

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

«На правах рукопису»
УДК 604.663.5

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
Голуб Наталія ГОЛУБ
«05» грудня 2024р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
на тему: «Технологія отримання біоетанолу»

Виконала:
студентка 2 курсу, групи ББ-31мп
Піскун Ольга Віталіївна

Науковий керівник:
Зав. кафедри біоенергетики,
біоінформатики та екобіотехнології,
д.т.н. Голуб Наталія Борисівна

Консультант з розділу: економічна частина
Доц. каф. економіки і підприємництва, к.е.н., доц.
Погребняк Анна Юріївна

Консультант з розділу: проектування
Проф. каф. біоенергетики, біоінформатики та
екобіотехнології, д.т.н., проф.
Саблій Лариса Андріївна

Рецензент:
доцент кафедри трансляційної медичної
біоінженерії, д.б.н., с.н.с.
Поединок Наталія Леонідівна

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

Київ – 2024 року

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
Завідувач кафедри
Наталія ГОЛУБ
«29» *серпня* 20 р.

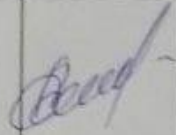
ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студентки
Піскуп Ользі Віталіївни

1. Тема дисертації «Технологія отримання біоетанолу», науковий керівник дисертації Завідувача кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, д.т.н. Голуб Наталія Борисівна, затверджені наказом по університету від «05» *18* 20*24*р. № *4944-С*
2. Термін подання студентом дисертації *16.12.2024*
3. Об'єкт дослідження: технологія виробництва біоетанолу
4. Вихідні дані: розробити підприємство з виробництва біоетанолу з міскантусу потужністю 365 т/рік.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити :
 - провести аналіз новітніх наукових та практичних досягнень в сфері отримання біоетанолу з лігноцелюлозної сировини;
 - обґрунтувати вибір біологічного агента;
 - запропонувати технологічне рішення отримання біоетанолу з міскантусу, навести та обґрунтувати технологічну та апаратурну схеми виробництва;
 - розрахувати та спроектувати ферментер для культивування *Cheffersomyces stipitis* з метою нарощування повісного матеріалу;
 - розробити стартап-проект виробництва біоетанолу з міскантусу;
 - охарактеризувати заходи безпеки на виробництві
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу

Технологічна схема – А1, Апаратурна схема – А1, Ферментер. Вид зверху.
Розріз – А1, Техніко-економічні показники підприємства – А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Піскун О.В. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ. XVIII Міжнародної науково-практичної конференції «Біотехнологія XXI століття»

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 5 Старт ап проект	Доц. каф. економіки і підприємництва, к.е.н., доц. Погребняк Анна Юріївна		
Розділ 4 Вибір та розрахунок апаратів та обладнання для проведення технологічного процесу	Проф. каф. біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, д.т.н., проф. Саблій Лариса Андріївна		

9. Дата видачі завдання 29.09.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд та аналіз наукової літератури та патентів	10.10.24	Вик
2	Підбір оптимальної сировини для отримання біоетанолу	16.10.24	Вик
3	Підбір оптимального продуценту	20.10.24	Вик
4	Розробка технологічного рішення отримання біоетанолу з міскантусу	10.11.24	Вик
5	Розробка технологічної та апаратурної схем	16.11.24	Вик
6	Виконання розрахунків та креслення ферментеру	19.11.24	Вик
7	Розробка стартап проекту	27.11.24	Вик
8	Оформлення пояснювальної записки	02.12.24	Вик

Студентка

Ольга ПІСКУН

Науковий керівник

Наталія ГОЛУБ

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт містить: ст. 136, рис. 11, табл. 26, посилань 43

Мета проєкту - розробка технології виробництва біоетанолу з міскантусу.

Новизна проєкту полягає у використанні дріжджів *Cheffersomyces stipitis*, здатних до зброджування як глюкози, так і ксилози, що дозволяє більш ефективно застосовувати лігніновмісну сировину та використанні зневоднення на молекулярних ситах, що дозволяє отримувати продукт із вмістом спирту до 100%.

Як виробничий продуцент було обрано високопродуктивний штам *Cheffersomyces stipitis* UCM Y-2810 здатний до одночасного зброджування глюкози та ксилози. Процес вирощування відбувається на модифікованому рідкому поживному середовищі YPD при постійній температурі 30 ± 1 °C, протягом 48 годин при перемішуванні 200 об/хв та аерації.

Отримання спирту з міскантусу, який попередньо подрібнюють та обробляють ферментами, відбувається в ферментерах протягом 72 годин, при температурі 33 ± 1 °C та pH 4,0-4,2, при перемішуванні 200 об/хв. Виділення цільового продукту поводять шляхом розділення твердої та рідкої фази на фільтр пресах та подальшої ректифікації, дегідратації та очистки рідкої фази на молекулярних ситах. У результаті отримують продукт зі вмістом етанолу 99.8-100%. Побічним продуктом виробництва є добрива, які отримуються після осушення твердої фази відділеної на фільтр-пресах. Відповідно до характеристик виробничого процесу біоетанолу з міскантусу розроблено технологічну та апаратурну схеми виробництва. Спроектовано та розраховано конструкцію апарату для ділянки нарощування посівного матеріалу - ферментер об'ємом 1 м³ з турбінною мішалкою та барботером.

Здійснено стартап-проєкт виробництва біоетанолу об'ємом 1000 л. Встановлено рентабельність виробництва на рівні 35,8%, а термін окупності - 3.8 роки.

БІОЕТАНОЛ, МІСКАНТУС, КСИЛОЗА, *CHEFFERSOMYCES STIPITIS*,
МОЛЕКУЛЯРНІ СИТА.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розроб.	Прізвище І.П.						
Конс.	Піскуп О. В.						
Керівн.	Голуб Н.Б.						
					КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ		
					Стадія	Арк.	Архув
					Д	1	136

ABSTRACT

The diploma project contains: p. 136, art. 11, table. 26, references 43.

The purpose of the project is to develop a technology for the production of bioethanol from miscanthus.

The novelty of the project is the use of yeast *Cheffersomyces stipitis*, capable of fermenting both glucose and xylose, which allows for more effective use of lignin-containing raw materials and the use of dehydration on molecular sieves, which allows for the production of a product with an alcohol content of up to 100%.

As a production producer, a high-performance strain *Cheffersomyces stipitis* UCM Y-2810 was chosen, capable of simultaneous fermentation of glucose and xylose. The cultivation process takes place on a modified liquid nutrient medium YPD at a constant temperature of 30 ± 1 °C, for 48 hours with stirring at 200 rpm and aeration.

Obtaining alcohol from miscanthus, which is preliminarily crushed and treated with enzymes, takes place in fermenters for 72 hours, at a temperature of 33 ± 1 °C and pH 4.0-4.2, with stirring at 200 rpm. Isolation of the target product is carried out by separating the solid and liquid phases on filter presses and subsequent rectification, dehydration and purification of the liquid phase on molecular sieves. The result is a product with an ethanol content of 99.8-100%. A by-product of production is fertilizers, which are obtained after drying the solid phase separated on filter presses. In accordance with the characteristics of the production process of bioethanol from miscanthus, a technological and instrumental production scheme has been developed. The design of the apparatus for the seeding section - a fermenter with a volume of 1 m³ with a turbine mixer and a bubbler - has been designed and calculated.

A startup project for the production of bioethanol with a volume of 1000 liters was implemented. The profitability of production was established at 35.8%, and the payback period was 3.8 years.

BIOETHANOL, MISCANTHUS, XYLOSE, CHEFFERSOMYCES STIPITIS, MOLECULAR SIEVES.

					МД ББ-31мн.00 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT	Стадія		Арк.	Аркушів
Розроб.		Піскуп О. В.				Д		2	136
Керівн.		Голуб Н.Б.			КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ				

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ.....	6
1.1 Аналіз світового ринку щодо майбутнього біопаливних технологій у світі.....	6
1.2 Стан розвитку та перспективи, біоетанолу в Україні.....	8
1.3 Обґрунтування технології виробництва	14
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ, СИРОВИНИ ТА ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ.....	23
2.1 Характеристика біологічного агенту.....	23
2.2 Характеристика цільового продукту.....	25
2.3 Біохімічні основи технологічного процесу.....	29
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	36
3.1 Опис стадій технологічного процесу.....	36
3.2 Матеріальний баланс.....	43
РОЗДІЛ 4 ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК АПАРАТІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	47
4.1 Обґрунтування обраної конструкції. Підбір конструкційних матеріалів для окремих елементів апарату.....	47
4.2.Розрахунки обладнання.....	50
4.3 Вимоги до охорони праці та навколишнього середовища.....	59
РОЗДІЛ 5 СТАРТАП ПРОЄКТ.....	63
ВИСНОВКИ.....	132
Перелік використаних джерел.....	133

					<i>МД ББ-31мп.00 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Пісчун О.В.</i>			<i>ЗМІСТ</i>		
<i>Керівн.</i>		<i>Голуб Н.Б.</i>					
						<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>
						<i>Д</i>	<i>З</i>
						<i>Аркушів</i>	
						<i>136</i>	
						<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського</i>	
						<i>ФБТ</i>	

ВСТУП

У зв'язку з невинним технологічним прогресом та покращенням загального рівня життя населення за останні півтора століття світове споживання енергетичних ресурсів у розрахунку на одну людину збільшилося у 24,5 разів. Це зумовлює надшвидке скорочення обсягів накопичених за мільйони років традиційних енергоресурсів, таких як нафта, природний газ та вугілля. Зокрема, за нинішніх темпів споживання цих запасів вистачить лише на 45, 60 та 120 років відповідно, а темпи споживання зростають щорічно.

Таким чином це, а також, стрімке погіршення умов навколишнього середовища сприяли активним дослідженням та розробкам в сфері пошуку альтернативних джерел енергії. До таких, зокрема, належить біопаливо та біогаз.

Технології переробки біомаси для вироблення біопалива дозволяють вирішувати проблему не тільки створення альтернативних джерел енергії, а й утилізації промислових відходів різного роду біотехнологічних виробництв та сільського господарства. Таким чином розробки в сфері біопаливо загалом набувають все більшої і більшої популярності як серед дослідників, так і на ринку.

Для України розробки в даній сфері є особливо актуальними. У першу чергу, завдяки вимогам, які висуває Євросоюз до країн-кандидаток на вступ, щодо використання відновлюваних джерел енергії. А також, задля зменшення енергозалежності від експорту нафти та газу. Не можна ігнорувати і той факт, що завдяки значному розвитку аграрного сектору, Україна має ресурси для економічно та екологічно ефективного впровадження використання біопаливних технологій.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Піскуп О.В.				Д	4	136
Керівн.		Голуб Н.Б.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ	

Зокрема виробництво біоетанолу є високоперспективним для українського ринку за рахунок широкого спектру сфер застосування, а також, сприятливих умов для промислового виробництва на території України.

Метою проєкту є розробка технології виробництва біоетанолу з міскантусу.

Новизна проєкту полягає у використанні дріжджів *Cheffersomyces stipitis*, здатних до збродження як глюкози, так і ксилози, що дозволяє більш ефективно застосовувати лігновмісну сировину, а також, технологія очищення на молекулярних ситах, що дозволяє отримувати продукт із вмістом спирту 100%.

Для здійснення поставленої мети було поставлено наступні завдання:

- проаналізувати новітні наукові та практичні досягнення в сфері отримання біоетанолу з лігноцелюлозної сировини;
- обґрунтувати вибір біологічного агента;
- запропонувати технологічне рішення отримання біоетанолу з міскантусу, навести та обґрунтувати технологічну та апаратурну схеми виробництва;
- розрахувати та спроектувати ферментер для культивування *Cheffersomyces stipitis* з метою нарощування повісного матеріалу.
- розробити стартап-проєкт виробництва біоетанолу з міскантусу
- охарактеризувати заходи безпеки на виробництві.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Аналіз світового ринку щодо майбутнього біопаливних технологій у світі

Біоенергія є основним джерелом відновлюваної енергії в усьому світі, і очікується, що вона й надалі відіграватиме значну роль у майбутній енергетичній системі. За прогнозами від 2016 року попит на відновлювані джерела енергії має зростати щорічно з 9% до 16% для задоволення глобальних енергетичних потреб [1].

Незважаючи на те що, саме розвинені країни активно впроваджують біоенергетичні технології і сприяють розвитку цієї галузі, вони перш за все необхідні та вигідні слаборозвиненим та країнам, що розвиваються. Через обмеженість технологій, дороговизну електроенергії та низьку вартість сировини для аграрних країн, що розвиваються біопаливні технології є дуже перспективною альтернативою заміни викопного палива.

Більшість попиту на біопаливо припадає на країни, що розвиваються, зокрема Бразилію, Індонезію та Індію. Цьому звісно сприяє зростаючий попит на транспортне паливо та багатий потенціал сировини. У цих регіонах спостерігається найбільше зростання рівня використання біоетанолу та біодизеля. Зокрема, тому що ці країни мають надійну політику щодо розвитку біопаливних технологій [2].

Хоча країни з розвинутою економікою, включаючи країни Європейського Союзу, Сполучені Штати, Канаду та Японію, також посилюють свою транспортну політику, зростання обсягів стримується такими факторами, як: зростання впровадження електромобілів, підвищення ефективності.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Пісчун О.В.					
Керівн.		Голуб Н.Б.					
НАЗВА СТРУКТУРНОЇ ЧАСТИНИ					Стадія	Арк.	Аркушів
					Д	6	136
					КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ		

громадського транспорту, висока вартість біопалива та технічні обмеження. Відновлювані джерела дизельного та біопалива є основними сегментами зростання в цих регіонах[2].

З початку цього століття у світі значним чином зросли об'єми виробництва біопалива. Так наприклад, у 2000 році було вироблено 9,2 млн тонн, а вже у 2017-му понад 84 млн тонн. Завдяки зниженню витрат і впровадженню більш екологічного законодавства 29% світової електроенергії припадає на відновлювальні джерела енергії станом на 2020 році. Також, варто відмітити що рівень споживання відновлюваних паливних ресурсів виріс на 3% у 2020 році, у той час як попит на всі інші види палива впав [4].

Прогнозується також не аби яке зростання попиту на біопаливо до середини 21-го століття. Зокрема, вважається, що у 2023-2028 роках попит на біопаливо зросте на 38 мільярдів літрів, що майже на 30% більше, ніж за останні п'ять років. Загальний же попит на біопаливо зросте на 23% до 200 мільярдів літрів до 2028 року [2].

Як біопаливо, так і відновлювальна електроенергія сприяють встановленим внутрішнім транспортним політикам, таким як стандарти низьковуглецевого палива в Сполучених Штатах і RED в Європейському Союзі. Загалом, як відомо біопаливо є найбільш затребуваною альтернативною нафти та газу. І хоча електромобілі в даний момент часу претендують на більшу частку скорочення в паливному сегменті, ніж раніше. Тим не менш, біопаливо продовжує залишатися домінуючим варіантом зниження попиту на нафту в сегментах дизельного та авіаційного палива. Для більшості країн світу біопаливо залишається основним варіантом декарбонізації. На нього, за прогнозами, припадає майже 90% попиту на біоенергетичні ресурси до 2028 року [2].

У даному сегменті лідирують розвинені країни. Зокрема Сполучені Штати, країни Євросоюзу та Японія знаходяться в авангарді цього зростання завдяки

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

потужній політичній підтримці. Наразі лідерами з виробництва біопалива у світі є США, Бразилія та Німеччина з об'ємами виробництва 36,9 млн тонн, 18,5 млн тонн та 3,3 млн тонн на рік відповідно [3].

Варто зазначити, що хоч Євросоюз і є основним лобіювальником біоенергетики у світі, 70% енергії самого ЄС все ще отримується з викопного палива. Європейські країни значною мірою залежать від імпорту викопного палива з ненадійних країн, які готові використовувати своє привілейоване становище на міжнародних ринках як стратегічну зброю. Паливні дебати є гострою темою в європейській політиці протягом років та значно посилились з 2022-го року. Впровадження біопаливних технологій є зручним практичним рішенням, як з політичної так і з екологічної точки зору.

З метою досягнення енергетичної безпеки, скорочення викидів парникових газів і підтримки сільського господарства, урядами багатьох країн вводяться квоти, субсидії та гранти на впровадження та удосконалення біопаливних технологій. Зокрема, першу директиву Європейського Союзу щодо біопалива, спрямовану на заохочення використання відновлюваних джерел енергії та біопалива для транспорту, було запропоновано в 2003 році. Сьогодні ЄС є одним із провідних світових виробників біодизеля з 31% загального світового виробництва біодизелю, який становив 14,6 мільярдів літрів. у 2019 році [4, 5].

У цьому ж звіті наголошується, що у 2022 році ЄС зіткнувся з наймасштабнішою енергетичною кризою з моменту свого заснування. У відповідь на труднощі та порушення глобального енергетичного ринку, спричинені вторгненням росії в Україну, Європейська комісія запровадила план REPowerEU. Основною метою якого було прискорити трансформацію енергетичної системи Європи, за рахунок припинення залежності від російського викопного палива, яке використовує як економічна і політична зброя

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

і коштувало європейським платникам податків майже 100 мільярдів євро на рік, а також подолання кліматичної кризи.

ЄС використала цю енергетичну кризу для прискорення переходу до чистої енергії, метою якого є зробити Європу першим кліматично нейтральним континентом до 2050 року [4].

Біопаливо, вироблене з сільськогосподарських, лісових та органічних відходів, продовжує залишатися основним джерелом відновлюваної енергії в ЄС, на яку припадає близько 59% споживання відновлюваної енергії в 2021 році, згідно зі звітом Комісії про стійкість біоенергетики ЄС [4].

Місцеве виробництво біопалива в ЄС у 2021 році зросло до 14,9 млн тонн нафтового еквіваленту, що на 1,7% більше, ніж у 2020 р. Німеччина залишається найбільшим виробником, за нею йде Італія і Франція. А кінцеве споживання біопалива зросло на 39% у 2021 році порівняно з 2013 роком. Понад 80% споживання біопалива припадає на біодизель, другим найбільш споживаним типом палива став біоетанол, з часткою понад 18%, а біометан та інші види рідкого біопалива становлять менше 1% [4].

Зокрема, у 2021 році компанії, які є членами Європейської асоціації відновлюваного палива, виробили сумісно 4,4 млн тонн біоетанолу та 4,48 млн тонн високобілкових кормів для тварин. З них майже 85% призначено для використання в якості моторного палива.

1.2 Стан розвитку та перспективи, біоетанолу в Україні

Україна задекларувала вектор розвитку відновлюваної енергетики в Енергетичній стратегії України до 2035 року та Національному плані дій щодо розвитку відновлюваної енергетики до 2030 року. Згідно з цими стратегіями очікується, що частка зеленої енергії в загальному споживанні енергії в країні зросте до 12% і 25% у 2025 і 2035 роках відповідно. До 2030 року планується

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшити частку зеленої електроенергії до 27% в електроенергетиці, 35% у сфері опалення та охолодження та 14% у транспорті [6].

Станом на кінець 2020 року частка зеленої електроенергії в загальному балансі електроенергії становила 8,3%, частка теплової енергії з відновлюваних джерел енергії в загальному балансі теплової енергії – 8,6%, а частка зеленої енергії в загальний енергетичний баланс країни склав 6,9%.

Проте варто зазначити, що ці показники досягнуто за рахунок більш застарілих та неефективних технологій. Зокрема, станом на кінець 2020 року 90% зеленої електроенергії було вироблено сонячними та вітровими електростанціями, показник у теплоенергетиці досягнуто переважно за рахунок традиційної біомаси, внесок сучасної біомаси і рідкого біопалива до загального енергетичного балансу залишається вкрай низьким.

Недостатнє використання потенціалу біоенергетичних ресурсів, який, за даними Біоенергетичної асоціації України, становить 23 млн тонн нафтового еквіваленту/рік і щорічно призводить до втрати значних економічних, екологічних та соціальних переваг [6].

Крім того, сонячна та вітрова енергогенерації, які домінують в секторі відновлюваної енергетики України є нестабільними та важкопрогнозованою. Це в призводить до значних технічних проблем із балансуванням Об'єднаної енергетичної системи України. Більш того, за даними Укренерго за 2021 рік відсутність маневрених потужностей для зберігання енергії призводить до необхідності часткового обмеження сонячної та вітрової генерації забезпечити експлуатаційну безпеку енергетичної системи. Також, географічне розташування вітрових та сонячних електростанцій відповідно до сприятливих кліматичних умов поставило їх у вразливе становище, оскільки Україна втратила 36% усіх встановлених сонячних і вітрових потужностей в Україні станом на 2014 рік через анексію Криму, де були найкращі кліматичні умови для їх

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвитку. В результаті повномасштабного вторгнення Росії в 2022 році Україна втратила 90% вітрових і 30% сонячних електростанцій, розташованих у південно-східних областях країни, які мають найкращі умови для їх встановлення на континентальній частині України [7].

Отже, можна стверджувати, що на сьогодні встановлена потужність сонячних та вітрових електростанцій досягла певного ефекту плато та є певною мірою малоефективною сферою розвитку. Таким чином, варто звернути увагу на інші альтернативні енергетичні джерела, зокрема біопаливо та біогаз. Окрім потенційної можливості забезпечення стабільності внутрішнього енергетичного ринку, розвиток біопаливних технологій також дозволить розширити експорт, зокрема в країни Євросоюзу.

Наприклад, Україна має значні передумови для масштабного виробництва біопалива, особливо другого покоління. Друге покоління біопалива характеризується переробкою біомаси за технологією BTL (Biomass to liquid). До нього відноситься біоетанол, отриманий з нехарчової целюлозної біомаси та біодизель, отриманий із багатих на олію насіння рослин. Розробка даного покоління біопалива, у першу чергу, слугувала для вирішення проблеми надмірного виснаження ґрунтів та неефективного землекористування, з якими пов'язане виробництво першого покоління біопалива [7].

Та все ж, попри наявні ресурси та потенціал, наша держава поки дуже далека від лідерських позицій на ринку. Не в останню чергу, через неефективність менеджменту. Наприклад, Україна має значний невикористаний потенціал відходів біомаси для енергозбереження. Він міг би покрити до 18% загального споживання первинної енергії в Україні замість нинішніх 2%. Правильна політика допоможе реалізувати наявний потенціал і збільшить енергетичну незалежність держави [8].

					МД ББ-31м.00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також, наразі, в Україні для виробництва біопалива створюються окремі заводи, хоча набагато ефективнішим було б впровадження цехів з переробки меляси та жому на цукропереробних заводах. Проте, згідно з опитуванням власників малих та середніх сільськогосподарських підприємств показало, що аграрний сектор України продемонстрував повільні темпи виробництва біопалива, незважаючи на задовільний (близько 70%) рівень обізнаності керівників про можливості виробництва біопалива з відходів. Розвиток галузі потребує додаткової державної підтримки у вигляді пільгових кредитів на будівництво біопаливних установок, проведення інформаційних кампаній та вдосконалення інших регуляторних інструментів тощо.

У майбутньому в Україні очікується трансформація цукрових підприємств за європейськими зразками для створення комплексів глибокої переробки вихідної сировини, що дасть можливість здійснювати багатoproфільне виробництво цукру, біоетанолу, біогазу, бетаїну тощо [9].

Також, здійснюються кроки для впровадження використання біоетанолу згідно з нормами Євросоюзу. Директиви ЄС встановлюють норму біоетанолу в автомобільному паливі на рівні 10%, оскільки викиди шкідливих аерозольних часток при цьому зменшуються на 50%, а оксиду вуглецю – на 30%.

Переваги додавання біоетанолу до традиційного палива очевидні з екологічної точки зору, але, також, це дуже вигідно економічно. Наприклад використання біоетанолу власного виробництва, всього лише у якості добавки для палива класу Е5 дозволяє Україні щорічно економити не менше 100 тис. тонн високооктанового бензину. Це безумовно цінить значний позитивний вплив на формування цін на паливному ринку. Проте інтеграція Е20 і Е85 дозволить значно підвищити цей ефект. Паливо даних категорій активно використовується багатьма країнами євросоюзу, і має багато позитивних відгуків. До недоліків

					МД ББ-31м.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

звісно варто віднести необхідність адаптації двигунів та комунікаційних систем транспортних засобів до використання біоетанолу[9].

Відповідно до Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2030, запровадженого в 2012-тому році, масштабне виробництво біоетанолу другого покоління в Україні мало розпочатися у 2023 році, біодизелю другого покоління - у 2024 році. А до 2030 року Україна могла досягти рівня 13,8% енергії з відновлюваних джерел в транспортному секторі. На жаль, ці плани були порушені більш ніж однією енергетичною кризою за останні 10 років [9].

Існують переважно економічні та інституційні перешкоди у розвитку галузі, зокрема проблеми фінансування таких проектів, недостатнє економічне стимулювання розвитку малих біоенергетичних потужностей тощо. Тому важливо проводити подальші комплексні дослідження біоенергетичного сектору України, в тому числі досліджуючи вплив на неї. Це дозволить визначити останні тенденції розвитку галузі та запропонувати адекватні зміни державної політики щодо відродження розвитку біоенергетики [9, 10].

Виробництво та споживання моторного біопалива є найменш розвиненим сектором біоенергетики в Україні. Звісно, дороговизна біопалив порівняно з викопними аналогами робить ці технології не вигідними для виробників. Саме тому політична та економічна підтримка з боку держави є ключовим фактором для розвитку галузі. Для підтримки біоенергетики та переходу до енергетичної системи з низьким вмістом вуглецю потрібні відповідні рішучі політичні заходи. Окрім загальних квот та субсидій, запровадження індивідуальної підтримки виробників є потенційно ефективним кроком для їх становлення та розвитку. Подібну підтримку адаптувати відповідно до технології, сировини та об'ємів виробництва, беручи до уваги конкретні обставини, щоб забезпечити збалансований розвиток ринку, відповідний енергетичний баланс і забезпечити впровадження технологій, які знаходяться на різних рівнях розвитку.

					МД ББ-31м.00 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наприклад ухвалений законопроект, який передбачає обов'язкову норму добавки біоетанолу першого та другого покоління та біодизель другого покоління в усе паливо, що продається в країні. Проектом закону передбачається, що з 1 січня 2019 року сумарна місткість біокомпонентів для бензину повинна становити вагових 5%, а з 1 липня 2020 року – не менше 7%. За відмову додавати біокомпоненти в автомобільне паливо передбачені штрафи [10].

Таким чином, в Україні буде створено гарантований ринок збуту для більше ніж 300 тис. т біоетанолу при 5% добавці в бензин. При збільшенні вмісту біоетанолу до 7% попит очікується на рівні 450 тис. т разом з альтернативним паливом.

На сьогодні в Україні є близько 13 виробників біоетанолу. Шість із них працюють досить успішно - Зарубінський, Гайсинський спиртзаводи, приватні заводи Екоенергія та Фазор, а також Узинський і Гнідавський цукрові заводи. За 2018 рік вони виробили 80 тис. т біоетанолу [11].

Забезпечення стійкості біомаси є ключовим питанням у контексті розвитку біоенергетики. Виробництво біоенергії надає значні можливості для отримання низки соціальних, екологічних та економічних переваг, забезпечення виконання кліматичних та енергетичних цілей. Окрім цього, розвиток біопаливної галузі надає можливості для сільськогосподарських ринків і має потенціал для сприяння сталому розвитку сільських громад. Проте важливо враховувати індивідуальний контекст, синергію біоенергетики з виробництвом продуктів харчування, водою, екосистемами, здоров'ям і добробутом [12].

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Обґрунтування технології виробництва

Біоетанол отримують шляхом біохімічних перетворень біомаси під дією мікроорганізмів. Найбільш розповсюдженим методом виробництва біоетанолу є метод гідролізу полісахаридів до простих цукрів: мальтози – з крохмалю зернових і картоплі, сахарози – з меляси і буряків, а також целюлози з деревини. У меншому масштабі застосовують процеси гідролізу целюлози з геміцелюлози, а також ензиматичний гідроліз целюлози з використанням лігніну як твердого палива для виробництва тепла під час процесу.

Одним із найперспективніших напрямів розвитку біоенергетики України є використання потенціалу сільськогосподарської біомаси. Її умовно можна розділити на три групи: первинна рослинна маса, яка є побічним продуктом рослинництва; вторинна, отримана при переробці основної сільськогосподарської продукції та тваринні рештки. До першої групи належать солома, стебла соняшнику, кукурудзи тощо, до другої - жом, макуха, меляса тощо.

Земельний фонд України налічує 41,4 млн га сільськогосподарських угідь, з них 32,7 млн га складає рілля. Це означає, що найбільш значний потенціал сільськогосподарських відходів, які можна використовувати в енергетичних цілях, зосереджено в рослинництві. Він становить близько 9,4 млн тонн нафтового еквіваленту на рік [10].

Також, в Україні близько 4 млн га землі непридатні для вирощування сільськогосподарських культур. Ці землі можуть бути використані для вирощування енергетичної рослинності. До найпоширеніших видів енергетичних культур належать швидкорослі дерева , такі як тополя та кушова верба; багаторічні трави, як міскантус; однорічні трави, зокрема сорго та тритикале [10, 13].

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Завдяки значним земельним ресурсам та сприятливим кліматичним умовам для вирощування сировинної бази Україна має значний потенціал для розвитку ринку рідкого біопалива. Технічно досяжний енергетичний потенціал рідкого біопалива в Україні становить 1 трильйон тонн нафтового еквіваленту на рік.

Основою для отримання біоетанолу може виступати дуже широкий спектр сировин. В Україні доцільними для використання в якості сировинного ресурсу можуть бути тваринні та рослинні відходи сільського господарства, а також, спеціальні енергетичні культури. До таких, зокрема належить міскантус. Це багаторічні трави, які окрім високого рівня врожайності, що становить до 25 т/га та високої теплотворної здатності 5 кВт/год/кг, а також, низької природної вологості стебел на час збирання, а саме до 25%, також позитивно впливає на біоремедіацію ґрунтів. Це може бути використано як для відновлення ґрунтів виснажених після посівних, так і для повернення родючості полям, що постраждали внаслідок розмінувань [14, 15].

Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 400 кг сирової нафти, 1,7 т деревини, 515 м³ природного газу, або 620 кг кам'яного вугілля. Наявний досвід вирощування міскантусу в Україні свідчить, що із плантації міскантусу через два роки після закладання, можна збирати від 20 до 25 тон сухої маси з одного гектару землі впродовж наступних 20 років щорічно.

Щодо біоремедіації ґрунтів, то за оцінками експертів в Україні нараховується від 3 до 8 млн. га земель, виведених із сівозмін через їх низьку родючість, схильність до ерозії тощо. Вирощування міскантусу на даних землях збереже гумусний шар від ерозії і підвищить рівень родючості ґрунту.

Як вже було зазначено міскантус є високоенергетично кінтурою. Його високий вміст цукрів дозволяє ефективно застосовувати його, як субстрат для зброджування мікроорганізмів. Зокрем дана культура містить 44% целюлози,

					МД ББ-31м.00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17% лігніну та 24% геміцелюлози. Звісно лігнін та геміцелюлоза є небажаними компонентами в типовому виробничому процесі отримання біоетанолу, проте завдяки використанню *Cheffersomyces stipitis* в якості продуцента, самі ці компоненти є необхідними. Таким чином, якщо взяти до уваги, що з 1 кг лігніну можна отримати до 300 г етанолу, а з 1 кг геміцелюлози до 400 г етанолу, можна стверджувати, що з одного кілограму міскантусу можна отримати до 240 г біоетанолу. Також штам обраний для виробничого культивування має високий рівень резистентності до етанолу, тому його постійна концентрація в культуральній рідині складає 19%. Таким чином при коефіцієнті завантаження ферментеру 0,7 для виробництва тисячі літрів біоетанолу на день його необхідний об'єм складатиме 10 м³. Оскільки процес культивування триває три дні доцільно встановити три ферментери для забезпечення безперервного процесу [15,16].

Найбільш енергетично вигідними для отримання біоетанолу є сорти міскантусу китайського та гігантського, а меншу – цукроквіткового. У структурі надземної маси 54,4-68,3% припадає на долю стебел, 26,0-45,6 – листків та 5,6-5,8% – на долю суцвіття.

Хімічний склад сировини значною мірою впливає на ефективність виробництва біопалива та вироблення енергії. Отже безпосередній ферментації з метою отримання цільового продукту передують стадії обробки сировини для отримання кращого субстрату.

Ферментація лігноцелюлози здійснюється у кілька етапів: попередня обробка разом з делігніфікацією, гідроліз та метанове бродіння. Метою попередньої обробки є руйнування мікрофібрил целюлози, зменшення ступеня її кристалізації та полімеризації, вилучення геміцелюлози, руйнування комплексу целюлози з лігніном та модифікації структури лігніну, збільшення поверхні, доступної для дії гідролізуючих ферментів, а також для видалення

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

лігніну. Зазвичай попередня обробка включає миття, чищення стебел та їхнє подрібнення [17, 18].

Також, може застосовуватись хімічна та теплова обробка. До таких методів належать м'який кислотний гідроліз, обробка парою при температурі 180-220°C і швидке зниження тиску, екструзійна обробка. Під час екструзії відбувається швидке нагрівання до температури 120-180°C і тиск може досягати 20-30 МПа [19].

Отже результатом попередньої обробки є делігніфікація та частковий гідроліз геміцелюлоз та целюлози. Подальший гідроліз целюлози та геміцелюлоз до моносахаридів відбувається за участю кислот або ферментів. Кислотний гідроліз здійснюють розведеною сірчаною кислотою або ж концентрованими сірчаною чи соляною кислотами. Слабкий кислотний гідроліз є доволі стандартним методом, проте він має декілька недоліків. Зокрема, сприяє утворенню токсичних побічних продуктів, таких як фурфурол і метилфурфурол, оцтова та мурашина кислоти, феноли. Ці сполуки спричиняють гальмування росту та швидкості ферментації мікроорганізмів. Гідроліз концентрованими кислотами залишає менше побічних токсичних продуктів. Проте цей метод є більш дорогим та неекологічним [16].

Отже саме ферментативний гідроліз є ефективним методом обробки лігноцелюлози. Процес відбувається за участю целюлаз та геміцелюлаз, отриманих від мікроорганізмів. Проте цей метод теж має свої недоліки, такі як порівняно висока вартість та гальмування синтезу кінцевого продукту. Проте, і перший і другий певною мірою нівелюються за рахунок одночасного гідролізу та ферментації з метою біосинтезу.

Проводиться даний процес в реакторі із стійкої до корозії сталі.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Від температурного режиму залежить швидкість та деякі технічні параметри перебігу процесу бродіння. Зазвичай процес обирається відповідно до оптимуму температур дріжджів. За оптимальною температурою росту вони поділяються на психрофільні штами, що активно ростуть та розмножуються при температурі нижче 25°C; мезофільні штами, до яких належить переважна більшість мікроорганізмів, вони віддають перевагу середнім температурам, а саме 25-45°C; та термофільні штами, для яких температурних оптимум перевищує 45°C.

Загалом, основні етапи виробництва біоетанолу із зернових культур включають в себе: очищення, подрібнення сировини, виготовлення замісу, розрідження суслу, дріжджогенерацію та спиртове бродіння, дистиляція-ректифікація, дегідратація-денатурацію, декантацію, концентрація, сепарацію та сушіння оливи, сушіння бражки, очистка та зрідження CO₂ [18].

Процес оцукрювання та зброджування крохмалю у спирт відбувається одночасно, що дає можливість зменшити витрату комерційних ферментних препаратів на 90% і, відповідно, знизити собівартість біоетанолу. Оцукрювання зумовлює виділення глюкози, яка знаходиться в крохмалі. Процес спиртової ферментації полягає у перетворенні простих цукрів, таких як глюкоза та фруктоза, під впливом ферментів в етанол і CO₂.

Далі двома найважливішими етапами є виробництво спирту-сирцю та зневоднення етанолу. Ферментація - це біохімічний процес, що зазвичай здійснюється дріжджами, в результаті якого одна молекула глюкози перетворюється в дві молекули етанолу і дві молекули вуглекислого газу. Переважно триває близько 48-72 год. Процес зброджування суслу безперервний або періодичний з частковим вакуумуванням, що забезпечує підвищення умовної міцності бражки до 18-20% об., зниження об'єму післяспиртової барди

					МД ББ-31м.00 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на 40% та сприяє збільшенню концентрації сухих речовин у післяспиртовій барді [18, 20].

Для спиртового бродіння використовуються аскоміцети. Їх розрізняють на дріжджі низового і верхового бродіння. Перші формують «шапку» на поверхні сусла та віддають перевагу більш високим температурам 14-25°C, тому верхове бродіння також називається теплим. Вони також оптимально функціонують при вищих концентраціях етанолу, саме тому вони і застосовуються при виробництві біоетанолу. Дріжджі низового, так званого холодного, бродіння мають оптимум розвитку при 6-10°C і осідають на дно ферментатора.

Оптимум рН для розвитку дріжджів становить 4,5-5. Однак для придушення розвитку сторонніх кислотоутворюючих бактерій при культивуванні поживне середовище додатково закислюють, за допомогою сірчаної або молочної кислот до рівня 3,85-4,2 рН.

На більшості заводів процес бродіння проводиться періодично в бродильних апаратах з листової сталі місткістю від 35 до 200 м³ залежно від продуктивності заводу.

Бродильні апарати являють собою ферментери з мішалкою, системами підігріву та охолодження сусла, трубопроводами для подачі сусла, дріжджів та миючого розчину, а також видалення вуглекислого газу та браги.

Для підтримки сталої температури рівно по всьому об'єму культуральної рідини застосовують теплообмінники у вигляді змійовиків, секцій радіаторів або паралельно зварених труб, де теплоносієм служить гаряча вода температурою біля 60°C. Їх розташовують в зоні дії перемішуючого пристрою, що допомагає уникнути осадженню твердих частинок на його зовнішній поверхні.

На другому етапі здійснюється перегонка бражки, концентрування і зневоднення біоетанолу. Вміст етанолу в бражці порівняно низький. В

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

залежності від впливу різних факторів може сягати від 8 до 13%. Отже, окрім етанолу, в бражці наявна значна кількість побічних продуктів бродіння, таких як гліцерин та складні ефіри, а також проміжні продукти спиртового бродіння, зокрема альдегіди. Основна технологія для відділення спирту від бражки - дистиляція або ж перегонка. Суть процесу полягає у випарюванні та охолодженні етанолу з бражки, разом із леткими речовинами. Результатом цієї операції є отримання спирту-сирцю. Усушена бражка, що залишилась після відгонки етанолу називається бардою. Загалом на перегонку та ректифікацію спирту подається зріла бражка, з вмістом води від 82 до 90%, сухих речовин до 10 % від маси та концентрацією етилового спирту з леткими домішками, що не перевищує 6-10% або ж 9-14 обертів. У бражці міститься також 1,0-1,5 г/дм³ діоксиду вуглецю, а рН становить 4,5-5,2 [21].

Для здійснення цього процесу використовують ректифікаційні колони з концентраційною частиною і відповідним теплообмінним та допоміжним устаткуванням. Основу брагоперегінних апаратів становлять, які являють собою вертикальні циліндри з контактними пристроями всередині. Основним елементом цих колон є тарілки, на яких здійснюється тісний контакт між парою і рідиною. У промисловості застосовуються одноколонні та двоколонні брагоперегінні апарати.

Оскільки отриманий на етапі дистиляції, спирт-сирець містить близько 88-94% етанолу. При цьому, в ньому може міститись до 40 різних домішок. Зазвичай це інші спирти, альдегіди, ефіри та кислоти.

Для отримання суміші з вищим вмістом етанолу, застосовують метод повторної дистиляції. Однак, звичайними методами ректифікації зі спирту-сирцю неможливо цілком видалити воду, оскільки етиловий спирт і вода утворюють стійку суміш. Її характерною властивістю є здатність розшарування на фракції під дією тиску. Серед безлічі різних методів дегідратації спирту

					МД ББ-31м.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

найбільш розповсюдженим став метод дистиляції з додаванням азеотропних елементів. Ця суміш утворює разом з водою і спиртом трикомпонентний розчин, який кипить за нижчої температури, що дає можливість відділяти безводний етанол [18, 20].

Для дегідратації спирту застосовують установки, які складаються зі зневоднюючої колони, що відділяє азеотропи, і комплекту дефлегматорів, конденсаторів та охолоджувачів. Операція зневоднення - це енергомісткий та високовартісний процес. Сьогодні її заміщують сучасними методами мембранної сепарації. Наприклад, метод зневоднення до 99,9% на молекулярних ситах.

Рідка після спиртова барда виступає побічним продуктом спиртового бродіння. Її розділяють на рідку і тверду фази. Рідку не виливають, а додають до подрібненої сировини на початковому етапі виробництва біоетанолу. Суху барду піддають сушінню за температури 400 °С, потім її можуть використовуватись як готовий корм для тварин або добрива. Зокрема із 1 тонни пшениці можна отримати 375 л біоетанолу та 310 кг сухої барди.

Таким чином, було проаналізовано ринок біоетанолу в Україні та світі, а також потенціал його виробництва. Можна стверджувати, що біоетанол є перспективною галуззю для розвитку в Україні за рахунок гарно розвинуеного аграрного сектору та незакритих ланок на ринку. Було обрано технологію виробництва біоетанолу шляхом зброджування лігноцелюлозної сировини, а саме енергетичної культури міскантус, за допомогою дріжджів. Це високоефективний, екологічний процес, який дозволить отримувати високий вміст етанолу в бражці за рахунок стійкості штаму *Cheffersomyces stipitis* його концентрацій. Обрана сировина також позитивно впливає на ремедіацію ґрунтів як виснажених після посіву харйових та кормових культур, так і постраждалих внаслідок бойових дій та розмінувань. Для виділення спирту обрано стандартну

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологію подвійної перегонки з додатковою дегідратацією на молекулярних ситах для отримання 100% спирту.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ, СИРОВИНИ ТА ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ

2.1 Характеристика біологічного агенту

2.1.1 Продуценти етанолу, які здатні до використання гексоз та пентоз

Традиційними мікроорганізмами для отримання біоетанолу є дріжджі. Найчастіше для промислово виготовлення біоетанолу з цукровмісної сировини використовують дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*. Даний продуцент має сприятливі показники, зокрема високі темпи росту, високу продуктивність етанолу, та є стійкими до високих концентрацій етанолу і низьких значень pH [22].

Проте він має суттєвий недолік для збродження лігніно-целюлозної сировини. Оскільки даний вид не здатний зброджувати ксилозу. Загалом єдиним відомим промисловим видом дріжджів здатним метаболізувати лігніновмісну сировину є дріжджі виду *Cheffersomyces stipitis*, а саме штам UCM Y-2810. Завдяки цій здатності штам є широко дослідженим. Перші дослідження штамів *S. stipitis* показали, що дріжджі даного виду виробляють ≈ 50 г/л етанолу за 48 годин із чистої ксилози у визначеному мінімальному середовищі з використанням сечовини як джерела азоту[23].

Штам UCM Y-2810 був виділений із гнилої деревини Голосіївського лісу. За попередніми даними неоптимізованого аналізу ефективності виходу етанолу показники були відносно низькими - до 3 г/л - навіть при високій концентрації ксилози 40 г/л та відсутності глюкози в середовищі яка пригнічує прорітання ксилози для представників цього виду навіть за низькою концентрації від 2 г/л [23, 24].

					МД ББ-31мн.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ, СИРОВИНИ ТА ЦІЛЬОВОГО ПРОДУКТУ	Стадія	Арк.	Аркушів
Розроб.		Піскуп О.В.				Д	23	136
						КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ		
Керівн.		Голуб Н.Б.						

2.1.2 Систематичне положення

Sc. stipitis належать до аскоміцетів і займає наступні систематичні таксони:

Kingdom: *Fungi*

Division: *Ascomycota*

Class: *Saccharomycetes*

Order: *Saccharomycetales*

Family: *Saccharomycetaceae*

Genus: *Scheffersomyces*

Species: *S. stipitis*

2.1.3 Морфолого-цитологічні, культуральні та фізіолого-біохімічні ознаки.

Дріжджі *S. stipitis* зазвичай мають округлу, овальну або еліпсоподібну форму клітин, від 3 до 6 мкм діаметром. Здатна утворювати псевдоміцелій або міцеліальні структури з розгалуженими гіфами. Утворює аски із спорами, кількістю від однієї до чотирьох.

Формує гладкі, блискучі колонії світлих відтінків: білий, кремовий або світло-жовтий. *S. stipitis* переважно має гаплоїдний набір, але штамми можна спонукати до спаровування самих із собою або з іншими штамми *S. stipitis* шляхом культивування клітин на мінімальному середовищі, що містить обмежену кількість джерел вуглецю та азоту. Технічно є факультативними анаеробами, проте потребують кисню для синтезу стеролів і ненасичених жирних кислот.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 2.1 наведено мікроскопію морфологічної будови даного виду.

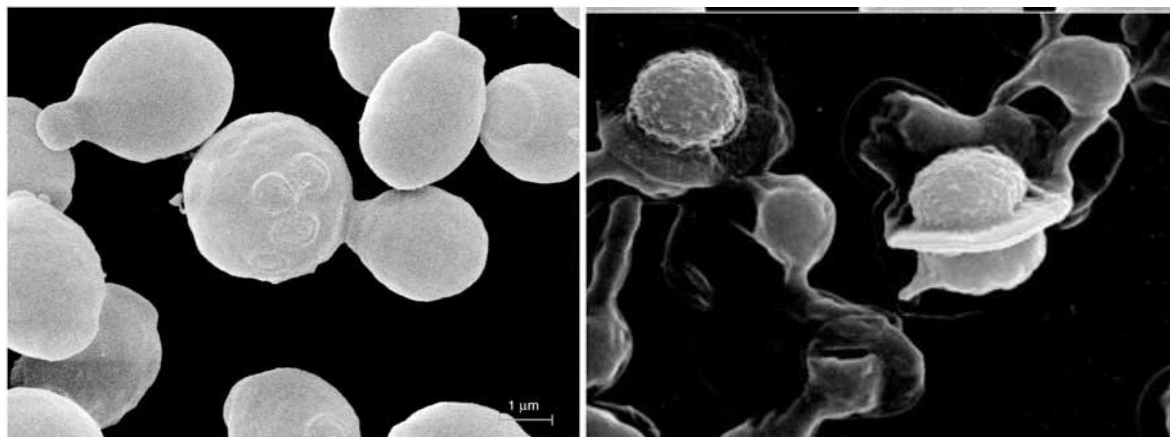


Рис 2.1 - Морфологічна будова *S. stipitis* [25]

2.2 Характеристика цільового продукту

Кінцевим продуктом виробничого циклу є біетанол придатний до використання в якості моторного палива. Відповідно до національного стандарту ДСТУ 7166:2010, визначається як спирт етиловий зневоднений, виготовлений зі спирту етилового-сирцю для використання як біопаливо [26].

Має наступні фізичні властивості:

Густина – 789,3 кг/м³;

Температура спалаху - 13°C;

Динамічна в'язкість при 20°C – 1,2 мПа · с;

Температура самозаймання - +363°C;

Молярна теплоємність – 112,4 Дж/(моль·К).

Біетанол розрізняється на марки “А” та “Б” відповідно до методики виробництва. Характеристики для обох сортів наведені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Фізико-хімічна характеристика біетанолу.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Назва показника	Марка А, сорт		Марка Б, сорт	
	вищій	1-ий	вищій	1-ий
Зовнішній вигляд	Безбарвна прозора рідина без механічних домішок			
Запах	Характерний запах чистого етанолу, без запаху сторонніх речовин			
Об'ємна частка етанолу, %, не менше	97,8	96,2	98,3	96,0
Окислюваність при 20°C, хв., не менше	15	15	15	15
Масова концентрація спиртів C ₃ – C ₄ в перерахунку на безводний етанол, мг/дм ³ , не більше	8	10	8	10
Масова концентрація оцтового альдегіду в перерахунку на безводний етанол, мг/дм ³ , не більше	4	8	4	8
Масова концентрація етилового ефіру оцтової кислоти в перерахунку на безводний етанол, мг/дм ³ , не більше	5	12	5	12

Масова концентрація кислот в перерахунку на оцтову кислоту в безводному етанолі, мг/дм ³ , не більше	8	15	8	15
Об'ємна частка метанолу, %, не менше	0,005	0,01	0,005	0,01

Біоетанол в чистому вигляді в якості палива на даний момент майже не застосовується. У першу чергу через неадаптованість більшості двигунів на автомобільному ринку для використання 100%-вого біопалива. Біоетанол піднімає загальне октанове число, піднімає ККД двигуна, збільшує вміст кисню в паливі до 3,7%. З одного боку це звучить дуже позитивно, соскільки технічно це мало б одночасно зменшувати рівень негативного екологічного впливу, а з іншого збільшувати продуктивність двигунів. По факту ж виходить, що при низьких температур двигун на біоетанолі не заводиться. а розхід пального на 1 км більшає. Проте подібні проблеми можуть бути вирішені шляхом поєднання біопалива з класичним бензином[27].

На разі в Україні та більшості країн Європи пропонують паливо класів E5, E10, E15. Маркуються вони за наступним принципом: літера позначає наявність спирту, а цифра його відсотковий вміст. Таким чином паливо класу E5 містить 5% біоетанолу та 95% бензину.

Паливо у вигляді сумішей з вмістом етанолу до 85% Використовується в автомобілях з двигунами з універсальним споживанням палива. Чисте біоетанолове паливо в якості моторного використовується тільки в Бразилії.

2.2.1 Нормативна база для регулювання якості сировини, матеріалів та напівпродуктів.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

У підрозділі наведено параметри, які регламентуються щодо якості основної та допоміжної сировини,, матеріалів та напівпродуктів, що застосовуються при виробництві біоетанолу таблиця 2.2.

Таблиця 2.2 Характеристика сировини,матеріалів та напівпродуктів.

№	Найменування	Показник що регулюється	Значення показника	Категорія і номер НТД
1	Основна сировина			
1.1	Міскантус	Вміст вологи у стеблах	не більше 37%	-
1.2	Мінеральні солі	Відсутність домішок	-	ДСТУ 7274:2012 «Хімічні реактиви. Реактиви, розчини для аналізу та матеріали допоміжні. Методи готування»
2	Допоміжна сировина			
2.1	Вода водопровідна	Вміст залишкового вільного хлору, мг/дм3.	0,3-0,5	ДержСанПін 2.2.4-171-10
		Вміст залишкового	0,8-1,2	

		зв'язаного хлору, мг/дм		
3	Напівпродукти			
3.1	Культуральна рідина	Вміст вологи	60%	-
3.2	Бражка	Концентрація спирту	до 1,5;	-
3.3	Суша барда	Білкові речовини	32%	ДСТУ 8482:2015 Корм для тварин. Брикети та гранули кормові. Технічні умови
4	Матеріали			
4.1	Каністри для зберігання та транспортування	Візуальна перевірка на герметичність та чистоту	-	ДСТУ EN 12712:2005 Каністри пластмасові
4.2	Поліетиленові мішки для гранульованого корму	Візуальна перевірка на чистоту	-	ДСТУ 7275:2012

2.3 Біохімічні основи технологічного процесу

2.3.1 Ферментаційний гідроліз сировини.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Як вже згадувалось міскантус є енергетичною культурою з високим вмістом целюлози, а також з вмістом геміцелюлози та лігніну.

Цей етап забезпечується за рахунок бактерій, що синтезують гідролітичні ферменти. Складні полімери, такі як вуглеводи, білки і ліпіди, розкладаються на мономери позаклітинними ферментами. Гідроліз целюлози відбувається під дією ферментного комплексу целюлази, з утворенням глюкози, а також, летких жирних кислот, спиртів, H_2 і CO_2 . Цей процес проілюстрований на рисунку 2.2

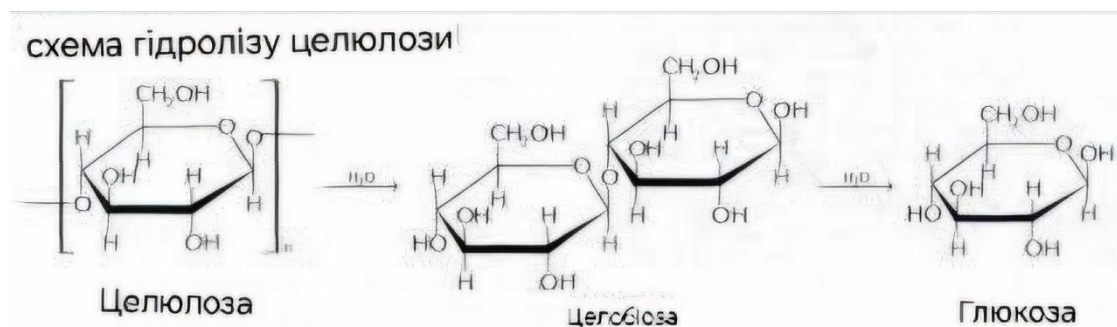


Рис. 2.2 Схема гідролізу целюлози.

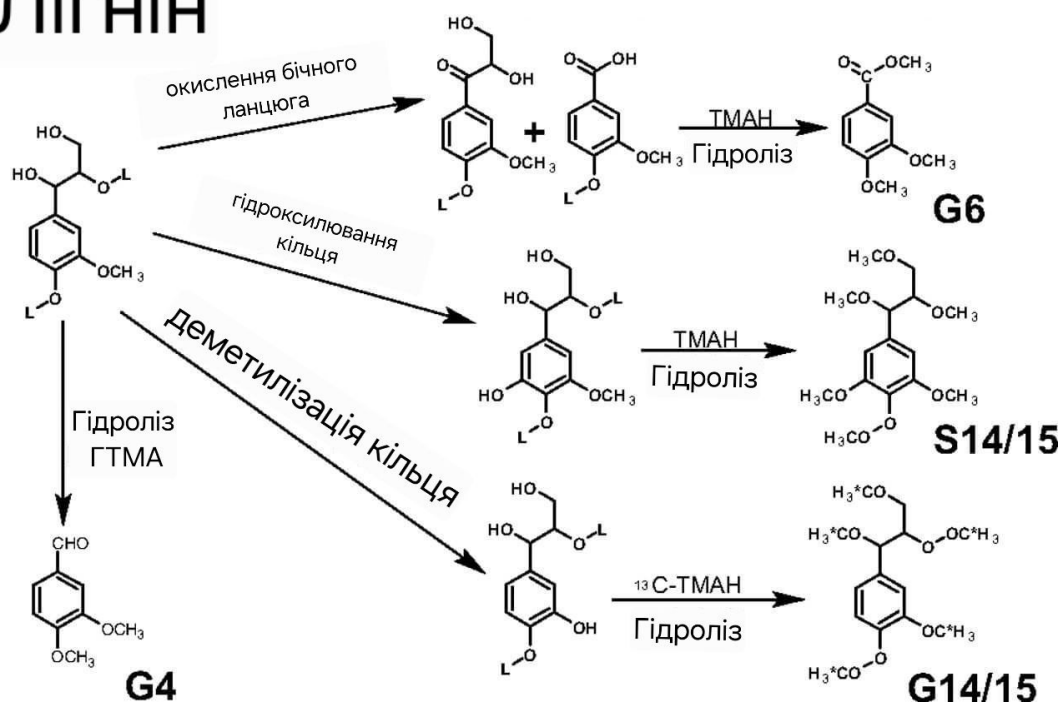
Геміцелюлоза розкладається спеціальними ферментами до різних моносахаридів, таких як глюкоза, галактоза, ксилоза, арабіноза і маноза. За синтез позаклітинних ліпаз та фосфоліпаз, що гідролізують жири до коротко- та довголанцюгових жирних кислот відповідають кластридії та мікрококи. Розпад білків до мономерів, аміаку і CO_2 здійснюється за рахунок протеаз, які виділяють групою бактерій до яких входять *Streptococcus* та *Clostridium*.

Гідроліз целюлози протікає під дією ендоглюканаз, целобіогідролази та β -глюкозидаз [28]. Перші відповідають за метаболізування внутрішньомолекулярних β -1,4-глікозидних зв'язків целюлози, що в свою чергу створює більше кінців для дії целобіогідролаз. Оскільки їх задачею є відщеплення целобіоз від редукуючих або невідновлювальних кінців полімеру целюлози. Це в свою чергу запускає вивільнення цукрів з твердого субстрату в рідку водну фазу, що сповільнює весь процес гідролізу. Отримані цукри, а саме

ди- або олігосахариди гідролізуються β -глюкозидазою до глюкози. Вона ж в свою чергу зменшує інгібування целобіозою ендоглюканази та целобіогідролази [29].

Отже складність процесу гідролізу полягає в конкурентності ферментів необхідних для його перебігу.

Лігнін



2.3 Схема розкладу лігніну [30]

Термін лігнін застосовують для великої групи ароматичних полімерів, отриманих в результаті окисного комбінаторного з'єднання 4-гідроксифенілпропаноїдів. Він має складну молекулярну структуру та є нерегулярним полімером із розгалуженими макромолекулами. Побудований із фенілпропанових одиниць, пов'язаних в тривимірні структури. Особливістю даної речовини є висока стійкість до традиційних методів гідролізу - хімічного та ферментативного [31].

Зазвичай для отримання біопалива використовуються цуктри отримані внаслідок розпаду целюлози, тому лігнін, основною функцією якого в рослинних клітинах є зміцнення целюлозного каркасу, проникнення води через клітинні стінки тканини ксилеми та перешкоджає мікробному руйнуванню рослинної тканини. Тому він вважається обмежувальним фактором. За стандартної технології при обробці лігноцелюлозної сировини його видаляють. Це дуже дорогий і ресурсозатратний процес, тому існує багато досліджень направлених на зменшення рівня лігніну в рослинних культурах. Проте в даній роботі він є основною сировиною, оскільки в самі процесі розпаду лігніну утворюються ксилози, які виступають головним компонентом субстрату для обраного виду дріжджів [32].

Основними будівельними блоками лігніну виступають гідроксикоричні спирти або ж монолігноли, коніферилловий спирт і синапіловий спирт, а також невелика кількість *n*-кумаринового спирту [33].

Деградація лігніну являє собою окисний процес, регульований ферментом, що передбачає початкове перенесення одиночних електронів до інтактного лігніну. Зокрема, до таких належить лігнінпероксидаза або ж лігніназа. Вона є залізовмісним ферментом, який приймає два електрони від перекису водню, а потім передає їх як поодинокі електрони до молекули лігніну. Також даний процес може відбуватись за участі манган-пероксидаз та лакказ. Пероксидаза марганцю діє аналогічно пероксидазі лігніну, але окислює власне марганець як проміжний продукт при передачі електронів в лігнін. Лакказа являє собою фенолоксидазу, яка безпосередньо окислює молекулу лігніну. Існує також кілька ферментів, що генерують пероксид водню, наприклад, глюкозоксидаза [34].

Загальна схема розпаду лігніну наведена на рисунку 2.2

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.4 - Класифікація лігніндеградуючих ферментів [34].

2.3.2 Біохімічні перетворення при спиртовому бродінні

Головним біохімічним шляхом в біосинтезі етанолу за допомогою дріжджів виступає гліколіз. Мікроорганізмом, за рахунок якого відбувається збродження виступають дріжджі *Scheffersomyces stipitis* UCM Y-2810.

Утворення етанолу дріжджами – це анаеробний процес, але для їх розмноження потрібен кисень. Із зовнішньої сторони процес бродіння характеризується виділенням вуглекислого газу і підвищенням температури. За цими ознаками, а також за станом бродильної маси весь процес бродіння умовно поділяється на три періоди.

Перший період бродіння - зброджування - характеризується розмноженням дріжджів, слабким виділенням вуглекислого газу і повільним зростанням температури. В цей період зброджується мальтоза, але оскільки кількість дріжджових клітин спочатку в бродильній масі недостатня, то й кількість зброженої мальтози невелика.

Період головного бродіння характеризується тим, що розмножені в достатній кількості дріжджі швидко зброджують мальтозу, що супроводжується енергійним виділенням вуглекислого газу. Етанолу нагромаджується в бродильній масі до 5%, спостерігається підвищення температури. Під час головного бродіння відбувається утворення піни.

Коли головна маса цукрів уже зброджена, процес бродіння стає спокійнішим: вуглекислого газу виділяється мало, піна спадає. В цей період, крім збродження мальтози, відбувається зацукрювання крохмалю і декстринів.

Загальний шлях отримання етанолу з глюкози та ксилози наведений на рисунках 2.2.(а) та 2.2.(б)

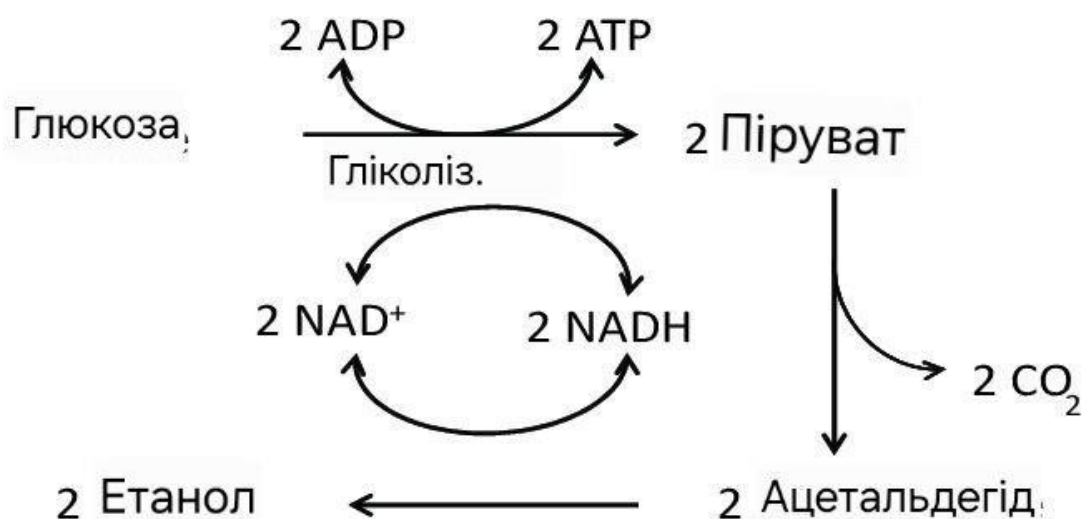


Рис 2.5 (а) - Метаболічний шлях отримання етанолу з глюкози за допомогою дріжджів [35].

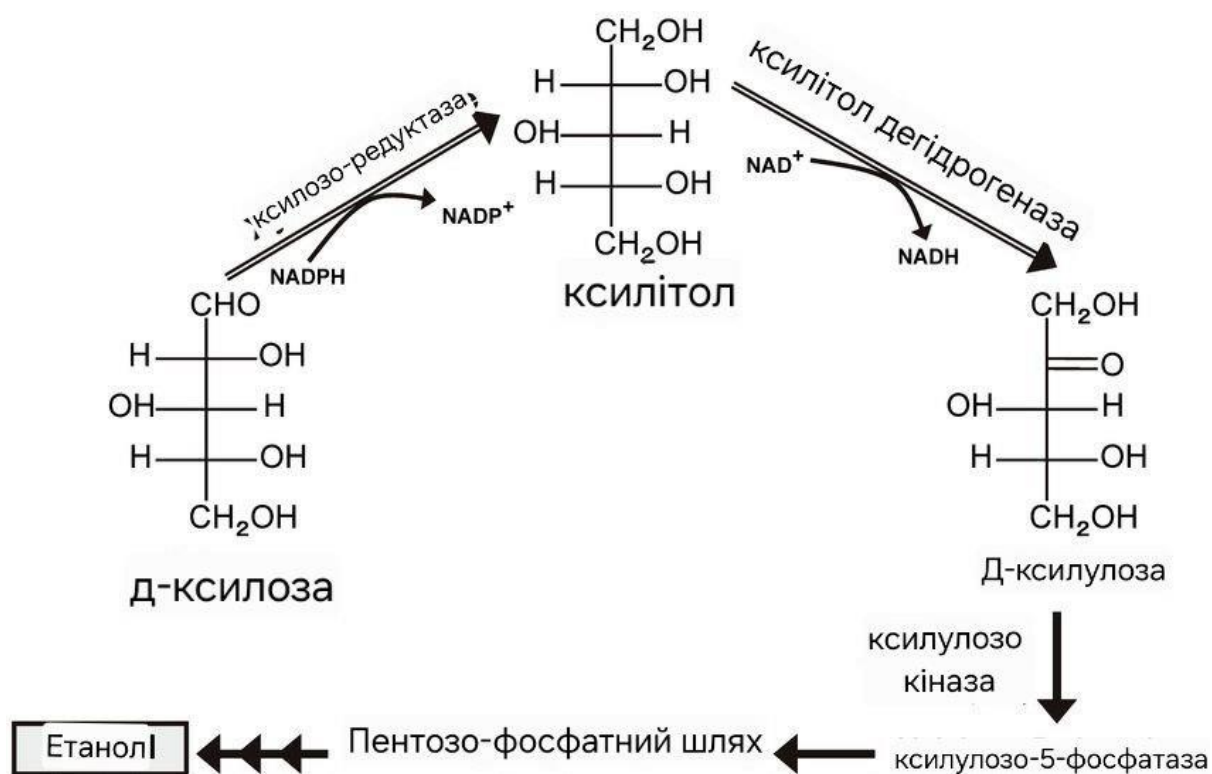


Рис 2.5 (б) - Метаболічний шлях отримання етанолу з ксилози за допомогою мікроорганізмів [36]

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Опис стадій технологічного процесу

Технологічний процес виробництва біоетанолу з міскантусу включає допоміжні процеси виробництва, зокрема: санітарну підготовку виробництва, приготування поживного середовища, підготовку сировини; стадії безпосередньо технологічного процесу, а саме: підготовку посівного матеріалу, виробниче культивування, виділення та очищення цільового продукту, сушіння та гранулювання кормів; а також процеси пакування та маркування продукції та знешкодження відходів виробництва. В даному розділі наведений їх лаконічний опис, зазначені оптимальні умови проведення даних процесів.

ДР 1 Санітарна підготовка виробництва

Даний етап включає в себе підготовку персоналу, приготування миючих та дезінфікуючих розчинів, підготовку приміщень та обладнання.

ДР 1.1 Підготовка персоналу

Персонал проходить попереднє навчання при прийомі на роботу, професійну підготовку, інструктаж з охорони праці, техніки безпеки та санітарних основ.

ДР 1.2 Приготування миючих та дезінфікуючих розчинів

Приготування миючих та дезінфікуючих розчинів виконується згідно з “Методичними рекомендаціями щодо приготування і застосування робочих розчинів мийних, дезінфекційних, мийно-дезінфекційних засобів та антисептиків” наказ МОЗ України від 14.12.2001 № 502[25].

ДР 1.3 Підготовка приміщень

					МД ББ-31мп.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стадія	Арк.	Архув
Розроб.		Піскуп О.В.				Д	36	136
Керівн.		Голуб Н.Б.					КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ	

ДР 1.3.1 Прибирання позмінне

Прибирання підлоги, зовнішньої поверхні обладнання і трубопроводів виконують використовуючи розчини від ДР 1.1.1. Здійснюється прибирання раз на добу. Відпрацьовані розчини на ЗВ. 12. Здійснюється мікробіологічний контроль [37, 38].

ДР 1.3.2 Прибирання генеральне

Проводиться не рідше одного разу на тиждень. Виконують миття стелі, стін, підлоги, повітропроводів, підвіконь, поверхонь обладнання, комунікацій, виробничих меблів. Здійснюється мікробіологічний контроль [37, 38]

ДР 1.4 Підготовка апаратів і комунікацій

ДР 1.4.1 Миття обладнання

Обладнання та комунікації миють водою, протягом двох хвилин.. перед скидом рідини у систему каналізування рідких викидів. Обладнання промивають водою протягом 10 хвилин при 40°C. Відпрацьовані рідини надходять у збірник нейтралізації і на ЗВ 13.2. Здійснюється хімічний та технологічний контроль [37].

ДР 1.4.2 Перевірка на герметичність

У герметично закрите обладнання та комунікації закачується тетрахлоретан до тиску 0,1 МПа. Проводиться огляд всіх з'єднань обладнання та комунікацій за допомогою датчика-течешукача галогенопохідних[37]. Здійснюється технологічний контроль.

ДР 1.4.3 Стерилізація обладнання

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Перед стерилізацією апаратуру і комунікації промивають водою температурою 40 °С з магістрального трубопроводу. Стерилізують гострою парою температурою 131°С протягом 20 хвилин при надлишковому тиску 0,15 – 0,18 МПа, пропускаючи пару в основний ферментер для культивування дріжджової культури. Стерилізація ферментера триває 2 – 3 години під надлишковим тиском 0,12 – 0,15 МПа. Завершальним етапом є пропарювання пробовідбірників, продуктових штуцерів для посіву, комунікаційного проводу до фільтр-пресу протягом 30 хвилин. Здійснюється мікробіологічний та технологічний контроль [37].

ДР 2 Підготовка стерильного повітря

ДР 2.1. Забір повітря

Здійснюється через повітрозбірник з атмосфери на висоті 10 м.

ДР 2.2. Попередня фільтрація

Здійснюється очистка забраного повітря на фільтрах грубого очищення для видалення дрібних твердих та рідких решток. Ступінь очищення 60%. Здійснюється технологічний контроль [37].

ДР 2.3 Стиснення повітря

Очищене повітря стискається в компресорі до 35 МПа при 200 °С. Здійснюється технологічний контроль[37].

ДР 2.4 Охолодження повітря

Повітря охолоджується до температури 25°С, пропускаючись через теплообмінник. Здійснюється технологічний контроль[37].

ДР 2.5 Осушення повітря

Повітря пропускається крізь ресивер для зниження вмісту вологи до 60%. Здійснюється технологічний контроль[37].

ДР 2.6 Очищення на головному фільтрі

Здійснюється очищення повітря на фільтрах із базальтового волокна, діаметром 1 – 2мкм. Здійснюється технологічний контроль [37].

					МД ББ-31мл.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ДР 2.7 Очищення на тонких фільтрах

Здійснюється очищення на фільтрах зі мікрокристалічних скляних волокон з гірських порід. Ступінь очищення - 99,99%. Здійснюється мікробіологічний і технологічний контроль [37].

ДР 3 Підготовка сировини

ДР 3.1 Попередня обробка міскантусу

Здійснюється подрібнення стебел міскантусу. При цьому здійснюється руйнування мікрофібрил целюлози, зменшення ступеня її кристалізації та полімеризації, руйнування комплексу целюлози з лігніном та модифікації структури лігніну, збільшення поверхні, доступної для дії гідролізуючих ферментів. Здійснюється процес в пневматичній дробарці ГТДП-37, де подрібнюється молотками, до розмірів 1-3 мм.

ДР 3.2 Гідроліз сировини

Подрібнена сировина від ДР 2.1 передається шнеком до реактора-змішувача, у якому за участю ферментів, які вносяться в реактор, у кількості 1 гр на 10 кг підбіреного міскантусу, відбувається процес гідролізу полімерів. У реактор для проведення процесу гідролізу сировини подається вода з трубопроводу, для досягнення рівня вологості субстрату - 60%. Здійснюється технічний контроль.

ДР 4 Підготовка ПС

ДР 4.1 Приготування ПС

Поживне середовище готується у реакторі-змішувачі. Дріжджі *Cheffersomyces stipitis* вирощують на рідкому модифікованому середовищі YPD наступного складу:

					МД ББ-31мл.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Дріжджовий екстракт - 10 г/л

Пептон - 5 г/л

Ксилоза - 17 г/л

Глюкоза - 10 г/л

Здійснюється технологічний та мікробіологічний контроль.

ДР 4.2 Стерилізація ПС

Стерилізація ПС проводиться гострою парою в реакторі-змішувачі при температурі 110 °С та надлишковому тиску 0.8 МПа протягом 2 годин. Проводиться технологічний та мікробіологічний контроль.

ТП 5 Підготовка посівного матеріалу

ТП 5.1 Одержання культури

Культуру від банку культур у вигляді дріжджової суспензії культуру вирощують на ПС від ДР 4.2 при 25°C протягом 24 годин. Нарощування посівного матеріалу відбувається у колбах качалках, об'ємом 250 мл, заповненістю 80 мл на колбу. Проводиться технологічний контроль.

ТП 5.2 Культивування посівного матеріалу

Регенована культура, у вигляді дріжджової суспензії подається у інокуляторі, в який подається ПС від ДР 4.2. Температура - 30°C, термін - 2 доби. Культура вноситься у кількості 1 г на 1 л ПС. Проводиться технологічний та мікробіологічний контроль.

ТП 6 Отримання біоетанолу

					МД ББ-31мл.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Гідролізована сировина від ДР 2.2 та посівний матеріал від ТП 4 перекачуються по трубопроводах в ферментер. Посівний матеріал вноситься в кількості 100 мл на 1 літр середовища.

Процес метаболічного перетворення субстрату продуцентом біоетанолу відбувається при температурі 33 °С протягом 3 діб. Регулюється рН на рівні 4.0-4.2. Здійснюється хімічний та технологічний контроль.

ТП 7 Відділення твердої фракції на фільтрах-пресах

Зброджене сусло перекачується до фільтр-пресів насосом, де під тиском проводиться розділення твердої та рідкої фракції. Рідка фракція являє собою суміш води із етанолом та значним відсотком сторонніх компонентів, вона передається на ректифікацію ТП 7. Тверда фракція або ж барда по суті є розкладеною сировиною, у якій все ще наявна значна кількість багатьох поживних речовин, і яка може бути використана в якості добрив, тому вона передається на стадію сушіння ТП 10. Проводиться технологічний контроль.

ТП 8 Ректифікація

Перегонка рідкої фракції відбувається на ректифікаційних колонах, шляхом нагрівання суміші до температури випаровування спирту. Відбувається розділення на складові компоненти на пластинах колони ректифікації. У результаті утворюється спирт-сирець із концентрацією 80-86% етанолу. Проводиться технологічний контроль.

ТП 9 Дистиляція

Для підвищення вмісту спирту проводиться перегонка в дистиляторі з метою зневоднення. Після даного етапу концентрація спирту становить 96%. Проводиться технологічний контроль.

ТП 10 Дегідратація

					МД ББ-31мл.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Одержаний спирт пропускається через молекулярні сита для повного зневоднення. Концентрація спирту становить 99.8-100%. Проводиться технологічний.

ТП 11 Сушіння барди

Бражка виділена на фільтр пресах передається до електричних сушарок з метою видалення вологи. Проводиться сушіння партійно по 30 кг, протягом 3 годин при температурі 110°C. Проводиться технологічний контроль.

ПМВ 12 Пакування та маркування продукції

ПМВ 12.1 Заливання біоетанолу в каністри.

Дегідратований на ТП 9 етанол заливається в каністри зі складу об'ємом по 10 л . Наноситься маркування згідно з ДСТУ 7166:2010 Біоетанол. Технічні умови.

ПМВ 12.2 Пакування добрива

Вушене на ТП 10 добриво фасується в поліетиленові пакети по 30 кг.

ЗВ 13 Знешкодження відходів

Відходи виробництва збираються та утилізуються згідно з з ДСТУ 4462.3.01:2006 Охорона природи. Поводження з відходами. Порядок здійснення операцій.

ЗВ 13.1 Знешкодження рідких відходів

Рідкі відходи проходять систему очистки, після чого очищена вода зливається в міську каналізацію. Здійснюється мікробіологічний та технологічний контроль.

ЗВ 13.1 Знешкодження твердих відходів

					МД ББ-31мл.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Знищення фільтрів, матеріалів та сировини, в яких вийшов термін придатності, а також, напівпродуктів та продуктів, які не пройшли перевірку контролю якості відбувається згідно з внутрішніми ТУ, шляхом знешкодження та захоронення або утилізації.

3.2 Матеріальний баланс

У даному розділі наведений матеріальний баланс для етапів виробничого біосинтезу, виділення, очищення цільового продукту, його фасування парування та маркування у процесі виробничого циклу біоетанолу. Баланс складений для однієї партії продукту 1000 л і наведений в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Матеріальний баланс виробництва біоетанолу

Використано					Отримано				
Стадія	Назва сировини, матеріалів, напівпродуктів	Кількість			Стадія	Назва сировини, матеріалів, напівпродуктів	Кількість		
		кг	л	шт			кг	л	шт
ДР 2.1	Міскантус	2442			ДР 2.1	Подрібнений міскантус	2442		
	Всього	2442				Всього	2242		
ДР 2.2	Подрібнений міскантус	2242			ДР 2.2	Гідролізована сировина		5607	
	Ферменти	4,6							
	Вода технічна		3359,6						
	Всього	5607				Всього	5607		

ТП 3	Дріжджовий екстракт	6,224			ТП 3	Поживне середовище	622,377		
	Пептон	3,112							
	Ксилоза	52,902							
	Глюкоза	6,224							
	Вода технічна	553,915							
	Всього	622,377				Всього	622,377		
ТП 4	Поживне середовище	622,377			ТП 4	Посівний матеріал		623	
	Культура	0,623							
	Всього	623				Всього	623		
ТП 5	Гіролізована сировина	5607			ТП 5	Культуральна рідина		6230	
	Посівний матеріал		623						
	Всього	6230				Всього	6230		
ТП 6	Культуральна рідина		6230		ТП 6	Рідка фаза		3738	
						Тверда фаза (барда)	2492		
	Всього	6230				Всього	6230		
ТП 7	Рідка фаза		3738		ТП 7	Етанол 88%		1184	
						Вода з домішками		2554	

	Всього	3738				Всього	3738		
ТП 8	Етанол 88%		1184		ТП 8	Етанол 96%		1042	
						Вода		142	
	Всього	1184				Всього	1184		
ТП 9	Етанол 96%		1042		ТП 9	Етанол 100%		1000	
						Вода		42	
	Всього	1042				Всього	1042		
ТП 10	Бражка	3738			ТП 10	Добрива	1495		
						Втрати	2273		
	Всього	3738				Всього	3738		
ТП 11.1	Етанол 100%		1000		ТП 11.1	Готовий товар (біоетанол):			
	Каністри			100		Етанол 100%		1000	
						Каністри			100
	Всього	1100				Всього	1100		
ТП 11.2	Добрива	3730			ТП 11.2	Готовий товар (добрива):			
	Пакети			120		Добрива	3720		
						Пакети			124

						Втрати (наступна партія фасування)	10		
	Всього	3850				Всього	3850		

РОЗДІЛ 4 ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК АПАРАТІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1 Обґрунтування обраної конструкції. Підбір конструкційних матеріалів для окремих елементів апарату.

Інокулятор являє собою апарат для глибинного культивування мікроорганізмів на поживних середовищах в умовах стерильності, інтенсивного перемішування та дотримання сталої температури з метою нарощування посівного матеріалу. Апарат за конструкцією є герметичним циліндром. У промисловості застосовуються інокулятори об'ємом від 1 м³ [37, 39].

Зазвичай дані апарати обладнані пристроями для здійснення технічного контролю, зокрема термометром, барометром, рН-метром, сигналізатором рівня піни тощо. Оскільки *Scheffersomyces stipitis* для свого оптимального росту й розвитку вимагають подачі кисню, апарат, також має бути обладнаним барботером та пристроєм для вимірювання рівню кисню. А також, спиртометром, оскільки знання концентрації спирту в культуральній рідині дуже важливе. Його нестача (менше 17%) може свідчити про порушення перебігу культивування, а надмірна кількість (понад 20%) призведе до загибелі продуценту етанолу [40].

Тому очевидно, вибір апарата та конструкційних матеріалів для конкретного біотехнологічного процесу має ґрунтуватися на аналізі особливостях організму-продуцента, поживного середовища, біохімії процесу культивування та економічних факторах.

Перш за все для підбору апарату треба визначитись із оптимальним способом підведення енергії до культуральної рідини. Розрізняють три типи: з

					МД ББ-31мп.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Піскуп О.В.			ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК АПАРАТІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ			
Керівн.		Голуб Н.Б.			КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ			

підведенням енергії газовою фазою, рідкою та комбіновані.

Перші характеризуються використанням подачі енергії у формі газу, зокрема, повітря або кисню. Використовується аерація культуральної рідини, з метою насичення її киснем та змішування реагентів у інокуляторі. Даний тип є широко застосовуваним у промисловості. Апарати мають просту будову, універсальні та забезпечують необхідні умови для росту та метаболічної активності мікроорганізмів. Значним недоліком є недостатня інтенсивність перемішування культуральної рідини [40].

Апарати з підведенням енергії до рідкої фази характеризуються використанням спеціальних апаратів, як-от мішалки, ежектори, турбулентні струмені тощо для забезпечення інтенсивного перемішування. Такий тип перемішування позитивно впливає на інтенсивність змішування та розподілу реагентів у реакторі та створює оптимальні умови для біологічних процесів. До недоліків даної конструкції належать низька керованість процесу та складність оптимізації конструкції[42].

Зазвичай на великих промислових виробництвах застосовуються апарати з комбінованим підведенням енергії. Вони характеризуються комбінацією двох описаних вище методів, що мінімізує негативні аспекти кожного з них. Такі апарати мають широкий діапазон місткостей та призначень. Зокрема інокулятори варіюють об'ємом від 0,1 до 10 м³. Для нарощування посівного матеріалу з подальшою метою його культивування для отримання біоетанолу, об'ємом 1000 л на день, доцільно застосовувати реактори об'ємом 1 м³.

Також апарати можуть поділятися на пристрої із самовсмоктувальною турбіною та з турбоежекторними пристроями. Перші характеризуються наявністю циліндричного дифузора та мішалки з порожніми лопатями та валом. Обертання мішалки створюється розрідження та відбувається

					МД ББ-31м.00 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

самовсмоктування повітря, що викликає підйом рідини в кільцевому зазорі між дифузором і стінками апарата, з наступним її поверненням у дифузор. Ферментери з турбоежекторними пристроями розділені вертикальними перегородками на секції, у кожній з якої є самовсмоктувальна мішалка турбінного типу і дифузор. Для переміщення рідини із секції в секцію в перегородках зроблені вікна.

Доцільним до використання в даному проєкті є апарат з турбінною мішалкою, оскільки вони здатні ефективно перемішувати культуральну рідину високої в'язкості.

Культивування здійснюється в асептичних умовах, тобто умовах відсутності сторонньої, небажаної мікрофлори. Для цього здійснюється стерилізація всіх апаратів та комунікацій задіяних на виробництві. А також, апарат має відповідати вимогам герметичності.

Загалом апарати мають стандартну будову. Апарати складаються з циліндричного корпусу, з еліптичним днищем та кришкою, обладнані люком у верхній частині, штуцерами підведення поживного середовища, посівного матеріалу та повітря, пробовідбірником.

Для культивування дріжджів *Scheffersomyces stipitis* UCM Y-2810 з метою нарощування посівного матеріалу було обрано реактор з турбінною мішалкою та барботером. Ефективне перемішування культуральної рідини, що забезпечується турбінною мішалкою, позитивно впливає на оптимальний розподіл поживних речовин та стабільність процесу культивування у всіх її шарах, а також підвищує ефективність аерації. Процес вимагає асептичних умов, що забезпечується зокрема і герметичністю апарату. Інокулятор функціонує також, як теплообмінник, тому що при культивуванні має підтримуватись стала температура, тому апарат має бути обладнаний сорочкою [40, 41].

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

4.2. Розрахунки обладнання

Вихідні дані для розрахунку:

- об'єм апарата: $V = 900 \text{ м}^3$;
- коефіцієнт заповнення: $\varphi = 0,7$;
- температура культуральної рідини: $t_c = 33 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$;
- тривалість культивування: $\tau_k = 72 \text{ год} = 259 \text{ 200 с}$;
- частота обертання мішалки: 200 об/хв ;
- інтенсивність аерації: $1 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$;
- теплоносій в сорочці: вода.

4.2.1. Конструктивний розрахунок

Розраховуємо робочий об'єм апарата:

$$V_p = V \cdot \varphi = 0,7 \cdot 900 = 630 \text{ м}^3$$

За ГОСТ 20680-75 визначаємо характеристики ферментера обраного об'єму:

- внутрішній діаметр апарата $D = 1 \text{ м}$;
- висота корпусу апарата $H = 1,225 \text{ м}$.

За ГОСТ 6533-78 визначаємо розміри днища апарату:

- висота відборування $h_1 = 0,025 \text{ м}$;
- висота еліптичної частини днища $h_b = 0,25 \text{ м}$;
- товщина стінки днища $s_{ст} = 0,01 \text{ м}$;
- внутрішня поверхня днища $F = 116 \text{ м}^2$;
- об'єм днища $V_{дн.} = 149,9 \text{ дм}^3 = 0,1499 \text{ м}^3$;
- маса днища $m = 93,4 \text{ кг}$.

Розрахунок мішалки

За ГОСТ 20680-75 діаметр мішалки повинен знаходитися в межах:

$$d_m = \frac{D}{3/4} = \frac{1000}{3} - \frac{1000}{4}$$

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Приймаємо стандартний діаметр мішалки:

$$d_m = 0,28 \text{ м}$$

За співвідношеннями діаметру мішалки та її основних розмірів визначаємо її характеристики.

Висота мішалки:

$$h_m = 0,2 \cdot d_m = 0,2 \cdot 0,28 = 0,056 \text{ м}$$

Висота розміщення мішалки над днищем апарата:

$$h = (0,4 \div 1) d_m = (0,4 \div 1) \cdot 0,28 = 0,112 \text{ м}$$

Приймаємо $h = 0,015 \text{ м}$

Довжина лопаті мішалки:

$$l = 0,25 d_m = 0,25 \cdot 0,28 = 0,07 \text{ м}$$

Товщина відбивної перегородки:

$$b = 0,1 d_m = 0,1 \cdot 0,28 = 0,028 \text{ м}$$

Коефіцієнт гідравлічного опору турбінної мішалки:

$$\xi_m = 8,4$$

Кількість мішалок:

$$z_m = 1$$

Обираємо стандартний діаметр вала мішалки для даного об'єму апарата:

$$d_b = 0,04 \text{ м}$$

Для $D = 1000 \text{ мм}$ $h_{\text{дн}}$ становить $0,1684 \text{ м}^3$, $h_1 = 0,04$, $h_b = 0,25 \text{ м}$.

Розраховуємо повну висоту днища:

$$h_{\text{дн.}} = h_1 + h_b = 0,04 + 0,25 = 0,65 \text{ м}$$

Розраховуємо об'єм циліндричної частини апарата:

$$V_{\text{ц}} = V_p - V_{\text{дн.}} = 0,45 - 0,17 = 0,28 \text{ м}^3$$

Розраховуємо площу основи циліндричної частини:

$$F_{\text{ос.ц.}} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} = 0,785 \text{ м}^2$$

Розраховуємо висоту циліндричної частини:

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$h_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{F_{\text{ос.ц}}} = \frac{0,28}{0,785} = 0,357 \text{ м}$$

Розраховуємо висоту апарата:

$$h_{\text{п.ап.}} = h_{\text{ц}} + 2h_{\text{дн.}} = 0,892 + 2 \cdot 0,275 = 1,44 \text{ м}$$

Розраховуємо висоту рівня рідини в апараті:

$$H_p = 0,359 + 0,25 + 0,01 = 0,69 \text{ м}$$

Розрахунок глибини воронки

Оскільки частота обертання машинки для задовільнення рівня інтенсивності перемішування відповідно до технології становить 200 об/хв, то:

$$n = 3,33 \text{ с}^{-1}$$

Розраховуємо параметр висоти завантаження апарата:

$$\gamma = 8 \frac{H_p}{D} + 1 = 8 \frac{0,69}{1} + 1 = 6,52$$

Розраховуємо відцентровий критерій Рейнольдса:

$$\text{Re}_B = \frac{\rho_c n d_M^2}{\mu_c} = \frac{1160 \cdot 3,33 \cdot 0,28^2}{0,863 \cdot 10^{-3}} = 350\,919,49$$

Розраховуємо параметр гідравлічного опору мішалки:

$$E = \frac{\gamma}{\xi_m z_M R_B^{0,25}} = \frac{6,52}{8,4 \cdot 1 \cdot (350\,919,49)^{0,25}} = 0,03$$

Параметр розподілення швидкості визначається відповідно до параметру гідравлічного опору мішалки за рисунком 5.2.

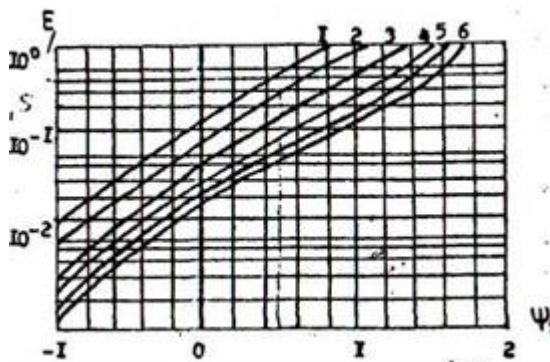


Рис. 5.1. Параметр розподілення швидкості $\psi = f(E)$ для турбінної мішалки(03)

З рис. 5.2 робимо висновок, що параметр розподілення швидкості дорівнює:

$$\psi_1 = -0,35$$

Параметр глибини воронки визначаємо відповідно до параметру розподілення швидкості за рисунком 5.2.

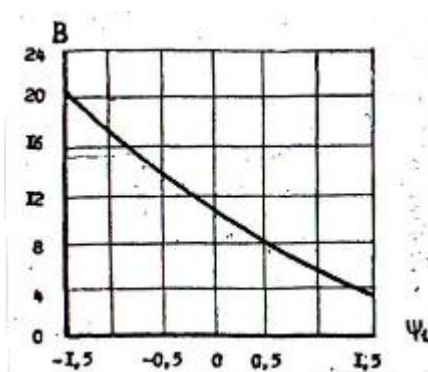


Рис. 5.2. Параметр глибини воронки $B = f(\psi_1)$

Параметр становить:

$$B = 4$$

Розраховуємо глибину воронки:

$$h_B = \frac{B n^2 d_M^2}{2} = \frac{4 \cdot 3,33^2 \cdot 0,28^2}{2} = 1,74 \text{ м}$$

Розраховуємо гранично допустиму глибину воронки:

$$h_{гр} = H_p - h = 0,69 - 0,112 = 0,578 \text{ м}$$

Оскільки $h_B > h_{гр}$, то інокулятор має бути обладнаний відбивними перегородками, в кількості 4 шт.

Відповідно до рисунку 5.3 за відцентровим критерієм Рейнольдса визначається коефіцієнт потужності

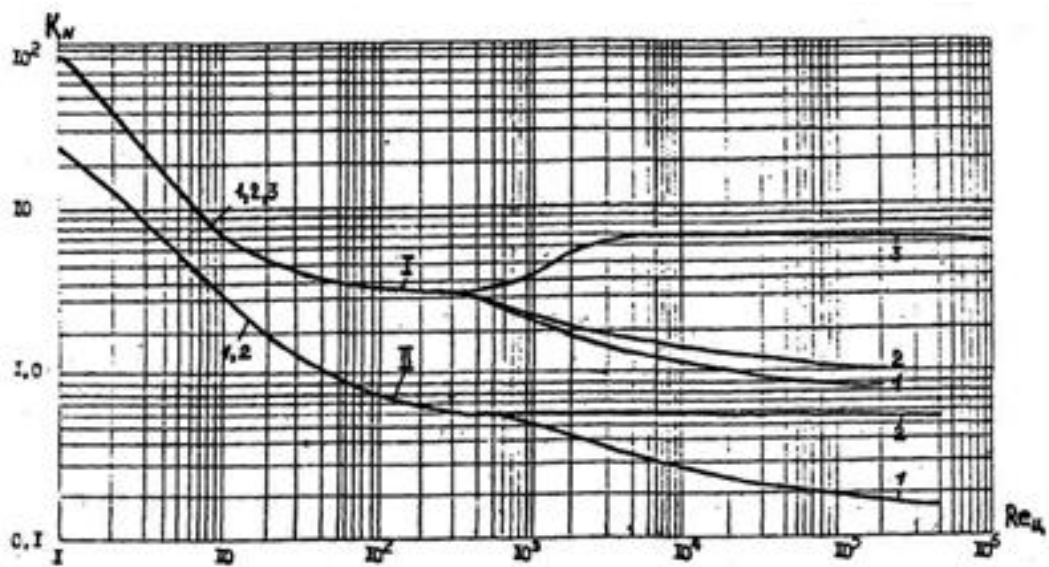


Рис. 5.4. Коефіцієнт потужності $K_N = f(Re_{ц})$ для турбінної мішалки (I), в апараті з перегородками (3)

Відповідно до графіку Коефіцієнт потужності становить:

$$K_N = 6$$

Розраховуємо витрачену на перемішування потужність:

$$N = K_N \cdot \rho_c \cdot n^3 \cdot d_M^5 = 6 \cdot 1160 \cdot 3,33^3 \cdot 0,28^5 = 442,3 \text{ Вт}$$

Розраховуємо потужність, витрачену на тертя в одинарному торцевому ущільненні:

$$N_{ущ} = 6020 d_B^{1,3} = 6020 \cdot 0,03^{1,3} = 60,07 \text{ Вт}$$

Розраховуємо коефіцієнт врахування рівня рідини в апараті:

$$K_H = \sqrt{\frac{H_p}{D}} = \sqrt{\frac{0,69}{1}} = 0,83$$

Розраховуємо потужність привода мішалки за формулою:

$$N_{ел} = \frac{(K_n K_H \cdot \sum K_i \cdot N + N_{ущ})}{\eta},$$

де $K_n = 1$ для апаратів з перегородками; K_i – коефіцієнти врахування витрат потужності на подолання опору внутрішніх пристроїв ферментера; $\sum K_i = 1,8$ для

апарата з перегородками, трубою передавлювання та гільзою термометра; $\eta = 0,85 \div 0,9$ – коефіцієнт корисної дії привода.

$$N_{\text{ел}} = \frac{1 \cdot 0,83 \cdot 1,8 \cdot 442,3 + 60,07}{0,9} = 800,96 \text{ Вт} = 8 \text{ кВт}$$

Двигун обирається відповідно до ГОСТ 12139-84. Для даних отриманих від розрахунків задовільним є двигун 10 кВт.

Розрахунок барботера

Розраховуємо висоту мішалки над барботером:

$$h_{\delta} = 0,25d_M = 0,25 \cdot 0,28 = 0,07 \text{ м}$$

Розраховуємо діаметр барботеру:

$$D_0 = (0,5 \div 0,75)d_M = 0,5 \cdot 0,28 \text{ м} = 0,14 \text{ м}$$

Приймаємо для барботера трубу стандартним діаметром $d_{\text{б.н.}} \times s_{\text{б.}} = 35 \times 9,5$ мм

Розраховуємо діаметр отворів барботеру:

$$d_0 = 2 \div 5 \text{ мм} = 0,004 \text{ м}$$

Розраховуємо об'ємну витрату повітря:

$$V_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma} \cdot V_p}{60} = \frac{1,4 \cdot 0,7}{60} = 0,016 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розраховуємо внутрішній діаметр труби барботеру:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\Gamma}}{\omega_{\text{б}} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,016 \text{ м}^3/\text{с}}{20 \text{ м/с} \cdot 3,14}} = 0,03 \text{ м}$$

Розраховуємо швидкість газу в отворах барботеру:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{d_{\text{вн}} \cdot \rho_p}{\rho_{\Gamma}}} = \sqrt{\frac{0,03 \text{ м} \cdot 996,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{0,95 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = 5,79 \text{ м/с}$$

Розраховуємо кількість отворів у барботері:

$$z_0 = \frac{4 \cdot V_{\Gamma}}{\pi \cdot d_0^2 \cdot \omega_0} = \frac{4 \cdot 0,016 \text{ м}^3/\text{с}}{3,14 \cdot (0,005 \text{ м})^2 \cdot 5,79 \text{ м/с}} = 140 \text{ шт.}$$

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Розраховуємо крок розміщення отворів:

$$t_{\text{отв}} = \frac{\pi D_6}{z_0} = \frac{\pi \cdot 0,0196}{140} = 0,004 \text{ м}$$

Розрахунок штуцерів:

Вихідні дані:

теплоносієм - вода

масові витрати теплоносія, кг/с, $G_v = 0,167$;

густина теплоносія, кг/м³, $\rho_v = 997$;

масові витрати середовища, кг/с, $G_c = 35$;

густина середовища, кг/м³, $\rho_c = 1160$;

Визначаємо діаметр патрубку для подачі та відведення теплоносія:

$$d_T = \sqrt{\frac{4G_v}{\pi w v \rho_v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,167}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 997}} = 0,012 \text{ (м)}$$

Приймаємо, що швидкість руху теплоносія в штуцері $w = 1,5$ м/с, а швидкість руху культуральної рідини в штуцері $w = 20$ м/с.

Обираємо параметри штуцера для подачі та відведення теплоносія:

Діаметр штуцера: $d_T = 0,025$ м

Товщина стінки штуцера: $s_T = 0,003$ м

Виліт: $H_T = 0,05$ м

Визначаємо діаметр патрубку для подачі поживного середовища та відведення культуральної рідини.

$$d_c = \sqrt{\frac{4G_c}{\pi w_c \rho_c}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 35}{3,14 \cdot 20 \cdot 997}} = 0,04 \text{ (м)}$$

Вибираємо штуцер входу середовища та виходу продукту:

Діаметр штуцера: $d_T = 0,04$ м

Товщина стінки штуцера: $s_T = 0,01$ м

Виліт: $H_T = 0,21$ м.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

5.2.3. Тепловий розрахунок

Для поживного середовища, посівного матеріалу та культуральної рідини теплофізичні властивості співпадають. Їх об'єми мають наступне співвідношення:

$$V_{\text{пс}} = V_{\text{р}} - V_{\text{пм}} = 0,7 - 0,07 = 0,63 \text{ м}^3$$

Розраховуємо масу посівного матеріалу, поживного середовища та культуральної рідини:

$$m_{\text{пм}} = V_{\text{пм}} \rho_{\text{с}} = 0,07 \cdot 1160 = 81,2 \text{ кг}$$

$$m_{\text{пс}} = V_{\text{пс}} \rho_{\text{с}} = 0,63 \cdot 1160 = 730,8 \text{ кг}$$

$$m_{\text{кр}} = V_{\text{р}} \rho_{\text{с}} = 0,7 \cdot 1160 = 812 \text{ кг}$$

Розраховуємо енергію, що надходить у апарат:

Для цього нам необхідно знати теплоємність поживного середовища.

Коефіцієнт динамічної в'язкості приймаємо рівним відповідному у воді:

$$\mu_{\text{с}} = 0,863 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Розраховуємо коефіцієнт кінематичної в'язкості поживного середовища:

$$\nu_{\text{с}} = \frac{\mu_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}} = \frac{0,863 \cdot 10^{-3}}{1160} = 7,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$$

Розраховуємо теплоємність поживного середовища:

$$\begin{aligned} c_{\text{с}} &= 0,9915c_{\text{в}} + 0,0085c_{\text{г}} = 0,9915 \cdot 4183 + 0,0085 \cdot 1508 \\ &= 4160,26 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \end{aligned}$$

Розраховуємо коефіцієнт теплопровідності поживного середовища:

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{с}} &= 0,9915\lambda_{\text{в}} + 0,0085\lambda_{\text{г}} = 0,9915 \cdot 0,612 + 0,0085 \cdot 0,104 \\ &= 0,608 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \end{aligned}$$

Розраховуємо критерій Прандтля:

$$\text{Pr}_{\text{с}} = \frac{c_{\text{с}} \cdot \mu_{\text{с}}}{\lambda_{\text{с}}} = \frac{4160,26 \cdot 0,863 \cdot 10^{-3}}{0,608} = 5,9$$

з посівним матеріалом:

$$E_{\text{пм}} = m_{\text{пм}} c_{\text{с}} t_{\text{с}} = 81,2 \cdot 4160,26 \cdot 30 = 123,57 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 10,13 \text{ МДж}$$

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

з поживним середовищем:

$$E_{\text{пс}} = m_{\text{пс}} c_{\text{с}} t_{\text{с}} = 730,8 \cdot 4160,26 \cdot 30 = 1134,62 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 91,21 \text{ МДж}$$

з повітрям:

$$E_{\text{пов.над.}} = \rho_{\text{пов.}} \cdot V_{\text{г}} \cdot c_{\text{пов.}} \cdot t_{\text{пов.}} \cdot \tau_{\text{к.}}$$

де $\rho_{\text{пов.}}$ – густина повітря при температурі 30 °С ($\rho_{\text{пов.}} = 1,165 \text{ кг/м}^3$); $c_{\text{пов.}}$ – питома теплоємність повітря ($c_{\text{пов.}} = 1000 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$).

$$E_{\text{пов.над.}} = 1,165 \cdot 0,016 \cdot 1000 \cdot 30 \cdot 259\,200 = 144,9 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 144,9 \text{ МДж}$$

еплота, що виділяється в результаті дисипації механічної енергії від

перемішуючих пристроїв:

$$E_{\text{дис.}} = N \cdot \tau_{\text{к.}} = 442,3 \cdot 259\,200 = 114\,644,16 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 114,64 \text{ МДж}$$

еплота, що виділяється в процесі дисиміляції цукрів:

$$E_{\text{цук.}} = m_{\text{цук.}} \cdot q_{\text{цук.}}$$

де $m_{\text{цук.}}$ – маса цукру, яка є сумою маси глюкози та ксилози в міскантусі, $m_{\text{цук.}} = 85,5 \text{ кг}$, $q_{\text{цук.}} = 16,7 \text{ МДж/кг}$

$$E_{\text{цук.}} = 85,5 \cdot 16,7 \cdot 10^6 = 1427,85 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 1427,85 \text{ МДж}$$

Визначаємо сумарну кількість енергії, що надходить до апарату:

$$\Sigma E_{\text{надх.}} = E_{\text{пм}} + E_{\text{пс}} + E_{\text{пов.над.}} + E_{\text{дис.}} + E_{\text{цук.}} = 10,13 + 91,21 + 144,9 + 114,64 + 1427,85 = 1788,73 \text{ МДж}$$

Витрати теплової енергії:

культуральною рідиною:

$$E_{\text{кр}} = m_{\text{кр}} c_{\text{с}} t_{\text{с}} = 812 \cdot 4160,26 \cdot 30 = 101,34 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 101,34 \text{ МДж}$$

повітрям:

$$\begin{aligned} E_{\text{пов.вит.}} &= 1,165 \cdot 0,186 \cdot 1000 \cdot 30 \cdot 259\,200 = 1684,98 \cdot 10^6 \text{ Дж} \\ &= 1684,98 \text{ МДж} \end{aligned}$$

навколишнє середовище приймаємо 2 % від усіх витрат:

$$E_{\text{втр.}} = 0,02 \cdot (E_{\text{кр}} + E_{\text{пов.вит.}}) = 0,02 \cdot (101,34 + 1684,98) = 35,73 \text{ МДж}$$

Визначаємо сумарні витрати теплоти:

$$\Sigma E_{\text{вит.}} = E_{\text{кр}} + E_{\text{пов.вит.}} + E_{\text{втр.}} = 101,34 + 1684,98 + 35,73 = 1822,05 \text{ МДж}$$

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Теплове навантаження в апараті:

$$E_T = \Sigma E_{\text{надх.}} - \Sigma E_{\text{вит.}} = 1788,73 - 1822,05 = -33,32 \text{ МДж}$$

Для підтримання оптимальної температури культивування не потрібно проводити охолодження, оскільки $E < 0$.

4.3 Вимоги до охорони праці та навколишнього середовища

Біоетанол є легкозаймистою, токсичною речовиною наркотичної дії. Проте він відноситься до IV класу небезпеки - мало небезпечні речовини. Оскільки виключно великі концентрації парів в повітрі становлять небезпеку.

Основну загрозу для життя та здоров'я працівників становлять прилади та апарати, що застосовуються на виробництві. Зокрема більшість обладнання перебуває під тиском в певний момент, а також, сильно нагрівається.

Для забезпечення якісного виробничого процесу необхідно дотримуватись чітко врегульованих прави безпеки та гігієни на підприємстві.

Регулярні заходи санітарно-гігієнічного контролю, перевірки справності обладнання та комунікацій, постійне підвищення кваліфікації працівників, дотримання правил зберігання, транспортування та експлуатації матеріалів, реактивів та обладнання є запорукою дотримання належного рівня якості на виробництві.

Важливим аспектом дотримання охорони праці - системи правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Основними складовими безпечного виробничого процесу є справне та безпечне виробниче обладнання, безпечні технологічні процеси та дотримання правил поведження у виробничих зонах.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Задля дотримання норм і правил безпеки на підприємці роботодавці зобов'язаний дотримуватись наступних правил:

- формування належних відділів та призначення уповноважених осіб для нагляду за дотриманням вимог охорони праці, затвердження внутрішніх правил, технологічних карти та стандартів;
- прийняття колективного договору та комплексних заходів щодо підтримки та покращення рівня охорони праці;
- розробка програми оптимізації виробництва; дотримання належного стану промислових будівель, приміщень, виробничого обладнання, апаратури та комунікацій;
- укладання комплексу заходів допомоги постраждалим на виробництві, проведення неупередженого та об'єктивного розслідування нещасних випадків, ліквідація причин виникнення небезпечної ситуації;
- проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення ризиків виникнення аварій та небезпечних ситуацій.

Рівень небезпеки робочого середовища напряму залежить від кількості та якості контактів з обладнанням та реактивами, що здійснюється працівниками. На виробництві біоетанолу персонал має велику кількість контактів з інокуляторами та ферментерами, оскільки подібні апарати є, зокрема, і теплообмінниками, є ряд правил, яких необхідно дотримуватись при роботі з ними. Зокрема до вимог для безпечної роботи з теплообмінниками належать :

- захист від гідравлічних, теплових і механічних ударів;
- захист від перевищення тиску вище максимального значення;
- захист від підвищеної вібрації теплообмінника;
- захист від потрапляння чужорідних тіл у внутрішні порожнини;
- захист від ерозії та зношування матеріалів; [42]

					МД ББ-31м.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

У теплообміннику допускається використання виключено використання теплообмінників, затверджених у технічних характеристиках.

До технічного обслуговування апаратури та комунікацій допускаються виключно кваліфіковані кадри, що попередньо пройшли відповідний інструктаж із техніки безпеки та мають досвід роботи з обладнанням.

При роботі з обладнанням під тиском важливо уникати різких змін температури та тиску. Перепади температур можуть призвести до деформації стінок апаратів, що в свою чергу веде до несправності та розгерметизації. Усі робочі приміщення мають бути обладнані засобами пожежогасіння: пінними та сухими вогнегасниками, протипожежним водопроводом - в залежності від типу речовин, що можуть горіти в тому чи іншому приміщенні [42].

На все технологічне обладнання, що використовується на виробництві, має бути наявна наступна документація:

- технічний паспорт;
- сертифікат безпеки;
- інструкція з експлуатації.

Також, на видному місці мають бути зазначені найменування обладнання, тип обладнання, номер позиції обладнання на технологічній схемі регламенту, призначення обладнання, перелік розпізнавальних ознак аварії на виробництві, сценарій можливої аварії та план її ліквідації.

Охорона праці передбачає, зокрема і, регулювання умов праці. Наприклад, виробничі приміщення мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам. До таких належить об'єм виробничого приміщення. На одного працівника він має складати не менше 15 м³, а площа - 4,5 м².

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

До документації, що регулює норми з охорони праці належать: Закон України "Про охорону здоров'я"; Закон України "Про загальнообов'язкове соціальне державне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, які спричинили втрату працездатності"; Закон України "Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності"; Закон України "Про пожежну безпеку"; Закон України "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення.

Охорона безпеки праці регулюється ДСТУ 2293-99, згідно з яким мають проводитися планові перевірки повітря на наявність токсичних речовин та мікробіологічну чистоту, а також змиви з поверхонь. Має здійснювати технічний контроль якості умов довкілля в робочих приміщеннях: рівень вологості, температура, швидкість руху повітря, підвищене тепловиділення тощо. Оскільки санітарні показники впливають на стан здоров'я співробітників та якість виробничого процесу. Невідповідність показників нормованим значенням може спричиняти негативний вплив на стан працівників зокрема: надмірну втому, підвищення рівня захворюваності, збільшення ризику виробничих травм тощо [43].

Також важливим є дотримання норм та умов природоохоронних заходів щодо водних ресурсів, атмосферного повітря та раціонального використання земель, відповідно до постанови №1147 "Про затвердження переліку видів діяльності, що належать до природоохоронних заходів", затвердженої Кабінетом Міністрів України при проєктуванні, будівництві та експлуатації підприємства

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

РОЗДІЛ 5 СТАРТАП ПРОЄКТ

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

Таблиця 5.1 – Резюме стартап-проекту “Біоенерджі”

1. Сутність ідеї	Виробництво біоетанолу з міскантусу за допомогою мікроорганізмів здатних зброджувати і ксилозу, і глюкозу, із дегідратацією продукту до вмісту спирту 100%.
2. Наявність аналогів або прототипів ідеї	На сьогодні в Україні є близько 13 виробників біоетанолу. Шість із них працюють досить успішно - Зарубінський, Гайсинський спиртзаводи, приватні заводи Екоенергія та Фазор, а також Узинський і Гнідавський цукрові заводи. За 2018 рік вони виробили 80 тис. т біоетанолу. Проте жоден не виробляє етанол із міскантусу та не випускає продукт із вмістом спирту більше 96%.
3. Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Внутрішню ринкову потребу в паливних ресурсах, які наразі закупаються за кордоном та має потенціал до експорту.

					<i>МД ББ-31мп.00 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Піскуп О.В.			<i>Стартап проєкт</i>		
Керівн.		Голуб Н.Б.					
					Стадія	Арк.	Архувів
					Д	63	136
					КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ		

1. Ступінь розробленості технології реалізації	Виробництво знаходиться на етапі тестувань.
2. Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	HS 2207.10
3. КВЕД, до якого може належати дане виробництво	20.14 Виробництво інших основних органічних хімічних речовин 38.21 Оброблення та видалення небезпечних відходів 01.64 Оброблення насіння для відтворення
4. Очікувана потужність стартапу	Середнє підприємство
5. За масштабом виробництва	Масове
6. За рівнем спеціалізації	Комбіноване
7. За ресурсами, що споживатимуться	працемістке, матеріаломістке, капіталомістке, інформаційномістке
8. За чисельністю персоналу	Середнє
12. Органи управління при реалізації стартапу	Національні
13. Бажане географічне розташування - потужностей стартапу; - офісу стартапу; -	- виробничі потужності – Вінницька область; - офіс – у м. Київ;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

64

збутової мережі; - постачальників комплектуючих.	- збутова мережа – всі обласні та районні центри України, країни Європи; - постачальники комплектуючих – Вінницька область.
14. Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Виробництво
15. Гранична корисність ідеї стартапу	Спадна
16. Бізнес-модель стартапу	B2B, B2C
17. Конкуренти вітчизняні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	На даний момент в Україні відсутні виробники біопалива з міскантусу із застосуванням мікроорганізмів, здатних до зброджування целюлози та кінцевим продуктом і вмістом спирту 100%.
18. Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Шведська компанія sunliquid® застосовує міскантус для виробництва біоетанолу. Наразі проєкт є експериментальним. Ключовим фактором успіху стане оптимізація процесів обробки сировини та ферментації. Деякі світові бренди також

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

65

	займаються випуском високочистого етанолу вмістом 99.99-100%. Проте жодна компанія наразі не об'єднала ці фактори. Таким чином стартап Біоенерджі стане пепрошпроходцем у цій сфері.
19. Ключові фактори успіху стартапу	Дешевизна сировини та можливість її використання в посівному циклі для ремедіації ґрунтів. Новизна і актуальність технології. Наявність незакритої ніші на ринку. Державна програма підтримки та висока актуальність для інвестицій. Безвідходний цикл виробництва.
20. Споживачі (основні на етапі впровадження, групи, орієнтовна чисельність)	Усі автозаправні комплекси в Україні. Орієнтовний попит на рік складає 300 тис. т біоетанолу при добавці Е5 на початкових етапах виробництва для 1500 АЗС України.
21. Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	100 000 л
22. Мінімальна кількість виробництва за методом точки беззбитковості	100 000 л

23. Споживачі на етапі розвитку	Малі та середні АЗК України
24. Споживачі на етапі зрілості	Малі, середні та великі АЗК України та країн Євразії
25. Конкурентна ціна на продукт стартапу	46 грн/л
26. Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	35,8%
27. Капіталовкладення в проект	114 800 000 грн
28. Період повернення капіталовкладень у проект	3.8 років
29. Джерела фінансування	Внутрішні, зовнішні, національні
30. Основні компоненти продукції стартапу (їх доля у готовому товарі, ступінь готовності компонентів у наявному виробництві)	Етанол 100% (отримується в процесі виробництва 100 %) Тара (каністри, закуповується. пакети, закуповується) Добрива (отримуються в результаті виробництва 100%)
31. Потенційні постачальники складових компонентів розробки (виділити вітчизняних і закордонних, плановий обсяг замовлень, наявна потужність постачальника)	ТОВ Litolan (каністри) ТОВ СвітПак (пакети) Praj Industries (обладнання) ANDRITZ (обладнання)
32. Планове місце реалізації	АЗК України, мережі продажу

результату розробки (місце, планова доля реалізації продукту через це місце)	пального
33. Наявність посередників при реалізації (так, ні, орієнтовні посередники, форми оплати їх діяльності)	АЗК України. Оплата здійснюється шляхом оптової закупівлі ними товару та роздрібної дистрибуції.
34. Методи просування результатів розробки на ринок	Реклама, стимулювання збуту.

5.2. Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Таблиця 5.2 – Аналіз загроз і можливостей зовнішнього середовища

	Загрози	Можливості
Економіка		
1. Створення лояльних умов для розвитку середнього бізнесу	<ul style="list-style-type: none"> - зростання витрат на маркетинг та рекламу. - зростання рівня конкуренції для середнього бізнесу; 	<ul style="list-style-type: none"> + залучення нових інвестицій; + створення партнерських стосунків: + можливість отримання державних субсидій та грантів; + розширення можливостей на ринку; + вдосконалення продукту.

2. Зміна системи оподаткування для малого та середнього бізнесу	<ul style="list-style-type: none"> - зменшення прибутковості; - збільшення фінансового навантаження - зменшення інвестицій для розробки; - фінансова нестабільність; 	<ul style="list-style-type: none"> + можливість диверсифікації доходів; + міжпідприємницька співпраця; + оптимізація податкових витрат;
3. Зміна ланцюгів постачання та дистрибуції	<ul style="list-style-type: none"> - Затримка чи взагалі відсутність поставок від перевірених постачальників; - Зниження рівня реалізації власного товару. 	<ul style="list-style-type: none"> + Оптимізація ланцюгів постачання та дистрибуції; + Оптимізація менеджменту та управління компанії; + Розробка та інтеграція власної логістичної системи, що може перерости у дочірню компанію.
Політика		
1. Державне	- Зниження рівня	+ Стабільність доходу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

69

регулювання цін на пальне	<p>доходів;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Висока конкуренція на ринку; - Підвищені витрати на маркетинг. 	<p>за умов коливання курсу валют;</p> <p>+ Можливість оптимізації виробничих процесів з метою зниження витрат.</p>
2. Війна	<ul style="list-style-type: none"> - Ризик для життя працівників; - Ризик для інфраструктури та обладнання; - Нестабільні умови стану ринку; - Нестабільні умови поставок; - Ускладнення експорту 	<p>+ Політична мотивація для фінансування проєктів, що стосуються розробки альтернативних джерел палива в Україні;</p> <p>+ Політична мотивація для заохочення експорту товарів та послуг українського виробництва на ринку ЄС;</p> <p>+ Можливість оптимізації ланцюгів поставок та дистрибуції;</p> <p>+ Підвищення рівня зацікавленості населення в товарах</p>

		національного виробництва.
3. Збільшення частки уряду, як замовника	<ul style="list-style-type: none"> - Неможливість вільного регулювання цін на товар; - Зниження рівня партнерства з приватними дистрибуторами. 	<ul style="list-style-type: none"> + Підвищення можливості отримання державних грантів та пільг; + Стабільність рівня попиту; + Збільшення протекції з боку держави; + Можливість зміни законодавства з метою спрощення ведення бізнесу в енергетичній сфері.

Науково-технічний прогрес

1. Підвищення вимог до науково-технічного рівня виробництва	<ul style="list-style-type: none"> - Необхідність оптимізації та автоматизації виробництва; - Необхідність інвестицій 	<ul style="list-style-type: none"> + Підвищення рівня якості виробничого процесу; + Оптимізація виробничого циклу; + Зниження втрат на всіх рівнях виробництва.
2. Розвиток генетичної інженерії	- Посилення рівня правових обмежень та	+ Розробка нових більш ефективних

	регуляцій; - Збільшення витрат.	продуцентів біоетанолу.
3. Використання машинного навчання	- Можливість порушення конфіденційності даних - Можливість збоїв системи.	+ Зменшення рівня впливу “людського фактору” + Оптимізація ефективності аналізу ринку збуту; + Оптимізація аналізу наукових та технологічних надбань в світі.

Таблиця 5.3 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор		Переваги	Недоліки
Конкуренти	ТОВ “ФАЗОР”	1. Налагоджений виробничий цикл 2. Налагоджена система збуту та партнерські стосунки з поставщика та дистрибуторами 3. Наявний	1. Менш енергетично вигідна сировина та способи] обробки 2. Застаріла технологія 3. Відсутність масштабування

		власний сировинний комплекс	
	ТОВ “ЕКО ЕНЕРГІЯ”	1. Налагоджений виробничий цикл 2. Налагоджена система збуту та партнерські стосунки з поставщика та дистрибуторами	1. Малі об’єми виробництва 2. Низький рівень зацікавленості в розширенні та оптимізації виробництва
Постачальники	ТОВ Litolan	1. Надійний виробник 2. Широкий асортимент	1. Виробничі потужності в Україні - існує можливість пошкодження інфраструктури і припинення роботи виробництва
	ТОВ СвітПак	1. Низька вартість 2. Можливість кастомізації пакувань.	1. Виробничі потужності в Україні - існує можливість пошкодження інфраструктури і

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

73

			припинення роботи виробництва. 2. Відносна фінансова нестальність
	ANDRITZ	1. Широкий вибір обладнання 2. Гарантійне обслуговування 3. Надійність та довгостроковість обладнання	1. Великі витрати на перевезення техніки, можливість її пошкодження в процесі. 2. Значні терміни поставок та ремонту
	Praj Industries	1. Широкий асортимент 2. Надійність обладнання 3. Гарантійне обслуговування	1. Порівняно високі ціни 2. Значні терміни доставки

Таблиця 5.4 – Аналіз зацікавлених сторін

Зацікавлена	Вплив її на	Цікавість її до	Загальний
-------------	-------------	-----------------	-----------

сторона	реалізацію проекту	проекту	коефіцієнт впливу на проект
Суб'єкти зовнішнього оперативного середовища			
Постачальники:			
TOB Litolan	1	2	1,5
TOB СвітПак	1	3	2
ANDRITZ	3	2	2,5
Praj Industries	4	2	3
Посередники:			
WOG	3	2	2,5
ОККО	3	2	2,5
БРСМ	2	2	2
Shell	2	2	2
Дрібні АЗК	3	3	3
Рекламні агенції	3	2	2,5
Юридичні фірми	4	2	3
Аудиторські компанії	1	1	1
Комісії	4	1	2

сертифікації			
Зовнішнє середовище			
Політичні структури:			
Державна податкова служба України	3	1	2
Міністерство енергетики України	4	2	3
Суб'єкти економічного середовища:			
ТОВ “ФАЗОР” (конкурент)	1	1	1
ТОВ “ЕКО ЕНЕРГІЯ” (конкурент)	1	2	1,5
Власники географічних об'єктів:			
Орендодавці землі під приміщеннями	3	2	2,5

Суб'єкти демографії:			
Населення	4	3	3,5
Суб'єкти НТП:			
Науково-дослідні установи	4	2	2

5.3 Визначення ключових факторів успіху

Таблиця 5.5 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища

Організаційна структура	Переваги	Недоліки
Команда стартапу	+ організованість; + ініціативність; + зацікавленість в проєкті; + освіта	- нестача досвіду
Працівники виробництва	+ організованість + освіта + досвід роботи	- “людський фактор” - важкість підбору кваліфікованих кадрів
Ідея	+ актуальність + новизна + перспективність	- витрати - необхідність вивчення та вдосконалення
Технологія	+ ефективність	- дороговизна

Сировина та матеріали	+ дешевизна + доступність + можливість подвійного використання	- необхідність попередньої обробки
Система збуту	+ організованість системи доставок + ефективний пошук дистриб'юторів + співпраця з глобальними АЗК + міжнародна співпраця	- складність міжнародної логістики через війну - відсутність збуту на пряму.

Таблиця 5.6 – Оцінка характеристик за методом Шонфільда

Характеристи ка	Коефіцієнт вагомості	Оцінка характеристик		
		Продукція “Біоенерджі”	“ФАЗОР”	“ЕКО ЕНЕРГІЯ”
1.Ціна	0,3	4	2	5

2.Клієнтська база	0,2	2	5	3
3.Окупність	0,1	4	5	2
4.Дотримання вимог нормативної документації	0,3	4	4	3
5.Репутація бренду	0,1	5	4	4

Таблиця 5.7 – Оцінка характеристик за методом Шонфільда з урахуванням коефіцієнту

Характеристика	Оцінка характеристик		
	“Біоенерджі”	“ФАЗОР”	“ЕКО ЕНЕРГІЯ”
1. Ціна	1,2	0,6	1,5
2.Клієнтська база	0,4	1	0,6
3.Окупність	0,4	0,5	0,2
4.Дотримання вимог нормативної документації	1,2	1,2	0,9
5.Репутація бренду	0,5	0,4	0,4

На рисунку 5.1 наведені графіки порівняння продукту “Біоенерджі” в порівнянні з конкурентними брендами “Фазор” та “Еко енергія” .

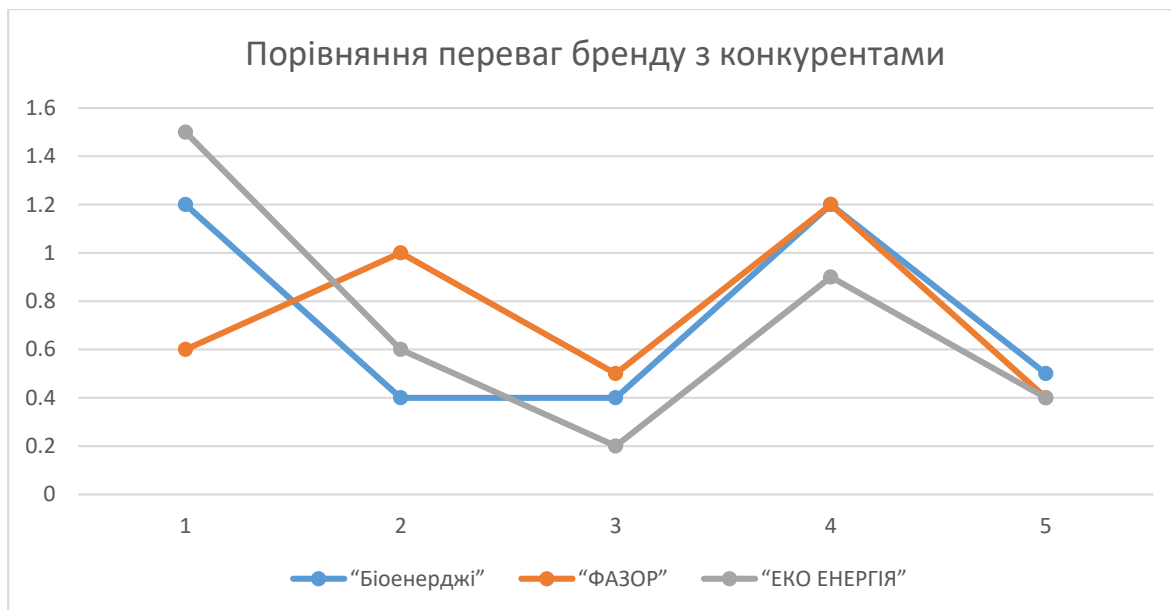


Рис 5.1 - Порівняння переваг бренду з конкурентами

Висновок: Ключовим фактором успіху для даного стартапу є ціна продукту та оптимальна маркетингова стратегія. І хоча дана технологія не має аналогів, на пального ринку все ж наявна висока конкуренція. Для домінування в сегменті важливо мати порівняно нижчу ціну, що досягається за рахунок високої економічної ефективності виробничого циклу.

Таблиця 5.8 – Варіанти розвитку ідеї стартапу

Варіант розвитку	Стислий опис можливого варіанту
1. Оптимістичний	<ul style="list-style-type: none"> - збільшення клієнтської бази - зростання впізнаваності бренду та його репутації - зростання рівня інвестицій - зростання зацікавленості від покупців - поява дочірніх напрямків розвитку - розширення об'ємів виробництва

	<ul style="list-style-type: none"> - вихід на міжнародний ринок - вихід на фондовий ринок - домінування в енергетичному секторі в Євразії
2. Реалістичний	<ul style="list-style-type: none"> - поступове розширення клієнтської бази - розширення бази співпраці - збільшення впізнаваності бренду - збільшення зацікавленості клієнтів - збільшення об'ємів виробництва - оптимізація технології виробництва - розширення та введення кількох сировинних матеріалів - можливе погіршення якості товару - збільшення побічних витрат - зниження собівартості товару як - покращення технології виробництва - нарощення репутації - займання впевненої позиції в сегменті - плавне розширення асортименту в

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

82

	<p>межах сфери</p> <ul style="list-style-type: none"> - укладання довгострокових контрактів для поставок в країни Європи - створення дочірніх компаній в сфері логістики та агрохолдингу в рамках розширення
3. Песимістичний	<ul style="list-style-type: none"> - незацікавленість дистриб'юторів в співпраці - падіння підтримки від держави та втрата інвесторів - застій виробництва на етапі малих об'ємів - збільшення собівартості - зменшення окупності - зниження репутації бренду - відмова від оптимізації виробництва - позови до суду від незадоволених підрядників - банкрутство компанії - борги

5.4. Визначення категорій потенційних споживачів

Таблиця 5.9 – Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
----------	----------

Юридична особа	
1. Форма власності	Приватні
2. КВЕД	КВЕД 20.14 КВЕД 38.21 КВЕД 01.64
3. За потужністю	Малі, середні та великі
4. За масштабом виробництва	Серійні та масові
5. За рівнем спеціалізації	Комбіновані
6. За ресурсами, що споживаються	Працемісткі, капіталомісткі, матеріаломісткі
7. За чисельністю персоналу	Малі, середні та великі
8. За сферою діяльності	Виробничі, комерційні
9. За приналежністю капіталу і контролю	Національні, іноземні
10. За географічним розташуванням	Вся Україна, країни західної Європи
11. За віддаленістю органів управління	Національні, міжнародні
12. За характером господарської діяльності	Промислові, транспортні

13. За рівнем технологічної цілісності	Провідні, дочірні, філії
14. За долею іноземного капіталу	З іноземними інвестиціями
15. За формуванням статутного капіталу	Корпоративні
16. За організацією виробничих процесів	Безперервні
17. За роботою протягом року	Позасезонні
18. За географічним розташуванням на території України	Вся територія (окрім, тимчасово окупованих областей)
19. За наявністю вільних ОБЗ (коштів)	Оборотні фонди, фонди обігу, власний капітал, залучений капітал.
20. За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи: <ul style="list-style-type: none"> · регіон; · чисельність населення; · динаміка росту регіону; · правові обмеження торгівлі; · структура регіону. 	<ul style="list-style-type: none"> · Київська область; · 1 795 000 осіб; · інфляція 7%; · податок на прибуток 18%; · відповідно до адміністративно-територіального устрою Київська область

	складається з 7 районів, 26 міст, 36 селищ міського типу, 1121 сільських населених пунктів, обласний центр – місто Київ (адміністративно до її складу не входить).
--	--

2. Фізична особа

1. Вік	Від 18 років
2. За платоспроможністю (визначити розмір готовності платити за придбання продукту, послуги)	Від 50 до 70 грн/л. Особи, які зацікавлені в екологічному способі життя достатньо, що сплачувати більше за 1 літр екологічного пального за потреб.
3. За соціальним рівнем споживачів (кількість майна, рівень зарплати, доступ до ресурсів)	Кількість майна – автотранспорт; рівень зарплати – від 14 577 грн. і більше; доступ до ресурсів – інтернету та

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

86

	налагодженої системи збуту.
<p>4. За способом життя (звички, традиції, стереотипи поведінки):</p> <ul style="list-style-type: none"> · фізичні; · психологічні; · емоційні; · духовні; · соціальні; · інтелектуальні. 	<p>Спосіб життя – житель міста або села. Незалежно від психологічних, духовних та емоційних факторів. Частково залежить від морального та інтелектуального факторів: люди, що обирають екологічний спосіб життя.</p>
<p>5. Тип особистості споживачів (традиціоналіст, ідеаліст, фрустрант (низька самооцінка), реаліст, гедоніст (задоволення тут і зараз))</p>	<p>Тип особистості споживачів не має значення.</p>
<p>6. За ставленням до товару:</p> <ul style="list-style-type: none"> · мотивація придбання; · пошук вигоди; · ставлення до товару; · інформованість про товар; · інтенсивність споживання товару. 	<ul style="list-style-type: none"> · планова; · може представляти дешевшу альтернативу традиційному пальному, є більш екологічним; · звичайне; · повна; · висока.

7. За сімейними цінностями (склад сім'ї, рівень сімейного доходу, етап життєвого циклу сім'ї, традиції)	Не залежить від складу сім'ї, етапу життєвого циклу сім'ї, традиції. Рівень сімейного доходу середній або вище середнього.
8. За співвідношенням бажання придбати і цінової межі (порівняти цифри парами «місячний дохід – вартість одиниці товару»)	Для 1 л – 14 677 + : 60 як 224,6 + : 1. Для 10 л – 14 677 + : 600 як 24,6 + : 1. Для 50 л – 14 677 + : 3000 як 4,85 + : 1.
9. За інтенсивністю споживання товару: <ul style="list-style-type: none"> · разове придбання; · періодичне придбання; · систематичне придбання. 	· систематичне придбання
10. За інформованістю (самоосвіта, ЗМІ, спеціальні джерела)	Самоосвіта, ЗМІ.

Таблиця 5.10 – Основні групи потенційних споживачів і їх потреби

Категорія (група) клієнтів	Потреби, які він задовольняє за допомогою нашого продукту
1. АЗК	Закуповують високоякісний етанол для роздрібної торгівлі

2. Мережі паливних магазинів	Закуповують високоякісний етанол для роздрібної торгівлі
3. Приватні особи	Купують паливо для власного використання

Таблиця 5.11 – Паспорт потенційного клієнта

Характеристика	Значення
Організаційно-правова форма	ФОП, ТОВ
Класифікація -за потужністю -за чисельністю персоналу -за обсягом виробництва -за сезонністю виробництва	- середні, великі - середні, великі - серійні, масові - позасезонні
Розташування -місто -сmt -село	Приміська зона і промзони міст
Вид продукту, який потрібен даному споживачеві	Біоетанол зі вмістом спирту 100%

Призначення придбаної розробки	Біопаливо
Кваліфікація персоналу підприємства -робочі -службовці -керівники	- робочі — малокваліфіковані або некваліфіковані - службовці — кваліфіковані - керівники — висококваліфіковані
Потенційний обсяг споживання розробки	Близько 3,7 т/рік
Хто приймає рішення про придбання розробки	Технолог- розробник, головний технолог

Таблиця 5.12 – Запланований обсяг реалізації стартап-продукту

	Січ нь, 2024	Лют ий, 2024	Берез ень, 2024	Квіт ень, 2024	Трав ень, 2024	Черв ень, 2024	Лип ень, 2024	Серп ень, 2024	Верес ень, 2024	Жовт ень, 2024	Листо пад, 2024	Груд ень, 2024
Запланов аний обсяг, т	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,2	2,4	2,7	3

5.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку

					МД ББ-31м.00 ПЗ			Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				90

Вартість обладнання: 1 150 000 грн.

Строк служби обладнання: 10 років.

Випуск продукції: 3500 л/рік.

Зарплата: 103 580 грн/рік.

ЄСВ: 22 787,6 грн/рік.

Сировина: 1 020 000 грн/рік.

Оренда приміщення: власне приміщення.

Розрахунок ціни на основі аналізу точки беззбитковості

Розв'язання:

Амортизація (А) = вартість обладнання / строк служби обладнання =
= 1 150 000/10 = 115 000 грн/рік.

Обз = зарплата + ЄСВ + сировина = 103 580 + 22 787,6 + 1 020 000 = 1 146 368
грн/рік.

Собівартість (С) = Обз + А + оренда приміщення = 1 146 368 + 115 000 + 0 = 1 261
368 грн/рік.

Ціна продукції (Ц) = С/випуск продукції = 1 261 368/35000 = 36,04 грн/л.

					<i>МД ББ-31м.00 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

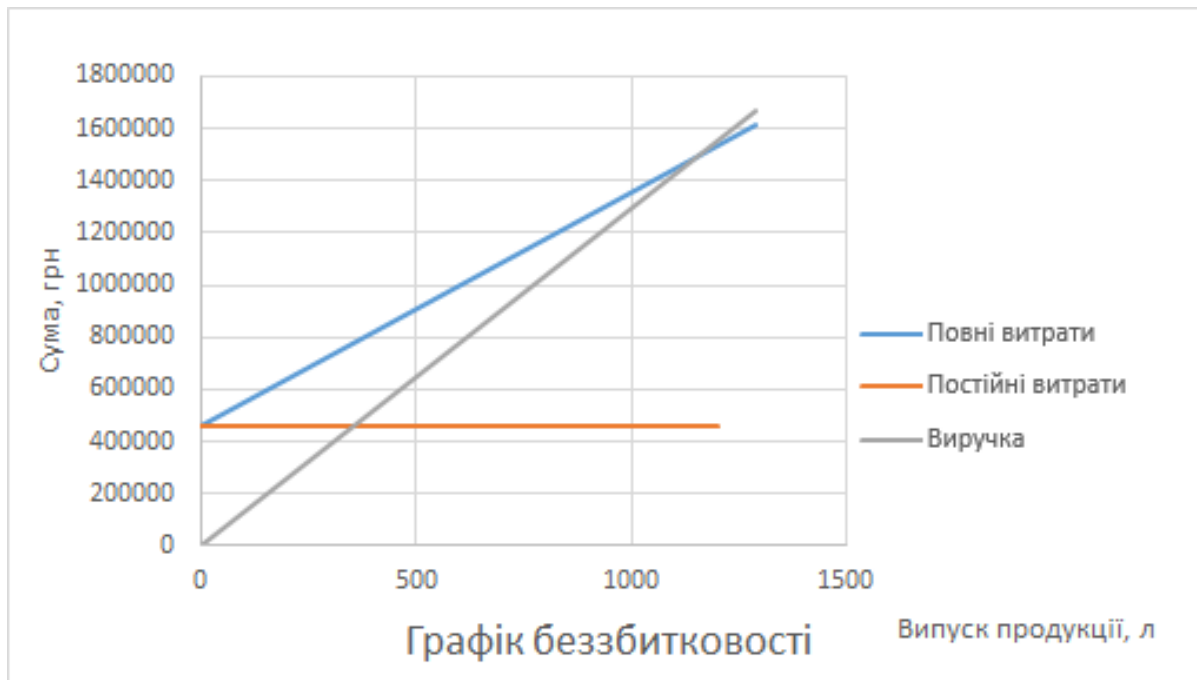


Рисунок 5.2. Графік беззбитковості

Розрахунок ціни на основі витратного методу

$C = C + \text{фіксований відсоток прибутку (від собівартості)} \text{ [грн/од]}$

де C – прогнозована ціна товару, грн/од,

C – розрахована автором ідеї, технології, методики очікувана собівартість товару, грн/од.

$$C = 36,04 \text{ грн./л} + 4\% = 37,5 \text{ грн./л}$$

Розрахунок ціни агрегатним методом

Ціна поживного середовища (C_1) = 36 грн/л

Ціна бактеріологічної культури (C_2) = 11 грн/л

Ціна упаковки (C_3) = 1,7 грн/л

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 1\,200 + 50 + 30 = 1\,280 \text{ грн/л.}$$

Розрахунок ціни параметричним методом

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Таблиця 5.13– Розрахунок ціни параметричним методом

Продукт	Параметри						Ціна
	Репутація бренду		Ціна		Клієнтська база		
	бали	коефіцієнт вагомості	бали	коефіцієнт вагомості	бали	коефіцієнт вагомості	1 бал = 11, 12
Аналог	4	0,2	3	0,4	5	0,3	38,92
Продукт “Біоенерджі”	5	0,2	4	0,4	2	0,3	35,58

$$Ц = 35,58 \text{ грн/л}$$

Розрахунок ціни конкурентним методом

Ціни на препарати-аналоги варіюють: 1 літр біоетанолу “Фазор” коштує 44,8 грн/л, “Еко енергія” – 43,9. Для визначення ціни розрахуємо середнє арифметичне:

$$Ц = (44,8 + 43,9)/2 = 44,35 \text{ грн/л.}$$

Таблиця 5.14 – Калькуляція собівартості стартап-продукту

№ п/п	Етап розробки / елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник

1	Етап розробки ідеї - заробітна плата і нарахування (ЄСВ); - відрядна заробітна плата; - електроенергія; - водопостачання та водовідведення;	3	126 367,6 грн/міс
		2	37900 грн/міс
		958 кВт/міс	6485,7 грн/міс
		50 м³/міс	2145 грн/міс
2	Етап реалізації ідеї - сировина, матеріали (ліцензія); - заробітна плата і нарахування (ЄСВ); - амортизація; - електроенергія; - водопостачання та водовідведення;	1	1 728 279,3 грн/міс
		3	126 367,6 грн/міс
		3	9583,3 грн/міс
		958 кВт/міс	21 483 грн/міс
		50 м³/міс	6485,7 грн/міс
3	Етап впровадження у виробництво - біологічні активи - заробітна плата і нарахування (ЄСВ); - електроенергія; - водопостачання та водовідведення;		3 300 грн/міс
		1	
		3	126 367,6 грн/міс
		3	6485,7 грн/міс
		958 кВт/міс	2145 грн/міс
		50 м³/міс	

4	Етап масової реалізації	2	1 728 279,3 грн/міс
	- сировина, матеріали;	3	126 367,6 грн/міс
	- заробітна плата і нарахування (ЄСВ);	2	37 910,4 грн/міс
	- відрядна заробітна плата;	3	9583,3 грн/міс
	- амортизація;	958 кВт/міс	6485,7 грн/міс
	- електроенергія;	50 м ³ /міс	2145 грн/міс
	- водопостачання та водовідведення;	1	15 000 грн/міс
	- інше (витрати на рекламу).		

Таблиця 5.15 – Забезпеченість проєкту основними засобами

Місце ОЗ у технологічному процесі	Назва ОЗ	Повна початкова вартість ОЗ	Плановий період експлуатації ОЗ	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
Обладнання	Ферментер	162 000 грн	10 років	Dostab - Ukraine Technology	Грант на стартап

Обладнання	Датчик тиску ДДУ-М	3 000 грн	3 роки	AllHim	Власні кошти
Обладнання	Холодильник фармацевтичний	19 000 грн	7 років	AllHim	Власні кошти
Біологічні активи	Продуцент	2 075 грн	7 років	Власна розробка	Власні кошти

Таблиця 5.16 – Забезпеченість проєкту оборотними фондами

Група Обф	Назва	Норма витрат на рік	Ціна, грн/од	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування
Сировина і матеріали	Сировина				
	Вода	6 158 500 л	42,9/л	Київводоканал	Грант на стартап

	Ксилоза	15 000 кг	27,6/г	ТОВ «ХІМЛАБРЕАК ТИВ»	Грант на стартап
	Дріжджови й екстракт	25 500 кг	12/кг	ТМ АБЕРАТ	Грант на стартап
	Глюкоза	11 000 кг	36/кг	ТМ АБЕРАТ	Грант на стартап
	Агар-агар	11 450 кг	68,3/кг	ТМ АБЕРАТ	Грант на стартап
	Продуцент	11,5 г	1857/г	BIONORM	Власні кошти
	Матеріали				
	Рукавички одноразові	18 600	0,74/од	МЕД РОСТ	Власні кошти
	Тара(каніс три)	700	13,5/од	ТОВ Litolan	Грант на стартап
	Тара(пакет и)	1200	1,4	ТОВ СвітПак	Грант на стартап

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

97

	Мийний розчин	500 500 л	11,3/л	РЕАКТИВЮА	Грант на стартап
	Паливо	680 л/рік	50 грн./л	ТОВ "MARTINOIL"	Власні кошти
Паливо, електроенергія	Електроенергія	11 500 кВт/рік	6,77 грн/кВт·год	Київобленерго	Грант на стартап

Таблиця 5.17 – Забезпеченість проєкту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність за списком на посаді	Кваліфікаційні вимоги	Плановий рівень заробітної плати, грн/місяць	Джерело фінансування ФОП
Робочі основи	Апаратник	3	Вища освіта біологія/ біотехнологія/ хімія	14 500	Грант на стартап

	Помічник технолога	2	Вища освіта біологія/ біотехнологі я/ хімія Досвід роботи на аналогічній посаді від 1 року	19 000	Грант на стартап
	Пакувальни к	1	Середня спеціальна вища освіта або досвід роботи на аналогічній посаді від 2 років	12 000	Грант на стартап
Молодший персонал обслуговува ння	Лаборант	2	Вища освіта біологія/ біотехнологі я/хімія або досвід роботи на аналогічній посаді від 3 років	18 500	Грант на стартап

Спеціалісти	Головний технолог	1	Вища освіта біологія/ біотехнологія/хімія Досвід роботи на аналогічній посаді від 2 років	31 500	Грант на стартап
	Технолог	2	Вища освіта біологія/ біотехнологія/ хімія Досвід роботи на аналогічній посаді від 2 років	25 500	Грант на стартап
Керівники	Начальник цеху	1	Вища освіта біологія/ біотехнологія/ хімія Досвід роботи на аналогічній	37 000	Грант на стартап

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

100

			посаді від 5 років Рекомендація з попереднього місяця роботи		
	Фінансовий директор	1	Вища освіта економіста/ банківська справа Досвід роботи на аналогічній посаді від 3 років	35 000	Грант на старт

Таблиця 5.18 – Техніко-економічні показники проєкту

Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку
1. Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	Од.	$B = 35\,000$
2. Середньорічна чисельність персоналу за списком	Осіб	$\text{Чсп} = \text{Чяв} \times \text{Кпер} = 14$

3. У тому числі: - основних; - допоміжних; - інженерно-технічного персоналу.	Осіб	11 1 2
4. Середньорічний виробіток робітника (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Од./особу	$ПП_{с.р.} = \frac{В}{Ч_{сп}} = \frac{35\,000}{14} = 2500$
5. Капіталовкладення у проєкт (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту): - всього; - на одиницю продукції.	Грн. Грн./од.	$K = OF + OBF = 1\,123\,000 + 1\,987\,000 + 102\,000 + 213\,700 + 62\,850 + 14\,256 + 17\,107,2 + 300\,000 = 3\,819\,913,2$ $K = 3\,819\,913,2 / 35\,000 = 109,14$
6. Повна собівартість (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту): - всього; - на одиницю продукції.	Грн. Грн./од.	$C = A + OBF = 115\,000 + 1\,987\,000 + 102\,000 + 213\,700 + 62\,850 + 14\,256 + 17\,107,2 + 300\,000 = 2\,812\,913,2$ $C = 2\,812\,913,2 / 35\,000 = 80,37$

7. Відносний прибуток (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Грн./од	$\Pi = \Pi - C = 109,14 - 80,37 = 28,77$
8. Рентабельність (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	%	$P = (\Pi/C) \times 100 = (28,77/80,37) \times 100 = 35,8$
9. Період повернення капіталовкладень (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Років	$T_{\text{пов}} = K/\Pi = 109,14/28,77 = 3,79$
10. Фондовіддача виробничих фондів (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Грн./грн.	$\Phi B = (\Pi \times B)/OF = 109,14 \times 35000/1\,123\,000 = 3,4$
11. Фондоємкість (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Грн./грн.	$\Phi C = 1/\Phi B = 1/3,40 = 0,29$
12. Продуктивність праці (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Грн./особу	$\Pi\Pi = B/(\text{Ч}_{\text{сп}} \times T) = 35000/(14 \times 108,96) = 22,9$
13. Коефіцієнт економічної ефективності (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)		$E = \Pi/K = 28,77/109,14 = 0,26$

6 Концепція бізнес-моделі проєкту та карта бізнес-процесів реалізації проєкту

Таблиця 5.19 – Карта бізнес-процесів виконання стартап-проєкту

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат
Розробка ідеї стартапу	Створення ідеї	Інтелектуальні, трудові	10-20 днів	-
	Аналіз ринку	Інтелектуальні, трудові	До 7 днів	-
	Формування команди	Інтелектуальні, трудові, фінансові	13-15 днів	Від 15% до 30% від річної заробітної плати найнятого члена команди
	Визначення цільової аудиторії	Інтелектуальні, трудові, фінансові	10-20 днів	Від 30 000 грн/міс
	Проведення маркетингових досліджень	Інтелектуальні, трудові, фінансові	до 30 днів	Від 30 000 грн/міс

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

104

	Визначення оптимальної технології виробництва	Інтелектуальні, трудові, фінансові	Від 182 до 365 днів	Від 45 000 грн/міс
	Оцінка інвестиційної привабливості стартапу	Інтелектуальні, трудові, фінансові	Від 91 до 365 днів	Від 40 000 грн/міс
Реалізація ідеї	Пошук інвесторів	Інтелектуальні, трудові, фінансові	Від 63 до 273 днів	Від 30 000 грн/міс
	Підготовка презентації для потенційних інвесторів	Інтелектуальні, трудові	1-2 дні	-
	Пошук постачальників	Інтелектуальні, трудові	до 90 днів	Від 30 000 грн/міс
	Пошук приміщення	Інтелектуальні, трудові	до 30 днів	-
	Оформлення організації як ТОВ	Інтелектуальні, фінансові	1 день	2000 грн.
	Реєстрація торгової марки	Інтелектуальні, фінансові	1 день	7000 грн.

	Укладання договору з постачальником сировини	Інтелектуальні, фінансові	1 день	1500 грн.
	Укладання договору з постачальником тари	Інтелектуальні, фінансові	1 день	1500 грн.
	Укладання договору лізингу на обладнання	Інтелектуальні, фінансові	1 день	1500 грн.
	Укладання договору про купівлю виробничого приміщення	Інтелектуальні, фінансові	до 30 днів	до 25 000 грн.
	Укладання договорів з основними точками збуту	Інтелектуальні, фінансові	до 30 днів	до 25 000 грн.
	Формування остаточних технічних карт, технологічної	Інтелектуальні, трудові, фінансові	5 днів	25 000 грн.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31мп.00 ПЗ

Арк.

106

	схеми і апаратурної схеми виробництва			
Впровадження у виробництво	Навчання персоналу	Інтелектуальні, трудові, фінансові	Безперервний процес	Від 30 000 грн/міс
	Закупівля, встановлення та налаштування обладнання	Інтелектуальні, трудові, фінансові	до 91 доби	Від 2 500 000 грн
	Закупівля сировини та матеріалів	Інтелектуальні, трудові, фінансові	до 30 діб	Від 50 000 грн
	Технічний запуск виробництва	Інтелектуальні, матеріально-технічні, обладнання, трудові, фінансові	Від 56 до 125 днів	Від 150 000 грн/місяць
	Оптимізація виробництва	Інтелектуальні, матеріально-	Від 182 до 547 днів	Від 85 000 грн/міс

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МД ББ-31м.00 ПЗ

Арк.

107

		технічні, обладнання, трудові, фінансові		
	Сертифікація продукту	Інтелектуаль ні, матеріально- технічні, обладнання, трудові, фінансові	до 90 діб	Від 30 00 грн/міс.
Масова реалізація	Маркетингова комунікація	Інтелектуаль ні, трудові, фінансові	Безперервн ий процес	Від 30 00 грн/міс.
	Ведення фінансового обліку	Інтелектуаль ні, трудові, фінансові	Безперервн ий процес	Від 30 00 грн/міс.
	Закупівля оборотних засобів	Інтелектуаль ні, трудові, фінансові	Безперервн ий процес	Від 30 00 грн/міс.
	Пошук нових точок збуту	Інтелектуаль ні, трудові, фінансові	Безперервн ий процес	Від 30 00 грн/міс.

	Організація ланцюгів дистрибуції	Інтелектуальні, трудові, фінансові	Безперервний процес	Від 130 000 грн/міс.
	Продаж готового товару	Інтелектуальні, трудові, фінансові	Безперервний процес	Від 800 00 грн/міс.
	Стратегія розвитку підприємства	Інтелектуальні, трудові, фінансові	Безперервний процес	Від 300 500 грн/міс.

Таблиця 5.20 – Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Функції	Елементи										
	Бізнес-аналітик	Бізнес-консультант	Головний бухгалтер	Головний інженер-технолог	Засновники	Інвестори	Інженер з якості	Керівник відділу збуту	Керівник логістичного відділу	Керівник юридичного відділу	Керівник відділу маркетингу
Пошук і формування команди		+			+						+
Визначення можливих напрямків	+	+			+						+

Функції	Елементи									
	Фахівць з охорони праці	Фахівць з навчання та розвитку персоналу	Фінансовий директор	Рекрутингове агенство	Начальник відділу маркетингу	Керівник юридичного відділу	Керівник логістичного відділу	Керівник відділу збуту	Інженер з якості	Інвестори
Бізнес-аналітик					+					
Бізнес-консультант										
Головний бухгалтер										
Головний інженер-технолог										
Засновники										
Інвестори										
Інженер з якості										
Керівник відділу збуту										
Керівник юридичного відділу										
Начальник відділу маркетингу										
Рекрутингове агенство										
Фінансовий директор										
Фахівць з навчання та розвитку персоналу										
Фахівць з охорони праці										
розвитку ідеї стартапу										
Проведення маркетингових досліджень										
Визначення оптимальної технології виробництва										
Оцінка інвестиційної привабливості стартапу										
Підготовка презентації ідеї стартапу										
Пошук потенційних інвесторів										
Отримання фінансування від інвесторів										
Розробка проєктної										

Функції	Елементи										
	Функція з охорони праці	Функція з навчання та розвитку персоналу	Фінансовий директор	Рекрутингове агентство	Начальник відділу маркетингу	Керівник юридичного відділу	Керівник логістичного відділу	Керівник відділу збуту	Інженер з якості	Інвестори	Засновники
Головний інженер-технолог											
Головний бухгалтер											
Бізнес-консультант											
Бізнес-аналітик											
документації											
Реєстрація ТОВ											
Створення бренду											
Реєстрація торгівельної марки											
Купівля виробничо-складського приміщення											
Пошук та підбір персоналу											
Розробка та прийняття інструкцій з техніки безпеки											
Розробка технологічного процесу											
Розробка системи контролю											

Функції	Елементи									
	Фахівець з охорони праці	Фахівець з навчання та розвитку персоналу	Фінансовий директор	Рекрутингове агентство	Начальник відділу маркетингу	Керівник юридичного відділу	Керівник логістичного відділу	Керівник відділу збуту	Інженер з якості	Інвестори
якості продукції										
Розробка маркетингової стратегії					+					+
Навчання персоналу		+								
Закупівля, встановлення та налаштування	+		+			+			+	
виробничого обладнання										
Проведення переговорів із постачальниками, укладення договору поставки сировини й матеріалів	+		+			+			+	
Технічний запуск									+	
Головний інженер-технолог										+
Головний бухгалтер										
Бізнес-консультант										
Бізнес-аналітик	+									

Функції	Елементи										
	Фахівець з охорони праці	Фахівець з навчання та розвитку персоналу	Фінансовий директор	Рекрутингове агентство	Начальник відділу маркетингу	Керівник юридичного відділу	Керівник логістичного відділу	Керівник відділу збуту	Інженер з якості	Інвестори	Засновники
Головний інженер-технолог											
Головний бухгалтер											
Бізнес-консультант											
Бізнес-аналітик											
виробництва											
Оптимізація виробництва	+		+						+		
Маркетингова комунікація					+						
Ведення фінансового обліку			+								+
Закупівля оборотних засобів			+						+		+
Управління персоналом		+								+	
Виробництво продукції									+		+
Пошук потенційних клієнтів					+						
Організація доставки готової продукції							+	+			
Продаж готової			+					+			

Функції	Елементи											
	Бізнес-аналітик	Бізнес-консультант	Головний бухгалтер	Головний інженер-технолог	Засновники	Інвестори	Інженер з якості	Керівник відділу збуту	Керівник логістичного відділу	Керівник юридичного відділу	Начальник відділу маркетингу	Рекрутингове агентство
Функції												
продукції												
Стратегія розвитку підприємства	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

5.7 Ризики стартап-проекту та методи управління ними

Таблиця 21 – ризики інноваційної розробки

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес процеси	Внутрішні ризики	Зовнішні ризики
Розробка ідеї стартапу	Пошук і формування команди	- Вибір неналежного кандидатів - Шахрайство	- Відсутність необхідних кадрів на ринку праці - неспроможність надати конкуренту пропозицію
	Визначення можливих напрямків розвитку ідеї стартапу	- Неправильна оцінка ринку - втрата потенційного прибутку	- Зміни в галузевому законодавстві - поява нових конкурентів
	Проведення маркетингових досліджень	- Неправильна методика проведення дослідження	- Зміни в споживчому попиті

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес процеси	Внутрішні ризики	Зовнішні ризики
		- неправильне визначення цільового клієнта - недоцільне формування маркетингової стратегії	
	Визначення оптимальної технології виробництва	- Технічні несправності обраної технології - Закупка неправильного патенту - розробка неоптимальної технології	- Зростання цін на ресурси та матеріали - шахрайство поставників
	Оцінка інвестиційної привабливості стартапу	- Помилкова оцінка потенціалу проекту	- Економічна нестабільність
Реалізація ідеї	Підготовка презентації ідеї стартапу	- Низька якість презентації - Не відповідність термінам	- Зміни в інвестиційному кліматі - Поява конкурента
	Пошук потенційних інвесторів	- Невдалий підхід до переговорів - невдалий аналіз потенційних інвесторів - залучення ненадійних інвесторів	- Зміни в інвестиційному кліматі

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес процеси	Внутрішні ризики	Зовнішні ризики
	Отримання фінансування від інвесторів	- залучення ненадійних інвесторів	- Зміни в міжнародному економічному стані
	Розробка проєктної документації	- Неправильна стратегія проєкту	- Затримки в одержанні дозволів та ліцензій
	Реєстрація ТОВ	- Помилки в реєстраційних документах	- Зміни в законодавстві - Затримка видачі статусу
	Створення бренду	- Невдала маркетингова стратегія - недотримання плану	- Конкуренція в сегменті ринку
	Реєстрація торгівельної марки	- Конфлікти з іншими торговельними марками	- Зміни в законодавстві
	Пошук та підбір персоналу	- Неналежний підбір персоналу	- Зміни на ринку праці
	Розробка та прийняття інструкцій з техніки безпеки	- Недостатня увага до технічної безпеки - Впровадження застарілих норм та документації	- Зміни в законодавстві
	Розробка технологічного процесу	- Технічні несправності у процесі розробки	- Зміни в технологічних стандартах
	Розробка системи контролю якості продукції	- Помилки у системі контролю якості - помилки персоналу	- Зміни в стандартах якості та регулювання

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес процеси	Внутрішні ризики	Зовнішні ризики
	Навчання персоналу	- Недоцільне навчання - незрозуміле навчання	- Зміни в технологіях та обладнанні - не зацікавленість персоналу
	Закупівля, встановлення та налаштування виробничого обладнання	- Затримки у постачанні та встановленні обладнання	- Технічні несправності виробничого обладнання
Впровадження у виробництво	Проведення переговорів із постачальниками, укладення договору поставки сировини й матеріалів	- укладання не вигідних договорів - співпраця з ненадійними постачальниками	- Зміни ринку
	Технічний запуск виробництва	- Технічні несправності під час запуску	- Зміни в постачанні сировини та матеріалів
	Оптимізація виробництва	- Ризики зв'язані зі змінами виробничого процесу	- Зміни в ринковій конкуренції
	Маркетингова комунікація	- Невдалий маркетинговий підхід	- Зміни в рекламних тенденціях
	Ведення фінансового обліку	- Бухгалтерські помилки	- Зміни в законодавстві про оподаткування
Масова реалізація	Закупівля оборотних засобів	- Невдалий розрахунок оборотних засобів	- Зміни в цінах на оборотні засоби
	Управління персоналом	- Конфлікти у колективі - незацікавленість персоналу в	- Зміни в законодавстві - конкуренція на ринку праці

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес процеси	Внутрішні ризики	Зовнішні ризики
		навчання та розвитку - нездатність конкурувати на ринку праці	
	Виробництво продукції	- Технічні проблеми виробництва	- Зміни в постачанні сировини та матеріалів
	Пошук потенційних клієнтів	- Невдалий маркетинговий підхід	- Зміни попиту
	Організація доставки готової продукції	- Затримки у логістичних процесах	- Зміни в тарифах на транспортні послуги
	Продаж готової продукції	- Невдалий стратегічний план продажів	- Зміни попиту
	Стратегія розвитку підприємства	- Неправильна стратегія розвитку	- Зміни в світовій економічній ситуації

Таблиця 22 – Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

Категорія	Ризик	Ймовірність	Загроза	Добуток	Вплив на результат
Внутрішні					
Фінансові	Залучення ненадійних інвесторів	2	3	6	Фінансова нестабільність може призвести до затримки, відкладення або скасування впровадження проекту.
Фінансові	Невдалий розрахунок оборотних засобів.	3	2	6	Може призвести до фінансової нестабільності та проблем із платоспроможністю.

Категорія	Ризик	Ймовірність	Загроза	Добуток	Вплив на результат
Інформаційні	Технічні несправності у процесі розробки	2	2	4	Може призвести до затримок у виробництві та низькій якості продукту.
Технологічні	Недостатня увага до технічної безпеки .	2	2	4	Може призвести до аварійних ситуацій, травм та призупинення виробничого процесу.
Торговий	Невдалий маркетинговий план.	2	2	4	Може призвести до низький попит на продукцію та великої конкуренції, що несе грошові втрати.
Технологічні	Технічні проблеми виробництва.	2	2	4	Затримки в постачанні, можливе погіршення якості, можливі випадки травмування персоналу.
Фінансові	Бухгалтерські помилки.	2	2	4	Фінансова нестабільність, можливі юридичні проблеми.
Технологічні	Ризики зв'язані зі змінами виробничого процесу.	1	3	3	Може негативно вплинути на якість продукції, терміни виробництва.
Транспорті	Затримки у постачанні та встановленні обладнання.	3	1	3	Може призвести до затримки виробничого процесу, псування сировини та матеріалів.
Транспорті	Затримки у логістичних процесах.	3	1	3	Може призвести до втрати клієнтів, фінансових втрат.
Інформаційні	Неправильна стратегія розвитку.	1	2	2	Може призвести до затримки розвитку виробництва та фінансових втрат.

Категорія	Ризик	Ймовірність	Загроза	Добуток	Вплив на результат
Ризик персоналу	Неправильний підбір професійного персоналу.	1	2	2	Може призвести до помилок під час виробничого процесу, травмувань, невдоволення та конфліктів в колективі, низької якості продукції, фінансових втрат.
Ризик персоналу	Конфлікти у колективі.	2	1	2	Зниження ефективності роботи, погіршення робочого клімату та втрати персоналу.
Стратегічні	Неправильна стратегія проєкту.	1	2	2	Може призвести до відкладення реалізації або нереалізації проєкту.
Технологічні	Технічні несправності обраної технології.	1	2	2	Може призвести до збитків через низьку якість продукції, ризик аварій, погіршення репутації.
Технологічні	Технічні несправності під час запуску	2	1	2	Може призвести до затримок постачання
Управлінські	Недоцільний вибір кандидатів.	1	2	2	Може призвести до помилок під час виробничого процесу, травмувань, невдоволення та конфліктів в колективі, низької якості продукції, фінансових втрат.
Управлінські	Неправильний вибір кандидатів	1	2	2	Може призвести до помилок під час виробничого процесу, травмувань, невдоволення та конфліктів в колективі, низької якості продукції, фінансових втрат.
Управлінські	Невдалий підхід до переговорів	1	2	2	Може призвести до втрат фінансування, репутаційних втрат.

Категорія	Ризик	Ймовірність	Загроза	Добуток	Вплив на результат
Управлінські	Невдалий маркетинговий стратегічний план	1	2	2	Втрати на рекламі, низька ефективність маркетингових заходів та низький попит.
Фінансові	Помилкова фінансова модель	1	2	2	Може призвести до фінансової нестабільності та додаткових витрат.
Юридичні	Помилки в реєстраційних документах.	1	2	2	Може призвести до затримок у реєстрації та юридичних проблем.
Інформаційні	Недостатній розвиток програми навчання.	1	1	1	Може призвести до низького рівня кваліфікації персоналу, низької якості роботи, травмувань та аварійних ситуацій
Інформаційні	Закупка неправильного патенту	1	1	1	Може призвести до юридичних конфліктів, втрат патентних прав та фінансові витрати.
Зовнішні					
Бізнес-ризик	Зміни в попиті	2	3	6	Може призвести до зниження попиту на продукт, додаткових витрат, затримок та можливого скасування проєкту.
Бізнес-ризик	Зміни в ринковій конкуренції	3	2	6	Може призвести до додаткових витрат та необхідності оптимізації товару та виробничого процесу
Інфляційні	Зростання цін на ресурси та матеріали	3	2	6	Може призвести до підвищених витрат на виробництво, зниження прибутку та можливих збитків.
Макроекономічні	Економічна нестабільність	3	2	6	Може призвести до збільшення цін на ресурси та матеріали, зниження купівельної спроможності покупців, банкрутства підрядників та поставників, можливих фінансових втрат.

Категорія	Ризик	Ймовірність	Загроза	Добуток	Вплив на результат
Ринкові	Відсутність необхідних кадрів на ринку праці.	2	3	6	Може призвести до низької якості роботи на виробництві, необхідності розробки систем навчання, фінансових втрат.
Макроекономічні	Зміни в економічному середовищі.	2	2	4	Може призвести до збільшення витрат та зниження прибутків.
Природно-екологічні	Природні катастрофи, обстріли.	2	2	4	Може призвести до пошкодження та знищення інфраструктури, травмування персоналу, фінансових збитків.
Ринкові	Зміни на ринку праці.	2	2	4	Може призвести до збільшення витрат.
Товарні	Зміни в постачанні сировини та матеріалів.	2	2	4	Може призвести до затримки виробництва.
Валютні	Зміни в міжнародному економічному стані.	3	1	3	Може призвести до обмеження імпорتنих можливостей.
Інвестиційні	Зміни в інвестиційному кліматі.	3	1	3	Може призвести до зниження рівня залучених інвестицій, фінансових втрат.
Інвестиційні	Зміни в інвестиційних тенденціях.	3	1	3	Може призвести до зниження рівня залучених інвестицій, фінансових втрат.

Категорія	Ризик	Ймовірність	Загроза	Добуток	Вплив на результат
Бізнес-ризик	Конкуренція в сегменті ринку	1	2	2	Може призвести до фінансових втрат та необхідності оптимізації виробничого процесу та товару.
Бізнес-ризик	Зміни в рекламних тенденціях.	2	1	2	Може призвести до низької ефективності реклами та низького попиту на товар.
Культуро-соціальні	Зміни в законодавстві про працю	1	2	2	Може призвести до збільшення витрат, необхідності змін в колективі та правилах найму.
Культуро-соціальні	Висока турбулентність в суспільстві.	2	1	2	Може призвести до непередбачуваних змін у вимогах споживачів, правових нормах та соціокультурних факторах.
Податкові	Зміни в законодавстві про оподаткування.	2	1	2	Може призвести до збільшення податкових обов'язків та впливати на фінансові рішення проєкту.
Технологічні	Зміни в технологічних стандартах.	1	2	2	Може вимагати адаптації технічних процесів та обладнання, що вплине на графік та бюджет проєкту.
Технологічні	Технічні проблеми виробничого обладнання.	1	2	2	Може призвести до затримок у виробництві та зменшення якості продукції.
Товарні	Зміни в цінах на оборотні засоби.	1	2	2	Може вплинути на фінансову стабільність проєкту та шанси на його подальшу реалізацію.
Товарні	Зміни в тарифах на	2	1	2	Може викликати збільшення витрат на логістику та транспортування продукції.

Категорія	Ризик	Ймовірність	Загроза	Добуток	Вплив на результат
	транспортні послуги.				
Легальні	Зміни в законодавстві про промислову безпеку.	1	1	1	Може впливати на якість кінцевого продукту, його собівартість.
Політико-законодавчі	Зміни в законодавстві, що стосуються галузі.	1	1	1	Може вплинути на регулювання та умови функціонування підприємства.
Політико-законодавчі	Затримки в одержанні дозволів та ліцензій.	1	1	1	Може вплинути на графік реалізації проєкту та затрати на його оформлення.
Політико-законодавчі	Зміни в законодавстві.	1	1	1	Вимагає постійного відстеження та адаптації проєкту до нових правових вимог.
Технологічні	Зміни в стандартах якості та регулювання.	1	1	1	Вимагає відповідності новим стандартам, що може вплинути на витрати для виготовлення продукції та її якість. Може вимагати зміни технології.
Технологічні	Зміни в технологіях та обладнанні.	1	1	1	Вимагає покращення обладнання та технічних процесів, впливаючи на графік та бюджет.

Таблиця 5.23 – План заходів з управління ризиками

Ризик	Метод управління	Відповідальні виконавці	Період застосування методу	Очікуваний результат
Залучення ненадійних інвесторів	Заміна джерел фінансування.	Фінансовий директор або керівник фінансового відділу.	Під час пошуку фінансування та регулярного оновлення фінансового плану.	Залучення необхідних інвестицій та забезпечення фінансової стабільності.
Невдалий розрахунок оборотних засобів.	Фінансове планування та моніторинг.	Керівник фінансового відділу або фінансовий аналітик.	Під час розробки бюджету та регулярного моніторингу фінансової діяльності.	Забезпечення ефективного фінансового управління та уникнення фінансових труднощів.
Технічні несправності у процесі розробки.	Проведення тестувань та аудиту технічних процесів	Технічний директор або головний інженер-конструктор.	Під час розробки технічної документації та перед запуском виробництва.	Уникнення технічних проблем, забезпечення якості продукції та вчасного запуску.
Недостатня увага до технічної безпеки	Регулярна перевірка технічних систем та процедур безпеки	Директор з технічної безпеки або головний інженер	Постійно під час виробництва та регулярно під час аудитів технічної безпеки.	Забезпечення безпеки праці та уникнення травматичних ситуацій на виробництві.
Невдалий маркетинговий план.	Ретельний аналіз ринку та оновлення маркетингової стратегії.	Маркетинговий директор	Перед запуском продукції на ринок та регулярно під час маркетингових оглядів.	Збільшення попиту на продукцію та досягнення успішного введення на ринок.
Технічні проблеми виробництва	Впровадження системи контролю та	Виробничий директор або головний інженер	Під час проектування виробництва та регулярно в процесі експлуатації.	Забезпечення стабільного та ефективного виробництва без технічних перебоїв.

Ризик	Метод управління	Відповідальні виконавці	Період застосування методу	Очікуваний результат
	технічного обслуговування.			
Бухгалтерські помилки	Автоматизація бухгалтерського обліку та перевірка зовнішніми аудиторами.	Головний бухгалтер	Під час ведення фінансового обліку та регулярного перевірки бухгалтерією.	Уникнення фінансових помилок та забезпечення точності бухгалтерського обліку.
Ризики зв'язані зі змінами виробничого процесу	Визначення гнучкості та адаптації виробничих процесів.	Головний інженер	Під час впровадження нових технологій та регулярно в процесі експлуатації.	Успішна інтеграція нових технологій та уникнення проблем при змінах.
Затримки у постачанні та встановленні обладнання.	Створення резервних планів та співпраця з постачальниками.	Менеджер з логістики або постачань	Під час укладання контрактів та регулярного моніторингу постачань.	Забезпечення вчасного отримання необхідних ресурсів та запуску виробництва.
Затримки у логістичних процесах.	Впровадження ефективних систем логістики та	Менеджер з логістики або постачань	Під час організації логістичних процесів та регулярного моніторингу.	Забезпечення ефективного та вчасного логістичного обслуговування.

Ризик	Метод управління	Відповідальні виконавці	Період застосування методу	Очікуваний результат
	моніторингу.			
Зміни в споживчому попиті.	Регулярні маркетингові дослідження та гнучка стратегія виробництва.	Менеджер з маркетингу або стратегічний аналітик	Під час регулярних маркетингових досліджень та стратегічного планування.	Сприяння реагуванню на зміни ринкового попиту та збільшення обсягів продажів.
Конкуренція в ринковій сегментації.	Розробка унікальної стратегії та збереження конкурентоспроможності.	Стратегічний менеджер або керівник розвитку бізнесу	Під час стратегічного планування та аналізу конкурентоспроможності.	Забезпечення конкурентоспроможності продукції та збільшення ринкової частки.
Зміни в ринковій конкуренції.	Аналіз конкурентів в та оперативне реагування на зміни.	Стратегічний менеджер або керівник розвитку бізнесу	Постійно під час аналізу конкурентів та стратегічного планування.	Успішна адаптація до змін конкурентного середовища та збільшення конкурентоспроможності.
Зростання цін на ресурси та матеріали.	Довгострокові угоди з постачальниками та ефективне	Менеджер поставок	Під час укладання договорів з постачальниками та регулярного аналізу цін.	Зменшення впливу зростання цін на фінансовий стан компанії та забезпечення сталості виробництва.

Ризик	Метод управління	Відповідальні виконавці	Період застосування методу	Очікуваний результат
	управління запасами.			
Економічна нестабільність.	Ретельне економічне моделювання та стратегії фінансової стійкості.	Фінансовий директор або головних бухгалтер	Під час економічного моделювання та регулярного моніторингу економічних тенденцій.	Зменшення впливу економічної нестабільності на фінансовий стан підприємства.
Відсутність необхідних кадрів на ринку праці.	Систематичний пошук талановитого персоналу та інвестиції у розвиток персоналу.	Керівник відділу управління персоналом або керівник HR-відділу	Під час пошуку талановитих працівників та систематичного навчання персоналу.	Забезпечення наявності талановитого та висококваліфікованого персоналу.
Зміни в економічній середовищі.	Систематичний моніторинг економічних тенденцій та гнучка стратегія.	Економічний стратег або керівник відділу стратегії	Постійно під час моніторингу економічних тенденцій та стратегічного планування.	Забезпечення успішного вирішення економічних викликів та адаптація до нових умов.
Природні катастрофи, обстріли.	Розробка та впровадження планів надзвичай	Керівник відділу безпеки та екстрених ситуацій або	Під час розробки та впровадження планів надзвичайних ситуацій та страхування.	Мінімізація впливу природних катастроф та обстрілів на виробництво та персонал.

Ризик	Метод управління	Відповідальні виконавці	Період застосування методу	Очікуваний результат
	ної ситуації та страховка.	головний інженер-еколог		
Зміни на ринку праці.	Регулярні аналізи ринкових умов та оперативн е пристосування.	Менеджер з логістики або постачань	Постійно під час моніторингу ринкових умов та стратегічного планування.	Успішне адаптування до змін у постачанні та забезпечення надійності постачань.
Зміни в постачанні сировини та матеріалів.	Диверсифікація постачальників та стратегічн е управління запасами.	Менеджер з логістики або постачань	Під час укладання контрактів та регулярного моніторингу постачань.	Забезпечення стабільності виробництва та уникнення перерв у постачаннях.
Зміни в міжнародно му економічно му стані.	Глобальне стратегічн е плануванн я та аналіз ризиків міжнародн их ринків.	Міжнародний менеджер або керівник логістичного відділу	Постійно під час моніторингу міжнародних економічних тенденцій.	Зменшення ризиків, пов'язаних зі змінами на міжнародному ринку.
Зміни в інвестиційно му кліматі.	Активна участь у фінансови х групах та аналіз інвестицій них	Фінансовий директор	Під час участі в інвестиційних групах та регулярного аналізу інвестиційних можливостей.	Забезпечення ефективного привертання інвестицій та зменшення ризиків фінансових труднощів.

Ризик	Метод управління	Відповідальні виконавці	Період застосування методу	Очікуваний результат
	можливост ей.			
Зміни в інвестиційних тенденціях.	Систематичний аналіз ринкових тенденцій та пошук інвестиційних можливостей.	Фінансовий аналітик	Постійно під час аналізу ринкових тенденцій та пошуку інвестиційних можливостей.	Зменшення впливу змін інвестиційних тенденцій на фінансовий стан компанії.
Зміни в постачанні сировини та матеріалів.	Співпраця з надійними постачальниками та постійний моніторинг.	Менеджер з логістики або постачань	Постійно під час моніторингу постачань та стратегічного планування	Забезпечення стабільності виробництва та уникнення перерв у постачаннях.

У даному проєкті була розглянута можливість та перспектива розробки стартап-проєкту з виробництва біоетанолу з енергетичної культури міскантус, за допомогою мікроорганізмів здатних до зброджування ксилози зі вмістом спирту в кінцевому продукті 100% під назвою «Біоенерджі».

У ході аналізу перспектив та небезпек було вивчено загрози та можливості, що впливають на розвиток стартап-проєкту. Були визначені ключові фактори успіху для проєкту, ґрунтуючись на методі Шонфільда. Було розроблено сценарії розвитку ідеї стартапу, відповідно до рівня їх імовірності. Було оцінено конкурентів та постачальників, що можуть чинити вплив на успіх впровадження проєкту.

Було проведено розрахунок вартості продукції за допомогою п'яти різних методів, і прийнято оптимальну ціну на рівні 40,43 грн/л для оптового продажу. Оцінено забезпеченість проєкту основними засобами, оборотними фондами та трудовими ресурсами. Аналіз техніко-економічних показників стартапу підтвердив високий рівень рентабельності, що становить 35,8%, а також прийнятний термін окупності інвестицій в запуск та розвиток проєкту 3,79 років.

Було створено карту бізнес-процесів для впровадження та ефективного розвитку стартап-проєкту. Проведено системний аналіз процесів розвитку стартап-проєкту та запуску виробництва з установленням відповідальних працівників за кожний етап.

Було здійснено аналіз ризиків, пов'язаних з інноваційною розробкою. Проведено оцінку ймовірностей настання цих ризиків і розроблено план заходів з управління ними.

Згідно з оцінкою таких показників як інноваційність, актуальність та рівень інтересу покупців, а також, техніко-економічні показники проєкту, даний стартап-проєкт демонструє високий рівень потенціалу для успішного запуску, розвитку, розширення виробництва та отримання прибутку.

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		131

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано новітні наукові та практичні досягнення в сфері отримання біоетанолу з лігноцелюлозної сировини, виявлено, що попит на біоетанол у світі складає 200 мільярдів літрів до 2028 року, а в Україні - 300 тисяч тон. Встановлено, що наявні виробництва задовольняють даний попит лише частково - на рівні 80 тисяч тон на рік, при цьому в Україні відсутнє виробництво етанолу з лігноцелюлозної сировини.
2. Обрано продуцент *Scheffersomyces stipitis* UCM Y-2810 за його здатність зброджувати одночасно глюкозу та ксилозу, а також, стійкість до концентрації спирту до 20% в культуральній рідині.
3. Запропоновано технологічне рішення отримання біоетанолу з міскантусу, що включає обробку сировини, підготовку продуцента та поживного середовища, отримання біоетанолу шляхом культивування *Scheffersomyces stipitis* на субстраті з гідролізованого міскантусу протягом трьох діб при температурі 33°C, виділення та досягнення концентрації етанолу до 100% за допомогою фільтр-пресів, ректифікації, дистиляції та молекулярних сит. Наведено та обґрунтовано технологічну та апаратурну схеми виробництва;
4. Розраховано та спроектовано ферментер, об'ємом 1 м³, обладнаний турбінною мішалкою та барботером для нарощування посівного матеріалу. Представлено креслення апарату загального виду. Охарактеризовано вимоги до охорони праці та навколишнього середовища.
5. Розроблено стартап-проект виробництва біоетанолу з міскантусу, представлено ризики та перспективи впровадження проекту, визначено рентабельність виробництва, що становить 35,8%, а також прийнятний термін окупності 3,8 років

					МД ББ-31мп.00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Піскуп О.В.			Висновки		
Керівн.		Голуб Н.Б.					
					Стар.	Арк.	Аркуші
					Д	132	136
					КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sustainable economic growth potential of biomass-enriched countries through bioenergy production: State-of-the-art assessment using product space model Front. Aqsa Ayub, Fahad Ali Shah, Muhammad Abdul Qyyum, Dur-e-Yab Habib. Energy Res., Sec. Bioenergy and Biofuels. Volume 11 - 2023 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2023.112326>
2. Renewables 2023. Transport biofuels. [Електронний ресурс] (Дата звернення 20.05.2024) <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/transport-biofuels>
3. Скільки біопалива виробляють в Україні та в світі. Слово і діло. [Електронний ресурс] (Дата звернення 20.05.2024) <https://www.slovoidilo.ua/2018/07/03/infografika/suspilstvo/skilky-biopalyva-vyroblyayut-ukrayini-ta-sviti>
4. Bioenergy Europe Manifesto for the 2024 EU elections. [Електронний ресурс] (дата звернення 21.05.2024) <https://bioenergyeurope.org/manifesto-2024-elections/>
5. REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS State of the Energy Union Report 2023 (pursuant to Regulation (EU) 2018/1999 on the Governance of the Energy Union and Climate Action). COM/2023/650
6. Ukraine`s Bioenergy Sector: Trends and Perspectives for the Post-war Green Energy Transition. Tetiana Kurbatova, Iryna Sotnyk, Galyna Trypolska, Laima Gerlitz, Tetiana Skibina, Olha Prokopenko, Oleksandra Kubatko. International Journal of Energy Economics and Policy 023, 13(5), 515-532. ISSN: 2146-4553 <https://econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/14633/7513>

					<i>МД ББ-31мн.00 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Пісчун О.В.</i>			<i>Перелік використаних джерел</i>		
<i>Керівн.</i>		<i>Голуб Н.Б.</i>					
						<i>Стадія</i>	<i>Арк.</i>
						<i>Д</i>	<i>132</i>
						<i>Архув</i>	
						<i>136</i>	
						<i>КПІ ім. Ізоря Сікорського</i>	
						<i>ФБТ</i>	

6. ROADMAP FOR BIOENERGY DEVELOPMENT IN UKRAINE UNTIL 2050 UABIO Position Paper № 26. Georgii Geletukha, Tetiana Zheliezna, Yuri Matveev, Petro Kucheruk, Volodymyr Kramar - November 9, 2020 <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/11/uabio-position-paper-26-en.pdf>
7. Ukraine`s Bioenergy Sector: Trends and Perspectives for the Post-war Green Energy Transition. Tetiana Kurbatova, Iryna Sotnyk, Galyna Trypolska, Laima Gerlitz, Tetiana Skibina, Olha Prokopenko, Oleksandra Kubatko. International Journal of Energy Economics and Policy 023, 13(5), 515-532. ISSN: 2146-4553 <https://econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/14633/7513>
8. Bioenergy Association of Ukraine. STATE OF THE ART AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT IN UKRAINE UABio Position Paper N 9. Georgiy Geletukha, Tetiana Zheliezna - Kyiv, Ukraine - 2014 <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-9-en.pdf>
9. BIOENERGY – A SUSTAINABLE AND RELIABLE ENERGY SOURCE. A review of status and prospects. Ausilio Bauen (E4tech); Göran Berndes (Chalmers University of Technology); Martin Junginger (Copernicus Institute of the University of Utrecht); Marc Londo (ECN) and François Vuille (E4tech). <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/MAIN-REPORT-Bioenergy-a-sustainable-and-reliable-energy-source.-A-review-of-status-and-prospects.pdf>
10. Біопаливо — майбутнє цукрової галузі України. [Електронний ресурс] (Дата звернення: 20.05.2024) <https://www.slovoidilo.ua/2018/07/03/infografika/suspilstvo/skilky-biopalyva-vyroblyayut-ukrayini-ta-sviti>
11. Nicolae Scarlat, Jean-Francois Dallemand, Chapter Ten - Future Role of Bioenergy, Editor(s): Carmen Lago, Natalia Caldés, Yolanda Lechón, The Role of Bioenergy in the Bioeconomy, Academic Press - 2019. Pages 435-547, ISBN 9780128130568, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813056-8.00010-8>
12. ROADMAP FOR BIOENERGY DEVELOPMENT IN UKRAINE UNTIL 2050 UABIO Position Paper № 26. Georgii Geletukha, Tetiana Zheliezna, Yuri Matveev, Petro Kucheruk, Volodymyr Kramar - November 9, 2020 <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/11/uabio-position-paper-26-en.pdf>
13. André R.G. da Silva, Carlo E.T. Ortega, Ben-Guang Rong. Effects of Bioethanol Pretreatments on the Broth Concentration and its Impacts in the Optimal Design of Product Separation and Purification Processes. Computer Aided Chemical Engineering. Volume 38 - 2016 <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63428-3.50102-8>.
14. Prangan Duarah, Dibyajyoti Haldar, Anil Kumar Patel, Cheng-Di Dong, Reeta Rani Singhania, Mihir Kumar Purkait. A review on global perspectives of sustainable development in bioenergy generation. Bioresource Technology, Volume 348, 2022. ISSN 0960-8524 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852422001201>

- 15.Дубровін Валерій Олександрович, Голуб Геннадій Анатолійович, Поліщук Віктор Миколайович, Сера Катерина Михайлівна, Драгнєв Семен Василь. Біодизель та біоетанол. ЮНІДО - Київ - 2015
http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/5143/1/Biodizel_TM6.pdf
- 16.Лукашевич Е.А..Біоетанол – практика та застосування. ПрАТ « Українська технологічна компанія» - Київ-2019 р. https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/10/bioethanol_utc_experience-1.pdf
- 17.Технології виробництва біоетанолу. UTC. [Електронний ресурс] (Дата звернення 04.10.2024) <https://utc.bio/bioethanolnyj-zavod-ukraine/tehnologiyi-vyrobnyctva-bioetanolu/proczesna-shema-vyrobnyctva/>
- 18.Екструзія: технологія і устаткування для переробки полімерів [Електронний ресурс] (Дата звернення 24.05.24) <https://ten24.com.ua/ua/blog/ekstruziya-tekhnologiya-i-oborudovanie-dlya-pererabotki-polimerov>
- 19.V.V. Brei 1, I.V. Shchutskyi, Institute for Sorption and Problems of Endoecology of the National Academy of Sciences of Ukraine, LTD “Techinservice MG” - BIOETHANOL IN UKRAINE - KYIV
- 20.Куц А.М., Кошова В.М. Технологія бродильних виробництв: Конспект лекцій з дисц. «Загальні технології харчової промисловості» для студ. ден. та заоч. форм навчання напряму підготовки 6.051701 “Харчові технології та інженерія”. – К.: НУХТ, 2011. – 157 с.
- 21.van Zyl, W.H., Lynd, L.R., den Haan, R., McBride, J.E. (2007). Consolidated Bioprocessing for Bioethanol Production Using Saccharomyces cerevisiae . In: Olsson, L. (eds) Biofuels. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology, vol 108. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/10_2007_061
- 22.Fomina M., Yurieva O., Pavlychenko A., Syrchin S., Filipishena O., Polishchuk L., et al. Application of natural fungi in bioconversion of lignocellulosic waste to second-generation ethanol. Biosystems Diversity. 2024; 32(1):45-59. DOI: 10.15421/01240
- 23.Panchal C.J., Bast L., Russell I., Stewart G. G. Repression of xylose utilization by glucose in xylose-fermenting yeasts. Canadian journal of microbiology. 1988; 34(12):1316-1320. DOI: 10.1139/m88-230
- 24.Jeffries, T., Grigoriev, I., Grimwood, J. et al. Genome sequence of the lignocellulose-bioconverting and xylose-fermenting yeast Pichia stipitis. Nat Biotechnol 25, 319–326 (2007). <https://doi.org/10.1038/nbt1290>
- 25.ДСТУ 7166:2010 Біоетанол. Технічні умови [Електронний ресурс] (Дата звернення 12.10.24) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=78359
- 26.Щурська К. О., Кузьмінський Є. В. Біоенергетика : підручник для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 304 с

27. Zhang Y. H. Outlook for cellulase improvement: Screening and selection strategies / Y. H. Zhang, M. E. Himmel, J. R. Mielenz. // Biotechnology Advances. – 2006. – №24. – С. 452–481.
28. De Souza W. R. Microbial Degradation of Lignocellulosic Biomass / W. R. De Souza. – 2013. – №9. – С. 207–247
29. Microbial degradation of lignin (Enzymes, Steps, Mechanisms) [Електронний ресурс] (Дата звернення 12.10.24) <https://microbenotes.com/microbial-degradation-of-lignin/>
30. Wyman, C. (1996). Handbook on Bioethanol: Production and Utilization (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9780203752456>
31. Taherzadeh, Mohammad & Karimi, Keikhosro. (2007). Enzymatic-based hydrolysis processes for Ethanol. BioResources. 2. 10.15376/biores.2.4.707-738.
32. Vanholme, R., Demedts, B., Morreel, K., Ralph, J., & Boerjan, W. (2010). Lignin biosynthesis and structure. Plant physiology, 153(3), 895–905. <https://doi.org/10.1104/pp.110.155119>
33. Zhou, M., Fakayode, O.A., Ren, M. et al. Laccase-catalyzed lignin depolymerization in deep eutectic solvents: challenges and prospects. Bioresour. Bioprocess. 10, 21 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40643-023-00640-9>
34. Niemistö, Johanna. (2014). Towards sustainable and efficient biofuels production. Use of pervaporation in product recovery and purification. https://www.researchgate.net/publication/261408733_Towards_sustainable_and_efficient_biofuels_production_Use_of_pervaporation_in_product_recovery_and_purification
35. Yano, Shinichi. (2015). Enzymatic Saccharification and Fermentation Technology for Ethanol Production from Woody Biomass. Journal of the Japan Petroleum Institute. 58. 128-134. 10.1627/jpi.58.128.
36. КАРЛАШ Ю.В. Основи проектування біотехнологічних виробництв. [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» освітньо-професійної програми «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання / Ю.В. Карлаш, Є.О. Омельчук - К: НУХТ, 2019. – 252 с.
37. Щурська К. О., Кузьмінський Є. В. Біоенергетика : підручник для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 304 с
38. Карлаш Ю.В., Красінько В.О. Основи проектування біотехнологічних виробництв Електронний ресурс : Навч. посібник. –К.:НУХТ, 2022. –373 с
39. Апарати мікробіологічної промисловості [Текст] : навч. посібник / І. П. Данилов, С.
40. Ружинська Л.І. Апаратурні схеми фармацевтичних та біотехнологічних виробництв. Порядок складання та вимоги до оформлення. Посібник.

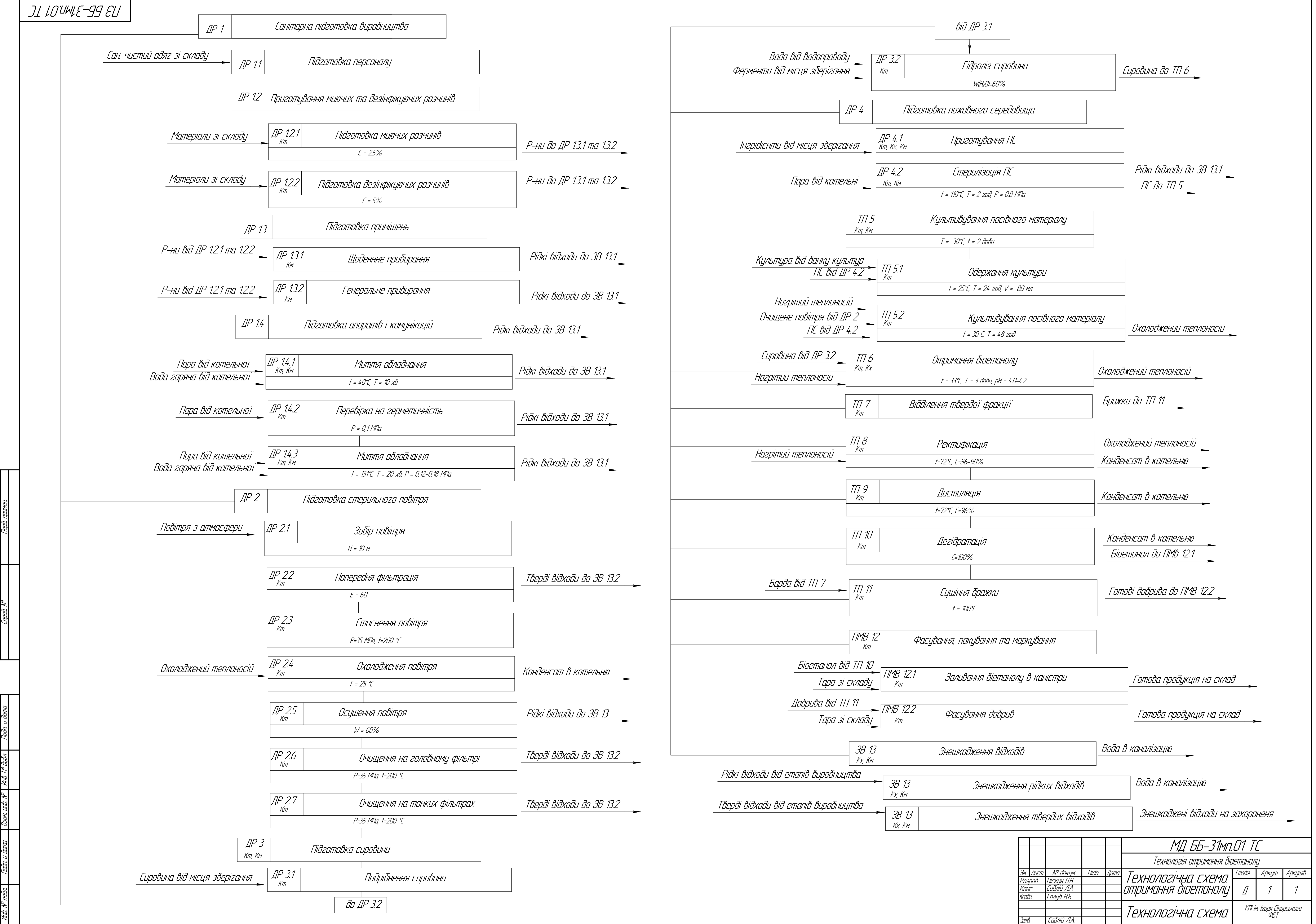
Електронне видання/ Укладачі: Л.І. Ружинська, В.М.Поводзинський, В.Ю. Шибецький, І.А. Буртна – К.: НТУУ «КПІ», 2012 – 139с.

41.ДСТУ 2293-99 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять

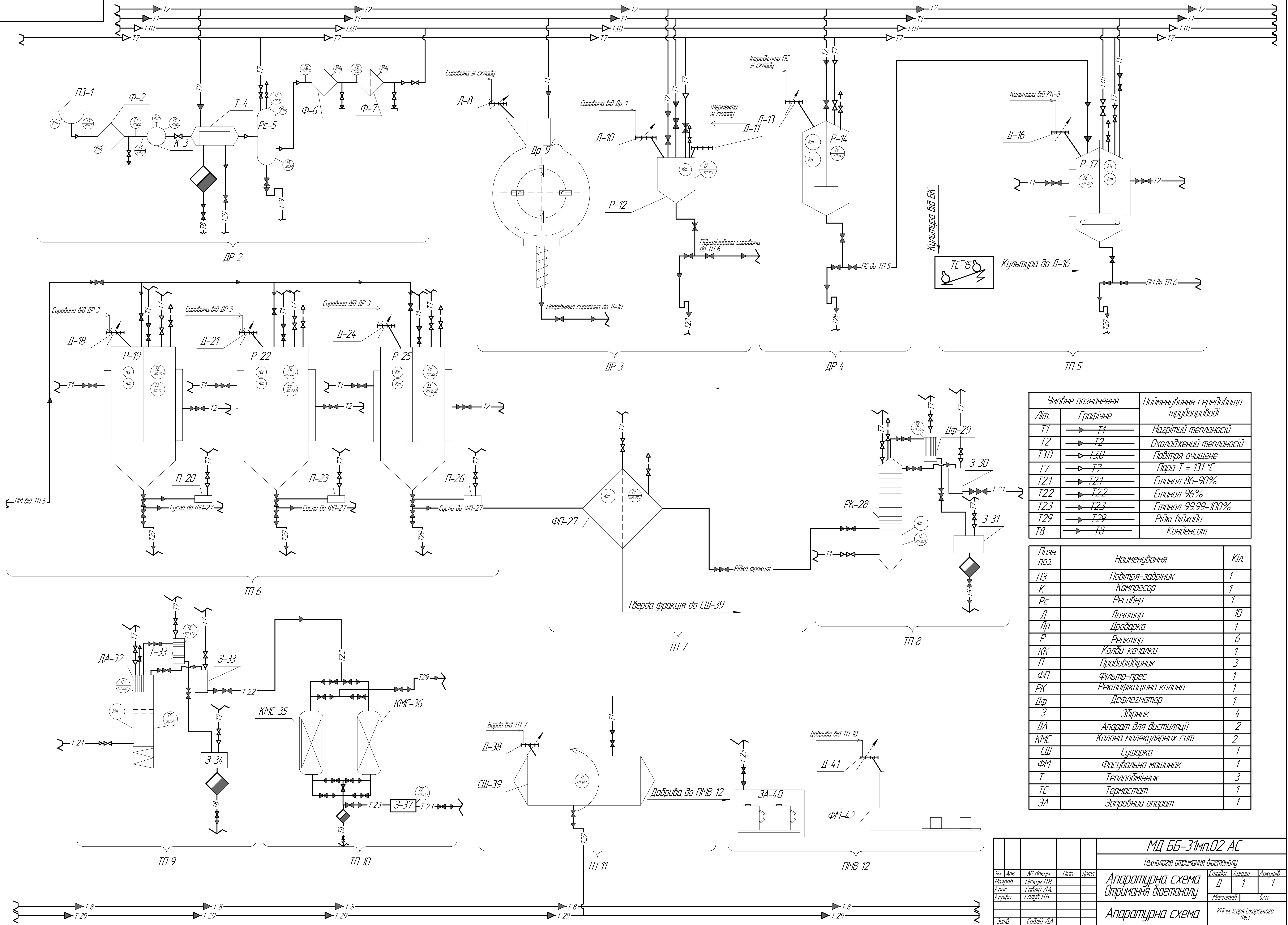
42.Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О

43.https://ci.kpi.ua/METODA/Vymohy_do_kurs_rob_NEW_var_3_2020r.pdf

					МД ББ-31мп.00 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



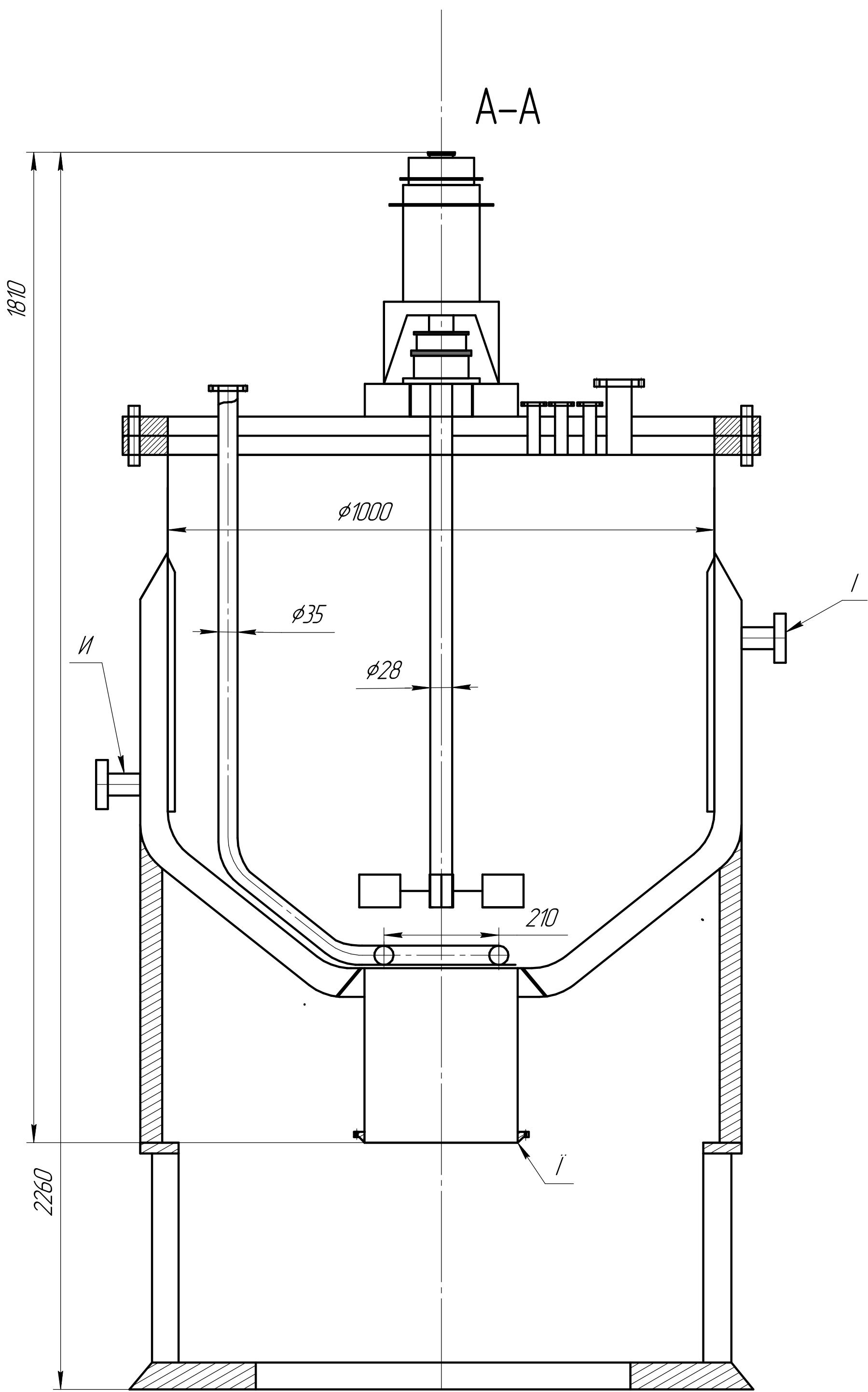
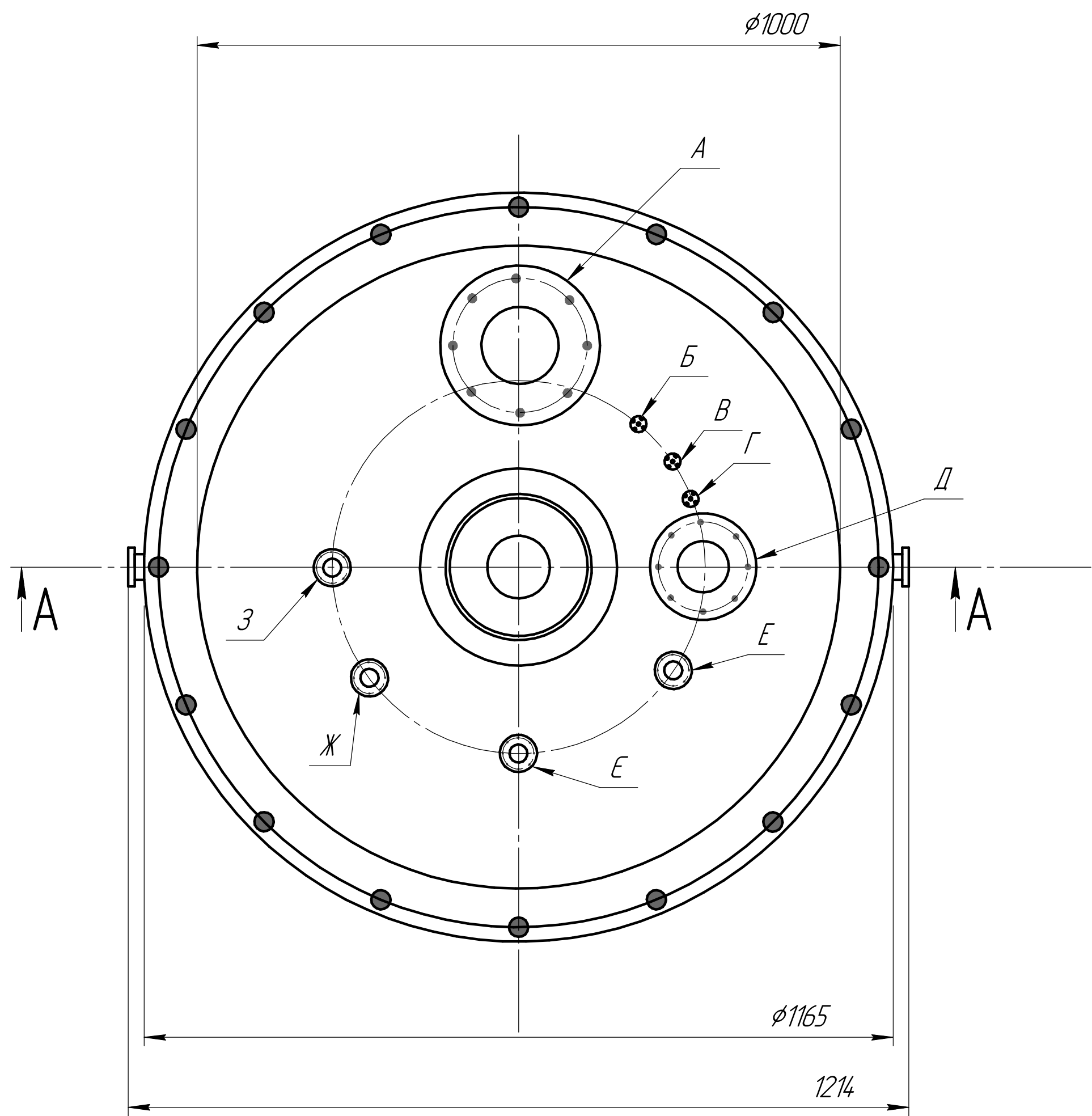
Лист 1 з 1
Стор. №
Лист 1 з 1
Всего листов 1
Лист 1 з 1
Лист 1 з 1



Умовне позначення		Найменування середовища трубопроводу
Лит	Графічне	
T1	T1	Нагрітий теплоносії
T2	T2	Охолоджений теплоносії
T3.0	T3.0	Повітря очищене
T7	T7	Пара T = 131 °C
T21	T21	Етанол 86-90%
T22	T22	Етанол 96%
T23	T23	Етанол 99.99-100%
T29	T29	Рідкі відходи
T8	T8	Конденсат

Позн. поз.	Найменування	Кіл.
ПЗ	Повітря-забірник	1
К	Компресор	1
Рс	Ресивер	1
Д	Дозатор	10
Др	Дробарка	1
Р	Реактор	6
КК	Калди-качалки	1
П	Провідник	3
ФП	Фільтр-прес	1
РК	Ректифікаційна колона	1
Дф	Дефлегматор	1
З	Збірник	4
ДА	Апарат для дистилляції	2
КМС	Колона молекулярних сит	2
СШ	Сушарка	1
ФМ	Фасувальна машинка	1
Т	Теплообмінник	3
ТС	Термостат	1
ЗА	Заправний апарат	1

					МД ББ-31м.02 АС		
					Технологія отримання біоетанолу		
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Апаратурна схема Отримання біоетанолу		
Розроб.		Пискун ОВ			Листів	Аркши	Архів
Конс.		Садлюк ЛА			Д	1	1
Керівн.		Галуш РБ			Масштаб		д/м
Затв.					Апаратурна схема		
					КПІ ім. Ізидора Сікорського ФБТ		



Таблиця штуцерів

Позн.	Найменування	DN	Кіл.
А	Оглядове вікно	250	1
Б	Для гільзи термометра	20	1
В	Для гільзи манометра	20	1
Г	Для гільзи рН-метра	20	1
Д	Для завантаження ПС	60	1
Е	Запасний	40	1
Е	Для завантаження ПМ	40	1
Ж	Для виходу повітря	40	1
З	Для входу повітря	40	1
И	Для подачі теплоносія	25	1
І	Для відведення теплоносія	25	1
ІІ	Зливний	280	1

Технічна характеристика
Апарат призначений для культивування дріжджів
Cheffersomyces stipitis USM Y-2810, з метою нарощування
посівного матеріалу.

1. Номінальний об'єм апарата, м ³	1
2. Коефіцієнт заповнення	0,7
3. Тип перемішуючого пристрою – турбінна лопатева мішалка	
кількість мішалок	1
частота обертання мішалки, с ⁻¹	3,33
4. Робочий тиск	
в апараті, МПа	0,015
в сорошці, МПа	0,3
5. Температура робочого середовища, °С	30
6. Теплоносії – вода	
7. Габаритні розміри, м	
довжина	1,214
ширина	1,165
висота	2260
8. Маса, кг	93,4

Технічні вимоги

- Апарат має відповідати "правилам встановлення і безпечної експлуатації апаратів, що працюють під тиском"
- Апарат поставляється у повністю складеному вигляді та не підлягає розбірці під час монтажу
- Апарат комплектують електрообладнанням у вибухозахисному виконанні
- Дієсне розташування люка, штуцерів – див. на виді зверху
- Призначення штуцерів – див. таблицю штуцерів
- Апарат виготовлено згідно з ДСТУ 2238-96

МД ББ-31м.03 КА					
Технологія отримання біомаси					
Зм.	Док.	№ док.	Підп.	Дата	Листів
Розроб.	Лісак О.В.				Д
Конс.	Садлю Л.А.				1
Керівн.	Голуб Н.Б.				1
Масштаб					1:6
Креслення апарату					КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ
Затв.					Садлю Л.А.
Формат					A1

Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку
1. Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	од.	$B = 35\,000$
2. Середньорічна чисельність персоналу за списком	Осіб	$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} + \text{Ч}_{\text{кпер}} = 14$
3. У тому числі: – основних; – допоміжних; – інженерно-технічного персоналу	Осіб	11 1 2
4. Середньорічний виробіток родітника (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	од./особу	$\text{ПП}_{\text{с.р.}} = B / \text{Ч}_{\text{сп}} = 35\,000 / 14 = 2500$
15. Капіталовкладення у проєкт (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту): – всього; – на одиницю продукції.	Грн Грн/од	$K = \text{ОФ} + \text{ОДФ} = 3\,819\,913,2$ $K = 3\,819\,913,2 / 35\,000 = 109,14$
16.Повна собівартість (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту): – всього; – на одиницю продукції.	Грн Грн/од	$C = A + \text{ОДФ} = 2\,812\,913,2$ $C = 2\,812\,913,2 / 35\,000 = 80,37$
7. Відносний прибуток (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Грн/од.	$\Pi = Ц - C = 109,14 - 80,37 = 28,77$
8. Рентабельність (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	%	$P = (\Pi / C) * 100 = (28,77 / 80,37) * 100 = 35,8$
9. Період повернення капіталовкладень (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Років	$T_{\text{пов}} = K / \Pi = 109,14 / 28,77 = 3,79$
10. Фондовіддача виробничих фондів (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Грн./грн.	$\text{ФВ} = (Ц - \text{Ч} - B) / \text{ОФ} =$ $= (109,14 * 35000) / 1\,123\,000 = 3,4$
11. Фондоємкість (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Грн./грн.	$\text{ФЕ} = 1 / \text{ФВ} = 1 / 3,40 = 0,29$
12. Продуктивність праці (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)	Грн./особа	$\text{ПП} = B / (\text{Ч}_{\text{сп}} - \text{Ч} - T) =$ $= 35000 / (14 - \text{Ч} - 108,96) = 22,9$
13. Коефіцієнт економічної ефективності (окремо на процес розробки і на процес реалізації проєкту)		$E = \Pi / K = 28,77 / 109,14 = 0,26$