

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри

_____ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ
(підпис)

«__» _____ 2020р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Екологічна біотехнологія та
біоенергетика»**

спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Технологія отримання біоетанолу з відходів соняшника»

Виконав:

студент ІV курсу, групи БЕ-61
Іванишак Сергій Васильович _____

Керівник:

асистент кафедри, к.т.н.
Левтун Ігор Ігорович _____

Консультант з проектування:

доцент, професор кафедри, д.т.н.
Саблій Лариса Андріївна _____

Рецензент:

доцент, професор кафедри, д.б.н.
Горчаков Володимир Юрійович _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

«__» _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

**на дипломний проєкт студенту
Іванишаку Сергію Васильовичу**

1. Тема проєкту «Технологія отримання біоетанолу з відходів соняшника»
керівник проєкту Левтун Ігор Ігорович, к.т.н.,
затвержені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту: продуктивність виробництва – 25т/день;
ступінь очищення біоетанолу – 98%. Спроекувати ферментер для
зброджування відходів соняшника в біоетанол.

4. Зміст пояснювальної записки: характеристика сировини та біологічного
агенту; механізм кислотного гідролізу і біохімія отримання етанолу; вибір і
обґрунтування технології; технологічна частина; характеристика кінцевої
продукції; опис технологічного процесу; матеріальний баланс; вибір і
розрахунок обладнання; заходи з охорони праці;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема (А1), апаратурна схема (А1), ферментер (А1).

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічна частина дипломного проекту	д.т.н., проф. Саблій Л.А.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Проведення літературних досліджень		
2	Характеристика сировини, біологічного агента та біоетанолу		
3	Проведення аналізу існуючих технологій. Обґрунтування та вибір технології.		
4	Розрахунок параметрів сировини та виходу біоетнолу. Розрахунок ферментера. Вибір обладнання.		

5	Розробка креслень апаратурної та технологічної схеми. Розробка креслення ферментеру.		
6	Опис заходів з охорони праці та довкілля.		
7	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини		

Студент

_____ Сергій Іванишак

(підпис)

Керівник проекту

_____ Ігор Левтун

(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 91 аркушів пояснювальної записки, з використанням 61 літературних джерел та 3 аркушів креслень А1. Пояснювальна записка складається з вступу, шести розділів, що містять 9 рисунків, 6 таблиць, висновків і списку літературних посилань. В роботі вибрано і обгрунтовано технологію виробництва біоетанолу, для використання як добавки до пального, з використанням як сировини відходів соняшника.

Наведено характеристику відходів соняшнику, як сировини для утворення біоетанолу. Розраховано матеріальний баланс процесу, наведено та описано технологічну та апаратурну схеми виробництва біогазу, описано заходи по охороні праці та довкілля. Розраховано ферментер об'ємом 100 м³.

БІОЕТАНОЛ, РОСЛИННІ ВІДХОДИ МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС,
РЕКТИФІКАЦІЯ, ФЕРМЕНТЕР, ЗБРОДЖУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА
СХЕМА

ABSTRACT

The diploma project consists of 91 sheets of explanatory note, using 61 literature sources and 3 sheets of drawings A1. The explanatory note consists of an introduction, six sections containing 9 figures, 6 tables, conclusions and a list of references. The technology of bioethanol production for use as a fuel additive, with the use of sunflower waste as a raw material is selected and substantiated in the work. The characteristics of sunflower waste as a raw material for the formation of bioethanol are given.

The material balance of the process is calculated, the technological and equipment schemes of biogas production are given and described, the measures on labor protection and environment are described. A 100 m³ fermenter is designed.

BIOETHANOL, PLANT WASTE MATERIAL BALANCE, RECTIFICATION,
FERMENTER, FERMENTATION, TECHNOLOGICAL SCHEME

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1.Характеристика сировини та біологічного агенту.....	11
1.1. Характеристика сировини.....	11
1.2. Характеристика біологічного агенту.....	13
2.Механізм кислотного гідролізу і біохімія отримання етанолу.....	16
2.1 Механізм гідролізу, що каталізується кислотою.....	16
2.2 Біохімія спиртового бродіння.....	19
3. Вибір і обґрунтування технології.....	23
4.Технологічна частина.....	36
4.1.Характеристика кінцевої продукції.....	36
4.2.Опис технологічного процесу	40
4.3.Матеріальний баланс.....	49
5.Вибір і розрахунок обладнання.....	51
5.1. Підбір обладнання.....	51
5.2. Конструктивний розрахунок апарата для гідролізу.....	52
5.3. Розрахунок інокулятора.....	53
5.4. Конструктивний розрахунок ферментеру для зброджування гідролізату відходів соняшника	60
5.5. Вибір загальнозаводського обладнання.....	61
6.Охорона праці.....	62
Висновки.....	71
Перелік використаних джерел.....	73
Додаток А.....	79

					<i>ЕКБ.БЕб108.ДП</i>			
<i>Змн</i>	<i>Дрк</i>	<i>№ докum</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>	<i>Сталія</i>	<i>Дрк</i>	<i>Акнvіvіv</i>
<i>Розроб</i>		Іванишак С.В.						
<i>Конс</i>		Левтун І.І.					7	91
<i>Керів</i>		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

Біопаливо є привабливою альтернативою діючим нафтовому, оскільки його можна використовувати як транспортне паливо з незначними зміни до сучасних технологій, воно має суттєвий потенціал для зменшення викидів парникових газів відносно нафтового валива. Джерел і ресурси для виробництва біопалива, зокрема біотетанола, географічно більше рівномірно розподілені, ніж викопні види палива, що актуально і для України.

Постановка проблеми: Одним з найпоширеніших на сьогодні відновлювальним паливом і підходящою альтернативою для заміни викопного палива є біоетанол. На даний момент етанол виробляють із цукру (Бразилія) або з зерна (крохмаль, США). [1] Однак цієї сировинної бази скоро буде недостатньо, оскільки попит на паливний етанол неспинно росте. Альтернативою є виробництво біоетанола з агропромислових відходів, що містять велику кількість целюлозних волокон: такі як виноградний жом, відходи з цукрових буряків, ячмінна , рисова чи будь яка інша солома, кукурудзяні качани, соняшникові стебла, голівки за шкарлупи, бавовняні відходи, відпрацьоване зерно пивоварних підприємства, лісові залишки тощо.

Актуальність. Лігноцелюозна сировина та агропромислові відходи мінімізують потенційний конфлікт між використанням землі для виробництва продовольства (та кормів) та виробництвом енергоресурсів. Світове виробництво та використання біопалива зросло різко за останні кілька років, в першу чергу через збільшення ціни на нафту, проблеми національної безпеки, екологічні міркування та зусилля для пожвавлення сільських громад. Питання сьогодні не в тому, чи буде біопаливо входити до складу енергетичного ринку, а скоріше, які економічні, соціальні та екологічні наслідки воно матиме.

					<i>ЕКБ.БЕ6108.ДП</i>			
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>	<i>Сталія</i>	<i>Арк</i>	<i>Активів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Іванишак С.В.</i>						
<i>Конс.</i>		<i>Левтун І.І.</i>						
							<i>2</i>	<i>91</i>
<i>Керів.</i>		<i>Левтун І.І.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ</i>		
<i>Затверд.</i>								

Соняшник є основною олійною культурою в Україні. Порівняно з іншими культурами цієї групи він забезпечує найбільший вихід олії з одиниці площі. Соняшникове насіння в середньому містить понад 48–50% жиру, білка — 16–19, а вихід олії за промислової переробки сягає 47%. Соняшникову олію широко використовують у процесі виготовлення маргарину, консервів, хлібних і кондитерських виробів, а також у миловарній, лакофарбовій та інших галузях промисловості. Під час переробки цього насіння, крім олії, одержують макуху або шрот, які є цінним кормом у тваринництві.

У 2018 р. аграрії зібрали 10,1 млн т соняшнику, що на 8% менше від показників 2013-го. На це вплинуло зниження врожайності: було зібрано 19,4 ц/га, що менше від торішнього показника на 2,5 ц/га. [2]

Окрім вищезгаданих застосувань цієї культури є значний потенціал для використання її як сировини для виробництва біоетанолу.

Дана дипломна робота має на меті розробку технології виробництва біоетанолу з використанням відходів виробництва і переробки саме цієї культурної рослини, у загальному контексті виробництва біоетанолу з целюлозовмісної сировини.

Мета і задача роботи. Метою є проектування технології переробки відходів соняшника з метою отримання біоетанолу з акцентом на кислотний гідроліз

Для досягнення цієї цілі ставляться такі завдання:

1. Провести літературний огляд стосовно існуючих технологій отримання етанолу з використанням лігніноцелюлозної сировини та можливість використання його корисних побічних продуктів.
2. Обґрунтувати вибір раціональних параметрів культивування дріжджів для отримання біоетанолу.
3. Розрахувати технічні показники обраного типу біореактора для культивування дріжджів та матеріальний баланс.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						9
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4. Характеризувати пропозиції та заходи щодо забезпечення охорони праці, техніки безпеки, охорони довкілля.
5. Розробити технологічну і апаратурну схеми одержання етанолу з відходів соняшнику.
6. Розробити креслення обраного типу ферментеру.

Об'єкт дослідження. Процес отримання біоетанолу з лігніноцелюлозної сировини - відходів соняшнику.

Предмет дослідження. Раціональна технологія і її параметри при заданій потужності виробництва.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						10
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

1.ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ

1.1 Характеристика сировини

Відходи соняшника загалом можна характеризувати як лігніно- і целюлозомісну сировину, що загалом складається з вуглеводних полімерів (целюлози і геміцелюлози), лігніну, екстрактивних речовин і золи. Термін "холоцеллюлоза" часто використовується для опису всіх вуглеводів, які містяться чи то в рослині або мікробної клітині. Холоцеллюлоза складається з целюлози і геміцелюлози. Целюлоза є нерозгалуженим лінійним полімером.

Довжина молекули целюлози визначається кількістю глюкозних ланок в полімері і визначає ступінь полімеризації. Ступінь полімеризації целюлози, залежить від типу рослини і, як правило, за оцінками містить від 2000 до 27000 глюкозних одиниць. Геміцелюлози належать до групи різнорідних полісахаридів. Кількість геміцелюлози зазвичай становить від 11% до 37% від сухої ваги рослини. Геміцелюлози відносно легко гідролізуються кислотами до своїх мономерних компонентів, що складаються з ксилози, манози, глюкози, галактози, арабінози і невеликих кількостей рамнози, глюкуронової і галактуринової кислот [3, 4].

Лігнін є дуже складною молекулою побудованою з фенілпропанових одиниць, пов'язаних в тривимірні структури. Як правило, хвойні рослини містять більше лігніну, ніж листяні. Хоча основні структурні елементи лігніну в значній мірі вже відомі, багато аспекти його хімічної структури залишаються неясними. Лігніни надзвичайно стійкі до хімічної і ферментативної деградації [3, 4].

					ЕКБ.БЕ6108.ДП			
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Характеристика сировини та біологічного агенту	Сталія	Арк.	Актовий
Розроб		Іванишак С.В.						
Конс.		Левтун І.І.					11	91
Керів		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		
Затверд.								

механічними властивостями. Зовні лушпиння соняшника є лусочками чорного кольору, має специфічний, але не різкий запах. Частки лушпиння мають довжину 4-8 мм, ширину 1,5-3 мм [8].

Орієнтовний хімічний склад порошку відходів соняшника, спираючись на вищезгадані джерела, наведений в таблиці 1.1.

Табл. 1.1. Хімічний склад сухого порошку відходів соняшнику[7]

Вміст, %						
Геміцелюлози	Целюлоза	Лігнін	Зола	Білки	Жири	C:N
21,5-28,0	27-42,4	24,8-29,6	2-4	3-4	3-6	54-73

Очевидно, що полімери в складі відходів соняшника не підходять як сировина для безпосереднього збродження. Перед цим потрібно шляхом гідролізу забезпечити перехід полісахаридів в моноцукри. Тим чином целюлозу і геміцелюлозу можна переробити в етанол, а лігнін залишиться в якості побічного продукту. Методи гідролізу, їхні недоліки і сильні сторони; хімізм процесу і вибір конкретної технології буде описаний в наступних розділах.

1.2 Характеристика біологічного агенту

Дріжджі — позатаксономічна група одноклітинних грибів, які втратили міцеліальну будову у зв'язку з переходом до проживання у рідких і напіврідких, багатих на органічні речовини субстратах. Об'єднує близько 1500 видів, що належать до аскоміцетів та базидіоміцетів та домінують серед грибів у водних середовищах[8].

Межі групи окреслені нечітко: багато грибів, здатних розмножуватися вегетативно в одноклітинній формі і, таким чином, ідентифікуються як дріжджі, на інших стадіях життєвого циклу утворюють

розвинений міцелій, а у низці випадків і макроскопічні плодові тіла. Раніше такі гриби виділяли в окрему групу дріжджеподібних, але зараз їх усіх, зазвичай, розглядають разом із дріжджами[9].

Дослідження 18S рРНК показали близьку спорідненість із типовими грибами інших видів, здатними до росту тільки у вигляді міцелію. Розміри дріжджових клітин зазвичай становлять 3—7 мкм у діаметрі, тоді як деякі види здатні зростати до 40 мкм^[4].

При синтезі біоетанолу, біологічним агентом виступають дріжджі яких об'єднують в два роди *Shizosaccharomyces* і *Saccharomyces*. Вони використовуються як при ферментації з «класичної» сировини, так і з гідролізатів. Типовим і найпоширенішим представником продуцентів етанолу є вид *Saccharomyces cerevisiae*[10].

Saccharomyces cerevisiae – клітини овальної форми розмірами приблизно 15 мкм, оточені товстою клітинною стінкою. Розмножуються брунькуванням і їх ріст відбувається під час формування бруньок і брунька до моменту відділення стає по розміру майже рівною материнській.

Дріжджі – гетеротрофи, по типу дихання – факультативні анаероби. Під час перебігу спиртового бродіння, дріжджі перетворюють гексозні моносахариди в етанол, вуглекислий газ і домішки щовиділяються в зброджувальне сушло.

Життєдіяльність дріжджів зберігається у межах рН середовища від 2 до 8; для їх вирощування оптимальним є рН 4,8 – 5,0. При рН нижче 4,2 дріжджі продовжують розвиватися, в той час як ріст кислотоутворюючих бактерій припиняється. Цю властивість дріжджів використовують для пригнічення розвитку бактерій у середовищі, де вони присутні, яке підкислюють до рН 2,8 – 4 і витримують певний час.[11]

Щодо вуглецевого живлення, то дріжджі можуть засвоювати вуглець різних джерел але перш за все, в першу чергу споживається глюкоза і фруктоза. За

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						14
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

відсутності гексоз описані випадки споживання й інших речовин, але в даній роботі це не актуально.

Слід підмітити що дріжджі здатні синтезувати всі необхідні для себе амінокислоти і велику кількість вітамінів що виступають коферментами під час важливих для нас, з точки зору отримання етанолу, метаболічних реакцій.

Зважаючи на відомі морфологічні, біохімічні та культуральні ознаки очевидно що ферментацію слід проводити з визначеними умовами такими як : анаеробність, при температурі близько 32 C° , рН середовища близько 4,5. [12]

У даній технології був обраний конкретний штам дріжджів а саме *Saccharomyces cerevisiae* ВІН-1, який має перспективні метаболічні пристосування до ефективного зброджування, з характерним саме для лігнно-целюлозних матеріалів, хімічним складом сусла.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						15
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

2.МЕХАНІЗМ КИСЛОТНОГО ГІДРОЛІЗУ І БІОХІМІЯ ОТРИМАННЯ ЕТАНОЛУ

2.1 Механізм гідролізу, що каталізується кислотою

Про перше детальне дослідження кінетики гідролізу 1,4-β-глюканів повідомили Фрейденберг та Бломквіст у 1965. [13] Знайдена видима енергія активації для гідролізу целюлози (125 кДжмоль) була трохи вище ніж ці значення для менших 1,4-β-глюканів (114– 121 кДжмоль). [14] І навпаки, Шарплес встановив, що гідроліз целобіози у H₂SO₄ (0,5 моль L) при 75 і 80 градусів має вищу енергія активації (131 кДжмоль)[15]. Хіггінс та співавтори також досліджували реакційну здатність целюлози до гідролізу в H₂SO₄ (0,5 моль на літр) в 40 і 50°C. Вони виявили, що видима енергія активації змінюється по ходу реакції.

Саеман повідомив про дуже детальне дослідження кінетики гідролізу целюлози в розведеній кислоті при температурі 170-190 ° C. [16]

Було виявлено, що гідроліз целюлози є реакцією першого порядку щодо концентрації H₃O⁺. Явна активація енергія, виявлена Саеманом, становила 179 кДжмоль[17]. Суперечка навколо значень енергії активації приписували модифікації процесів гідролізу дифузійною в ранніх стадіях і згодом привели до відкриття H-пов'язаної структура целюлози, що супроводжує розрив глікозидних зв'язків. [18]

У минулому кілька авторів пропонували існування слабких ланки в целюлозних ланцюгах. [19] На цих ділянках передбачається що гідроліз протікає від кількох сотень до тисяч в рази швидше, ніж у кристалічних областях. [20] Слабкі ланки можуть утворюватися або шляхом введення інших цукрів, крім глюкози в полімерному ланцюзі під час біосинтезу целюлози, або шляхом часткового окислення ангідроглюкозних одиниць при переробці лігноцелюлозних

					ЕКБ.БЕ6108.ДП			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Іванцшак С.В.			Механізм кислотного гідролізу і біохімія отримання етанолу	<i>Сталія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архівів</i>
<i>Конс.</i>		Левтун І.І.					16	91
<i>Керів.</i>		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		
<i>Затверд.</i>								

матеріалів для відділення їх компонентів: целюлози, геміцелюлози та лігніну. З іншого боку, наявність окислених груп, таких як карбонові, кетонів та альдегідні групи, вже було досліджено і обґрунтовані докази їх впливу на швидкість гідролізу було надано кількома авторами. [21-23]

Авторами пропонується наступний механізм кислотного гідролізу. Як видно на малюнку 3.1, перший крок цього механізму передбачає протонацію глікозидного кисню (шлях I) або піранового кисню (шлях II). В принципі, з урахуванням характеру Н3О⁺ видів та конформаційних обмежень целюлозних ланцюгів уздовж глікозидної зв'язку очікується часткова протонація обох атомів кисню. Однак ні експериментальним, ні теоретичним доказом, що підтверджують часткове протонування обох О-сайтів не зустрічаються в літературі.

Найважливішим кроком механізму є формування карбокації через одномолекулярний крок (рис. 3.1.1).

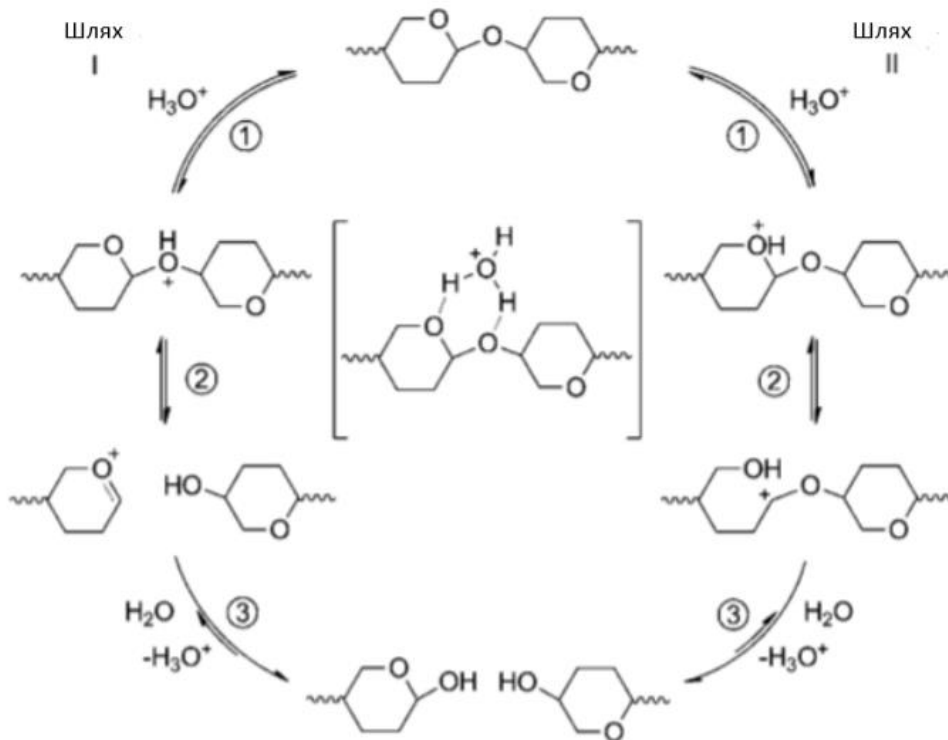


Рисунок 2.1.1 Механізм кислотного гідролізу глікозидних зв'язків. Водень і гідроксильні групи для ясності опущені.[24]

На цьому етапі пропонується формувати циклічну (шлях I) або ациклічну (шлях II) карбокалізацію. [24]

Формування цього циклічного проміжного продукту вимагає конформації зміни тетрагідропіранового кільця, яке зазнає кільцевого перегону до конформації пів-стілця (мал. 5). Це вводить в одній площині атоми C1, C2, O і C5 обернуттям уздовж зв'язків C2C3 та C4C5 (рис. 3.1.2). [79]

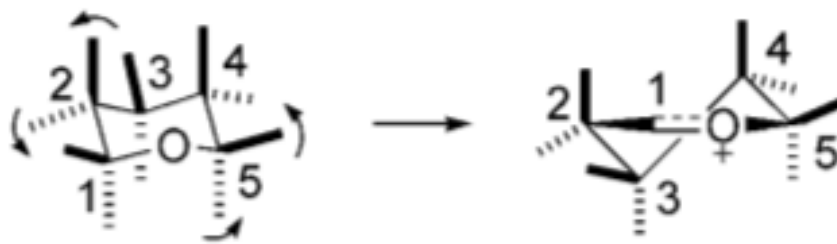


Рисунок 2.1.2 Конформаційні зміни тетрагідропіранового кільця[25]

Другий крок, енергетично вимогливий через обертальні обмеження, створені взаємодією внутрішньомолекулярного Н-зв'язку в надмолекулярній структурі твердої целюлози. [26] На третьому етапі вода реагує з карбокацією, регенеруючий вид Н3О +.

Більшість того, що відомо про молекулярний механізм гідроліз целюлози заснований на подібних реакціях, що включають дисахариди, припускаючи, що целюлозу гідролізують шляхом I. Однак альтернативним шляхом II може бути

Поширена проблема гідролізу целюлози - часткове розкладання отриманих цукрів шляхом зневоднення, [27] що призводить до низької селективності цукрів, зниження якості цукрів для подальших процесів бродіння і вище виробничі витрати

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						18
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

[28] Гідроліз целюлози та розкладання глюкози мають досить схожі енергії активації очевидної активності. [29] Крім того, швидкості гідролізу та деградації цукрів знаходяться в однаковому порядку за умов реакції для більшості звичайних процесів. Іншими словами, розкладання глюкози дуже схильний процес як послідовний етап гідролізу целюлози.

2.2 Біохімія спиртового бродіння

Центральним біохімічним шляхом в біосинтезі етанолу дріжджами є гліколіз.

Суть процесу полягає в внутрішньоклітинній трансформації глюкози (і фруктози) в піруват. Цей біохімічний шлях є початковим процесом катаболізму вуглеводів у більшості організмів і відбувається повністю всередині цитоплазми. Цей шлях був повністю описаний у 1940 р. Завдяки внескам Густава Ембдема та Отто Мейенхорфа. З цієї причини цей метаболічний шлях також має назву Ембдема-Мейерхоффа на їх честь, хоча, на жаль, ця назва виключає інших важливих людей що зробили серйозний внесок, таких як Герті та Карл Корі, Карл Нойберг, Якоб Парнас, Ганс фон Ейлер та Отто Варбург.[30]

Дріжджі використовують гліколіз як основний шлях катаболізму цукру. Шлях пентоз, який використовують деякі організми, такі як оцтовокислі бактерії як основний шлях катаболізму цукру, використовуються лише дріжджі як джерело рибози та НАДФН.

Рибоза необхідна для синтезу нуклеотидів та нуклеїнових кислот, тоді як НАДФН необхідний для деяких обмінних процесів, таких як синтез ліпідів. Тому дріжджі використовують пентозний шлях не для отримання енергії, а для забезпечення себе деякими речовинами, необхідними для розмноження клітин.

Гліколіз включає послідовність 11 хімічних реакцій для руйнування гексоз та вивільнення їхньої енергії у хімічній формі АТФ.

Рисунок 3.1 показує всі реакції гліколітичного шляху.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						19
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

Спочатку гексози транспортуються всередину клітини шляхом полегшеної дифузії. Оскільки внутрішня концентрація цукру нижча, ніж зовнішня концентрація, енергія для цього процесу не потрібна.

Першим етапом гліколізу є фосфорилування глюкози та фруктози а сімейство ферментів, званих гексокіназами, утворюють глюкозу 6-фосфат та фруктозу-6- фосфат. Ця реакція витрачає енергію АТФ, але вона підтримує низьку внутрішньоклітинну концентрацію гексози і тим самим сприяє безперервному транспортуванню цукрів в клітину через транспортери плазматичної мембрани. Після цього фосфоглюкоізомераза перетворює глюкозо-6-фосфат у фруктозу-6-фосфат.

Окрім того що глюкозо-6-фосфат та фруктозаб-фосфат є посередниками гліколізу, вони також є основними субстратами для вторинного обміну речовин. Насправді і ці, і інші гексозофосфати потрібні для синтезу полісахаридів, що використовуються для конструювання клітинної стінки дріжджів.

На наступній стадії фруктоза-6-фосфати фосфорилуються знову під дією фосфотруктокінази з утворенням фруктози-1,6-дифосфату. Ця реакція також витрачає енергію АТФ. Пізніше фермент альдолаза розщеплює фруктозо-1,6-фосфату. В результаті цієї реакції утворюються два триосновних фосфати: дигідроксиацетонфосфат і гліцеральдегід-3-фосфат. Ця реакція дає значно більшу частку дигідроксиацетонфосфату (96%), який швидко трансформується в гліцеральдегід-3-фосфат триозофосфатною ізомеразою.[31]

Потім фермент гліцеральдегід-3-фосфатдегідрогеназа перетворює гліцеральдегід-3-фосфат до 1,3-дифосфогліцерату. Ця реакція передбачає окислення молекули. Одночасно відбувається фосфорилування на рівні субстрату, утворюючи багатий на енергією зв'язок між окисленою вуглецевою групою та неорганічним фосфатом.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						20
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

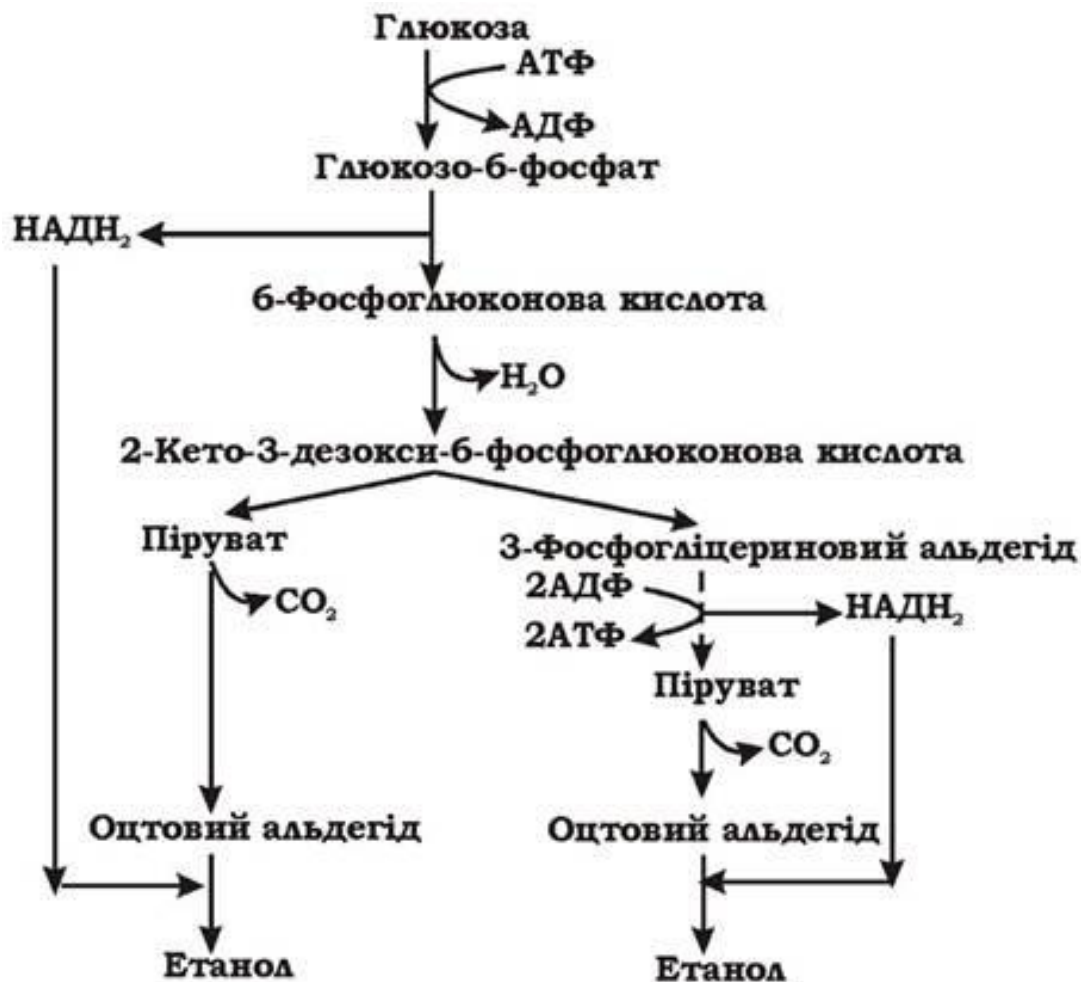


Рис. 2.2.1 Біохімічний механізм гліколізу і перетворення пірувату на спирт[32]

Наступна стадія гліколізу складається з трансформації 1,3-дифосфогліцерату до 3-фосфогліцерату. Ця реакція, яка каталізується фосфогліцераткіназою, вивільняє всю енергію, що містилася в раніше сформованому енергетично багатим зв'язком, який клітина використовує для фосфорилування однієї молекули АДФ в АТФ.

Після цього фосфогліцеромутаза перетворює 3-фосфогліцерат у 2-фосфогліцерат, який потім зневоднюється у фосфоенол піруват ферментом енолазою. Фосфоенол піруват містить енергетично багатий зв'язок, який використовується ферментом піруваткіназою для фосфорилування АДФ в АТФ. Ця реакція породжує піруват, що є кінцевим продуктом гліколізу.

Як наслідок гліколізу, кожна молекула гексози генерує дві молекули пірувату, чотири АТФ і один НАДФ. Оскільки дві молекули АТФ були витрачені раніше під час фосфорилування гексоз, чистий приріст енергії для клітини - два АТФ на гексозу.

Піруват, що утворюється при гліколізі, може використовуватися дріжджами для кількох метаболічних шляхів. Однак дріжджі повинні відновити НАД + з НАДФ для відновлення оксидоредукційного потенціал уклітини. Це можна зробити за допомогою бродіння або дихання.

Як було сказано вище, при бродінні *Saccharomyces cerevisiae* головним чином спрямовує піруват на отримання етанолу з метою відновлення НАД +. Цей процес, який називають спиртовим бродінням,[32]

Піруват спочатку декарбоксілюється в етанал піруват декарбоксілазою. Цьому ферменту потрібен магній і тіамін пірофосфат як кофактори. Після цього алкогольдегідрогеназа перетворює свій субстрат до етанолу, переробляючи також NADH до NAD +. В організмі є три ізоферменти алкогольдегідрогенази *Saccharomyces cerevisiae*, але за конверсію головним чином відповідає ізофермент I. Дегідрогеназа алкоголю використовує цинк як кофактор. Обидва кінцеві продукти алкогольного бродіння, етанол і вуглекислий газ, транспортується поза клітину простою дифузією.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						22
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

3.ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

До технології виробництва біоетанолу в даному дипломному проєкті ставиться ключова основна вимога – забезпечення ефективного технологічного процесу з метою створення якісного кінцевого продукту використовуючи за основу відходи соняшника. В даній технології як і будь якому біосинтезі використовуються типові технологічні рішення і типове обладнання опираючись на специфіку завдання.

Ключовим моментом і творчим інженерним рішенням в цій роботі виступає вибір технології гідролізу лігніно і целюлозовмісної сировини – відходів соняшнику. Цьому пункту буде присвячено найбільше уваги в даному розділі. Окрім технології гідролізу, очевидно, важливе значення має вибір рішень, методик і технологій для таких етапів як:

- Санітарна підготовка виробництва та персоналу
- Підготовка розчинів та реактивів потрібних для біосинтезу
- Отримання посівного матеріалу
- Доставка і попередня підготовка сировини
- Стадія ферментації
- Відділення дріжджів
- Виділення, концентрування і очистка спирту
- Переробка відходів і вторинних продуктів

Перед початком виробничого процесу проводиться підготовка обладнання та комунікацій, інструктає персоналу. Весь персонал повинен пройти санітарно-медичне обстеження і мати засоби індивідуального захисту. Для дотримання

					<i>ЕКБ.БЕ6108.ДП</i>			
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вибір і обґрунтування технології</i>	<i>Сталія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акроншів</i>
<i>Розроб</i>		<i>Іванишак С.В.</i>						
<i>Конс.</i>		<i>Левтун І.І.</i>					22	91
<i>Керів</i>		<i>Левтун І.І.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ</i>		
<i>Затверд.</i>								

необідних умов асептики обладнання і трубопроводи миються і стерелізуються. Також проводиться перевірка обладнання на герметичність.[33]

Так як сировина досить бідна на азот та фосфат то перед процесом слід приготувати і поблати про цю частину мінерального живлення. Класичним рішенням є додавання мінеральних солей і кислот до сировинного сусла. В даній технології використовують сірчаноокислий амоній (0,2 – 0,5 г/л), фосфорнокислий амоній (0,2 – 0,3 г/л) та фосфорна кислота (0,2 – 0,3 г/л).[34]

Наступним етапом є підготовка пари що здійснюється стандартними методами. Пара необхідна для очищення спирту в брагорекрифікаційних колонах. В процес подається пара під тиском 2 атм.

Щоб провести процес ферментації потрібно отримати товарну масу спиртових дріжджів. Перед подачою в ферменстер суспенція дріжджів повинна мати потрібну концентрацію. Для цього потрібно приготувати поживне середовище. Поживне середовище потрібне для забезпечення культури всіма необхідними речовинами для росту і метаболізму.

Відновлення музейної культури дріжджів.

Метою стадії є ступеневе збільшення кількості біомаси спиртових дріжджів. Спочатку чисту культуру з банку клітин розмножують у декілька стадії: у пробірках, колбах і потім в кюветах. Далі проводять культивування спиртових дріжджів першої генерації.

До отриманого на попередній стадії поживного середовища вносять розмножену на кюветах музейну культуру спиртових дріжджів. Процес проводять в інокуляторах при температурі 25 – 30 °С. По досягненню об'єму біомаси дріжджів 10% від об'єму апарату її направляють у більший інокулятор.

Отримання товарної біомаси. Мета стадії отримати біомасу виробничих дріжджів з потрібною концентрацією клітин дріжджів.

Культуру другої генерації культивують періодичним способом у більшому інокуляторі. Товарна біомаса повинна мати концентрацію дріжджів 80 – 100 г/л.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						24
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Культивування спиртових дріжджів другої генерації відбувається до досягнення дріжджами 10% об'єму бродильного апарату. Отриману товарну біомасу з заданою концентрацією клітин дріжджів подають в бродильний ферментер на зброджування.

Гідроліз сировини. Відходи соняшника що представлені лузгою, стеблами і кошиками постачаються залізничним чи автомобільним транспортом де за допомогою конвеєра транспортуються на виробництво. Отримана сировина очищується від домішок і піддається подрібненню.

Після потрібнення і очищення сировини потрібно проводити її безпосередній гідроліз, адже ферментні системи дріжджів не пристосовані до такого субстрату.

Хоча лігноцелюлоза є найбільш поширеним ресурсом рослинних матеріалів, її зручність використання зводиться до її жорсткої структури. В результаті необхідна ефективна попередня обробка для вивільнення целюлози з лігнінового ущільнення і її кристалічної структури, щоб зробити її доступною для наступної стадії гідролізу. На сьогоднішній день більшість попередніх обробок здійснюються за допомогою фізичних або хімічних засобів. Для досягнення більш високої ефективності потрібно як фізична, так і хімічна попередня обробка. Фізичну попередню обробку часто здійснюють шляхом зменшенням розміру частин рослин. Хімічна попередня обробка полягає у видаленні хімічних бар'єрів, щоб реагенти чи ферменти могли мати доступ до целюлози.[35]

На сьогоднішній день доступні методи попередньої обробки включають кислотний гідроліз, паровий вибух, розширення аміачного волокна, сульфітну попередню обробку, фракціонування AVAP® (SO₂-етанол-вода), і попередню обробку озоном. Крім ефективного виділення целюлози, ідеальна попередня обробка повинна мінімізувати утворення продуктів розкладання через їх гальмівного впливу на подальші процеси гідролізу і ферментації. Наявність інгібіторів не тільки ще більш ускладнить виробництво етанолу, а й збільшить вартість виробництва через поетапних етапів детоксикації. Незважаючи на те, що

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Дпк
						25
Зм	Дпк	№ докум	Підпис	Дата		

попередня обробка кислотним гідролізом, є найстарішою і найбільш вивченою технікою попередньої обробки, вона виробляє кілька потужних інгібіторів, включаючи фурфурол і гидроксиметил-фурфурол (НМФ). Однак зважаючи на природу відходів соняшника і існуючі покращення технології кислотного гідролізу в цій роботі попередня підготовка надана саме цьому варіанту.[36]

Існує два основних процеси гідролізу целюлози: хімічна реакція з використанням кислот або ферментативна реакція, яка використовує целюлази.

Розбавлену кислоту можна використовувати при високій температурі і високому тиску, а більш концентровану кислоту можна використовувати при більш низьких температурах і атмосферному тиску. Декристалізована целюозна суміш кислоти та цукру реагує в присутності води що призводить до створення окремих молекул цукру (гідроліз). Потім продукт з цього гідролізу нейтралізують, і для отримання етанолу використовують ферментацію дріжджів.[37]

Таб. 3.1. Порівняння методів гідролізу концентрованою і розбавленою кислотою[38]

Метод	Переваги	Недоліки
Концентрованою кислотою	<ul style="list-style-type: none"> • Відбувається при низькій температурі • Високий вихід цукру 	<ul style="list-style-type: none"> • Високий розхід кислоти • Корозія обладнання • Час реакції 2-6 год
Розбавленою кислотою	<ul style="list-style-type: none"> • Короткий час витримування 	<ul style="list-style-type: none"> • Дія при високій температурі

	<ul style="list-style-type: none"> • Низький розхід кислоти 	<ul style="list-style-type: none"> • Нижчий вихід цукру • Небажані побічні продукти – інгібітори
--	--	--

Гідроліз рослинної сировини проводять розбавленою сульфатною кислотою концентрацією 0,2-1,0% за температури 180 -190 °С і тиску 1-1,5 МПа без регенерації кислоти.[39]

Підвищені температура та концентрація кислоти позитивно впливають на швидкість гідролізу полісахаридів деревини. Швидкість процесу розпаду моносахаридів визначається цими ж чинниками, тому режим гідролізу підбирають таким чином, щоб процес руйнування моносахаридів проходив найменше.

Характерною особливістю методу є періодичність завантаження і безперервність перколяції кислоти. **Перколяція** – розбавлена свіжа кислота концентрацією 0,5 % за температури 180-190 °С що безперервно фільтрується через шари подрібненої рослинної сировини і цукри, що утворилися в результаті гідролізу, та інші продукти переходять у розчин та разом з ним безперервно видаляються з реакційного простору. Розчин, який видаляється називається **гідролізатом**.

Технологія отримання гідролізату включає наступні етапи:

- завантаження подрібненої сировини;
- закачування кислоти;
- підігрів вмісту апарату;
- власне перколяцію;
- промивка лігніну водою;
- віджимання залишку гідролізату;

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						27
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

- видалення лігніну з гідролізат апарату.

Схема отримання моносахаридів наведена на рис. 3.1

Подрібнена сировина подається в гідролізатапарат або гідролізатор. Гідролізатапарат являє собою вертикальний сталевий циліндр з верхнім і нижнім конусами і горловинами. Внутрішню поверхню такого гідролізатапарата покривають кислототривкими керамічними або графітовими плитками чи цеглою.

Верхня і нижня горловини гідролізатапарата з внутрішньої сторони захищені від дії гарячої розбавленої сульфатної кислоти шаром кислототривкої бронзи. Об'єм гідролізатапаратів зазвичай складає 30-50 м³. У верхній конус гідролізатапарату під час гідролізу по трубі подається нагріта до 160-200 °С розбавлена сульфатна кислота. Нижній конус, оснащений вихлопним пристроєм для видалення лігніну. У нижній частині котла встановлюють фільтруючий пристрій для відділення гідролізату від лігніну.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						28
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

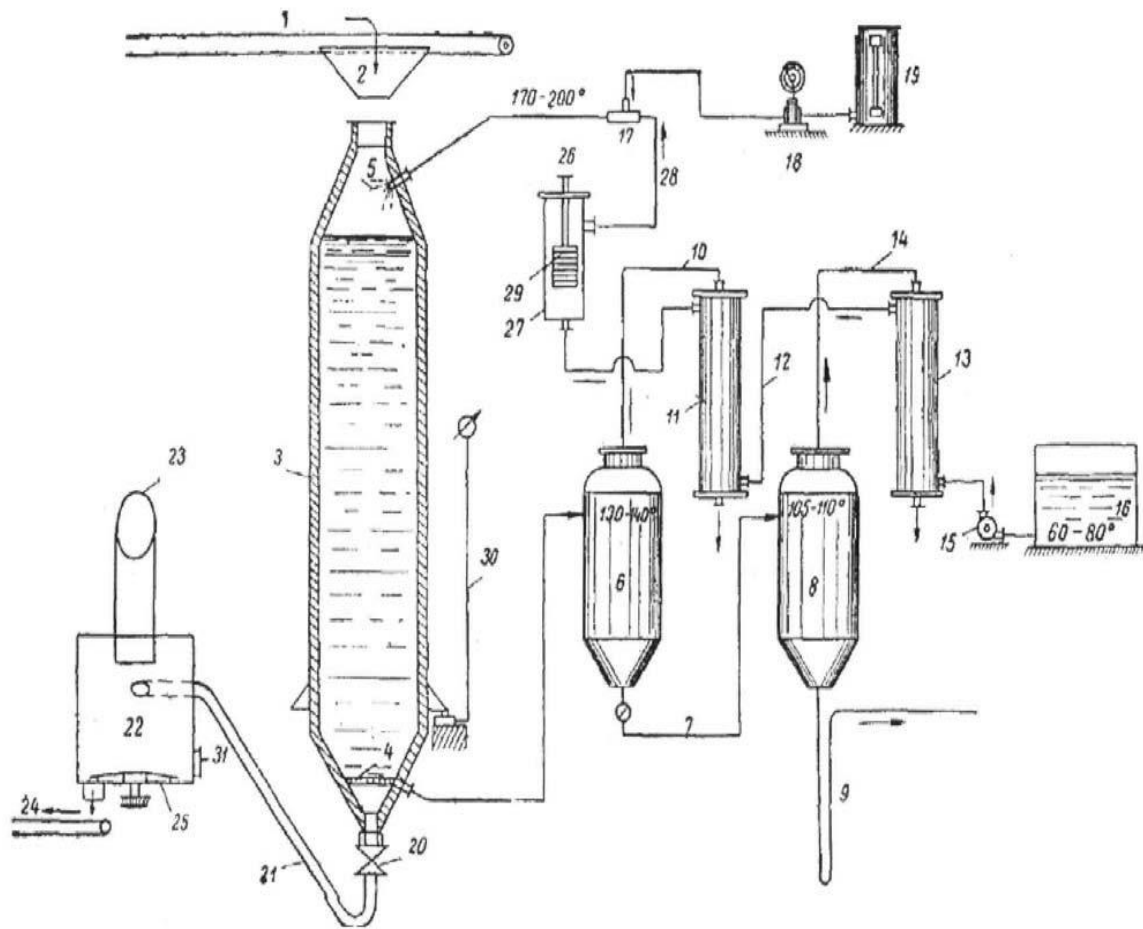


Рисунок 3.1 Схема гідролізу рослинної сировини розбавленою сульфатною кислотою[40]:

1 – транспортер , 2 – напрямна лійка, 3 – гідролізаапарат ; 4 – фільтр; 5, 7, 9, 10, 12, 14, 21, 23, 26, 28 - труби , 5, 8 – випарники гідролізату; 11,13 – решофери; 15 – насос; 16 – бак оборотної води; 17 – змішувач води і кислоти; 18 – кислотний насос; 19 – мірник кислоти; 20 – клапан; 22 – циклон для лігніну; 24 – транспортер для лігніну; 25 – мішалка, яка обертається ; 27 – колона для нагрівання води; 29 – диски; 30 – вагомір, 31 – бічні дверцята

В процесі завантаження сировини в гідролізаапарат надходить нагріта до 70-90 °С розбавлена сульфатна кислота, яка змочує сировину та сприяє її ущільненню.

									Днк
									29
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата	ЕКБ ББ6102 ЛП				

Після закінчення завантаження вміст гідролізатапарата підігрівається гострою парою до температури 150-170 °С, та починає надходити 0,5 - 0,7 %-ва сульфатна кислота, нагріта до 170-200 °С. Одночасно гідролізат, який утворюється починає виводитися з апарату. Реакція гідролізу в гідролізатапараті триває від 1 до 3 годин. Чим менша тривалість гідролізу, тим вища температура і тиск в гідролізатапараті.[41]

Фільтрація. Мета стадії – відділити лігнінову фракцію від розчину вуглеводів. Фільтрація відбувається через нутч-фільтр закритого типу, де нерозчинний лігнін залишається на фільтрі, а вуглеводи переходять в фільтрат.

Стадія виробничого біосинтезу і сепаратація дріжджів

Розрізняють декілька основних способів і технології бродіння

- Періодичне глибинне культивування – зброджування середовища здійснюється в одному бродильному апараті який одночасно заповнюється поживним середовищем і дріжджами. Після завершення процесу бродіння апарат звільняється. Під час звільнення бражка подається на брагоректифікаційну колону
- Циклічне – процес передбачає наявність кількох апаратів один з яких використовується як джерело виробничих дріжджів .Після їх отримання частина дріжджів подається в інший апарат в який задається свіже поживне середовище і процес реалізується як періодичний.
- Неперервне культивування – процес здійснюється в одному апараті в який одночасно подають свіже поживне середовище і культуру виробничих дріжджів. Перевага підвищена продуктивність процесу
- Проточна система із рециркуляцією біомаси продуцента – процес оформлюють таким чином як і за 3 способом, але продукт ферментації подають на сепаратор або інше обладнання де із бражки виділяють біомасу продуцента і повертають її назад на початок процесу завдяки

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						30
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

чому загальна концентрація продукції збільшується і відповідно зростає швидкість зброджування субстрату.

- Інші способи: Багатостадійне неперервне культивування, проточна система з іммобілізованими клітинами продуценту, вакуумна ферментація, флеш ферментація.

Зважаючи на специфіку роботи апаратів концентрування і очистки бражки, а саме брагоректифікаційної колони, та вивчивши типові технологічні рішення на вже існуючих технологіях було обраний саме безперервний процес який показує високу продуктивність та ефективність зброджування субстрату. Більшість так званих гідролізних заводів використовують додаток до технології у вигляді рециркуляції біологічного агенту за допомогою розділення вихідної бражки на два потоки сепаратором. Як було описано це дозволяє оптимізувати систему тому в даному проекті це також передбачено.

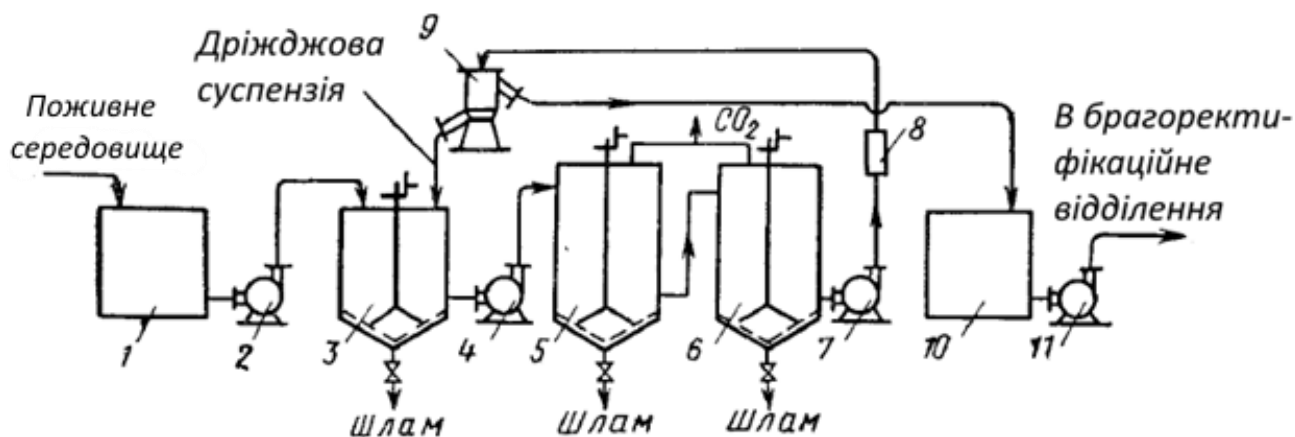


Рис. 3.2. Технологічна схема сепараційного методу бродіння [42]:

1 – збірник поживного середовища; 3 – ферментер; 5 – головний бродильний ферментер; 6 – хвостовий бродильний ферментер; 8 – фільтр; 9 – сепаратор; 10 – збірник бражки; 2, 4, 7, 11 – насоси.

На рис 1.4 представлено блок схему такої технології. Як бачимо на рисунку і описі до нього ферментація проводиться в даному випадку в 3 ферментерах. Насоси

									Днк
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата	ЕКБ ББ6102 ЛП				31

перекачують бражку від однієї ємності до іншої аж до сепаратора. При використанні сепараторів досягається високий рівень очищення культуральної рідини в клітин дріжджів. Сепаратор працює при швидкості 4500 – 6000 об/хв і відбувається розділення рідини на два потоки: дріжджі відправляють на рециркуляцію, а бражка йде на очищення.

3-ій по черзі ферментер потрібний для зброджування важкозасвоюваних вуглеводів – тих що не пройшли ферментацію у попередніх ємностях. Важливим елементом технології є фільтр що зайві частинки що випадково потрапили у бражку.

Процес проводиться в анаеробних умовах при температурі 32 – 34° протягом 5 – 7 год. рН середовища повинно складати близько 4,5. Бродильна здатність дріжджів (виражена в кг субстрату , що зброджують 1 кг дріжджів за год) складає 0,2 – 0,3 кг/(кг·год). Утворена в результаті бродіння бражка містить 1 – 1,5% етанолу. Концентрація незброджених гексоз не повинна перевищувати 0,1% [43].

Виділення і очистка етанолу. Бражка після ферментація, перед етапом концентрування і очистки, має концентрацію спирту в районі 3%. Окрім цього присутні різні типи домішок – таких як металол, фурфурол, різні екстракційні речовини.

Брагоректифікаційні установки передбачені для отримання спирту ректифікату безпосередньо з бражки. Брагоректифікаційні установки безперервного дії, є основним типовим обладнанням для виробництва та очищення спирта на підприємствах спиртової промисловості. Бражка в цих установках розділяється на спирт-ректифікат, ефіроальдегідну фракцію, сивушне масло і барду. У них же відбираються змінені продукти (сивушні спирти).

В установках прямої дії епюрації (видалення основних домішок) піддається бражка. Бражка представляє собою слабоконцентрований розчин спирту та

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						32
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

домішок. При низьких концентраціях спирту коефіцієнти ректифікації домішок набувають великих значень; отже їх видалення буде більш інтенсивним. Установка складається з епіюраційної колони з концентраційною частиною і ректифікаційної колони, де заходять дефлегматори, а також конденсатори. Після виведення основної маси головних домішок і значної частоти мінливих домішок в епіюраційній або ректифікаційній колоні брага поступає в бражну колону. Тут з бражки виділяються етиловий спирт, хвостові домішки та залишки. Основну масу парів із бражної колони направляють у ректифікаційну колону. Деяка частина парів із бражної колони поступає в епіюраційну колону для її обігріву. Для цієї цілі використовують трубу, що регулюється дросельним клапаном. Кількість пари, що вступає в епіюраційну колону, регулюється дросельним клапаном. Ректифікат відводять у рідкому вигляді з однієї з верхніх тарілок ректифікаційної колони. Очищення в метанольній колоні відбувається за відомим принципом.

Очищений від головних домішок концентрований етанол і є продуктом брагоректифікаційної колони. Пропонується на проєктованому підприємстві використати в ректифікаційних колонах сітчасті (решітчасті) провальні тарілки без переливних пристроїв (рис. 1.6), що в останній час отримують все більше поширення. Характерною особливістю цих тарілок є збільшений вільний переріз, завдяки чому пара і рідина проходять через одні й ті самі отвори. Вони відрізняються простотою виготовлення, здатністю самоочищуватися і універсальністю застосування.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Дпк
						33
Зм	Дпк	№ докум	Підпис	Дата		

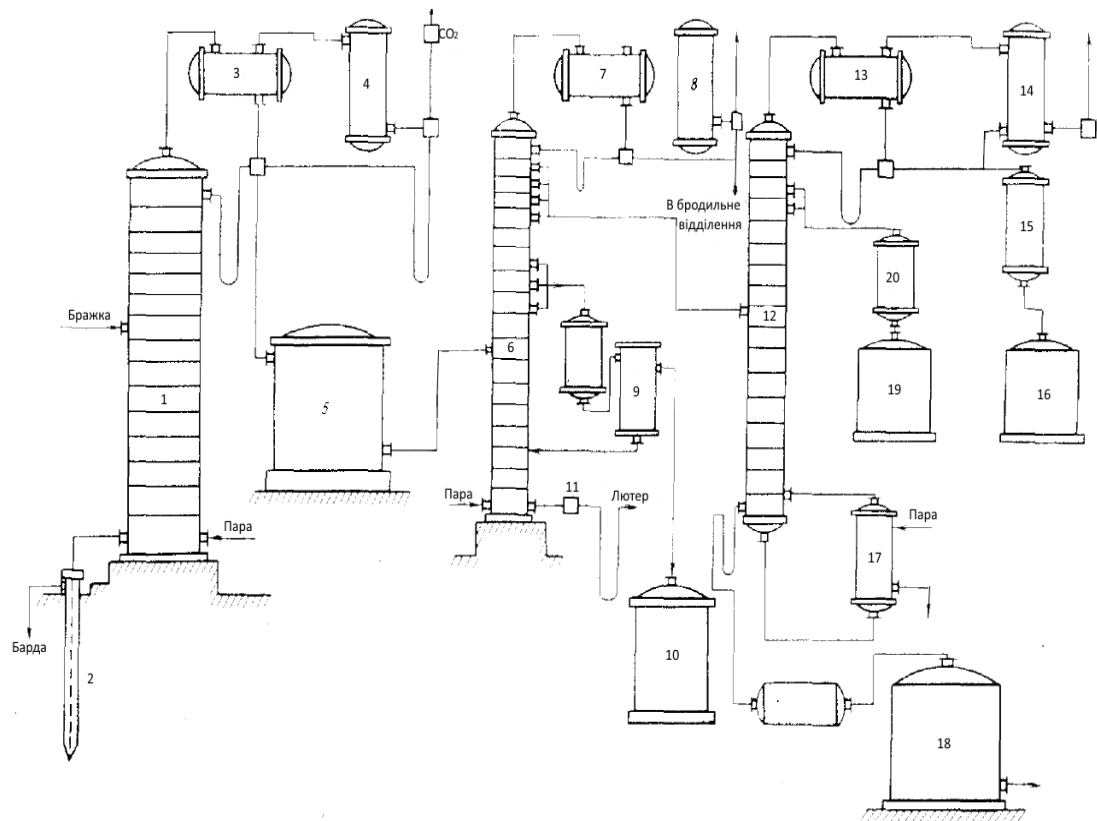


Рис. 3.3. Схема трьохколонної брагоректифікаційної установки [44]:
 1 – бражна колона; 2 – бардяний затвор; 3 – дефлегматор; 4 – контрольний холодильник; 5 – проміжний збірник; 6 – ректифікаційна колона; 7 – дефлегматор; 8 – контрольний холодильник; 9 – відділювач сивушних масел; 10 – збірник; 11 – гідрозатвор; 12 – метанольна колона; 13 – дефлегматор; 14 – конденсатор; 15 – холодильник; 16 – збірник метанольної фракції; 17 – підігрівач; 18 – збірник готового етанолу; 19 – збірник метанолу; 20 – холодильник.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						34
ЗМ	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

Окрім опису і вибору основних етапів технології що були розглянуті вище, слід згадати такі й інші моменти без яких технологія не буде повноцінною. Мова йде про менеджмент побічних продуктів і відходів. Мета цього набору процесів – мінімальне утворення відходів і отримання найбільшої користі з побічних продуктів

- Лігнін що утворюється і відділяється в процесі гідролізу пропонується відправляти на хімічну переробку, з попереднім відділенням на циклоні.
- Фурфурол що виводиться з випарних апаратів конденсують на спеціальних установах.
- Біомаса дріжджів має потенціал на продукцію за рахунок пентох що не здобджуються в основному процесі.
- З фракції сивушних масел є можливість отримати сивушні масла. Інший варіант – знешкодження.
- Утилізація гіпсу і осаду. Після процесу нейтралізації і відстоювання утворюється осад, що містить здебільшого гіпс, який не підлягає подальшому використанню, тому він підлягає знешкодженню. Осад висушують до вологості близько 50 % і відправляють на полігон відходів або його можна використати в сільському господарстві як добриво для зменшення кислотності ґрунту.

В даному розділі були розглянуті основні технології гідролізу сировини, технології біосинтезу і очистки спирту. Визначено принципи роботи з відходами і побічними продуктами. Таким чином дана технологія передбачає кислотний гідроліз відходів соняшника з метою створення субстрату для неперервного біосинтезу етанолу з регенерацією біологічного агенту. Очистка і концентрування передбачає використання брагоректифікаційної колони з решітчастими тарілками провального типу.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						35
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

4.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Характеристика кінцевого продукту

Біоетанол – це спирт, який отримують у процесі переробки рослинної сировини, який використовують як біопаливо або паливну добавку. Хімічна формула – C_2H_5OH , відносна молекулярна маса – 46,069 г/моль.

Виготовляють біоетанол із сільськогосподарської продукції, що містить крохмаль або цукор, наприклад, з кукурудзи, зернових або цукрових буряків [45].

Етанол, що використовується в енергетичних цілях, відрізняється від того, що використовується в харчовій промисловості тим, що в ньому можуть бути присутні такі домішки як метанол сивушні масла, а також бензин, але не допускається присутність води. Допустимість таких органічних домішок зменшує витрати на очистку спирту і полегшує цей процес.

Біоетанол є легкозаймистою рідиною (температура займання — 13°C, а температура самозаймання 404°C), тому при виробництві є певні умови і обмеження. Концентраційні межі вибуховості при 101,3 кПа (760 мм рт.ст.) в об'ємних долях – 3,6% - 19% по ГОСТ 12.1.044[46]

При роботі з біоетанолом слід застосовувати засоби індивідуального захисту у відповідності до ГОСТ 12.4.011, ГОСТ 12.4.103, ГОСТ 12.4.111 або ГОСТ 12.4.112, а також типовими галузевими нормами, утвердженими в установленому порядку.

Технологія отримання біоетанолу з меляси базується на спиртовій ферментації цукрів (глюкоза, фруктоза) дріжджовими мікроорганізмами на етанол і CO_2 .

Спосіб культивування – глибинний. Після етапу бродіння з культуральної рідини (бражки) шляхом укороченої дистиляції відганяється суміш етанолу і води,

					ЕКБ.БЕ6108.ДП			
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Технологічна частина	Сталія	Арк.	Акроніви
Розроб		Іванишак С.В.						
Конс.		Левтун І.І.					26	91
Керів		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського,ФБТ		
Затверд.								

подальше очищення відбувається в ректифікаційній колоні, після чого отриманий спирт-сирець направляється до молекулярних сит для зневоднення та очищення (для отримання паливного етанолу).

Кінцевий продукт направляється в спиртосховище [47].

Готовий біоетанол практично не містить води, містить метанол і сивушні масла, а також бензин, що робить його непридатним для споживання.

Масова частка води – 1%, об’ємна частка спирту – 98%, об’ємна частка метилового спирту – 0,5%.

Вироблений біоетанол переважно використовують для часткової заміни традиційних бензинів, в автомобільному пальному, а також в якості розчинника лаків, фарб та розчином для омивання автомобілів.

Біоетанол не використовують як самостійне готове автомобільне паливо. У сучасних двигунах для транспортних засобів і сільгоспмашин біоетанол використовують в якості добавки до бензину (з вмістом 10% (E10), 30% (E30, є більш стабільним), 85% (E85) тощо), що дозволяє збільшити детонаційну стійкість (октанове число) бензину та знизити вміст токсичних ароматичних вуглеводів. Біоетанол не токсичний, розчинний у воді, не спричиняє забруднення ґрунтових вод, при розливі розкладається природним шляхом швидше за інші складові, не зашкоджуючи при цьому навколишньому середовищу [48].

Паливні суміші в США умовно класифікують за наступною схемою:

E95 – денатурований паливний етанол, повинен містити мінімум 92% етанолу, і 2-5 % денатурантів – бензину або його компонентів, решта –присадки; E85 – паливо «Flex Fuel», поділяється на три класи по мінімальному вмісту етанолу – 70%, 74%, 79%, решта – бензин і присадки; E10 – паливо містить близько 10% етанолу, решта – бензин і присадки [49].

Специфікація якості

Згідно ДСТУ 7166:2010 «Біоетанол. Технічні умови» біоетанол - прозора рідина, безбарвна або жовтувата, без нерозчинних або зважених домішок і

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						37
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

частинок. Показники, що характеризують якість біоетанолу повинні відповідати нормам наведеним в табл. 4.1.

Таб 4.1 Характеристика біоетанолу

Показник	Норма
Зовнішній вигляд	Однорідна прозора рідина від безбарвного до світло-жовтуватого
Запах	Характерний для етилового спирту, без запаху сторонніх речовин.
Густина при 20°C, кг/м ³	Не більше 791
Об'ємна частка етилового спирту, %	98
Об'ємна частка метилового спирту, % не більше	0,5
Масова частка води, % не більше	1,0
Концентрація біоетанолу для підвищення октанового числа, % мас	4,32
Об'ємна доля денатуруючих добавок, %, в межах	0,5-3,0
Показник активності водневих іонів, рН, в межах	6,5-9,0
Кислотність (в перерахунку на оцтову кислоту), мг/дм ³ , не більше	56(0,007)
Масова частка міді мг/кг, не більше	0,1
Масова частка сірки, %, не більше	0,003

Якість продукції має відповідати вимогам ТУ У 15.9-30219014- 010:2007 № 1, технологічному регламенту - № 00375280-001-2010 - виробництва біоетанолу (антидетонаційної кисневмісної присадки до бензинів).

Транспортне маркування біоетанолу – по ГОСТ 14192 з нанесенням спеціальних знаків: «Берегти від вогню», «Герметична упаковка».

На транспортну тару з біоетанолом за допомогою трафарету наносять наступні дані:

- найменування підприємства-виробника і його товарний знак, адреса;
- найменування продукту;
- номер партії, кількість міст в партії і їх номери;
- дата виготовлення;
- напис «легкозаймиста рідина»;
- знак небезпеки по ГОСТ 19433, клас небезпеки 3, підклас 3.2, класифікаційний шифр 3222, номер креслення – 3, номер ООН 1986, напис «Заборонено до вживання в харчових цілях»;
- об'єм, м³;
- маса бруто, кг;
- позначення чинного стандарту.

Пакування біоетанолу – по ГОСТ Р 51652, ГОСТ 26319. Для транспортування застосовують сталеві бочки типу 1 по ГОСТ 17366, ГОСТ 13950 та ГОСТ 6247 та спеціальні контейнери-цистерни по ГОСТ 26380 типу СКЦ-4 без нижнього зливу або імпортовані контейнери-цистерни, сталеві авто та залізничні цистерни. Рівень заповнення цистерн та бочок розраховується з урахуванням повного використання їх місткості (грузопідйомності) та об'ємного розширення продукту при можливому перепаді температур, але не більше 95%.

Цистерни та резервуари з біоетанолом повинні герметично закриватись кришками та мати воздушники, які оснащені запобігачами клапанами. Для

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						39
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

встановлення рівня рідини спирту застосовують поплавкові або інші безпечні показники рівня.

Граничне відхилення маси чи об'єму біоетанолу, упакованого в транспортну тару: бочки 100 – 200 кг \pm 900 г або \pm 0,5% об.;

автоцистерни – \pm 20000 г або \pm 0,2% об. [49]

4.2 Опис технологічного процесу

Передбачена продуктивність даної технології складає 25 тонн/добу

ДР1 Санітарна підготовка виробництва

ДР1.1 Підготовка персоналу

Весь персонал проходить медичне обстеження і отримує всі необхідні інструкції по роботі, вступний інструктаж а також забезпечується засобами індивідуального захисту

ДР1.2 Підготовка обладнання та комунікацій

За допомогою дезрозчинів все обладнання після попереднього миття дехинфікують. Проводиться стерелізація і перевірка на герметичність за допомогою тиску.

ДР2 Приготування розчину сірчаної кислоти

Кислота для гідролізу готується в окремому реакторі Р-3 перед тим як подаватись до гідролізатапарату на стадію ТП7.1 В реактор об'ємом 63 м³ за допомогою збірних дозаторів Д-1,2 ДК-40, Україна Д-1,2 подається відповідно концентрована кислота і вода в потрібних пропорціях, швидкостях і черговості для одержання необхідної концентрації перед гідролізом. На цій стадії проводиться контроль температури і концентрації кислоти - K_T , K_x відповідно що повинні складати 70-90 °С і 0,3-0,7%. Контроль проводиться приладати КПЗ.1(Зібрний термометр ТСМ-5, Україна) і КП 3.2 (збірний ареометр АОН-1, Україна)

ДР3 Приготування розчину мінеральних солей та кислот

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						40
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

За допомогою дозатора Д-4 (ДК-40, Україна) в реактор Р-6 подають всі необхідні мінеральні кислоти для покращення поживного середовища. Сірчаноокислий та фосфорноокислий амоній , фосфорна кислота поступає в реактор об'ємом 63 м³ обладнаний мішалкою. Вода подається за допомогою дозатора Д-5 (як і Д-4). Розчин подається на стадії ДР5.1 і ТП7.3.

Проводять хімічний контроль K_x – контроль концентрації мінеральних сполук: сірчаноокислого амонію 0,2 – 0,5 г/л, фосфорноокислого амонію 0,2 – 0,3 г/л і фосфорної кислоти 0,2 – 0,3 г/л . За це відповідає прилад КП6.1 (збірний АОН-1, Україна)

ДР4 Підготовка пари

За допомогою спеціальних котлів в яких дотримуються умови високого тиску готують пару що подають до ТП7.1, ТП10.1, ТП10.2, ТП10.3.

Технологічний контроль K_T – тиск пари, що подається в процес повинен складати 0,5 МПа. Використовується збірник манометр ОБМ1-100, України

ДР5 Отримання товарної біомаси виробничих дріжджів

ДР5.1 Приготування поживного середовища

В Реактор Р-10 об'ємом 16 м³ за допомогою дозатора Д-9 (як Д-4) подається поживне середовище і насосом Н-7 (відцентровий насос закритого типу СМ, Україна) через дозатор Д-8(як Д-4) подаються мінеральні поживні речовини з стадії ДР3. Масообмін досягається за допомогою турбінної мішалки. Реактор обладнаний секційною сорочкою. Отримане поживне середовище надходить на стадії ДР5.2 і ДР5.3 за допомогою насосів Н-7 і Н-11 відповідно (як Н-7).

На цій стадії здійснюється технологічний контроль K_T – температури середовища в апараті – 30 °С та температури сорочки апарату, а також хімічний контроль K_x – контроль рН поживного середовища, що повинно складати близько 4,5 – КП 14-3. Температура контролюється приладами КП10.1 і КП10.2 що являють собою такі самі прилади як КП3.1. Прилад КП-10.3 контролює рН і є аналогічним до КП-3.2

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						41
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДР5.2 Культивування спиртових дріжджів

Через дозатор Д-12 (як Д-4) за допомогою насосу Н-11 (як Н-7) в ферментер об'ємом 1 м³ Р-14 надходить поживне середовище, стиснене повітря і посівний матеріал через дозатор Д-13 – виробничу культуру дріжджів. Реактор обладнаний по типу Р-14. Отримана чиста культура потребує масштабування і тому за допомогою насосу Н-15 (як Н-7) вона перекачується в апарат Р-18 на наступну стадію.

На стадії проводять наступні види контроль: технологічний контроль K_T – контроль температури в сорочці і в середині апарату (30 °С), хімічний контроль K_x – контроль значення рН вмісту апарату (рН = 4,5) - КП (збірний рН метр-101П, Україна) і мікробіологічний контроль $K_{мб}$ – визначення кількості клітин дріжджів у пробі.

ДР5.3 Отримання товарної біомаси

Більший ферментер Р-18 має об'єм 10 м³ обладнаний по типу попередніх реакторів і з додатковим барботером. В ньому відбувається культивування чистої культури до встановлення потрібної концентрації дріжджів в 80 – 100 г/л (в перерахунку на дріжджі з вологістю 75%). На вході в апарат з реактора Р-14 за допомогою насосу Н-15 (як Н-7) через дозатор Д-17 (як Д-4) подається вже згадувана чиста культура дріжджів. Через дозатор Д-16 (як Д-4) надходить поживне середовище. Також в апарат подають підготовлене стиснене повітря.

На цій стадії здійснюються всі три види контролю: технологічний K_T – дотримують температуру в апараті 30 °С, контролюють температуру в сорочці та тиску в апараті, хімічний K_x – рН середовища дотримують на рівні 4,5 і мікробіологічний $K_{мб}$ – вимірювання концентрації клітин дріжджів у суспензії. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ДР6 Підготовка сировини

ДР6.1 Очищення сировини від домішок

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						42
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Відходи соняшнику – соняшникову лузгу очищують від нерослинної складової і домішок.

ДР6.2 Подрібнення сировини

Для ефективного проходження процесу гідрозу сировина повинна бути потрібнена до найменших можливих розмірів. Оптимальний розмір при використанні стандартного обладнання складає 3-5мм. Контроль цього параметру зумовлює технологічний контроль K_T на стадії. Підготовлена сировина подається в гідролізапарат Р-6 на стадію ТП7.1.

ТП7 Приготування поживного середовища

ТП7.1 Гідроліз сировини

Гідроліз сировини відбувається в гідролізатапараті Р-23, об'єм якого складає 50 м³. Це реактор вистелений зсередини кислотостійкими керамічними панелями. Очищена і подрібнена сировина надходить через дозатор Д-22 в об'єм ректора що являє собою сталевий циліндр з конусними кінцями і горловиною. Нагріта до 80 °С сульфатна кислота з Р-3 за допомогою насосу Н-19 (як Н-7) поступає до сировини для реакції гідролізу. Після завантаження необхідного об'єму сировини. Гідролізапарт за допомогою при нагрівається до температури 150 °С після чого кислота нагріта в теплообміннику Т-7 до 180 °С також поступає в апарат. Важливо підмітити що обігрів відбувається в тому числі і за рахунок тепла з випарників В-8,9 про які буде йти мова надалі. Гідролізат що утворюється поступає на стадію ТП7.2. Гідроліз триває орієнтовно 2 год.

По закінченню процесу в апараті залишається лігнін, який виділяється на циклоні і йде на стадію його хімічної переробки ПВ11.1.

Технологічний контроль K_T полягає в контролі температури, значення якої в апараті повинно складати 160 – 190 °С і тиску всередині апарату (не повинен перевищувати 1,2 МПа), а хімічний контроль K_x в визначенні концентрації кислоти в апараті. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ТП7.2 Випарювання гідролізату

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						43
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Насос Н-24 (як Н-7) перекачує гідролізат з попередньої стадії до випарника В-25 що теж вистелений кислототривким керамічним матеріалом. Тиск в випарнику підтримується значно нижчий аніж в гідролізапараті. Завдяки цьому гідролізат що потрапив в нього закипає і частково випаровується. Охолоджений на 20-30 °С гідролізат за допомогою наступного насосу Н-27 поступає в наступний послідовний випарник В-28 де за таким самим принципом гідролізат в ще один хід охолоджується до 105 – 110 °С. Тиск в В-28 знаходиться на рівні однієї атмосфери. Випаровування з випарників за допомогою теплообмінника Т-25 нагрівають сірчану кислоту що надходить до гідролізапарату Р-23. Гідролізат насосом Н-29 (як Н-7) подається на ТП7.3 на нейтралізацію. А конденсат з фурфуролом прямує на стадію ПВ 11.2 для виділення.

На цій стадії здійснюється технологічний контроль K_T – контроль за температурою (в першому апараті 130 – 140 °С, в другому 105 – 110 °С) та тиском (в першому апараті 0,6 – 0,8 МПа, в другому – рівний атмосферному) в кожному випарному апараті. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ТП7.3 Нейтралізація гідролізату

Нейтралізація відбувається протягом двох стадій у двох однакових реакторах Р-32 і Р-34. Вони обладнані турбінною мішалкою. Через дозатори Д-30 і Д-31 (як Д-4) відповідно подається вапняне молоко і мінеральні речовини з Р-2 за допомогою насосу Н-8 (як Н-7) . Гідролізат для успішної подальшої ферментації повинен бути в діапазоні рН що складає 4,6 – 5,2

Перекачування гідролізату з одного реактора в інший здійснюється насосом Н-33. Нейтралізований гідролізат надходить у відстійник ВС-36 за допомогою насосу Н-35 (як Н-7), де відбувається осадження гіпсу. Очищений нейтралізат з потрібним рН надходить у збірник 36-37. Далі він надходить у теплообмінник Т-13 за допомогою насосу Н-10 (як Н-7) для охолодження на стадію ТП7.4.

Проводиться хімічний контроль K_x – контроль за показником рН 4,6 – 5,2 в кожному реакторі та технологічний контроль K_T – контроль за часом перебування

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						44
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

нейтралізату у відстійнику і якістю відстоювання. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ТП7.4 Охолодження гідролізату

Перед здійсненням охолодження температура нейтралізату складає 85 °С. Насос Н-38 перекачує його в теплообмінник Т-39 де він охолоджується до потрібної для ферментації температури - 30°С. Отримане поживне середовище відправляється на зброджування на стадію ТП8.

На цій стадії здійснюється технологічний контроль K_T – контроль за температурою в теплообміннику, яка складає 30 °С. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ТП8 Зброджування поживного середовища

Біомаса дріжджів з ректора Р-18 за допомогою дозатора Д-41 (як Д-4) надходить безперервним потоком в ферментер Р-42 що обладнаний як ферментер Р-18. Отримана товарна біомаса дріжджів характеризується концентрацією дріжджів в рідині що складає 80 – 100 г. З теплообмінника Т-39 подається поживне середовище з нормованою температурою через дозатор Д-40 (як Д-4) з співвідношенням 1:10. Також в цей же ферментер поступає стиснене повітря.

Насос Н-43 перекачує підготовлений вміст ректора Р-42 до першого головного бродильного реактора Р-45 через дозатор Д-44 (як Д-4). Утворений при бродінні вуглекислий газ виділяється на верхню частину реактора і по ходу сприяє масообміну. Після цього вуглекислий газ очищується на фільтрах.

Процес бродіння відбувається при чітко визначених умовах що були зазначені в технології. Процес закінчується у другому бродильному ферментері Р-47 де зброджуються цукри що недобродили в першому ферментері. Етиловий спирт що утворюється залишається в бражці.

Ферментери представляють собою реактори з секційною сорочкою, вбудованим теплообмінником об'ємом 100 м³ і не обладнанні механічним перемішуючим пристроєм.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						45
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

На даній стадії здійснюються всі види контролю: технологічний контроль K_T має на меті контроль за температурою в апараті 32 – 34 °С та сорочці апарату, а також за тиском в апараті і витратами рідини, що поступає в кожен ферментер; хімічний контроль K_X полягає у підтримці значення рН на рівні 4,5; мікробіологічний контроль K_{M6} обумовлений визначенням чистоти культури і кількістю синтезованого продукту в певний період часу. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ТП9 Відділення дріжджів з бражки на сепараторі

По закінченню бродіння бражка подається в безперервно працюючий сепаратор Ц-49. Сепаратор працює при швидкості 4500 – 6000 обертів за хвилину. Продуктивність сепараторів складає 10 – 35 м³/год. Відбувається розділення рідини на два потоки: більший, не містить дріжджів і поступає в збірник бражки Зб-50 і менший, що містить дріжджі і за допомогою насосу Н-48 надходить у ферментер Р-42.

Технологічний контроль K_T полягає у вимірювання числа обертів сепаратору (4500 – 6000 об/хв.), а мікробіологічний контроль K_{M6} здійснюється для підтвердження відсутності біологічних агентів у збірнику бражки. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ТП10 Виділення етанолу на брагоректифікаційній установці

ТП10.1 Очищення в бражній колоні

Бражка зі збірника Зб-50 подається на живильну тарілку бражної колони РК-51, яка працює при атмосферному тиску. Пара подається в нижню частину колони. Стікаючи по тарілках вичерпної частини колони вниз, бражка зустрічає на своєму шляху пару, що підіймається вгору. Пара поступово збагачуючись спиртом, переходить в верхню, закріплюючу частинку колони. Стікаючи вниз бражка поступово звільняється від спирту, звільнена від спирту бражка називається бардою, яка направляється в інший цех на стадію ПВ11.3 для виробництва

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						46
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

кормових дріжджів. Бражна колона в верхній закріплюючій частині закінчується дефлегматором Дф-19, в якому конденсуються пари водно-спиртової суміші, що поступають з верхньої тарілки колони.

В 1 м³ бражки при температурі 30 °С розчиняється близько 1 м³ вуглекислого газу, утвореного після бродіння. При нагріві бражки гострим паром в нижній частині колони розчинена вуглекислота виділяється і разом з парами спирту піднімається в закріплюючу частину колони і далі в дефлегматор Дф-52. Низькокиплячі фракції, що складаються з спирту, альдегідів і ефірів, проходять через дефлегматор Дф-52 і остаточно конденсуються в холодильнику Х-54, звідки в вигляді флегми стікають назад в колону. Вуглекислий газ відділяється на скрубєрі.

На даній стадії передбачено технологічний контроль K_T – контроль за температурою (на живильній тарілці 93 – 95 °С, у нижній частині колони 103 – 106 °С) і тиском всередині колони (перепад тиску по висоті колони складає 5 – 25 кПа), а також контроль витрат бражки, що поступає в колону і хімічний контроль K_x – вимірювання концентрації спирту, яка після бражної колони повинна складати близько 40 %. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ТП10.2 Очищення в ректифікаційній колоні

Конденсат насосом Н-53 (як Н-7) поступає на живильну тарілку ректифікаційної колони РК-55, яка працює при атмосферному тиску. Ця колона працює аналогічно бражній колоні, але на більш високих концентраціях спирту. В нижню частину колони подається гостра пара, яка поступово забирає спирт зі спиртового конденсату, що стікає вниз по колоні. Звільнена від спирту рідина називається лютером і йде на стадію ПВ11.4. Вміст спирту в лютері складає не більше 0,02 %.

Над верхньою колоною ректифікаційної колони встановлюється дефлегматор Дф-56. Сконденсована в ньому пара стікає назад в колону, а частина низькокиплячих фракцій відбирається у вигляді ефіроальдегідної фракції. В

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						47
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

середній частині колони, де міцність спирту складає 45 – 50 %, накопичуються сивушні масла, які представляють собою суміш вищих спиртів.

Етиловий спирт, звільнений від ефірів і альдегідів, а також сивушних масел, відбирається з верхніх тарілок закріплюючої частини ректифікаційної колони і поступає на живильну тарілку метанольної колони РК-58.

На даній стадії передбачено технологічний контроль K_T , що зумовлений контролем за температурою (на живильній тарілці колони 88 – 90 °С, над верхньою тарілкою 78 – 79 °С, в кубовій частині колони 104 – 105 °С) і тиском (перепад тиску по висоті колони в межах 20 – 30 кПа) в колоні, і за витратами водно-спиртової суміші, що поступає в ректифікаційну колону і хімічний контроль K_X – контроль за концентрацією спирту (94 – 95 %). Контрольні прилади як у попередніх стадіях

ТП10.3 Очищення в метанольній колоні

Етиловий спирт концентрацією 94 – 96 % з вмістом метанолу близько 0,7 % за допомогою насосу Н-57 (як Н-7) подається на живильну тарілку метанольної колони РК-58, що працює при атмосферному тиску. В метанольній колоні легкокиплячою фракцією є метанол, який піднімається у верхню частину колони, закріплюється в дефлегматорі Дф-60 і зливається у збірники метанольної фракції.

Етиловий спирт, стікаючи по тарілках, опускається в нижню частину метанольної колони і зливається в збірник етилового спирту Зб-25 за допомогою насосу Н-62. Обігрів колони здійснюється глухою парою в виносному підігрівачі Т-59. Водяна пара, що надходить в підігрівач нагріває спирт до кипіння і утворені спиртові пари йдуть на обігрів колони.

На цій стадії передбачений технологічний контроль K_T – контроль за температурою (на живильній тарілці 80 – 81 °С, над верхньою тарілкою 65 – 68 °С, в кубовій частині 82 – 84 °С) і тиском (перепад тиску по висоті колони складає 5 – 10 кПа) в колонні, а також контроль витрат етилового спирту на вході в колону і хімічний контроль K_X – визначення концентрації етилового і метилового (< 0,5 %) спиртів. Контрольні прилади як у попередніх стадіях

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						48
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПВ11 Переробка відходів

ПВ11.1 Хімічна переробка лігніну.

Лігнін, що залишився після процесу гідролізу виділяють в циклоні і відправляють на хімічну переробку.

ПВ11.2 Виділення фурфуролу

З конденсату, що містить 0,2 – 0,3 % фурфуролу, виділяють фурфурол на спеціальних установках.

ПВ11.3 Використання барди для виробництва кормових дріжджів

Барда, отримана на бражній колонії, багата на пентози може бути використана для продукування кормових дріжджів .

ПВ11.4 Утилізація лютерної води

Лютерна вода після очищення може рециркулювати в систему і використовуватись як технічна вода. Інший варіант передбачає скидання очищеної лютерної води у каналізацію.

ПВ11.5 Утилізація сивушної фракції

Отримують сивушні масла шляхом переробки сивушної фракції.

ЗВ12 Знешкодження відходів

ЗВ12.1 Утилізація гіпсу та осаду

Гіпс що відстоявся піддають сушінню до досягнення вологості в 50 % і вивозять на полігон.

4.3 Матеріальний баланс

Матеріальний баланс складений на 20 л біоетанолу і наведений у табл. 4.3.1

Таблиця 4.3.1. Матеріальний баланс процесу виробництва біоетанолу

Використано			Отримано		
Стадія	Назва сировини,	Кількість	Стадія	Назва кінцевого продукту або	Кількість

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						49
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

	матеріалів та напівпродуктів	кг		напівпродукту, відходів та втрат	кг
Стадія гідролізу	Відходи соняшнику	120	Стадія гідролізу	Гідролізат	1440
	Сірчана кислота	9		Лігнін	56
	Вода	1480		Втрати	113
Стадія отримання поживного середовища	Гідролізат	1420	Стадія отримання поживного середовища	Поживне середовище	116,8
	Негашене вапно	8,6		Конденсат	222,4
	Мінеральні солі	1,2		Фурфурол	0,8
				Гіпс	10,2
				Втрати	119,02
Стадія зброджування	Поживне середовище	1116,8	Стадія зброджування	Бражка	1002,6
	Біомаса дріжджів	89,48		Вуглекислий газ	5,82
				Клітини дріжджів	50,2
				Втрати	137,66
Стадія ректифікації	Бражка	1002,6	Стадія ректифікації	Барда	1600
	Гостра пара	3017,4		Вуглекислий газ	2,76
				Лютерна вода	2400
				Сивушні масла	0,30
				Метанол	0,14
				Біоетанол	20
				Втрати	0,8
Всього:		8275,1	Всього:		8275,1

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						50
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Дрк</i>
						51
<i>Зм</i>	<i>Дрк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. ПІДБІР І РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ

5.1. Підбір обладнання

Згідно завдання добовий вихід біоетанолу з відходів соняшника повинен складати 25 т/добу

Враховуючи, що бражка перед надходженням в брагоректифікаційну колону має концентрацію спирту $c_{сп} = 1,5\%$ то її кількість для досягнення денного виробітку повинна складати не менше:

$$m_{бр.доб.} = \frac{m_{сп.доб.}}{c_{сп}} = \frac{25}{0,015} = 1667 \text{ т/добу, або } m_{бр.доб.} = 69 \text{ т/год} \quad (5.1.1)$$

де $m_{бр.доб.}$ – маса бражки за добу

Враховуючи питому швидкість росту дріжджів ($f = 0,37 \text{ год}^{-1}$) для реактору з об'ємом $V_p = 100 \text{ м}^3$ – швидкість потоку u складе:

$$u = V_p \cdot f = 100 \cdot 0,37 = 37 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.1.2)$$

Приймаємо густину середовища, що містить посівний матеріал $\rho = 1068 \text{ кг/м}^3$, тоді швидкість потоку u відповідає 39,5 т/год. Цього недостатньо для досягнення проектованої продуктивності, тому встановлюється друга батарея реакторів для зброджування, які працюють одночасно, що забезпечить потрібну денну продуктивність.

Для забезпечення ефективної роботи цих реакторів, потрібно подавати кількість гідролізату, що буде відповідати розрахованій швидкості потоку.

З 1 т абсолютно сухої сировини утворюється 16 т гідролізату. При випарюванні гідролізату кількість гідролізату зменшується на близько 10 %:

$$16 \cdot 0,9 = 14,4 \text{ т} \quad (5.1.3)$$

Отже з 1 т сировини отримуємо 14,4 т гідролізату. При додаванні поживних солей (1 кг на 1 т гідролізату) та інокуляту (100 кг на 1 т) отримаємо:

					ЕКБ.БЕ6108.ДП			
ЗМН	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Підбір і розрахунок обладнання	Сталія	Арк.	Акроніви
Розроб		Іванишак С.В.						
Конс.		Левтун І.І.					51	91
Керів		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

$$14400 + (100 + 1) \cdot 14,4 = 15800 \text{ кг}, \quad (5.1.4)$$

Отже маємо 15,8 т культуральної рідини, що готова до зброджування. Потрібно забезпечити надходження не менше 76 т культуральної рідини на годину:

$$\frac{69}{15,8} = 4,36 \text{ т} \quad (5.1.5)$$

Отже, для цього потрібно 4,36 т сировини. Для гідролізу такої кількості деревини пропонується використати два гідролізних апарати об'ємом 50 м³ і коефіцієнтом заповнення 0,5, що зможуть зброджувати по 2200 кг, що буде достатньо для забезпечення ферментерів культуральною рідиною.

5.2. Конструктивний розрахунок апарата для гідролізу

Номінальний об'єм апарату для гідролізу складає 50 м³. Для реакторів об'ємом 50 м³ стандартний діаметр складає 3000 мм.

Виходячи з діаметру апарату визначимо конструктивні розміри еліптичного днища:

$$h_{el} = 0,25D_{en} = 0,25 \cdot 3,0 = 0,75 \text{ м}. \quad (5.2.1)$$

Решту конструктивних розмірів днища знайдемо з ГОСТ 6533-78:

- $h_1 = 60$ мм – висота основи еліптичного днища;
- $F_{внд} = 10,32$ м² – внутрішня поверхня еліптичного днища;
- $V_{дн} = 3,94$ м³ – об'єм еліптичного днища;
- $\delta_\delta = 12$ мм – товщина стінки еліптичного днища.

Повна висота еліптичного днища:

$$h_{дн} = h_1 + h_n = 0,06 + 0,75 = 0,81 \text{ м}. \quad (5.2.2)$$

Об'єм циліндричної частини апарату:

$$V_y = V_n - 2V_{дн} = 50 - 2 \cdot 3,94 = 42,12 \text{ м}^3. \quad (5.2.3)$$

Висота циліндричної частини апарату:

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						53
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

$$H_{\text{ц}} = \frac{4 \cdot V_{\text{ц}}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 42,12}{3,14 \cdot 3,0^2} = 5,96 \text{ м.} \quad (5.2.4)$$

Висота рідини в циліндричній частині:

$$H_{\text{рц}} = \frac{4 \cdot K_3 \cdot V_{\text{ц}}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 42,12}{3,14 \cdot 3,0^2} = 2,98 \text{ м.} \quad (5.2.5)$$

Висота стовпа рідини в апараті:

$$H_{\text{р}} = H_{\text{рц}} + h_{\text{дн}} = 2,98 + 0,81 = 3,79 \text{ м.} \quad (5.2.6)$$

Загальна висота апарату без штуцерів, без опор складає:

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{ц}} + 2 \cdot h_{\text{дн}} = 5,96 + 2 \cdot 0,81 = 7,58 \text{ м.} \quad (5.2.7)$$

5.3. Розрахунок інокулятора

Номінальний об'єм реактора де змішується поживне середовище з дріжджами складає 63 м³. Коефіцієнт заповнення інокулятора складає 0,7.

Для реактору об'ємом 63 м³ стандартний діаметр складає 3200 мм.

Виходячи з діаметру апарату визначимо конструктивні розміри еліптичного днища:

- $h_n = 800$ мм – висота еліптичного днища;
- $h_l = 60$ мм – висота основи еліптичного днища;
- $F_{\text{внд}} = 11,70$ м² – внутрішня поверхня еліптичного днища;
- $V_{\text{дн}} = 4,75$ м³ – об'єм еліптичного днища;
- $\delta_{\text{д}} = 12$ мм – товщина стінки еліптичного днища.

Повна висота еліптичного днища:

$$h_{\text{дн}} = h_l + h_n = 0,06 + 0,8 = 0,86 \text{ м.} \quad (5.3.1)$$

Об'єм циліндричної частини реактора:

$$V_{\text{ц}} = V_n - 2V_{\text{дн}} = 63 - 2 \cdot 4,75 = 53,5 \text{ м}^3. \quad (5.3.2)$$

Висота циліндричної частини реактора:

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						54
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

$$H_{\text{ц}} = \frac{4 \cdot V_{\text{ц}}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 53,5}{3,14 \cdot 3,2^2} = 6,65 \text{ м.} \quad (5.3.3)$$

Висота рідини в циліндричній частині:

$$H_{\text{рц}} = \frac{4 \cdot K_3 \cdot V_{\text{ц}}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,7 \cdot 53,5}{3,14 \cdot 3,2^2} = 4,66 \text{ м.} \quad (5.3.4)$$

Висота стовпа рідини в реакторі:

$$H_{\text{р}} = H_{\text{рц}} + h_{\text{дн}} = 4,66 + 0,86 = 5,52 \text{ м.} \quad (5.3.5)$$

Загальна висота реактору без штуцерів, без опор складає:

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{ц}} + 2 \cdot h_{\text{дн}} = 6,65 + 2 \cdot 0,86 = 8,37 \text{ м.} \quad (5.3.6)$$

Оскільки, на цій стадії виробництво спирту не є бажаним, то реактор обладнаний мішалкою і барботером для запобігання спиртовому бродінню.

5.3.1. Розрахунок перемішуючого пристрою інокулятора

В якості пристрою для перемішування культуральної рідини в реакторі приймемо турбінну мішалку, схема якої зображена на рис.4.1.

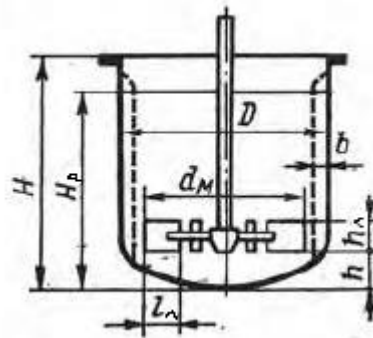


Рис. 1. Схема турбінної мішалки 4.1 [28].

Діаметр турбінної мішалки визначається з формули:

$$d_{\text{м}} = (0,2 - 0,3)D = (0,2 - 0,3) \cdot 3200 = 640 - 960 \text{ мм.} \quad (5.3.1.1)$$

Приймемо стандартну турбінну мішалку діаметром 900 мм.

Розрахуємо розміри мішалки:

$$h_{\text{л}} = 0,2 \cdot d_{\text{м}} = 0,2 \cdot 900 = 180 \text{ мм.} \quad (5.3.1.2)$$

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						55
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

$$l_n = 0,25 \cdot d_m = 0,25 \cdot 900 = 225 \text{ мм.} \quad (5.3.1.3)$$

Висота від днища до мішалки:

$$h = 0,5 \cdot d_m = 0,5 \cdot 900 = 450 \text{ мм.} \quad (5.3.1.4)$$

Критерій опору:

$$\zeta_M = 8,4. \quad (5.3.1.5)$$

Кутова швидкість турбінних мішалок при динамічній в'язкості середовища менше 10 Па·с складає від 2,5 до 10 м/с. Прийmemo кутову швидкість $\omega = 8$ м/с.

Розрахуємо частоту обертання мішалки:

$$n = \frac{\omega}{\pi \cdot d_m} = \frac{8}{3,14 \cdot 0,9} = 2,83 \text{ с}^{-1}. \quad (5.3.1.6)$$

Прийmemo стандартне значення частоти обертання мішалки $n = 3 \text{ с}^{-1}$ і розрахуємо відповідну кутову швидкість:

$$\omega = \pi \cdot d_m \cdot n = 3,14 \cdot 0,9 \cdot 3 = 8,48 \text{ м/с.}$$

Для визначення необхідності встановлення відбиваючих перегородок розрахуємо глибину воронки:

Критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{n \cdot d_m^2 \cdot \rho_p}{\mu_p} = \frac{3 \cdot 0,9^2 \cdot 1070}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 173,34 \cdot 10^4 \quad (5.3.1.7)$$

де ρ_p – густина культуральної рідини в реакторі; μ_p – коефіцієнт динамічної в'язкості.

Параметр Г:

$$\Gamma = \frac{8 \cdot H_p}{D} + 1 = \frac{8 \cdot 5,52}{3,2} + 1 = 14,8 \quad (5.3.1.8)$$

де H_p – висота рідини в апараті; D – діаметр апарату.

Параметр Е:

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						56
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

$$E = \frac{\Gamma}{\xi_m \cdot z \cdot \text{Re}^{0,25}} = \frac{14,8}{8,4 \cdot 3 \cdot (173,34 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,016 \quad (5.3.1.9)$$

де ξ_m – критерій опору; z – кількість мішалок на валу (3).

Глибина воронки в реакторі без відбиваючих перегородок:

$$h_g = \frac{B \cdot n^2 \cdot d_m^2}{2} = \frac{2,5 \cdot 3^2 \cdot 0,9^2}{2} = 9,11 \text{ м} \quad (5.3.1.10)$$

де B – параметр, значення якого визначається з номограми (рис. 4.2) в залежності від E і типу мішалку.

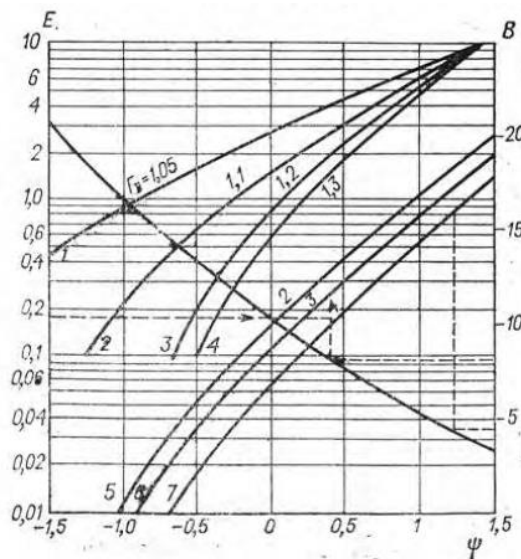


Рис. 4.2. Номограма до розрахунку глибини воронки [28]:

1,2,3,4 – мішалки якорні і рамні; 5,6,7 – турбінні, трьох і двухлопатні

Гранично допустима глибина воронки:

$$h_{\text{дон}} = H_p - h = 5,52 - 0,45 = 5,07 \text{ м.}$$

Так як глибина воронки вище допустимого значення необхідне встановлення відбиваючих перегородок. Розрахуємо ширину перегородки:

$$b = 0,1 \cdot d_m = 0,1 \cdot 900 = 90 \text{ мм.}$$

5.3.2. Розрахунок барботеру

Діаметр на якому розміщенні отвори в барботері:

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						57
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

$$D_o = (0,75 - 1) \cdot d_m = 0,8 \cdot 900 = 720 \text{ мм.} \quad (5.3.2.1)$$

Відстань від мішалки до барботеру:

$$h_z = 0,25 \cdot d_m = 0,25 \cdot 900 = 225 \text{ мм.} \quad (5.3.2.2)$$

Визначимо витрати повітря V_z в інокуляторі. Витрати повітря повинні бути такими, щоб метаболізм дріжджів був пригнічений і дріжджі мінімально споживали субстрат. Згідно рекомендацій, на 1 одиницю об'єму культуральної рідини за 1 хв витрачається 0,5 одиниць об'єму повітря [6]. Отже, на робочий об'єм $44,1 \text{ м}^3$ витрати повітря складають $22,05 \text{ м}^3/\text{хв} = 1323 \text{ м}^3/\text{год}$.

Швидкість газу в отворах W_o прийемо 40 м/с , тоді внутрішній діаметр барботеру:

$$d_{\text{бвн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_z}{W_o \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1323}{40 \cdot 3600 \cdot 3,14}} = 0,11 \text{ м.} \quad (5.3.2.3)$$

Умова $D_o = 8d_{\text{бвн}}$ виконується, тому прийемо стандартну трубу $52/60 \text{ мм}$.

Розрахуємо кількість отворів в барботері:

$$z = \frac{4 \cdot V_z}{W_o \cdot \pi \cdot d_o^2} = \frac{4 \cdot 1323}{40 \cdot 3600 \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2} = 468 \quad (5.3.2.4)$$

де d_o – діаметр газорозподільних пристроїв (5 мм).

Кількість отворів в 1 ряду:

$$z_1 = \frac{\pi \cdot D_o}{t} = \frac{3,14 \cdot 720}{25} = 90,43 \quad (5.3.2.5)$$

де t – крок між отворами, прийемо 25 мм .

Кількість рядів:

$$n = \frac{z}{z_1} = \frac{468}{90,43} = 5,17 \approx 5 \quad (5.3.2.6)$$

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						58
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

5.3.3. Розрахунок потужності, що витрачається на перемішування

Потужність приводу перемішуючого пристрою розраховується за формулою [28]:

$$N_{en} = \frac{K_n \cdot K_n \cdot \sum K_i \cdot N + N_{уц}}{\eta}, \quad (5.3.3.1)$$

де K_n – коефіцієнт, що вказує на присутність в апараті відбиваючих перегородок $K_n = 1$; K_n – коефіцієнт рівня рідини в апараті; K_i – коефіцієнт, що враховує наявність в апараті внутрішніх пристроїв ($K_i = 1,1$); N – потужність, що витрачається на перемішування; $N_{уц}$ – потужність, що витрачається на подолання тертя ущільнення валу мішалки; η – ККД двигуна (0,85..0,9).

Для визначення потужності, що витрачається на перемішування необхідно визначити коефіцієнт K_n , який визначається в залежності від значення коефіцієнта Рейнольдса:

$$Re = \frac{n \cdot d_m^2 \cdot \rho_p}{\mu_p} = \frac{3 \cdot 0,9^2 \cdot 1070}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 173,34 \cdot 10^4. \quad (5.3.3.2)$$

При даному значенні Re коефіцієнт K_n для турбінної мішалки дорівнює 7 [28].

Розрахуємо потужність, що витрачається на перемішування:

$$N = K_n \cdot \rho_p \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 7 \cdot 1070 \cdot 3^3 \cdot 0,9^5 = 119414,8 \text{ Вт}. \quad (5.3.3.3)$$

Враховуючи, що через рідину подають повітря, то потужність, що витрачається на перемішування газорідинної суміші визначається за формулою:

$$N_{ep} = N \cdot (1 - \varphi) \quad (5.3.3.4)$$

де φ – газовміст системи.

Газовміст визначається за формулою:

$$\varphi = \left(\frac{W_z \cdot \rho_z}{U_n} \right)^{0,5} + 2,16 \cdot 10^{-4} \frac{\epsilon_m^{0,4} \cdot \rho_p^{0,2}}{\sigma_p^{0,6}} \cdot \left(\frac{W_z}{U_n} \right)^{0,5} \quad (5.3.3.5)$$

Проведемо розрахунки необхідних складових формули:

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						59
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

$$W_z = \frac{4 \cdot V_z}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 1323}{3,14 \cdot 3,2^2 \cdot 3600} = 0,046 \text{ м/с}; \quad (5.3.3.6)$$

густина газу:

$$\rho_z = 1,29 \frac{273}{t_p + 273} = 1,29 \frac{273}{24 + 273} = 1,19 \text{ кг/м}^3; \quad (5.3.3.7)$$

швидкість спливання пухирців газу:

$$U_n = 1,5 \cdot \left(\frac{\sigma_p \cdot g \cdot \Delta \rho}{\rho_p^2} \right)^{0,25} = 1,5 \cdot \left(\frac{0,06 \cdot 9,8 \cdot (1070 - 1,19)}{1070^2} \right)^{0,25} = 0,23 \text{ м/с}; \quad (5.3.3.8)$$

$$\varepsilon_m = \frac{N}{V_p} = \frac{119414,8}{44,1} = 2707,82 \text{ Вт/м}^3.$$

Підставивши отримані значення в формулу для газовмісту отримаємо:

$$\varphi = \left(\frac{0,046 \cdot 1,19}{0,23} \right)^{0,5} + 2,16 \cdot 10^{-4} \frac{2707,82^{0,4} \cdot 1070^{0,2}}{0,06^{0,6}} \left(\frac{0,046}{0,23} \right)^{0,5} = 0,498 \quad (5.3.3.9)$$

Визначимо потужність, що витрачається на перемішування газорідної суміші:

$$N_{zp} = 119414,8(1 - 0,498) = 59946,23 \text{ Вт} \quad (5.3.3.10)$$

Коефіцієнт рівня рідини в апараті визначається з формули:

$$K_n = \left(\frac{H_3}{D} \right)^{0,5} = \left(\frac{5,52}{3,2} \right)^{0,5} = 1,31 \quad (5.3.3.11)$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя в торцевому ущільненні розраховують по формулі:

$$N_{yuc} = 6020 \cdot d_d^{1,3} \quad (5.3.3.12)$$

де d_d – діаметр валу мішалки. Прийmemo вал діаметром 100 мм.

Тоді

$$N_{yuc} = 6020 \cdot 0,1^{1,3} = 301,71 \text{ Вт} \quad (5.3.3.13)$$

Отже, потужність приводу перемішуючого пристрою:

$$N_{ei} = \frac{1 \cdot 1,31 \cdot 1,1 \cdot 59946,23 + 301,71}{0,9} = 96315,81 \text{ Вт}. \quad (5.3.3.14)$$

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						60
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

5.4. Конструктивний розрахунок ферментеру для збродження гідролізату відходів соняшника

Номінальний об'єм ферментерів для збродження поживного середовища, що використовуються в спиртовій промисловості, складає 100 м³. Так як середовище в апараті не піниться, то прийmemo коефіцієнт заповнення $K_3 = 0,7$.

Для реакторів об'ємом 100 м³ стандартний діаметр складає 3600 мм.

Виходячи з діаметру апарату визначимо конструктивні розміри еліптичного днища:

- $h_n = 900$ мм – висота еліптичного днища;
- $h_1 = 60$ мм – висота основи еліптичного днища;
- $F_{внд} = 14,73$ м² – внутрішня поверхня еліптичного днища;
- $V_{дн} = 6,69$ м³ – об'єм еліптичного днища;
- $\delta_d = 12$ мм – товщина стінки еліптичного днища.

Повна висота еліптичного днища:

$$h_{дн} = h_1 + h_n = 0,06 + 0,9 = 0,96 \text{ м.} \quad (5.4.1)$$

Об'єм циліндричної частини реактора:

$$V_{ц} = V_n - 2V_{дн} = 100 - 2 \cdot 6,69 = 86,62 \text{ м}^3. \quad (5.4.2)$$

Висота циліндричної частини реактора:

$$H_{ц} = \frac{4 \cdot V_{ц}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 86,62}{3,14 \cdot 3,6^2} = 8,51 \text{ м.} \quad (5.4.3)$$

Висота рідини в циліндричній частині:

$$H_{рц} = \frac{4 \cdot K_3 \cdot V_{ц}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,7 \cdot 86,62}{3,14 \cdot 3,6^2} = 5,96 \text{ м.} \quad (5.4.4)$$

Висота стовпа рідини в реакторі:

$$H_p = H_{рц} + h_{дн} = 5,96 + 0,96 = 6,92 \text{ м.} \quad (5.4.5)$$

Загальна висота апарату без штуцерів, без опор складає:

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						61
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

$$H_{заг} = H_{ц} + 2 \cdot h_{он} = 8,51 + 2 \cdot 0,96 = 10,33 \text{ м.} \quad (5.4.6)$$

Оскільки реактор не обладнаний механічним перемішуючим пристроєм і не проводиться барботування середовища, то розрахунок мішалки, барботера не проводиться.

5.5. Вибір загальнозаводського обладнання

На виробництві використовуються об'ємно-вагові дозатори ДОП 5000, що дозволяють з високою точністю проводити завантаження обладнання.

Для забезпечення необхідної швидкості потоку на виробництві використовуються відцентрові, горизонтальні, консольні насоси ЦНБК 100/40 з робочим колесом закритого типу. Максимальна продуктивність насосів складає 100 м³/год, що дозволить регулювати швидкість потоків рідини на виробництві в широких межах. Габаритні розміри насосу: 1300/500/120 мм, а маса становить 280 кг.

Для перекачування кислоти для гідрозу, мінеральних кислот та солей використовується горизонтальний відцентровий насос МВ 150 з робочим колесом відкритого типу. Що має максимальну продуктивність 75 м³/год. Габаритні розміри насосу: 529/277/190 мм і масу 40 кг.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						62
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Як видно з технологічної частини проекту, на об'єкті по отриманню біоетанолу з целюлозовмісних відходів кукурудзи знаходяться в обігу небезпечні речовини і матеріали. На виробництві використовуються електрична, теплова, механічна енергія, енергія стисненого повітря. Внутрішньоцеховий транспорт представлено шнековим конвеєром.

Проект виконано з урахуванням вимог охорони праці, пожежної та екологічної безпеки виробництва. На основі виявленого аналізу шкідливих і небезпечних факторів (ШНВФ) проектом передбачено заходи і засоби щодо забезпечення здорових безпечних умов праці та пожежної безпеки [50].

6.1. Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних факторів. Заходи з охорони праці

6.1.1. Повітря робочої зони

Роботи, що виконуються на дільниці, згідно з ДСН 3.3.6.042-99, можна віднести до фізичних робіт середньої важкості категорії Па. В таблиці 5.1 наведені санітарні норми параметрів мікроклімату для названих приміщень [32].

					ЕКБ.БЕ6108.ДП			
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Сталія	Арк.	Архівів
Розроб		Іванишак С.В.						
Конс.		Левтун І.І.					62	91
Керів		Левтун І.І.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ		
Затверд.								

Таб 6.1 Оптимальний мікроклімат у приміщеннях [51]

Параметр	Категорія робіт	У побутових приміщеннях	У виробничих приміщеннях
Температура (холодний/теплий періоди), °С	Па	19 - 21/21 - 23	16-25
Вологість, %		60-40	30-60
Швидкість руху повітря, м/с холодний/теплий періоди		0,2 / 0,3	0,2-0,5

Допустима температура зовнішніх поверхонь обладнання становить:

$$t_n = t_0 + 2 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (6.1.1.1)$$

де t_0 – оптимальна температура повітря робочої зони в теплий період року, $t_0 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Тоді

$$t_n = 27 + 2 = 29 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad t_n = t_0 + 2 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (6.1.1.2)$$

Температуру повітря вимірюють термометрами з ціною поділки 0,2 °С.

Заходами санітарних норм мікроклімату і належної чистоти повітря згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 забезпечено вдосконалення технологічних процесів та їх апаратурного оформлення шляхом розміщення деяких апаратів поза приміщеннями, використання теплозахисної ізоляції апаратів та трубопроводів, які є джерелом виділення теплової енергії. В холодну пору року передбачена система центрального водяного опалення низького тиску виробничих приміщень.

Вибір схеми виробництва проводився з урахуванням зниження тепловиділення і зведення до мінімуму надходження шкідливих речовин у повітря робочі зони.

Для запобігання забруднення повітря виробничих приміщень проектом передбачено забезпечення герметичності ємностей, обладнання, комунікацій та засобів відбирання проб Як засіб видалення вологи із повітря приміщення використовується вентиляція.

В додатку А наведена коротка санітарна характеристика цеху, що проектується [52].

За способом організації технологічних заходів для нормалізації повітрообміну передбачена загально обмінна вентиляція. Також на виробництві передбачено аварійна вентиляція, яка вмикається автоматично при досягненні гранично концентрації небезпечних речовин. Для усунення небезпеки, яка виникає при підвищеній температурі поверхонь обладнання проектом передбачено захисну теплоізоляцію, для поверхонь обладнання, такі, як корпус апаратів, захисні сорочки [53].

6.1.2.Виробниче освітлення

Згідно з ДБН В.2.5.28-06, розряд робіт за зоровими умовами відноситься до VIIІа (загальне постійне спостереження за ходом виробничого процесу) [54].

Проектом передбачається у приміщенні виробничого цеху використовувати систему штучного комбінованого освітлення. Для освітлення виробничих приміщень передбачено використання люмінесцентних ламп ЛД-80. Передбачено використання вологонепроникних та вибухобезпечних закритих світильників ВЗГ/В4А-200М переважно прямого світла. Передбачається система аварійного освітлення. Найменша освітленість робочих поверхонь при аварійному режимі повинна складати не менше 2 лк усередині будівель та не менше 1 лк на відкритих

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						65
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ділянках. Для аварійного освітлення проектом передбачаються лампи розжарювання Г 220-200 та люмінесцентні лампи ЛХБ 80.

За ДБН В.2.5-28-06 з урахуванням галузевих норм у таблиці 7.3 вказані норми освітлення приміщень робочим освітленням.

Таб.6.2 Санітарні норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному і суміщеному освітленні

Характеристика зорової роботи	Розряд роботи	Штучне освітлення, лк		КПО, %	
		комбіноване	загальне	Природне, бічне	Суміщене, верхнє і бічне
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу	VIIIa	-	200	1,8	0,6

6.1.3.Захист від виробничого шуму та вібрацій

Джерелами шуму та вібрації при виробництві біоетанолу є насоси, вентилятори, газодувки, мішалки, вентиляційні системи.

Згідно ДСН 3.3.6.037-99, санітарні норми параметрів шуму в приміщеннях і на території підприємства становлять 80 дБА [36]. Гранично допустимі рівні локальної непостійної переривчатої вібрації встановлені у ДСН 3.3.6.039-99 [55]. Для забезпечення допустимого рівня шуму та вібрації проектом передбачено наступні дії:

- витяжні системи обладнати глушниками шуму;
- віброізоляція насосних агрегатів;

- вентилятори закріпити на віброізолюючих пружинах, всмоктуючі та напірні патрубкі вентиляторів з'єднати з вентиляторними трубами м'якими вставками;

Для вимірювання і аналізу шуму і вібрації передбачені шумоміри ВШВ - 003 і частотні аналізатори.

6.1.4. Електробезпека

Згідно з проектом, електрообладнання виробничого цеху живиться від трьохфазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю.

Основними причинами ураження електричним струмом у цеху з виробничим обладнанням є випадковий дотик до відкритих струмопровідних частин обладнання, які знаходяться під напругою, або до частин, що проводять електричний струм при порушенні електроізоляції, також ураження кроковою напругою та через електричну дугу, статична електрика.

Відповідно до ПУЕ, приміщення виробничого цеху за безпекою електротравм належить до категорії з підвищеною безпекою.

Норми U_d , I_L згідно ГОСТ 12.1.038-82 при аварійному режимі:

$$U_d < 36 \text{ В,}$$

$$I_L < 6 \text{ мА при дії довше 1с,}$$

де U_d —напруга дотику, В; I_L — струм, який проходить через людину, мА.

При однофазному доторканні струм, який проходить через людину, буде дорівнювати:

$$I_L = \frac{U_\phi \cdot 10^3}{R_L + R_0}, \quad (6.1.4.1)$$

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						67
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

де $U_{\phi}=220$ В – фазна напруга; $R_{л}=2$ кОм – опір людини; , $R_0=4$ Ом – опір заземлення нейтралі. Тоді:

$$I_{л} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,7 \text{ мА}, \quad (6.1.4.2)$$

$$U_{\phi} = 2000 \cdot 109,7 = 214 \text{ В} \quad (6.1.4.3)$$

Як видно з порівняння розрахункових та допустимих величин, при порушенні вимог ПУЕ в цеху можливі електротравми з тяжкими наслідками [56].

Статична електрика виникає при терті газоподібних речовин при випусканні повітря чи газів з ресиверів.

Проектом передбачено такі основні засоби захисту від статичної електрики, як відведення зарядів у землю за допомогою заземлення трубопроводів, запобігання виникненню та накопиченню статичної електрики та її нейтралізації.

Все устаткування та комунікації захищено від статичної електрики згідно з ГОСТ 12.4.124 та НПАОП 0.00-1.29-97. Для зменшення заряду статичної електрики передбачено підвищення вологості повітря до 70%, напилення на діелектричній поверхні електропровідних плівок [57].

Безпека експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних і технічних засобів, які забезпечують безпеку в нормальному режимі роботи електроустановок та в аварійному їх стані. Серед них колективними засобами захисту є:

- занулення;
- електроізоляція;
- малі напруги (≤ 42 В);
- подвійна ізоляція.

До основних та додаткових засобів індивідуального захисту на підприємстві відносяться:

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						68
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- ізолювальні кліщі;
- діелектричні рукавички;
- діелектричне взуття [58].

6.1.5. Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Проектом передбачена комплексна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами задля забезпечення безпеки технологічних процесів та обслуговування апаратів, передбачено усунення безпосереднього контакту працюючих з шкідливими речовинами та герметизація обладнання.

Причинами виникнення аварії в цеху можуть бути потрапляння сторонніх продуктів в апарати, зміна складу компонентів, які подаються в вигляді суміші або розчину, зміна витрат холодоагента чи теплоагента, які подаються відповідно для охолодження чи нагріву. Для попередження виникнення аварійних ситуацій передбачено створення автоматичних систем захисту.

Виробничий процес виробництва біоетанолу здійснюється у відповідності з вимогами чинної нормативно-технічної документації, затвердженої у встановленому порядку.

Тиск в трубопроводах, температурний режим і рівень рідини в ректифікаційних колонах, швидкість подачі рідини підтримується у відповідності з вимогами технологічного регламенту.

Проектом передбачено неможливість виконання робіт на несправному обладнанні, при несправності контрольно-вимірювальних приладів, захисних огорожень, блокувань пристроїв, електроустаткування, пускової апаратури, кнопок і важелів керування автоматичного блокування роботи обладнання.

Вимоги безпеки, що стосуються будови, виготовлення та експлуатації посудин, що працюють під тиском, відповідають представленим вимогам у НПАОП 0.00-1.07-94. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском (зі змінами та доповненнями). Ректифікаційні колони

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						69
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

обладнані люками, доступними для обслуговування апарату. Зварні шви виконуються тільки стиковими. Контроль якості зварних швів виконується за допомогою зовнішнього огляду та гідравлічно. Проектом передбачено встановлення ректифікаційних колон на відкритих майданчиках [59].

Вимоги до роботи з компресорним обладнанням відповідають ГОСТ 12.2.016-81, за яким безпечність такого обладнання забезпечується використанням змащувальних матеріалів при роботі з компресорами та їх охолодженням, що передбачено проектом. Всі трубопроводи прокладені згідно з СНиП 1П-Г.9-62 надземно на рухомих опорах. Трубопроводи, що транспортують біоетанол, обладнані дренажними системами для відведення конденсату.

Будова та безпечна експлуатація трубопроводів пари та гарячої води відповідає вимогам НПАОП 40.3-1.11-98. В результаті виникаючих теплових навантажень у трубопроводах можливі розриви (при охолодженні) або випинання (при нагріванні) і відрив фланців. Тому на трубопроводах передбачено встановлення компенсуючих елементів. Відповідно до ГОСТ 14202-69 передбачено фарбування трубопроводу для подачі гарячої води зеленим кольором, біоетанолу – жовтим, розчину сірчаної кислоти – фіолетовим [60].

6.2. Пожежна безпека

Причинами загорання і вибуху на виробництві можуть бути:

- порушення герметичності бродильних чанів, ректифікаційних колон та комунікацій;
- прямий удар блискавки або занесення її високого потенціалу у приміщення по видовжених елементах;

Для забезпечення пожежної безпеки передбачено виготовити вибухобезпечними згідно з ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.1.018 та НПАОП 40.1-1.32-01 штучне освітлення, електрокомунікації, електричне обладнання та електричне устаткування. Для пожежогасіння передбачено застосовувати розпилену воду,

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						70
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

піну, вогнегасні порошки класів В та АВС; під час об'ємного гасіння – вуглекислий газ, вогнегасні порошки класів В та АВС, а також аерозольні вогнегасні речовини.

Проектом передбачено наступні будівельні заходи пожежної безпеки: ступінь вогнестійкості будівлі – І, два запасних виходи з шириною дверних прорізів 0,6 м, легкоскридні конструкції, а саме одинарне засклення вікон.

Виробничий цех передбачено обладнати автоматичними дренчерними установками загального та локального пожежогасіння та пожежної сигналізації згідно з НАПБ Б.06.004.

Устаткування та комунікації передбачено захистити від статичної електрики згідно з ГОСТ 12.4.124 та НПАОП 0.00-1.29-97. Для відведення заряду з рідкого продукту на завантажувальному трубопроводі безпосередньо біля входу в апарат, що заповнюється, передбачено обладнати індукційним нейтралізатором зі струнами.

Споруди і будівлі, що віднесені за СН 305-77 до II категорії по влаштуванню блискавкозахисту, проектом передбачено захистити від блискавки шляхом встановлення подвійного стрижневого громовідводу.

В додатку Б приведена характеристика пожежо- і вибухонебезпечних речовин, які використовуються при виробництві біоетанолу [61].

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						71
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблено технологію отримання біоетанолу з відходів соняшника. Проведено огляд основних технологій гідролізу лігніно-целюлозомісної сировини і технологій біосинтезу і очистки кінцевого продукту – етанолу.

Проведено аналіз сировини по його фізико-хімічних параметрах, і аналіз біологічного агенту що виконує основну біохімічну роль у даному процесі.

Детально розглянуті біохімічні аспекти спиртового бродіння, і кислотного гідролізу що був обраний як метод гідролізу після аналізу існуючих технологій зважаючи на специфіку продуктивності і поживного середовища що було надано в завданні. Вихід біоетанолу при зброджуванні гідролізату целюлози дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* становить 130 – 160 л на 1 т абсолютно сухої сировини.

Розроблено технологічну схему що включає етапи гідролізу, бродіння і очистки спирту на брагоректифікаційних колонах. Підготовчі етапи отримання поживного середовища посівного матеріалу, санітарна підготовка виробництва теж наведені в пояснювальній записці і технологічній схемі.

Згідно обраної технології і розробленої технологічної схемо накреслено апаратурну схему з зазначенням всього основного і додаткового обладнання, а також контрольно-вимірювальних приладів.

Складено матеріальний баланс виробництва.

Біоетанол, що отримують за використання даної технології, відповідає всім показникам зазначеним в Євростандарті EN 15376 і може використовуватися як компонент бензиново-етанольної суміші.

					ЕКБ.БЕ6108.ДП			
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Висновки	Сталія	Арк.	Архів
Розроб		Іванишак С.В.						
Конс.		Левтун І.І.					71	91
Керів		Левтун І.І.						
Затверд.							КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ	

Розраховано і підібрано основне технологічне обладнання і згідно розрахунків виканано креслення основного зброджувального ферментеру без використання механічного пристрою, об'ємом 100 м³, коефіцієнт заповнення 0,7.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						73
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Licht, F. O. World ethanol markets: The outlook to 2015, Tunbridge Wells, Agra Europe special report, УКБ 2006
2. Маслак, О.В., Ільченко О.М. Економіка вирощування та збуту соняшника, 2007. – 8 с.
3. Wyman, C. E. Handbook on Bioethanol: Production and utilization: Washington, DC: Taylor & Francis. 2006. 179 p.
4. Millati R., Niklasson C., Taherzadeh M. J. Process Biochem. 2012. - 38(4). - 515-522 p.
5. Morohoshi, N. Chemical characterization of wood and its components, " in Wood and cellulosic chemistry, Hon DNS and Shiraishi N., (eds.), Marcel Dekker, Inc.: New York. 2011. 331-392.
6. Sjöström, E. Wood Chemistry: Fundamentals and Applications. 3rd Ed. Academic Press. 2018
7. Palmqvist, E., Bioresource Technol. 2007. 74, 25-33.
8. Taherzadeh, M. J. Ind. Eng. Chem. Res. 2009, 36(11), 4659-4665
9. Garrote, G., Dominguez, H., and Parajo, J. C. Holz als Roh-und Werkst. 1999. 57(3), 191-202.
10. Черьопкіна Р.І. Технологія гідролізного виробництва. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] / Р. І. Черьопкіна. – 2019. – 46 с.

					<i>ЕКБ.БЕ6108.ДП</i>			
8								
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Іванишак С.В.</i>			<i>Перелік використаних джерел</i>	<i>Сталія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архівів</i>
<i>Конс</i>		<i>Левтун І.І.</i>					72	91
<i>Керів.</i>		<i>Левтун І.І.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ</i>		
<i>Затверд.</i>								

11. Технология гидролизных производств. В. И. Шарков, С. А. Сапотницкий, Дмитриева О. А., Туманов И. Ф. «Лесная промышленность», 1973. – 408 с.

12. Халаим А. Ф. Технология спирта. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 192 с.

13. Цыганков П. С., Цыганков С. П. Виділення спирту із бражки та його очистка. – К.: Глобус, 2000. – 120 с.

15. Цыганков П. С., Цыганков С. П. Руководство по ректификации спирта. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 400 с.

16. Стабников В. Н. Перегонка и ректификация этилового спирта. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 459 с.

17. Технологія спирту. В. О. Маринченко, В. А. Домарецький, П. Л. Шиян та ін. / Під ред. Проф. В. О. Маринченка. – Вінниця: «Поділля-2000», 2003. – 496 с.

14. Маринченко В.О. Технологія спирту / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М. Швець, П.С. Цыганков, І.Д. Жолнер. – Вінниця: «Поділля-2000», 2003. – 496с. ISBN 5-86248-114-1.

18. Lynd LR, Laser MS, Brandsby D, Dale BE, Davison B, Hamilton R, Himmel M, Keller M, McMillan JD, Sheehan J, et al. How biotech can transform biofuels. Nat Biotechnol 2008, 26:169 – 172.

19. Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: Учебное пособие для ВУЗов / Ельницкая З.П., Леонович А.А. – М.: «Экология», 1991. – 320с.

20. Джатдоева М.Р. Теоретические основы прогрессивных технологий. Химический раздел. – Ессентуки: ЕГИЭиМ, 1998. – 78 с.

21. Ethanol production from hexoses, pentoses, and dilute-acid hydrolyzate / Sues A. [et al] // FEMS, 2005. – V.5. – P.669 – 676.

22. Роговин З.А. Химия целлюлозы. – М.: Химия, 1972. – 520 с.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						75
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

23. Булгаков Н.И. Биохимия солода и пива. – М.: Пищевая пром-сть, 1976. – 358с.

24. Грин Дж.Р. Растворимые ферменты и брожение. – М.: Химическая пром-сть, 1905. – 469с.

25. Пастер Л. Исследования о брожениях. – М.: Сельхозгиз, 1937. – 488с.

26. Моргунова Е.М. Общая технология отрасли: конспект лекций / Н.А. Шелегова. – Могилев: УО МГУП, 2009. – 100с.

27. Циганков П.С. Виділення спирту з бражки та його очищення / П.С.Циганков. – К.: Глобус, 200. – 120 с.

28. Дубровін В.О. Біодизель та біоетанол / В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, В.М. Поліщук та ін. – К.: ЮНІДО, 54 с.

29. Короткова Т.Г., Константинов Е.Н. Технология абсолютированного этилового спирта, безводного спирта и биоэтанола азеотропной ректификацией: монография / Е.Н. Константинов. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО «Куб-ГТУ», 2013. – 196 с.

30. Булгаков Н.И. Биохимия солода и пива / Н.И. Булгаков. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 358 с.

31. Пинчук Л.Г. Биохимия: учебное пособие для студентов вузов /Л.Г. Пинчук. – Кемерово, КемТИПП, 2011. – 364 с.

32. Голенда И.Л. Биохимия и молекулярная биология: учебно-методическое пособие / И.Л. Голенда, А.М. Голенда, А.С. Сарсацкая. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2007. – 190 с.

33. Яровенко В.Л. Справочник по производству спирта. Сырье, технология и теххимконтроль / В.Л. Яровенко, Б.А. Устинников, Ю.П. Богданов и др. – С.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 336 с.

34. Доронін А.В. Конкурентні переваги біоетанолу з продукції цукрового виробництва / А.В.Доронін / Шляхи диверсифікації виробництва продукції на

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						76
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

цукрових заводах України: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції цукровиків України.–К.: НУХТ, 2015.–С.188.

35. Масліков М.М. Кріогенна техніка і технологія: Навч. посіб / М.М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 194 с.

36. Брагинский Л.Н. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета / Л.Н. Брагинский. – СПб.: Химия, 1984. – 336 с.

37. Соколов В. Н. Аппаратура микробиологической промышленности / В.Н.Соколов, М. А. Яблокова. – СПб.: Машиностроение, 1988. – 278 с.

38. Кучерук П.П. Підвищення ефективності виробництва біогазу шляхом сумісного метанового бродіння гнойових відходів та силосу кукурудзи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.08 «Перетворювання відновлюваних видів енергії» / Кучерук Петро Петрович. — Київ, 2016. — 20 с.

39. Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages / L. Marynchenko, V. Marynchenko, M. Nyvel // EUREKA: Physics and Engineering». - 2017, N.4, P.3-10?, DOI: 10.21303/2504-5695.2018.00375,

40. Римарева Л.В., Серба Е.М., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А., Игнатова Н.И. , "Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности," // Вопросы питания, No. 5, 2015.

41. Гельфанд Е.Д. Основы технологии биоэтанола: учеб. пособие / Е.Д. Гельфанд. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2005. – 56 с.

42. Циганков П.С. Виділення спирту з бражки та його очищення / П.С. Циганков. – К.: Глобус, 200. – 120 с.

43. Короткова Т.Г., Константинов Е.Н. Технология абсолютированного этилового спирта, безводного спирта и биоэтанола азеотропной ректификацией: монография / Е.Н. Константинов. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО «Куб-ГТУ», 2013. – 196 с.

44. Булгаков Н.И. Биохимия солода и пива / Н.И. Булгаков. – М.:

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						77
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

Пищевая промышленность, 1976. – 358 с.

45. Пинчук Л.Г. Биохимия: учебное пособие для студентов вузов / Л.Г. Пинчук. – Кемерово, КемТИПП, 2011. – 364 с.

46. Голенда И.Л. Биохимия и молекулярная биология: учебно-методическое пособие / И.Л. Голенда, А.М. Голенда, А.С. Сарсацкая. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2007. – 190 с.

47. Яровенко В.Л. Справочник по производству спирта. Сырье, технология и теххимконтроль / В.Л. Яровенко, Б.А. Устинников, Ю.П. Богданов и др. – С.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 336 с.

48. Масліков М.М. Кріогенна техніка і технологія: Навч. посіб / М.М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 194 с.

49. Брагинский Л.Н. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета / Л.Н. Брагинский. – СПб.: Химия, 1984. – 336 с.

50. Майофис А.С. Химия и технология химико-фармацевтических препаратов, 2 изд, перераб. и дополн / А.С. Майофис. – СПб: Медицина, 1984. – 378 с.

51. Соколов В. Н. Аппаратура микробиологической промышленности / В.Н.Соколов, М. А. Яблокова. – СПб.: Машиностроение, 1988. – 278 с.

52. Колунянц Л.И. Оборудование микробиологических производств / К. А. Калунянц, Л. И. Голгер, В. Е.Балашов // Москва, Агропроиздат, 1987. – 398 с.

53. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологи: Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – СПб: Химия, 1987. – 576 с.

54. Лацинский А.А. Конструирование и расчет химической аппаратуры: Справочник / А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский. – СПб: Машиностроение, 1970. – 752 с.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	<i>Днк</i>
						78
<i>Зм</i>	<i>Днк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

55. Федосеев К. Г. Процессы и аппараты биотехнологии в химико-фармацевтической промышленности / К.Г. Федосеев. – М.: Медицина, 1989. – 200 с.

56. Ткачук К.Н. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене / К.Н.Ткачук, М.О. Халімовський, В.В.Зацарний, Д.В.Зеркалов / За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006. –345 с.

57. Макаров Г. В. Охрана труда в химической промышленности / Г.В. Макаров. - М.: Химия, 1989. – 233с.

58. Рябов И.В. Пожарная безопасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности / И.В. Рябов. – М.Химия, 1970.

59. Жидецький В.Ц. Практикум з охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук, Л.В. Туряб. – Львів, 2000 – 350 с. 40. Юдин Е. Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

60. Маринченко В.А. Технология спирта из мелассы / В.А. Маринченко, Б.Д. Метюшев, В.Н. Швец / Издательское объединение «Вища школа», 1975. – 284 с.

61. Медико-біологічні вимоги та санітарні норми якості продовольчої сировини та харчових продуктів: МОЗ СРСР № 506-89. – [Чинний від 1989-08-01]. – К.: Міністерство охорони здоров'я СРСР, 1999. –49с.

					ЕКБ ББ6102 ЛП	Днк
						79
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Специфікація обладнання

Позиція	Позначення, марка	Найменування, технічна характеристика обладнання	Кількість	Маса, кг	Примітка
Д-1	ДК-40	Об'ємно-ваговий дозатор для розчину кислоти	1		Збірний
Д-2, Д-5		Об'ємно-ваговий дозатор для питної води	2		Збірний
Р-3	ВЕЕ	Реактор для приготування розчину розведеної сірчаної кислоти, місткість 63 м ³ , коефіцієнт заповнення 0,7, нижній злив, механічне перемішування турбінною мішалкою, працює при атмосферному тиску, обладнаний секційною сорочкою, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт, частота обертання вала мішалки 1,33с ⁻¹ Транспортування розчину сірчаної кислоти насосом.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-3.1	ТСМ	Термометр. Межа вимірювання – 20 - 100 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
КП-3.2	ТСМ	Термометр. Межа вимірювання – 20 - 100 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
КП-3.3	АОН-1	Ареометр для визначення концентрації сірчаної кислоти. Ціна поділки 0,1 %.	1		Збірний

					<i>ЕКБ.БЕ6108.ДП</i>			
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додаток А</i>	<i>Сталія</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акривіів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Іванишак С.В.</i>						<i>70</i>	<i>91</i>
<i>Конс.</i>	<i>Левтун І.І.</i>							
<i>Керів.</i>	<i>Левтун І.І.</i>					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ</i>		
<i>Затверд.</i>								

Н-19	СМ	Насос для транспортування розчину сірчаної кислоти, відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу	1		Збірний
Д-4		Об'ємно-ваговий дозатор для мінеральних кислот і солей	1		Збірний
Р-6	ВЕЕ	Реактор для приготування розчину мінеральних солей і кислот, місткість 63 м ³ , коефіцієнт заповнення 0,7, нижній злив, механічне перемішування турбінною мішалкою, працює при атмосферному тиску, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт, частота обертання вала мішалки 1,33 с ⁻¹ Транспортування розчину мінеральних речовин насосом.	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т
КП-6.1	АОН-1	Ареометр для визначення концентрації мінеральних речовин. Ціна поділки 1 кг/м ³ .	1		Збірний
Н-7		Насос для транспортування розчину мінеральних компонентів поживного середовища відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу.	1		Збірний
Д-8		Об'ємно-ваговий дозатор для мінеральних компонентів поживного середовища	1		Збірний
Д-9		Об'ємно-ваговий дозатор для поживного середовища	1		Збірний
Р-10	ВЕЕ	Реактор для приготування поживного середовища для	1		Неірж. сталь

					ЕКБ БББ102 ЛП	Днк
						81
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		

Н-24	СМ	Насос для транспортування гідролізату відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу.	1		Збірний
В-25	ВВА	Випарний апарат плівкового типу з падаючою плівкою, футерований кислотостійкими керамічними плитами, працює при тиску вище атмосферного.	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т
КП-25.1	ТСП	Термометр. Межа вимірювання – 50 - 250 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
КП-25.2	MS-100	Манометр. Межа вимірювання 0 – 1,6 МПа. Клас точності 1.	1		Збірний
В-28		Випарний апарат плівкового типу з падаючою плівкою, футерований кислотостійкими керамічними плитами, працює при атмосферному тиску.	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т
КП-28.1	ТСП	Термометр. Межа вимірювання – 50 - 250 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
КП-28.2	MS-100	Манометр. Межа вимірювання 0 – 0,25 МПа. Клас точності 1.	1		Збірний
Н-27		Насос для транспортування гідролізату відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу.	1		Збірний
Н-29		Насос для транспортування мінеральних компонентів поживного середовища відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу.	1		Збірний
Д-30		Об'ємно-ваговий дозатор для розчину вапняного молока.	1		Збірний

					ЕКБ БББ102 ЛП	Днк
Зм	Днк	№ докум	Підпис	Дата		85

РК-51		Бражна колона для ректифікації бражки обладнана решітчастими тарілками провального типу, обігривається гострою парою, працює при атмосферному тиску.	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т
КП-51.1	ТСП	Термометр. Межа вимірювання – 50 - 250 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
КП-51.2	MS-100	Манометр. Межа вимірювання 0 – 0,25 МПа. Кластичності 1.	1		Збірний
КП-51.3	АСП-1	Ареометр для визначення концентрації етилового спирту. Цінаподілки 0,1 %.	1		Збірний
КП-51.4	LZS 1600	Ротамерт. Діапазон вимірювань 160 – 1600 л/год.	1		Збірний
Дф-52	ТМЕ	Дефлегматор двохсекційний кожухотрубний. Площа поверхні теплообміну 15 м ² .	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т
КП-52.1	ТСП	Термометр. Межа вимірювання – 50 - 250 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
Х-54	ТМЕ	Холодильник кожухотрубний. Площа поверхні теплообміну 15 м ² .	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т
КП-54.1	ТСМ	Термометр. Межа вимірювання – 20 - 100 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
Н-53		Насос для транспортування водно-спиртової суміші відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу.	1		Збірний
РК-55		Ректифікаційна колона обладнана решітчастими	1		Неірж. сталь 12

					ЕКБ БББ102 ЛП	Днк
						89
Зм	Днк	№ док.м	Підпис	Дата		

КП-58.3	АСП-1	Ареометр для визначення концентрації етилового спирту. Ціна поділки 0,1 %.	1		Збірний
КП-58.4	LZS 1600	Ротаметр. Діапазон вимірювань 160 – 1600 л/год.	1		Збірний
КП-58.5	АСП-1	Ареометр для визначення концентрації метилового спирту. Ціна поділки 0,1 %.	1		Збірний
Дф-60		Дефлегматор двохсекційний кожухотрубний. Площа поверхні теплообміну 15 м ² .	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т
КП-60.1	ТСП	Термометр. Межа вимірювання – 50 - 250 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
Т-59	ТМЕ	Теплообмінник кожухотрубний. Площа поверхні теплообміну 15 м ² .	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т
КП-59.1	ТСП	Термометр. Межа вимірювання – 50 - 250 °С. Точність ±2 °С.	1		Збірний
Н-61		Насос для транспортування етилового спирту відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу.	1		Збірний
Зб-62		Збірник етилового спирту. Місткість 63 м ³ .	1		Неірж. сталь 12Х18Н 10Т

					ЕКБ БББ102 ЛП	Дрк
						91
Зм	Дрк	№ док.м	Підпис	Дата		