

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

«На правах рукопису»
УДК _____

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

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»

зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

**на тему: «Технологія отримання біодизельного палива з ліпідів
міцеліальних грибів»**

Виконала:

студентка VI курсу, групи БЕ-з01мп
Бугакова Ольга Сергіївна _____

Науковий керівник:

Проф., д.х.н., проф.,
Кузьмінський Євгеній Васильович _____

Консультант з проектування:

Проф., д.т.н., проф.,
Саблій Лариса Андріївна _____

Консультант з стартап-проекту:

Доц., к.е.н., доц.,
Тюленєва Юлія Валеріївна _____

Рецензент:

Доц., доктор філософії, доц.,
Мотроненко Валентина Василівна _____

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

Київ – 2021 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
Директор ТОВ «Інститут Агробіології»
_____ Ірина БРОВКО
«___» _____ 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
_____ Наталія ГОЛУБ
«___» _____ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студентці
Бугаковій Ользі Сергіївні**

1. Тема дисертації «Технологія отримання біодизельного палива з ліпідів міцеліальних грибів», науковий керівник дисертації проф., д.х.н. Кузьмінський Євгеній Васильович, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження:

4. Вихідні дані:

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Провести літературне дослідження, обрати та охарактеризувати продуцента ліпідів для виробництва біодизеля. Навести характеристику фізико-хімічних показників біодизеля. Здійснити аналіз та обрати технологію отримання біодизельного палива із ліпідів міцеліальних грибів. Провести технологічні розрахунки ферментера та обрати типовий проєкт для виробництва. Розробити технологічну та апаратурну схеми виробництва біодизельного пального з ліпідів міцеліальних грибів. Описати основні вимоги щодо охорони праці та захисту довкілля під час виробництва біодизеля. Зробити економічні розрахунки з виходом продукту 360 тис. дм³/рік.

Розробити схему автоматизації процесу культивування міцеліальних грибів.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Апаратурна схема – А1, Технологічна схема – А1, Ферментер для культивування міцеліальних грибів. Загальний вид – А1, Схема автоматизації ферментера для вирощування міцеліальних грибів – А1, Техніко-економічні показники підприємства – А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 2 тез конференцій

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Проектування	Саблій Л.А., професор, доктор технічних наук		
Стартап-проект	Тюленєва Ю.В., доцент, кандидат економічних наук		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літератури, вибір технології.		
2	Підбір оптимального продуцента серед представників міцеліальних грибів.		
3	Розробка технологічної та апаратурної схеми.		
4	Розрахунок та вибір ферментера для культивування міцеліальних грибів. Розробка креслення ферментера.		
5	Розрахунок економічної ефективності технології та собівартості продукції		
6	Огляд техніки безпеки та охорони навколишнього середовища при виробництві біодизеля.		
7	Розробка системи автоматизації процесу культивування міцеліальних грибів в ферментері.		
8	Оформлення пояснювальної записки.		

Студент _____

Ольга БУГАКОВА

Науковий керівник _____

Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ

Реферат

Магістерська дисертація містить 6 креслень, 103 аркуша, 2 рисунків, 32 таблиці та 35 літературних джерел.

Розроблено проект виробництва біодизельного палива з ліпідів міцеліальних грибів. В якості продуцента для продукування ліпідів для подальшого виробництва біодизеля було обрано *C. japonica* ВКМ F-1204(-). Наведено характеристику фізико-хімічних показників біодизеля. Усі фізико-хімічні показники біодизельного палива відповідають стандарту ДСТУ EN 14214:2019. Для отримання біодизеля обрано технологію етирифікації метиловим спиртом у надкритичних умовах. Проведено технологічний розрахунок та обрано ферментер з системою автоматизації для культивування міцеліальних грибів. Зроблено економічні розрахунки для виходом продукту 360 тис. дм³/рік. Надано інформацію щодо захисту навколишнього середовища при виробництві та використанні біодизеля на основі ліпідів міцеліальних грибів.

МІЦЕЛІАЛЬНІ ГРИБИ, *CUNNINGHAMELLA JAPONICA*, ЛІПІДИ, БІОДИЗЕЛЬ, ПЕРЕЕСТЕРИФІКАЦІЯ, НАДКРИТИЧНІ УМОВИ.

Abstract

The master's dissertation contains 6 drawings, 103 sheets, 2 figures, 32 tables and 35 references.

A project for the production of biodiesel from lipids of mycelial fungi has been developed. *C. japonica* BKM F-1204 (-) was selected as a producer for lipid production for further biodiesel production. The characteristics of physicochemical parameters of biodiesel are given. All physical and chemical parameters of biodiesel meet the standard DSTU EN 14214:2019. To obtain biodiesel, the technology of etherification with methyl alcohol in supercritical conditions was chosen. Technological calculation was performed and a fermenter with an automation system for cultivation of mycelial fungi was selected. Economic calculations were made for a product yield of 360 thousand dm³/year. Information on environmental protection in the production and use of biodiesel based on mycelial fungal lipids is provided.

MYCELIAL MUSHROOMS, CUNNINGHAMELLA JAPONICA,
LIPIDS, BIODIESEL, PERESTHERIFICATION, SUPERCRITICAL
CONDITIONS.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ З ЛІПІДІВ МІЦЕЛІАЛЬНИХ ГРИБІВ	11
1.1 Порівняння сировини для біодизельного палива	11
1.2 Вибір біологічного агента	15
1.3 Характеристика біологічного агента.....	17
1.4. Обґрунтування вибору технології.....	20
1.5 Висновок до розділу	23
РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	24
2.1 Фізико-хімічні показники біодизельного палива	24
2.2 Перебіг процесу виробництва біодизеля	25
2.3 Перебіг процесу переетерифікації.....	27
2.4 Основні показники біодизеля, отриманого з ліпідів міцеліальних грибів	29
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	31
3.1 Опис технологічної схеми виробництва біодизеля на основі	

					МД. БМ-6102. 00.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Бузакова О.С.				...	...6	103...
Консульт.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		
Керівник		Кузьмінський Е.В.						
Затверд.								

ліпідів міцеліальних грибів	31
3.2. Точки контролю виробництва	39
3.3 Матеріальний баланс	43
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОСНОВНОГО АПАРАТУ	46
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	55
5.1. Резюме: конкретизація бізнес-ідеї, мети стартапу, об'єкту дослідження, місця розробки у інноваційному ланцюжку цінності.....	55
5.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу	57
5.3 Визначення ключових факторів успіху проекту	61
5.4 Визначення потенційних споживачів	63
5.5. Ціна інноваційної пропозиції на ринку	67
5.6 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес процесів	75
5.7 Ризики стартап-проекту та методи управління ними.....	77
РОЗДІЛ 6. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА	81
6.1 Основні рішення по автоматизації	82
6.2 Висновки до розділу	85
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	87
7.1 Високотемпературний вплив	87

7.2 Хімічні речовини.....	88
7.3 Пожежі та вибухи.....	89
7.4 Шкідливі патогенні та біологічні	90
7.5 Шкідливі радіологічні впливи	90
7.6 Шум	90
7.7 Безпека технологічних процесів.....	90
7.8 Питання екології	91
ВИСНОВКИ.....	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	100

					МД. БМ-6102. 00.00 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У останнє століття відбувся стрімкий розвиток енергетики, промисловості і транспорту, що неминуче викликало зростання споживання вуглеводневого палива, що, в свою чергу, збільшує кількість продуктів його згоряння, що викидаються в атмосферу.

Кількість викидів в атмосферу екологічно шкідливих речовин – продуктів згоряння палива – збільшується з кожним роком, в зв'язку з чим проблема забруднення атмосфери продуктами згоряння палива відноситься до однієї з глобальних проблем сучасності.

Токсичність відпрацьованих і вихлопних газів, що викидаються в навколишнє середовище залежить, головним чином, від якості, сорту і виду вуглеводневого палива, що спалюється.

Зіткнувшись з глобальними проблемами екології людство почало шукати альтернативні види палива і так почало виробляти екологічно чисті види палив. Одним з розповсюджених видів екологічного палива є біодизель.

Біодизель є повноцінним аналогом дизельного палива, який підходить для всіх установок які використовують дизельне паливо як джерело енергії. Сировиною для біодизеля можуть бути рослинні олії або тваринні жири. На відміну від дизельного палива, в продуктах згоряння біодизеля менше сірки, сажі та оксиду вуглецю. До плюсів біодизеля також відносяться: можливість застосування в дизелі без присадок, що стимулюють займання, запобігання утворенню нагару, згоряння практично без токсичних відходів, відсутність неприємного запаху, простота організації виробництва, майже повна безвідходність, біологічно нешкідливе для рослин і тварин.

На даний момент найпоширенішим джерелом для отримання біодизеля є олія насіння ріпаку. Проте, даний процес залежить від кліматичних умов та

					МД.БМ-6102.00.00ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ		
Розробив	Бузакова О.С.						
Консульт.							
Керівник	Кузьмінський Е.В.						
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		
					Стадія	Аркуш	Аркушів
				9	103...

родючості ґрунтів. Відома технологія отримання біодизеля з мікроводоростей, але вона має складний процес ферментації. Саме тому актуальним є розробка технології отримання біодизеля з ліпідів міцеліальних грибів, які мають досить просту технологію культивування та можливість регулювати вихід продукту шляхом зміни параметрів середовища, температури, підживлення та інших факторів.

Метою даної роботи є розробка технології отримання біодизеля з ліпідів міцеліальних грибів.

Відповідно до теми було поставлено наступні завдання:

1. Провести літературне дослідження, обрати та охарактеризувати продуцента ліпідів для подальшого виробництва біодизеля;
2. Навести характеристику фізико-хімічних показників біодизеля, охарактеризувати кінцевий продукт, отриманий на основі ліпідів, отриманих при культивуванні *C. japonica* ВКМ F-1204(-);
3. Здійснити аналіз та обрати технологію отримання біодизельного палива з ліпідів міцеліальних грибів;
4. Провести технологічні розрахунки ферментера та обрати типовий проєкт для виробництва;
5. Зробити економічні розрахунки з виходом продукту 360 тис. дм³/рік;
6. Розробити технологічну та апаратурну схеми виробництва біодизельного палива з ліпідів міцеліальних грибів;
7. Розробити схему автоматизації процесу культивування міцеліальних грибів;
8. Описати основні вимоги щодо охорони праці та захисту довкілля під час виробництва біодизеля.

					МД.БМ-6102.00.00ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ З ЛІПІДІВ МІЦЕЛІАЛЬНИХ ГРИБІВ

1.1 Порівняння сировини для біодизельного палива

Вибір відповідної сировини для біодизеля залежить від умов національних виробничих зон. Крім харчових олій, потенційна сировина для виробництва біодизеля класифікується на три категорії: відпрацьовані олії, неїстівні рослинні олії та олійні мікроорганізми [1].

Відпрацьовані олії

Враховуючи велику кількість і вартість сировини, одним з кандидатів є відпрацьовані олії, включаючи відпрацьовану кулінарну олію, жир і мильний матеріал. Іншими побічними продуктами також можуть бути нова сировина: талова олія (побічний продукт целюлозно-паперової промисловості) та олія насіння тютюну (побічний продукт виробництва тютюнового листа). Відпрацьовані кулінарні олії отримують після смаження продуктів харчування при високих температурах. Цей процес викликає такі хімічні реакції, як гідроліз, полімеризація та окиснення [2]. Склад відпрацьованих олій різного походження коливається від 0,4 до 55% за вологістю і від 1,3 до 193 мг-КОН/г-олії за кислотним числом. Хоча оптимізація процесу необхідна для кожного випадку, велика кількість відпрацьованих олій робить їх привабливими як сировина. Загальна кількість відпрацьованого кулінарного масла в Європі, Північній Америці та Азії досягає 16,6 млн тон на рік, що чисельно може задовольнити загальний попит на олію для виробництва біодизеля [3].

Нежирні рослинні олії

Неїстівні олії, отримані з ятрофи, караджі, махуа, поланги, каучуку,

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Бузакова О.С.				РОЗДІЛ 1. Обґрунтування та вибір технології виробництва біодизеля з ліпідів міцеліальних грибів	Стадія	Аркуш
Консульт.						...	11
							103...
Керівник	Кузьмінський Е.В.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ	
Затверд.							

мильного горіха і касторової, є менш дорогими, ніж харчові олії, і потенційно доступні для виробництва біодизельного палива. Вибір цих олій залежатиме від очікуваної наявності олійного насіння в кожній країні. Зокрема, олія *Jatropha curcas* вважається однією з перспективних сировинних матеріалів для виробництва біодизеля. Дерево ятрофи може рости на пустках з мінімальною потребою у воді та добривах, а наявність токсичних сполук, таких як ефіри форболу, обмежує застосування видобутої олії. Високий вміст олії в насінні ятрофи, що становить від 30% до 50% залежно від маси насіння, також є перспективним для виробництва біодизеля [3]. Однак високий вміст води та жирних кислот призводить до труднощів у безпосередньому застосуванні лише традиційного методу лужного каталізу. Щодо властивостей палива, окиснювальна стабільність біодизеля з олії *J. curcas* близька до такої з олій сої та ріпаку, що полегшує змішування біодизеля ятрофи та пальми для досягнення кращих низькотемпературних властивостей із покращеною окисною стабільністю [4].

Олієвмісні мікроорганізми

Великі площі, необхідні для достатнього виробництва олійних культур, перешкоджають більш широкому використанню біодизельного палива. Оскільки деякі мікроорганізми здатні накопичувати олії всередині клітини з високим виходом, використанню олійних мікроорганізмів як альтернативного постачальника олії приділяється значної уваги. Цей підхід не потребує орних земель і, можливо, дає змогу виробляти олію з багатих джерел вуглецю без конкуренції з виробництвом харчових продуктів. Основними мікроорганізмами є мікроводорості, бактерії, дріжджі та гриби. Мікроводорості можуть використовувати вуглекислий газ і сонячне світло для накопичення олії в умовах навколишнього середовища, характерних для різних видів, таких як *Botryococcus*, *Chlorella*, *Cylindrotheca*, *Nitzschia* і *Schizochytrium*. За оптимальних умов зростання гетеротрофні мікроводорості синтезують середньо- та довголанцюгові жирні кислоти [1].

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

На додаток до умов зростання, необхідних для отримання високого вмісту нафти, інші перешкоди включають вартість експлуатації біореактора та потребу високої енергії для збору біомаси водоростей та видобутку нафти [5]. Завдяки високій швидкості росту та простоті вирощування такі бактерії, як кишкова паличка, вважаються перспективними як продуцент олії. Синтез жирних кислот високо регулюється на різних рівнях у таких бактерій, тому метаболічна інженерія необхідна на кількох ключових етапах, щоб уникнути деградації жирних кислот, а також збільшити потік вуглецю через шляхи синтезу жирних кислот [6]. Дріжджі та гриби можуть також накопичувати триацилгліцерин, багатий ненасиченими довголанцюговими жирними кислотами з 16 і 18 атомів вуглецю. Вміст олії, отриманої з кількох штамів дріжджів, таких як *Cryptococcus*, *Lipomyces* і *Rhodotorula*, досягає 60–70% їх сухої маси [7]. Існує кілька видів грибів, які виробляють унікальні ліпіди, такі як ліноленова кислота, ейкозапентаєнова кислота та арахідонова кислота. Потенційними видами є *Aspergillus oryzae*, *Mortierella isabellina*, *Humicola lanuginosa* та *Mortierella vinacea* [3].

Однією з основних переваг грибів перед іншими організмами є направлений ріст, він може сягати 100 мкм/хв. Направлений ріст та можливість перерозподіляти енергію між старіючими та активно зростаючими ділянками міцелія виявляють найвищу швидкість накоплення біомаси серед відомих організмів. Також важливою перевагою грибів перед водоростями та дріжджами є їхня висока продуктивність.

Прямий біосинтез алкілових ефірів жирних кислот, які називають мікродизельним паливом, також був досягнутий за допомогою метаболічної інженерії *E. coli* [8]. Ці підходи до використання мікроорганізмів можуть призвести до виробництва біодизеля з більш доступних сипучих матеріалів.

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 1.1. Потенційні джерела для виробництва біодизеля [1]

Джерело	Вміст олійної складової (% сух. маси)	Основні ліпіди	Особливості
Відпрацьовані олії	Не вимірюється	Тригліцериди та жирні кислоти	Висока кислотність, велика кількість та низька вартість
Джерело	Вміст олійної складової (% сух. маси)	Основні ліпіди	Особливості
Неїстівна рослинна олія	28–48	Тригліцериди та жирні кислоти, ненасичені жири	Високий вміст масла і адаптація до широких агро-кліматичних умов
Олієвмісні мікроорганізми			
Мікроводорості	15–77	Тригліцериди, жирні кислоти та вуглеводи	Високий рівень накопичення ліпідів і перетворення вуглекислого газу в олії
Бактерії	18–70	Жирні кислоти та ефіри воску	Висока швидкість росту та простий метод культивування
Дріжджі	25–72	Тригліцериди та жирні кислоти	Висока швидкість росту і простий метод культивування

Продовження таблиці 1.1

Гриби	25–86	Жирні кислоти та незвичайні ліпіди	Висока швидкість росту та простий метод культивуван ня
-------	-------	--	--

Серед описаних вище продуцентів ліпідів найдоцільніше вибрати саме гриби, так як вони мають ряд переваг перед іншими продуцентами, а саме:

Швидкість накопичення біомаси у міцеліальних грибів є однією з найбільших швидкостей накопичення біомаси;

З точки зору культивування, процес культивування грибів є простішим ніж водоростей, так як потребує ферментерів простішої конструкції, якщо порівнювати з рослинами, то процес культивування грибів не залежить від кліматичних умов та плодючості ґрунтів, тому він може бути більш масштабним, а ніж вирощування рослин;

Є можливість регулювати вихід продукту змінюючи параметри середовища, температуру, підживлення та інші фактори.

1.2 Вибір біологічного агента

З метою вибору найкращого продуцента для вироблення біодизельного палива було проведено науково-літературний огляд матеріалу із заданої теми.

У результаті пошуку було знайдено дослідження Івашечкіна та ін. [9], у якому було проведено аналіз міцеліальних грибів трьох класів *Zygomycetes*, *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* на здатність до накопичення ліпідів.

Було з'ясовано, що представники класу аскоміцетів здатні до активного росту (15,3 мг/л), проте не накопичують достатню кількість ліпідів, лише 22,78% від загальної біомаси. Невелику здатність накопичення ліпідів також мають представники базидіоміцетів, накопичення ліпідів складає близько 5%. У представників зигоміцетів же виявлено гарну здатність до

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

накопичення біомаси, в залежності від представника класу, від 6,2 до 10,5 г/л [9]. Також під час проведення дослідження грибів класу *Zygomycetes*, а саме мукорових грибів, родини *Cunninghamellaceae* виявлено їх здатність до накопичення великих кількостей ліпідів, а саме від 43 до 50,7% (табл. 1.2.1).

Таблиця 1.2.1 Штами міцеліальних грибів та їхня здатність до накопичення ліпідів [9].

Організм	Біомаса, г/дм ³	Ліпіди	
		% від сухої маси	г/дм ³
<i>Zygomycetes</i>			
<i>Absidia caerulea</i> BKM F-858(+)	6,2	12,8	0,79
<i>Cunninghamella echinulata</i> BKM F-470(-)	7,1	43,0	3,05
<i>C. echinulata</i> BKM F-626(-)	6,9	47,1	3,23
<i>C. echinulata</i> BKM F-657(-)	6,5	48,6	3,15
<i>C. japonica</i> BKM F-1204(-)	10,5	50,7	5,32
<i>Ascomycetes</i>			
<i>Aspergillius niger</i> BKM F-33	10,0	11,2	1,12
<i>A. japonicas</i> BKM F-2632D	8,6	13,5	1,16
<i>Penicillium chrysogenum</i> МГУ	15,3	5,3	0,81
<i>P. expansum</i> штамм ИНМИ РАН	1,6	3,9	0,06
<i>P. lanosum</i> BKM F-304	2,1	8,6	0,18
<i>P. lanosum</i> BKM F-1556	6,5	19,9	1,29
<i>P. lanosum</i> BKM F-1956	6,3	14,2	0,89
<i>P. lanosum</i> BKM F-297	7,0	22,8	1,56
<i>Basidiomycetes</i>			
<i>Agaricus bisporus</i>		4,0	
<i>Pleurotus ostreatus</i>		5,0	

Враховуючи результати зазначені в таблиці вище слід відмітити, що найкращі показники накопичення біомаси та кількість ліпідів мають гриби класу зигоміцетів родини *Cunninghamellaceae*. Проте, щоб остаточно впевнитися в тому, що ліпіди грибів родини *Cunninghamellaceae* можуть бути сировиною для подальшого виробництва біодизельного палива необхідно дослідити склад ліпідів та жирних кислот.

Івашечкін та ін. [9] провели дослідження, яке показало, що ліпіди штамів *Cunninghamellaceae* мають у своєму складі насичені та ненасичені жирні кислоти (ЖК), при цьому у жирні кислоти мають парні кількості атомів вуглецю від C_{14} до C_{24} . Переважаючими жирними кислотами є олеїнова ($C_{18:1}$) – 41-51%, лінолева ($C_{18:2}$) – 10-20% та ліноленова ($C_{18:3}$) – 7-15%.

Таблиця 1.2.2 Склад жирних кислот деяких представників штамів *Cunninghamella* [9].

ЖК	F-1204 (-)	F-626 (-)	F-657 (-)	F-470 (-)
C 16:0	16,0	20,2	16,6	24,4
C 18:0	7,8	5,4	5,5	14,2
C 18:1	51,0	41,3	43,6	42,8
C 18:2	14,4	19,0	16,3	10,1
C 18:3	8,3	10,4	15,3	7,0
Інші ЖК	1,9	3,7	2,7	1,6
Сума насичених жирних кислот	24,4	27,7	23,1	38,6
Сума ненасичених жирних кислот	75,6	72,3	76,9	61,4
Ступінь ненасиченості	0,96	1,00	1,07	0,77

Враховуючи показники з табл. 1.2.1 та табл. 1.2.2, продуцентом для продукування ліпідів для подальшого виробництва біодизеля було обрано *C. japonica* ВКМ F-1204(-), так як серед усіх досліджених штамів він має найбільший показник за накопиченням ліпідів – 50,7% або 5,32 г/л. За своїм жирокислотним складом він також є оптимальним, адже має у своєму складі 75,6% ненасичених жирних кислот і ступінь його ненасиченості – 0,96.

1.3 Характеристика біологічного агента

Cunninghamella echinulate (інша назва *Cunninghamella japonica*) – це вид грибів із роду *Cunninghamella*. Це безстатевий грибок і мезофіл, що надає перевагу проміжним діапазнам температур [10]. *C. echinulata* є звичайним забруднювачем повітря і є досить цікавим через свою здатність синтезувати γ-ліноленову кислоту, а також здатність біоконцентрувати метали. Цей вид являє собою ґрунтовий сапротроф, який утворює ризоїди, віддаючи перевагу ґрунту, збагачені азотом, фосфором і калієм. живильним середовищем для розмноження *C. echinulata* є Агар Чапека.

Cunninghamella echinulata є членом сімейства, *Cunninghamellaceae* (тип *Mucoromycota*). Колонії, як правило, швидко ростуть на більшості поживних середовищ, при цьому вони утворюють щільний білий або сірий повітряний міцелій. *Cunninghamella echinulata* розмножується безстатевим шляхом і виключно за допомогою жовто-коричневих, колючих, одинарних спорангіолей, які через природу спорангіоспор, що утримуються всередині спорангії, мабуть, мають двошарову зовнішню стінку [11]. Цей грибок росте за допомогою ниток, у яких відсутні перегородки. Це звичайна особливість членів *Mucoromycota*, у яких компартменти гіф або повністю розділені перегородками, або суцільні (ценоцитарні) і багатоядерні. Зигоспори цього гриба утворюються лише після злиття гаметангіїв сумісних штамів спарювання, що є прикладом гетероталічної системи спарювання. Спорангієносці цього виду нерівномірно розгалужені і не схожі на спорангіоспори, типові для більшості інших представників *Mucoromycota*, що зустрічаються в аналогічних місцеперебуваннях. Спорангіоли, що продукуються цим грибом, мають розмір 10-20 мкм [10].

Cunninghamella echinulata та інші види *Cunninghamellaceae* можуть бути вибірково вирощені на агарі Чапека, унікальній властивості цього сімейства *Mucorales*. Однак, залежно від поживних речовин, якими

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

доповнено агар, різні середовища можуть змінювати профіль окисного метаболізму цього гриба [12].

Цей гриб є мезофільним, він здатний зростати від 6°C до 45°C, хоча швидкість зростання поблизу крайніх значень температурного допуску мінімальна. Оптимальна температура для розвитку зигоспор становить від 25°C до 35°C. Цей вид має різні показники зростання залежно від впливу довкілля. При рН 5,5 гриб росте невеликими щільними гранулами; проте типовий характер зростання досягається при рН 8,0 [13].

При вирощуванні на середовищі, що містить залишки гідролізованих томатів, цей гриб використовує глюкозу для синтезу триацилгліцеринів (TAG), багатих на GLA. Цей гриб був досліджений щодо використання у виробництві олій одноклітинних (SCO) і запасних ліпідів (таких як GLA). *C. echinulata* також здатна вибірково поглинати та ізолювати метали із забруднених вод, що передбачає потенційне використання для біоре mediaції забруднених вод. Однак його роль як збудник опортуністичних захворювань може обмежувати його використання для відновлення навколишнього середовища. Зростання цього гриба на органічному азоті призводить до отримання ліпідів, багатих γ -ліноленовою кислотою (GLA) [10, 14]. Наявність активної монооксигеназної системи дозволяє цьому виду здійснювати окисне деметилювання та гідроксилювання. Для досягнення максимальної кількості GLA *Cunninghamella echinulata* зростає переважно на збіднених азотом середовищах з молярним співвідношенням C/N (вуглець: нітроген) рівним 169.

Цей вид, як повідомляється, виявляє антибактеріальні ефекти проти *Staphylococcus aureus* та *Salmonella typhus*, поширені збудники шкірних інфекцій та харчових отруєнь відповідно. Також відомо, що він пригнічує зростання коренів у різних видів трав *in vitro*. Грибок не виробляє мікотоксинів [15].

Cunninghamella echinulata – сапротрофний мешканець ґрунтів у більш теплих регіонах світу, особливо в тих, які збагачені добривами NPK (

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

нітроген, фосфор та калій). Повідомлялося як про культурні, так і про необроблювані ґрунти, включаючи ґрунти теплиць та лісів у середземноморському та субтропічному поясах, але вважається, що він порівняно рідкісний у помірних зонах. Вважається, що глибина ґрунту та рН не сильно впливають на ростові властивості цього гриба *in vivo*. Цей вид здатний викликати гниття харчових продуктів, таких як кольські горіхи і є звичайним забруднювачем повітря. На ньому можуть паразитувати інші гриби, його зростання інгібується *in vitro* грибом *Memnoniella echinata* [10].

У біотехнології зазвичай культивується через його здатність продукувати GLA. Грибок здатний синтезувати γ -ліноленову кислоту. Він також має здатність біоабсорбувати метали, причому про найвищі рівні біоабсорбції повідомляється через 5-15 хвилин після контакту з металами. Додавання NaOH до цього грибка до того, як він біоабсорбує метали, збільшує поглинання Pb, Cu і Zn. *Cunninghamella echinulata* була використана для перетворення кортексолону в гідрокортизон [16].

1.4 Обґрунтування вибору технології

Біодизельне паливо, яке відноситься до алкілових ефірів жирних кислот, привернуло значну увагу як альтернативне паливо для дизельних двигунів. Завдяки його екологічним перевагам і зростанню ціни на нафту спостерігається швидке зростання виробництва біодизеля. Глобальне виробництво біодизеля в даний час досягає близько 6 мільярдів літрів на рік і становить 10% всього виробництва біопалива [17]. Біодизель виробляється переважно шляхом переестерифікації (тобто метанолізу) харчових олій, таких як масло ріпаку, сої, соняшнику та пальми, що призводить до конфлікту з постачанням продуктів харчування.

В основі процесу синтезу біодизельного палива каталітичні реакції переестерифікації рослинних жирів або естерифікації жирних кислот, отриманих при гідролізі олій. При цьому серед можливих варіантів реалізації

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

реакцій переестерифікації рослинних масел і естерифікації жирних кислот в промисловому виробництві, як правило, використовуються тільки дві технології отримання біодизельного палива. Перша – за реакції переестерифікації з використанням основного гомогенного каталізатора. Друга – за реакції естерифікації з використанням гомогенного кислотного каталізатора. В обох випадках в якості агента естерифікації використовується спирт [18].

Проте спосіб отримання біодизеля є технологічним напрямом, який змушує дослідників розробляти більш ефективні та екологічно чисті процеси. Хоча метод гомогенного лужного каталізу традиційно і широко застосовується для виробництва біодизельного палива, цей метод вимагає складних процесів, включаючи видалення неорганічних солей з продукту, відновлення солевмісного гліцерину та очищення лужних стічних вод [19]. Щоб запобігти утворенню мила, звичайний процес також вимагає суворих специфікацій сировини, таких як низький вміст води та вільних жирних кислот. Через ці недоліки все більше уваги приділяється розробці альтернативного методу з використанням гетерогенних каталізаторів [20]. Ферментативний метод із застосуванням ліпази (триацилгліцеролацилгідролази; ЕС 3.1.1.3) може забезпечити вирішення вищезгаданих проблем, оскільки він дозволяє легко утворити біодизельне паливо та гліцерин. Слід також звернути увагу на різноманітну активність ліпази, яка сприяє одночасному каталізу тригліцеридів і жирних кислот шляхом переестерифікації та естерифікації [21]. Крім того, ферментативний метод може працювати при відносно низьких температурах та атмосферному тиску, таким чином зменшуючи споживання енергії.

Під час досліджень виробництва ферментативного біодизеля дослідники зіткнулися зі складною проблемою щодо низької толерантності ліпази до акцепторів ацилу (тобто метанолу). Піонерська робота [22] показали, що більш ніж 96% конверсії в реакційній системі без розчинників можна досягти, використовуючи ступінчастий процес із використанням

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

менш ніж одного молярного еквіваленту метанолу до олій. Крім того, вони показали, що додавання більш ніж 1,5 М еквівалента метанолу (нерозчинного в олії) призводить до необоротної інактивації ліпази і що в триступінчастому процесі з використанням одного молярного еквіваленту метанолу іммобілізована ліпаза *Candida antarctica* може бути повторно використана більше ніж 50 циклів періодичного метанолізу в лабораторній посудині без значної втрати активності ліпази.

Після наведеної вище роботи метаноліз, каталізований ліпазою, був широко вивчений з використанням різних джерел ліпази, що призвело до з'ясування багатьох корисних параметрів реакції [4]. Попереднє дослідження показало пригнічення активності ліпази побічним продуктом гліцерину, що, швидше за все, пов'язано з обмеженням масопереносу в іммобілізованій ліпазі [22]. Для подолання цієї перешкоди також була запропонована реакційна система співрозчинників, в якій розчинені як масло, так і гліцерин.

Вартість виробництва іммобілізованої ліпази значно впливає на економічну життєздатність виробництва ферментативного біодизеля, що спонукає дослідників знайти альтернативний метод одержання ферменту [17].

Існують процеси переестерифікації метанолом у надкритичних умовах, які дозволяють отримувати біодизельне паливо без використання каталізаторів. Окрім відсутності каталізатора процес отримання біодизеля у надкритичних умовах має ряд переваг, які наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 Порівняння методів переестерифікації [23].

Показник	Традиційний метод	Надкритичні умови
Час реакції	8 годин	240 сек
Умови реакції	0,1 МПа, 30-65°C	>8 МПа, >240°C
Наявність каталізатора	Кислотний або лужний	Відсутній
Вихід продукту	83-85%	98%
Вільні жирні кислоти	Продукти омилення	Складні метилові ефіри

Продовження таблиці 1.5

Показник	Традиційний метод	Надкритичні умови
Продукти, що необхідно видалити після реакції	Метанол, каталізатор, продукти омилення	Метанол
Процес	Багатостадійний	Одностадійний

Отже, процес у надкритичних умовах виявляється простішим за традиційний метод. Він не потребує використання каталізатора, відповідно відсутня стадія очистки від продуктів омилення. Також при процесі у надкритичних умовах вихід біодизеля є вищим, за вихід при традиційному методі.

Також слід зазначити, що у процесі надкритичних умов співвідношення метанол:олія повинно бути 42:1, але так як після процесу естерифікації відбувається відгонка метанола, тобто він є продуктом повторного використання, то це не несе значних економічних та технічних затрат.

1.5 Висновок до розділу

Було проведено літературне дослідження, продуцентом для продукування ліпідів для подальшого виробництва біодизеля було обрано *S. japonica* ВКМ F-1204(-), так як серед усіх досліджених штамів він має найбільший показник за накопичення ліпідів – 50,7% або 5,32 г/л. За своїм жирокислотним складом він також є оптимальним, адже має у своєму складі 75,6% ненасичених жирних кислот і ступінь його ненасиченості – 0,96.

Для отримання біодизеля було обрано технологію етирфікації метиловим спиртом у надкритичних умовах. Процес у надкритичних умовах виявляється простішим за традиційний метод. Він не потребує використання каталізатора, відповідно відсутня стадія очистки від продуктів омилення. Також при процесі у надкритичних умовах вихід біодизеля є вищим, за вихід при традиційному методі.

РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Фізико-хімічні показники біодизельного палива

Відповідно до стандарту ДСТУ EN 14214:2019 біодизельне пальне повинно відповідати показникам зазначеним у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Фізико-хімічні показники біодизеля

Назва показника	Значення показника	
	мін.	макс.
1 Масова доля ефірів, %	96,5	-
2 Густина при 15°C, кг/м ³	860	900
3 Кінематична вязкість 40°C, мм ² /с	3,5	5,0
4 Температура вспалаху у зачиненому тиглі, °C	120	-
5 Вміст сірки, мг/кг	-	10
6 Коксованість (10% залишка після розгонки), % мас.	-	0,30
7 Цетанове число	51,0	-
8 Масова частка сульфатної золи, %	-	0,02
9 Вміст води, мг/кг	-	500
10 Вміст механічних домішок, мг/кг	-	24

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>РОЗДІЛ 2. Біохімічні основи технологічного процесу</div>		
Розробив	Бугакова О.С.						
Консульт.							
Керівник	Кузьмінський Е.В.						
Затверд.					<div>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</div>		
					Стадія	Аркуш	Аркушів
					...	...24.	103...

11 Корозія мідної пластини (3 год при 50°C), одиниці по шкалі	Клас 1	
12 Стійкість до окиснення, 100°C, год	6,0	-
13 Кислотне число, мг КОН/см ³	-	0,50
14 Йодне число, г йода/100 г	-	120
15 Масова частка метилового ефіра ліноленової кислоти, %	-	12,0
16 Масова частка метанолу, %	-	0,20
17 Масова частка моногліцеридів, %	-	0,80
18 Масова частка дигліцеридів, %	-	0,20
19 Масова частка тригліцеридів, %	-	0,20
20 Масова частка вільного гліцерину, %	-	0,02
21 Загальний вміст гліцерина, % масс.	-	0,25
22 Вміст, мг/кг:		
металів I групи (Na+K)	-	5,0
металів II групи (Ca+Mg)	-	5,0
23 Вміст фосфора, мг/кг	-	10,0

2.2 Перебіг процесу виробництва біодизеля

Існує декілька процесів виробництва біодизельного палива. Найпоширеніший – процес транстерифікації; інші включають гідрокрекінг, надкритичний метод без використання каталізатора, піроліз і т.д. Процес

трансестерифікації метод з'єднання рослинної олії зі спиртом для виробництва складних ефірів з отриманням гліцерину як побічного продукту.

Рослинні олії здебільшого складаються з тригліцеридів з типовим вмістом вільних жирних кислот (12%), Тригліцериди –сполуки тривалентного спирту гліцерину з трьома жирними кислотами [23].

Тригліцериди вступають у реакцію з одноатомним спиртом (метанол, етанол) у присутності каталізатора, утворюючи складні ефіри жирних кислот (біодизель), а також побічний продукт – гліцерин.

Процес виробництва біодизельного палива можна розділити на наступні складові [23]:

1) Процес трансестерифікації. Олія і надлишок метанолу реагують у присутності гідроокису натрію або калію до повної переестерифікації з отриманням складного метилового ефіру і гліцерину в якості побічного продукту. Реагуюча суміш зазвичай нейтралізується кислотою перед розподілом. Сирий біодизель відокремлюється від більш тяжкої фази, що містить гліцерин, метанол та мило.

2) Сепарація (відділення гліцерину від біодизеля). Процес розділення біодизеля та гліцерину у зв'язку з великою різницею густини часто зводиться до сепарування готового продукту. Найліпші результати при цьому показує сепарація готового продукту на сепараторах або гідроциклонах. Сепарація виконується за наступним циклом: готовий продукт з реактора (накопичувача) надходить на сепарацію в сепаратор, далі з сепаратора окремо надходять гліцерин та біодизель в ємності для збору продукту.

3) Рекуперація спирту (метанолу). Згідно з вимогою, до якості біодизельного палива, в готовому продукті вільний спирт повинен бути відсутнім. Але однією з вимог надійного проведення реакції переестерифікації є необхідність введення в реакцію великої кількості спирту (метанолу), ніж теоретично необхідно. У зв'язку з цим при виробництві біодизеля застосовують технологію повернення метанолу. Технологічно процес рекуперація полягає у випаровуванні спирту з біодизеля. Випаровування

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

відбувається у спеціальних колонах, у яких вакуумним насосом створюється розрідження. Попередньо біодизель підігрівається до температури близько 60-65°C в нагрівачі. З випарної колони передбачено відведення парів спирту (метанолу) у конденсатор. У конденсорі відбувається охолодження парів спирту та їх конденсація для повторного використання.

2.3 Перебіг процесу переестерифікації

Переестерифікацією жирів називають реакцію обміну структурних елементів тригліцеридів (гліцерину та жирних кислот). Існує 4 способи проведення процесу переестерифікації [24]:

Міжмолекулярна переестерифікація, що протікає за рахунок обміну радикалами жирних кислот між різними молекулами триацилгліцеридів;

внутрішньомолекулярна переестерифікація, що протікає за рахунок переміщення радикалів жирних кислот усередині молекули тригліцериду з α - у β -положення і навпаки;

Алкохоліз – процес перестерифікації жирів, що протікає шляхом обміну радикалами між тригліцеридом і спиртом;

Ацидоліз – процес перестерифікації жирів, що протікає шляхом обміну радикалами між тригліцеридом та кислотою.

В результаті переестерифікації жирів змінюється не тільки їхній склад, але і в'язкість, температура плавлення (кипіння), твердість та інші фізико-хімічні властивості. Цікавим та актуальним для розгляду є алкохоліз. При проведенні переестерифікації олій методом алкохолізу тригліцерид реагує зі спиртом у присутності каталізатора з утворенням суміші ефірів жирних кислот і гліцерина [25].

Повний процес складається з трьох послідовних та оборотних реакцій, у яких ди- та моногліцериди є проміжними продуктами. За стехіометричною реакцією на 1 моль тригліцериду припадає 3 моля спирту. Однак надлишок спирту необхідний для повноти завершення процесу переестерифікації,

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

збільшення виходу ефірів і створення умов для кращого їх відокремлення від гліцерину [26].

Природа і якість жировмісної сировини істотно впливають на вихід ефірів. При проведенні реакції переестерифікації олій і жирів з низьким вмістом вільних жирних кислот спостерігається збільшення глибини процесу зі збільшенням молекулярної маси тригліцеридів. У разі проведення реакції алкоголізу олій і жирів, що містили значну кількість вільних жирних кислот, спостерігається етерифікація останніх. При чому, етерифікація з алкеновими кислотами, протікає повільніше, ніж з алкановими, що пояснюється великим позитивним індукційним ефектом алкенового ланцюга кислот. При цьому чим ближче подвійний зв'язок до карбоксильної групи, тим сильніше проявляється індукційний ефект і тим менша швидкість реакції. Також позитивний ефект алканового ланцюга пояснюється зменшенням швидкості етерифікації із збільшенням молекулярної маси кислоти.

На швидкість реакції значно впливає молекулярна маса спирту. Найбільша швидкість реакції з метанолом і потім зі збільшенням довжини ланцюга помітно падає. Результати досліджень показують, що найбільша глибина процесу (98 мас.%) досягається при застосуванні метанолу, а потім зменшується при збільшенні молекулярної маси спирту і вже для етанолу та пентанолу становить всього 35,3% та 11.5 мас.% [24].

Надмірна кількість спирту, що вводиться в реакційну масу, може змінюватися в широкому діапазоні, залежно від запропонованих умов проведення реакції, природи та якості використовуваної жировмісної сировини, типу каталізатора. Так, наприклад, при проведенні процесу без каталізатора, у надкритичних умовах і мольному співвідношенні метанол-рослинна олія 3,5:1 вихід метилового ефіру складає вдається 43%. Підвищити вихід ефірів до 60% вдається за рахунок збільшення мольного співвідношення, а збільшення температури процесу до 350°C при вихідному мольному співвідношенні спирту:олія – 3,5:1 дозволяє досягти виходу ефіру 90% [27].

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

На швидкість процесу переестерифікації впливають багато факторів, серед яких: температура і тиск процесу, використання додатково спільного розчинника, інтенсивність і спосіб перемішування та ін. Встановлено, що швидкість реакції пропорційна створюваному тиску, а збільшення температури не тільки прискорює процес, а й збільшує глибину переестерифікації [28].

2.4 Основні показники біодизеля, отриманого з ліпідів міцеліальних грибів

У зв'язку з тим, що в ряді країн для створення біодизеля використовується ріпак, ліпіди якого відповідають вимогам до біодизеля, було проведено літературне дослідження для порівняння основних характеристик між біодизелем з ліпідів міцеліальних грибів і створеним на основі ліпідів ріпаку. Отримані результати показали (табл. 2.4), що значення цетанового числа (ЦЧ) біодизеля, отриманого з ліпідів гриба, становило 55,68, а біодизеля, отриманого на основі рапсового масла, 51,74. У вимогах європейських стандартів встановлено мінімальний кордон цього показника – 51 од.

Таблиця 2.4 Порівняння характеристик біодизеля [29]

	Йодне число	Цетанове число	Теплота згорання, МДж/кг
Дизельне паливо	-	47	45,3
Біодизель (ДСТУ EN 14214:2019)	≤ 120	≥ 51	≥ 5
Біодизель з олії ріпаку <i>Brassica napus</i>	94-120	51,74	10,4
Біодизель з олії <i>Cunninghamella japonica</i> F-1204	90,81	55,68	37,27

ЦЧ – основний показник займистості дизельного палива. Це число характеризує здатність палива до займання. Воно впливає також на запуск двигуна, жорсткість роботи, витрату палива та димність відпрацьованих газів. Чим вище ЦЧ тим спокійніше і плавніше горіння дизельного палива, що забезпечує високі потужнісні та економічні показники роботи двигуна [29].

Ступінь ненасиченості ліпідів мукорового гриба становив 1,06, ліпідів ріпаку – 1,34, величина йодного числа 90,81 та 114,91 відповідно. Згідно з даними літератури [16], величина йодного числа для ріпаку знаходиться в межах від 94 до 120. Порівняння проводили на основі європейських стандартів (EN 14214 та EN 14213), згідно з якими йодне число має перевищувати 120 і 130 од. відповідно. Вміст ліноленової кислоти в біодизелі не повинен перевищувати 12%, а також сумарний вміст поліненасичених жирних кислот з 4 та більше подвійними зв'язками не повинен перевищувати 1% від суми жирних кислот.

Теплота згоряння є однією з найважливіших характеристик палива при оцінці його енергетичних можливостей та економічної ефективності. Результати літературного пошуку показали, що нижча теплота згоряння біодизеля, одержаного з ліпідів гриба – 37,27 МДж/кг, а біодизеля, отриманого на основі ріпакової олії – 37,31 МДж/кг. У вимогах європейських стандартів встановлено мінімальний кордон цього показника – 35 МДж/кг [29].

Таким чином, ґрунтуючись на даних літератури, можна сказати, що біодизель на основі ліпідів мукорового гриба *C. echinulata* за рядом основних показників відповідає вимогам європейських стандартів для біодизеля і аналогічний найбільш широко використовуваному в країнах ЄС біодизелю на основі ріпакового олії.

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Опис технологічної схеми виробництва біодизеля на основі ліпідів міцеліальних грибів

ДР 1. Підготовка води

Для попередньої очистки води водопровідну воду фільтрують через фільтр 0,22 мкм під тиском 0,2 атм. На даній стадії проводиться технічний контроль обладнання та комунікацій.

ДР 2. Підготовка виробництва

ДР 2.1. Підготовка персоналу

ДР 2.1.1. Медичне обстеження

Необхідно провести обов'язкове медичне обстеження перед початком роботи. Наступні обстеження потрібно проводити певною періодичністю, усі показники медичного обстеження необхідно фіксувати у відповідних журналах на виробництві, так як умови праці та реагенти, що використовуються можуть негативно впливати на стан здоров'я.

ДР 2.1.2. Навчання персоналу

Необхідно проводити подальше навчання персоналу, що знаходиться на виробництві з метою покращення навичок та перевірки кваліфікації, також з певною періодичністю треба проводити інструктажі з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

ДР 2.1.3. Підготовка персоналу до роботи

Персонал повинен бути забезпечений захисним одягом, здійснювати належну обробку рук антисептичними засобами. До кожної операції має бути розроблена інструкція та у кожному приміщенні співробітники повинні дотримуватися правил поведінки у приміщеннях певних класів.

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3. Технологічна частина	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Бугакова О.С.				...	...31.	103...
Консульт.								
Керівник		Кузьмінський Е.В.						
Затверд.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		

ДР 2.2 Приготування миючих та дезінфікуючих засобів

Для приготування миючих засобів необхідно дбати про безпеку персоналу, так як концентрати миючих та дезінфікуючих засобів можуть мати токсичний вплив на організм людини.

ДР 2.2.1 Приготування миючих засобів

Для приготування миючих засобів відміряють необхідну кількість концентрату, який беруть зі складу та доводять до певного рівня чистою водою. На даному етапі проводиться хімічний контроль.

ДР 2.2.2 Приготування розчину спирту

Для дезінфекції лабораторних та виробничих поверхонь використовують 70% розчин етилового спирту. Для його приготування беруть 96% етиловий спирт та чистою водою розбавляють до 70% розчину. На даному етапі проводиться хімічний контроль.

ДР 2.2.3 Приготування розчину каустичної соди

Розчин каустичної соди використовують для обробки виробничих приміщень та мийки обладнання. Для його приготування відміряють необхідну кількість каустичної соди та чистою водою температури 40-50°C розчиняють до 5% розчину. Готовий розчин зберігається у збірнику. Розчин застосовують разово. Проводиться технічний та хімічний контроль.

ДР 2.3 Підготовка виробничих приміщень

Кожного дня необхідно проводити прибирання приміщень. Для прибирання використовують миючі та дезінфікуючі розчини з ДР 2.2. У кінці робочої зміни проводиться вологе прибирання підлоги, столів, дверей. Прибирання проводиться у визначений час та після нього проводиться обробка ультрафіолетом протягом визначеного часу.

Перед початком роботи кожного проводиться протирання усіх робочих поверхонь дезінфікуючими засобами.

ДР 2.4 Підготовка обладнання та комунікацій

ДР 2.4.1 Мийка обладнання

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Обладнання, що контактує з хімічними речовинами та біологічними агентами повинно пройти етап мийки. Для цього застосовують миючі та дезінфікуючі засоби і проводять мийку при температурі 50-60°C. Знімають усі частини обладнання, які можна зняти та дрібний лабораторний посуд і миють миючими засобами при такому самому інтервалі температур.

ДР 2.4.2 Ополіскування обладнання

Проводять ополіскування чистою водою для видалення забруднень, що залишились та залишків мийного розчину з поверхонь оброблених приладів.

ДР 2.4.3 Перевірка на герметичність

Для перевірки на герметичність в апараті створюють тиск 0,2 МПа та витримують протягом певного часу. Перевірка на герметичність повинна дати позитивний результат, якщо результат відмінний від позитивного проводять технічну перевірку обладнання для визначення проблеми.

ДР2.4.4 Стерилізація

Стерилізацію проводять гострою парою під тиском, яку вводять в апарат. Параметри стерилізації наступні: температура – 130-140°C, тиск – 0,2 МПа, час стерилізації – 90 хвилин.

ДР 3. Підготовка повітря

ДР 3.1 Забір повітря з атмосфери

Забір повітря з атмосфери виконують за допомогою трубчатих конструкцій у місцях з невеликою запиленістю та загазованістю. Висота місця забору повітря залежить від забрудненості повітря.

ДР 3.2 Механічна очистка повітря

Механічна очистка повітря запобігає подальше потрапляння великих часточок пилу та контамінантів, для цього перед вентиляторами встановлюються фільтри попередньої очистки, які не пропускають часточки більше 5 мкм.

ДР 3.3 Очистка повітря на головному фільтрі

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

На цій стадії для очистка повітря використовують фільтри класу HEPA, які дозволяють затримувати частинки розмір яких $>1,5$ мкм з ефективністю 98%.

ДР 3.4 Очистка на індивідуальному фільтрі

Індивідуальні фільтри відносяться до кожного апарата, для роботи якого необхідно використовувати чисте повітря. Для запобігання можливої контамінації частками, які не вловили попередні фільтри, подача повітря до апарату відбувається через індивідуальний фільтр, який не пропускає часточки $>0,3$ мкм.

ДР 4 Підготовка сусло-агару

ДР 4.1 Приготування сусло-агару

Змішування компонентів проводиться у змішувачі, робоче співвідношення компонентів – на 20 г агару 1 л пивного сусла. Проводиться технічний та хімічний контроль.

ДР 4.2 Стерилізація сусло-агару

Стерилізацію сусло-агару проводять в автоклаві при температурі 120°C протягом 20 хвилин. Проводиться технічний контроль.

ДР 4.3 Розлив у кювети

Після автоклавування проводять розлив сусло-агару у кювети. Дану процедуру необхідно робити швидко, адже при охолодженні після автоклава сусло-агар буде застигати, що може зробити неможливим розлив у кювети.

ДР 5. Підготовка поживного середовища

У даному виробництві вирощування посівного матеріалу на качалкових колбах, у посівному реакторі та виробниче культивування проводиться на одному комплексному середовищі. Склад середовища наступний (мас. %):

Глюкоза – 5;

Нітрат амонію – 0,12;

Сульфат магнію семиводний – 0,025;

Дигідрофосфат калію – 0,1;

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дріжджовий екстракт – 0,1.

До складу середовища входить глюкоза, яку потрібно стерилізувати окремо від сольових компонентів, тобто потрібно проводити приготування розчинів глюкози та інших компонентів в різних реакторах та змішувати вже в ферментері перед початком культивування. Також під час культивування необхідно підтримувати певний рівень рН, що передбачає приготування корегувальних розчинів лугу та кислоти.

Потрібно пам'ятати, що процес культивування може супроводжуватися процесом піноутворення, тобто треба також подбати про наявність стерильного піногасника.

ДР 5.1 Приготування розчину глюкози

Через об'ємно-ваговий дозатор подається глюкоза до змішувача, після чого до неї додають порційно воду. Розчин готують при змішуванні та температурі 80°C.

ДР 5.2 Стерилізація розчину глюкози

Розчин глюкози, що був отриманий у попередньому етапі піддають стерилізації глухою парою при тиску 0,2 МПа та температурі 120-130°C. Після стерилізації розчин глюкози поступає до ферментера або посівного ректора, де змішується з іншими компонентами.

ДР 5.3 Приготування розчину солей та дріжджового екстракту

Через об'ємно-ваговий дозатор подаються нітрат амонію, сульфат магнію семиводний, дигідрофосфат калію, дріжджовий екстракт та вода. Усі компоненти розчиняються при тривалому перемішуванні.

ДР 5.4 Стерилізація розчину солей та дріжджового екстракту

Розчин солей та дріжджового екстракту стерилізують аналогічно, як і розчин глюкози, глухою парою при тиску 0,2 МПа та температурі 120-130°C. Після стерилізації розчин під тиском, шляхом передавлювання потрапляє до ферментеру або посівного реактора, де змішується з розчином глюкози.

ДР 5.5 Приготування розчинів для корегування рН

ДР 5.5.1 Приготування розчину лугу

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Для корегування рН використовується 20% розчин гідроксиду натрію. Для його приготування до реактору вносять наважку гідроксиду натрію та доводять водою до необхідного об'єму.

ДР 5.5.2 Стерилізація розчину лугу

Стерилізація розчину лугу проводиться глухою парою при тиску 0,2 МПа та температурі 120-130°C.

ДР 5.5.3 Приготування розчину кислоти

Для корегування рН також використовується 2н розчин соляної кислоти. Для його приготування в реакторі кислоту розводять водою до необхідної концентрації.

ДР 5.5.4 Стерилізація розчину кислоти

Стерилізація розчину кислоти проводиться глухою парою при тиску 0,2 МПа та температурі 120-130°C.

ДР 5.6 Приготування піногасника

В якості піногасника було обрано пропінол, який у разі необхідності вводиться до поживного середовища. Стерилізація пропінола відбувається за температури 125-130°C протягом 2 годин.

ДР 6 Підготовка посівного матеріалу

Підготовка посівного матеріалу відбувається у кілька стадій. Спочатку матеріал вирощують у кюветах на сусло-агарі. Після чого спори з агару змивають водою та засівають у качалкові колби. З колб інокулянт потрапляє до посівного реактора і після нього посівний матеріал потрапляє до ферментера у якому відбувається виробниче культивування.

ДР 6.1 Вирощування спор на сусло-агарі

Спори з музейної культури висівають на кювети з сусло-агаром. Кювети поміщають у термостат з температурою 27-28°C на 5 діб.

ДР 6.2 Змив спор з поверхні сусло-агару

Після культивування, кювети достають з термостата та змивають спори чистою водою. Змиті спори витримують 20-30 хв при слабкому перемішуванні.

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР 6.3 Вирощування на качалкових колбах

Змиті спори, після витримування поміщають у колби з поживним середовищем. Колби ставлять в інкубатор з температурою 27-28°C при частоті обертів качалки 180 об/хв. Вирощування проводять протягом 48 год.

ДР 6.4 Вирощування культури в посівному апараті

Після вирощування інокулята в колбах посівний матеріал вирощують в посівному апараті об'ємом 0,25 м³. До посівного апарату надходять розчин солей та дріжджового екстракту і розчин глюкози. Після змішування компонентів середовища додаємо посівний матеріал з качалкових колб і проводимо вирощування інокулята протягом 72 год. при температурі 27-28°C при механічному перемішуванні з частотою 140 об/хв та pH 6,5±0,2.

ТП 7 Виробниче культивування

Виробниче культивування відбувається у ферментері 10 м³ з коефіцієнтом заповнення 0,7.

Спочатку до ферментера надходять компоненти поживного середовища та перемішуються при невеликих обертах мішалки. Після до ферментеру надходить посівний матеріал з посівного апарату. Культивування відбувається при наступних параметрах: температура – 29±0,5°C, pH – 6,5±0,2, кількість обертів – 120 об/хв, тривалість культивування – 90-96 годин. Температура в середині ферментеру підтримується за рахунок надходження в рубашку апарату підігрітої води.

За потреби до середовища додаються піногасник та розчини для корегування pH.

ТП 8 Відділення біомаси від культурального середовища

Після завершення культивування необхідно відділити біомасу від культуральної рідини. Для цього використовують фільтр-прес, який дозволяє здійснити відділення біомаси без залучення додаткового обладнання. Відпрацьоване середовище відправляється на знезараження та утилізацію.

ТП 9 Екстракція ліпідів

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Екстракція ліпідів відбувається при надкритичних умовах, а саме за допомогою флюїдним CO₂ у надкритичних умовах. Екстракція відбувається при температурі в 100°C та тиску 50 МПа. Завдяки технології надкритичних умов з біомаси можливо відділити близько 60% ліпідів від маси сухої речовини.

ТП 9.1 Продавлювання міцелію флюїдним CO₂

У випарник надходить зріджений CO₂ та, нагріваючись до температури 100°C під дією пари у сорочці апарату під тиском в 50 МПа подається у надкритичний екстрактор. У надкритичному екстракторі флюїдний CO₂ продавлюється через касету з завантаженим подрібненим міцелієм.

ТП 9.2 Розділення CO₂-екстракту шляхом охолодження

Отриманий внаслідок продавлювання CO₂-екстракт подається у сепаратор, де, під дією води для охолодження в сорочці апарату, за нормальних умов охолоджується до температури 25°C. CO₂-екстракт розділяється на суміш ліпідів і газоподібний CO₂, що накопичується у збірці.

ТП 10 Реакція переестерифікації

Суміш ліпідів після розділення з CO₂-екстрактом надходить у реактор для переестерифікації. Також до реактора надходить метанол. Так як для реакції переестерифікації обрана технологія без використання каталізаторів, то додавання будь-яких інших компонентів не потрібно. Реакція проходить при тиску 8МПа та температури 300°C. Час проходження реакції 5 хвилин.

ТП 11 Розділення ефірів та гліцерину

Після проходження реакції переестерифікації суміш ефірів, гліцерину та спирту надходить до відстійника. Розділення відбувається протягом години.

ТП 12 Випарювання спирту з ефіру

З відстійника суміш спирту з ефірами потрапляє до випарника, в якому при температурі 70°C випарюють спирт. Метанол по трубопроводу потрапляє до конденсора, де завдяки охолодженню переходить у рідкий стан, після чого направляється до збірника.

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ТП 13 Випарювання спирту з гліцерину

Технологія випарювання метанолу з гліцерину аналогічна описаній у попередній стадії. У випарнику при температурі 70°C випарюється спирт, який при потраплянні в конденсор охолоджується та переходить до збірника.

ТП 14 Сушіння біодизеля

Для сушіння біодизеля використовується вакуум-випарник. У випарнику звільняємо біодизель від зайвої води, так як вона може слугувати середовищем для розмноження патогенів.

ТП 15 Фільтрація біодизеля

Даний етап фільтрації проводиться для видалення з вже підсушеного біодизеля усіх домішок та гелеподібного осаду.

ПМВ 16 Пакування

Готовий біодизель розливають у цистерни та відправляють на склад.

3.2 Точки контролю виробництва

В процесі виробництва біодизельного палива відбувається постійний контроль на всіх стадіях процесу для визначення ефективності кінцевого результату (табл 3.2).

Таблиця 3.2 Точки і параметри контролю

Стадія процесу	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму	Метод контролю параметра, тип приладу
Підготовка води	Робочий тиск, атм	1 раз на годину	0,2	Манометр електроконтактний
Приготування миючих та дезінфікуючих засобів	Температура, °C	1 раз на годину	40-50	Термометр

Продовження таблиці 3.2

Стадія процесу	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму	Метод контролю параметра, тип приладу
	Концентрація каустичної соди, %	1 раз на добу	5	Концентратомір
Мийка обладнання	Температура, °C	1 раз на годину	50-60	Термометр
Перевірка на герметичність	Тиск, МПа	1 раз на годину	0,2	Манометр
Стерилізація обладнання	Температура, °C	1 раз на годину	130-140	Термометр
	Тиск, МПа	1 раз на годину	0,2	Манометр
Стерилізація сусло-агару	Температура, °C	1 раз на годину	120	Термометр
Підготовка поживного середовища	Масовий вміст компонентів	1 раз на добу		Концентратомір
	Температура, °C	1 раз на годину	120-130	Термометр
	Тиск, МПа	1 раз на годину	0,2	Манометр
Приготування розчинів для корегування рН	Концентрація гідроксиду натрію	1 раз на добу	20	Методика лабораторного контролю

Продовження таблиці 3.2

Стадія процесу	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму	Метод контролю параметра, тип приладу
Приготування розчинів для корегування рН	Концентрація соляної кислоти	1 раз на добу	2н	Методика лабораторного контролю
	Температура, °С	1 раз на годину	120-130	Термометр
	Тиск, МПа	1 раз на годину	0,2	Манометр
Приготування піногасника	Температура, °С	1 раз на годину	120-130	Термометр
	Тиск, МПа	1 раз на годину	0,2	Манометр
Піготовка посівного матеріалу	Оптична густина культури, нм	1 раз на добу	0,2-0,9	Спектрофотометр
	Температура, °С	1 раз на годину	27-28	Термометр
	рН	1 раз на годину	6,5	рН-метр
	Кількість обертів качалки (мішалки), об/хв	1 раз на годину	120-180	
Виробниче культивування	Температура, °С	1 раз на 3 години і 1 раз на добу	29	Термометр
	рН	1 раз на 3 години і 1 раз на добу	6,5	рН-метр

Продовження таблиці 3.2

Стадія процесу	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму	Метод контролю параметра, тип приладу
	Кількість обертів мішалки, об/хв	1 раз на 3 години і 1 раз на добу	120	
Екстракція ліпідів	Температура, °С	Упродовж всього процесу	100	Термометр
	Тиск, МПа	Упродовж всього процесу	50	Манометр
Реакція переетерифікації	Температура, °С	Упродовж всього процесу	100	Термометр
	Тиск, МПа	Упродовж всього процесу	3	Манометр
Випарювання спирту з ефіру/з гліцерину	Температура, °С	1 раз на годину	70	Термометр
Сушіння біодизеля	Кількість води	1 раз на тиждень		Методика лабораторного контролю

3.3 Матеріальний баланс

У даному виробництві кінцевий продукт представлений у вигляді рідини – біодизельного палива. Матеріальний баланс на виробництво представлений у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Матеріальний баланс виробництва

Використано				Отримано			
Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість			Назва кінцевого продукту або напівпродукту, відходів та втрат	Кількість		
	кг	л	шт		кг	л	шт
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП 7 Виробниче культивування							
Глюкоза	342,25			Культуральна рідина		6860	
Нітрат амонію	8,36						
Сульфат магнію семиводний	1,7						
Дигідрофосфат калію	6,85						
Дріжджовий екстракт	6,85						

Продовження таблиці 3.3

Вода		6479					
Посівний матеріал з ДР 6.4		155		Втрати		140	
Всього :	7000			Всього :	7000		
ТП 8 Відділення біомаси від культурального середовища							
Культуральна рідина		6860		Відпрацьоване поживне середовище		6520	
				Біомаса	220		
				Втрати		120	
Всього :	6860			Всього :	6860		
ТП 9 Екстракція ліпідів							
Біомаса	220			Ліпіди	120		
				Шлам	90		
				Втрати	10		
Всього :	220			Всього :	220		
ТП 10 Реакція переестерифікації							
Ліпіди	120			Ліпіди	260		
Метанол		5040		Метанол		4680	

Продовження таблиці 3.3

				Гліцерин	120		
				Втрати	100		
Всього :	5160			Всього :	5160		

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОСНОВНОГО АПАРАТУ

Вихідні дані для розрахунку:

1. Об'єм апарата: $V=10 \text{ м}^3$
2. Коефіцієнт заповнення: $K_z = 0,7$
3. Час культивування: $\tau = 96 \text{ год}$
4. Температура культивування: $T = 29^\circ\text{C}$
5. Процес аеробний, аерація: $1 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \cdot \text{хв}$
6. Тип перемішуючого пристрою – відкрита турбінна мішалка.

Конструктивний розрахунок

Метою розрахунку є визначення розмірів виробничого ферментера та його основних конструктивних елементів.

Визначаємо робочий об'єм апарата [30]:

$$V_p = V_n \cdot K_z$$

$$V_p = 10 \cdot 0,7 = 7 \text{ (м}^3\text{)}$$

На основі розрахованого об'єму апарата, було обрано конструкцію з еліптичним днищем та еліптичною знімною кришкою, що відповідає типу 0. Відповідно до цього, внутрішній діаметр апарата (D) дорівнює 2200 мм (2,2 м).

Висота еліптичного днища для апарата вказаного діаметра:

$$h_g = 0,2 \cdot D$$

$$h_g = 0,2 \cdot 2,2 = 0,44 \text{ (м)}$$

Відповідно до стандарту, інші конструктивні розміри днища мають наступні значення :

Внутрішня поверхня еліптичного днища : $F_{\text{вн.дн.}} = 5,11 \text{ м}^2$

Висота відбортаної частини : $h_1 = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>РОЗДІЛ 4. Технологічні розрахунки основного апарату</i>		
Розробив		Бузакова О.С.					
Консульт.							
Керівник		Кузьмінський Е.В.					
Затверд.					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>		
					Стадія	Аркуш	Аркушів
					...	46	103...

Товщина стінки днища : $s = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$

Об'єм еліптичного днища : $V_{\text{дн}} = 1,2637 \text{ м}^3$

Висота апарата : $H = 2980 \text{ мм} = 2,980 \text{ м}$

Площа поверхні теплообміну рубашки : $F_p = 20,0 \text{ м}^2$

Маса днища : $m = 404,6 \text{ кг}$

Визначаємо повну висоту днища апарату за формулою:

$$h_{\text{дн}} = h_1 + h_{\text{в}}$$

$$h_{\text{дн}} = 0,04 + 0,44 = 0,48 \text{ (м)}$$

Об'єм циліндричної частини ферментера:

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{н}} - 2V_{\text{дн}} = 10 - 2 \cdot 1,237 = 7,526 \text{ (м}^3\text{)}$$

Висота циліндричної частини ферментера:

$$H_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{F} = \frac{7,526 \cdot 4}{3,14 \cdot 2,2^2} = 1,98 \text{ (м)}$$

Висота рівня рідини в апараті:

$$H_p = \frac{4(V_p - V_{\text{дн}})}{\pi D^2} + h_1 + h_{\text{в}}$$

$$H_p = \frac{4(7 - 1,237)}{\pi \cdot 2,2^2} + 0,04 + 0,440 = 1,997 \text{ (м)}$$

Розрахунок механічного перемішуючого пристрою

Для перемішування в реакторі обрано відкриту турбінну мішалку з наступними параметрами:

$$D/d_M = 3 \div 4$$

$$h_M/d_M = 0,2$$

$$h/d_M = 0,4 \div 1$$

$$l/d = 0,25$$

$$b/d_M = 0,1$$

$$\xi_M = 8,4$$

$$\frac{D}{4} \div \frac{D}{3} = \frac{2,2}{4} \div \frac{2,2}{3}$$

Обираємо діаметр мішалки 0,71 м

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$d_m = 710 \text{ мм} = 0,71 \text{ м}$$

Таким чином, визначаємо основні параметри мішалки:

Висота перемішуючого пристрою:

$$h_m = 0,2 \cdot d_m = 0,2 \cdot 0,71 = 0,142 \text{ (м)}$$

Висота розміщення мішалки:

$$h = 0,4 \cdot d_m = 0,4 \cdot 0,71 = 0,284 \text{ (м)}$$

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

Число обертів мішалки згідно з обраною технологією – 120 об/хв

$$n = 120 \text{ об/хв} = 2 \text{ об/с}$$

Розрахунок глибини воронки

Визначаємо висоту параметра завантаження апарата – γ за формулою [30]:

$$\gamma = 8 \frac{H_p}{D} + 1$$

$$\gamma = 8 \cdot \frac{1,997}{2,2} + 1 = 8,27$$

Параметр гідравлічного опору мішалки E розраховуємо з формули [30]:

$$E = \frac{\gamma}{\xi_m z_m R_{\text{ец}}^{0,25}}$$

$$E = \frac{8,27}{8,4 \cdot 1 \cdot (571793)^{0,25}} = 0,036$$

Параметр розподілення швидкості ψ_I :

$$\psi_I = -0,3,$$

тоді параметр глибини воронки B дорівнює : $B = 9$

Знаходимо глибину воронки за формулою [30]:

$$h_B = \frac{B n^2 d_m^2}{2}$$

$$h_B = \frac{9 \cdot 2^2 \cdot 0,71^2}{2} = 9,07 \text{ (м)}$$

Гранично допустима глибина воронки:

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$h_{\text{гр}} = H_p - h = 1,997 - 0,284 = 1,713 \text{ (м)}$$

Перевіряємо співвідношення :

$$h_{\text{в}} > h_{\text{гр}}$$

9,07 > 1,713, виходячи з результату робимо висновок, що необхідно встановлювати перегородки.

Розрахунок барботера

Проведемо розрахунок геометричних розмірів барботера. Висота перемішуючого пристрою над барботером дорівнює [30]:

$$h_{\text{б}} = 0,25 d_{\text{м}}$$

$$h_{\text{б}} = 0,25 \cdot 0,71 = 0,178 \text{ (м)}$$

Діаметр барботеру знаходимо зі співвідношення:

$$D_0 = (0,5 : 0,75) d_{\text{м}}$$

$$D_0 = 0,75 \cdot 0,71 = 0,532 \text{ (м)}$$

Приймаємо діаметр отворів барботера 3 мм:

$$d_0 = 3 \text{ мм} = 0,003 \text{ м}$$

Кількість отворів у барботері :

$$Z_{\text{отв}} = \frac{4V_{\text{г}}}{\pi d_0^2 W_0}$$

$$Z_{\text{отв}} = \frac{4 \cdot 0,01667}{3,14 \cdot 0,003^2 \cdot 30} = 80 \text{ отворів}$$

Кількість отворів в одному ряду дорівнює:

$$Z_{\text{отв1}} = \frac{\pi D_0}{t_{\text{отв}}}$$

$$Z_{\text{отв}} = \frac{3,14 \cdot 0,532}{0,01} = 167 \text{ отворів}$$

Сума поперечного перерізу отворів барботера:

$$S_{\text{отв}} = \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot Z_{\text{отв}}$$

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$S_{\text{отв}} = \frac{3,14 \cdot 0,003^2 \cdot 80}{4} = 0,57 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Розрахунок потужності, що витрачається на перемішування

Потужність, що витрачається на перемішування визначають за формулою [30]:

$$N_M = K_N \cdot \rho_c \cdot n^3 \cdot d_M^5,$$

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

$$Re_{\text{ц}} = \frac{\rho_c \cdot n \cdot d_M^2}{\mu_c};$$

$$Re_{\text{ц}} = \frac{1055 \cdot 2 \cdot 0,71^2}{1,3 \cdot 10^{-3}} = 81,8 \cdot 10^4$$

Із графіка, $K_N = 0,8$, тоді

$$N_M = 0,8 \cdot 1055 \cdot 2^3 \cdot 0,71^5 = 1218 \text{ (Вт)}$$

Тепловий розрахунок

Надходження енергії до ферментера відбувається з поживним середовищем, із посівним матеріалом, із повітрям, шляхом дисипації механічної енергії від перемішуючих пристроїв та теплоти реакцій, що протікають у ферментері, таким чином, сумарна кількість надходжень теплоти має вигляд :

$$\sum E_{\text{надх}} = E_{\text{пс}} + E_{\text{пм}} + E_{\text{пов}} + E_{\text{дис}_1} + E_p$$

Розрахуємо кожен складову

- Поживне середовище

$$E_{\text{пс}} = M_c \cdot C_c \cdot t_c = \rho_c \cdot V_p \cdot 0,9 \cdot C_c \cdot t_c$$

$$E_{\text{пс}} = 1055 \cdot 7 \cdot 0,98 \cdot 3789 \cdot 28 = 767,8 \text{ (МДж)}$$

- Посівний матеріал

$$E_{\text{пс}} = M_c \cdot C_c \cdot t_c = \rho_c \cdot V_p \cdot 0,9 \cdot C_c \cdot t_c$$

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$E_{пм} = 1062 \cdot 7 \cdot 0,02 \cdot 3789 \cdot 28 = 15,77 \text{ (МДж)}$$

- З повітрям

$$E_{пов1} = \rho_{пов} \cdot V_{пов} \cdot \tau \cdot C_{пов} \cdot t_{пов}$$

$$E_{пов1} = 1,175 \cdot 0,01667 \cdot 144\,000 \cdot 1000 \cdot 28 = 78,98 \text{ (МДж)}$$

- Теплота, що виділяється в результаті дисипації механічної енергії відперемішуючих пристроїв:

$$E_{дис} = N_m \cdot \tau_{пр}$$

$$E_{дис} = 1218 \cdot 144000 = 175,39 \text{ (МДж)}$$

- Теплота реакції, що протікає у ферментері:

$$E_p = m_{цук} \cdot r_{цук}$$

$$m_{цук} = 0,02 \cdot 0,9 \cdot V_p \cdot \rho_c$$

$$E_p = 0,02 \cdot 0,98 \cdot 7 \cdot 1055 \cdot 0,9 = 130,3 \text{ (МДж)}$$

Таким чином, сумарна кількість теплоти надходжень до ферментеру:

$$\sum E_{надх} = 767,8 + 15,77 + 78,98 + 175,39 + 130,3 = 1168,25 \text{ МДж}$$

Витрати теплової енергії відбуваються :

- з повітрям :

$$E_{пов2} = 1,175 \cdot 0,0167 \cdot 3600 \cdot 1000 \cdot 28 = 1,98 \text{ МДж}$$

- З культуральною рідиною

$$E_{пов2} = 1055 \cdot 7 \cdot 3879 \cdot 28 = 783,5 \text{ МДж}$$

- Втрати тепла в навколишнє середовище

$$E_{втр} = 0,02 \cdot (E_k + E_{пов2})$$

$$E_{втр} = 0,02 \cdot (783,5 + 1,98) = 15,71 \text{ МДж}$$

Таким чином, сума теплових витрат складає :

$$\sum E_{випрат} = 1,98 + 783,5 + 15,71 = 801,2 \text{ МДж}$$

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Розраховуємо теплове навантаження у ферментері :

$$E_T = 801,2 - 1168,25 = - 367,06 \text{ МДж}$$

Дані розрахунку свідчать про те, що в апараті відбувається нагрівання, тому для підтримання температури необхідний процес охолодження.

Визначення середньої різниці температур

Визначення середньої різниці температур для режиму охолодження культуральної рідини в реакторі за умови відсутності зміни агрегатного стану середовищ:

$$\Delta_{cp} = \frac{t_{H2} - t_{K2}}{\ln \frac{t_{H2} - \theta_H}{t_{K2} - \theta_H}} \cdot \frac{A - 1}{A \cdot \ln A} = \frac{32 - 28}{\ln \frac{32 - 18}{28 - 18}} \cdot \frac{1,6 - 1}{1,6 \cdot \ln 1,6} = 9,5^\circ\text{C}$$

$$\text{де } A = \frac{t_{K2} - \theta_H}{t_{K2} - \theta_K} = \frac{28 - 18}{28 - 22} = 1,6$$

Де $\theta_H = 18^\circ\text{C}$ і $\theta_K = 22^\circ\text{C}$ початкова і кінцева температури теплоносія відповідно, $^\circ\text{C}$;

$t_{H2} = 32^\circ\text{C}$ і $t_{K2} = 28^\circ\text{C}$ початкова і кінцева температури середовища в процесі охолодження.

Визначення коефіцієнту тепловіддачі середовища в реакторі

Коефіцієнт тепловіддачі від середовища в реакторі до стінки апарата або до змішувача, що визначається з рівняння:

$$Nu_1 = C \cdot Re_{\text{ц}}^n \cdot Pr_1^{0,33} = 0,760 \cdot (81,8 \cdot 10^4)^{0,67} \cdot 10,821^{0,33} = 15263,9$$

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

Відцентровий критерій Рейнольдса становить:

$$Re_{\text{ц}} = \frac{n \cdot d_M^2}{\nu} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_M^2}{\mu} = \frac{1055 \cdot 2 \cdot 0,71^2}{1,3 \cdot 10^{-3}} = 81,8 \cdot 10^4$$

Критерій Прандтля для середовища в апараті:

$$Pr_1 = \frac{\mu_1 \cdot C_{p1}}{\lambda_1} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 3879}{0,466} = 10,821$$

Коефіцієнт тепловіддачі від середовища до стінки:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{D} = \frac{15263,9 \cdot 0,466}{2,2} = 3233 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Визначення коефіцієнта тепловіддачі теплоносія в сорочці

Коефіцієнт тепловіддачі теплоносія в сорочці знаходять за рівнянням:

$$Nu_2 = C(Gr \cdot Pr)^n = 0,15(5,86 \cdot 10^{11})^{0,33} = 1146,83$$

де коефіцієнти $C = 0,15$ і $n=0,33$ знаходять в залежності від величини добутку $Gr \cdot Pr$:

у випадку, коли воду використовують як теплоносій:

$$Gr \cdot Pr = H_p^3 \cdot \Delta t_1 \cdot B = 1,997^3 \cdot 4,75 \cdot 15,5 \cdot 10^9 = 5,86 \cdot 10^{11}$$

Фізичні властивості теплоносія знаходять за його середньої температури:

$$\theta_{cp} = \frac{\theta_H + \theta_K}{2} = \frac{18 + 22}{2} = 20^\circ\text{C}$$

різниця температур:

$$\Delta t_1 \approx \frac{\Delta t_{cp}}{2} = \frac{9,5}{2} = 4,75$$

Значення B для $20^\circ\text{C} = 15,5 \cdot 10^9$

Коефіцієнт тепловіддачі для води у сорочці становить:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d} = \frac{1146,83 \cdot 0,599}{0,168} = 4088,99 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

де d — еквівалентний діаметр каналу сорочки.

$$d_{\text{екв}} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} = \frac{2 \cdot 0,21 \cdot 0,14}{0,21 + 0,14} = 0,168\text{м}$$

$$a = \frac{D_c - 2\delta_{cm} - D}{2} = \frac{2,64 - 2 \cdot 0,01 - 2,2}{2} = 0,21\text{м}$$

Коефіцієнт теплопередачі становить:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{3233} + \frac{0,01}{17,5} + \frac{1}{4088,99}} = 888,654 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Тоді поверхня теплообміну становить:

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$$

$$F = \frac{367,06 \cdot 10^6}{888,654 \cdot 9,5 \cdot 40 \cdot 3600} = 3,02 \text{ м}^2$$

Дійсна поверхня теплообміну:

$$F_{\text{д}} = \pi \cdot D \cdot H_{\text{с}} = 3,14 \cdot 2,2 \cdot 1,557 = 10,756 \text{ м}^2$$

$$H_{\text{с}} = H_{\text{р}} - H_{\text{дн}} = 1,997 - 0,44 = 1,557 \text{ м}$$

Таким чином, умови теплообміну виконуються, поверхня теплообміну сорочки апарату забезпечить заданий температурний режим протягом роботи.

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

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

Бізнес-ідея: розробити модель та провести розрахунки технології отримання біодизельного палива з ліпідів міцеліальних грибів.

Об'єктом дослідження є біодизельне паливо, що отримують при процесі переестерифікації з ліпідів міцеліальних грибів.

Назва роботи: біодизельне паливо отримане з ліпідів міцеліальних грибів.

Суб'єктом являється країна, якій необхідно задовольнити потреби у екологічно чистому пальному або приватне замовлення.

Актуальність проекту полягає в тому, щоб розробити технологію отримання чистого біодизельного пального з ліпідів міцеліальних грибів.

Метою даного проекту є вибір та обґрунтування ефективної технології отримання біодизельного пального з ліпідів міцеліальних грибів для подальшого продажу на ринку.

Продукт: екологічно чисте біодизельне паливо.

Ринок збуту: юридичні особи (АЗС).

Конкурентні переваги: інноваційна ідея без вітчизняних аналогів на ринку збуту.

Таблиця 5.1 Резюме стартап-проекту

Показник	Характеристика
1. Сутність ідеї	Отримання біодизельного палива з міцеліальних грибів
2. Наявність аналогів або прототипів ідеї	Аналогів та прототипів ідеї в Україні не існує

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Бугакова О.С.			РОЗДІЛ 5. Розроблення стартап-проекту	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.		Тюленєва Ю.В.			55	103...
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ		
Керівник		Кузьмінський Е.В.						
Затверд.								

Продовження таблиці 5.1

Показник	Характеристика
3. Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	Екологічно чисте паливо без шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людини
4. Ступінь розробленості технології реалізації	Застосування процесу переетерифікації для отримання біодизеля широко застосовується в країнах Європи та США. В Україні дана технологія не застосовується
5. Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	Даний стартап є клоном зарубіжного стартапу
6. КВЕД, до якого може належати дане виробництво	Секція С: Переробна промисловість Ця секція включає процеси фізичного або хімічного перероблення матеріалів, речовин або компонентів з метою випуску нової продукції, хоча ці процеси не можуть бути застосовані як єдиний універсальний критерій для визначення виду виробництва. Суттєве змінювання, відновлення або реконструкція товарів зазвичай вважають діяльністю з перероблення. Розділ 20: Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції
7. Очікувана потужність стартапу	Велике підприємство
8. За масштабом виробництва	Масове
9. За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільне
10. За ресурсами, що споживатимуться	Матеріаломістке, капіталомістке
11. За чисельністю персоналу	Середнє
12. Органи управління при реалізації стартапу	Національні
13. Бажане географічне розташування	Поблизу основного виробництва
14. Гранична корисність ідеї стартапу	При отриманні біодизельного палива утворюється побічний продукт – гліцерин.
15. Бізнес-модель стартапу	B2B

Продовження таблиці 5.1

Показник	Характеристика
16. Конкуренти вітчизняні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Відсутні аналоги виробництва на ринку України
17. Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Країни Європи, США застосовують в основному в якості джерела ліпідів рослинні олії та класичний лужний процес переестерифікації.
18. Ключові фактори успіху стартапу	Висока ступінь чистоти кінцевого продукту (98%), зменшення витрат речовин, що застосовується в якості каталізаторів, незалежність від кліматичних умов та родючості ґрунтів, як в ситуації з рослинною сировиною
19. Споживачі	АЗС
20. Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	За 10 діб утворюється близько 200 л біодизельного палива
21. Споживачі на етапі розвитку	АЗС
22. Споживачі на етапі зрілості	АЗС
23. Конкурентна ціна на продукт стартапу	30 грн
24. Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	50,0 %
25. Капіталовкладення в проект	8 946 300 грн
26. Період повернення капіталовкладень у проект	2,48 років
27. Джерела фінансування	Внутрішні

5.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Зовнішнє середовище безпосередньо не впливає на підприємство, але формує загрози і можливості цього підприємства. До факторів зовнішнього

середовища відносять політику, економіку, географію, демографію, культуру, науково-технічний прогрес.

Таблиця 5.2 Аналіз загроз і можливостей зовнішнього середовища

Фактор	Загрози	Можливості
Політика	Зміна податкового кодексу може збільшити загальні витрати підприємства. Зміна законодавства теж може негативно вплинути на функціонування проекту.	Можливість розповсюдження продукту закордон. Вітчизняні продукти користуються популярністю через доступність за ціною політикою.
Економіка	Загроза провалу стартапу, так як важко спрогнозувати подальший розвиток економіки. Зниження платоспроможності. Підвищення ціни на ресурси та обладнання. Зростання конкуренції.	Можливе зростання попиту на продукцію вітчизняного виробника і зростання кількості потенційних споживачів.
Науково-технічний прогрес	Можливість виникнення конкуренції серед розробників технології біодизельного палива, або альтернативної технології. Незацікавленість продуктом серед споживачів.	Покращення якості технології. Хороша реклама, в якій продукт можна освітити, як екологічно чисте пальне, яке не шкодить людині та навколишньому середовищу.

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

Таблиця 5.3 Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Конкуренти 1. Renewable Energy Group, США. 2. Louis Dreyfus Group, Нідерланди .	Можливість удосконалення технології. Можливість удосконалення продукції. Інформування потенційних споживачів за допомогою мас медіа, реклами.	Наявність повних аналогів продукції на ринку. Наявність виробників аналогічної продукції. Неможливість монополізації. Витрати на рекламу.
Постачальники . Компанія Хімпостачання » 2. «Оріон трейдінг груп»	Впевненість у якості сировини. Обладнання стандартне, піддається заміні, випускається вітчизняними виробниками. Широка сировинна база.	Обов'язкова сертифікація сировини. Виробництво вимагає вкладень у вигляді обладнання. Витрати на пакувальні матеріали.
Посередники 1. Торгівельні посередники	Зменшення собівартості продукції. Зменшення необхідної площі для складу.	Збільшення вартості готової продукції для кінцевого споживача. Неналежна якість продукції через недотримання посередниками умов зберігання та транспортування.
Споживачі 1. Юридичні особи	Висока якість продукції. Зацікавленість продукцією через екологічність. Свідомий підхід споживача до покращення екології.	Необізнаність споживачів щодо продукції. Незацікавленість продукцією. Сезонна неактуальність продукції.

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

Таблиця 5.4 Аналіз зацікавлених сторін

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проекту	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект
Суб'єкти внутрішнього середовища			
<i>Виробник:</i>			
ТМ «FungiBD»	0,7	1	0,85
<i>Постачальник</i>			
Компанія «Хімпостачання»	0,4	0,2	0,3
Компанія «ХІМЛАБОРРЕАКТИВ»	0,45	0,3	0,375
Оріон трейдінг груп	0,5	0,45	0,425
<i>Споживачі</i>			
АЗС «ОККО»	0,35	0,5	0,425
АЗС «WOG»	0,4	0,5	0,45
АЗС «КЛЮ»	0,7	0,5	0,6
<i>Посередники</i>			
Транспортна компанія «UTS»	0,3	0,1	0,2
Зовнішнє середовище			
Політичні структури	0,1	0,3	0,2
Суб'єкти економічного середовища	0,2	0,3	0,25
Власники географічних об'єктів	0,3	0,25	0,25

Продовження таблиці 5.4

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проекту	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект
Власник місця оренди	0,4	0,1	0,25
Суб'єкти демографії	0,25	0,3	0,35
Суб'єкти культурного середовища	0,2	0,2	0,1
Суб'єкти НТП	0,425	0,55	0,4

Аналіз внутрішнього середовища підприємства забезпечує визначення сильних та слабких сторін в процесі реалізації стартап-проекту, що саме буде сприяти забезпеченню розробки, впровадженню, а що створюватиме перешкоди (ризики) в розробці, впровадженні та реалізації ідеї стартап-проекту (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 Переваги і недоліки внутрішнього середовища

Фактори	Переваги	Недоліки
Сировина	Доступність необхідної сировинної бази на території України;	Вкладення капіталу на побудову споруд;
Технологія	Дешевезна в обслуговуванні; Автоматизація виробництва; Вторинне використання відновлювальних речовин;	Чіткий регулярний контроль процесів;
Забезпеченість основними та оборотними засобами	Відсутність вітчизняних конкурентів.	Великі капіталовкладення

5.3 Визначення ключових факторів успіху проекту

На підставі аналізу факторів зовнішнього і зовнішнього оперативного середовищ визначаємо ключові фактори успіху власної ідеї, технології, методики. Ключові фактори успіху – ті, на які підприємство може самостійно впливати під час виробництва і реалізації продукту. Ключові фактори успіху надається у вигляді діаграми Шонфільда.

Таблиця 5.6 Оцінка характеристик за методом Шонфільда

Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристик		
		Наша продукція	Конкурент А	Конкурент Б
Ступінь очистки	0,3	5	3	4
Ціна	0,1	4	3	2
Ступінь експлуатації обладнання	0,6	5	2	3

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

Характеристика	Бальна оцінка характеристик		
	Наша продукція	Конкурент А	Конкурент Б
Ступінь очистки	$0,3 \cdot 5 = 1,5$	$0,3 \cdot 3 = 0,9$	$0,3 \cdot 4 = 1,2$
Ціна	$0,1 \cdot 4 = 0,4$	$0,1 \cdot 3 = 0,3$	$0,1 \cdot 2 = 0,2$
Ступінь експлуатації обладнання	$0,6 \cdot 5 = 3,0$	$0,6 \cdot 2 = 1,2$	$0,6 \cdot 3 = 1,8$

На підставі отриманих бальних оцінок будується графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами (рис. 5.1).

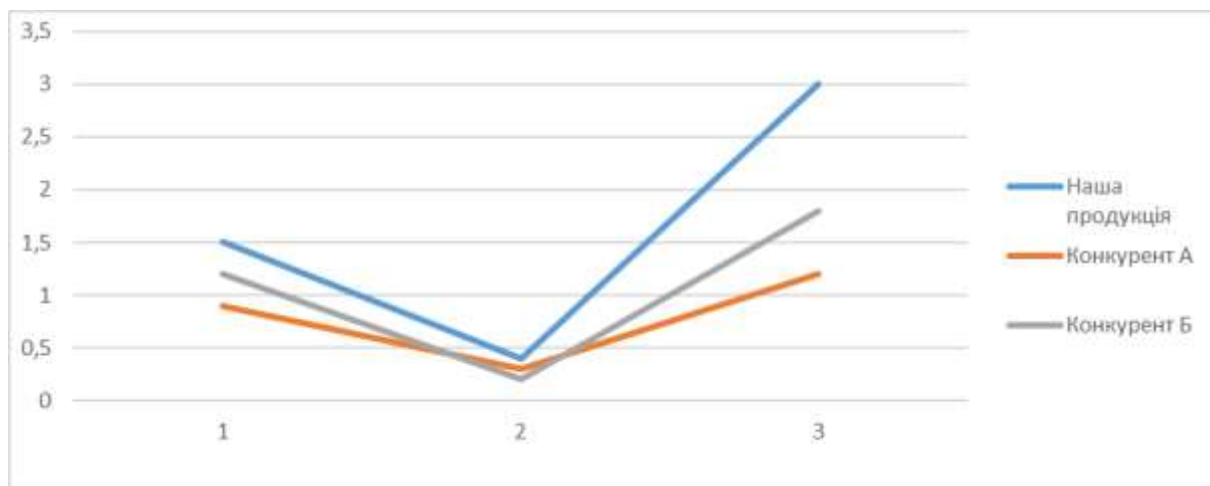


Рис. 5.1 Графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами

На основі аналізу ключових факторів успіху стартап-проекту формують можливі варіанти розвитку інноваційної ідеї та визначають перспективний напрям її розвитку (табл. 5.7).

Таблиця 5.7 Варіанти розвитку ідеї стартапу

Варіант	Стислий опис можливого розвитку
А. Найкращий	Розробка стартапу відбувається вдало, завдяки великому попиту на продукцію вдається за 2 роки вийти в беззбитковість і почати генерувати прибуток, збільшуючи кількість виготовляємої продукції.
Б. Реалістичний	Попит на продукцію не є великим, але результати непогані. Через коливання курсу валют, і непрогнозованих подій падіння попиту і платоспрожності, підняття цін на електроенергію – зсув точки беззбитковості на рік-два.
В. Песимістичний	Маючи певні напрацювання, продаж ідеї з метою отримання частини в майбутньому бізнесі, або фінансових компенсацій.

5.4 Визначення потенційних споживачів

На етапі обговорення ідеї стартапу визначаємо потреби споживачів і перевіряємо правильність визначення їх шляхом отримання первинної інформації – тільки від самих споживачів.

Формуємо перелік потенційних споживачів для стартап-продукту. Їх аналіз здійснюється з врахуванням специфіки продукту, товарів, технологій, що є ідеєю стартап-проекту (табл. 5.5). Визначаються перспективні споживачі на різних етапах реалізації проекту та бізнес-моделі стартап-проекту, механізмів роботи з клієнтами, обрання моделей інноваційної діяльності (B2B, B2C, ...).

Таблиця 5.8 Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
Юридична особа	
1. Форма власності (державне, приватне, колективне, комунальне, змішане,...)	приватне
2. КВЕД	Секція С: Переробна промисловість Розділ 20: Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції
3. За потужністю (малі, середні, великі)	великі
4. За масштабом виробництва (одиничні, серійні, масові)	Серійні, масові
5. За рівнем спеціалізації (вузькопрофільні, багатoproфільні, комбіновані)	Вузькопрофільні
6. За ресурсами, що споживаються (працемісткі, матеріаломісткі, капіталомісткі, інформація)	Матеріаломісткі, капіталомісткі і
7. За чисельністю персоналу (малі, середні, великі)	Середні
8. За сферою діяльності (виробничі, комерційні, фінансові, посередницькі, страхові...)	Виробничі

Продовження таблиці 5.8

Критерій	Значення
9. За приналежністю капіталу і контролю (національні, іноземні, спільні багатонаціональні,...)	Національні
10. За географічним розташуванням	Україна
11. За віддаленістю органів управління (національні, міжнародні, офшорні, транснаціональні,...)	Національні
12. За характером господарської діяльності (промислові, сільськогосподарські, транспортні, будівельні, фінансово-кредитні, страхові, туристичні, консалтингові,...)	Промислові
13. За рівнем технологічної цілісності (провідні, дочірні, філії,...)	Провідні
14. За долею іноземного капіталу	З іноземними інвестиціями (близько 10%)
15. За формуванням статутного капіталу (унітарні, корпоративні)	Унітарні
16. За організацією виробничих процесів (періодичні, безперервні)	Безперервні
17. За роботою протягом року (сезонні, позасезонні)	Позасезонні
18. За географічним розташуванням на території України	На півдні, близько до ресурсів

Таблиця 5.9 Основні групи потенційних споживачів

Група споживачів	
1. Юридичні особи	1. Представники АЗС
2. Фізичні особи	

Для того, щоб конкретизувати потенційного клієнта, формують паспорт клієнта – документ, який визначає характерні особливості потенційних клієнтів, їх вимоги до продукту, проблему, яку вони мають бажання розв'язати за допомогою цього продукту (табл. 10). В ідеальному випадку кожна група споживачів повинна мати свій паспорт. Студент може обмежитися паспортом клієнта для провідної (основної, першої) групи споживачів.

Таблиця 5.10 Паспорт потенційного клієнта

Критерій	Категорії
Форма реєстрації	Юридична особа
Класифікація -за потужністю -за чисельністю персоналу -за обсягом виробництва -за сезонністю виробництва -інше	-Мале -Мале -Мале -Позасезоне
Розташування -місто -с/мт -село -інше	Регіон: місто Київ
Вид продукту, який потрібен даному споживачеві	Чисте екологічне паливе
Призначення придбаної розробки -за призначенням -інше	Розробка використовується за призначенням, в якості пального у транспорті та інших комунікаціях, які потребують рідкого палива.
Кваліфікація персоналу підприємства -робочі -службовці -керівники	Робочі – кваліфіковані Службовці – кваліфіковані Керівники – високо-кваліфіковані

Продовження таблиці 5.10

Критерій	Категорії
Потенційний обсяг споживання розробки -одиниця -1-5 -інше	Приблизний обсяг споживання розробки 8000 л/міс
Хто приймає рішення про придбання розробки (узагальнена характеристика працівника)	Рішення приймає директор

Визначення потенційного споживача дозволяє сформувати плановий обсяг реалізації стартап-проекту за місяцями (за перший рік реалізації) – табл. 5.11. Це може бути випуск продукції при реалізації технології, кількість проданих ліцензій при реалізації методики, кількість проданих програм при реалізації програмного продукту

Таблиця 5.11 Запланований обсяг реалізації стартап-продукту (товарів, послуг)

	Березень, 2022	Квітень, 2022	Травень, 2022	Червень, 2022	Липень, 2022	Серпень, 2022	Вересень, 2022	Жовтень, 2022	Листопад, 2022	Грудень, 2022	Січень, 2022	Лютий, 2022
Запланований обсяг	29000 л	30000 л	30000 л	29000 л	31000 л	31000 л	30000 л	30000 л	30000 л	30000 л	30000 л	30000 л

Визначення потенційного споживача і його особливостей при прийнятті рішення про придбання стартап-продукту дозволяє визначити ціну пропозиції для ідеї, технології, методики, програми на ринку (табл. 5.12).

5.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Таблиця 5.12 Проектні ціни продажу ідеї, технології, методики, програми

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, л.	Ціна, грн/л.	Кількість, л.	Ціна, грн/л.
Біодизельне паливо.	360 000 л	30 грн/л	Louis Dreyfus Group, Нідерланди, 43 000 000 л	50 грн/л

1. Розрахунок ціни продукції витратним методом

Розрахунок включає 30% від собівартості – мінімальний рівень рентабельності.

Очікувана собівартість стартап-продукту встановимо на рівні 20,0 грн/л

$$Ц = С + \text{фіксований відсоток прибутку (від собівартості)} \left[\frac{\text{грн}}{\text{л}} \right] \quad (6.1)$$

Ц – прогнозована ціна, товару

С – розрахована автором ідеї очікувана собівартість товару, грн/л.

$$Ц = 20,0 + 30\% \cdot 20,0 = 26 \text{ (грн/л)}$$

За такої ціни будуть покриті всі витрати на виробництво, однак прибуток буде доволі низьким, що не може задовольнити нас в повній мірі.

2. Агрегатний метод ціноутворення

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

де Ц – ціна ідеї, технології, розробки, за якою автор пропонуватиме її на ринку, грн/од.,

Ц_i – ціна і-того компонента багатокompонентного товару, грн/од.

$$Ц = 2 + 2 + 15 + 10 + 2 + 3 + 5 = 38 \text{ (грн/л)}$$

3. Параметричний метод – враховує вагомість якісних параметрів товару і оцінку цих параметрів споживачем:

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

де Ц_{нovoї моделі} – ціна ідеї, технології, розробки, за якою автор пропонуватиме її на ринку, грн/од.,

Ц_{базової моделі} – ціна прототипу, аналогу, які вже існують на ринку, грн/од.,

Балова оцінка нової моделі – експертна оцінка (у балах) характеристик нової ідеї, технології, методики при їх застосуванні самим експертом в ході дослідного випробування; виставляється з урахуванням коефіцієнту вагомості даної характеристики у переліку ключових характеристик товару,

Балова оцінка базової моделі – експертна оцінка (у балах) характеристик аналогу, прототипу, які вже існують на ринку з урахуванням коефіцієнту вагомості даної характеристики у переліку ключових характеристик товару.

$$C_{\text{нovoї моделі}} = 50 \cdot \frac{8}{6} = 66 \text{ (грн/л)}$$

4. Метод ціноутворення на основі поточних цін або конкурентний метод. Даний метод розрахунку базується на аналізі цін на продукт конкурентів.

Конкурент 1 – ціна 50 грн/л, конкурент 2 – ціна 35 грн/л. Тоді:

$$C = \frac{C_{k1} + C_{k2} + C_{k3}}{3} = \frac{50 + 35}{2} = 42,5 \text{ (грн/л)}$$

Ціну, що встановлена агрегатним методом можна вважати найкращою, так як вона покриває затрати на виробництво та проносить високий прибуток підприємству.

Таблиця 5.13 Калькуляція собівартості стартап-проекту

№ п/п	Етап розробки/елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник
1	Етап розробки ідеї -сировина, матеріали -амортизація -заробітна плата і нарахування (ЄСВ) -елктроенергія, паливо -інше	80 т 100000 кВт	90 тис 45 тис 450 тис 300 тис
2	Етап ринкового дослідження -сировина, матеріали -амортизація -заробітна плата і нарахування (ЄСВ) -елктроенергія, паливо -інше	200 т 200000 кВт	250 тис 200 тис 1,35 млн 600 тис

Продовження таблиці 5.13

№ п/п	Етап розробки/елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник
3	Етап впровадження -сировина, матеріали -амортизація -заробітна плата і нарахування (ЄСВ) -елктроенергія, паливо -інше	289 т 280000 кВт	360 тис 200 тис 1,35 млн 840 тис
4	Етап виходу на планову потужність -сировина, матеріали -амортизація -заробітна плата і нарахування (ЄСВ) -елктроенергія, паливо -інше	300 т 300000 кВт	400 тис 200 тис 1,35 млн 900 тис

Таблиця 5.14 Забезпеченість проекту основними засобами (ОЗ)

Місце ОЗ у технологічному процесі	Назва ОЗ	Повна початкова вартість ОЗ	Плановий період експлуатації	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
	Будівля	700 000	20		Фінансові інвестиції, прибуток підприємства на якому здійснюється реконструкція, кредитування
Стадія допоміжних робіт	Реактори для приготування реагентів	50 000	10	«Оріон трейд груп»	
	Термостат	8 000	10	«МИЗМА»	
	Автоклав	9 000	10	«Укрпромтех»	
	Дозатор	20 000	10	«Укрпромтех»	
	Вимірювальні прилади (термометри, ротаметри і т.д.)	8 000	5	«Biosan»	
	Допоміжне обладнання (теплообмінники, фільтри, збирачі і т.д.)	20 000	10	«Оріон трейд груп»	

Продовження таблиці 5.14

Місце ОЗ у техноло-гічному процесі	Назва ОЗ	Повна початкова вартість ОЗ	Плановий період експлуатації	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
Основний технологічний процес	Ферментер	150 000	15	«Оріон трейд груп»	
	Сушарка	300 000	15	«Укрторгхім»	
	Установка для надкритичної екстракції	200 000	10	«Flagma»	
	Насос	60 000	10	«Укрпромтех»	
	Дробарка	30 000	15	«Укрпромтех»	
	Реактор	300 000	10	«Оратор»	
	Відстійник	50 000	10	«LifeWater»	
	Установка надкритичних умов для переестерифікації	200 000	10	«Flagma»	
	Система аерації	50 000	6	«Nikka Densok»	

Визначивши складові калькуляції на розробку і реалізацію ідеї, технології, методики, програми студент оцінює відповідність цієї розробки ціновим рівням ринків обладнання, сировини, робочої сили для втілення проекту. Визначає вартісні показники основних і оборотних засобів проекту.

Таблиця 5.15 Забезпеченість проекту оборотними фондами

Група ОБФ	Назва	Норма витрат на рік	Ціна, грн/кг	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування придбання
Сировина і матеріали	Глюкоза	400 т	25	«Хімпостачання»	
	Нітрат амонію	2,34 т	10		

Продовження таблиці 5.15

Група ОбФ	Назва	Норма в т на рік	Ціна, грн/кг	Очікуваний постачальник	Джерело фінансу- вання придбання
	Дигідрофос- фат калію	1,7 т	50		Фінансові інвестиції, прибуток підприємств а на якому здійснюєтьс- я реконструкц- ія, кредитуванн- я
	Дріжджовий екстракт	1,7 т	77		
	Метанол	4,5 т	30	«ХіМіКо»	
	Вода	30 000 м³	0,02	«Київводоканал»	
Паливо та електроенер- гія	Електроенер- гія	300 000 кВт·год	3 грн/к Вт год	«Укрелектроенер- го»	

Таблиця 5.16 Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Категорія кадрів	Назва посад- ки	Чис- ель- ніст- ь за спи- ско- м на пос- аді	Кваліфіка- ційні вимоги	Плановий рівень заробітної плати			Джерело фінансування ФОП
				Праці вника за місяц- ь	Всього за місяць	Всього за рік	
Керівні- ки	Начал- ьник підроз- ділу	1	Високо- кваліфіко- вана	15 000	15 000	180 000	Фінансові інвестиції, прибуток підприємства на якому здійснюється реконструкція, кредитування
	Начал- ьник вироб- ничог- о цеху	1	Високо- кваліфіко- вана	13 000	13 000	156 000	
	Начал- ьник відділ- у якості	1	Високо- кваліфіко- вана	11 000	11 000	132 000	

Продовження таблиці 5.16

Адмініс- тративн ий персона л	Бухга- лтер	1	Високо- кваліфіко- вана	9 000	9 000	108 000	
Спеціалі- істи	Прові- дний інжен- ер	1	Високо- кваліфіко- вана	12 500	12 500	150 000	
	Інжен- ер з обслу- го- вуван- ня облад- нання	5	Високо- кваліфіко- вана	10 000	50 000	600 000	
	Інжен- ер- техно- лог	5	Високо- кваліфіко- вана	10 000	50 000	600 000	
	Молод- ший персона л обслуго- вуванн- я	2	Високо- кваліфіко- вана	8 000	16 000	192 000	
Робочі основні	Елект- рик	1	Кваліфіко- вана	7 000	7 000	84 000	
	Меха- нік	2	Кваліфіко- вана	7 000	14 000	168 000	
Робочі допомі- жні	Приб- ираль- ник	1	Некваліфі- кована	6 000	6 000	72 000	

Заключним етапом в оцінці вартісних показників стартап-проекту є оцінка його за техніко-економічними показниками (табл. 5.17).

Таблиця 5.17 Техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку	
1. Річний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	л	$B=360\ 000$	
2. Середньорічна чисельність персоналу за списком (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Осіб	$\text{Ч}_{\text{сп}}=21$	
3. у тому числі - основних - допоміжних - інженерно-технічного персоналу	Осіб	21	
4. Середньорічний виробіток робітника (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Од./особу	$\text{ПП}_{\text{с.р.}} = B/\text{Ч}_{\text{сп}} = 360\ 000/21 = 17\ 143$	
5. Капіталовкладення у проект (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту): - всього - на одиницю продукції	Грн. Грн./од.	$K = O_3 + O_6 K = 2\ 155\ 000 + 6\ 791\ 300 = 8\ 946\ 300 \text{ грн}$	$K = O_3 + O_6 K = 24,8 \text{ грн/од}$
6. Повна собівартість (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту): - всього - на одиницю продукції	Грн. Грн./од.	$C = A + O_6 K = 7\ 470\ 430 \text{ грн}$	$C = A + O_6 K = 20 \text{ грн/од}$
7. Відносний прибуток (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Грн./од.	$\Pi = \text{Ц} - C = 30 - 20 = 10$	
8. Рентабельність (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	%	$P = (\Pi/C) \times 100 = 50,0 \%$	
9. Період повернення капіталовкладень (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Років	$T_{\text{пов}} = K/\Pi = 2,48 \text{ роки}$	

Продовження таблиці 5.17

Показники	Одиниця виміру	Умовне позначення, формула розрахунку
10. Фондовіддача виробничих фондів (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Грн./грн..	$ФВ = (Ц \times B) / ОЗ = 5$
11. Фондоємкість (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Грн./грн..	$ФЄ = 1 / ФВ = 0,2$
12. Продуктивність праці (окремо на процес розробки і на процес реалізації проекту)	Грн../осо бу	$ПП = B / (Ч_{сп} \times T) = 6912,4$
13. Коефіцієнт економічної ефективності		$E = П / К = 10 / 24,8 = 0,4$

5.6 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес процесів

Розробимо карту процесів (табл. 5.18) з описом всіх етапів, які проходить стартап-проект від ідеї до втілення.

Таблиця 5.18 Карта бізнес-процесів виконання стартап-проекту

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат, грн
Розробка ідеї стартапу	На даному етапі проводиться пошук і аналіз патентів, наукових статей щодо новітніх технологій, оптимізованих технологій, що можна впровадити на виробництво.	Трудові ресурси	5 місяці	100 000

Продовження таблиці 5.18

Реалізація ідеї	На даному етапі відбувається навчання персоналу проводити основні технологічні процеси, контролювати параметри процесу та навчати нові потенційно впроваджені технології, та методи роботи з ними.	Трудові ресурси (10 чоловік), обладнання	6 місяці	20 000 000
Впровадження у виробництво	На даному етапі встановлюють оновлене обладнання, працівники після проходження навчання проводять етапи технологічного процесу.	Сировина, матеріали, трудові ресурси	6 місяців	40 000 000
Реалізація	На даному етапі відбувається введення технології у виробництво	Трудові ресурси	Від 3 місяця	5 000 000

На основі визначених етапів розписати відповідальних за реалізацію бізнес-процесів стартап-проекту (табл. 5.19), визначити кадрові потреби стартап-проекту на кожному з цих процесів.

Таблиця 5.19 Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Функції	Елементи				
	Розробник	Науковий консультант	Технолог	Робітник	Лаборант
1. Генерація ідеї	+	+			
2. Пошук актуальної інформації	+	+			
3. Розподілення обов'язків	+	+	+	+	
4. Попередня підготовка процесу			+		
5. Пошук інвестиційних концепцій	+				
6. Остаточне формулювання проекту та оцінка його техніко-економічної та фінансової прийнятності	+	+			

Продовження таблиці 5.19

Функції	Елементи				
	Розробник	Науковий консультант	Технолог	Робітник	Лаборант
7. Фінальний розгляд проекту	+	+	+	+	
8.Формування бази даних постачальників матеріалів та обладнання	+	+			
9.Розробка технології отримання біодизел					
10. Пошук будівлі для оренди, договір оренди	+	+			
11. Придбання обладнання	+				
12.Установка обладнання			+	+	
13. Заключення контрактів із постачальниками	+				
14. Закуп матеріалів	+				
15. Формування адміністрації фірми	+				
16. Формування інструкцій		+	+		
17. Набір та навчання персоналу		+			
18. Запуск підприємства	+	+	+	+	
19. Уточнення технології виробництва		+	+		
20. Контроль якості					+
21. Встановлення контактів із посередниками та споживачами	+				
22. Формування та підписання договорів	+				
23. Продаж біодизельного палива	+				

5.7 Ризики стартап-проекту та методи управління ними

Сформуувати перелік ризиків інноваційної розробки (поділити їх на внутрішні та зовнішні) відповідно до стадій реалізації стартап-проекту (табл. 5.20).

Таблиця 5.20 Ризики інноваційної розробки

Назва процесу/стадії реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
Розробка ідеї стартапу	Генерування ідеї	Втрата важливих даних у проекті	Людський фактор
Реалізація ідеї	Пошук інформ. джерел	Затримка з впровадженням у виробництво	Втрата часу на пошук інформації
Впровадження у виробництво	Розробка технології отримання біодизеля	Довший час для визначення слабких точок	Неякісна продукція
Масова реалізація	Масштабування проекту	Відсутність рентабельності	Комерційні ризики, що викликані недопоставкою продукції, невиконанням фінансових зобов'язань тощо
	Постачання товару	Затримки доставки через непередбачувані умови	
	Рекламування товару	Відсутність зацікавленості споживача у товарі	Неправильна оцінка інформації

Здійснити оцінку кожного ризику (табл. 5.21). Оцінка ризиків – визначення ступеня ризиків на основі експертних висновків за критеріями ймовірності настання ризиків та їх впливу на очікуваний результат.

Таблиця 5.21 Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання

Вид ризику	Назва ризику	Ймовірність настання ризику	Вплив ризик у на очікуваний результат
Організаційний	Людський фактор	Низька	Високий
Виробничий	Відсутність кваліфікованості в основних питаннях	Низька	Високий
Транспортний, організаційний	Недобросовісність постачальників і низька якість товару	Середня	Середній
Науково-технічний	Неякісна продукція	Середня	Високий
Науково-технічний	Неправильно вибране обладнання, невдала технологія	Низька	Високий
Науково-технічний	Відсутність/зміна попиту та вподобань клієнтів	Низька	Високий

За критеріями настання та впливом на очікуваний результат ризики згруповані у табл. 5.22.

Таблиця 5.22 Матриця оцінки ризиків

За впливом ризиків на очікуваний результат		За ймовірністю настання ризиків		
Критерій ризику	Числове значення	Низька ймовірність	Середня ймовірність	Висока ймовірність
		1	2	3
Високий рівень впливу	3	3* Неправильно вибране обладнання, невдала технологія; людський фактор; відсутність	6* Неякісна продукція	9*

		кваліфікованості в основних питаннях; відсутність/зміна попиту та вподобань клієнтів;		
Середній рівень впливу	2	2*	4* Недобросовісність постачальників і низька якість товару	6*
Низький рівень впливу	1	1*	2*	3*

Для обраних ризиків запропонувати методи управління ними (табл. 5.23). Для одного і того ж ризику може бути запропоновано декілька методів управління, і для декількох ризиків може бути запропонований один метод управління.

Таблиця 5.23 План заходів з управління ризиками

Назва ризику	Назва методу управління ризиком	Відповідальні і виконавці	Період виконання / застосування методу	Очікувані результати від впровадження методів управління
Втрата важливих даних у проекті, відсутність кваліфікованості в основних питаннях, Затримка з впровадженням у виробництво	Залучення професійно ї компанії для організації	Начальник підрозділу та начальник виробничого цеху	Під час впровадження у виробництво	Оптимізація роботи, прискорення відновлення робочого процесу

Продовження таблиці 5.23

Назва ризику	Назва методу управління ризиком	Відповідальні виконавці	Період виконання / застосування методу	Очікувані результати від впровадження методів управління
Відсутність рентабельності	Створення резервного фонду	Бухгалтер	Під час масової реалізації	Покриття збитків з відповідного фонду
Затримки доставки через непередбачувані умови	Зниження частоти збитку	Бухгалтер	Під час масової реалізації	Зниження частоти збитків завдяки оптимізації роботи персоналу, процесу закупівель
Відсутність зацікавленості споживача у товарі	Активний цілеспрямований маркетинг	Бухгалтер	З початку реалізації ідеї	Збільшення зацікавленості споживачів

РОЗДІЛ 6. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Автоматизація являє собою комбінацію засобів та методів, які представляються у вигляді систем, що дозволяють управляти певними етапами технологічного процесу без участі людини. Це дозволяє зробити виробництво більш надійним, зменшити рівень інтервенцій персоналу у процес, цим самим знижуючи до мінімуму помилок, які виникли через людський фактор.

Для даного типу виробництва – виробництво біодизельного палива з ліпідів міцеліальних грибів – автоматизація є необхідною частиною технологічного процесу, саме на етапі виробничого культивування, потрібно дотримуватись високої точності установленого режиму, контролювати та регулювати при необхідності усі необхідні параметри. Адже даний етап є одним із найбільш важливих, тому що тут отримується біомаса, з якої у подальшому виділяються ліпіди, що є основною складовою біодизельного палива. Особливістю даної стадії є те, що існує потреба у отриманні мікроорганізмів із заданими властивостями, а це можливо лише при дотриманні усіх параметрів процесу. Таким чином, автоматизація даного процесу є необхідним та раціональним рішенням.

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>РОЗДІЛ 6. Автоматизація виробництва</i>		
Розробив	Бузакова О.С.						
Консульт.							
Керівник	<i>Кузьмінський Е.В.</i>						
Затверд.					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>		

параметрів від стандартних їх значень. Дана система з'єднана із регулятором температури і рівня у реакторі Р-47.

Таблиця 6.1 Специфікація на прилади та засоби автоматизації [31]

Номер позиції	Найменування параметру	Тип моделі	Найменування та характеристика приладу	Місце установки	Необхідна кількість
1	2	3	4	5	6
1-1 Вм	—	МВМ	Мембранний виконавчий механізм	Трубопровід	1
1-2 КТ	—	РСЗ-797	Реле часу	Щиток автоматики	1
1-3 SC	—	МИК-38	Мікропроцесорний регулятор перетворювач	Щиток автоматики	1
1-4 НС	—	БРУ-570	Блок ручного регулювання	Місцевий система управління	1
1-5 NS	—	БУ-31	Ключ керування	Щиток	1
2-1 Вм	—	МВМ	Мембранний виконавчий механізм	Трубопровід	1
2-2 NS	—	БУ-31	Ключ керування	Щиток	1
3-1 TE	Температура	ТХА-2338	Термопара	Реактор Р-47	1
3-2 ТУ	—	ПТ-ТП-42	Пристрій дистанційної передачі	Місцева	1
3-3 TiR	—	ПВ 10.2 Е	Пристрій з системою управління	Щиток	1
3-4 ТС	—	ПР-3.63	Регулюючий блок	Щиток	1
3-5 НС	—	БРУ-571	Блок ручного регулювання	Місцева система керування	1

Продовження таблиці 6.1

Номер позиції	Найменування параметру	Тип моделі	Найменування та характеристик а приладу	Місце установки	Необхід на кількість
3-6 NS	—	ПБР-31	Магнітний пускач	Місцево	1
3-7 Вм	—	МВМ	Мембранний виконавчий механізм	Трубопровід	1
4-1 LA	Рівень	РСУ-24	Рівнемір	Реактор Р-47	1
4-2 LiA	—	ИТМ-63-45	Вимірний перетворювач	Щиток автоматики	1
4-3 NS	—	ПБР-31	Пускач магнітний	Місцево	1
4-4 Вм	—	МВМ	Мембранний виконавчий механізм	Трубопровід	1
5-1 QE	pH	ДКС-7-250	pH-метр	Реактор Р-47	1
5-2 QT	—	ПР-3.63	Регулюючий блок	Щиток автоматики	1
5-3 NS	—	ПБР-31	Магнітний пускач	Місцево	1
6-1 SE	Частота обертання	МТЛ-33-02-03-04-U	Тахометр	Реактор Р-47	1
6-2 SC	—	ПР-3.63	Регулюючий блок	Щиток автоматики	1
6-3 HC	—	МИК-61	Мікропроцесорний регулятор перетворювач	Місцева система керування	1
SB	Частота обертання	ХВ-3-ВС-98	Кнопка керування	Місцева система керування	1
HL 1-3	Сигнали про виходи параметрів процесу	Б-328-220-56	Сигнальна електрична лампа із індикатором червоного кольору	Місцева сигналізація	3

6.2 Висновки до розділу

Автоматизація етапу виробничого культивування при виробництві біодизельного палива з ліпідів міцеліальних грибів дозволяє контролювати та швидко корегувати основні показники даного процесу: температуру, рівень культуральної рідини, рН та частоту обертань мотору. Дані показники є критичними для отримання продукту високої якості.

Власне завдяки автоматизації процесу можливо з легкістю регулювати зазначені вище показники без додаткової допомоги персоналу, що знижує рівень зусиль з їх сторони та забезпечення випуску якісного продукту. А також знижує до мінімуму виникнення помилок на даному етапі, які трапляються із-за впливу людського фактору.

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Проблеми охорони та гігієни праці для конкретних підприємств повинні розглядатися як важлива частина аналізу техніки безпеки чи комплексної оцінки небезпеки чи ризику з використанням затверджених методик, таких як виявлення аварійно-небезпечних ділянок, виявлення небезпек та працездатності обладнання або кількісна оцінка ризику.

Як загальний підхід планування заходів у сфері охорони та гігієни праці має включати прийняття систематичних та структурованих заходів щодо запобігання та контролю фізичних, хімічних, біологічних та радіологічних небезпечних впливів.

Проблеми охорони та гігієни праці, які можуть виникнути в процесі будівництва та виведення з експлуатації біотехнологічних підприємств, аналогічні тим, що притаманні іншим промисловим підприємствам. Найбільш серйозні проблеми охорони та гігієни праці мають місце на етапі експлуатації біотехнологічних підприємств та зводяться насамперед до наступного:

- шкідливі високотемпературні дії;
- шкідливі хімічні впливи, включаючи пожежі та вибухи;
- шкідливі патогенні та біологічні впливи;
- шкідливі радіологічні дії;
- шум;
- безпека технологічних процесів.

7.1 Високотемпературний вплив

Використання великих обсягів пари, що знаходиться під тиском, і

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>РОЗДІЛ 7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>		
Розробив	Бузакова О.С.						
Консульт.							
Керівник	<i>Кузьмінський Е.В.</i>						
Затверд.					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>		
					Стадія	Аркуш	Аркушів
				87	103...

гарячої води, як правило, пов'язано з операціями ферментації та хімічної сполуки речовин, за яких існує можливість отримати опіки від впливу пари або прямого контакту з гарячими поверхнями або паром, що скидається.

Рекомендовані заходи контролю включають:

- трубопроводи для пари та гарячих рідин повинні мати відповідну ізоляцію та маркування та регулярно перевірятись;
- парові віддушини та клапани скидання тиску повинні бути спрямовані на протилежну від місць доступу працівників у бік;
- високотемпературні зони пресового обладнання повинні мати захисні екрани для запобігання потрапляння до них різних частин тіла.

7.2 Хімічні речовини

Ризик для професійного здоров'я в результаті контакту з хімічними речовинами у біотехнологічному виробництві може мати дуже складну природу. До найпоширеніших хімічних речовин та шляхів контакту з ними відносяться вдихання летких органічних сполук у процесі хімічного відновлення та екстракції; при роботі з вологими кеками під час просушування; під час мокрої грануляції, хімічного з'єднання речовин та операцій з нанесення оболонок; з неізольованого фільтраційного обладнання; а також внаслідок неконтрольованих викидів з підтікаючих насосів, клапанів та перепускних вузлів (наприклад, у ході екстракції). Контроль ризиків вдихання хімічних речовин у ході штатної роботи підприємств має здійснюватися на основі результатів аналізу техніки безпеки та промислової гігієни. Запобіжні заходи включають інструктаж робітників, систему видачі дозволів на ведення робіт, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та систем виявлення отруйних газів з сигналізацією. Додатково рекомендовані заходи включають таке:

- застосування розділених перегородками робочих зон з гарною загальнообмінною припливною вентиляцією та/або різницею зовнішнього та внутрішнього тиску повітря;

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

- встановлення струменевих витяжних ковпаків або ізоляційних пристроїв у місцях роботи з токсичними матеріалами;
- виробничі зони мають бути обладнані належними системами вентиляції, кондиціювання та обігріву, розробленими відповідно до чинних протоколами, правил організації виробництва та контролю якості (GMP), включаючи застосування високоефективних повітряних фільтрів у системах вентиляції;
- завантаження самопливом із закритих контейнерів та використання вакуумних та насосних систем та систем під тиском під час вантажно-розвантажувальних операцій для зведення до мінімуму випадкових викидів;
- встановлення місцевої витяжної вентиляції з фланцевими впускними отворами для уловлювання випадкових викидів пилу та випарів, що відбуваються у відкритих пунктах перевалки;
- переміщення та поділ рідин, фільтрація твердих речовин та рідин, а також грануляція, сушіння, розмелювання, змішування і стиснення продукту повинні проводитися у робочих зонах з гарною загальнообмінною припливною вентиляцією та місцевою витяжною вентиляцією;
- ізоляцію сушок, млинів та змішувачів та забезпечення витяжки з них через пристрої контролю якості повітря;
- у всіх технологічних процесах можливості застосовувати найменш небезпечні реагенти (наприклад, спиртові та аміачні розчини в процеси стерилізації);
- стерилізаційні ємності слід розташовувати в окремих приміщеннях з дистанційним керуванням та приладами, що не рециркулюється повітрям та місцевою витяжною вентиляцією для видалення викидів токсичних газів;
- використання пилососів із високоефективними повітряними фільтрами та проведення вологого прибирання приміщень замість сухого підмітання та видування твердих частинок за допомогою стисненого повітря.

7.3 Пожежі та вибухи

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

Небезпека пожеж та вибухів виникає під час екстракції розчинників. Реакції органічного синтезу можуть також представляти серйозний ризик для безпеки, обумовлений присутністю особливо небезпечних матеріалів, пожежею, вибухом або неконтрольованими хімічними реакціями, які мають контролюватись інженерно-технічними засобами контролю безпеки технологічних процесів.

7.4 Шкідливі патогенні та біологічні

Контакт з патогенними організмами може статися у процесі виділення та зростання мікроорганізмів у лабораторних умовах та при ферментації.

7.5 Шкідливі радіологічні впливи

Наукові дослідження та дослідно-конструкторські розробки можуть включати використання радіоактивних матеріалів, застосування яких має контролюватись відповідно до ліцензійних вимог для запобігання контакту робітників з ними.

7.6 Шум

Високий рівень шуму може спостерігатися у деяких зонах біотехнологічного виробництва. Високий рівень шуму може виникати в результаті використання виробничого обладнання та інженерних систем (наприклад, стиснутого повітря, джерел вакууму та вентиляційних систем). Властивості даної галузі шкідливі впливи пов'язані зі стандартними закритими конструкціями робочих модулів у сфері біотехнологій, коли зайнятий виробничими та пакувальними операціями персонал найчастіше працює у безпосередній близькості до обладнання. Рекомендовані методи запобігання та контролю впливу шуму на професійне здоров'я представлені у ДСН 3.3.6.037-99.

7.7 Безпека технологічних процесів

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Програми безпеки виробничих процесів повинні здійснюватися за конкретними для даної галузі параметрів, включаючи складність хімічних реакцій, використання небезпечних матеріалів (наприклад, токсичних матеріалів, а також вогнебезпечних або вибухонебезпечних з'єднань) та багатоступінчасті реакції. Контроль безпеки виробничих процесів включає такі заходи:

- перевірку матеріалів та реакцій з погляду шкідливого фізичного впливу;
- аналіз рівня небезпеки для оцінки хімічних процесів та інженерно-технічних рішень, у тому числі параметрів термодинаміки та кінетики;
- контроль здійснення профілактичного обслуговування та ремонту обладнання, а також перевірку механічної цілісності виробничого обладнання та інженерних систем;
- професійну підготовку кадрів, а також розробку інструкцій з експлуатації та заходів екстреного реагування.

7.8 Питання екології

Наведені нижче екологічні проблеми повинні розглядатися в рамках комплексної програми оцінки та контролю, спрямованої на усунення специфічних для даної галузі ризиків та потенційного негативного дії. До потенційних екологічних проблем, пов'язаних з біотехнологічним виробництвом, належать такі:

- викиди в атмосферу;
- стічні води;
- тверді та небезпечні відходи;
- небезпечні матеріали.

Викиди в атмосферу

З підприємств біотехнологічного виробництва в атмосферу можуть викидатися леткі органічні сполуки, кислотні гази та тверді частинки,

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

причому це відбувається як із точкових джерел, і при неконтрольованому виділенні. У зв'язку з цим необхідно згадати також викиди парникових газів.

Заходи щодо запобігання та зведення до мінімуму викидів розчинників та ЛОС включають таке:

- зниження обсягу або заміщення використання розчинників та інших матеріалів з високим вмістом ЛОС, заміна їх продуктами з більш низькою летючістю та перехід до використання оболонок та очисних розчинів на водній основі;
- здійснення програм запобігання та контролю витоку ЛОС із працюючого обладнання;
- здійснення програм запобігання та контролю втрати ЛОС з відкритих ванн і в процесі змішування, включаючи встановлення технологічних конденсаторів нижче виробничого обладнання з технологічної лінії для забезпечення переходу продукту з газоподібного в рідкий стан та відновлення розчинників. До технологічних конденсаторів відносяться дистиляційні та зрошувальні конденсатори, конденсатори, що встановлюються перед джерелами вакууму, а також конденсатори, використовуються в операціях відгону та випаровування;
- зниження, по можливості, температури робочих процесів;
- для операцій сушіння – використання закритих контурів із азотним середовищем;
- використання водо- та газозуловлювального обладнання замкнутого циклу для чищення реакторів та іншого обладнання. ЛОС повинні вловлюватися витяжними ковпаками місцевої вентиляції для подальшого контролю точкових та неконтрольованих викидів.

Екстракція та контроль викидів ЛОС, особливо при процесах ферментації, може також скорочувати неприємні запахи.

Тверді частки

Тверді частинки, що складаються з кінцевого продукту або напівфабрикату можуть виділятися при масовому (наприклад, ферментації)

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або вторинному виробництві. Найбільш поширеними джерелами твердих частинок є операції розмелювання, змішування хімічної сполуки, приготування складів, та упаковки.

Рекомендовані заходи щодо контролю викидів твердих речовин включають таке:

- збирання твердих частинок за допомогою установок повітряної фільтрації та їх рециркулювання у технологічний процес приготування залежно від вимог до даного продукту та параметрів технологічного процесу;
- встановлення у грануляційному обладнанні спеціальних фільтраційних систем (іноді – двоступінчастої фільтрації). Необхідна також встановлення камери знешкодження відходів, в якій тверді частинки видаляються з повітря, для зниження швидкості потоку;
- встановлення високоефективних повітряних фільтрів у системи вентиляції, кондиціювання та обігріву (СВКО) для контролю викидів твердих частинок, як всередині, так і зовні, а також для запобігання перехресного забруднення. Вентиляційні повітроводи повинні бути відокремлені один від одного в цілях запобігання перехресному забрудненню від різних технологічних процесів та полегшення очищення повітряного потоку;
- збирання твердих частинок за допомогою установок повітряної фільтрації, як правило, з рукавними/тканинними фільтрами;
- залежно від обсягу викидів та переважного розміру частинок необхідно вивчити додаткові методи контролю викидів твердих частинок, такі як мокрі скрубери та мокрі електростатичні пиловловлювачі, особливо після очищення шляхом спалювання/термічного окиснення.

Стічні води

Технологічні стічні води

Стічні води у біотехнологічному виробництві залежать від конкретного технологічного процесу і можуть включати: стоки, що утворюються при хімічній реакції; воду від промивання продукту; відпрацьовані кислотні та лужні стоки; стоки конденсату від процесів стерилізації та очищення; стоки

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

скрубєрів очищення повітря; стоки від очищення обладнання та виробничих приміщєнь; а також стоки від безрозбірного миття.

Основними контрольованими параметрами забруднюючих речовин у стічних водах, що утворюються в ході первинних виробничих процесів (наприклад, ферментації, хімічного синтезу та біологічної/природної екстракції), є біологічна потреба в кисні (БПК), хімічна потреба в кисні (ХПК), загальний вміст зважених твердих речовин, вміст аміаку, токсичність, біорозкладність та показник рН. У них можуть бути присутні й інші хімічні сполуки, включаючи, крім іншого, розчинники (наприклад, метиловий та етиловий спирти), органічні кислоти, органічні галогеніди, неорганічні кислоти, аміак.

Рекомендовані заходи щодо скорочення джерел забруднення включають таке:

- заміщення матеріалів, зокрема застосування біорозкладних матеріалів на водній основі замість органічних матеріалів на основі розчинників;
- використання процесів конденсації та сепарації для вилучення відпрацьованих розчинників;
- поєднання потоків відпрацьованих розчинників для оптимізації їхнього очищення.

Очищення технологічних стічних вод

Методи очищення технологічних стічних вод галузі включають поділ стоків залежно від джерел забруднення, з попереднім очищенням концентрованих стоків, особливо тих, у яких є активні інгредієнти. Типові методи очищення стічних вод включають застосування: жируловлювачів, піновідстійників, флотаторів пневматичного типу та водомасляних сепараторів для відділення масел та спливних твердих частинок; фільтраційних установок для відділення фільтруючих твердих частинок; усереднювачів потоків та вступників навантажєнь; а також осадження завислих твердих частинок з використанням освітлювачів; біологічне, як правило аеробне, очищення для зниження вмісту розчинних органічних

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

речовин; видалення біологічних поживних речовин для зниження вмісту азоту та фосфору; хлорування стоків у разі потреби дезинфекції; зневоднення відходів очищення та їх розміщення у спеціально обладнаних місцях, призначених для захоронення небезпечних відходів.

Тверді та небезпечні відходи

Небезпечні відходи

Процеси основного виробництва у фармацевтичній галузі, як правило, характеризуються низьким коефіцієнтом виходу готового продукту стосовно сировиною, внаслідок чого утворюються значні кількості відходів, особливо в ході ферментації та природної екстракції продукту. У процесі хімічного синтезу утворюються відходи, що містять відпрацьовані розчинники, реагенти, відпрацьовані кислоти, основи, спирти, що містять воду або розчинники, кубові залишки, ціаніди та металовмісні відходи у формі рідин або шламів, а також фільтраційні кеки, які можуть містити неорганічні солі, органічні побічні продукти та комплексні з'єднання металів. У процесі ферментації можуть утворюватися відпрацьовані кислоти, проміжні продукти, залишкові продукти та фільтраційні кеки, містять міцелій, наповнювачі фільтрів та невеликі кількості поживних речовин. Іншими джерелами небезпечних або потенційно небезпечних відходів можуть стати сировина, відходи упаковки, відпрацьовані наповнювачі повітряних фільтрів, браковані та прострочені продукти, відходи лабораторних аналізів, шлами від процесів очищення стічних вод та частки, уловлені системами контролю забруднення повітря.

Заходи щодо запобігання утворенню та контролю відходів включають таке:

- зменшення відходів шляхом заміщення матеріалів (наприклад, використання розчинників на водній основі і т. д.);
- модифікацію технологічних процесів (наприклад, процеси безперервної, а не періодичної дії для зменшення витоків та інших втрат матеріалу);

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

- використання дистиляції, випаровування, декантації, центрифугування та фільтрації для рециркування та повторного використання розчинника;

- вивчення інших можливих варіантів видалення відходів, включаючи вилучення неорганічних солей з хімічних спиртів, що утворюються в ході операцій органічного синтезу; матеріалів з високим вмістом органічних речовин із процесів біологічної екстракції, а також фільтраційних кеків з процесів ферментації;

- потенційно патогенні відходи, що утворюються в ході біотехнологічного виробництва, повинні бути дезактивовані за допомогою стерилізації або хімічної очистки перед остаточним похованням.

На підприємствах фармацевтичного та біотехнологічного виробництва має проводитися оцінка ризиків, пов'язаних із поводженням з небезпечними матеріалами та їх використанням, та здійснюватися практичні заходи щодо запобігання та мінімізації таких ризиків. Як зазначено у Загальному посібнику з ОСЗТ, застосування таких практичних заходів має бути письмово зафіксовано у "Плані контролю небезпечних матеріалів". Метою цього плану є розробка та здійснення систематизованого комплексу превентивних заходів проти аварійних викидів речовин, які можуть завдати серйозної шкоди навколишньому середовищу, а також здоров'ю та безпеці працівників та населення внаслідок короткострокового впливу, а також пом'якшення тяжкості наслідків викидів, що відбулися.

При розробці плану контролю небезпечних матеріалів підприємства повинні:

- провести оцінку безпеки, беручи до уваги аварійні випадки за останні п'ять років, максимально несприятливий сценарій та альтернативний реліз аналіз;

- визначити та впровадити відповідні управлінські процедури, у тому числі стосовно безпеки технологічних процесів, навчання персоналу,

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

управління змінами, розслідування аварійних ситуацій, охоплення та участі працівників, підготовки підрядників та нагляду за їх діяльністю;

- здійснити профілактичні заходи, у тому числі аналіз небезпеки виробничих процесів, дотримання експлуатаційних регламентів, перевірку механічної цілісності обладнання та його передстартове тестування, ввести дозволи на проведення робіт та перевірку дотримання норм та вимог;

- розробити та впровадити програму дій у аварійних ситуаціях, включаючи регламенти реагування на аварійні ситуації, аварійне обладнання, підготовку кадрів, процедури перегляду та оновлення.

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. В результаті літературного огляду продуцентом ліпідів для подальшого виробництва біодизеля було обрано *C. japonica* ВКМ F-1204(-), так як серед усіх досліджених штамів він має найбільший показник за накопиченням ліпідів – 50,7% або 5,32 г/л. За своїм жирокислотним складом він також є найкращим, адже має у своєму складі 75,6% ненасичених жирних кислот і ступінь ненасиченості кислот– 0,96;
2. Розглянуто характеристику фізико-хімічних показників біодизеля. Вони повинні відповідати стандарту ДСТУ EN 14214:2019. Було охарактеризовано кінцевий продукт, отриманий на основі ліпідів отриманих при культивуванні *C. japonica* ВКМ F-1204(-). Отримані результати показали, що значення цетанового числа біодизеля, отриманого з ліпідів гриба, становило 55,68, ступінь ненасиченості ліпідів мукорового гриба становив 1,06, величина йодного числа - 90,81.;
3. Для отримання біодизеля було обрано технологію переетирифікації метиловим спиртом у надкритичних умовах. Процес у надкритичних умовах має ряд переваг над традиційним методом. Він не потребує використання каталізатора, відповідно відсутня стадія очистки від продуктів омилення. Також вихід біодизеля є вищим за вихід при традиційному методі;
4. Було проведено технологічний розрахунок та обрано ферментер об'ємом 10 м³ з турбінною мішалкою та барботером;
5. Зроблено економічні розрахунки для виходом продукту 360 тис. дм³/рік. Рентабельність склала 50%, період повернення капіталовкладень – 2,5 роки, а собівартість продукту – 20 грн/дм³;
6. Розроблено технологічну та апаратурну схеми виробництва біодизельного пального з ліпідів міцеліальних грибів;

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ВИСНОВКИ</i>		
Розробив	Бузакова О.С.						
Консульт.							
Керівник	<i>Кузьмінський Е.В.</i>						
Затверд.					<div>КПІ ім. Ігоря Сікорського</div> <div>ФБТ</div>		

7. Розроблено схему автоматизації процесу культивування. Система автоматизації передбачає автоматичне керування завантаженням та зливом культуральної рідини з ферментера, а також дистанційне керування основних параметрів процесу;

8. Проведено аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з виробництвом продукту, експлуатацією установок та запропоновано заходи щодо обмеження їх дії. Надано інформацію щодо захисту навколишнього середовища при виробництві та використанні біодизеля на основі ліпідів міцеліальних грибів.

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hama, S., Kondo, A. Enzymatic biodiesel production: An overview of potential feedstocks and process development./ Bioresour. Technol. – 2012. – №4 – P.313-323.
2. Lam, M.K., Lee, K.T., Mohamed, A.R., Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel./ Biotechnol. Adv. – 2010. – №28. – P.500–518.
3. Azócar, L., Ciudad, G., Heipieper, H.J., Navia, R., Biotechnological processes for biodiesel production using alternative oils./ Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2010. – №88. – P.621–636.
4. Sarin, R., Sharma, M., Sinharay, S., Malhotra, R.K., Jatropha–Palm biodiesel blends: an optimum mix for Asia./ Fuel. – 2007. – №86. – P.1365–1371.
5. Ahmad, A.L., Yasin, N.H.M., Derek, C.J.C., Lim, J.K., Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: a review./ Renew. Sust. Energy Rev. – 2011. – №15. – P.584–593.
6. Bisen, P.S., Sanodiya, B.S., Thakur, G.S., Baghel, R.K., Prasad, G.B.K.S., Biotechnological processes for biodiesel production using alternative oils./ Biotechnol. Lett. – 2010. – №32. – P.1019–1030.
7. Meng, X., Yang, J., Xu, X., Zhang, L., Nie, Q., Xian, M., Biodiesel production from oleaginous microorganisms./ Renew. Energy. – 2009. – №34. – P.1–5.
8. Kalscheuer, R., Stölting, T., Steinbüchel, A., Microdiesel: Escherichia coli engineered for fuel production./ Microbiology. – 2006. – №152. – P.2529–2536.
9. Ивашечкин А.А. «Липиды мицелиальных грибов как основа для создания биодизельного топлива» // Москва, 2015. – 142 с.
10. Omidvarborna; et al., Characterization of particulate matter emitted from transit buses fueled with B20 in idle modes./ Journal of Environmental Chemical

					<i>МД.БМ-6102.00.00.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Бузакова О.С.			<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	Стадія	Аркуш
Консульт.						...	...100
							103...
Керівник		Кузьмінський Е.В.				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ</i>	
Затверд.							

Engineering. – 2014. – №4 – P.2335–2342.

- 11.Белякова Г.А. «Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений» Ботаника в 4 т. Т.1 / Белякова Г.А., Дьяков Ю.Т., Тарасов К.Л. //М.: Издательский центр “Академия”, 2006. – 320 с.
- 12.French McCay, D.; Rowe, J. J.; Whittier, N.; Sankaranarayanan, S.; Schmidt Etkin, D., Estimation of potential impacts and natural resource damages of oil./ J. Hazard. Mater. – 2004. – №107(1–2). – P.11–25.
- 13.Fernández-Álvarez, P.; Vila, J.; Garrido, J. M.; Grifoll, M.; Feijoo, G.; Lema, J. M., Evaluation of biodiesel as bioremediation agent for the treatment of the shore affected by the heavy oil spill of the Prestige./ J. Hazard. Mater. – 2007. – №147(3). – P.914–922.
- 14.Muralidharan, K. K.; Vasudevan, D. D., Performance, emission and combustion characteristics of a variable compression ratio engine using methyl esters of waste cooking oil and diesel blends./ Applied Energy. – 2011. – №88(11). – P.3959–3968.
- 15.Hwang, J.; Qi, D.; Jung, Y.; Bae, C., Effect of injection parameters on the combustion and emission characteristics in a common-rail direct injection diesel engine fueled with waste cooking oil biodiesel./ Renewable Energy. – 2014. – №63. – P.639–17.
- 16.Сергеева Ю.Е .; Галанина, Л.А.; Андрианова Д.А.; Феофилова, Е.П., Липиды мицелиальных грибов как материал для производства биодизельного топлива./ Прикладная биохимия и микробиология. – 2008. – №44(5). – P.576–581.
- 17.Winayanuwattikun, P., Kaewpiboon, C., Piriyananon, K., Tantong, S., Thakernkarnkit, W., Chulalaksananukul, W., Yongvanich, T., Potential plant oil feedstock for lipase-catalyzed biodiesel production in Thailand./ Biomass and Bioenergy. – 2008. – №32. – P.1279–1286.
- 18.Watanabe, Y., Nagao, T., Nishida, Y., Takagi, Y., Shimada, Y., Enzymatic production of fatty acid methyl esters by hydrolysis of acid oil followed by esterification./ J. Am. Oil Chem. Soc. – 2007. – №8. – P.1015–1021.

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

- 19.Систер В. Г., Иванникова Е. М., Ямчук А. И. Технологии получения биодизельного топлива./ Известия МГТУ. – 2013. – №3 (17).
- 20.Гафуров Н.М., Хисматуллин Р.Ф. Физико-химические характеристики биодизельного топлива в соответствии принятым стандартам./ Инновационная наука. – 2016. – №5-2 (17).
- 21.Систер В.Г., Иванникова Е.М., Гехман А.Е., Валяшко В.М., Макаев С.В. Возможность получения биодизеля в сверхкритических условиях./ АЭЭ. – 2011. – №11.
- 22.Shimada, Y., Watanabe, Y., Samukawa, T., Sugihara, A., Noda, H., Fukuda, H., Tominaga, Y., Conversion of vegetable oil to biodiesel using immobilized *Candida antarctica* lipase./ J. Am. Oil Chem. Soc. – 1999. – №76. – P.789–793.
- 23.Гафуров Н.М., Хисматуллин Р.Ф. Процессы и технологии производства биодизельного топлива./ Инновационная наука. – 2016. – №5-2(17).
- 24.Черваков О.В., Филинская Т.Г., Копитон В.О. Способы переэтерификации жиросодержащего сырья методом алкоголиза./ Вопросы химии и химической технологии. – 2009. – №4.
- 25.Плахотін В.Я., Тюрікова І.С., Хомич Г.П. Теоретичні основи технологій харчових виробництв: Навч. посібник. – К.: ЦНЛ, 2006. – 640 с.
- 26.Тютюнников Б.Н., Бухштаб З.И., Гладкий Ф.Ф. и др. Химия жиров/ М.: Колос,1992. – 448 с.
- 27.Kisdiana D., Saka S., Catalitic effect of metal reactor in transesterification of vegetable oil// JAOCS. – 2004. - №1. – P.103-104.
- 28.Zhou Weiyang, konar Samir K., boocock David G.B. Ethyl esters from the single-phase base-catalyzed ethanolysis of vegetable oils/ JAOCS. – 2003. - №4. – P.367-371.
- 29.Сергеева Я.Э., Галанина Л.А., Андриянова Д.А., Феофилова Е.П. Липиды мицелиальных грибов как основа для получения биодизельного топлива / Прикладная биохимия и микробиология. – 2008. – № 5. – с. 576-581.
- 30.Ружинська Л.І., Буртна І.А., Поводзинський В.М., Шибецький В.Ю. Проектування реакторів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв :

					МД.БМ-6102.00.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

навч. посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 130 с.

31. Ружинська Л.І., Буртна І.А., Поводзинський В.М., Шибєцький В.Ю. Апаратурні схеми фармацевтичних та біотехнологічних виробництв. Порядок складання та вимоги до оформлення. Посібник. Електронне видання/ Укладачі: Л.І. Ружинська, І.А. Буртна, В.М. Поводзинський, В.Ю. Шибєцький – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 139 с.
32. Yadav G, Fabiano LA, Soh L, Zimmerman J, Sen R, Seider WD. Supercritical CO₂ Transesterification of Triolein to Methyl-Oleate in a Batch Reactor: Experimental and Simulation Results./ Processes. – 2019. – №7(1).
33. MARULANDA-BUITRAGO, Paola-Andrea and MARULANDA-CARDONA, Víctor-Fernando. SUPERCRITICAL TRANSESTERIFICATION OF BEEF TALLOW FOR BIODIESEL PRODUCTION IN A BATCH REACTOR./ C.T.F Cienc. Tecnol. Futuro. – 2015. – №6. – P.57-68.
34. Ferenc E. Kiss, Radoslav D. Micic, Milan D. Tomić, Emilija B. Nikolić-Djorić, Mirko Đ. Simikić Supercritical transesterification: Impact of different types of alcohol on biodiesel yield and LCA results./ The Journal of Supercritical Fluids. – 2014. – №86. – P.23-32.
35. Singh, CS, Kumar, N, Gautam, R. Supercritical transesterification route for biodiesel production: Effect of parameters on yield and future perspectives./ Environ Prog Sustainable Energy. – 2021. – №40.