

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології**

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
В.о. завідувача кафедри
_____ Наталія ГОЛУБ
«__» _____ 2021 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
на тему: «Біотехнологія одержання біодизельного палива з
мікродоростей»**

Виконав:

студент VI курсу, групи БЕЗ-01мп
Денис ВЛАСЕНКО _____

Науковий керівник:

Старший викладач кафедри біоенергетики,
біоінформатики та екобіотехнології, к.т.н.,
Ігор ЛЕВТУН _____

Консультант з графічної частини:

професор кафедри біоенергетики,
біоінформатики та екобіотехнології,
д.т.н., професор
Лариса САБЛІЙ _____

Консультант з розробки стартап-проекту:

доцент кафедри економіки і підприємництва,
к.е.н., доцент
Юлія ТЮЛЕНЄВА _____

Рецензент: доцент кафедри екології та

технології рослинних полімерів, к.т.н., доц.
Романія ЧЕРЬОПКИНА _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	МД 162. БТ-6203. 00.00ПЗ	Пояснювальна записка	105	
3	A1	МД 162. БТ-6203. 01.01ТС	Технологічна схема	1	
4	A1	МД 162. БТ-6203. 02.01АС	Апаратурна схема	1	
5	A1	МД 162. БТ-6203. 03.01ТК	Реактор	1	
6	A1	МД 162. БТ-6203. 04.01СА	Схема автоматизації реактора	1	
7	A1	МД 162. БТ-6203. 05.01ТБ	Таблиця розрахунку собівартості	1	

				МД 162. БТ-6203. 00.00		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Власенко Д.В.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Левтун І.І				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КББЕ Гр. БЕЗ-01мп	
Н/контр.						
Зав.каф.						

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

«__» _____ 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача

_____ Наталія ГОЛУБ

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Власенку Денису Володимировичу

1. Тема дисертації «Біотехнологія одержання біодизельного палива з мікроводоростей»,

Науковий керівник дисертації к.т.н., старший викладач Левтун Ігор Ігорович

Затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: технологія виготовлення біодизеля

4. Вихідні дані: розробити підприємство з виробництва біодизелю з ліпідів мікроводоростей потужністю 10000 т/рік.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

1) Провести літературний пошук з підбору оптимального продуцента ліпідів та охарактеризувати біодизель отриманий на основі ліпідів мікроводоростей.

2) Обрати та обґрунтувати технологію виготовлення біодизеля; розробити технологічну та апаратурну схеми виробництва біодизеля з ліпідів мікроводоростей;

3) Здійснити технологічний розрахунок та запроектиувати реактор з системою автоматизації процесу переестерифікації;

- 4) Надати техніко-економічне обґрунтування технології та розрахувати собівартість продукції;
- 5) Надати основні вимоги охорони праці та захисту навколишнього середовища при виробництві біодизеля.
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Апаратурна схема – А1, Технологічна схема – А1, Реактор для проведення переестерифікації. Загальний вид – А1, Схема автоматизації реактора для проведення переестерифікації – А1, Техніко-економічні показники підприємства – А1.
7. Орієнтовний перелік публікацій _____
8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 5. Вибір і характеристика обладнання	Саблій Л.А. д. т. н., професор кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології		
Розділ 7. Розробка стартап-проєкту	Тюленєва Ю.В. к.е.н., доцент кафедри економіки і підприємництва.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд літератури, вибір технології.		
2.	Підбір оптимального продуцента серед представників мікроводоростей.		
3.	Розробка технологічної та апаратурної схеми.		
4.	Розрахунок та вибір реактора для переестерифікації.		
5.	Розробка креслення реактора.		
6.	Розробка системи автоматизації процесу переестерифікації.		
7.	Розробка стартап-проєкту		
8.	Огляд техніки безпеки та охорони навколишнього середовища при виробництві біодизеля.		
9.	Оформлення пояснювальної записки.		

Студент

Денис, ВЛАСЕНКО

Науковий керівник

Ігор, ЛЕВТУН

Пояснювальна записка
до магістерської дисертації
на тему: «Біотехнологія одержання біодизельного палива з
мікроводоростей»

Київ – 2021 року

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 5 креслень, 105 аркушів, 7 рисунків, 32 таблиці та 38 літературних джерел.

Розроблено проект технології отримання біодизеля на основі ліпідів мікроводоростей. Підібрано та охарактеризовано мікроорганізм-продуцент *Neochloris oleoabundans* та проаналізовано готовий продукт на відповідність європейському стандарту. Обрано та наведено оптимальну технологію отримання ліпідів мікроводоростей. Розраховано та запроектовано реактор із системою автоматизації процесу переестерифікації. Розроблено стартап-проект виробництва. Надано основні положення охорони праці та збереження довкілля на виробництві біодизеля.

МІКРОВОДОРОСТІ, NEOCHLORIS OLEABUNDANS, ЛІПІДИ, БІОДИЗЕЛЬ,
ПЕРЕЕСТЕРИФІКАЦІЯ, НАДКРИТИЧНИЙ CO₂

ABSTRACT

The master's dissertation contains 5 drawings, 105 pages, 7 figures, 32 tables and 38 references.

A project of biodiesel technology based on microalgae lipids has been developed. The microorganism-producer *Neochloris oleoabundans* was selected and characterized and the finished product was analyzed for compliance with the European standard. The optimal technology for obtaining microalgae lipids is selected and presented. A reactor with a transesterification process automation system has been calculated and designed. A startup production project has been developed. The main provisions of labor protection and environmental protection in the production of biodiesel are given.

MICROALGAE, NEOCHLORIS OLEABUNDANS, LIPIDS, BIODIESEL, TRANSESTERIFICATION, SUPERCRITICAL CO₂

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА.....	9
1.1.Вибір оптимального продуцента ліпідів.....	10
1.2.Характеристика <i>N. oleabundans</i> як мікробного агента.....	14
2. РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОДИЗЕЛЯ ЯК КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ.....	18
3. РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА.....	24
3.1.Культивування мікроводоростей.....	24
3.2.Збір біомаси.....	27
3.3.Деградація біомаси і екстракція ліпідів.....	30
3.4.Гідрування жирних кислот і переестерифікація.....	34
4. РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	35
4.1.Опис технології виробництва.....	35
4.2.Матеріальний баланс.....	42
5. РОЗДІЛ 5. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ.....	43
6. РОЗДІЛ 6. АВТОМАТИЗАЦІЯ.....	50
7. РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ.....	54
8. РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	85
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	89
Додаток А.....	94
Додаток Б.....	104

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Власенко Д.В.			ЗМІСТ	Стадія	Аркуш
Консульт.						Д	7
							105
Керівник		Левтин І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ	
Затвер.							

ВСТУП

Викопне паливо (вугілля, природний газ, і нафта) є дуже зручним джерелом енергії. Проте обмежена кількість викопного палива і згубний вплив на навколишнє середовище і політичне підґрунтя ціноутворення спонукають до пошуку альтернативних джерел енергії. Альтернативне джерело енергії має бути поновлюваним, екологічно чистим, доступним та не менш зручним у використанні.

Метою роботи є розробка оптимальної технології отримання біодизеля з мікроводоростей.

Щоб досягти поставленої мети, потрібно виконати наступні завдання:

1. Провести літературний пошук з підбору раціонального продуцента ліпідів та охарактеризувати біодизель отриманий на основі ліпідів мікроводоростей.
2. Обрати та обґрунтувати технологію виготовлення біодизеля; розробити технологічну та апаратурну схеми виробництва біодизеля з ліпідів мікроводоростей;
3. Здійснити технологічний розрахунок та запроектувати реактор з системою автоматизації процесу переестерифікації;
4. Надати техніко-економічне обґрунтування технології та розрахувати собівартість продукції;
5. Надати основні вимоги охорони праці та захисту навколишнього середовища при виробництві біодизеля.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Власенко Д.В.			Вступ	Стадія	Арк.
Конс.		Левтун І.І					Акрушів
						8	105
Керів.		Левтун І.І				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРОВОДОРОСТЕЙ ЯК ПРОДУЦЕНТІВ ЛІПІДІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БІОДИЗЕЛЯ

Більше 75% вартості пального припадає на сировину, саме тому вибір вихідного матеріалу є важливим. Основними чотирма категоріями є їстівні рослинні олії, неїстівні рослинні олії, олії з відходів та тваринні жири. Більшість технологій використовують саме рослинні олії, а висока вартість їстівних олій призводить до того, що найбільш вдалим вибором сировини є неїстівні рослинні олії [4].

Мікроводорості мають високий потенціал до продукування нейтрального біопалива завдяки високому вмісту ліпідів та фотосинтетичній активності.

Ця група мікроорганізмів має короткий період генерації, що дозволяє отримувати багато врожаїв протягом року, на відміну від культурних рослин. Вони мають вищу продуктивність, а ліпіди володіють вищим рівнем насичення, що дозволяє отримати більш якісне паливо. Для культивування мікроводоростей необхідно менше води, і її якість може бути нижчою. До того ж немає необхідності застосовувати пестициди, а площа, яка необхідна для культивування значно менша. Додатково знизити вартість технології можна, виділивши цінні побічні продукти: біополімери, пігменти, протеїни. Культивування також може забезпечувати процес фіксації вуглекислого газу із повітря — 1,83 кг на 1 кг сухої біомаси.

Мікроводорості — це найбільший таксон автотрофних мікроорганізмів рослин в світі. Біомаса водоростей складається з трьох ключових компонентів: вуглеводів, протеїнів та ліпідів. Для виробництва біодизелю найбільш важливим є вміст ліпідів, оскільки саме в цих сполуках запасється більше енергії (вдвічі більше, ніж у вуглеводах).

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Разроб.		Власенко Д.В.			Характеристика мікроводоростей як продуцентів ліпідів для виготовлення біодизеля	Стадія	Арк.
Конс.		Левтун І.І.					
						9	105
Керів.		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	
Затверд.							

1.1 Вибір оптимального продуцента ліпідів.

Критерії для вибору оптимального продуцента: високий вміст ліпідів, висока продуктивність по біомасі та ліпідах [5]. Вміст ліпідів у різних видах зображено на Рисунку 1.1.

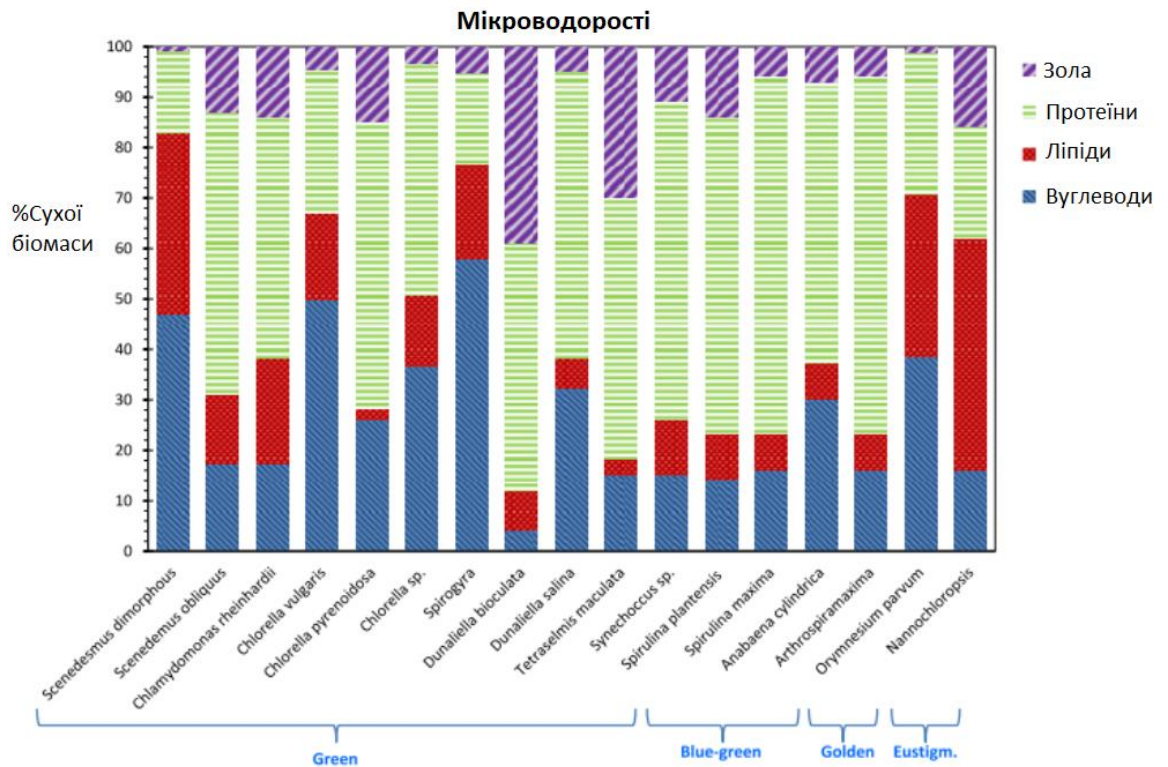


Рисунок 1.1 [6] - Вміст основних компонентів клітин різних видів мікроводоростей.

Скринінг групи мікроводоростей з найбільшим вмістом ліпідів вказує на те, що найкращими з точки зору кількості та якості як джерела олії для виробництва біопалива є *Neochloris oleabundans* (прісноводна мікроводорість) і *Nannochloropsis sp.* (морська мікроводорість) Вони є гарною сировиною для виробництва біодизелю, через їх високий вміст олії (29,0 і 28,7% відповідно). Обидві мікроводорості при вирощуванні в умовах дефіциту азоту демонструють відмінні результати [7].

Зведені результати скринінгів відображені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Продуктивність та вміст ліпідів в мікроводоростях [6,7]

Вид	Продуктивність (мг ліпідів/л/день)	Вміст ліпідів (% сухої біомаси)
<i>Chlorella vulgaris</i>	11,2-40	5–40/58
<i>Chlorella emersonii</i>	10,3-50	25-63
<i>Chlorella protothecoides</i>	1,214	14,6-57,8
<i>Chlorella sorokiana</i>	44,7	19-22
<i>Scenedesmus obliquus</i>	-	11–22/35–55
<i>Chlorella minutissima</i>	-	57
<i>Neochloris oleoabundans</i>	90-134	29–65
<i>Dunaliella salina</i>	46	14–44
<i>Nannochloropsis sp.</i>	60,9-76,5	20-56
<i>Schizochytrium sp.</i>	35,1	50-57
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	-	6–7/16–40

Профіль жирних кислот для всіх розглянутих мікроводоростей представлений в таблиці 1.2. Усі ліпіди мікроводоростей в основному складаються з ненасичених жирних кислот (50–65%), а також значного відсотку пальмітинової кислоти (C16:0) (17 –40%). Серед ненасичених жирних кислот особливу увагу слід звернути на вміст ліноленової кислоти (C18:3) і поліненасичених кислот, що мають менше 4 подвійних зв'язків. Вміст цих жирних кислот дозволяє отримати біодизель, що відповідає стандарту EN 14214, який визначає межу 12 і 1% відповідно для якісного біодизеля.

Таблиця 1.2 Основні жирні кислоти, присутні в *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus*, *Dunaliella tertiolecta*, *Nannochloropsis sp.* і *Neochloris oleabundans* олійних екстрактах [7].

Жирні кислоти	<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Scenedesmus obliquus</i>	<i>Nannochloropsis sp.</i>	<i>Neochloris oleabundans</i>
14:0	3,07	1,48	7,16	0,43
16:0	25,07	21,78	23,35	19,35
16:1	5,25	5,95	26,87	1,85
16:2	не виявлено	3,96	0,39	1,74
16:3	1,27	0,68	0,48	0,96
16:4	4,06	0,43	не виявлено	7,24
18:0	0,63	0,45	0,45	0,98
18:1	12,64	17,93	13,2	20,29
18:2	7,19	21,74	1,21	12,99
18:3	19,05	3,76	не виявлено	17,43
18:4	не виявлено	0,21	не виявлено	2,1
20:0	0,09	не виявлено	не виявлено	не виявлено
20:1	0,93	не виявлено	не виявлено	не виявлено
20:2	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
20:3	0,83	не виявлено	не виявлено	не виявлено

20:4	0,23	не виявлено	2,74	не виявлено
20:5	0,46	не виявлено	14,31	не виявлено
Насичені	28,56	23,71	30,96	20,76
Ненасичені	51,91	54,66	59,2	64,6

Як видно з таблиці 1.2, тільки олії, одержані з *S. obliquus* і *Nannochloropsis* sp. відповідають цьому стандарту. Олія *S. obliquus* має нижчий вміст поліненасичених жирних кислот, ніж значено в європейському стандарті. Проте всі вищеописані олії з мікроводоростей можуть бути використані для отримання високоякісного біодизеля, якщо вони використовуватимуться з іншими оліями.

Олії, отримані з мікроводоростей, характеризували за йодним числом . Отримані результати відповідають специфікаціям якості біодизелю (<120 гI₂/100 г), що робить їх конкурентоспроможними з деякими рослинними оліями, які традиційно використовуються для виробництва біодизельного палива (такі як соєва або соняшникова, які зазвичай йодне число вище 120).

Neochloris oleabundans культивовані в умовах дефіциту азоту, після 5 днів азотного голодування, показують збільшення вмісту жирних кислот на 50% без істотних змін профілю жирних кислот, що вказує на перспективність для виробництва біопалива [7].

В зв'язку з численними перевагами, які описані вище, в даній роботі запропоновано використання мікроводоростей *Neochloris oleabundans*, як продуцентів цільового продукту. Для усунення головного недоліку цього продуцента вводиться стадія гідрування поліненасичених жирних кислот до мононенасичених жирних кислот.

1.2 Характеристика *Neochloris oleabundans* як мікробного агента

Neochloris oleoabundans — це наземна мікрроводорость, що належить до типу Chlorophyta. Цей вид вперше був виділений з піщаних дюн в Саудівській Аравії, в дуже суворому середовищі, з обмеженим доступом до води. Залежно від спеціалізованих адаптацій *N. Oleoabundans* можна культивувати як у прісноводному середовищі, так і в морській воді [8].

1.2.1 Таксономічне положення об'єкта:

Домен: Еукаріоти (Eucaryota);

Царство: Зелені рослини (Viridiplantae);

Відділ: Зелені водорості (Chlorophyta);

Клас: Chlorophyceae;

Порядок: Sphaeropleales;

Сімейство: Neochloridaceae;

Рід: Neochloris;

Вид: *Neochloris oleoabundans*.

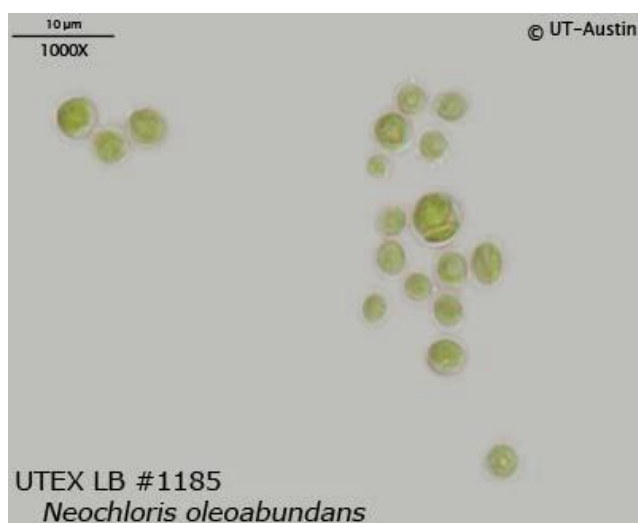


Рис. 1.1 Клітини *N. oleoabundans* (адаптовано з колекції культур водоростей на веб-сайті Техаського університету в Остіні) [9].

1.2.2 Морфологія об'єкта.

Морфологія клітин змінюється в залежності від умов росту. Зазвичай *N. oleoabundans* має сферичну форму діаметром 3–6 мкм. Більшу частину його цитоплазми займає чашоподібний пристінковий хлоропласт, у який вбудовані тилакоїди та великий піреноїд. Останній оточений оболонкою з крохмальних гранул, і його перетинають один або два тилакоїди. Піреноїд містить високий рівень рибулозо-1,5-бісфосфат карбоксилази оксигенази (RuBisCO) і є центром фіксації вуглекислого газу. *N. oleoabundans* має одне ядро, яке містить одне ядерце. Клітина має одну або дві мітохондрії. Під час дозрівання клітини відбувається вакуолізація цитоплазми, яка продовжує збільшуватися протягом чотирьох тижнів, стискаючи цитоплазму на периферії клітини.

1.2.3 Культуральні ознаки об'єкта.

N. oleoabundans розмножується безстатево, шляхом утворення зооспор або апланоспор. Наскільки відомо, статеве розмноження не спостерігалось у *N. oleoabundans*. Зооспори є дводжгутиковими і мають ширину від 2 до 3,5 мкм і довжину від 3,6 до 4,5 мкм. Джгутики дозволяють їм дістатися до сприятливого середовища, в якому вони можуть розвиватися і дозрівати. Зооспори утворюють вегетативні сферичні клітини через короткий проміжок часу і не мають чітко вираженої клітинної стінки. Тим не менш, зооспори іноді залишаються нерухомими і починають дозрівати в межах свого спорангію, поки не розривають його після дозрівання. Ці новонароджені клітини є апланоспорами, які накопичуються у значній кількості, перш ніж звільняться шляхом розриву клітинної стінки спорангію.

N. oleoabundans був ізольований із піщаних дюн пустелі Руб-ель-Халі, гіперпосушливого середовища, де опадів дуже мало, а вода доступна у вигляді роси, туману, вологості. Сучасні відомості про світове поширення *N. oleoabundans* дуже мізерні, і невідомо, чи можна вважати цей вид ендеміком для пустель. Очевидно, всі останні дослідження біотехнологічного потенціалу

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цієї водорості спираються на штам UTEX 1185. Безперервні зміни навколишнього середовища, які *N. oleoabundans* щодня зазнає у своєму середовищі існування, пояснюють його гнучкість: для його вирощування можна використовувати як прісну так і солону воду, і водорість може рости в міксотрофних або гетеротрофних умовах [10].

N. oleoabundans має високу швидкість росту і може рости в морській воді, що зручно для сталого виробництва. Нестача води, у свою чергу, викликає матричні та осмотичні стреси, які вимагають стратегій адаптації. Матричний стрес визначається як безпосередній контакт із сухим повітрям, тоді як гіперосмотичний стрес виникає, коли клітини все ще занурені у водний розчин. У першому випадку зневоднення відбувається швидше і сильно впливає на фізіологічний механізм клітин. Різні стресові фактори такі як: зщначення рН, температури, голодування, впливають на вміст ліпідів в клітині (висока температура, рН 9,5 і азотне голодування стимулюють синтез ліпідів) [11].

1.2.3 Фізіолого-біохімічні особливості об'єкта.

N. oleoabundans здатний накопичувати до 55% ліпідів на суху вагу при вирощуванні в умовах стресу. Під час азотного голодування клітини зазнають змін біосинтезу та великих ультраструктурних змін, таких як усадка хлоропластів та трансформації клітинної стінки. Брак азоту в середовищі змушує клітини шукати альтернативні джерела азоту, вивільняти азот із фотосинтетичних пігментів, таких як хлорофіл, і використовувати його для метаболічних процесів. Це призводить до NADH, що призведе до пригнічення цитратсинтази, і збільшення ацетил-КоА понад можливість його метаболізувати в циклі Кребса. Підвищення рівня ацетил-КоА призведе до активації ацетил-КоА-карбоксилази, яка, у свою чергу, перетворить ацетил-КоА в малоніл-КоА. В результаті збільшується синтез ліпідів, що призводить до їх значного накопичення.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Профіль жирних кислот змінюється залежно від умов зростання. Однак, незалежно від використовуваних умов зростання, переважаючими жирними кислотами є C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 і C18:n3.009), які в основному складаються з TAG [12, 13].

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОДИЗЕЛЯ ЯК КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ

Рослинні олії та тваринні жири в основному складаються з триацилгліцеринів (TAG), що складаються з довголанцюгових жирних кислот, хімічно зв'язаних з гліцериновим (1,2,3-пропантриол) остовом. Хімічний процес, за допомогою якого отримують біодизельне паливо, відомий як реакція переестерифікації, яка включає реакцію TAG з коротколанцюговим одноатомним спиртом, як правило, у присутності каталізатора при підвищеній температурі з утворенням алкілових ефірів жирних кислот (FAAE) і гліцерину (Рис. 2.1). Перетворення TAG на біодизельне паливо є ступінчастим процесом, за допомогою якого спирт спочатку реагує з TAG як алкоксид-аніон з утворенням FAAE і діацилгліцеролів, які далі реагують зі спиртом (алкоксидом), щоб вивільнити іншу молекулу FAAE і утворити моноацилгліцерин. Нарешті, моноацилгліцерин (MAG) піддається алкоголізу з утворенням гліцерину та FAAE, з комбінованим FAAE, спільно відомим як біодизель.

На кожен моль TAG, який зазнає повного перетворення, виробляється три молі біодизельного палива та один моль гліцерину. Реакція переестерифікації є оборотною, хоча зворотна реакція (виробництво MAG з FAAE і гліцерину, наприклад) є незначною, оскільки гліцерин не змішується з FAAE, особливо з метиловими ефірами жирних кислот (FAME) при використанні метанолу як спиртового компонента. Реакційна система є двофазною на початку і в кінці виробництва біодизельного палива, як метанол, рослинна олія, гліцерин і FAME, не змішуються. Метанол найчастіше використовується в комерційному виробництві біодизельного палива, оскільки він, як правило, менш дорогий, ніж інші спирти. Інші спирти, крім метанолу та етанолу, також представляють інтерес для виробництва біодизеля,

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Власенко Д.В.			Характеристика біодизеля як кінцевого продукту	Стадія	Арк.	Аркушів
Конс.		Левтун І.І.						
							18	105
Керів.		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

оскільки FAAE, вироблені з вищих спиртів, можуть мати інші паливні властивості в порівнянні з метиловими або етиловими ефірами.

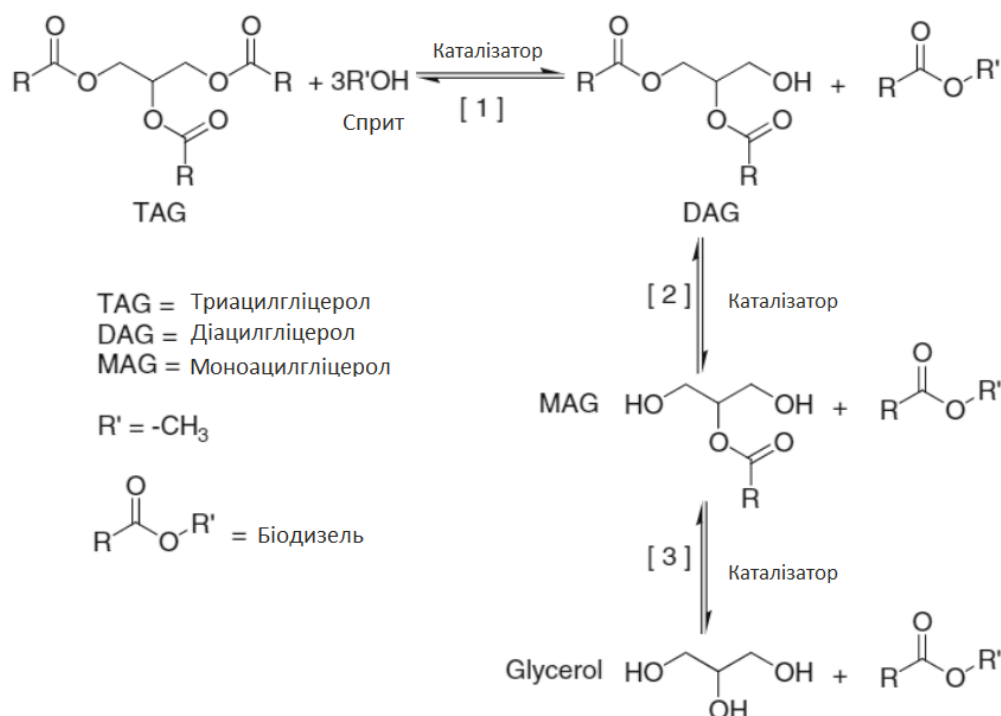


Рис. 2.1 Переестерифікація триацилгліцеринів з одержанням алкілових ефірів жирних кислот (біодизеля) [14].

Хімічний склад біодизельного палива залежить від сировини, з якої його виробляють, наприклад, рослинні олії, а тваринні жири різного походження мають різний склад жирних кислот. Склад жирного ефіру біодизельного палива ідентичний складу вихідної олії або жиру, з якого його було виготовлено [14].

Для забезпечення надходження на ринок тільки високоякісного пального у ряді країн діють стандарти на біодизельне паливо.

У ряді країн діють стандарти на біодизельне паливо, щоб забезпечити надходження на ринок тільки високоякісного біодизеля. Два найважливіших стандарти це: ASTM D6751 (ASTM2008a) у Сполучених Штатах та EN 14214 (Європейський комітет зі стандартизації, CEN) (CEN2003a) у Європейському Союзі. В Україні діє стандарт на біодизельне паливо: «ДСТУ EN 14214:2019 Автомобільне паливо. Метилові ефіри жирних кислот (FAME) для дизельних двигунів. Вимоги та методи випробування (EN 14214:2012 + A2:2019, IDT)».

Даний стандарт гармонізованим з Європейським стандартом, що дозволяє вітчизняним виробникам виходити на європейський ринок [15].

Основні параметри біодизеля задані цим стандартом наведені в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Параметри біодизеля згідно з «ДСТУ EN 14214:2019
Автомобільне паливо. Метиллові ефіри жирних кислот (FAME) для
дизельних двигунів. Вимоги та методи випробування (EN 14214:2012
+ A2:2019, IDT)» [15]

СПЕЦИФІКАЦІЯ БІОДИЗЕЛЯ ЗГІДНО EN 14214

Назва показника	Одиниці вимірювання	Нижня межа	Верхня межа	Методи контролю
Вміст складного ефіру	%	96,5	-	EN 14103
Щільність при 15°C	кг/м ³	860	900	EN ISO 3675 / EN ISO 12185 / EN12185.
В'язкість при 40°C	мм ² /с	3,5	5,0	EN ISO 3104 / EN 14105
Температура спалаху	°C	> 101	-	EN ISO 2719 / EN ISO 3679.
Вміст сірки	мг/кг	-	10	EN ISO 20846 / EN ISO 20884.
Цетанове число			51,0	EN ISO 5165
Вміст сульфатної золи	% (м/м)		0,02	ISO 3987

Вміст води	мг/кг		500	EN ISO 12937
Загальна контамінація	мг/кг		24	EN 12662
Корозія мідної стрічки (3 години при 50°C)		Клас 1	Клас 1	EN ISO 2160
Стабільність до окислення, 110°C	годин	8	-	EN 14112
Кислотне число	мг КОН/г	-	0,5	EN 14104
Йодне число	-	-	120	EN 14111
Метиловий ефір ліноленової кислоти	% (м/м)	-	12	EN 14103
Поліненасиче ні (≥ 4 подвійні зв'язки) Метиловий ефір	% (м/м)	-	1	EN 14103

Вміст метанолу	%	-	0,2	EN 14110
Вміст моногліцериді в	%	-	0,7	EN 14105
Вміст дигліцеридів	%	-	0,2	EN 14105
Вміст тригліцеридів	%	-	0,2	EN 14105
Вільний гліцерин	%	-	0,02	EN 14105 / EN 14106
Загальний % гліцерину	%	-	0,25	EN 14105
Метали групи I (Na+K)	мг/кг	-	5	EN 14108 / EN 14109 / EN 14538
Метали II групи (Ca+Mg)	мг/кг	-	5	EN 14538
Вміст фосфору	мг/кг	-	4	EN14107

Приведення параметрів вихідного продукту до вказаних в специфікації забезпечить конкурентоспроможність біодизеля з мікроводоростей як на вітчизняному ринку нафтопродуктів так і на Європейському.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА

Процес виробництва біодизеля з мікроводоростей можна умовно розділити на дві частини: напрацювання біомаси з високим вмістом ліпідів, що включає та переробка біомаси.

Напрацювання біомаси включає в себе способи культивування мікроводоростей, та способи збору біомаси. Переробка включає в себе способи деградації біомаси з метою екстракції ліпідів та технологію переробки їх в біодизель.

Розглянемо детальніше способи напрацювання і переробки.

3.1 Культивування мікроводоростей

Як було описано в попередніх розділах, вміст ліпідів в клітинах водоростей залежить від умов та середовища культивування. Для вибору способу та апарату для культивування розглянемо оптимальні умови.

3.1.1 Макроелементи

Вуглець є найважливішим будівельним матеріалом, який має значний вплив на загальний і нейтральний вміст ліпідів, а також на вміст хлорофілу. Швидкість росту та продуктивність біомаси можна подвоїти при збагаченні вуглекислим газом (5% об/об) порівняно з вирощуванням без збагачення.

Азот є необхідною поживною речовиною для росту біомаси мікроводоростей і накопичення ліпідів. Крім того, азот впливає на вміст хлорофілу, і хлорофіл може функціонувати як резервуар для накопичення азоту в умовах обмеженого його вмісту азоту. Щодо форми азоту, немає однозначного рішення яка з форм (амонійна чи нітратна є кращою), проте амонійна при високій концентрації амонію до 100 мг/л можуть мати токсичний ефект. Найвища концентрація біомаси спостерігається при 10 мМ (140 мг N / л) NaNO_3 , тоді як найвищий вміст ліпідів досягається при 3 мМ (42 мг N / л) NaNO_3 ; тож рекомендованою концентрацією азоту є 5 мМ для оптимізації

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Обґрунтування вибору технології виробництва	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Власенко Д.В.						
Конс.		Левтун І.І.					24	105
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Керів.		Левтун І.І.						
Затверд.								

виробництва біомаси та ліпідів. Концентрації азоту вище 10 мМ можуть пригнічувати ріст водоростей.

Фосфор є важливим елементом у рослинах загалом і міститься в АТФ, нуклеїнових кислотах, фосфоліпідах та інших молекулах. Ортофосфат є переважною формою фосфору у водоростях. Крім того, співвідношення N/P є ключовим параметром для росту мікроорганізмів загалом і мікроводоростей зокрема. Оптимальний ріст клітин спостерігався при 140 мг N-/л (N/P = 1,33) з щільністю клітин 3 г/л.

Концентрація інших макро- та мікроелементів може впливати на ріст біомаси та накопичення ліпідів мікроводоростей. Наприклад, залізо та магній можуть впливати на засвоєння інших поживних речовин, а також на вироблення ліпідів, тоді як сірка є важливим елементом для біосинтезу білка. Оптимальна концентрація заліза для культивування *N. oleoabundans* становить 0,037 мМ.

3.1.2 Освітлення

Світло є найважливішим лімітуючим фактором у культивуванні мікроводоростей. Мікроводорості загалом адаптуються до різної інтенсивності світла шляхом регулювання вмісту пігменту, а також площі поперечного перерізу поглинання. Гіпотетичний мінімальний поперечний переріз поглинання для мікроводорості *N. oleoabundans* становить 0,023 м²/г функціональної біомаси. Хлорофіл а є основним фотосинтетичним пігментом, який поглинає світло при довжині хвилі 400-450 нм і 650-700 нм. Запасаючі речовини, такі як ліпіди, не поглинають світло, а розсіюють його. Розсіювання світла призводить до подовження світлового шляху.

Фотоінгібування спостерігається, коли мікроводорості культивуються при високій або перенасиченій інтенсивності світла. Висока освітленість призводить до вивільнення надлишкових електронів; таким чином, утворюючи високореактивні форми кисню, такі як H₂O₂ і синглет кисню. Останній порушує фотосинтетичну активність клітин мікроводоростей.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для оптимізації вмісту TAG необхідно обмежувати вміст азоту та знижувати інтенсивність освітлення. Декілька досліджень показали, що інтенсивність світла насичення для росту мікроводорості *N. oleoabundans* знаходиться в діапазоні 180–220 мкмоль/м²/с. Для найвищого вмісту TAG інтенсивність світла має бути в діапазоні 50–150 мкмоль/м²/с, тоді як оптимальний вихід можна отримати в діапазоні 50–100 мкмоль/м²/с. Змішані довжини хвилі світлодіодів дають вищі темпи зростання в порівнянні з однією довжиною хвилі. Зокрема, культивування *N. oleoabundans* при інтенсивності світла 200 мкмоль/м²/с, і комбінації червоного/синього 50:50 дає найвищу швидкість росту, а також найвищу хімічну потребу в кисні.

3.1.3 Температура

Температура також є ключовим лімітуючим фактором, який впливає на ріст мікроводоростей. Температура є більш значущим фактором у зростанні *N.oleoabundans*, ніж світло, і вона впливає на споживання поживних речовин, оскільки мікроводорості мають тенденцію споживати більше нітратів при вищих температурах. Діапазон 25–30°C забезпечує оптимальний ріст, тоді як інгібування відбувається при 32°C.

3.1.4 pH

Оптимум pH для росту *N. oleoabundans* в діапазоні 7,00–7,56. Підвищення pH з 8,2 до 10,0 у сольовому середовищі призводить до зниження ефективності використання світла, а отже, до зниження концентрації біомаси. При pH > 8,0 ріст цієї мікроводорості пригнічується.

3.1.5 Концентрація розчиненого кисню

Високі концентрації розчиненого кисню негативно впливають на ріст водоростей, а високе співвідношення O₂/CO₂ сприяє фотодиханню над фотосинтезом. Тому загальною практикою культивування мікроводоростей є використання дегазаційної установки для зниження підвищеної концентрації кисню.

3.1.6 Солоність

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Солоність впливає на ріст мікроводоростей і може створювати осмотичний/сольовий стрес, впливаючи на селективну іонну проникність. Солоність впливає на клітинну стінку, *N. oleoabundans* має набагато товщі стінки за високої солоності порівняно з прісноводними середовищами.

3.1.7 Циркадні ритми

Циркадний годинник — це ендогенний біохімічний ритм, який керується природним часом дня і ночі, який щоденно контролює графік метаболічних і фізіологічних процесів, таких як фотосинтез і поділ клітин. Наприклад, фотосинтез відбувається вдень, тоді як поділ клітин – нічна діяльність. В природний денний час спостерігаються більш високі темпи росту, вміст крохмалю та загальної жирної кислоти.

Враховуючи описані вище фактори культивування оптимально проводити при температурі 23-25°C, рН 7,00–7,56 в середовищі насиченому CO₂ (5%об/об), з вмістом 5мМ NaNO₃, з співвідношенням N/P = 1,33 та вмістом заліза 0,037 мМ. Солоність середовища має бути нижчою 8‰, для полегшення деградації клітинної стінки. Перед подачею CO₂ або топкових газів необхідно проводити дегазацію середовища, для видалення кисню з середовища. Для збереження циркадних ритмів і інтенсифікації процесу наростання біомаси суспензію необхідно освітлювати діодами що генерують хвилі довжиною 400-450 нм і 650-700 нм з інтенсивністю 130–160 мкмоль/м²/с.

3.2 Збір біомаси

Щільність клітин в суспензії досить низька задля подальшої ефективної обробки. Для концентрування клітин використовуються стратегії осадження з використанням таких методів як: гравітаційне осадження, центрифугування, флоатація, фільтрація та ін. Переваги та недоліки можливих стратегій вказані в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Порівняння методів що використовуються для згущення суспензії мікроводоростей [16].

Метод	Переваги	Недоліки
-------	----------	----------

Фільтрація	Низька вартість, повторне використання води	Низька швидкість, забруднення і закупорка мембрани, обмежений обсяг, пошкодження клітин
Центрифугування	Висока швидкість, висока ефективність	Дуже високе споживання енергії
Гравітаційна седиментація	Низька вартість, повторне використання води	Низька швидкість, псування продукту, залежить від щільності клітин
Хімічна флокуляція	Низька вартість, не пошкоджує клітини	Токсичність біомаси, унеможлиблює повторне використання води, неефективність, утворює велику кількість осаду, що ускладнює зневоднення біомаси
Флотація розчиненим повітрям	Низька вартість, легке застосування у великих масштабах	Потрібні флокулянти, унеможлиблює повторне використання води, може негативно вплинути на екстракцію
Флотація	Невелика площа, без додавання хімікатів	Низький вихід через неефективну флотацію
Озонове фракціонування	Невелика площа, руйнування клітин, необхідне для екстракції, відбувається одночасно	Виробництво озону коштує дорого, знижує вміст продукту.

Мікросита	Простота експлуатації, недорога конструкція, високі коефіцієнти фільтрації	Сильна залежність від концентрації клітин, менші клітини проходять через сита
Біологічна флокуляція	Висока ефективність, без пошкодження клітин	Відсутність повторного використання води, вища витрата енергії, ніж у інших флокулянтів
Електролітична флокуляція	Висока ефективність	Висока витрата енергії (до 16 кВт·год/кг біомаси), підвищена температура може пошкодити систему, забруднення катодів
Фільтрація через мембрану	Повторне використання води, видалення патогенних найпростіших	Забруднення мембрани, витрати на заміну мембрани.
Фільтрація погрузною мембраною	Низька вартість, менше напруження зсуву, менше забруднення мембрани, ніж при звичайному поперечному потоці	Забруднення мембрани, збільшення масштабу потенційно може викликати проблеми

Розглянувши переваги і недоліки вищеописаних методів обираємо флотацію як первинний метод згущення через її низьку вартість, швидкість (в порівнянні з гравітаційною седиментацією) та відсутність потреби виділяти велику площу для процесу. Враховуючи той факт, що вода після флотації буде повторно використовуватись для культивування мікробіодоростей і той факт,

що флотація не видаляє 100% клітин; задля енергетичної і економічної ефективності, флотацію бажано проводити використовуючи CO₂ або топкові гази, щоб об'єднати процес флотації з процесом збагачення води вуглекислим газом.

Після згущення флотацією біомасу необхідно ущільнити гравітаційною седиментацією. Для прискорення процесу доцільно використовувати рослинні жири в якості піногасників. Це прискорить процес і покращить якість кінцевого продукту [16].

3.3 Деградація біомаси і екстракція ліпідів

Руйнація клітинної стінки необхідна для вивільнення ліпідів, і подальшої їх екстракції з суспензії. Екстракція ліпідів з мікроводоростей може здійснюватися механічними, хімічними, термічними, електромагнітними або біологічними методами, які мають свої переваги та недоліки. Крім цього, існують два шляхи переробки сухої та вологої клітинної біомаси для екстракції ліпідів. У порівнянні з методами сухої біомаси, переробка вологої біомаси є кращим способом вилучення ліпідів через меншу вартість та менші енергозатрати, також використання вологої біомаси може пом'якшити токсичність, що виникає внаслідок використання органічних розчинників. Тож для виробництва обираємо шлях переробки вологої біомаси [17].

Успіх будь-якого методу або техніки сильно залежить від вартості процесу, простоти протоколу, вимог часу, рівнів токсичності сполук, що використовуються в процесі, екологічності, життєздатності процесу, мінімальної залежності від умов таких як: температура та тиск. Ряд методів, які використовуються для цілей вилучення ліпідів мають проблеми на певному етапі або рівні. Наприклад, фізико-хімічні методи передбачають використання токсичних органічних розчинників, таких як хлороформ, метанол і гексан, які не тільки шкідливі для довкілля, але й створюють ризик небезпечного впливу на здоров'я людини без ретельного контролю. Хоча фізичні методи, такі як дроблення, подрібнення та руйнування клітин під впливом тиску, є надзвичайно ефективними методами, їх високі енергетичні потреби та потреба

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в кваліфікованій робочій силі збільшують загальну вартість і роблять їх непрактичними для промислових процесів хімічної та екологічної інженерії. Вироблення великої кількості тепла та залежність від деформації також є деякими поширеними проблемами цих методів, які впливають на якість продуктів та обмежують їх використання. Крім того, товста клітинна стінка і непористість клітин мікроводоростей перешкоджають вивільненню внутрішньоклітинних ліпідів. Отже, необхідний етап попередньої обробки в кінцевому підсумку збільшує загальну вартість виробництва. Тож для вибору оптимального методу визначимо критерії яким він має відповідати: низька енерговитрата, низький температурний вплив, низька вартість, висока ефективність[18,19].

Методом що найбільше підходить є надкритична рідинна екстракція (SFE). Безперервні дослідження в області екстракції вивели цей метод на новий рівень вилучення ліпідів з мікроводоростей у присутності надкритичних рідин, таких як етилен, етан, метанол, бензол, етанол, толуол, CO₂ і вода.

Основний принцип, що лежить в основі SFE, полягає в досягненні стану, при якому меніск, що розділяє рідку і газоподібну фази, зникає, що досягається за межами критичної точки рідини.

Серед різних варіантів надкритичних рідин, CO₂ і метанол є для нас найбільш цікавими. Через неполярну природу CO₂ це демонструє високу селективність щодо нейтральних ліпідів, особливо TAG, що разом із нездатністю розчиняти фосфоліпіди робить процес високоспецифічним щодо TAG. Поряд з цими властивостями, низька критична температура (31,1°C) що робить SFE чудовим рішенням для вилучення термічно чутливих ліпідів, що дозволяє уникати термічної деградації; проте продукти, екстраговані

надкритичним CO₂ (SC-CO₂), також містять невелику кількість домішок вільних жирних кислот, стеролів та пігментів.

Ефективність процесу надкритичної рідинної екстракції залежить від вибраних умов експлуатації, в яких різні умови кількох фізичних параметрів,

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таких як тиск (20–60 МПа), температура (303,15–333,15 К) та швидкість потоку CO_2 (0,06–30 г/хв.). Збільшення відсотку виходу ліпідів можна досягти лише шляхом підвищення тиску при постійній температурі. Таким чином, ця техніка може слугувати підходящою альтернативою техніці екстракції.

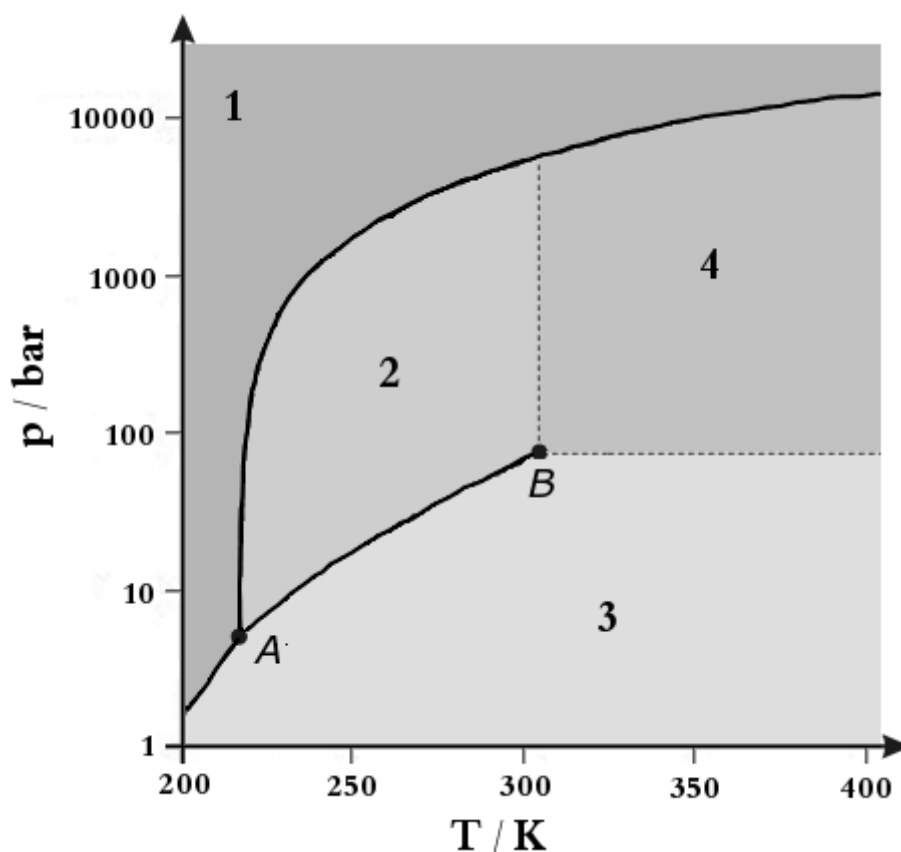


Рис. 3.1. Діаграма агрегатних станів вуглекислого газу. Де А - потрійна точка, В - критична точка. [20].

SFE долає один з найбільших недоліків інших методів, який полягає в деградації екстрактів через те, що середовище є неокислювальним, а низька критична температура (близько 31°C) також запобігає термічній деградації екстракту. Інші переваги включають нетоксичність, простий і легкий подальший процес в результаті легкого відділення CO_2 , а також висока дифузія і низький поверхневий натяг збільшують проникнення пор, які є занадто малими для хімічних розчинників. SFE може бути багатообіцяючим методом з кількома відмінними властивостями:

SFE включає різні параметри, такі як температура та тиск, які легко модифікувати для забезпечення високої селективності, що дозволяє легко витягувати складні зразки.

Цей метод можна застосовувати на широкому діапазоні розміру виробництва, зразків від кількох грамів до кілограмів і навіть до тонн, що дуже корисно як для лабораторного, так і для пілотного рівня виробництва.

Швидке та селективне вилучення зменшує витрати на сепарацію

SFE – це найновіша техніка, яка надає більше інформації про екстрагування та очищення. Цю інформацію можна використовувати для оптимізації та оцінки ефективності вилучення.

Надкритичний CO₂ є більш вигідним порівняно з іншими органічними розчинниками, він вважається безпечним і негорючим розчинником.

Використання CO₂ в порівнянні з іншими розчинниками робить екстрагування дешевшим через багаторазові властивості CO₂. Його легка доступність і відсутність забруднення є основними перевагами процесу [18,19,20].

3.4 Гідрування жирних кислот і переестерифікація

Основні властивості біодизеля майже повністю залежать від його хімічного складу. Велика кількість поліненасичених жирних кислот знижує стабільність палива, щільність енергії палива та змащувальну здатність, збільшує в'язкість та утворення камеді та викликає повільне займання та високі викиди вуглеводнів. Для усунення цієї проблеми необхідно гідрувати ці поліненасичені жирні кислоти. Неселективне гідрування дає повністю насичені FAME, які мають високі температури плавлення та високу схильність до осаду в дизельних сумішах, що знижує їх якість. Поліненасиченість або повне насичення жирними кислотами може викликати проблеми з довгостроковим використанням. Проте селективне гідрування призводить до збільшення виходу FAME, які мають високий вміст олеату (18:1) і в результаті до покращення якості біодизелю. Високо олеатні FAME забезпечують стабільність і низькотемпературну продуктивність біодизеля. Для

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

селективного гідрування використовують карбеново іридієвий комплекс як каталізатор.

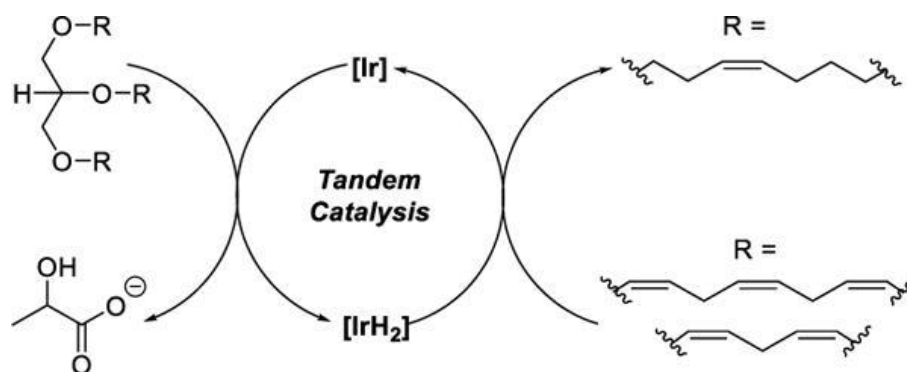


Рис. 3.2 Загальна схема гідрування з утворенням мононенасичених жирних кислот і лактату як кінцевих продуктів [22].

Гідрування проводять при 120 °С з додаванням метанолу, як відновника (25 еквівалентів), 0,3% моль іридієво-карбенового комплексу і 5 еквівалентів NaOH. Реакцію проводять протягом доби.

Проте, іридієвий каталізатор надто дорогий для масового виробництва. Впровадження іридієвих каталізаторів в масове виробництво призведе до гострого дефіциту цього металу, що викличе стрімке зростання ціни на нього. Альтернативою гідрування можна запропонувати домішування 10% мононенасичених жирних кислот з метою зниження відсотку поліненасичених. Серед таких олій найдоступнішою є ріпакова.

Переестерифікацію проводять шляхом змішування олії та ліпідів з мікроводоростей з метоксидом. Після чого отриманий продукт розділяють відстоюванням на гліцерин і біодизель. Біодизель промивають водою і осушують для підвищення його якості [22, 23, 24].

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Опис Технології виробництва

ДР 1 Підготовка виробництва

Проводиться для охорони здоров'я персоналу, створення безпечних умов праці та для забезпечення високої якості продукції.

ДР 1.1 Підготовка повітря для вентиляції

Проводиться для створення сприятливих умов праці у виробничому цеху. Очистка повітря здійснюється в три ступені. Використовуються фільтри грубої та тонкої очистки. Фільтри стерилізують гострою парою при 125-135°C один раз на місяць. Відпрацьовані фільтри замінюють на нові.

ДР 1.1.1 Забір повітря

Повітря забирають з атмосфери через забірну шахту висотою 20-30м. Висота залежить від забрудненості повітря на даній території. Повітря забирається за рахунок низького тиску, створеного вентилятором В-3.

ДР 1.1.2 Попередня очистка повітря

Здійснюється за допомогою фільтра Ф2 - типу ФВП-І з набивкою з поліестера. Розмір часток що затримується >10 мкм. Ефективність очистки 80-90%.

ДР 1.1.3 Кондиціонування

Повітря охолоджується в теплообміннику. Через різке охолодження випадає конденсат, який направляється на стадію ЗВ17.2 для утилізації. Осушене і охолоджене повітря нагнітається в Збірник 3-5 звідки воно поступає до вентиляційних шахт підприємства.

ДР 1.2 Приготування миючих розчинів

При приготуванні миючих особлива увага звертається на захист працівника від дії агресивних концентратів миючих засобів. Для приготування необхідну кількість концентрату відміряють мірним стаканом або зважують

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Власенко Д.В.			Технологічна частина	Стадія	Арк.	Аркушів
Конс.		Левтун І.І.						
							35	105
Керів.		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

на терезах. Розчиняють або / і доводять до необхідної концентрації водою. Для мийки використовують розчин каустичної соди. Розчин готують для разового використання. Розраховану кількість порошкоподібної каустичної соди розчиняють водою в реакторі Р-7 (СЕон-32, Україна) при температурі 40-50 °С та перемішуванні при 40 об/хв турбінною мішалкою. Після приготування 50% миючого розчину його переміщують у збірник З-9(СЕНВ-32, Україна) де нагрівають до 70 °С і використовують для обробки виробничих приміщень та для мийки вузлів обладнання.

ДР 1.3 Підготовка комунікацій та обладнання

ДР 1.3.1 Перевірка обладнання на герметичність

Здійснюють водою під надлишковим тиском перед кожним запуском.

ДР 1.3.2 Підготовка обладнання

Здійснюють візуальну перевірку стану та справності обладнання. Мийка обладнання здійснюється гарячим 70- 80°С розчином миючого засобу, після чого обладнання ополіскують холодною водою.

ДР 2. Приготування метоксиду

Розчин готується в реакторі Р-11 розрахунку на 1 т біодизельного палива - 111 кг метанолу і 12 кг луку. Метанол подають у реактор Р-11(СЕон-6,3 , Україна) де він перемішується. До метанолу з дозатора додається КОН. Змішування проводять протягом 15 хв зі швидкістю 40 об/хв до досягнення гомогенного стану розчину.

ДР 4. Приготування розчину для промивання біодизеля

Для промивки біодизеля використовують 10% розчин HNO_3 . Готують методом розведення концентрованої нітратної кислоти. В реактор Р-15 (СЕон-32, Україна) водопровідну воду, та через об'ємний дозатор Д-14 подають концентровану нітратну кислоту де вони перемішуються турбінною мішалкою VMP680. Перемішування проводять протягом 5 хв зі швидкістю 40 об/хв.

ДР 5. Приготування води для культивування

Обраний продуцент є автотрофом, який не потребує органічних поживних речовин. Водопровідна змішується з солями у реакторі Р-19

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(виготовленого на замовлення ТОВ "ФОРП", Україна) при інтенсивному перемішуванні, 300 об/хв яке забезпечується турбінними мішалками VMP680 («Екопласт Штанцл Украина, ООО с ИИ», Україна). Для приготування розчину основних компонентів поживного середовища використовується водопровідна вода з додаванням NaNO_3 до загальної концентрації нітрогену у воді 5мМ (початкова концентрація вмісту загального азоту визначається методом вказаним [24]) та 511,6мг/л KH_2PO_4 до загальної концентрації фосфору у воді концентрації 3.76мМ (початкова концентрація вмісту загального фосфору визначається за методом [25]). Готове поживне середовища доводять концентрованим розчином NaOH до значення рН 6,8-7,8.

ДР 5.1. Стерилізація поживного середовища

Утворення монокультури потребує високих затрат на стерилізацію поживного середовища. Для уникнення цих затрат пропоную вносити 10% якісного посівного матеріалу, вирощеного на стерильному поживному середовищі. Це забезпечить кількісну перевагу цільового виду над іншими, що пройшли крізь фільтри і скоротить лаг-фазу цільового виду. Для забезпечення чистоти культури на стадії підготовки посівного матеріалу, поживне середовище необхідно автоклаувати. Процес стерилізації проводять протягом 25 хвилин, тиск - 0,2 МПа, при температурі - 130°C в автоклаві Ав-21 (ВК-75М, Україна), куди подається ростове середовище.

ТП 6. Вирощування посівного матеріалу у фотобіореакторі

ТП 6.1. Розморозка музейної культури

Музейну культуру розморожують при 37 °С для запобігання перекристалізації, після чого в асептичних умовах вносять в колбу на 3л. Вирощують в колбі на 3л, в освітленому термостаті Т-23 при 30 °С до оптичної густини 0,3г/л.

ТП 6.2. Напрацювання посівного матеріалу.

Підготовлене та простерилізоване поживне середовище з автоклаву Ав-21 насосом Н-22 ЦН 1000-180-3 (ТОВ «ТБ «МАКС») перекачується до фотобіореактора Р-25 і змішується з інокулянтом для подальшого

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

культивування. Культивування проводиться в періодичному режимі, так як посівний матеріал необхідний тільки для запуску нових промислових фотобіореакторів, або перезапуску наявних. Перемішування здійснюється вуглекислим газом який з балонів через індивідуальний фільтр Ф-24 (ФТО-1000, Україна) надходить до фотобіореактора. Подача вуглекислого газу відбувається періодично (протягом 10 хв раз на 4 год) з балонів через інжектор з витратою 60 дм³/год. Для освітлення та підтримання необхідної температури в реакторі використовують світлодіодні лампи, які генерують освітлення з довжинами хвиль в діапазонах 400-450 нм і 650-700 нм з інтенсивністю 130–160 мкмоль/м²/с. Режим освітлення 16 год. світло 8 год./темрява. Температуру в теплиці, в якій знаходиться фотобіореактор підтримують на рівні 25-30 °С. Концентрацію клітин підтримують на рівні 0,2 г/л. Культивування здійснюють в вертикальних трубчатих фотобіореакторах.

ТП 7. Виробниче культивування.

Здійснюють у фотобіореакторах Р-27 за тих же умов, що й посівний матеріал. В нестерилізоване середовище вносять 10% від об'єму посівного матеріалу. Культивування проводиться в безперервному режимі, тож необхідно постійно подавати поживне середовище і відводити частину культурального середовища, відпрацьоване повітря та кисень, що утворюється в процесі життєдіяльності мікроорганізмів. Культивування здійснюють в вертикальних трубчатих фотобіореакторах.

ТП 8. Відділення біомаси мікроводоростей від поживного середовища

ТП 8.1 Флотація

Флотатор Ф-30 являє собою прямокутну конструкцію, довжина 3 м, а ширина 2 м. Глибина водного шару в споруді 2 м. культуральна рідина рухається горизонтально зі швидкістю 0,016 м/с. При зниженні тиску з 0,2 МПа до атмосферного в цій будівлі виділяється повітря і відбувається процес флотації. Час перебування культуральної рідини у піні становить 40 хвилин. Вода з флотатора збирається і випускається через підвісну стінку, яка

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

направляє струм на відведення води з конструкції. У цій споруді утворюється флотаційний шлам. Мікроводорості виносяться в шарі піни, який збирається на поверхні флотаційної камери, а потім збирається рядовим транспортером і виводиться в піддон для шламу, де відцентровий насос перекачує до відстійника

ТП 8.2. Відстоювання

Після флотації біомаса за допомогою насоса потрапляє до відстійника З-32 (СЕНВ-20, Україна), де відстоюється 1 добу для більш повного концентрування.

ТП 9. Екстракція ліпідів з біомаси надкритичним CO₂.

ТП 9.1 Продавлювання мікроводоростей флюїдним CO₂.

У реактор Р-38 (СЕОН-16, Україна) подають зріджений CO₂ (з балонів З-34 та рециркуляційного збірника З-36) та, нагріваючись до температури 100°C під дією пари у сорочці апарату, за допомогою радіально поршневого насосу Н-33 50НР14 (ТОВ"ТПК"МАЙСТЕРНЯ ПРИВОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ") під тиском в 50 МПа подається у надкритичний екстрактор зі швидкістю потоку 0,03 м³/год. У надкритичному екстракторі флюїдний CO₂ продавлюється через касету з завантаженою біомасою. Проводиться контроль обладнання та основних параметрів процесу. Біомасу відправляють до ЗВ 16.1

ТП 9.2 Розділення CO₂-екстракту шляхом охолодження.

Отриманий внаслідок продавлювання CO₂-екстракт подається у сепаратор С-38 (СЕОН-63, Україна), де, під дією води для охолодження в сорочці апарату, за нормальних умов охолоджується до температури 25°C. CO₂-екстракт розділяється на суміш ліпідів і газоподібний CO₂, що накопичується у збирачі Зб. Ліпідна суміш надходить у реактор. Проводиться контроль обладнання та основних параметрів процесу.

ТП 10. Реакція переестерифікації

Переестерифікацію проводять у реакторі Р-41 (СЕОН-63, Україна) при 60 °С (нагрівання перегрітим паром) та перемішування 120 об/хв з додаванням метоксиду, як відновника (25 еквівалентів), що подається через об'ємний

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозатор. Реактор виготовлений на замовлення зі сталі 12X18H10T (ГОСТ 5632-72) Реакцію проводять протягом години. Після чого дозатором Д-39 подається H_2SO_4 для нейтралізації надлишку КОН.

ТП 11. Розділення суміші ефіру та гліцерилу у відстійнику.

З ректора для переестерифікації Р-41 насосом Н-42 БГ12-4 (ТОВ"ТПК"МАЙСТЕРНЯ ПРИВОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ") суміш ефіру і гліцерину поступає у відстійник В-43(СЕНВ-32, Україна). Розділення відбувається протягом 20-60 хв. Суміш ефіру і ліпідів, що не прореагувала поступає в реактор переестерифікації Р-41. Проводиться технічний контроль обладнання та хімічний контроль суміші.

ТП 12. Очищення гліцерину з конденсацією метанолу.

Гліцерин з відстійника З-43 потрапляє у реактор-випарник В-45 (МЗС-320, Україна), де, під дією пари в рубашці, при температурі $80^{\circ}C$ з розчину випаровується зайвий метанол. Отримують побічний готовий продукт – очищений гліцерин. Пари метанолу по трубопроводу потрапляють до конденсатора, де конденсуються і рідкий метанол потрапляє до збірника З-46. Проводиться технічний контроль обладнання та хімічний контроль гліцеролу.

ТП 13. Очищення ефіру.

Ефір очищають випарюванням спирту в реакторі випарнику В-44(МЗС-320, Україна) при температурі $80^{\circ}C$, що конденсується і збирається в З-46 (СЕНВ -32, Україна). Отримують непідготовлений біодизель. Проводиться технічний контроль обладнання та хімічний контроль ефіру.

ТП 14. Промивання і нейтралізація біодизеля з видаленням солей

Промивання проходить в промивному реакторі Р-48 (СЕон-32, Україна) з допомогою 10% розчину нітратної кислоти. При цьому промивання і нейтралізація відбуваються одночасно. Забруднена промивна вода скидається в трубопровід. Проводиться технічний контроль обладнання та хімічний контроль промивання і нейтралізації ($pH=7,2$).

ТП 15. Сушіння вакуум-випарюванням.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У вакуум-випарнику В-46 (ENVIDEST MFE 2, Іспанія) з допомогою гарячої пари проводиться фінальне звільнення біодизеля від води, що може бути сприятливим середовищем для розмноження мікроорганізмів. Отримуємо готовий продукт. Проводиться технічний контроль обладнання.

ЗВ 16. Переробка відходів

ЗВ 16.1. Переробка твердих відходів

Не відпрацьовані фільтри промиваються водою і направляються до стадії ДР 1.1. Відпрацьовані фільтри утилізуються на полігоні загального призначення. Відпрацьовану біомасу компостують на полігоні для компостування.

ЗВ 16.2 Переробка рідких відходів

Рідкі відходи подаються на місцеву очисну споруду.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Матеріальний баланс

Стадія	Використано				Отримано		
	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількіс-ть			Назва кінцевого продукту/напівпродукту, відходів та втрат	Кількіс-ть	
		шт	м³	т		м³	т
ТП6	Поживне середовище		850		Посівний матеріал	850	
	Музейна культура	1					
ТП 7	Поживне середовище		22100 00		Біомаса	221850	
	Посівний матеріал		850				
ТП8	Біомаса		22185 0		Згущена біомаса	350	443,7
					Відпрацьована вода	221850	
ТП9	Згущена біомаса			443, 7	Екстракт		34,8
					Відпрацьована біомаса		408
ТП 10	Екстракт		34,8	30	Ефір з гліцерином		30,3
	Метоксид			0,3			
ТП 11	Ефір з гліцерином			30,3	Ефір		24,3
					Гліцерин		6
ТП12					Метанол		0,5
					Гліцерин		6,5
ТП13	Низькоякісний біодизель				Неочищений біодизель		23,5
					Метанол		0,8
ТП14	Неочищений біодизель			23,5	Вологий біодизель		23,5
	Розчин HNO ₃			20	Розчин солей		20
ТП15	Вологий біодизель			23,5	Біодизель		22
					Волога		1,5

РОЗДІЛ 5. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

Вихідні дані

Об'єм апарата : $V=63 \text{ м}^3$

Коефіцієнт заповнення : $K_3=0,5$

Час культивування : $\tau = 24 \text{ год}$

Температура культивування : $T = 37^\circ\text{C}$

Тип перемішуючого пристрою – відкрита турбінна мішалка

Теплофізичні властивості середовища [30]

$\rho_c=860 \text{ кг/м}^3$

$\nu=30,6 \cdot 10^{-6}$

$C_c=2202,9 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$

$\lambda=0,1657 \text{ Вт/м} \cdot \text{K}$

Конструктивний розрахунок

Метою розрахунку є визначення розмірів виробничого ферментера та його конструктивних елементів. Розрахунок проводимо за методикою [30]

Визначаємо робочий об'єм апарата :

$$V_p = V_n \cdot K_3 = 63 \cdot 0,5 = 31,5 (\text{м}^3)$$

Відповідно до ГОСТ 20680—75, було обрано конструкцію з еліптичним днищем та еліптичною знімною кришкою (тип 0).

Внутрішній діаметр апарата (D) дорівнює $3600 \text{ мм} = 3,6 \text{ м}$

за ГОСТ 6533-78 параметри еліптичного днища

Внутрішній діаметр відбортюваної частини: $D_v = 3600 \text{ мм}$

Внутрішня поверхня еліптичного днища : $F_{\text{дн.}} = 14,95 \text{ м}^2$

Висота відбортюваної частини : $h_1 = 80 \text{ мм} = 0,08 \text{ м}$

Товщина стінки днища : $s = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$

Об'єм еліптичного днища : $V_{\text{дн}} = 6893,6 \text{ дм}^3 = 6,8936 \text{ м}^3$

					<i>МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Власенко Д.В.</i>			<i>Вибір і характеристика обладнання</i>		
<i>Конс.</i>		<i>Садлій Л.А.</i>					
<i>Керів.</i>		<i>Левтун І.І.</i>					
<i>Затверд.</i>					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ</i>		
					<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						42	105

Висота апарата : $H = 6700 \text{ мм} = 6,7 \text{ м}$

Площа поверхні теплообміну рубашки : $F_p = 82,8 \text{ м}^2$

Маса днища : $m = 2379,1 \text{ кг}$

Висота еліптичного днища за ГОСТ 6533-78 для апарата вказаного діаметра розраховується як :

$$h_{\text{ел.дн}} = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 3,6 = 0,9 \text{ м}$$

Таким чином, визначаємо повну висоту днища апарату :

$$h_{\text{дн}} = h_1 + h_{\text{ел.дн}} = 0,08 + 0,9 = 0,98 \text{ м}$$

Далі визначаємо об'єм циліндричної частини ферментера :

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{н}} - V_{\text{дн}} = 63 - 6,8936 = 56,1064 \text{ м}^3$$

Висота циліндричної частини ферментера :

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{F} = \frac{56,1064 \cdot 4}{3,14 \cdot 3,6^2} = 5,51 \text{ (м)}$$

Висота рівня рідини в середовищі визначається за формулою :

$$H_p = \frac{4(V_p - V_{\text{дн}})}{\pi D^2} + h_{\text{дн}} = \frac{4(31,5 - 6,89)}{\pi \cdot 3,6^2} + 0,98 = 3,39 \text{ м}$$

Розрахунок механічного перемішуючого пристрою

Для перемішування середовища в реакторі обираємо відкриту турбінну мішалку ГОСТ 20680-75:

$$\frac{D}{4} : \frac{D}{3} = \frac{3,6}{4} : \frac{3,6}{3}$$

Обираємо стандартний діаметр мішалки $d_m = 900 \text{ мм}$

Висота перемішуючого пристрою :

$$h_m = 0,2 \cdot d_m = 0,2 \cdot 0,9 = 0,18 \text{ м}$$

Ширина лопаті мішалки:

$$l_l = 0,25 \cdot d_m = 0,25 \cdot 0,9 = 0,225 \text{ м}$$

Висота розміщення мішалки :

$$h = 0,4 \cdot d_m = 0,4 \cdot 0,9 = 0,36 \text{ м}$$

Коефіцієнт гідравлічного опору мішалки: $\xi_m = 8,4$

Стандартне число обертів мішалки згідно з обраною технологією:

$$n = 0,83 \text{ об/с}$$

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок глибини воронки

Параметр висоти завантаження апарата:

$$\gamma = 8 \frac{H_p}{D} + 1 = 8 \cdot \frac{1,5}{3,6} + 1 = 8,5$$

Параметр гідравлічного опору мішалки :

$$E = \frac{\gamma}{\xi_m z_m R_u^{0,25}} = \frac{8,5}{8,4 \cdot 1 \cdot (2,197 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,08$$

де z_m - кількість мішалок на валу; Re_u - центробіжний критерій Рейнольдса:

$$Re_u = \frac{n \cdot d_m^2}{\nu_c} = \frac{0,83 \cdot 0,9^2}{30,6 \cdot 10^{-6}} = 2,197 \cdot 10^4.$$

За знайденим параметром відповідно до графіка визначаємо параметр розподілення швидкості ψ_1 :

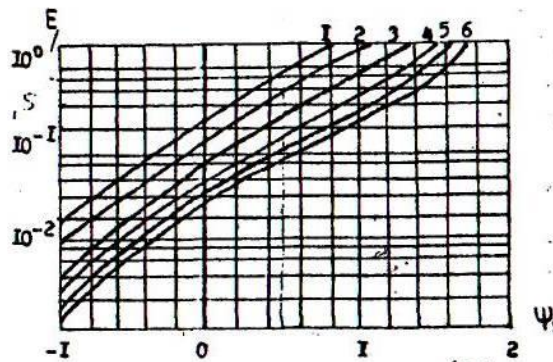


Рис.2.1. Параметр розподілення швидкості $\psi=f(E)$ для мішалок: трьохлопастної (01), турбінна відкритої (03), шестилопастної (05), лопастної (07), емальований лопастних, фрезерної та пропелерної при $z_D \geq 1,5$

Рисунок 1 Параметр розподілу швидкості для мішалок: трьохлопастної (01) турбінної відкритої (03), шестилопастної (05), лопастної (07), емальованої лопастної, фрезерної та пропелерної при z_D більше-рівне 1,5

$$\psi_1 = -0,4,$$

тоді параметр глибини воронки B дорівнює:

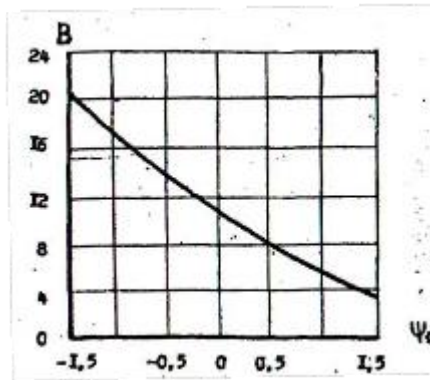


Рисунок 2 Параметр глибини воронки $B=f(\psi_1)$

$$B = 11$$

Глибина воронки:

$$h_e = \frac{B n^2 d_m^2}{2} = \frac{11 \cdot 0,83^2 \cdot 0,9^2}{2} = 3,06 \text{ м}$$

Гранично допустима глибина воронки :

$$h_{ep} = H_p - h = 3,39 - 0,36 = 3,038 \text{ м}$$

Перевіряємо співвідношення : $h_e > h_{ep}$

$3,06 > 3,03$, отже, у такому випадку, встановлюються перегородки.

Розрахунок потужності, що витрачається на перемішування

Потужність, що витрачається на перемішування визначають за формулою:

$$N = K_N \cdot \rho_c \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 1 \cdot 860 \cdot 0,83^3 \cdot 0,9^5 = 398,3 \text{ Вт}$$

де K_N – критерій потужності, що залежить від інтенсивності перемішування і характеризується центробіжним критерієм Рейнольдса

Із графіка, $K_N = 1$

Розрахунок потужності привода мішалки

$$d_g = C \cdot d_m = 0,117 \cdot 0,9 = 0,1053 \text{ м}$$

де C — коефіцієнт, що залежить від конструкції мішалки, $C=0,117$ для турбінної мішалки.

Потужність , що витрачається на тертя в одинарному торцевому ущільненні:

$$N_{\text{ущ}} = 6020 \cdot d_g^{1,3} = 6020 \cdot 0,1053^{1,3} = 322,67 \text{ Вт}$$

Потужність привода мішалки:

$$N_{el} = \frac{K_n \cdot K_H \cdot \sum K_1 \cdot N + N_{yц}}{\eta} = \frac{1 \cdot 0,97 \cdot 0,02 \cdot 1,1 + 322,67}{0,9} = 358,54 \text{ Вт}$$

де $\eta = 0,9$ — ККД привода, $K_n = 1$ для апарату з перегородками, K_H — коефіцієнта, що враховує рівень рідини в апараті:

$$K_H = \sqrt{\frac{H_p}{D}} = \sqrt{\frac{3,39}{3,6}} = 0,97$$

Тепловий розрахунок

Метою теплового розрахунку є визначення необхідної площі теплообміну та перевірка, чи забезпечить стандартна площа теплообміну сорочки ту кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання речовини.

Надходження енергії до ферментера : теплоагент, дисипація механічної енергії від перемішуючих пристроїв таким чином, тепловий баланс :

$$Q_T = Q_c + Q_a + Q_{duc} + Q_{втр}$$

Розрахуємо кожен складову

- Теплота дисипації механічної енергії від перемішуючих пристроїв

$$Q_{duc} = N \cdot \tau_{пер} = 398,3 \cdot 86400 = 34,41 \text{ МДж}$$

- Нагрівання поживного середовища

$$Q_c = m_{nc} \cdot C_{nc} \cdot t_{nc} = \rho_{nc} \cdot V_p \cdot C_{nc} \cdot t_{nc} = 860 \cdot 31,5 \cdot 2202,9 \cdot (60 - 25) = 2088,68 \text{ МДж}$$

- Нагрівання апарату

$$Q_a = m_a \cdot C_a \cdot t_a = \rho_a \cdot V_a \cdot C_a \cdot t_a = 1500 \cdot 500 \cdot (70 - 20) = 37,5 \text{ МДж}$$

З урахуванням втрат (5%) :

$$Q_T = Q_{duc} - Q_c - Q_a = 34,4 - 2088,67 - 37,5 = -2196,35 \text{ МДж}$$

Отже, середовище в апараті необхідно нагрівати.

Визначення середньої різниці температур

Середня різниця температур при нагріванні насиченою водяною парою, що має температуру насичення 120 °C:

$$\frac{\Delta t_{\theta}}{\Delta t_m} = 1,58 < 2$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\theta} + \Delta t_m}{2} = \frac{95 + 60}{2} = 77,5 \text{ К}$$

Визначення коефіцієнту тепловіддачі середовища в реакторі

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі від середовища в реакторі до стінки апарата:

$$Nu_1 = C \cdot Re_u^n \cdot Pr_1^{0,33} = 0,760 \cdot (2,197 \cdot 10^4)^{0,67} \cdot 349,86^{0,33} = 2017,53$$

Де коефіцієнти $C=0,760$, $n=0,67$ для апарату з сорочкою, перегородками та відкритою турбінною мішалкою.

Критерій Прандтля для середовища в апараті:

$$Pr_1 = \frac{\mu_1 \cdot C_{p1}}{\lambda_1} = \frac{\nu_1 \cdot \rho_1 \cdot C_{p1}}{\lambda_1} = \frac{30,6 \cdot 10^{-6} \cdot 860 \cdot 2202,9}{0,01657} = 349,86$$

Коефіцієнт тепловіддачі від середовища до стінки:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{D} = \frac{2017,53 \cdot 0,01657}{3,6} = 92,86 \frac{Вт}{м^2 К}$$

Визначення коефіцієнта тепловіддачі теплоносія в сорочці

Коефіцієнт тепловіддачі при нагріванні парою, що конденсується в сорочці.

Температури стінки корпусу реактора зі сторони теплоносія та різницю температур Δt_1 і середню температуру конденсату t_k в першому наближенні знаходять за формулами:

$$\theta_{cm} \approx \theta_s - \frac{\Delta t_{cp}}{2} = 120 - \frac{77,5}{2} = 81,25^\circ C ;$$

$$\Delta t_1 \approx \frac{\Delta t_{cp}}{2} = 38,75^\circ C ;$$

$$\theta_k = \frac{\theta_s + \theta_{cm}}{2} = \frac{120 + 81,25}{2} = 100,6^\circ C$$

Критерій фазового перетворення Π визначаємо за формулою:

$$\Pi = \frac{r}{C_T \Delta t_1} = 13,4 ,$$

де r – питома теплота пароутворення, визначається за температурою насичення θ_s , $\frac{Дж}{кг}$;

C_T – питома теплоємність конденсату, визначається за температурою θ_k , $\frac{Дж}{кг}$;

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масові витрати конденсату в розрахунку на 1 м змоченого периметру, $\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}}$:

$$G_n = \frac{G_T}{\pi D_K} = \frac{0,233}{3,14 \cdot 3,64} = 0,02 \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}},$$

де G_T – масові витрати конденсату, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$;

D_K – зовнішній діаметр стінки реактора;

$$D_K = D + 2\delta_{\text{ст}} = 3,6 + 2 \cdot 0,02 = 3,64 \text{ м}$$

$\delta_{\text{ст}}$ – товщина стінки реактора, м.

Критерій Рейнольдса для плівки конденсату визначаємо за формулою:

$$Re = \frac{G_n}{\mu_T} = \frac{0,02}{2,82 \cdot 10^{-4}} = 72,24,$$

де μ_T – коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату при температурі

θ_K , $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ (див. таблицю В.3 додатку В).

Критерій Прандтля:

- при температурі θ_K

$$Pr_T = \frac{\mu_T \cdot C_T}{\lambda_T} = \frac{2,82 \cdot 10^{-4} \cdot 4220}{0,683} = 1,74$$

- при температурі стінки $\theta_{\text{ст}}$

$$Pr_T = \frac{\mu_{\text{ст}} \cdot c_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} = \frac{3,551 \cdot 10^{-4} \cdot 4195}{0,675} = 2,2,$$

теплофізичні властивості конденсату μ_T, C_T, λ_T приймають при температурі конденсату θ_K , а властивості $\mu_{\text{ст}}, C_{\text{ст}}, \lambda_{\text{ст}}$ – теплофізичні властивості конденсату при температурі стінки $\theta_{\text{ст}}$.

Поправочні коефіцієнти ϵ_T та ϵ_n визначають за формулами:

$$\epsilon_T = \left[\left(\frac{\lambda_{\text{ст}}}{\lambda_T} \right)^3 \left(\frac{\mu_T}{\mu_{\text{ст}}} \right) \right]^{0,125} = \left[\left(\% \frac{0,675}{0,683} \right)^3 \left(\frac{2,825 \cdot 10^{-4}}{3,55} \cdot 10^{-4} \right) \right]^{0,125} = 0,967;$$

$$\epsilon_n = \left[1 + 0,4 \cdot \Delta t_1 \cdot \frac{C_T}{r} \right]^{0,5} = 1,01;$$

$$E_n = Re^{0,04} = 72,24^{0,04} = 1,187$$

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = \frac{Pr_T}{Pr_{CT}} = \frac{1,74}{2,2} = 0,79$$

Якщо $Pr < 5$, то

$$\alpha_{TL} = 0,943 \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda_T^3 g r \rho_T^2}{\mu_T^2 \Delta t_1 H_p}} = 0,943 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,683^3 \cdot 9,8 \cdot 2,2028 \cdot 10^6 \cdot 943,1^2}{2,825 \cdot 10^{-4} \cdot 38,75 \cdot 3,39}} = 26053,3$$

де ρ_T – густина конденсату при температурі θ_K , $\frac{кг}{м^3}$.

Якщо $Pr > 5$ і $0,1 \leq Re_T \leq 250$

$$\alpha_T = \epsilon_T \cdot \epsilon_n \cdot E_n \cdot \alpha_{TL} = 0,96 \cdot 1,01 \cdot 1,19 \cdot 26053,3 = 30355,30112 ;$$

Коефіцієнт теплопередачі становить:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{92,86} + \frac{0,02}{16} + \frac{1}{30355,3}} = 82,97 \frac{Вт}{м^2 K}$$

Тоді поверхня теплообміну становить:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t \cdot \tau} = \frac{2196,35 \cdot 10^6}{82,97 \cdot 77,5 \cdot 4320} = 79,9 \text{ м}^2$$

$$F_p < F_d$$

$$79,9 \text{ м}^2 < 82,8 \text{ м}^2$$

Отже, поверхня теплообміну сорочки апарата забезпечить заданий температурний режим протягом його роботи.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

РОЗДІЛ 6. АВТОМАТИЗАЦІЯ

Для зменшення кількості помилок в роботі через людський фактор, та для унекнення створення нецікавих робочих місць виробничі процеси необхідно автоматизувати. Під автоматизацією мається на увазі комплекс організаційно-технічних заходів, що приводить до зменшення або повного виключення участі людини в здійсненні виробничого процесу.

Для автоматизації процесу переестерифікації, параметри, що впливають на проходження перестерифікації піддаються автоматичному контролю, регулюванню, сигналізації та захисту.

Таблиця 6.1 Параметри, які підлягають автоматичному контролю, регулюванню, сигналізації та захисту.

Назва етапу експлуатації	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
Пуск	Тиск в апараті, Р	0,1 МПа +/- 0,05 МПа	Контроль, регулювання, сигналізація
Завантаження ліпідів	Витрата ліпідів, G	0,5 т/хв +/- 0,01 т/с	Контроль, регулювання, сигналізація
Завантаження метоксиду	Витрата метоксиду, G	5,0 кг/с +/- 0,1 кг/с	Контроль, регулювання, сигналізація

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Власенко Д.В.			Автоматизація	Стадія	Арк.	Аркушів
Конс.		Левтун І.І.						
							50	105
Керів.		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.		Саблій Л.А.						

Процес переестерифікації	Температура, Т	334К +/- 1 К	Контроль, регулювання, сигналізація
Процес переестерифікації	Час, t	61хв +/- 1 хв	Контроль, регулювання, сигналізація
Процес переестерифікації	Наявність обертів вала мішалки.	1 об/с	Контроль, регулювання, сигналізація
Процес переестерифікації	Витрата H ₂ SO ₄	5,0 кг/с +/- 0,1 кг/с	Контроль, регулювання, сигналізація
Вивантаження біодизеля	Витрата біодизеля, G	0,5 т/хв +/- 0,01 т/с	Контроль, регулювання, сигналізація

Автоматичний контроль.

Під час процесу переестерифікації в реакторі контролюються наступні параметри:

1. Тиск – для контролю встановлено прилад САФІР-М, мод. 2440 (поз. 1-1), також сигнал надходить на датчик-реле тиску ДЕМ 102 (поз. 1-2), звідки сигнал надходить на контур сигналізації та захисту.
2. Наявність обертів вала мішалки– для контролю встановлено датчик тахогенератора ДТГ-2 (поз. 6-1), сигнал з якого надходить на контролювальний показувальний пристрій ТЭ-Д (поз. 6-2), далі сигнал надходить на датчик-реле ДТ-100 (поз. 6-3), звідки сигнал надходить на контур сигналізації та захисту.

5.2 Автоматичне регулювання

В реактор під час завантаження ліпідів регулюються наступні параметри:

1. Витрата ліпідів – встановлюють на трубопроводі діафрагму ДКС0,6-200 (поз. 2-1), яка передає сигнал на перетворювач тиску 13ДИ30 (поз. 2-2), після чого сигнал переходить на перетворювач «Сапфир-22ДД» (мод.2450) (поз. 2-3), де сигнал перетворюється в уніфікований вихідний сигнал і

надходить на вторинний показувальний та реєструвальний прилад ДИСК-250 (поз. 2-4), після чого сигнал відправляється на вимірювально-регулюючий пристрій РП4-Т (поз. 2-5), і далі сигнал надходить на станцію керування БУ12 (поз. 2-6), яка в автоматичному режимі подає сигнал регулятора через безконтактний пускач ПБР-3А (поз. 2-7), де підсилюється і надходить на електричний виконавчий механізм МЭО-6,3/12,5-0,25-99 (поз. 2-8), що переміщує регулюючий клапан на трубопроводі, змінюючи тим самим витрату ліпідів.

Регулювання витрати метоксиду, сірчаної кислоти та біодизеля регулюються аналогічним чином.

2. Температура реакції – вимірюється безінерційною термопарою типу ТСП-1288 (поз. 5-1), з якої сигнал надходить на показувальний прилад ТАМ-103 (поз. 5-2) для контролю температури, що встановлений по місцю, далі сигнал надходить на нормувальний перетворювач «Сапфир-22ДД» (мод. 2450) (поз. 5-3), де сигнал перетворюється в уніфікований вихідний сигнал і надходить на вторинний показувальний і реєструвальний прилад ДИСК-250 (поз. 5-4). Далі сигнал надходить на регулятор РП4-Т (поз. 5-5), в якому створюється керуючий вплив, і далі сигнал надходить на станцію керування БУ12 (поз. 5-6), яка в автоматичному режимі подає сигнал регулятора через безконтактний пускач ПБР-3А (поз. 5-7), де сигнал підсилюється і надходить на електричний виконавчий механізм МЭО-6,3/12,5-0,25-99 (поз. 5-8), що перекриває клапан подачі води в оболонку апарата.

Сигналізація, блокування, захист

У випадку аварійної ситуації під час другого етапу технологічного процесу: сигнал надходить на станцію керування БУ12 (поз. 2-6), далі сигнал йде на пускач безконтактний ПБР-3А (поз. 2-7), що підсилює сигнал і подає його на електричний виконавчий механізм МЭО-6,3/12,5-0,25-99 (поз. 2-8), що перекриває подачу ліпідів у реактор.

У випадку аварійної ситуації під час третього етапу: сигнал надходить на станції керування БУ12 (поз. 3-6), далі сигнал йде на пускачі безконтактні

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПБР-3А (поз. 3-7), що підсилюють сигнали і подають їх на електричний виконавчий механізм МЭО-6,3/12,5-0,25-99 (поз. 3-8), що перекриває подачу повітря та води в оболонку. Також, сигнал надходить на блок керування БРУ-5 (поз. 9-1), далі сигнал йде на пускач безконтактний ПБР-3А (поз. 9-2), що підсилює сигнал і подає його на виконавчі механізми, який вимикає двигун мішалки (позначка М – електричний привід)

Схема технологічної сигналізації забезпечує подачу світлового сигналу на панель оператора за допомогою набору сигнальних ламп HL1 – HL4. Світлові сигнали показують про працездатність установки оператора, а саме сигналізують нормальний режим тиску в апараті та задану частоту обертання вала мішалки. Наявність світла на світловій сигналізації контуру регулювання тиску (лампочки HL1, HL2) свідчать про те, що тиск в апараті є допустимий і апарат працює в заданому режимі. Наявність світла на світловій сигналізації контуру контролю двигуна мішалки (лампочки HL3, HL4) свідчать про те, що двигун працює в заданому режимі. Датчик-реле тиску РД-301 (поз. 6-2) та показуючий прилад частоти оберту мішалки ДТГ-2 (поз. 6-1) зв'язані зі звуковою сигналізацією НА, що спрацьовує у разі невідповідності тиску у апараті або частоти обертання мішалки.

5.4 Дистанційне керування

Дистанційне керування електричними виконавчими механізмами МЭО6,3/12,5-0,25-99 (поз. 2-8, 3-8, 4-8, 7-8) здійснюється за допомогою включення ручного управління станцій керування БУ12 (поз. 2-6, 3-6, 4-6, 7-6), звідки сигнали поступають на безконтактні пускачі ПБР-3А (поз. 2-7, 3-7, 4-7, 7-7), де сигнали підсилюються і подаються на вищеперераховані виконавчі механізми. Також, здійснюється дистанційне керування двигуном мішалки, за рахунок увімкнення ручного керування блоку керування БРУ-5 (поз. 9-1), далі сигнал йде на пускач безконтактний ПБР-3А (поз.9-2), де сигнал підсилюється і надходить на двигун (позначка М – електричний привід) [33,34]

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

7.1. Резюме: конкретизація бізнес-ідеї, мети стартапу, об'єкту дослідження, місця розробки у інноваційному ланцюжку цінності

Бізнес-ідея полягає у отриманні біодизельного палива з ліпідів мікроводоростей.

Об'єктом дослідження є біодизель, отриманий в процесі переестерифікації ліпідів мікроводоростей.

Суб'єктами є розробник та споживачі пального — агрогосподарства.

Актуальність проекту полягає у тому, що існує необхідність створення конкурентних продуктів у зв'язку з переважанням дизелю з ненадійних сусідніх країн.

Метою проекту є вибір та обґрунтування ефективної технології отримання біодизелю та доведення ефективності та рентабельності проекту.

Конкурентні переваги — довгострокова перспектива забезпечення якісним дешевим біодизелем споживачів, відсутність повних аналогів в Україні

Таблиця 7.1 — Резюме стартап-проекту

Показник	Характеристика
Сутність ідеї	Виробництво біодизельного палива з мікроводоростей
Наявність аналогів або прототипів ідеї	Наявні закордоном
Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Рідке дешеве біопаливо

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Власенко Д.В.			Розробка стартап-проекту	Стадія	Арк.	Аркушів
Конс.		Тюленєва Ю.В.						
							54	105
Керів.		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

Ступінь розробленості технології реалізації	В розробці
Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	040081 моторне паливо
КВЕД, до якого може належати дане виробництво	24.66.0 виробництво біопалива із олійних, цукристи та крохмальних сільськогосподарських культур
Очікувана потужність стартапу	велике
За масштабом виробництва	масове
За рівнем спеціалізації	вузькопрофільне
За ресурсами, що споживатимуться	матеріаломістке, капіталомістке
За чисельністю персоналу	середнє
Органи управління при реалізації стартапу	національні
Бажане географічне розташування - потужностей стартапу; - офісу стартапу; - збутової мережі; - постачальників комплектуючих.	Херсонська область Херсон Вся Україна Вся Україна
Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Впровадження
Гранична корисність ідеї стартапу	Наявність палива із стабільною

	собівартістю в умовах нафтової кризи
Бізнес-модель стартапу	B2B
Конкуренти вітчизняні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Запорізький біопаливний завод (29грн/л), ТОВ БИТИС, ООО (16грн/л)
Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Bio Oil Group (30грн/л)
Ключові фактори успіху стартапу	Обмежений запас нафти, орієнтація держав на сталий розвиток та нульову емісію вуглекислого газу
Споживачі (основні на етапі впровадження, групи, орієнтовна чисельність)	Агрокомпанії, більше 100
Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	10000 т/рік
Споживачі на етапі розвитку	Середні та малі агрокомпанії
Споживачі на етапі зрілості	Середні, малі та великі агрокомпанії
Конкурентна ціна на продукт стартапу	28грн/л
Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	66%
Капіталовкладення в проект	132 452 000 грн
Період повернення капіталовкладень у	1 рік

проект	
Джерела фінансування	внутрішні, зовнішні національне
Потенційні постачальники складових компонентів розробки (виділити вітчизняних і закордонних, плановий обсяг замовлень, наявна потужність постачальника)	Постачальники «ХіМіКо» «ТОВ «ТД» Агрохім» «Укрелектроенерго»
Наявність посередників при реалізації (так, ні, орієнтовні посередники, форми оплати їх діяльності)	Відсутні
Методи просування результатів розробки на ринок	пропаганда, реклама, особистий продаж, стимулювання збуту

7.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Зовнішнє середовище являє собою оточення, в якому діє організація, і складається головним чином з учасників ринкових відносин.

Таблиця 7.2 — Аналіз загроз і можливостей зовнішнього середовища

	Загрози	Можливості
Економіка		
Національна економічна стратегія до 2030 року включає розвиток аграрного сектору, переорієнтацію на внутрішнього	Зростання конкуренції	Можливість кооперації з виробниками с/г техніки для забезпечення великої кількості агрохолдингів

постачальника техніки та матеріалів		
Політика		
Погіршення стосунків із сусідніми державами, які є основними постачальниками біодизелю	Загроза повної монополізації ринку біодизелю	Конкурентноспроможність продукту стартапу
Введення жорстких обмежень до екологічного забруднення	Виникнення конкурентної продукції — біодизелю іншого походження	Збільшення частки біодизелю в сфері бізнесу
Зовов'язання України перед ЄС: Директиви Європейського Парламенту та Ради 2003/30/ЕС, 2009/28/ЄС та Закон N 2787-VI (2787-17) від 15.12.2010	Державне регулювання ціни на дизпаливо в цілому, падіння ціни і як наслідок — нерентабельність нового виробництва	Державні дотації на виробництво, сприятлива податкова політика
Науково-технічний прогрес		
Зростання кількості НДЦ, що спеціалізуються на екобіотехнологіях	Розробка великої кількості біопалива	Оптимізація технології, розробка технології супутніх продуктів
Зростання кількості освітніх програм з екобіотехнології	Загроза виникнення більш адаптованих технологій у	Наявність кваліфікованих кадрів

	майбутньому	
--	-------------	--

До факторів зовнішнього оперативного середовища відносять конкурентів, постачальників, посередників, споживачів (табл. 5.3).

Таблиця 7.3 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Конкуренти 1. Bio Oil Group 2. Запорізький біопаливний завод, ТОВ 3. БИТИС, ООО	Одночасна утилізація відходів Має філіали закордоном Сертифікований EN 14214 Сертифікація ДСТУ 6081:2009 Стандарт EN-14214	Необхідність співпраці з дрібним бізнесом — створення пунктів збору харчових відходів продукт рослинного походження вимагає наявності посівних площ
Постачальники «ХіМіКо» «ТОВ «ТД» Агрохім» «Укрелектроенерго»	Приваблива ціна Широкий вибір хімічних речовин Безальтернативність	Витрати на транспортування матеріалів

За результатами аналізу факторів зовнішнього і зовнішнього оперативного середовищ сформовано перелік зацікавлених сторін (табл. 5.4) для визначення потенційних загроз у процесі впровадження розробки, при формуванні ризиків стартап-проекту.

Таблиця 7.4 – Аналіз зацікавлених сторін

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проект	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект

Суб'єкти зовнішнього оперативного середовища

Виробник: ТОВ "БіодизВлас"	6	10	60
Постачальник			
Обладнання	4	6	48
Сировина	4	6	48
Додаткове	4	6	48
Споживачі			
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИЙ ВИРОБНИЧИЙ КООПЕРАТИВ "БОРОЗЕНСЬКЕ"	4	7	28
ТОВ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "АГРО- СПІВДРУЖНІСТЬ"	4	7	28
ТОВ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО "ЗЛАТО ТАВРІЇ"	4	7	28
Посередники	-	-	-
Зовнішнє середовище			
Політичні структури	4	2	8
Суб'єкти економічного середовища	8	4	32
Власники географічних об'єктів	8	7	56
Суб'єкти демографії	5	8	40

Суб'єкти культурного середовища	4	5	20
Суб'єкти НТП	6	7	42

За результатами аналізу визначено сильні та слабкі сторони в процесі реалізації стартап-проекту (табл.5.5)

Таблиця 7.5 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища

	Переваги	Недоліки
Технологія	+невисока вартість +стабільність і незалежність від ресурсної бази +можливість здешевлення шляхом автоматизації +цінні побічні продукти виробництва	- високі початкові капіталовкладення -високий ризик
Кадри	+ наявність висококваліфікованих кадрів і низька конкуренція на них.	- Складність залучення висококваліфікованих кадрів в місцевості далекій від великих міст.
Фінанси	+ зменшення складності отримання інвестиційних ресурсів через популярність напрямку «зеленої енергетики»	- Висока вартість будівництва та пуско налагоджувальних робіт. - Не дає дохід одразу. Для нарощування потрібної

		кількості посівного матеріалу потрібно 3 місяці.
Забезпеченість ресурсами	+довгострокові договори на поставку сировини (метанолу, лугу, кислоти і т.п.)	- Непідготовленість об'ємів складу для великої кількості ресурсів

7.3. Визначення ключових факторів успіху проекту

На підставі аналізу факторів зовнішнього і зовнішнього оперативного середовищ студент визначено ключові фактори успіху власної ідеї, технології, методики. Ключові фактори успіху варто надано у вигляді діаграми Шонфільда (рис.5.1).

Таблиця 7.6.1 — Оцінка характеристики за методом Шонфільда

Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристик		
		Наша продукція	Bio Oil Group	ООО Битис
Ціна	0,3	4	4	4
Сировинна база	0,2	5	3	2
Якість біодизеля	0,4	5	3	2
Дотримання вимог нормативної документації	0,2	4	4	4

З урахуванням коефіцієнту вагомості характеристики визначається бальна оцінка кожної характеристики для нашої продукції і для конкурентів:

Таблиця 6.6.2 — Бальна оцінка характеристик за методом Шонфільда

Характеристика	Бальна оцінка характеристик		
	Наша продукція	Bio Oil Group	ООО Битис
Ціна	$0,3 \cdot 4 = 1,2$	$0,4 \cdot 4 = 1,6$	$0,4 \cdot 4 = 1,6$
Сировинна база	$0,2 \cdot 5 = 2,0$	$0,4 \cdot 3 = 1,2$	$0,4 \cdot 2 = 0,8$
Якість біодизеля	$0,4 \cdot 5 = 2$	$0,4 \cdot 3 = 1,2$	$0,4 \cdot 2 = 0,8$
Дотримання вимог нормативної документації	$0,2 \cdot 4 = 0,8$	$0,2 \cdot 4 = 0,8$	$0,2 \cdot 4 = 0,8$

На підставі отриманих бальних оцінок будується графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами.

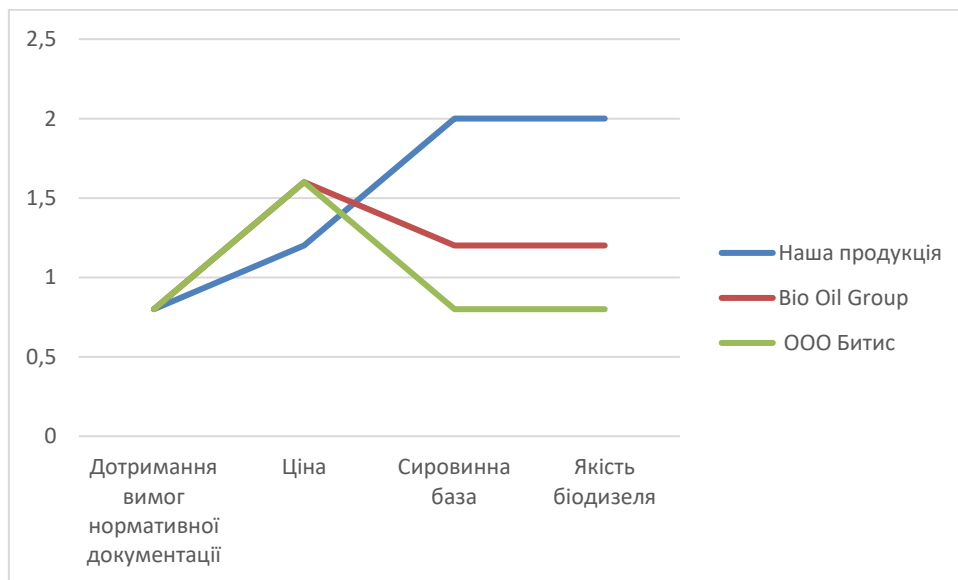


Рис. 7.1 Графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами

Можливі варіанти розвитку інноваційної ідеї та перспективний напрям її

розвитку (табл. 5.7).

Таблиця 7.7 — Варіанти розвитку ідеї стартапу

варіант	Стислий опис можливого розвитку
1. Найкращий	Високий попит на продукцію, державні пільги на бізнес у паливній сфері, нарощування потужностей
2. Прийнятний	Невисокий попит на продукцію, співпраця з невеликими компаніями і відсутність державних програм розвитку бізнесу
3. Несприятливий	Неконкурентноспроможність продукту через введений акциз на біодизель, відтермінування впровадження технології/кооперація з підприємствами, що вже мають потужності

7.4. Визначення потенційних споживачів

Перспективні споживачі визначено і надано в табл.5.8

Таблиця 5.8 – Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
Юридична особа	
Форма власності (державне, приватне, колективне, комунальне, змішане,...)	Приватне, комунальне, колективне
КВЕД	A01 Сільське господарство, мисливство та надання пов'язаних із

	ними послуг
За потужністю (малі, середні, великі)	Малі, середні
За масштабом виробництва (одиничні, серійні, масові)	Серійні, масові
За рівнем спеціалізації (вузькопрофільні, багатoproфільні, комбіновані)	комбіновані
За ресурсами, що споживаються (працемісткі, матеріаломісткі, капіталомісткі, інформація)	Працемісткі, матеріаломісткі
За чисельністю персоналу (малі, середні, великі)	Малі і середні
За сферою діяльності (виробничі, комерційні, фінансові, посередницькі, страхові...)	Виробничі
За приналежністю капіталу і контролю (національні, іноземні, спільні багатонаціональні,...)	Національні
За географічним розташуванням	Україна
За віддаленістю органів управління (національні, міжнародні, офшорні, транснаціональні,...)	Національні
За характером господарської діяльності (промислові, сільськогосподарські,	Сільськогосподарські

транспортні, будівельні, фінансово-кредитні, страхові, туристичні, консалтингові,...),	
За рівнем технологічної цілісності (провідні, дочірні, філії,...)	Провідні, філії
За долею іноземного капіталу (з іноземними інвестиціями (більше 10%), іноземне підприємство (100%))	Без залучення іноземного капіталу, з іноземними інвестиціями (більше 10%)
За формуванням статутного капіталу (унітарні, корпоративні)	Переважно унітарні
За організацією виробничих процесів (періодичні, безперервні)	Періодичні
За роботою протягом року (сезонні, позасезонні)	Сезонні
За географічним розташуванням на території України	Переважно південь України
За наявністю вільних ОБЗ (коштів)	наявні
За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи: – Регіон – Чисельність населення – Динаміка росту регіону – Структура регіону – Правові обмеження торгівлі	Вся Україна — 40 млн - 5млн/30 років — 24 області та АР Крим — обмежена на тимчасово окупованих територіях

Таблиця 5.9 – Основні групи потенційних споживачів і їх потреби

Категорія(група) клієнтів	Потреби, які він задовольняє за допомогою Вашого продукту
1. Юридичні особи	Дешево, стабільне в ціні біопаливо
2. ФОП	

Таблиця 7.10 – Паспорт потенційного клієнта

Характеристика	Значення
Організаційно-правова форма	
Класифікація	
-за потужністю	середнє
-за чисельністю персоналу	мале
-за обсягом виробництва	середнє
-за сезонністю виробництва	сезонне
-інше	
Розташування	Село, смт
-місто	
-смт	
-село	
-інше	
Вид продукту, який потрібен даному споживачеві	Екологічне дешеве пальне

Призначення придбаної розробки -за призначенням -інше	За призначенням
Кваліфікація персоналу підприємства -робочі -службовці -керівники	Робочі — кваліфіковані/некваліфіковані Керівники-висококваліфіковані
Потенційний обсяг споживання розробки -інше	100 т
Хто приймає рішення про придбання розробки (узагальнена характеристика працівника)	Менеджер постачання 3

За результатами визначення потенційного споживача можна сформулювати план виробництва на перший рік роботи (табл.5.1). Це може бути випуск продукції при реалізації технології, кількість проданих ліцензій при реалізації методики, кількість проданих програм при реалізації програмного продукту

Таблиця 7.11 – Запланований обсяг реалізації стартап-продукту (товарів, послуг)

	Січень 2022	Лютий 2022	Березень 2022	Квітень 2022	Травень 2022	Червень 2022	Липень 2022	Серпень 2022	Вересень 2022	Жовтень 2022	Листопад 2022	Грудень 2022
Запланований обсяг	600т	700т	700т	900т	900т	1100т	1100т	1000т	900т	900т	700т	500т

7.5. Ціна інноваційної пропозиції на ринку

Визначено ціну пропозиції для ідеї, технології, методики, програми на ринку (табл. 12).

Таблиця 7.12 – Проектні ціни продажу ідеї, технології, методики, програми

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, од.	Ціна, грн/од	Кількість, од.	Ціна, грн/од
Біодизель	833,4т/міс	28,6	1000 т/міс	30,34/л

Основні методи ціноутворення:

1. Розрахунок ціни витратним методом:

$$Ц = С + \text{фіксований відсоток прибутку (від собівартості)} \left[\frac{\text{грн}}{\text{л}} \right],$$

де Ц – прогнозована ціна товару, грн/од, С – розрахована автором ідеї, технології, методики очікувана собівартість товару, грн/од.

$$Ц = 20,0 + 0,3 \cdot (20,0) = 32,5 \frac{\text{грн}}{\text{л}}$$

2. Розрахунок ціни агрегатним методом:

$$Ц = Ц_1 + Ц_2 + \dots + Ц_i, [\text{грн/од}],$$

де Ц – ціна ідеї, технології, розробки, за якою автор пропонуватиме її на ринку, грн/од., Ц_і – ціна і-того компоненту багатокомпонентного товару, грн/од.

$$Ц = (0,44 + 4,78 + 0,17 + 13,7) \cdot 1,3 = 24,8 \text{ (грн/л)}$$

Дані для визначення ціни агрегатним методом:

Елемент	Ціна за л, грн
КОН	0,44

Метанол	4,78
H ₂ SO ₄	0,17
Олія (вироблена з мікроводоростей)	13,7

3. Визначення ціни параметричним методом:

$$C_{\text{нovoї моделі}} = C_{\text{базової моделі}} \times \frac{\text{Балова оцінка нової моделі}}{\text{Балова оцінка базової моделі}}, [\text{грн/од}],$$

$$C_{\text{нovoї моделі}} = 27,1 \cdot \frac{4}{3,6} = 30,1 \text{ грн/л}$$

$C_{\text{базової моделі}}$ – ціна прототипу, аналог на який вже існуює на ринку, грн/од.,
балова оцінка нової моделі – експертна. Як основну характеристику було
обрано якість продукту, а саме кількість мононенасичених жирних кислот.

Таблиця 7.13 – Приклад розрахунку ціни

	Категорії						Ціна
	Ціна		Якість		Сировинна база		
	бали	Коефіцієнт вагомості	бали	Коефіцієнт вагомості	бали	Коефіцієнт вагомості	Одного балу = 7,53
Аналог	4	0,4	3	0,4	4	0,2	3,6
Новий	3		5		4	4	

4. Метод ціноутворення на основі поточних цін або конкурентний метод.

Конкурент 1 – ціна 27,1 грн/л, конкурент 2 – ціна 30,1 грн/л. Тоді:

$$C = \frac{27,1+30,1}{2} = 28,6 \text{ (грн/л)}$$

Розрахунок цим методом вважається оптимальним для стартап-проектів,
тому приймаємо цю ціну.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.14 – Калькуляція собівартості стартап-продукту (приклад)

№ п/п	Етап розробки/елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник
1	Етап розробки ідеї -сировина, матеріали -амортизація -заробітна плата і нарахування (ЄСВ) -електроенергія, паливо -інше	3000 т 100 000 кВт	2 млн 1 млн 1 млн 3 млн
2	Етап ринкового дослідження -сировина, матеріали -амортизація -заробітна плата і нарахування (ЄСВ) -електроенергія, паливо -інше	2000 т 200 000 кВт	5,6 млн 2,5 млн 3 млн 6 млн
3	Етап впровадження (дослідного випробування) -сировина, матеріали -амортизація -заробітна плата і нарахування (ЄСВ) -електроенергія, паливо -інше	2890т 280 000 кВт	8 млн 2,5 млн 3 млн 10 млн

Таблиця 7.15 – Забезпеченість проекту основними засобами

Місце	Назва ОЗ	Повна	Плановий	Очікуваний	Джерело
-------	----------	-------	----------	------------	---------

ОЗ у ТП		початкова вартість ОЗ	період експлуатац ії ОЗ	постачальни к	фінансув ання придбан ня
	Приміщення	6 500 000	20		
Допоміжні роботи	Фільтри очистки повітря	6000		ПрАТ “Вентс”	Інвестиції, прибуток базового підприємства, кредитування
	Реактор-змішувач для приготування метоксиду	13000		“Li&Li Mecahnical Corporation”, Гонконг, Китай	
	Реактор-змішувач для розведення HNO ₃	11000		“Li&Li Mecahnical Corporation”, Гонконг, Китай	
	Автоклав	90 000	10	«Укрпромте х»	
	Насоси	50000		Aquatica	
Технологічний процес	Трубчатий фотобіореактор	350 000 000		Власне виробництво з комплектуючих	
	Флотатор	200 000		ООО “Дім Екології”	

	Надкритичний екстрактор	4 000 000		“Flagma”	
	Насос	60 000	10	«Укрпромте х»	
	Реактор	3 000 000	10	«Оратор»	
	Відстійник	500 000	10	«LifeWater»	
	Система аерації	50 000	6	«Nikka Densok»	
	Насос	60 000	10	«Укрпромте х»	

364 540 000

Таблиця 7.16– Забезпеченість проекту оборотними фондами

Група ОБФ	Назва	Норма витрат на рік,	Ціна, грн/од	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування
Сировина і матеріали	Сировина		(затрати на електроенергію)	«XiMiKo»	Інвестиції, прибуток базового підприємства, кредитування
	Вода	6500 т			
	Метанол	1100т	5000		
	Хімічні комп.: HNO ₃	1 т	12 600		
	H ₂ SO ₄	120 т	16 800		

	КОН	120 т	40 000	«ТОВ «ТД» Агрохім» «ТОВ «ТД» Агрохім» «ТОВ «ТД» Агрохім»	
Паливо, електроенер гія	Електроене ргія	3 000 000 кВт·год	3 грн/кВт год	«Укрелектр оенерго»	

64 069 400

Таблиця 7.17 — Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність за списком на посаді	Кваліфікаці йні вимоги	Плановий рівень заробітної плати/міс	Джерело фінансуван ня ФОП
Робочі основні	Апаратник	2	Низька	9000	Інвестиції, прибуток базового підприємств а, кредитуван ня
Робочі допоміжн	Слюсар	1	Середня	11000	
	Прибиральн ик	1	Низька	7000	
Спеціалісти	Біотехнолог	1	Висока	12000	
	Інженер- технолог	1	Висока	12000	
Молодший персонал обслуговува	Лаборант	1	Середня	9000	

ння				
Керівники	Начальник зміни	1	Висока	15000
	Начальник цеху	3	Висока	15000

Таблиця 7.17 – Техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку
1. Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	т	$B=10000$
2. Середньорічна чисельність персоналу за списком (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Осіб	$\text{Чсп}=11$
3. у тому числі - основних - допоміжних - інженерно-технічного персоналу	Осі	11
4. Середньорічний виробіток робітника	т/особу	$\text{ППс.р.} = B/\text{Чсп} = 10000/11 = 909$
5. Капіталовкладення у проект: - всього Грн. $K = \text{ОФ} + \text{ОбК}$ - на одиницю продукції	Грн. Грн./т	$K = \text{ОФ} + \text{ОбК} = 64\ 069\ 400 + 364\ 540\ 000 = 428\ 609\ 400$ $42\ 860,94$
6. Повна собівартість (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту): - всього Грн. $C = A + \text{ОбК}$ - на одиницю продукції	Грн.	$C = A + \text{ОбК} = 72\ 908\ 000 + 64\ 069\ 400 = 136\ 977\ 400$ $13\ 697,74$

	Грн./т Грн./л	15,93
7. Відносний прибуток	Грн./л Грн./т	$П = Ц - С = 24 - 15,93 = 8,07$ $П = Ц - С = 20640 - 13\,697,74 = 6942,26$
8. Рентабельність	%	$P = \left(\frac{П}{С} \right) \times 100 = 8,07 / 15,93 \times 100 = 50,7\%$
9. Період повернення капіталовкладень	років	$T_{пов} = \frac{К}{П} = \frac{428\,609\,400}{(6942,26 \times 10000)} = 6,2$
10. Фондовіддача виробничих фондів	Грн./грн	$\Phi В = (Ц \times В) / ОФ = (20640 \times 10000) / 64\,069\,400 = 3,22$
11. Фондоємкість	грн/грн	$\Phi С = 1 / 3,36 = 0,31$
12. Продуктивність праці	грн/особу	$ПП = \frac{10000}{(11 \times 6,2)} = 146,63$
13. Коефіцієнт економічної ефективності		$Е = \frac{П}{К} = \frac{6942,26 \times 10000}{42\,860\,940} = 0,162$

7.8 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес процесів

Таблиця 7.18 — Карта бізнес-процесів виконання стартап-проекту

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат, грн
Розробка ідеї стартапу	Створення проектно-технічної документації	Трудові ресурси	5 місяці	100 000
Реалізація ідеї	Замовлення обладнання, заключення договорів з постачальниками сировини, будівництво	Трудові ресурси (2 особи), обладнання	6 місяці	20 000 000
Впровадження у виробництво	Найм працівників, встановлення обладнання, пуско-налагоджувальні роботи	Сировина, матеріали, трудові ресурси	6 місяців	40 000 000
Масова реалізація	Пілотний запуск, вихід на бажану потужність	Трудові ресурси	3-6 місяців	5 000 000

Визначення кадрових потреба стартап-проекту на кожному етапі реалізації

Таблиця 7.18 – Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Функції	Елементи				
	Розробник	Науковий	Технолог	Робітник	Лаборант
1. Генерація ідеї	+	+			
2. Пошук актуальної інформації	+	+	+		
3. Розподілення обов'язків	+	+	+	+	
4. Попередня підготовка процесу			+	+	
5. Пошук інвестиційних концепцій	+				
6. Остаточне формулювання проекту та оцінка його техніко-економічної та фінансової прийнятності	+	+	+		
7. Фінальний розгляд проекту	+	+	+	+	
8. Формування бази даних постачальників матеріалів та обладнання	+	+	+		

9.Розробка технології отримання біодизелю	+	+	+		
10. Пошук будівлі для оренди, договір оренди	+	+			
11. Придбання обладнання	+		+		
12.Установка обладнання			+	+	
13. Заключення контрактів із постачальниками	+				
14. Закуп матеріалів	+		+		
15. Формування адміністрації фірми	+		+		
16. Формування інструкцій	+		+		
17. Набір та навчання персоналу		+	+	+	
18. Запуск підприємства	+	+	+	+	
19. Уточнення технології виробництва	+	+	+	+	
20. Контроль якості				+	+
21. Встановлення контактів із	+				

посередниками та споживачами					
22. Формування та підписання договорів	+				
23. Продаж біодизельного палива	+				

Ризики стартап-проекту та методи управління ними

Таблиця 7.19 – Ризики інноваційної розробки

Назва процесу/стадії реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
Розробка ідеї стартапу	Створення проектно-технічної документації	Втрата важливих даних у проекті	Людський фактор
Реалізація ідеї	Замовлення обладнання, заключення договорів з постачальниками сировини, будівництво	Коригування ціни проекту та терміну реалізації	Правильність складених договорів
Впровадження у виробництво	Найм працівників, встановлення обладнання, пуско-налагоджувальні роботи	Дефіцит працівників	Коригування технології

Масова реалізація	Пілотний запуск, вихід на бажану потужність	Дефіцит оборотних коштів	Комерційні ризик, що викликані недоставкою продукції, невиконанням фінансових зобов'язань тощо
----------------------	--	--------------------------------	--

Здійснено оцінку ризиків щодо впливу на результат та ймовірності(табл.5.20)

Таблиця 7.20 – Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

Вид ризику	Назва ризику	Ймовірність настання ризик	Вплив ризик у на очікуваний результат
Організаційний	Людський фактор	Низька	Високий
Виробничий	Некваліфіковані працівники	Низька	Високий
Логістичний	Несвоечасна поставка сировини	Середня	Середній
Постачання	Неякісна продукція	Середня	Високий
Науково- технічний	Неправильно вибране обладнання, невдала технологія	Низька	Високий

Зовнішньополітичний	Встановлення жорсткої монополії з державним регулюванням цін	Висока	Середній
---------------------	--	--------	----------

Згруповані ризики представлені у табл. 7.21.

Таблиця 7.21– Матриця оцінки ризиків

За впливом ризиків на очікуваний результат		За ймовірністю настання ризиків		
Критерій ризику	Числове значення	Низька ймовірність	Середня ймовірність	Висока ймовірність
		1	2	3
Високий рівень впливу	3	3* Людський фактор Некваліфікованість Неправильно вибране обладнання, невдала технологія	6* Неякісна продукція	9*
Середній рівень впливу	2	2*	4*	6* Встановлення жорсткої

			Несвоечасна поставка сировини	монополії з державним регулювання м цін
Низький рівень впливу	1	1*	2*	3*

Для обраних ризиків запропоновано методи управління ними (табл. 7.22). Для одного і того ж ризику може бути запропоновано декілька методів управління, і для декількох ризиків може бути запропонований один метод управління [35].

Таблиця 7.22 – План заходів з управління ризиками

Назва ризику	Назва методу управління ризиком	Відповідачні виконавці	Період виконання / застосування методу	Очікувані результати від впровадження методів управління
Несвоечасна поставка сировини	Залучення професійної компанії для організації	Розробник, технолог	Під час впровадження у виробництво, масової реалізації	Оптимізація роботи, прискорення відновлення робочого процесу

Людський фактор	Зниження частоти збитку	Технологи, начальник цеху, лаборант	Під час масової реалізації	Покриття збитків з відповідного фонду
Відсутність кваліфіковано сті	Зниження частоти збитку	Технологи, начальник цеху	Під час масової реалізації	Зниження частоти збитків завдяки навчанню персоналу
Встановлення жорсткої монополії	Активний цілеспрямований маркетинг	Розробник	З початку реалізації ідеї	Збільшення зацікавленості споживачів
Неправильно вибране обладнання, невдала технологія	Стратегічне планування діяльності, Здобуття додаткової інформації	Технолог, розробник	Під час впровадження у виробництво	Оптимізація технології та виробничих процесів

РОЗДІЛ 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Згідно з законом «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні умови праці на кожному робочому місці у відповідності до нормативно-правових актів. Також роботодавець зобов'язаний дотримуватись законодавства щодо охорони праці [35].

Для вбереження персоналу та дотримання вимог нормативно правових актів, підприємство загалом і апарати зокрема мають бути безпечними при правильному експлуатації. Розстановка апаратів і трубопроводів має бути ергономічною та забезпечити вільний прохід персоналу для його обслуговування.

Ризик виробництва біодизельного палива в основному пов'язаний із пожежами та вибухами метанолу. Однак слід зазначити, що більшість нещасних випадків, пов'язаних з метанолом, відбувалися на прибудинкових територіях, тобто із загальною потужністю біодизельного палива нижче приблизно 30 000 тонн/рік, де часто застосовуються переривчасті операції, або під час робіт з технічного обслуговування. Використання сірчаної кислоти в процесі нейтралізації побічних продуктів гліцерину, створює нові ризики через несумісність між мінеральною кислотою та гліцерином, що може створювати тиск у реакторі, коли використовується надлишок кислоти [35,37].

Тож підприємство має бути забезпечене достатньою кількістю порошкових вогнегасників. Кожному працівнику необхідно видати індивідуальний протигаз типу ГП-5. На ділянках з підвищеною небезпекою виникнення пожежі мають бути розміщені ящики з піском і лопати.

Вікна і двері всіх виробничих приміщень мають відкриватися на зовні. На вікнах не допускається встановлення додаткової арматури, щоб не затримувати віппадіння вікна під час вибуху. Всі апарати, що знаходяться під

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Власенко Д.В.						
Конс.		Левтун І.І.					85	105
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Керів.		Левтун І.І.						
Затверд.								

тиском повинні бути оснащені аварійними клапанами для скиду тиску.

До роботи у виробничому відділі допускаються тільки працівники які:

- Досягли повноліття, мають середню професійно-технічну або вищу освіту за необхідною спеціальністю.
- Не мають медичних протипоказань до виконання покладених на них обов'язків.
- Інструктовані з питань охорони праці, пожежної безпеки, з обов'язковою перевіркою знань.
- Пройшли інструктаж на робочому місці та ознайомилися з нормативними документами своєї ділянки.
- Мають посвідчення про успішне проходження навчання в спеціалізованих центрах за наступними напрямками:
 - Безпечна експлуатація посудин під тиском;
 - Домедична допомога;

Для запобігання розгубленості персоналу необхідно скласти та ознайомити персонал з планами дій при виникненні наступних надзвичайних ситуацій:

- Пожежа на виробництві.
- Вибух з подальшою пожежею на виробництві.
- Вибух апарата на виробництві.
- Витік хімічних речовин (метанолу, концентрованих кислот)
- Надзвичайні погодні умови.
- Бомбардування виробництва.
- Захоплення виробництва збройними формуваннями ворожої держави.
- Захоплення виробництва терористичними формуваннями.

Також необхідно проводити регулярні навчання з виконання плану дій у надзвичайних ситуаціях [38].

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Проведено літературний пошук з підбору раціонального продуцента ліпідів, Обрано *Neochloris oleabundans* через високий показник вмісту ліпідів (29-65% від сухої маси). Охарактеризовано біодизель отриманий на основі мікроводоростей. Біодизель має відповідати стандарту ДСТУ EN 14214:2019 Автомобільне паливо. Метиллові ефіри жирних кислот (FAME) для дизельних двигунів. Вимоги та методи випробування (EN 14214:2012 + A2:2019, IDT).
2. Обрано та обґрунтовано технологію виготовлення біодизеля; Згідно обраної технології і розроблено технологічну схему і апаратурну схему з зазначеним основним і додатковим обладнанням, а також контрольно-вимірювальних приладів. Розглянуто особливості культивування *Neochloris oleabundans*. Умови активного росту та умови активного накопичення ліпідів дещо відрізняються. Тому культивування раціонально проводити при температурі 23-25°C, pH 7,00–7,56 в середовищі насиченому CO₂ (5%м³/м³), з вмістом 5мМ NaNO₃, з співвідношенням N/P = 1,33 та вмістом заліза 0,037 мМ. Освітлення здійснюватиметься світлодіодами що генерують хвилі довжиною 400-450 нм і 650-700 нм з інтенсивністю 130–160 мкмоль/м²/с. Розглянуто технології обробки біомаси і вилучення ліпідів з неї. Обрано метод екстрагування надкритичним CO₂ через ефективність цього методу. Цей метод спрощує технологію очистки і не забруднює навколишнє середовище токсичними речовинами.

Для переестерифікації обрано метанол через його дешевизну і доступність. Реакцію проводять при 60°C, що дещо знижує якість але також знижує і затрати на нагрів апарату. Гідрувати поліненасичені жирні кислоти використовуючи іридієво-карбеновий каталізатор – не

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Власенко Д.В.			Висновки			
Конс.		Левтун І.І.						
Керів.		Левтун І.І.						
Затверд.								
					Стадія	Арк.	Аркушів	
						87	105	
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ			

рентабельно.

3. Здійснено технологічний розрахунок та запроектовано реактор з системою автоматизації процесу переестерифікації; Обрано реактор 63 м³ з суцільною рубашкою для парового обігріву турбінною мішалкою і коефіцієнтом заповнення 0,6. Марка сталі 12X18H10T. Розроблено креслення реактора.
4. Надано техніко-економічне обґрунтування технології та розраховано собівартість продукції;
5. Надано основні вимоги з охорони праці та захисту навколишнього середовища при виробництві біодизеля.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Y. Chisti. Biodiesel from microalgae - Biotechnol. Adv., 25 (2007), pp. 294-306, 10.1016/j.tibtech.2007.12.002
2. A. Demirbas, M. Fatih Demirbas. Importance of algae oil as a source of biodiesel - Energy Convers. Manag., 52 (2011), pp. 163-170, 10.1016/j.enconman.2010.06.055
3. A. Marcilla, L. Catalá, J.C. García-Quesada, F.J. Valdés, M.R. Hernández A review of thermochemical conversion of microalgae Renew. Sust. Energ. Rev., 27 (2013), pp. 11-19, 10.1016/j.rser.2013.06.032
4. Zeng D., Li R., Yan T., Fang T. Perspectives and advances of microalgal biodiesel production with supercritical fluid technology. RSC Advances. 2014. Вип. 4, № 75. С. 39771–39781.
5. Rawat I., Ranjith Kumar R., Mutanda T., Bux F. Biodiesel from microalgae: A critical evaluation from laboratory to large scale production. Applied Energy. 2013. Вип. 103. С. 444–467.
6. Rocca S., Agostini A., Giuntoli J., Marelli L. Biofuels from algae: technology options, energy balance and GHG emissions. 2015. ISBN 9789279538933.
7. Gouveia L., Oliveira A. C. Microalgae as a raw material for biofuels production. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 2009. Вип. 36, № 2. С. 269–274.
8. Rashidi B., Trindade L. M. Detailed biochemical and morphologic characteristics of the green microalga Neochloris oleoabundans cell wall. Algal Research. 2018. Вип. 35. С. 152–159.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використанихджерел	Стадія	Арк.	Акрушід
Розроб.		Власенко Д.В,						
Конс.		Левтун І.І.						
							89	105
Керів.		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		
Затверд.								

9. The Culture Collection of Algae at the University of Texas at Austin, 2016.
Retrieved from <https://utex.org>
- 10 Safi C., Pollio A., Olivieri G. Neochloris oleoabundans from nature to industry: a comprehensive review. Reviews in Environmental Science and Biotechnology. 2021. Вип. 20, № 4. С. 943–958.
11. Aravantinou AF, Theodorakopoulos MA, Manariotis ID (2013) Selection of microalgae for wastewater treatment and potential lipids production. Bioresour Technol 147:130–134.
12. Avagyan AB (2010) New design and build biological system addressed to global environment management and sustainable development through including microalgae and their biomass in production and bio cycles. J Environ Prot 1:183–200.
13. Baldisserotto C, Giovanardi M, Ferroni L et al (2014) Growth, morphology and photosynthetic responses of Neochloris oleoabundans during cultivation in a mixotrophic brackish medium and subsequent starvation. Acta Physiol Plant 36:461–472.
14. Moser B. R. Biodiesel production, properties, and feedstocks. Biofuels: Global Impact on Renewable Energy, Production Agriculture, and Technological Advancements. 2011. С. 285–347.
15. ДСТУ EN 14214:2019 Автомобільне паливо. Метиллові ефіри жирних кислот (FAME) для дизельних двигунів. Вимоги та методи випробування (EN 14214:2012 + A2:2019, IDT)
16. Rawat I., Ranjith Kumar R., Mutanda T., Bux F. Biodiesel from microalgae: A critical evaluation from laboratory to large scale production. Applied Energy. 2013. Вип. 103. С. 444–467.
17. Patel A., Matsakas L., Sartaj K., Chandra R. Extraction of lipids from algae using supercritical carbon dioxide. 2020.

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Santana A., Jesus S., Larrayoz M. A., Filho R. M. Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Algal Lipids for the Biodiesel Production. Procedia Engineering. 2012. Вип. 42. С. 1755–1761.
19. Baskette R., Fluid S. SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE EXTRACTION OF MICROALGAE OILS FOR BIODIESEL PRODUCTION. Green Chemistry. 2011. Вип. 13. С. 1422–1429.
20. Supercritical carbon dioxide - Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercritical_carbon_dioxide (accessed 2021-11-28)
21. CHAR J.-M., WANG J.-K., CHOW T.-J., CHIEN Q.-C. Biodiesel Production from Microalgae through Supercritical Carbon Dioxide Extraction. Journal of the Japan Institute of Energy. 2011. Вип. 90, № 4. С. 369–373.
22. Lu Z., Cherepakhin V., Kapenstein T., Williams T. J. Upgrading Biodiesel from Vegetable Oils by Hydrogen Transfer to its Fatty Esters. ACS sustainable chemistry & engineering. 2018. Вип. 6, № 5. С. 5749.
23. Yang R., Su M., Li M., Zhang J., Hao X., Zhang H. One-pot process combining transesterification and selective hydrogenation for biodiesel production from starting material of high degree of unsaturation. Bioresource technology. 2010. Вип. 101, № 15. С. 5903–5909.
24. Sharninghausen L. S., Campos J., Manas M. G., Crabtree R. H. Efficient selective and atom economic catalytic conversion of glycerol to lactic acid. Nature communications. 2014. Вип. 5.
25. Про охорону праці: Закон України від 14 лют. 1992 р. № 49. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення 28.11.21)
26. Кодекс законів про працю України: затв. законом № 322-VIII від 10.12.71 БВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text> (дата звернення 28.11.21)

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Medina H. L. de, Vargas M. C. de, Marin J., Pirela D. Determination of total nitrogen in water samples by means of high-pressure bombs and ion chromatography. Journal of Chromatography A. 1994. Вип. 671, № 1–2. С. 287–293.
- 28..Ma J., Yuan Y., Zhou T., Yuan D. Determination of total phosphorus in natural waters with a simple neutral digestion method using sodium persulfate. Limnology and Oceanography: Methods. 2017. Вип. 15, № 4. С. 372–380.
29. Home - LGEM. URL: <https://lgem.nl/>(accessed 2021-11-28)
30. Теплофізичні властивості олії. URL: https://www.highexpert.ru/content/liquids/sunflower_oil.html (дата звернення 30.11.21)
31. Проектування реакторів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв [Електронний ресурс] : навчальний посібник / НТУУ «КПІ» ; уклад.: Л. І. Ружинська, І. А. Буртна, В. М. Поводзинський, В. Ю. Шибєцький. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,7 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 131 с. – Назва з екрана.
32. В.В. Бухмиров. Расчеткоэффициента Конвективной Теплоотдачи(Основные Критериальные Уравнения). 2007. С. 39.
33. ГОСТ 21.404-85 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/11/110.shtml>
34. Ружинська Л.І. Апаратурні схеми фармацевтичних та біотехнологічних виробництв. Порядок складання та вимоги до оформлення. Посібник. Електронне видання/ Укладачі: Л.І. Ружинська, В.М.Поводзинський, В.Ю. Шибєцький, І.А. Буртна – К.: НТУУ «КПІ», 2012 – 139с.
35. Економічна частина магістерської дисертації: розроблення стартап-проекту: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / О.А. Підлісна, Ю.В. Тюленєва ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 32 с.

35. Закон «Про охорону праці». Режим доступу:

<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

36. Правила улаштування електроустановок, 2017р. Режим доступу:

<https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/%D0%9F%D0%A3%D0%95.pdf>

37. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Режим доступу:

http://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage.html?id_doc=68456

38. Сафонов В.В. «Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерних спеціальностей» // К.: Основа, 2000. – 336 с

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.1 Специфікація обладнання та КВП

Індекс та номер за АС	Назва	Кількість, од.	Примітки
1	2	3	4
Д-6, Д-10, Д-14, Д-18, Д-40.	Дозуючі пристрої	5	Об'ємно-ваговий дозатор Модель: РН-QT20 Обладнаний конструкцією Quick Change для вибору форми дозуючого інгредієнту Матеріал конструкції : неіржавіюча сталь AISI 316L Виробник: «Coreion K-Tron»
Р-7, Р-15, Р-48	Реактор з перемішуючим пристроєм	3	Апарат із плоским днищем, плоскою з'ємною кришкою і мішалкою. Виробник: «САРРЗ» Об'єм: 32 м ³ Робочий тиск: до 0,07 МПа Основний матеріал : Ст3сп, 12Х18Н10Т Густина робочого середовища : до 2000 кг/м ³ , Температура : від -40°С до +350°С

P-11	Реактор для приготування метоксиду	1	Реактор із еліптичним днищем, суцільною сорочкою. Марка: СЕон-6,3 Коефіцієнт заповнення: 0,9 Потужність електродвигуна: 10кВт Частота обертів мішалки: 1с^{-1}
P-19	Реактор для приготування поживного середовища	1	реактор із плоскими кришкою і днищем та мішалками Виробник: ТОВ "ФОРП" Номінальний об'єм : 200 м ³ Коефіцієнт заповнення - 0,8. Маса : 273 кг Тиск : 0,6МПа Матеріал – пластик Допустима температура робочого середовища : до +110 °С

P-25, P-27	Реактор	2	Трубчаті біореактори змінного об'єму виготовлені на замовлення компанією GRYP HB, Чехія.
P-38	Реактор	1	Реактор цільнозварний з еліптичним днищем та кришкою, суцільною сорочкою. Розрахований для роботи з високим тиском. Марка: СЕон-16 Коефіцієнт заповнення: 0,9 Виробник: ООО «МашХим»

Н-20, Н-22, Н-31	Насос		Насос Модель: «Раско» FP2. Розміри : 2" (50 мм), 4" (100 мм), 6" (150 мм) Продуктивність : 700 м ³ /год Макс. температура : 120 °С Матеріал : нержавіюча сталь AISI 316L
Н-33, Н-35	Насос	2	Насос Модель: БГ12-4 Робочий тиск : 50МПа Матеріал : нержавіюча сталь Виробник: ТОВ "ТПК"МАЙСТЕРНЯ ПРИВОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ"

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пз-1	Повітрозабірник	1	Повітрозабірник Модель: IMP XX 000, Виробник: «Engineering srl.» Висота : 8000 мм
Ф-2	Фільтр (для здійснення попередньої очистки повітря)	1	Фільтр Модель: PARKER 060K Виробник: «Best Technical Solutions group» Характеризуються стійкістю до корозії, сталим значенням перепаду тиску протягом роботи, малою габаритністю та легкістю. Розмір пор : 4 мкм Продуктивність : 3600 м ³ /год

Ф-16, Ф-24, Ф-26, Ф-36	Фільтр стрилізуєчий	4	НЕРА-фільтр для фінішної очистки повітря класу H14 Виробник: «Remark- Kaysen» Лінійна швидкість : 1,5 м/с Продуктивність : 5400 м ³ /год*м ² Мінімальна ефективність : 99,995%
К-3, К-29	Компресор	1	Компресор Модель: DELTA SCREW, Виробник: «AERZEN» Характеризується високою ефективністю та низькою енергозатратністю, має знижений рівень шуму. Працює при надмірному тиску, вакуумі Продуктивність : 30- 15000м ³ /год. Може використовуватися як для повітря, так і для інертних газів.

Ф-8, Ф-12, Ф-16	Фільтр патронний	2	Патронний фільтр Марка: S/S-5*20 Виробник : AquaKut Тип комплектуючого: корпус
АВ-21	Автоклав	1	Автоклав Модель: ВК-75 Виробник: « Advantage-Lab» Діапазон робочих температур: 105-134 С Маса : 100 кг Живлення: 380-400В Режим роботи : напівавтоматичний

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сш-130	Сублімаційна сушарка		Ліофільна сублімаційна сушарка Марка: BIO-RUS-4SFD Матеріал конденсора: нержавіюча сталь Кількість полиць: 4 Внутрішня поверхня: нержавіюча сталь Потужність : 2,35 КВт Управління: автоматичне
--------	----------------------	--	---

					МД 162. БТ-6203. 00.00 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контрольно-вимірювальні прилади (КВП)

КП-4.1, КП-5.1, КП-7.2, КП-9.2, КП-11.2, КП-13.2, КП-15.2, КП-17.2, КП-19.2, КП-21.2, КП-27.2, КП-30.2, КП-38.2, КП-44.2, КП-45.2, КП-49.2,	Термоперетворювач	16	Термоперетворювач опору Модель: ТСП-1088 Виробник: «Термоприлад» Діапазон температур: -50...+500 С Захисна арматура : сталь 12Х18Н10Т
КП-1.1, КП-2.1, КП-3.1, КП-5.2, КП-7.3, КП-8.1, КП-11.3, КП-12.2, КП-15.3, КП-16.1, КП-20.1, КП-20.2, КП-21.1, КП-22.1, КП-22.2, КП-24.1, КП-24.2, КП-25.3, КП-26.1, КП-26.2, КП-27.3, КП-31.1, КП-31.2, КП-34.1, КП-35.1, КП-35.2, КП-31.1, КП-38.3, КП-42.1, КП-42.2, КП-44.3, КП-45.3, КП-49.3	Манометр	33	Манометр загальнотехнічний Модель: ДМ 05100 Призначений для вимірювання надлишкового тиску рідин, газу і пари

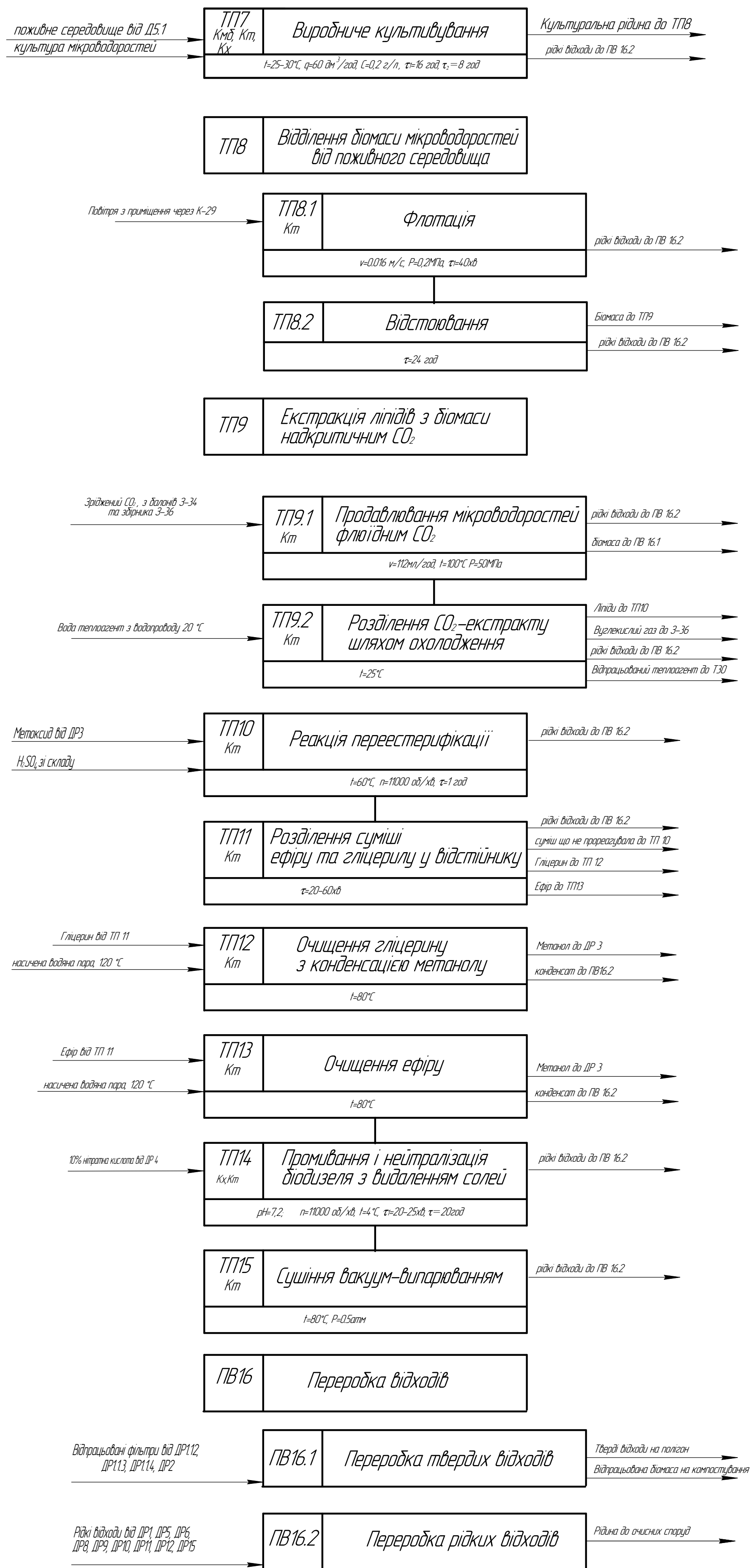
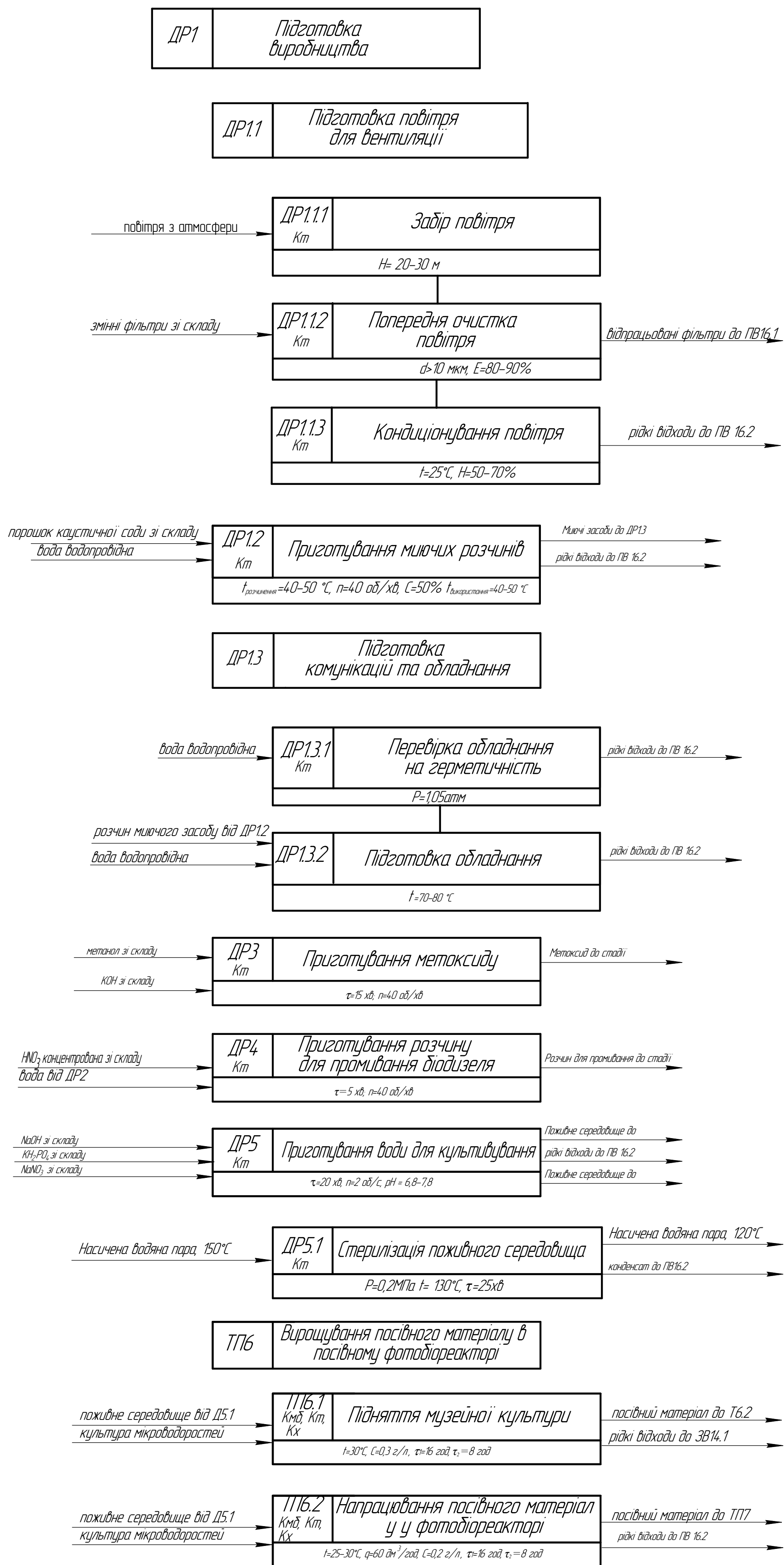
КП-7.1, КП-9.1, КП-11.1, КП-13.1, КП-15.1, КП-17.1,	Концентратомір	6	Концентратомір Марка: LCI-KL50KPK Виробник : СВ «Альтера» Конструктивне виконання: компактне Максимальний тиск : 10 бар Температура середовища : -10...+140 С Вимірювальна комірка - РЕЕК
КП-41,1 КП-48.1	Датчик рН-метра	4	Модель: pH electrode InLab Routine Pro-ISM Виробник: «Mettler Toledo» Комбінований електрод із скляним корпусом, вбудованим датчиком температури, призначений для використання загальних лабораторних задач. Характеризується швидкою дією та хімічною стійкістю. Діапазон вимірів: рН 0-14 Температурний діапазон 0-100 С Тип датчика: комбінований електрод

Додаток Б

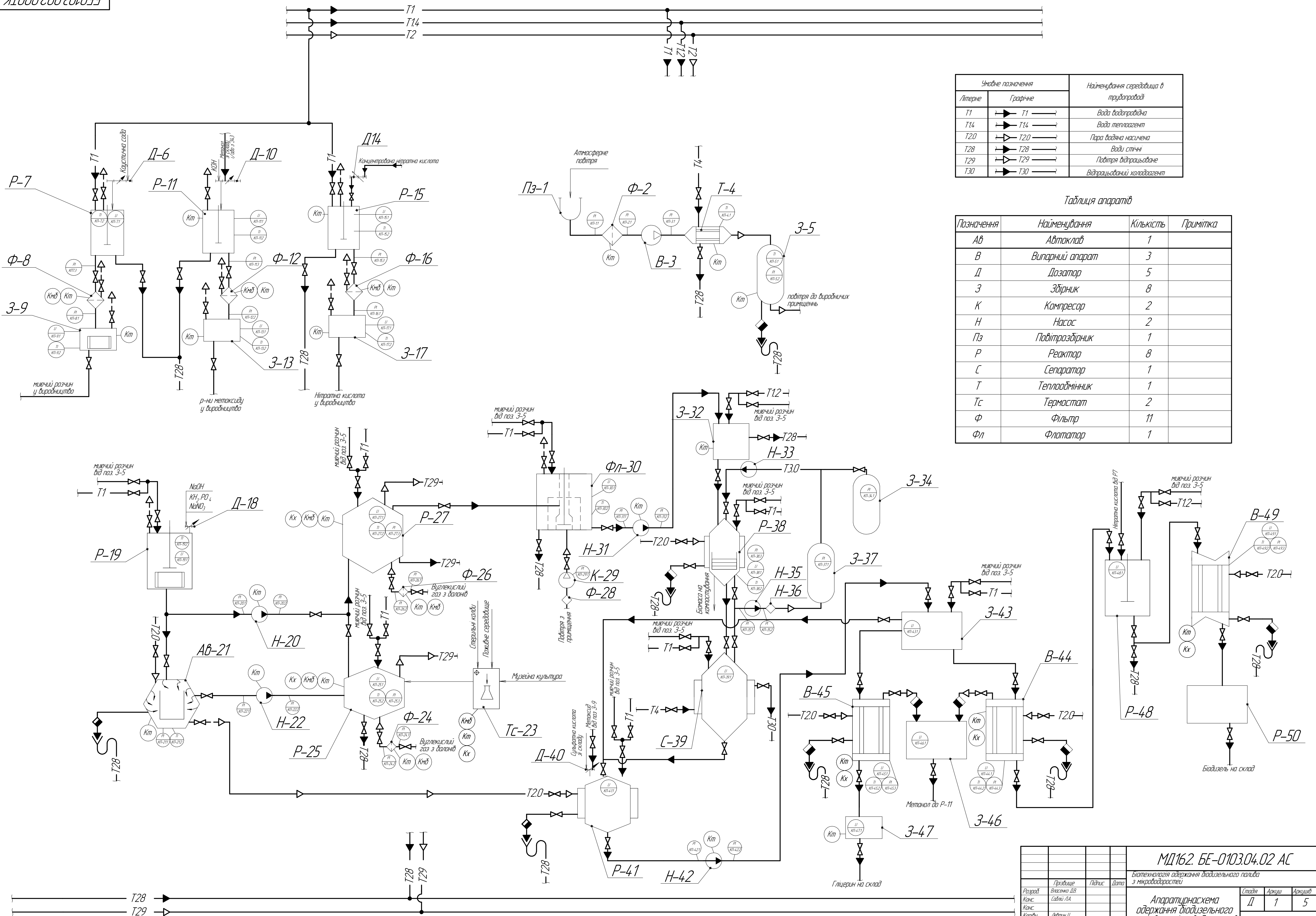
Таблиця 10.1 Специфікація приладів та засобів автоматизації.

№ позиції на схемі	Найменування параметра	Місце встановлення	Найменування та характеристика	Тип моделі	Кіл.
1	2	3	4	5	6
1-1	Тиск	По місцю	Прилад для контролю тиску показуючий, манометр	САФІР-М, мод. 2440	1
1-2	Тиск	На щиті	Перетворювачі тиску	13ДИ30	1
1-3	Тиск	На щиті	Нормуючий перетворювач	Сапфир-22ДД мод. 2450	1
1-4	Тиск	На щиті	Датчик-реле тиску	ДЕМ 102	1
2-1 3-1 4-1 7-1	Витрата	По місцю	Датчик-реле тиску	ДКС0,6 – 200	4
2-2 3-2 4-2 7-2	Витрата	По місцю	Перетворювачі тиску	13ДИ30	4
2-3 3-3 4-3 7-3	Витрата	На щиті	Перетворювачі тиску	Сапфир-22ДД мод. 2450	4
2-4 3-4 4-4 7-4	Витрата	На щиті	Вторинний показуючий та реєструючий прилад	ДИСК-250	4
2-5 3-5 4-5 7-5	Витрата	На щиті	Регулюючий блок	РП4-Т	4
2-6 3-6 4-6 7-6	Витрата	На щиті	Станція керування	БУ-12	4

2-7 3-7 4-7 7-7	Витрата	По місцю	Безконтактний реверсійний пускач	БУ-12	4
2-8 3-8 4-8 7-8	Витрата	По місцю	Електричний виконавчий механізм	МЭО- 6,3/12,5- 0,25-99	1
5-1	Температура	По місцю	Термопара хромель-копелева безінерційна	ТСП- 1288	1
5-2	Температура	По місцю	Прилад для контролю температури показуючий	ТАМ-103	1
5-3	Температура	На щиті	Нормуючий перетворювач	Сапфир- 22ДД мод. 2450	1
5-4	Температура	На щиті	Вторинний показуючий та реєструючий прилад	ДИСК- 250	1
5-5	Температура	На щиті	Регулюючий блок	РП4-Т	1
5-6	Температура	На щиті	Станція керування	БУ-12	1
5-7	Температура	По місцю	Магнітний пускач	ПБР-3А	1
5-8	Температура	По місцю	Електричний виконавчий механізм	МЭО- 6,3/12,5- 0,25-99	1
6-1	Частота обертання вала мішалки	По місцю	Датчик тахогенератора	ДТГ-2	1
6-2	Частота обертання вала мішалки	По місцю	Прилад для контролю частоти обертання, показуючий	ТЭ-Д	1
6-3	Частота обертання вала мішалки	По місцю	Датчик-реле	ДТ-100	1



					<i>МД16.2. БЕ-0103.04.01ТС</i>
					<i>Біотехнологія одержання діабазельного палива з мікробадоростей</i>
Зк.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Власенко Д. В.			Стаття
Конс.		Савиць Л.А.			Архіви
Конс.					Д
Керівн.		/Левшин І.І.			1
Замб.		/Левшин І.І.			5
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ФСТ



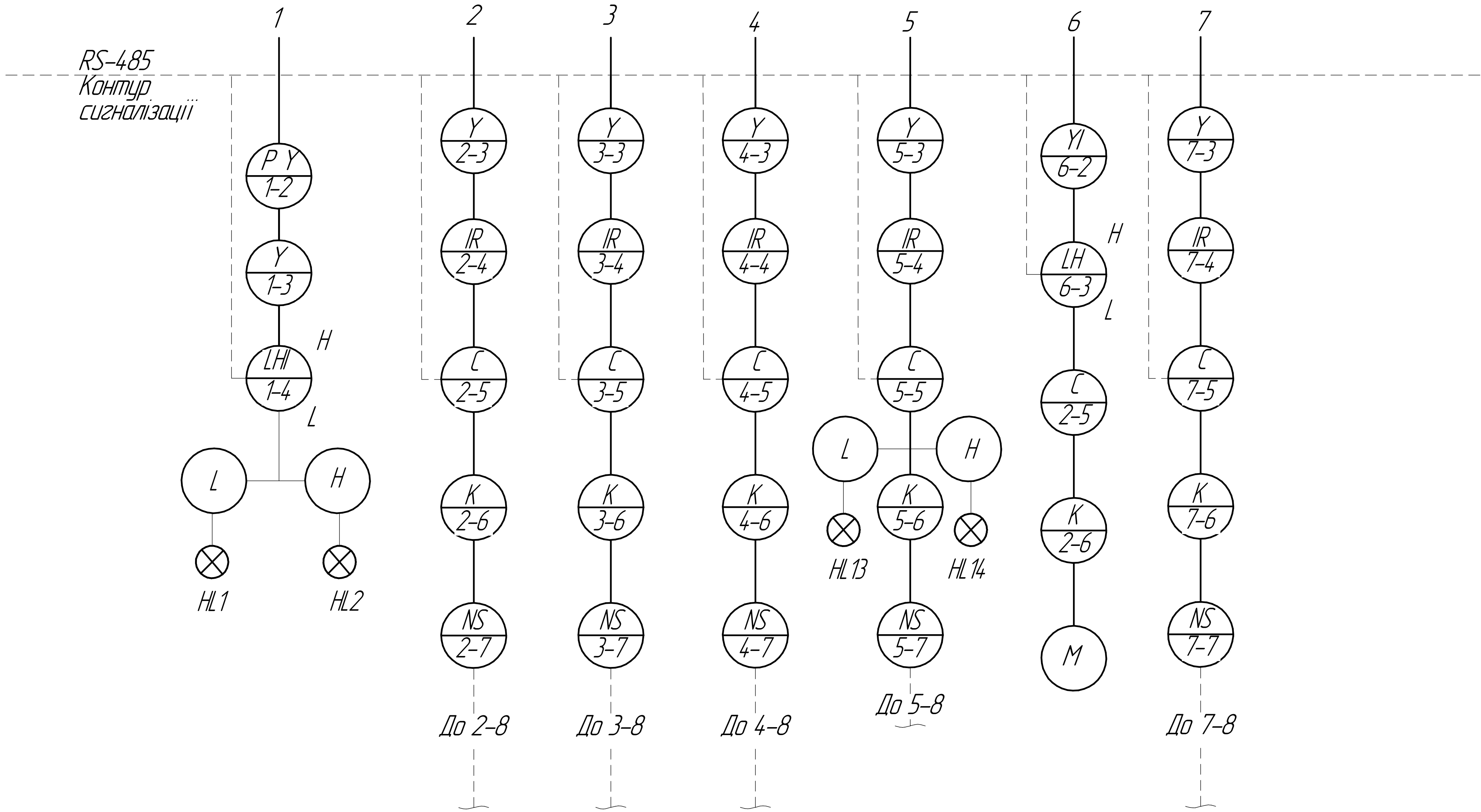
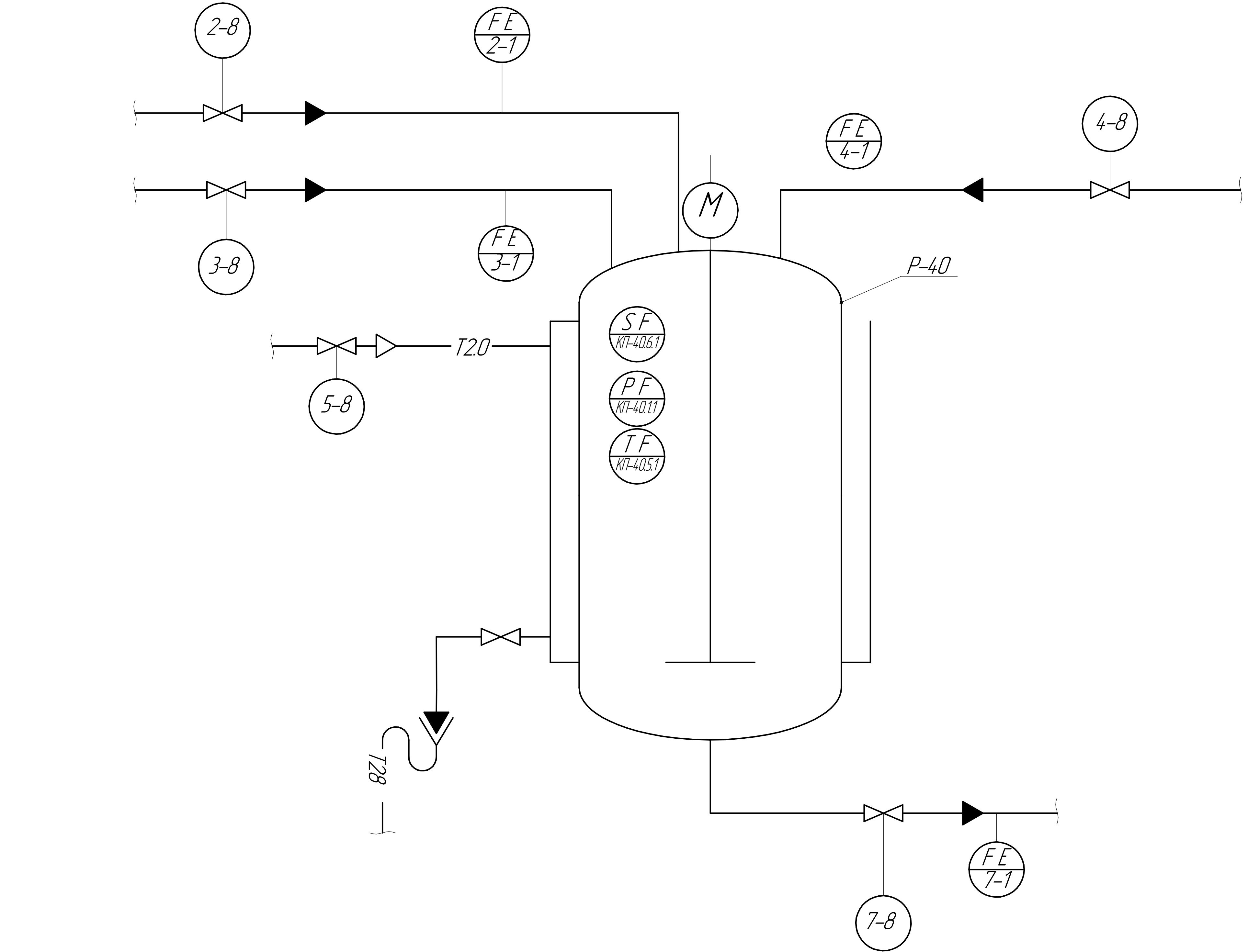


1. Апарат призначений для проведення реакції переетерифікації ліпідів	
2. Номінальний об'єм, м ³	63
3. Коефіцієнт заповнення	0,5-0,6
4. Площа поверхні теплообміну рубашки, м ²	82,8
5. Робочий тиск, МПа:	
в апараті	0,13
в сорочці	0,3
6. Температура середовища в апараті, °C	60
7. Тип перемішуючого пристрою	мішалка турбінна відкрита
кількість мішалок	1
частота обертання валу мішалки, с ⁻¹	0,83
потужність приводу, кВт	0,358
8. Габаритні розміри, мм	
довжина:	3820
ширина:	3820
висота:	12332
9. Маса, кг	6500

1. Середовище в апараті корозійне і вибухонебезпечне.
2. Апарат повинен відповідати "Правилам встановлення і безпечної експлуатації апаратів, що працюють під тиском".
3. Провести гідрравлічні випробування апарату на міцність пробним тиском 0,6 МПа.
4. Зварні шви контролювати рентгенопрощуванням або УЗД.
5. Призначення штуцерів – див. таблицю штуцерів.
6. Граничні відхилення на виліт штуцерів 5мм.

Поз.	Найменування	Кіл.	Найменування і марка матеріалу
1	Обчайка	1	12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
2	Сорочка	1	Сталь 10 ДСТУ 2651:2005
3	Вал мішалки	1	12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
4	Мішалка	1	12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
5	Привід мішалки	1	12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
6	Днище еліптичне	1	12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
7	Кришка	1	12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
8	Опора	1	12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
9	Люк	1	2Х18Н10Т ГОСТ 5632-72

Лист 4	Листів 5
КПІ ім. Ізгоря Сікорського	
ФБТ	



Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку
1. Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	т	$B=10000$
2. Середньорічна чисельність персоналу за списком (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Осід	$Ч_{сп}=11$
3. У тому числі – основних – допоміжних – інженерно-технічного персоналу	Осід	11
4. Середньорічний виробіток робітника	т/осоду	$ПП_{с.р.}=B/Ч_{сп}=10000/11=909$
5. Капіталовкладення у проект: – всього Грн. $K=O\Phi+O\delta K$ – на одиницю продукції	грн. грн/т	$K=O\Phi+O\delta K=64\,069\,400+364\,540\,000=428\,609\,400$ $42\,860,94$
6. Повна собівартість (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту): – всього Грн. $C=A+O\delta K$ – на одиницю продукції	грн грн/т грн/л грн/л	$C=A+O\delta K=72\,908\,000+64\,069\,400=136\,977\,400$ $13\,697,74$ $15,93$
7. Відносний прибуток	грн/т	$\Pi=C-C=24-15,93=8,07$ $\Pi=C-C=20640-13\,697,74=6942,26$
8. Рентабельність	%	$P=(\Pi/C)\cdot100=8,07/15,93\cdot100=50,7\%$
9. Період повернення капіталовкладень	років	$T_{пов}=K/\Pi=428\,609\,400/(6942,26\cdot10000)=6,2$
10. Фондовіддача виробничих фондів	грн/грн	$\Phi B=(C\cdot ЧВ)/O\Phi=(20640\cdot10000)/64\,069\,400=3,22$
11. Фондоємкість	грн/грн	$\Phi E=1/3,36=0,31$
12. Продуктивність праці	грн/осоду	$ПП=10000/(11\cdot4\,62)=146,63$
13. Коефіцієнт економічної ефективності		$E=\Pi/K=6942,26\cdot10000/428\,609\,400=0,162$