеціальних фондів та інше.

$$Ц = C + \%П = 235\,400 + 6\,330 = 236\,033 \text{ грн.}$$

Параметричний метод

Даний метод включає деякі параметри готового продукту та вже готового схожого апарату з врахуванням оцінки нової та базової моделі.

$$Ц_{\text{нovoї моделі}} = Ц_{\text{базової моделі}} * (\text{балова оцінка нової моделі} / \text{балова оцінка базової моделі}) = 320\,000 * (10/8) = 400\,000 \text{ грн}$$

Метод точки беззбитковості

Основою цього методу є розрахунки загальних витрат підприємства і його загального доходу, що одержано в результаті реалізації різних обсягів готової продукції. Цей метод вимагає розгляду різних варіантів ціни, та визначення їх впливу на обсяги збуту, який необхідний для подолання рівня беззбитковості.

$$Ц = (A + \text{Обз} * B) / B = (17\,800 + 217\,600 * 1) / 1 = 235\,400 \text{ грн.}$$

Метод конкурентних цін

Ціни формуються завдяки спільним діям інформованих продавців та покупців, за таких умов продаж товару за вищою ціною неможливий, в той же час не раціонально встановлювати і нижчу ціну, так як є можливість продати това по прийнятій ринком ціні. Провівши аналіз ринкової ціни на абсорбери, я встановив ціну в розмірі 360 000 грн.

Агрегатний метод.

Даний метод прийнято використовувати до товарів, що складаються з окремих виробів або для товарів, до складу яких входять окремі вузли, деталі.

$$\begin{aligned} \text{Ц} &= \text{Ц}_1 + \text{Ц}_2 + \text{Ц}_3 + \text{Ц}_4 + \text{Ц}_5 + \text{Ц}_6 + \text{Ц}_c + \text{Ц}_n = 6\,000 + 8\,500 + 10\,000 + 4\,500 + 29\,000 + 20\,000 + 7\,000 + 55\,000 = 160\,000 \text{ грн} \end{aligned}$$

$\text{Ц}_1 = 6\,000$ грн – корпус;

$\text{Ц}_2 = 8\,500$ грн – днище;

$\text{Ц}_3 = 10\,000$ грн – кришка;

$\text{Ц}_4 = 4\,500$ грн – опорні лапи;

$\text{Ц}_5 = 29\,000$ грн – барботер;

$\text{Ц}_6 = 20\,000$ грн – технічна документація;

$\text{Ц}_c = 10\,000$ грн – ціна за монтаж;

$\text{Ц}_n = 55\,000$ грн – нормативний прибуток.

Табл. 6.12 Результати методів ціноутворення

Метод ціноутворення	Прогнозна ціна	Планований прибуток в гривнях	Максимально допустима собівартість
Витратний	236 033	633	235 400
Параметричний	400 000	164 400	235 400
Конкурентний	360 000	124 600	235 400
На підставі точки беззбитковості	235 400	0	235 400
Агрегатний	160 000	60 000	100 000

Оптимальні величини	360 000	124 600	2350
------------------------	---------	---------	------

Проаналізувавши таблицю я вибираю метод конкурентний метод, так як саме цей метод дає змогу визначати оптимальну ціну для ринку оскільки виробник більше орієнтується на поточні ціни. Витратний метод хоча і зручний, проте прибуток буде мінімальним. Параметричний метод, хоча й має найбільший прибуток, проте він не враховує попит на ринку та решту споживчих властивостей. За допомогою методу точки безбитковості можна дуже точно визначити ціну на продукцію, проте прибутку ніякого не має. Агрегатний метод можна застосовувати лише для виробів, до складу яких входять окремі вузли або елементи.

6.8Перелік основних потенційних конкурентів стартап-проєкту

Проведено аналіз основних потенційних конкурентів стартап-проєкту

Результати було оформлено у вигляді таблиці 6.13

Таблиця 6.13 - Перелік основних потенційних конкурентів стартап-проєкту

Напрямок конкуренції	Назва конкурента	Контакти конкурента
За географічним розташуванням виробництва	«Crio Inter Trading»	Україна, 04112 м.Київ, вул. Дегтярівська, 62 т. +38 (044) 357 00 50 https://cryo-tm.com.ua/
За ринком збуту	«CATEC»	Україна, Дніпропетровська обл., м Дніпро, вул. Чернишевського, 47, тел./факс: 050 784 44 75, ukrsates@gmail.com
За кількістю споживачів	«Профіпласт»	Україна,, м. Суми, вул. Черкаська, 4 Тел: <u>+38 050 307-90-52</u>
За технологією виробництва	«Сумское НПО»	Україна,, м. Суми, вул. Горького, 58 Телефон: +38 (0542) 686-333 Email: info@snpo.ua
За ціною продукту	«Теплобак»	Україна, м. Тернопіль, вул. Микулинецька Бокова, 10-Б Тел. +38 (067) 371-03-07

За методом квадрату Бове (рис.1.) наш стартап-проект можна віднести до зони «Діють на флангах»

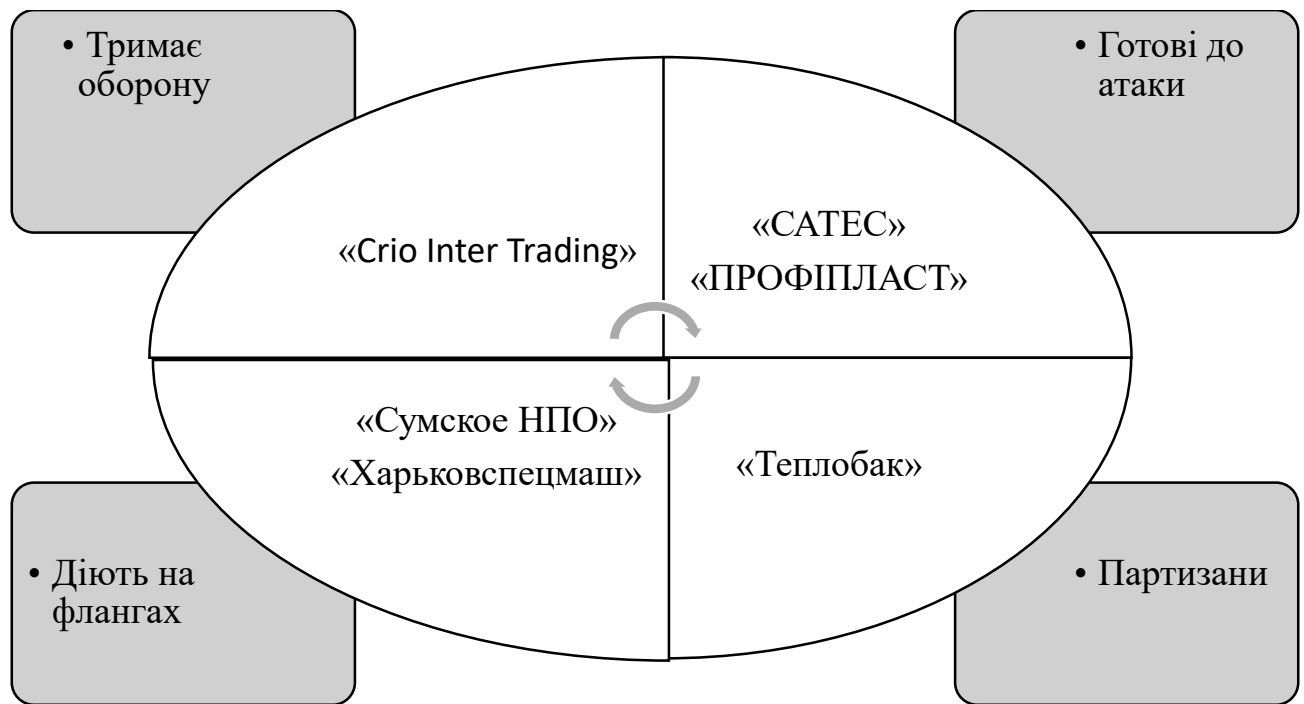


Рис 6.1 Конкурентне середовище стартап- проекту

В цій зоні ми не викликаємо зацікавленості лідера, так як він бориться з тими хто готовий до атаки, але ми й не відносимся до великої кількості другорядних виробників, і в будь який момент можемо зайняти місце готових до атаки.

Ключові фактори успіху стартап-проекту.Метод Шонфільда

Ключові фактори успіху – характерний перелік чинників для певної галузі, що надає їй переваги над іншими галузями, а також одним підприємством певної галузі над іншим. Дані чинники не являються сталими та залежать від багатьох факторів. Для більшої об'єктивності використовуємо метод Шонфільда. Дані зображені в таблицях 6.14 та 6.15, візуалізація представлена на графіку 1

Для порівняння оберемо наступних виробників-конкурентів:

А - «Crio Inter Trading»

В - «САТЕС»

С - «Профіпласт»

Д - «Сумское НПО»

Е- «Харьковспецмаш»

Ғ - наш стартап-проект (абсорбер з механічним перемішуючим пристроєм та барботером)

Таблиця 6.14 Метод Шонфільда

Характеристика	Коефіцієнт Вагомості	Конкурент/оцінка					
		А	В	С	Д	Е	Ғ
Ціна, грн/од. (Ц)	0,103	3	4	5	4	4	5
Термін експлуатації, років. (Т)	0,063	4	4	4	4	3	5
Продуктивність, т/м ² (П)	0,137	5	4	4	5	5	5
Обсяг збуту, од. (Оз)	0,049	5	5	4	4	3	2
Термін безперервної роботи, годин (ТР)	0,088	3	3	2	2	4	4
Номінальний об'єм апарату, м ³ (НО)	0,103	5	5	4	3	4	4
Тривалість процесу (ТП)	0,118	4	4	3	3	2	5
Габаритні розміри апарату, мм. (ГР)	0,069	4	3	4	3	2	4
Споживання електроенергії, кВт год. (СЕ)	0,123	4	3	2	1	2	3
Робоча температура	0,147	3	3	1	3	2	5

Таблиця 6.15 Оцінка з урахування коефіцієнта вагомості

Характеристика	Конкурент/оцінка					
	A	B	C	D	E	F
Ціна, грн/од. (Ц)	0,309	0,412	0,515	0,515	0,412	0,515
Термін експлуатації, років. (Т)	0,252	0,252	0,252	0,252	0,189	0,315
Продуктивність, т/м ² (П)	0,685	0,548	0,548	0,548	0,685	0,685
Обсяг збуту, од. (Оз)	0,245	0,245	0,196	0,196	0,147	0,098
Термін безперервної роботи, годин (ТР)	0,352	0,264	0,176	0,176	0,352	0,352
Номінальний об'єм апарату, м ³ (НО)	0,515	0,515	0,412	0,309	0,412	0,412
Тривалість процесу (ТП)	0,475	0,475	0,354	0,354	0,236	0,59
Габаритні розміри апарату, мм. (ГР)	0,276	0,207	0,276	0,207	0,138	0,276
Споживання електроенергії, кВт год. (СЕ)	0,492	0,369	0,246	0,123	0,246	0,369
Робоча температура°C	0,441	0,441	0,147	0,441	0,294	0,735

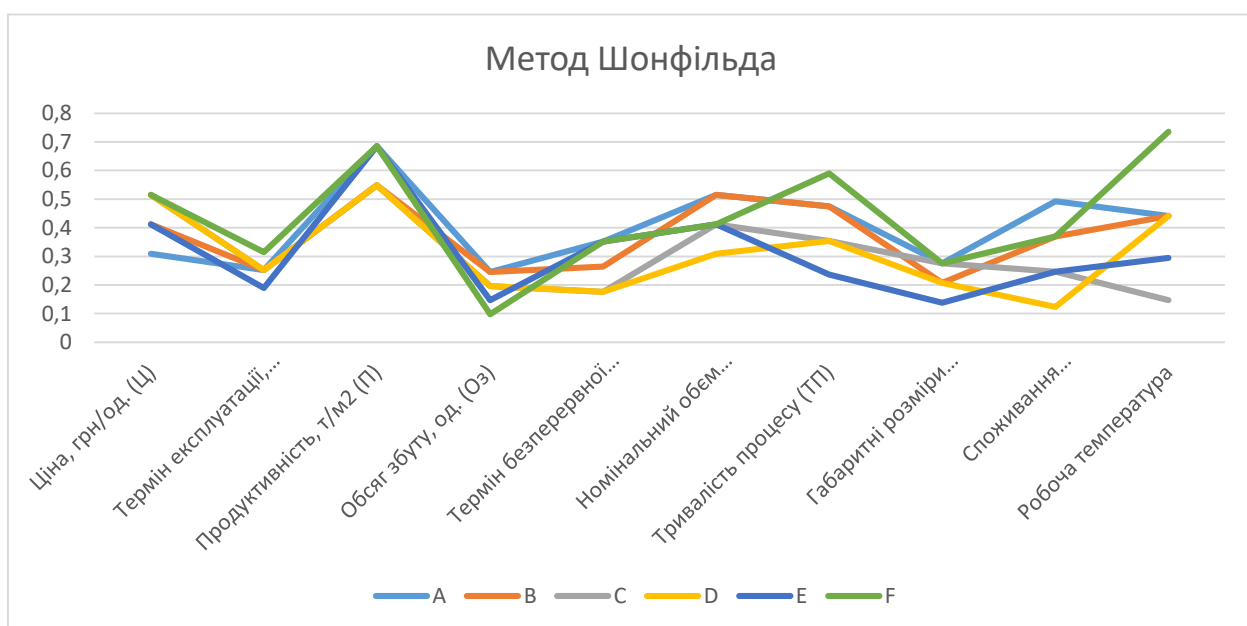


Рис. 6.2 Метод Шонфільда (візуалізація)

Виходячи з цього, головними чинниками успіху для даного стартапу є робоча температура, ціна та термін експлуатації. З даної діаграми Шонфільда, робимо висновок, що цей стартап має гідну конкурентну позицію. Він випереджає по 3 основних чинниках, по інших же стартап знаходиться на тому самому рівні що і конкуренти, лише по чиннику обсяг збуту ми значно відстаємо. Провівши аналіз діаграми за методом Шонфільда, можна сказати, що модернізований апарат, що представлено в даному стартап проекті, складе значну конкуренцію лідерам ринку.

6.9 Визначення ефективного методу просування цінності стартап-проєкту на цільовий ринок

Виконавши аналіз методів просування цінностей стартап-проєкту на цільовий ринок було отримано такі результати (таблиця 6.16)

Таблиця 6.16 - Методи просування цінності ствртап-проєкту на цільовий ринок

Метод просування	Об'єкт просування	Мета просування	Засіб просування	Переваги	Недоліки
Пропаганда	ГДК не бажаних домішок, %. Простішими словами чистота продукту.	Сформувати в свідомості споживачів думку що наш продукт являється найякіснішим і найбезпечнішим в порівнянні з конкурентами.	Біла пропаганда. Характеризується м'якшими методами переконання, такими як стандартні техніки відносин з громадськістю і однобічним поданням аргументів.	Цільові витрати	Вузький напрямок дії. Відсутність контролю результатів
	Ідея автоматизації технологічних процесів.	Привернути до себе як найбільше уваги з боку потенційних споживачів.	Позитивна (конструктивна) пропаганда. Прагне довести до споживача ті чи інші переконання в зрозумілій формі.	Дія спрямована на тривалий проміжок часу.	Не відразу приносить свої результати

	Економічний ефект	Зацікавити потенційних споживачів.	Наукові статті, журнали.	Не великі витрати	Відсутність загальнодоступності
Реклама	ГДК не бажаних домішок, %. Простішими словами чистота продукту.	Викликати інтерес споживачів до якісного продукту і цим зацікавити потенційних споживачів нашого стартап-проєкту.	Відео реклама. Реклама в соціальних мережах та на відеохостингах, наприклад YouTube	Загальнодоступність	Від'єднання від цільової аудиторії
	Ідея автоматизації технологічних процесів.	Зацікавити потенційних споживачів.	Зовнішня. участь в наукових ярмарках, виставках.	Загальнодоступність, паралельний пошук потенційного споживача.	Великі витрати коштів.
	Економічний ефект	Зацікавлення потенційних споживачів.	Аудіо реклама на радіо.	Дешева.	Недостатнє наповнення контенту

Стимулювання збуту	Ідея автоматизації технологічних процесів та економічний ефект.	Зацікавити, задобрити потенційних споживачів.	Подарунок у вигляді книги, в якій йдеться про переваги нашого стартапу і його перспективність.	Запам'ятовується.	Не тривалість у часі.
	Автоматизована лінія очистки біогазу	Стимулювання збуту. Доля у доході	Доля у доході, партнерство.	Відповідність часу потреби	Орієнтування тільки на прибуток
Особистий продаж	Лінія очистки біогазу з абсорбером з механічним переміщуючим пристроєм та барботером	Дізнатися цінності які цікавлять споживача.	Бігборд. Власний сайт.	Можливість прямого спілкування зі споживачем	Значні затрати коштів.
Інтернет-маркетинг	Економічний ефект	Зацікавити потенційних споживачів.	Сайти, соц. Мережі.	Доступ до баз даних	Набридливість.
	ГДК не бажаних домішок, %. Простішими словами чистота продукту.	Викликати інтерес споживачів до якісного продукту.	Сайти, соц. Мережі.	Загальнодоступність.	Не висока вартість

Висновок:

Зробивши аналіз ефективності використання всіх методів просування ідей даного стартап проекту можна сказати, що найкращим методом на початку просування є особистий продаж, так як ми під час особистого продажу маємо можливість стимулювати споживача та долучати його до розробки нашого стартап проекту, таким чином з'ясовуємо які саме цінності цікавлять потенційного споживача. Так само паралельно з цим є можливість займатися і пропагандою. Пропаганда не зовсім вузько напрямлена та її дія спрямована на довгий відрізок часу. Метод просування як реклама ставимо на останнє місце, так як на початку стартап проект має обмежений капітал.

6.10 Висновки

Представлений стартап-проект абсорбера з механічним перемішуючим пристроєм та барботером. У даній роботі проведено аналіз зовнішнього і внутрішнього середовищ підприємства, щоб визначити подальший напрямок руху. Дослідження за допомогою метода Бове в результаті показало, що інноваційну розробку можна віднести до зони «Діють на флангах», так як завдяки новизні та відмінним показникам якості наш апарат має можливість гідно вийти на ринок не привертаючи уваги найсильніших конкурентів, проте виділяючись з поміж інших.

Ціну даного модернізованого апарату вибрано 360 000 грн/од (конкурентний метод найкращий). Планований прибуток 124 600 грн/од. Максимальна ціна абсорбера становить 400 000 (згідно з параметричним методом).

Щоб вийти на ринок обрано спосіб особистого продажу, для того щоб охопити максимально велику кількість потенційних споживачів при мінімально можливих витратах часу і коштів.

Провівши аналіз всіх факторів, після визначення сильних та слабких сторін даного проекту, можна сказати що дана ідея має всі можливості створити апарат, а саме абсорбер з механічним перемішуючим пристроєм та барботером, що зможе бути конкурентним з іншими апаратами. Головна мета даного стартапу – створити інновацію, що зможе кинути виклик існуючим лідерам та займе гідне місце на ринку та як наслідок отримання прибутку.

ВИСНОВКИ

Під час виконання даної дипломної роботи було описано технологічний процес хімічної абсорбції (хемосорбції). Спроековано апаратурну схему лінії очищення біогазу від вуглекислого газу за допомогою хемосорбції водним розчином MEA.

В результаті аналізу літературних джерел виявили, для того щоб інтенсифікувати процес очищення біогазу оптимально використовувати абсорбер з мішалкою та газорозподільчим пристроєм, тому що при порівняно низьких витратах біогазу таким чином можна забезпечити вилучення вуглекислого газу за рахунок ефективного гідродинамічного режиму роботи в апараті та створення розвиненої міжфазної поверхні.

Щоб провести кількісну оцінку процесів масообміну в абсорберах з мішалкою та газорозподільчим пристроєм обраний абсорбер з номінальним об'ємом $V_H=3,2 \text{ м}^3$, діаметром $D=1,2 \text{ м}$ та діаметром шестилопатевої турбінної мішалки $d_M=0,32 \text{ м}$.

Були проведені необхідні розрахунки апарату, в результаті яких підтверджується працездатність даного абсорбера, а саме розрахунок на міцність основних конструктивних елементів та тепловий розрахунок. Усі умови міцності виконуються.

Також у даній роботі надано необхідні рекомендації по монтажу і експлуатації обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Семенова Т.А. Очистка технологических газов [Текст] / Т.А. Семенова, И.Л. Лейтес, Ю.В. Аксельрод, М.И. Маркина, С.П. Сергеев, Е.Н. Харьковская — М.: «Химия». — 1977. — 488 с.
2. Диренко А.А. Использование высших водных растений в практике очистки сточных вод и поверхностного стока / А.А.Диренко, Е.М. Коцарь // СОК (сантехніка, опалення, кондиціонування). — 2006. — № 4 (28). — С. 12-15.
3. Диренко А.А. Обезвоживание осадков сточных вод / А.А.Диренко // СОК(сантехніка, опалення, кондиціонування). — 2006. — № 7 (31). — С. 22-25.
4. Удалов Р. В. Экологические аспекты обработки и утилизации осадков сточных вод / Р. В. Удалов, Л. В. Андреева // Учён. зап. Ин-та СХПР НовГУ. — 2006. — Т. 14. — С. 45–59.
5. Токарчук Д.М. Виробництво і використання біогазу в Україні: економічні і соціальні перспективи / Д.М. Токарчук, О.В. Яремчук // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). — 2013. — № 2. — С. 338 – 346.
6. Мірошник М. М. Перспективи використання біомаси для отримання теплової енергії в Україні [Текст] / М. М. Мірошник, Я. І. Засядько // Земля України – потенціал економічної і екологічної безпеки держави: матеріали міжнар. наук-техн. конф, (м. Вінниця, 23-26 берез.). – Вінниця, 2011 – С. 78-82.
7. Фесюк В. О. Оцінка перспектив добування біогазу з осадків стічних вод Луцьких міських комунальних очисних споруд / В. О. Фесюк // Природа Західного Полісся та прилеглих територій: зб. наук. пр. / Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки; [відп. ред. Ф. В. Зузук та ін.]. —2010. — № 7. — С.84-90.
8. Коцарь Е.М., Диренко А.А. Технологи и оборудование для переработки и утилизации осадков промышленных и коммунальных сточных вод // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України, спеціальний випуск. — 2005. — С. 115-118.

9. Куріс Ю. В. Способи утилізації біогазу / Ю. В. Куріс, С. І. Ткаченко, Н. В. Семененко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – № 7. – С. 20-30.

10. Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 612 с.

11. Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: «Аграр Медіа Груп», 2012. – 244 с

12. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. / Кухлинг Х. // 2-е изд. – М.: Мир, 1985. – 520 с

13. Руководство по биогазу. От получения до использования / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). 5-е издание. – Гюльцов: Германия, 2012. – 213 с.

14. Технічне забезпечення виробництва біогазу / [Голуб Г.А., Дубровіна О.В., Рубан Б.О., Войтенко В.О.]: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки. – Вінниця, 2012. – Вип. 10. – 186 с. – С. 17–19

15. В. Сучасні тенденції розвитку біогазових установок / [Голуб Г., Войтенко В., Рубан Б, Єрмоленко]: Техніка і технології АПК. – 2012. – № 2 (29). – С. 18–21.

16. Національна комісія регулювання електроенергетики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.nerc.gov.ua/control/uk/publish/article/main?art_id=34197&cat_id=27394.

17. Добыча, подготовка и транспорт природного газа и конденсата. Справочное руководство в 2-х томах. Том 1/Под ред. Ю. П. Коротаева, Р. Д. Маргулова. М., Недра, 1994. 288 с.

18. Вязлов, Р.Й. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новіков — Львів: «Інтелект-Захід», 2008. — 736 с.

19. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии [Текст] / учеб. В 2-х частях // Ю.И. Дытнерский. — М.: Химия, 1995.

20. Крушневич Т.К. Извлечение метана из биогаза полигонов и подача его в магистральный газопровод / Т.К. Крушневич, А.И. Пятничко // Технические газы. — 2006. — № 3. — С. 41-44.

21. Майстренко О. Ю. Розробка математичної моделі процесів розвитку мікроорганізмів в рамках біоенергетики біомаси / О. Ю Майстренко, Ю. В. Куріс, Ю. С. Калінцева // Новини Енергетики. — 2010. — № 2. — С. 32–39.

22. Давиденко Е. В. Метангенерация твердых органических отходов городов / Е. В. Давиденко, Е. С. Панцхава // Біотехнологія. — 1990. — № 4. — С. 49 – 53.

23. Барвін О. І. Конструювання і розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Фланцеві з'єднання: навч. посібник / О. І. Барвін, І. М. Генекіна, В. В.153 Іванченко. — Луганськ: Східноукраїнський університет імені Володимира Даля, 2007. — 306 с.

24. Бельбас, І.В. Монтаж, діагностика та ремонт обладнання. Навчальний посібник [Текст] / І.В. Бельбас — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2009. — 248 с.

25. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением №1)

26. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

27. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

28. Патент RU 2 491 982 C1 Прямоточный абсорбер. Демихов С. В., Демихов С. В. Опубликовано: 10.09.2018 Бюл. № 25.

29. ГОСТ 12.1.009-76. Электробезопасность. Термины и определения.

30. ГОСТ 12.1.30–86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Электробезопасность. Защитное заземление.

31. ДБНВ 2.5-28.2006. Природне і штучне освітлення.

32. НАПББ 0.7.005-86. Пожежна безпека

33. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования

34. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания промышленных предприятий

ГОСТ 12.01.0.003-74. Система стандартов безопасности труда.

