

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра промислової біотехнології

«До захисту допущено» Завідувач кафедри
_____Тетяна Тодосійчук
«__»_____20__р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
на тему: «Технологія виробництва етилового спирту. Дільниця
виробничого біосинтезу»

Виконала:

студентка IV курсу, групи БТ-71
Воробйова Олександра
Володимирівна

(підпис)

Керівник:

Декан ФБТД.б.н.
Дуган О.М.

(підпис)

Консультант з графічної

частини:

Д.т.н., доцент кафедри біотехніки та
інженерії Шибецький В.Ю.

(підпис)

Рецензент:

в.о. завідувач кафедри
екобіотехнології та біоенергетики,
д.х.н., професор Кузьмінський
Євген Васильович

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біоінженерії
Кафедра промислової біотехнології

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Тетяна Тодосійчук

«___» _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Воробйовій Олександрі Володимирівні

1. Тема проекту «Технологія виробництва етилового спирту.

Дільниця виробничого біосинтезу», керівник проекту декан
факультету д.б.н. Дуган О.М., затверджені наказом по університету

від «_____» _____ 20__р. № _____

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту: витрата меляси – 135 м³/доба; ; ступінь очищення
етанолу – 98 %. Спроекувати ферментер для зброджування меляси в етанол.

4. Зміст пояснювальної записки: характеристика сировини та біологічного агента
для виробництва етанолу; аналіз існуючих технологій виробництва етанолу та
обґрунтування вибору технологічної схеми переробки бурякової меляси в етанол;
огляд основних біохімічних процесів, що відбуваються при трансформації
сировини; розрахунок матеріального балансу процесу; опис технологічної схеми
виробництва; вибір та розрахунок основних параметрів та проектування

обладнання (ферментера) для зброджування м'ясного сусла; заходів з охорони праці та захисту довкілля.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Технологічна схема переробки бурякової м'яси в етанол (А1); Апаратурна схема переробки бурякової м'яси в етанол (А1); Креслення ферментера для зброджування м'яси в етанол (А1).

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 5	Шибєцький В.Ю. к.т.н.		

7. Дата видачі завдання

Календарний план:

1. № з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання до	примітка/відмітки про виконання
1	Розділ 1	10.04.21	
2	Розділ 2	20.04.21	
3	Проект технологічної схеми (на А4 – принциповий перелік стадій)	20.04.21	
4	Проект апаратурної схеми (на А4 – принциповий перелік обладнання)	20.04.21	
5	Розділ 3	30.04.21	
6	Розділ 4	12.05.21	
7	Технологічна схема (креслення)	20.05.21	
8	Розділ 5	25.05.21	
9	Апаратурна схема (креслення)	25.05.21	
10	Оформлення пояснювальної записки	01.06.20	
11	Подання дипломного проекту на рецензування	03.06.21	
12	Подання готової роботи та рецензії до експертної комісії	10.06.21	

Студент

Воробйова О.В.

Керівник проекту

Дуган О.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 99 с., 8 рис., 8 табл., 25 посилань.

У даному дипломному проекті розроблено технологічну схему виробництва етанолу. Технологія включає допоміжні роботи, підготовку мелясного сусла, збагачення його поживними речовинами, зброджування меляси дріжджами *Saccharomyces cerevisiae*, очищення спирту від домішок, зневоднення та одержання 98 % біоетанолу. Обґрунтовано вибір виробничого біосинтезу, а саме процесу безперервної ферментації сировини по двопотоковій схемі зброджування. Наведено характеристику сировини, меляси та біологічного агенту, обґрунтовано вибір технології молекулярних сит для зневоднення етанолу, розраховано матеріальний баланс процесу, розроблена і описана технологічна та апаратурна схеми виробництва етанолу, наведені методи контролю на всіх стадіях виробництва, що забезпечують виконання технологічного режиму. Спроектовано ферментер для зброджування мелясного сусла об'ємом 100 м³, наведено його основні технічні характеристики, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.

ЕТАНОЛ, МЕЛЯСА, ФЕРМЕНТАЦІЯ, СУСЛО, *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ФЕРМЕНТЕР, РЕКТИФІКАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА.

					ПБ.БТ7209.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Крабченко Д.М.				Розділ 5. Розрахунок обладнання для проведення технологічного процесу		Літ.	Арк.
Перевір.	Калініна М.Ф.							
Керівн.	Литвинов Г.С.						НТУУ “КПІ” ФБТ	
Затверд.								

ABSTRACT

The explanatory note : 99 pages, 8 figures, 8 tables, 25 references.

The project of technological process of beet molasses conversion into ethanol, that includes the preparation of molasses wort for further fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* yeast, rectification, dehydration and recovery of 98 % was developed. The choice of process of continuous fermentation on a two-stream fermentation scheme is justified.

Characteristics of beet molasses as raw materials for bioethanol production are given, requirements for bioraw materials are mentioned, the scheme of its preparation for fermentation is proposed, the optimal modes of preparation and fermentation are specified, the choice of molecular sieve technology for bioethanol dehydration is justified, the material balance of the process is calculated, the technological scheme and hardware circuit of bioethanol production are described, the main and auxiliary equipment are chosen, the specified points and control parameters stages of the process required to ensure the quality of the final product, occupational safety and the environment are mentioned. The fermenter for molasses wort fermentation volume of 100 m³ was designed, the following calculations were made: constructive, thermal and calculation of the mixing device.

ETHANOL, MOLASSES, CONTINUOUS FERMENTATION, WORT.
SACCHAROMYCES CEREVISIAE, MATERIAL BALANCE,
FERMENTER, RECTIFICATION, MOLECULAR SIEVE,
TECHNOLOGICAL SCHEME.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА..	11
1.1. Основні промислові продуценти.....	11
1.2. Систематичне положення	14
1.3. Морфолого-цитологічні ознаки.....	15
1.4. Культуральні ознаки.....	15
1.5. Фізіолого-біохімічні ознаки.....	15
1.6. Залежність росту від температури та рН.....	21
17. Поширення в природі.....	21
РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА	23
2.1. Характеристика кінцевого продукту	23
2.2. Схема хімічних перетворень	24
2.3. Характеристика компонентного складу біотехнологічного препарату, отриманого в процесі реалізації технології.....	26
2.4. Методи очистки цільового продукту	31
2.5. Механізми впливу цільового продукту на біохімічні процеси..	37
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРОДУЦЕНТІВ	39
3.1. Генетична вивченість біологічного об'єкту	
3.2. Загальні методи створення високопродуктивного промислового продуценту.....	46

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	49
4.1. Характеристика кінцевої продукції виробництва	49
4.2. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів, що використовуються у виробництві.....	52
4.3. Опис технологічного процесу	55
4.4. Матеріальний баланс	63
4.5. Контроль виробництва.....	67
РОЗДІЛ 5. ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	74
5.1. Обґрунтування вибраної конструкції. Підбір конструкційних матеріалів для окремих елементів апарату.....	74
5.2. Технологічний, конструктивний, гідравлічний розрахунки...	80
5.3. Вибір загальнозаводського обладнання.....	85
5.4. Вимоги до охорони праці та навколишнього середовища....	86
Висновки.....	96
Список літератури.....	98

ВСТУП

Одним з найбільш масово вироблених аліфатичних спиртів є етиловий спирт (етанол, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$). Сьогодні етиловий спирт широко використовується в хімічній, електротехнічній, парфумерній, харчовій промисловості, медицині. Він також застосовується в якості палива для автомобілів, в лабораторних дослідженнях як дезінфектант та в інших сферах економіки. Крім того, спирти застосовуються в багатьох сферах діяльності і приблизно в 50 галузях виробництва. З них виробляють безліч різновидів продукції. Етиловий спирт використовують як добавку до бензинів, оскільки він є екологічно чистим і забезпечує повноту згоряння, не утворює токсичних продуктів при згорянні.

Ще одним напрямком застосування етанолу є використання його в якості сировини для промислової переробки та складової частини промислової продукції. Традиційним для України шляхом є використання етанолу для потреб харчової промисловості (у виробництві перш за все таких продуктів як алкогольні напої), потреб медицини (як у виробництві ліків, так й у визначенні якості дезінфікуючих засобів) та у парфумерній промисловості.

Етанол конкурує на ринку зі схожими за призначенням товарами мінерального походження: нафтою, продуктами її переробки, природним газом та іншими подібними речовинами. Найважливішою умовою широкомасштабного впровадження етанолу при цьому є рівняння його коштовності до вартості природних мінеральних аналогів.

Тому для впровадження новаційних технологій для синтезувань та фабрикацій етанолу – тобто збільшення концентрації етанолу в дозрілій бражці, а також зменшення температури при термоферментативній обробці зерна й пошуку нових видів сировини та ще й мікроорганізмів-продуцентів. Для всього цього зменшення енерговитрат є напрочуд важливою умовою успішного розвитку індустрії етанолу та дає можливість нашій країні суттєво скоротити імпорт енергоносіїв та викопної сировини для різних виробничих задач. Тим самим збільшується ресурсо – та енергонезалежність держави та

створюються передумови нарощування обсягів експорту продукції агропромислового комплексу (себто інвестиційної привабливості цієї галузі у інноваційному розвитку), що в цілому гарно впливатиме на економічний та політичний добробут України.

Мета роботи: Визначити оптимальний спосіб виробництва етилового спирту, а саме ділянку виробничого біосинтезу.

Завдання роботи:

- 1) навести основні характеристики сировини та біологічного агенту;
- 2) навести схеми біохімічних процесів, які відбуваються при проведенні технологічного процесу
- 3) обґрунтувати вибір технологічної схеми виробництва етанолу;
- 4) розробити апаратурну та технологічну схеми виробництва етанолу;
- 5) спроектувати та розрахувати ферментер для виробничого біосинтезу;
- 6) навести перелік заходів щодо охорони праці та охорони довкілля при виробництві етанолу

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТУ

1. **Основні промислові продуценти** Основними активаторами спиртового бродіння є різних видів дріжджі. Зазвичай дріжджі застосовують при випіканні хліба, для отримання спирту та у багатьох інших процесах. У виробництвах де потрібно насамперед бродіння цієї сировини використовують представників родів *Saccharomyces* (*S. cerevisiae*, *S. carlsbergensis*, *S. ellipsoides* – у виробництві вина. *S. diastaticus* – у виробництві спирту та пива, *S. cerevisiae*, *S. oviformis*), а також *Schizosaccharomyces* (*S. ostosporus* і *S. pompe*).

Спирт при малому дозуванні може накопичуватися в середовищах, що містять вуглеводи, при розвитку в ньому цікавих та унікальних грибів родів *Aspergillus* (*A. oryzae* до речі застосовується в Азії для виробництва рисового пива, так званого «саке»), *Mucor* і *Fusarium* і бактерій (а от *Zygomonas mobilis* вже застосовується у Мексиці для отримання національного спиртного напою під незвичайною назвою «пульке», *Z. anaerobica*, *Sarcina ventriculi*, *Erwinia amylovora* та ін.) - для всього цього різноманіття використовують різні види грибів.

Загалом організми, що використовуються для виробництва етанолу, поділяють на 3 групи:

1. Дріжджі
2. Мезофільні бактерії *Zygomonas* (мають метаболізм в декілька разів інтенсивніший, ніж у дріжджів)
3. Термофільні бактерії, утворюючі етанол

Zygomonas mobilis – мезофільні бактерії, які відрізняються від дріжджів дуже інтенсивним метаболізмом. Це грамнегативні палички, серед яких

зустрічаються рухомі та нерухомі форми. Ендоспор не утворюють, аеротолерантні, оптимальна температура росту 30-35°C, ростуть при рН 3,5-7,5. *Z. mobilis* один з небагатьох анаеробів, що розкладає глюкозу шляхом Ентнера-Дудорова, який зазвичай функціонує у строго аеробних організмів. Штами *Saccharomyces cerevisiae* підрозділяють на раси верхового та низового бродіння. Перші використовують для бродіння за температури 14- 25°C. У таких умовах рясно виділяється діоксид вуглецю, спостерігається піноутворення. Клітини мікроорганізмів підіймаються на поверхню рідини, що бродить. Верхові раси використовують в спиртовій промисловості, хлібопеченні. Дріжджі низового бродіння застосовують у виробництві за температури 6-10°C і нижче (до 0°C). При цьому бродіння відбувається спокійно і маса дріжджових клітин залишається на дні реактору.

Низові раси зазвичай використовують у пивоварінні та виноробстві, де застосовують раси *S. cerevisiae*, адаптовані до життєдіяльності при зниженій температурі. По поводженню у бродильному середовищі дріжджі поділяють на пластівцеподібні та пилеподібні. В основі такого поділу лежить різниця у їх флокуляційних властивостях (флокуляція – оборотна агрегація, або аглютинація, клітин). Зброджування вуглеводів дріжджами з утворенням етанолу і CO₂ йде гліколітичним шляхом (Ембдена-Мейергофа-Парнаса). Піруват, що утворюється в результаті, під впливом піруватдекарбоксилази перетворюється на ацетальдегід, який потім відновлюється НАД•H₂-алкогольдегідрогеназою до етанолу; при цьому використовується водень, що мобілізуються при окисненні гліцеральдегід-3-фосфату. Зазвичай спиртове бродіння протікає при кислій реакції середовища (рН 4-5). Якщо реакцію поживного середовища підтримувати на лужному рівні (близько рН 8), то одним з основних продуктів бродіння буде гліцерин. Різко підвищується вихід гліцерину і якщо бродіння протікає у присутності бісульфіту натрію. У такому випадку ацетальдегід зв'язується бісульфітом натрію і не може бути відновлений воднем в етиловий спирт. На початку спиртового бродіння

дигідроксиацетонфосфат, що є проміжною сполукою утворення гліцерин-3-фосфату також виконує роль акцептора водню, поки не накопичиться ацетальдегід, необхідний для окислення НАД•Н₂. Цим пояснюється особливий період індукції на початку бродіння, під час якого з'являється гліцерин. Одночасно гліцеральдегід-3-фосфат перетворюється згідно реакцій гліколітичного шляху в піруват, а після декарбоксилювання – в ацетальдегід. Однак ацетальдегід не може відновлюватися в етанол, оскільки НАД•Н₂ вже використаний для утворення гліцерину з дигідроксиацетонфосфату. Тому при утворенні в процесі бродіння однієї молекули гліцерину накопичується одна молекула пірувату або ацетальдегіду, яка в етанол не перетворюється. Отже, на початку спиртового бродіння переважає гліцеринпіруватне бродіння, що приводить до утворення гліцерину і пірувату. Останній виявляється в невеликих кількостях, оскільки основна його частина йде на утворення вторинних продуктів – оцтової, молочної, янтарної, пропіонової та інших органічних кислот, а також діацетилу, ацетоїну, різних альдегідів і складних ефірів.

1. Систематичне положення Систематика включає класифікацію, номенклатуру та ідентифікацію.

Більшість мікологів в своїй роботі використовують сучасну класифікацію Крегера-ван-Ріа, згідно з якою дріжджі, що застосовуються в хлібопеченні, пивоварінні, виноробстві та виробництві спирту відносяться до царства грибів - *Mycota*, до відділу - *Eumycota*, до класу - *Ascomycetes*, сімейству - *Saccharomycetaceae*, до роду - *Saccharomyces*, виду - *cerevisiae*.

Хансен застосував специфічну назву *S. cerevisiae* до верховим пивним дріжджів, що використовувалися в той час в британській і німецької пивоварної промисловості.

Той факт, що дріжджі, які використовуються в бродильних виробництвах, відносяться до одного роду і виду виключає необхідність розглядати їх окремо при вивченні закономірностей росту і розмноження [3].

Отже, була розглянута класифікація мікроорганізмів, що можуть бути використані для виробництва етилового спирту. Але щоб обрати необхідний саме нам, необхідно порівняти їх ефективність – кількісний вихід етилового спирту за використання того чи іншого продуценту. У таблиці 1.1 бачимо необхідне порівняння:

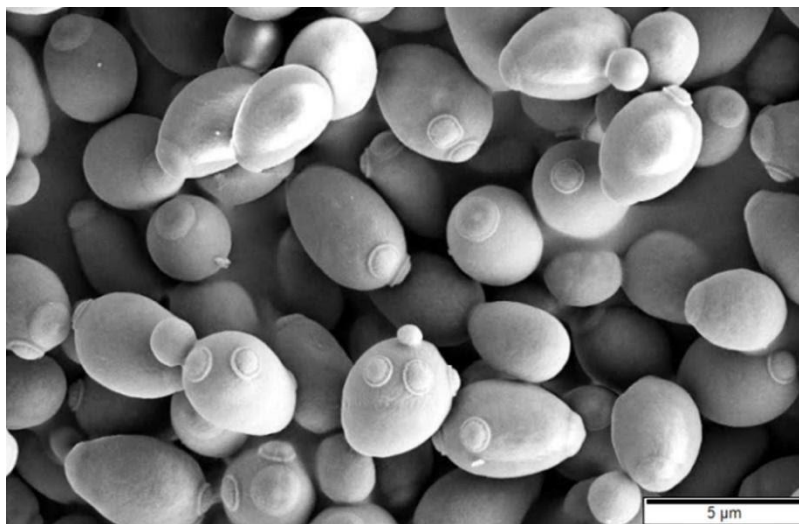
Таблиця 1.1

Група	Продуцент	р Н	Вихід етанол у, %	Температур а, С	Максималь на концентраці я етанолу, г/л
Дріжджі	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3, 4	100 88	30 35	130 42,5
	<i>Saccharomyces rosei</i>	4, 6			
Мезофільн і бактерії	<i>Zymomonas mobilis</i>	5, 5	95 90-95	30 35	130 96
	<i>Zymomonas anaerobia</i>	5- 6			
Термофіль ні бактерії	<i>Clostridiom thermocellum</i>	7	50	62	1,5
	<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	7- 8	70	62-70	4,0

Отже, найкраще на роль продуцента підходить *Saccharomyces cerevisiae* через найбільш високі показники виходу та концентрації етанолу.

2. Морфолого-цитологічні ознаки

Клітини *S. cerevisiae* мають округлу, яйцевидну або еліпсоїдну форму; розмір їх коливається від 2,5 до 10 мкм в поперечнику і від 4,5 до 21 мкм в довжину. Розмір і форма клітин одного і того ж штаму визначаються генетично і можуть варіюватися в певних межах залежно від умов культивування і наступних операцій отримання комерційних дріжджів (зневоднення).



Клітини складаються з мікроскопічних (видимих в звичайному мікроскопі при збільшенні в 600-900 разів) і субмікроскопічних, видимих тільки в електронному мікроскопі (збільшення від 15-20 тис. разів), структур. Ці структури можна поділити на постійно присутні і ті, що періодично виявляються в клітині. До перших відносяться різні органели - клітинні структури, які виконують певні функції. Це ядро з ядерцем, мітохондрії, рибосоми, клітинна стінка, цитоплазматична мембрана, ендоплазматичний ретикулум (мережа), апарат Гольджі, лізосоми, хітосоми, глікосоми і цілий ряд інших мембранних структур. Всі клітинні органели оточені мембранами. До складу мембран входить велика кількість фосфоліпідів, причому їх зміст як в кількісному, так і в якісному складі визначається природою органели.

Мембрани органел мають тришарову структуру. Вони складаються з ліпідів, білків і невеликої кількості вуглеводів. Ліпіди представлені в основному моно-, ди-і трігліцерідами, гліцери-фосфатидами і стеролів - ергостеролу і зімостеролом. Кожна молекула фосфоліпіда складається з гідрофобною частини, тобто, такою, що відштовхує воду, і гідрофільної, що притягує воду, частин. Гідрофільні частини молекули знаходяться на зовнішній стороні мембрани, а гідрофобні - на внутрішній. Молекули білка розміщуються на поверхні мембрани або проникають всередину неї.

Непостійні структури - включення - на відміну від органел, що то виникають, то зникають у процесі життєдіяльності клітин. Будучи продуктами метаболізму клітини, включення відображають різні сторони і етапи її фізіологічної активності. Цими непостійними структурами є внутрішньоклітинні запасні сполуки: жири, глікоген і поліфосфати.

Включення можуть бути представлені у вигляді більш-менш щільних частинок - гранул, кристалів або крапель. Вони зазвичай являють собою скупчення, видимі під мікроскопом, або без спеціальної обробки, або після обробки різними барвниками. Так, низькомолекулярні поліфосфати виявляються у вигляді гранул в вакуолях (волютин), жири - у вигляді крапель, глікоген виявляється при фарбуванні клітин розчином Люголя [3].

3. Культуральні ознаки

1. Розмір, форма, поверхня, пігментація та край колоній

Колонії *S.cerevisiae* мають наступні характеристики: палевого кольору з сірим відтінком, матові, з рівними краями; округлої форми; діаметром 5-7 РКМ

4. Фізіолого-біохімічні ознаки

1.5.1. Поживні потреби мікроорганізмів

Життєдіяльність дріжджів полягає в процесах харчування, дихання, зростання і розмноження. Одночасно з цими процесами йде синтез вторинних метаболітів, які представляють великий інтерес для пивоваріння і виноробства, так як вони обумовлюють смак і аромат напоїв.

Джерела живлення, необхідні будь-якому організму, в тому числі і дріжджів, можна розділити на наступні групи:

- основні елементи: С, Н, О і N;
- елементи, що вимагаються в невеликих кількостях (макроелементи): Р, К, S, Mg;
- мікроелементи (Zn, Мп, З, Са, Fe, Сі та ін.);
- вітаміни.

Потреба дріжджів в поживних компонентах може відрізнятися якісно і кількісно в залежності від умов культивування, зокрема може змінюватися потреба в факторах росту при зміні температури, рН і осмоляльності середовища. Відомо, що при невеликій кількості посівного матеріалу потрібно багатша среда, ніж для початку росту популяції з високою щільністю. Це пов'язано з тим, що багато елементів і вітаміни можуть накопичуватися в клітинах при їх культивуванні в середовищах з високим вмістом елементів і потім використовуватися в біосинтезі.

Дріжджі споживають тільки розчинені у воді компоненти. Надходження речовин в клітини здійснюється шляхом пасивної дифузії, полегшеної дифузії за участю спеціальних систем перенесення, що складаються з білків - переносників (пермеаз), і шляхом активного транспорту за участю специфічних пермеаз і витраті енергії у вигляді молекул АТФ.

1.5.2. Основні джерела вуглецевого та азотного живлення

За типом харчування дріжджі відносяться до гетеротрофних організмів, засвоює вуглець з органічних сполук. Вуглець використовується для синтезу клітинних компонентів, дихання і утворення вторинних метаболітів.

Джерела вуглецю включають моносахариди, такі, як D-глюкоза, D-маноза, D-фруктоза, D-галактоза, з пентоз -D-ксилоза. Дисахариди сахароза і мальтоза і трисахарид мальтотріоза утилізуються дріжджами, в той час як лактоза (молочний цукор) - немає.

Сахароза гідролізується інвертазу (p-D-фрукто-фуранозідазой). Виявлено дві основні форми інвертази, одна репресованих, синтез якої відзначено зниження глюкозою (він розташований в ППП). Друга позбавлена вуглеводної частини, розташована всередині клітини, і її синтез протікає незалежно від вмісту глюкози в середовищі.

Під дією інвертази сахароза розщеплюється на глюкозу і фруктозу, які надходять в клітину. Транспорт полегшується завдяки ферменту переносники (пермеаз), який знаходиться в цитоплазматичної мембрані. Швидкість перенесення глюкози в клітину за участю пермеази в мільйон разів швидше, ніж це могло б статися шляхом простої дифузії через мембрану.

Мальтоза спочатку надходить в клітку за участю специфічних індукібельних пермеаз. І тільки в клітці відбувається гідроліз цього дисахариду ферментом α -глюкозидази (мальтаза), який активується одночасно з пермеаз і гідролізує мальтозу до глюкози всередині клітини. За такою ж схемою відбувається споживання трисахаріди мальтотріози.

Трисахарид рафінозі в залежності від штаммовіе особливостей дріжджів або сбраживається повністю (штами пивних дріжджів низового бродіння), або на 1/3 (пекарські дріжджі і пивні дріжджі верхового бродіння).

Присутні в живильному середовищі глюкоза, фруктоза і сахароза використовуються дріжджами в першу чергу, потім споживається мальтоза і далі мальтотріоза, олігосахариди з числом глікозидних залишків більше трьох і декстрини дріжджами не використовуються.

Зміст азоту в клітинах може досягати 10% на СВ. Джерелами азоту для синтезу білка є іони амонію і амінокислоти. Однак ріст клітин відбувається швидше, якщо в живильному середовищі містяться амінокислоти, а не іони амонію. Амінокислоти в процесі бродіння споживаються послідовно. Це визначається властивостями і специфічністю пермеаз, локалізованих в клітинній мембрані дріжджів

Дріжджі не можуть асимілювати азот з органічних сполук (крім сечовини), нітратів і нітритів..

1.5.3.Потреби в макро- та мікроелементах, факторах росту

Активність деяких ферментів може залежати тільки від структури самого білка, для інших потрібно також присутність певних груп небілкової природи - кофакторів. У ролі кофакторів можуть виступати іони металів або складні органічні сполуки, звані коферментами. Іноді для прояву активності ферменту необхідна присутність як тих, так і інших.

Нижче наведено відомості про деякі ферментах, коферментами в яких є іони металів:

$Zn + 2$ - кофермент алкогольдегідрогенази, карбоксипептидази;

$Mg + 2$ - кофермент піруватфосфокінази, фосфогідролази і фосфотрансферази;

$Mn + 2$ - кофермент фосфотрансферази;

$Fe + 2$ і $Fe + 3$ - коферменти каталази, пероксидази і цитохромів;

Ci + 2 i Ci + - коферменти тирозинази і цитохромоксидази;

До + - кофермент піруватфосфокінази; Na + - кофермент плазматичної АТФ-ази.

макроелементи

До макроелементів відносяться фосфор, калій, магній, натрій і сірка.

1.5.4. Потреба дріжджів в фосфорі.

Фосфор входить до складу нуклеїнових кислот, АТФ, фосфоліпідів, полімерів клітинної стінки, в мембрани органоїдів клітин. Він сприяє підтримці буферности, що перешкоджає зрушенню рН в цитоплазмі клітин. Брак фосфору проявляється в уповільненні швидкості бродіння і зростання клітин.

Кількість P₂O₅ в клітинах визначається умовами культивування, вмістом солей фосфору в середовищі і може досягати 5,5% від СВ дріжджів.

1.5.5. Потреба дріжджів в калії.

У хлібопекарських дріжджах вміст калію в перерахунку на K₂O в межах від 1,4 до 4,3% від АСБ, в пивних дріжджах - в середньому 2,4% від СВ.

Калій активує близько 40 різних ферментів, в тому числі оксидази і дегідрогенази. Іони калію виконують роль не тільки коферментів, але також входять до складу деяких структур клітини, зокрема, рибосом. Калій також бере участь в регуляції транспорту іонів через клітинну стінку і через мітохондріальну мембрану. У зв'язку зі збільшенням швидкості росту дріжджів потреба в калії збільшується.

Іони K + визначають транспорт в клітини ортофосфата, що грає велику роль в енергетичному обміні дріжджів. Швидкість цього процесу залежить як від виду мікроорганізму, так і від умов культивування. При енергетичному обміні, стимулюється глюкозою, екзогенний калій надходить в клітку

одночасно з фосфатом, при цьому відбувається відтік іонів H^+ з дріжджів. Цей процес є енергозалежною і відбувається за участю ферменту АТФ-ази.

Слід звернути увагу на обмін іонів K^+ і H^+ через мітохондріальну мембрану. В даному випадку, крім K^+ , в цьому обміні беруть участь також іони Na^+ і іони двовалентних металів Ca^{+2} , Mg^{+2} і Sr^{+2} . Перехід цих іонів в мітохондрії супроводжується викидом еквівалентної кількості H^+ .

Для дріжджів економічний коефіцієнт по калію дорівнює 54. Це означає, що 1 г елемента входить до складу 54 г АСБ.

1.5.6. Потреба дріжджів в магнії.

Магній необхідний як для енергетичного, так і конструктивного обміну дріжджів, так як він є кофактором багатьох ферментів (див. Розділ 5). Він стимулює утилізацію мальтози і мальтотріози.

Економічний коефіцієнт у розрахунку на іони спожитого магнію становить 540 г сухої біомаси на 1 г магнію і обернено пропорційний кількості РНК в біомасі.

При складанні поживних середовищ слід врахувати наступне співвідношення між макроелементами в перерахунку на їх оксиди: $MgO : K_2O : P_2O_5$, яке дорівнює 1:10:20.

1.5.7. Потреба дріжджів в сірці.

Сірка необхідна, головним чином, для синтезу сірковмісних амінокислот цистеїну і метіоніну. Крім того, невелика кількість сірки потрібно для утворення сульфогруп в деяких коферментах, таких як біотин, кофермент А, ліпоєва кислота, тіамін і піридоксин.

Було встановлено, що в дріжджах при нестачі цього компонента в середовищі культивування спостерігається зниження дихальної активності клітин, як і при інгібуванні росту дріжджів недоліком заліза. Сірка засвоюється дріжджами з неорганічних сульфатів, з сірковмісних амінокислот. Економічний коефіцієнт у розрахунку на іони SO_4^{2-} для пекарських дріжджів становить 100 г сухої біомаси на 1 м

Такі органічні сполуки, як гліцерин, етанол і лактат, що не зброджуються, але в аеробних умовах асимілюються дріжджами.

1.6 Залежність росту від температури та рН

Температура впливає на швидкість клітинних реакцій, природу метаболізму, харчові потреби і склад біомаси, на рівень РНК, білка, ліпідний і вуглеводний склад клітин, наприклад, при одній і тій же швидкості росту зміст РНК в дріжджах при зниженні температури збільшується в кілька разів. Залежно від температури також коливається вміст білка в дріжджах. Ці зміни обумовлені природою субстрату, що лімітує. При підвищенні температури знижується вміст ненасичених жирних кислот (ННЖК). Тому при переході на нові технології перед початком процесу головного «теплого» бродіння виникла необхідність зміни технології отримання ЧК і аерірованія суслу.

Зміна температури зростання може вплинути на умова перетворення глюкози, тобто на хімічний склад культуральної рідини. Зазначалося, що зі зменшенням температури знижується економічний коефіцієнт, розрахований по магнію, калію і фосфатам, що пояснюється збільшенням вмістом РНК в біомасі. Зміна температури часто супроводжується змінами потреби мікроорганізмів в факторах росту, які є, як правило, активною частиною ферментів.

Встановлено, що для *S.cerevisiae* при температурі 38 ° С потреба клітин в пантотенової кислоті значно перевищує потребу дріжджів в цьому вітаміні, ніж при температурі 30 ° С.

Температура впливає також на синтез вторинних метаболітів, що особливо важливо в пивоварінні і виноробстві, причому цей процес може відрізнятися від впливу температури на ріст і розмноження дріжджів.

Швидкість хімічних реакцій пов'язана з температурою, що відображено в рівнянні Арреніуса, яке після логарифмування має наступний вигляд:

$$\ln t_f = \ln A - E / RT,$$

де K - швидкість реакції; R - газова постійна; T - абсолютна температура; A - константа, що залежить від частоти освіти активованих комплексів реагують сполук; E - константа, яка називається енергією активації.

З огляду на те що швидкість протікання реакцій в дріжджовий клітці перш за все відображається на питомої швидкості їх зростання, а величини A , E і R постійні, можна вважати, що $\ln p = / (1 / 7)$. Дуже важливим є показник енергії активації, значення якого постійно в межах оптимальної температури росту для кожного виду мікроорганізму, але збільшується при переході до низьких і високих температур. Показано, що температурний діапазон зростання грибів, до яких відносяться і дріжджі, складе близько 30°C .

1.6.1 Елективні середовища, що використовуються для забезпечення росту та збереження культури

Таблиця 1.2 Склад поживних середовищ и продуктивність дріжджів при культивуванні на середовищах різного компонентного складу

Компонент ПС, г/л	Варіант середовища						
	ГА др. автол. контроль	I	II	III	IV	V	VI
Глюкоза	10,0	-	-	-	-	-	-
Сок сорго (по РВ)	-	10,0	20,0	30,0	10,0	10,0	10,0
KH_2PO_4	1,0	-	-	-	-	-	-
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5,0	-	-	-	-	-	-
CaCl_2	0,05	-	-	-	-	-	-
KCl	0,15	-	-	-	-	-	-

Mg SO ₄	1,5	-	-	-	-	-	-
Біотин	0,01	-	-	-	0,005	0,01	0,02
Дріжджевий автолізат	10 мл/л	-	-	-	10 мл/л	10 мл/л	10 мл/л
Вода дистильована	до 1000						
Показник продуктивності							
<i>Sacchoromyces cerevisiae</i> раса Лохвитська	2,78±0,25	2,69 ±0,64	4,33 ±0,24	6,21 ±0,18	2,74 ±0,15	2,65 ±0,29	2,95 ±0,09
Ізолят <i>СД-48</i>	3,17 ±0,39	10,4 ±0,11	9,82 ±0,04	9,04 ±0,01	6,25 ±0,21	6,11 ±0,51	6,61 ±0,06

7. Поширення в природі

Генетичні дослідження дріжджів в межах невеликих популяцій показали, що в цілому їх структура відображає адаптацію до різних екологічних ніш. При цьому винні штами утворюють окрему філогенетическую групу з низьким ступенем варіабельності. Відносяться до вільноіснуючих організмів.

РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА

2.1. Характеристика кінцевого продукту

Назва кінцевого продукту виробництва за ДСТУ 4221:2003: Спирт етиловий ректифікований.

Етанол (етиловий спирт) — безбарвна летка, рухлива рідина з алкогольним запахом. Змішується з водою у будь-яких співвідношеннях. Хороший розчинник. Відноситься до групи спиртів. Основна речовина спирту етилового ректифікованого — етанол, формула — C_2H_5OH .

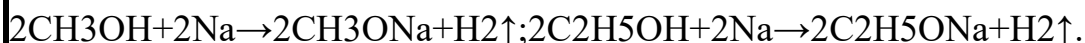
Хімічні властивості

Як і усім органічним сполукам, для спиртів характерна **реакція горіння**:



Інші хімічні властивості спиртів обумовлені їх функціональною групою $-OH$.

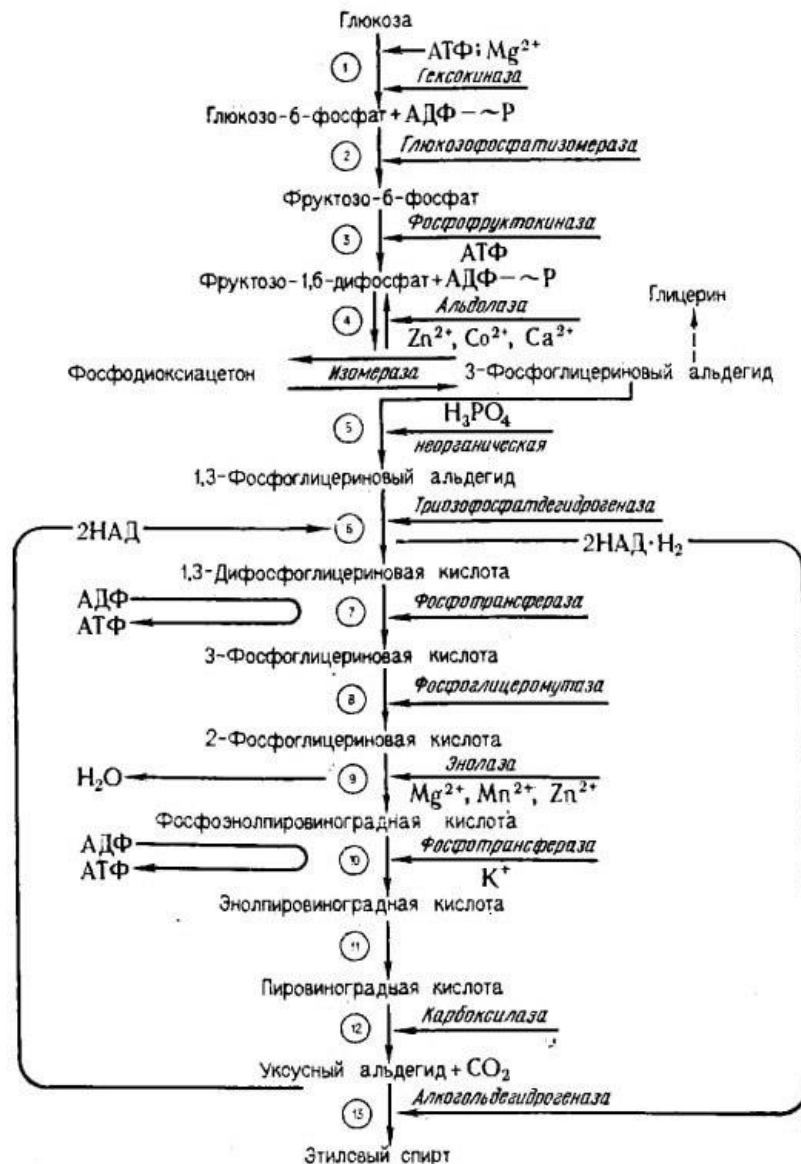
Спирти здатні реагувати з **активними металами** з виділенням водню і утворенням **алкоголятів**.



При нагріванні з концентрованою сульфатною кислотою відбувається **дегідратація** (відщеплення води), і утворюються **алкени**

Спирт етиловий ректифікований призначено для використання в харчовій, парфюмерно-косметичній, мікробіологічній промисловості, а також у медицині, ветеринарії, фармації та інших галузях.[8]

2.2. Схема хімічних перетворень



[15]

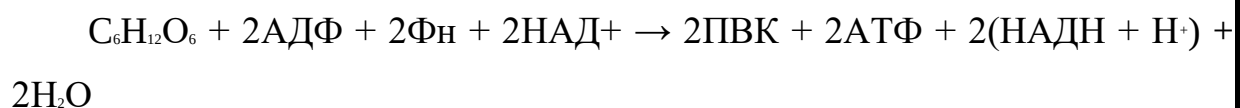
Бродіння називається анаеробний процес перетворення безазотистих органічних речовин мікроорганізмами, при якому відбувається накопичення продуктів неповного окислення (спиртів, органічних кислот, вуглеводів та ін.) і який супроводжується виділенням енергії.

Початкова стадія спиртового бродіння називається дріжджегенерацією: до тих пір, поки в середовищі досить розчиненого кисню, дріжджі інтенсивно розмножуються. Процес зростання біомаси супроводжується

інтенсивним окисленням гексоз до вуглекислого газу і води з високим енергетичним виходом: $C_6H_{12}O_6 + \frac{1}{2} O_2 + 38ADP + 38F_H \rightarrow 6CO_2 + 38ATP + 6H_2O$

З вичерпанням в середовищі кисню дихання слабшає і починається стадія інтенсивного бродіння з утворенням в якості основного продукту етанолу. Швидкість розмноження клітин і приріст біомаси при цьому значно знижуються. [9]

На останній стадії, зброджувані цукру - гексози вичерпуються, а дріжджі використовують полісахарид - глікоген, запасені в клітинах на стадії дріжджегенерації. Безпосередній процес бродіння протікає послідовно в два етапи. Перший етап - загальний для процесу дихання і для бродіння, називається гліколізом. В ході гліколізу відбувається окислення глюкози до піровиноградної кислоти (ПВК) з утворенням двох молекул АТФ і двох молекул відновлювальних еквівалентів (НАДН + H^+).



На другому етапі відбувається ферментативне перетворення ПВК з утворенням різних акцепторів електронів (атомів водню) залежно від типу бродіння і природи продуцентів. У разі спиртового бродіння під дією ферменту піруваткарбоксилази ПВК перетворюється в оцтовий альдегід, який потім виступає в якості акцептора атомів водню, з парним отриманням окислених форм відновного еквівалента (НАД +).

Реакція каталізується ферментом алкогольдегідрогеназою.

Сумарне рівняння спиртового бродіння має вигляд:



Кількість АТФ, необхідну для біосинтезу мікробної маси, однакова, незалежно від того, чи ростуть клітини в аеробних або анаеробних умовах, тому на стадії бродіння для біосинтезу еквівалентної кількості клітинного матеріалу дріжджів необхідно утилізувати значно більше глюкози.

Оптимальні умови проходження хімічних перетворень

Бродіння протікає нормально в кислому середовищі при рН 4-5, В лужному середовищі напрямок бродіння змінюється в бік збільшення виходу гліцерину. Найбільша швидкість бродіння спостерігається при температурі 30 ° С, при 45-50 ° С процес припиняється, так як дріжджі відмирають. Зниження температури уповільнює бродіння, але повністю воно не припиняється навіть при температурах, близьких до 0 ° С.

Етиловий спирт, що накопичується в процесі бродіння, пригнічує життєдіяльність дріжджів вже при концентрації 2-5% (залежно від виду і раси дріжджів). Штами дріжджів, що використовуються в спиртовій промисловості, зберігають життєздатність аж до концентрації етанолу 12-15% (за обсягом). Деякі раси дріжджів більш спиртостійкі і утворюють 16-18% спирт. Отримано раси, які продукують до 20% спирту. Очікується, що подальша робота по створенню нових штамів дріжджів, стійких до ще більш високим концентрація спирту, буде успішною.

Утворення етилового спирту дріжджами- це анаеробний процес, але для розмноження дріжджів потрібен кисень. Сам процес метаболізму, життєздатність клітин, їх зростання, розмноження і утворення спирту залежать від концентрації субстрату, кисню і кінцевого продукту (спирту).

Вимоги, що пред'являються до дріжджів при виробництві алкогольних напоїв, такі: дріжджі повинні швидко розмножуватися, забезпечувати повноту зброджування і високу швидкість процесу, бути спиртостійкі і легко випадати в осад. У виробництві спиртних напоїв найбільш часто застосовують штами дріжджів *S. cerevisiae*, *S. carlsbergensis* і *S. diastaticus*. Дріжджі *S. cerevisiae* (обраний продуцент) ростуть на глюкозі, фруктозі, мальтозі і мальтотріозі, тобто на простих цукрах. Бродіння має йти активно з утворенням спирту в кількості, близькому до теоретичної межі [10]

2.3. Характеристика компонентного складу біотехнологічного препарату, отриманого в процесі реалізації технології

Компонентний склад: Спирт етиловий, етанол 96%, вода 4%

У препараті не допускається загальне число аеробних мікроорганізмів (ТАМС) не більше 102 КУО/мл. загальне число дріжджових та плісневих грибів (ТУМС) 101 КУО/мл. Не допускається наявність *Staphylococcus aureus* в 1 мл. Не допускається наявність *Pseudomonas aeruginosa* в 1 мл.

В даний час для оцінки хімічного складу ректифікованого спирту, спиртових дистилятів, горілок і побічних фракцій спиртового і лікеро-горілчаного виробництва в заводських лабораторіях найчастіше використовують органолептичний аналіз і стандартні методики, засновані на хроматографічному поділі мікродомішок або найпростіші хімічні та фотоколориметричні способи, які не потребують складного обладнання. Вибір відповідного методу детектування контамінантів обумовлений складністю складу аналізованої суміші, наявністю компонентів, що мають близькі характеристики, і вимогами до чутливості визначення. Вміст етилового спирту зазвичай визначається ареометричним методом.

Аналіз етанолу, горілок, дистилятів і етаноловмісних відходів спиртового виробництва проводиться відповідно до стандартизованих методик (ГОСТ 32039-2013, ГОСТ 30536-2013, ГОСТ 31684-2012, ГОСТ р 52363-2005, ГОСТ Р 52473-2005 , ГОСТ р51698-2000), що дозволяють визначити до 30 конгенерів - речовин, які генеруються в ході технології отримання етанолу (альдегіди, прості і складні ефіри, спирти, карбонові кислоти і кетони) . Деякі забруднювачі, що негативно впливають на органолептичні показники готової продукції і шкідливі для здоров'я людини, не виявляється цими способами, що обмежує застосування ГХ-ПІД для моніторингу технологічних порушень та ідентифікації бракованої і фальсифікованої продукції.

В останні роки для підтвердження якості продуктів харчування, в тому числі алкогольних напоїв, активно використовуються методи, що дозволяють досліджувати ізотопи різних елементів. Для виявлення генезису етанолу

досить ефективний метод спектрометрії (радіовуглецевий метод) (ЖССМ) , з високою точністю визначає кількість ізотопу ^{14}C в зразках етилового спирту, що дозволяє безпомилково відрізнити зразок, синтезований з копалин природних матеріалів, від зразка, отриманого ферментативним бродінням з різних видів рослинної сировини. Інший метод, що дозволяє визначати природу етанолу - мас-спектрометрія ізотопних відносин (МСМО), яка оцінює вміст ізотопів вуглецю (^{13}C та ^{12}C) або кисню (^{16}O і ^{18}O). Широке застосування знаходить метод ядерно-магнітного резонансу (ЯМР), що базується на оцінці кількісного співвідношення ізотопів водню і дейтерію D / H ($2\text{H} / 1\text{H}$). [11]

Згідно ДСТУ 4221:2003 спирт етиловий ректифікований має відповідати таким вимогам:

1. Органолептичні показники

Назва показника	Характеристика	Метод контролю
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без сторонніх часток	Згідно з ДСТУ 4181
Колір	Безбарвна рідина	Згідно з ДСТУ 4181
Смак і запах	Характерний для кожного сорту етилового спирту, виробленого із відповідної сировини, без присмаку та запаху сторонніх речовин	Згідно з ДСТУ 4181

2. Фізико-хімічні показники

Назва показника	Норма для спирту				Метод контролю
	«Пшенична сльоза»	«Люкс»	«Екстра»	«Вищої очистки»	

Объемна частка етилового спирту, за температури 20 °С, % не менше	96,3	96,3	96,3	96,0	Згідно з ДСТУ 4181
Проба на чистоту з сірчаною кислотою	звитримує				Згідно з ДСТУ 4181
Проба на окислюваність за температури 20 °С хв, не менше	23	22	20	15	Згідно з ДСТУ 4181
Масова концентрація альдегідів, у перерахунку на оцтовий альдегід в безводному спирті, мг/дм³, не більше	2,0	2,0	2,0	4,0	Згідно з ДСТУ 4181 та ДСТУ 4222
Масова концентрація сивушного масла: пропіловий, ізопропіловий, бутиловий, ізобутиловий та ізоаміловий спирти, в перерахунку на суміш пропілового, ізобутилового та ізоамілового спиртів (3:1:1) в безводному	2,0	2,0	2,0	4,0	Згідно з ДСТУ 4181 та ДСТУ 4222

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК

30

спирті, мг/дм ³ не більше					
Масова концентрація сивушного масла, в перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) в безводному спирті, мг/дм ³ не більше	2,0	2,0	2,0	4,0	Згідно з ДСТУ 4181 та ДСТУ 4222
Масова конценртрація естерів, у перерахунку на оцтовоетиловий естер в безводному спирті, мг/дм ³ не більше	1,5	2,0	3,0	5,0	Згідно з ДСТУ 4181 та ДСТУ 4222
Обємна частка метилового спирту, в перерахунку на безводний спирт, %, не більше	0,005	0,01	0,02	0,03	Згідно з ДСТУ 4181 та ДСТУ 4222
Масова концентрація вільних кислот (без CO ₂), в перерахунку на оцтову кислоту, в безводному спирті, мг/дм ³ ,не більше	8,0	8,0	12,0	15,0	Згідно з ДСТУ 4181

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК

31

Масова концентрація органічних речовин, що омилюються, в перерахунку на оцтовоетиловий естер, в безводному спирті, мг/дм³, не більше	12,0	18,0	25,0	30,0	Згідно з ДСТУ 4181
Проба на фурфурол	витримує				Згідно з ДСТУ 4181
Масова концентрація сухого залишку, мг/дм³, не більше	5,0	5,0	5,0	10,0	Згідно з ДСТУ 4181

[12]

Вода та домішки мають бути практично відсутні.

Для аналізу складу ректифікованого спирту і побічних продуктів брагоректифікації використовуються стандартні методики, засновані на хроматографічному поділі мікродомішок, останнім часом набуває поширення хромато-мас-спектрометрія, серед дослідників запропоновано оригінальні фізико-хімічні методи ідентифікації органічних речовин в системах спиртового виробництва.

Органічні домішки, супутні етилового спирту, зазвичай поділяють на групи відповідно до їх хімічної природи (спирти, кислоти, альдегіди, ефіри, азотисті і сірковмісні сполуки) і поведінки в процесі ректифікації (головні, проміжні, хвостові).

Альдегіди утворюються на різних стадіях отримання етанолу: при бродінні, водно-тепловій обробці сировини, ректифікації. Практично всі альдегіди надають спирту терпкість і пекучість. Присутність в готовому продукті оцтового альдегіду супроводжується різким неприємним запахом, пропіоново-задушливим, масляної та ізовалеріанової кислот - гострим

фруктовим. при переробці доброякісної бражки в спирті-сирці найбільше оцтового альдегіду, при використанні дефектної сировини в готовій продукції можуть з'явитися ненасичені сполуки: кротоновий альдегід і акролеїн, діацетил, що характеризуються особливо неприємним запахом і пекучим смаком. Акролеїн за хімічним впливом дуже активний і легко полімеризується з утворенням гірких смол.

З карбонових сполук необхідно відзначити діацетил і ацетоїн. Обидва сполуки відносяться до продуктів метаболізму дріжджів. Вони впливають на якість та органолептичні оцінки напоїв, реакційноактивні і сприяють новоутворення домішок спирту.

Вищі спирти (компоненти сивушного масла) є побічними продуктами спиртового бродіння. Найбільша кількість компонентів сивушного масла накопичується в зерновій бражці при переробці дефектної сировини. Неприємні задушливі і різкі сивушні тони мають бутиловий, ізобутиловий та ізоаміловий спирти. Ізопропіловий і пропіловий спирти в розбавлених розчинах мають слабкі маслянисто-квіткові тони або з відтінком сірчаного ефіру без особливої пекучості в смаку. У ректифікованому спирті і горілці ці домішки мало помітні навіть при порівняно високих концентраціях (0,5-1 г / л).

Складні ефіри (етилацетат, пропіловий ефір ізомасляної кислоти, ізобутиловий ефір масляної кислоти і ін.) являють собою продукт взаємодії спиртів і кислот, що містяться в бражці. Ці сполуки, утворюються як на стадіях бродіння і дріжджегенерації, так і в колонах брагоректифікаційній установці, надають спирту невластивий фруктовий або квітковий запах.

Летючі кислоти (оцтова, масляна, ізомасляної, пропіонова, валерианова і ін.) є продуктами життєдіяльності дріжджів і інфікують бражку мікроорганізмів. Чим вище культура виробництва, тим менше кислот міститься в зрілої бражці. Навіть незначна кількість цих речовин в готовому продукті різко знижує його органолептичні якості: пропіонова кислота надає

спирту гіркоту, масляна, ізомасляна і валеріанова - запах поту, тривалий неприємний «післясмак».

Метиловий спирт. Утворюється, в основному, в процесі водно-теплової обробки сировини в результаті термічного і біохімічного розщеплення пектинових речовин. В середньому його концентрація в продуктах перегонки в перерахунку на безводний спирт становить 0,05 - 0,5% (в ряді випадків до 1,2%). При застосуванні великих кількостей формаліну з метою антисептичної обробки сировини і обладнання певна кількість його піддається редукції зі боку ферментів дріжджів. Незначна кількість метилового спирту може виникнути і в процесі спиртового бродіння. Метанол, практично не впливає на органолептичні показники готової продукції, має дуже високу токсичність.

Сірковмісні домішки. У напівпродуктах спиртового виробництва зустрічаються сірководень, меркаптани і тіоальдегіди. При використанні зернової сировини можливість утворення сірковмісних метаболітів обмежена, в мелясній бражці концентрація сірководню і меркаптанів більше. При порушенні технології концентрації сірковмісних сполук в готовій продукції зростає внаслідок гнильного розкладу білків сировини і дріжджів.

Джерелом тіоальдегідів може служити сировина, в якій містяться продукти сульфації.

Сірководень і меркаптани мають сильний і неприємний запах, навіть їх незначний вміст різко знижує дегустаційну оцінку ректифікованого спирту (наприклад, метилмеркаптан може бути виявлений по запаху в концентрації $2 \cdot 10^{-9}$ мг / л).

Азотисті сполуки в спиртопродуктах представлені, в основному, аміаком і амінами. Аміак є продуктом розкладання азотовмісних органічних компонентів бражки, крім того, може бути внесений в готовий продукт з парою, що надходять на обігрів ректифікаційних колон. Аміни жирного ряду являють собою алкільні похідні аміаку і подібно до нього є сильними

основами. Присутність азотовмісних речовин в готовій продукції знижує її дегустаційні показники (запах триметиламіну і аміаку відчувається в спирті при концентраціях 0,01 мг / л, а при концентраціях 0,1 мг / л (спирт має різко виражений гнильний запах і неприємний в'язкий терпкий смак). [13]

2.4. Методи очистки цільового продукту

Для очищення спирту використовуються в основному такі методи як:

1. Сорбція
2. Ректифікація
3. Дистиляція

2.4.1. Метод сорбції

Сорбція (лат. *sorbere* — поглинати, всмоктувати) — поглинання твердим тілом або рідиною різноманітних речовин (рідин або газів) із навколишнього середовища.

Для вилучення розчинених речовин з сортування зазвичай використовують тверді адсорбенти, з допомогою яких можуть бути видалені практично будь-які органічні сполуки. Найбільшого поширення в харчовій промисловості отримало активоване вугілля, що володіє широким спектром адсорбційної активності.

Добре адсорбуються активним вугіллям молекули з довгим вуглецевим ланцюгом, ароматичні сполуки, заміщені вуглеводні, в тому числі:

- вищі спирти: ізопропіловий, ізобутиловий, ізоаміловий, бутиловий, ізоаміловий, гексиловий і інші;
- карбонові кислоти: пропіонова, масляна, ізомасляна, валеріанова, ізовалеріанова і інші;
- складні ефіри: етилацетат, ізоамілацетат, етілпропіонат і ін.

Негативною властивістю активного вугілля є його каталітичний вплив, особливо на реакцію окислення спирту і деяких його домішок. В

процесі обробки активним вугіллям відбувається окислення ненасичених з'єднань і спиртів, реакції етерифікації і омилення складних ефірів. Наростання змісту альдегідів в спирті відбувається найінтенсивніше при високій активності вугілля і при низькій швидкості пропускання. Окислення спирту відбувається киснем, що містяться в порах «свіжого» вугілля. Тому застосування активного вугілля можливо в умовах безперервного пропускання рідини, що очищається через шар не менше 2-3 м і високій швидкості фільтрації (не менше 40 дал / год) [13].

2.4.2. Метод ректифікації

В основі процесу ректифікації лежать фізичні закономірності, згідно з якими пар, що утворюється при кипінні рідини, що представляє собою суміш компонентів з різними температурами кипіння, має склад, що відрізняється від складу рідини. При цьому пар виявляється збагаченим компонентами, що мають температуру кипіння менше температури кипіння рідини (низькокиплячими, легкими), і збіднений компонентами, що мають більш високу температуру кипіння (високою температурою, важкими). Тиск пари над киплячою рідиною при цьому складається з тисків парів всіх компонентів (парціальних тисків) при температурі кипіння рідини.

Разом з тим існують суміші компонентів, при кипінні яких склад пара дорівнює складу рідини. Такі суміші називаються азеотропними і можуть бути як дво-, так і багатокомпонентними. Типовим прикладом двухкомпонентної азеотропної суміші є суміш «етанол - вода», що утворює азеотроп при масовому вмісті води в спирті 4,43% і має температуру кипіння 78,15 ° С, тоді як температура кипіння безводного спирту трохи вище 78,39 ° С.

Ректифікацію зазвичай здійснюють в апараті, що представляє собою колону, обладнану додатковими апаратами: кип'ятильником (кубом) і конденсатором (дефлегматором). Власне колона має вигляд вертикально встановленої конструкції з круглим або рідше прямокутним перетином.

У нижній частині колони обладнаний кип'ятильник, який може мати вбудовану або виносну конструкцію. У першому випадку колона встановлюється безпосередньо на кип'ятильник і конструктивно становить з ним одне ціле. У другому - кип'ятильник конструктивно оформляється у вигляді окремого апарату, приєднаного до низу колони технологічними трубопроводами.

Аналогічно і конденсатор може встановлюватися безпосередньо на верху колони або конструктивно розташовуватися окремо від неї.

Процес ректифікації відбувається в умовах взаємодії потоку рідини, що стікає вниз по колоні, і пара, що піднімається вгору. При такому контакті пара і рідини відбувається збагачення пари легкокиплячими компонентами суміші і, відповідно, збагачення рідини важкокиплячими компонентами. Виробництво пара в колоні забезпечується кип'ятильником колони, і його кількість визначається інтенсивністю обігріву кип'ятильника. Пара, що піднімається в колоні і виходить з її верху, конденсується в конденсаторі. Одержуваний конденсат частково відбирається як верхній продукт ректифікації, а що залишається частина повертається на верх колони для її зрошення з метою створення протитічного контакту пара і рідини.

При використанні дефлегматора зазвичай конденсується тільки частина парового потоку, що минає з верху колони, яка повністю надходить на зрошення. Що залишається частина пара конденсується в додатковому конденсаторі і відбирається як верхній продукт колони ректифікації. Зрошення колони при цьому визначається тепловим навантаженням на дефлегматор, т. Е. Витратою використовуваного теплоносія і його параметрами: температурою і теплоємністю. Перевага застосування дефлегматора - додаткове збагачення одержуваного верхнього продукту легкокиплячими компонентами, що досягається при частковій конденсації парового потоку. Недоліком же є необхідність використання більш складного

апаратного оформлення в порівнянні з виносним конденсатором, оскільки дефлегматор конструктивно пов'язаний з верхом колони.

У будь-якому процесі при контакті парової і рідкої фаз обидві фази прагнуть прийняти стан термодинамічної рівноваги, в якому температури фаз рівні і склад пара є рівноважним складом рідини. У цьому стані складу контактує пара має дорівнювати складу пара киплячій рідини при заданому тиску і відповідній температурі кипіння. При цьому швидкість переходу в стан рівноваги прямо пропорційна поверхні контакту фаз, а також рушійною силою процесу, що характеризує відхилення системи «пар - рідина» від стану рівноваги.

У стані рівноваги складу контактуюча пара дорівнює складу пару киплячій рідини, тому саме різниці відповідних концентрацій у цих складах зазвичай і приймають для вираження рушійної сили процесу наближення нерівноважних фаз до стану рівноваги. Перехід в стан рівноваги супроводжується передачею компонентів між фазами, внаслідок якої склади контактуючих фаз прагнуть до рівноважних. Для характеристики цього процесу додатково вводять поняття коефіцієнтів масопередачі, які враховують вплив фізичних властивостей контактуючих фаз на швидкість наближення до стану рівноваги.

Взагалі кажучи, коефіцієнт масопередачі між фазами повинен бути віднесений до одиниці поверхні контакту фаз. Однак з урахуванням складності визначення цієї поверхні часто використовують поняття об'ємного коефіцієнта масопередачі, віднесеного до одиниці об'єму, займаного контактуючими фазами, який істотно простіше визначити в експериментальних дослідженнях.

Таким чином, для інтенсифікації масообміну в колоні необхідно забезпечити в ній досить велику поверхню контакту між парою і рідиною. З

цією метою всередині колони встановлюють спеціальні конструктивні елементи, що забезпечують збільшення поверхні контакту фаз.

За своїми конструктивними особливостями більшість використовуваних в промисловості колон може бути віднесено до одного з двох основних типів: насадок і тарілчасті.

У насадок колонах порожнину колони заповнюється насадкою, що представляє собою тіла різної форми, виготовлені з кераміки, скла, металу, пластмас. Насадку завантажують на спеціально встановлені по висоті колони опорні решітки або навалом (нерегулярна насадка), або укладають або монтують в жорсткі структури (регулярна насадка). Зрошуюча рідина розтікається по поверхні елементів насадки, що має забезпечити розвинену поверхню контакту з висхідним потоком пара. Основною проблемою при використанні насадок колон є рівномірний розподіл рідини в обсязі насадки. З цією метою застосовують спеціальні зрошуючі пристрої, що розподіляють рідину по верхньому перетину насадки, що може істотно ускладнити конструкцію насадок колони.

У тарілчастих колонах для створення умов масообміну використовуються спеціальні пристрої - тарілки, що встановлюються на певній відстані по висоті колони. Існує величезна кількість конструкцій тарілок, що реалізують різні режими контакту пара і рідини, проте всі ці розмаїття в основному зводиться до двох основних типів: переточні і провальні.

Провальні тарілки представляють собою перфоровані пластини, що перекривають перетин колони. Рідина, що стікає вниз по колоні, провалюється в отвори перфорації на розміщену нижче тарілку, а пар, що піднімається вгору, проходить через ті ж отвори. При цьому на тарілці

утримується деяка кількість рідини, яке залежить від парового потоку. Массообмін між парою і рідиною забезпечується при барботажі пари через шар рідини на тарілці і його інтенсивність прямо залежить від висоти цього шару. Недоліком цього типу тарілок є відносно вузький діапазон навантажень колони по пару, оскільки при малих витратах пара рідина на тарілках практично не утримується, а при високих витратах пара може статися захлинання колони через надмірну затримки рідини на тарілках. Тому для розширення робочого діапазону навантажень колони з провальними тарілками на отворах тарілок встановлюють клапанні конструкції, автоматично змінюють прохідний перетин тарілки в залежності від витрати пари.

На переточних тарілках рідина перетікає по площі тарілки, а пар барботують через неї. Для організації руху рідини тарілки обладнуються переливними пристроями - переливним і прийомним кишнями. Висота шару рідини при цьому визначається висотою переливної перегородки. Барботажа пара через поточну по тарілці рідина забезпечується через отвори в площі тарілки, на яких можуть встановлюватися клапани або ковпачки, що запобігають провал рідини. Природно, що при використанні простих перфорованих тарілок або таких, але обладнаних клапанними елементами, навантаження колони по пару повинна забезпечувати відсутність істотного провалу рідини через перфорацію тарілки. Для тарілок ж, обладнаних спеціальними ковпачками, обмеження на мінімальний витрата пара не існує. При здійсненні процесу ректифікації зазвичай використовують два основні режими роботи колон: періодичний і безперервний.

Періодичну ректифікацію застосовують для поділу певної кількості вихідної суміші, зазвичай відразу завантажується в куб колони відповідної ємності. Продукти поділу відбирають після конденсації парового потоку, що відводиться з верху колони. Частина конденсату відбирають як продукт-

дистилят, а що залишається частина повертають на зрошення колони. Ставлення зрошення до відбору називається флегмовое числом R . Роздільна здатність колони істотно залежить від флегмового числа і досягає максимуму при його нескінченно велике значення, т. Е. При роботі колони без відбору верхнього продукту - в режимі повного зрошення, або нескінченної флегми.

На початку процесу періодичної ректифікації, як правило, використовують режим повного зрошення до тих пір, поки температура пара, що відводиться з верху колони встановиться на постійному мінімальному значенні, відповідному температурі кипіння самої легколетучего фракції вихідної суміші. Після початку відбору температура відводиться пара починає підвищуватися, і її значення служить характеристикою складу фракції, що відбирається в даний момент, що дозволяє відповідним чином розподілити відбираються частини дистиляту. Таким чином, з вихідної суміші спочатку відганяються легкі низькокиплячі компоненти вихідної суміші, а в міру збільшення загальної частки відбору відбираються більш важкі компоненти, з високими температурами кипіння.

Відмітна особливість періодичної ректифікації - нестационарний режим роботи колони протягом усього циклу розгону вихідної сировини, завантаженого в куб. При цьому в часі змінюється не тільки температура пара, що відбирається з колони, а й температура в кубі колони, а також розподіл температур по висоті колони. Ця обставина може бути також використано для побудови більш ефективної тимчасової програми поділу, включаючи програму зміни відбору в процесі відгону різних фракцій.

При безперервної ректифікації вихідна сировина подається в колону безперервним потоком, а продукти поділу також безперервно відбираються у вигляді дистиляту і кубового залишку - відбору з кип'ятильника. Можлива також організація відборів проміжних фракцій по висоті колони в рідкій або

паровій фазі. Якщо ведеться відбір парових потоків, то колона, природно, повинна бути обладнана додатковими конденсаторами.

У будь-якому випадку сумарний відбір з колони в одиницю часу повинен бути в точності дорівнює кількості вихідної сировини, що подається в колону, що забезпечується зазвичай відповідними схемами автоматичного управління, особливо необхідними при можливих коливаннях потоку і складу вихідної сировини.

При безперервній ректифікації вихідна сировина зазвичай подають в певний перетин колони, зване точкою введення харчування колони. Положення точки введення харчування, при якому досягається максимальна роздільна здатність колони, взагалі кажучи, залежить від кількості і складу суміші, яка подається на поділ. Тому іноді в конструкції колони передбачаються кілька можливих введів харчування, розташованих на різній висоті, з яких в процесі експлуатації і вибирається найкращий. Секцію колони, розташовану нижче точки введення харчування, прийнято називати відпарною секцією, а ту, яка вище, - зміцнює. Колони з одним вводом харчування без бічних відборів прийнято називати простими колонами, а з бічними відборами або декількома вводами різних сировинних потоків - складними.

У порівнянні з періодичною безперервна ректифікація має таку перевагу, що при її використанні легше забезпечити сталість вмісту одержуваних продуктів поділу, оскільки при постійному потоці вихідної сировини і його постійному вмісті режим колон безперервної ректифікації близький до стаціонарного і всі параметри колон, включаючи склади продуктів поділу, практично не змінюються в часі. Тому в промислових виробництвах, як правило, використовують безперервні процеси ректифікації, так як саме вони

забезпечують стабільну якість продуктів поділу при високій продуктивності.
[14]

2.4.3. Метод дистиляції

Дистиляція - метод поділу рідин, заснований на розходженні в температурі кипіння. Суть технології полягає в випаровуванні рідини і її подальшому конденсації. У процесі кипіння молекули рідини випаровуються і проходять по трубці, де пара охолоджується і конденсується, тобто знову перетворюється в вихідну рідину, але вже чисту. Солі та інші домішки залишаються в першій колбі, а додаткові рідини випаровуються окремо від вихідної рідини через різницю в температурі кипіння

Найбільш оптимальним методом очищення спирту є ректифікація через те, що вона є єдиним способом отримати максимально чистий продукт.

5. Механізми впливу цільового продукту на біохімічні процеси

Етанол і його метаболіти є незамінними учасниками гомеостатичних механізмів. Для оцінки метаболічної значущості етанолу, слід зіставити його рівень в крові і тканинах з вмістом відомих субстратів - учасників обміну речовин в організмі людини і тварин.

Це дає можливість переконатися, що з урахуванням відносно малою молекулярною маси етанолу, він легко поміщається в один ряд з проміжними продуктами вуглеводного і білкового обміну. Роль пари етанол / ацетальдегід в підтримці гомеостатичних функцій обміну речовин подібна до тієї, яку виконують в організмі відносини глюкоза / глюкозо-6-фосфат і лактат / піруват в контролі реакцій гліколізу і стабілізації рівнів інтермедіатів гліколізу.

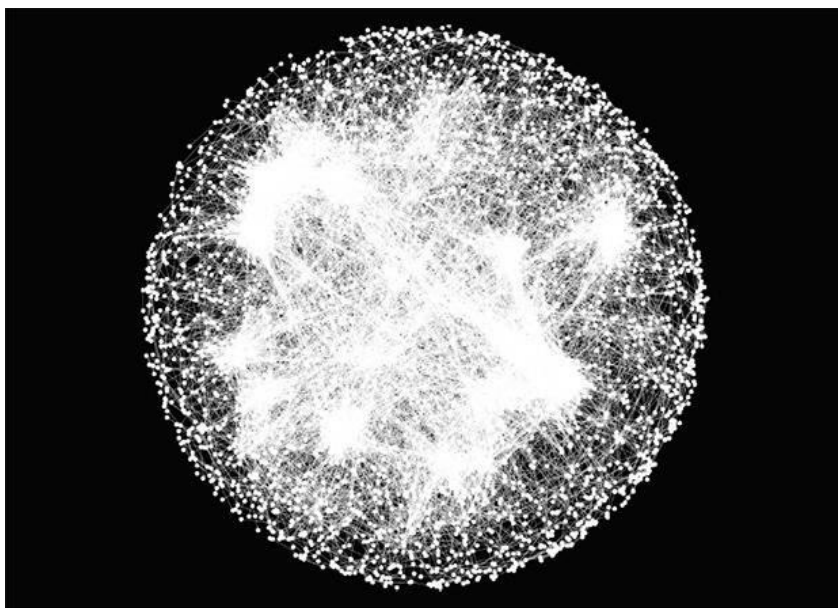
Кількість пірувату в тканинах на 2-3 порядки нижче, ніж лактату, але сам піруват, як і ацетальдегід, високо реакційноздатен. При мінливих метаболічних ситуаціях рівень пірувату зміщується в значно

Вміст деяких з'єднань і ендogenous етанолу в крові і печінці в меншому ступені, ніж рівень лактату, що, безсумнівно, свідчить про велику значимість в обміні речовин першого, а не другого з'єднання. Тому лактат розцінюється як буферний метаболічний глухий кут, нівелює коливання пірувату. З таких же позицій система етанол / ацетальдегід - аналогічний контрольний пункт для двухвуглецевих з'єднань і самого ацетальдегіду. Така оцінка взаємин етанол / ацетальдегід цілком задовільно пояснює лабільність рівня ендogenous етанолу при самих різних впливах. Таким чином, ендogenous етанол виконує роль буфера, що знаходиться в рівноважних динамічних стосунках зі своїм вельми активним попередником - ацетальдегідом. Також етанол працює як буферний резерв для ацетальдегіду, нівелюючи коливання, які неминуче виникають у зв'язку з синусоїдальним характером перебігу багатоланкових ланцюгових реакцій в обміні речовин [16].

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРОДУЦЕНТІВ

3.1. Генетична вивченість біологічного об'єкту

3.1.1. Наявність генетичних карт продуценту або типового представника групи.



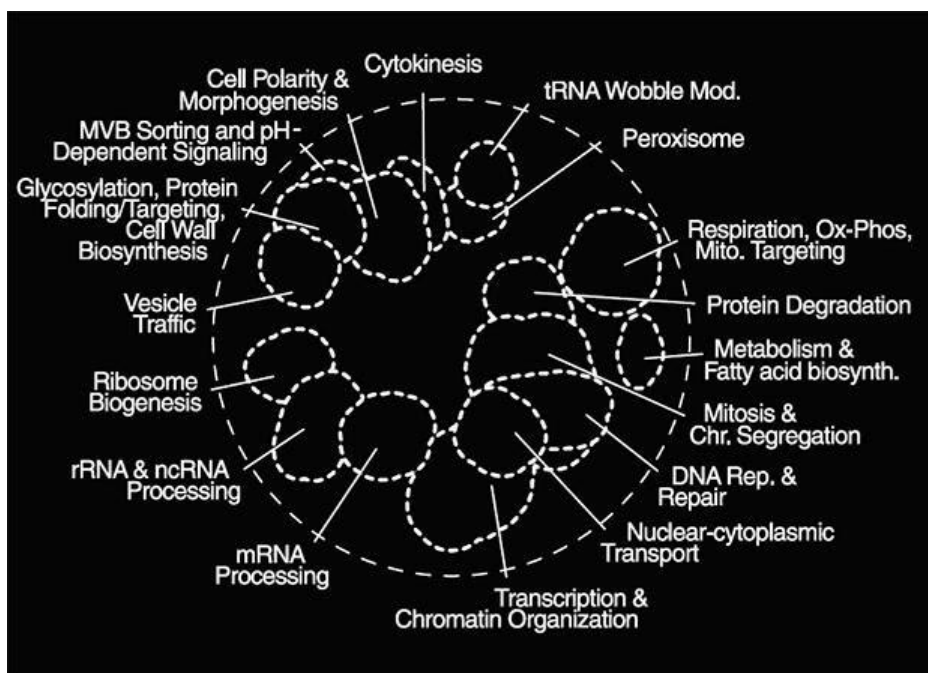
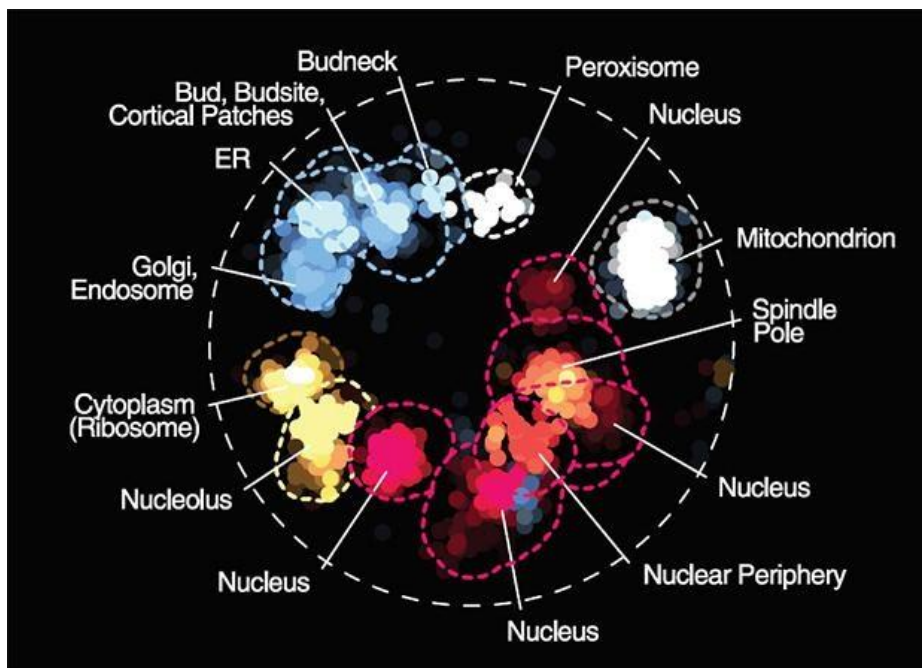
Комутаційна схема генетичних взаємодій *S. Cerevisiae*

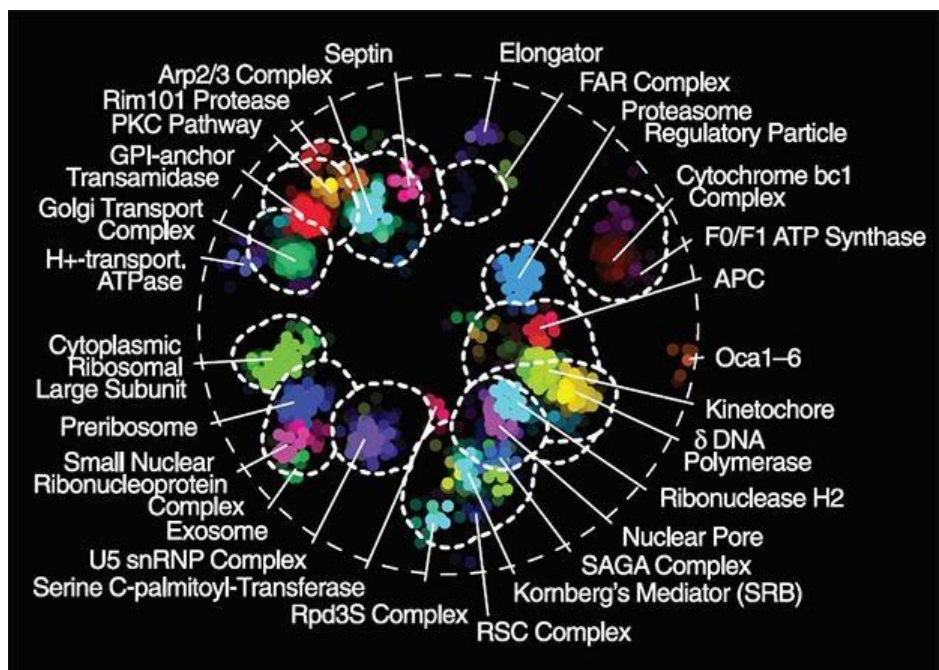
Michael Costanzo et al, Science, 2016

Дослідникам вдалося виявити близько мільйона генетичних взаємодій, що охоплюють до 90 відсотків всього дріжджового геному. Приблизно 550 тисяч з них були негативними, тобто приводять до порушень життєдіяльності або загибелі клітини, а близько 350 тисяч - позитивними (корисними). Вузлами мережі цих взаємодій передбачувано опинилися есенціальні гени, без яких організм жити не може (у дріжджів їх близько тисячі) - у них спостерігалось у п'ятеро більше взаємодій, ніж у інших генів.

Негативні взаємодії переважно пов'язували гени зі схожими функціями, ставилися до ключових клітинним процесам і виявляли плеiotропні (мають

множинне дію) гени, а позитивні частіше представляли собою регуляторні, а не функціональні зв'язки між генами. [17]





Ділянки карти, що відповідають біохімічним шляхам

Michael Costanzo et al, Science, 2016

Таблиця 3.1. Загальна структура геному дріжджів [18]

Наслідування	Менделев-ське	Неменделевське						
Нуклеїнові кислоти	Двухникові ДНК			Двухниткові РНК				
Локалізація	Ядро		Цитоплазма					
Генетичні детермінанти	Хромосоми	2 мк м плазміда	Мітохондріальна ДНК	РНК-вмісні віруси				
				L-A	M	L-BC	T	W
Відносна кількість	85%	5%	10%	80 %	10 %	9%	0,5 %	0,5%
Число копій	2 комплекта по 16	60-100	~50 (8 -130)	10 3	170	15 0	10	10

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК

47

Размер (т.п.н.)	13392 (230-2352)	6,318	70-76	4,57 1,8 4,6 2,7 2.2 6 5	
Дефект у ы мутанто в	Різноманіт ні	Не помічен і	По цитохромам aa ₃ и b	По кіллер- токсину	Не помічені
Визначення для нормаль- ного стану (дикий тип)	<i>YFG1⁺</i>	<i>cir⁺</i>	<i>⁺ (rho⁺)</i>	<i>KIL-</i> <i>k_i</i>	
Визначення для мутанті в або варіантів	<i>yfg1-1</i>	<i>cir^o</i>	<i>(rho)</i>	<i>KIL-</i> <i>o</i>	

3.1.2. Вивченість механізмів експресії генів, відповідальних за синтез цільового продукту, індукторів та репресорів процесу синтезу.

Основним дисахаридом при гідролізі крохмалю є мальтоза, а основним компонентом меляси - сахароза (до 54-63%). Крім того, до складу меляси входить трисахарид рафінози, для повного гідролізу якого необхідна наявність у дріжджів двох ферментів: β -фруктозидази і α - галактозидази. Тому для спиртових дріжджів важливою ознакою є здатність ферментувати мальтозу, сахарозу і мелібіози. Алкогольна ферментація дріжджами *Saccharomyces* зазначених цукрів контролюється, відповідно, полімерними генами MAL, SUC і MEL, які розташовані в теломерних областях різних хромосом і можуть накопичуватися в певних штаммах, тим самим приводячи до інтенсифікації процесу ферментації (Hohmann 1987; Naumov et al. 1990, 1994b , 1996c, d).

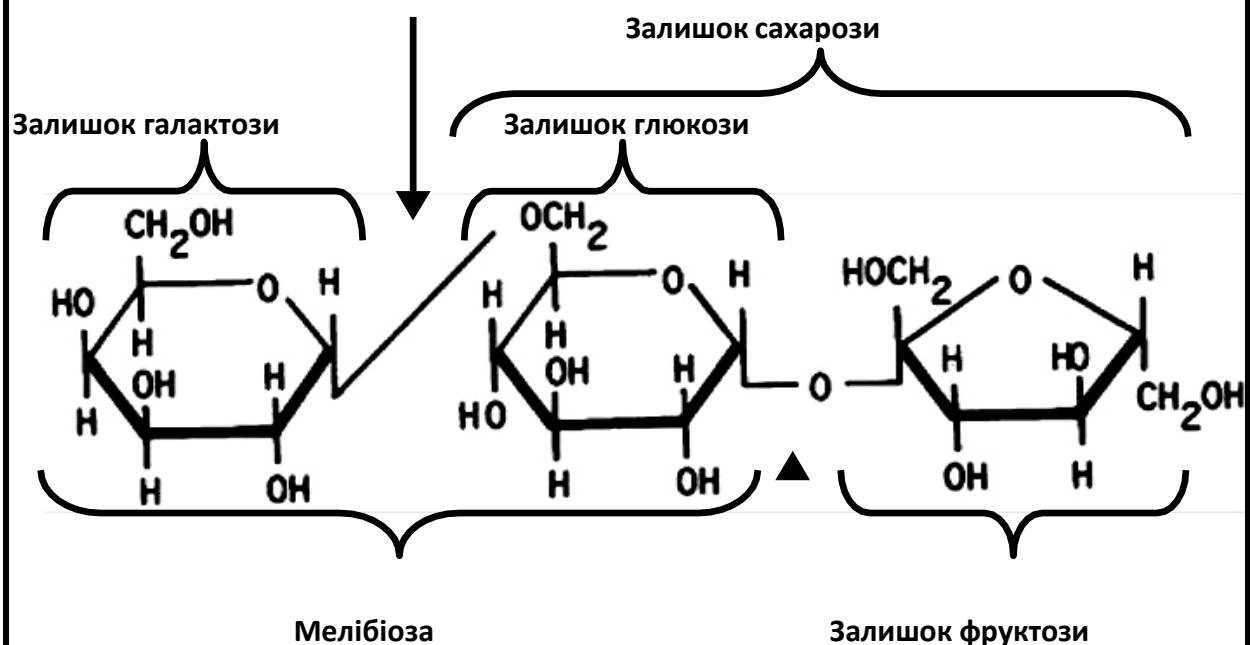
Ферментація цукрів у дріжджів *Saccharomyces* контролюється родинами полімерних генів, розташованих в субтеломерних районах хромосом -

найбільш динамічних ділянках дріжджового геному (Mortimer et al. 1992). Розглянемо важливі для спиртових дріжджів сімейства полімерних генів SUC, MAL і MEL, що відповідають відповідно, за ферментацію сахарози, мальтози і мелібіози.

2.1. β -Фруктозидазні гени SUC ферментації сахарози

Сахароза – поширене природне джерело вуглецю для дріжджів *Saccharomyces*. Гідроліз цього дисахариду до глюкози і фруктози зазвичай здійснюється за рахунок ферменту інвертази (β -фруктозидази) (рис. 3.1).

Розщеплення α -галактозидазою



Розщеплення β -фруктозидазою

Рис. 3.1 Будова молекули рафінози.

Ферменти, що володіють β -фруктозидазною активністю, відносяться до сімейств GH32 (прокаріотичні і еукаріотичні сахарази і фруктанази) і GH68 (бактеріальні левансахарази). Згідно порівняльного аналізу

амінокислотних послідовностей, представники зазначених родин мають подібні за структурою олігопептидні блоки, що дозволило об'єднати сімейства GH32 і GH68 в β -фруктозидазне суперсімейство (Наумов і Дорошенко 1998). У рідкісних штамів сахароза може гідролізуватися внутрішньоклітинною α -глюкозидазою (мальтаза) (Наумов і Наумов 2012). В результаті транскрипції гена SUC2 дріжджів *S. cerevisiae* утворюються дві форми ферменту: внутрішньоклітинна неглікозильована інвертаза невідомої функції і періплазматична глікозильована інвертаза, необхідна для гідролізу сахарози (Carlson & Botstein 1982.). Сімейство полімерних генів SUC представлено дев'ятьма генами, розташованими на різних хромосомах: SUC1 (хр. VII), SUC2 (IX), SUC3 (II), SUC4 (XIII), SUC5 (IV), SUC7 (VIII), SUC8 (X), SUC9(XIV) і SUC10 (XVI). За винятком SUC2, ці гени локалізовані в високо мобільних субтеломірних районах хромосом (Carlson & Botstein 1982, 1983; Carlson et al. 1995; Sarokin & Carlson 1985, 1986; Mortimer et al. 1992; Наумов і Наумова 2010 а, б). Єдиний нетеломірний ген SUC2 локалізована на відстані близько 14 т.п.н. від субтеломерних послідовностей лівого плеча хромосоми IX (Mortimer et al. 1992). Ген SUC2, або його нефункціональний алель *suc20*, є у всіх вивчених природних та індустріальних штамів

S. cerevisiae (Carlson & Botstein 1982, Naumov et al. 1992 року, 1996с; Naumova 2003; Ness & Aigle 1995; Denayrolles et al. 1997). На початку кодує області псевдогена *suc20* виявлений стоп-кодон (Gozalbo & Hohmann 1989).

Вважається, що ген SUC2 є вихідним (предковим) геном, від якого відбулися інші гени SUC шляхом дуплікації (Carlson & Bostein 1983). Утворився теломерной локус SUC в ході еволюції міг переміститися на різні хромосоми дріжджів за рахунок рекомбінації гомологічних послідовностей (Carlson & Bostein 1985).

Порівняльний аналіз нуклеотидних послідовностей полімерних генів SUC1, SUC2 і SUC4 не виявив делецій і вставок окремих нуклеотидів (Gozalbo & Hohmann 1989a). Серед нуклеотидних замін, які спостерігаються в кодує області вивчених генів SUC, переважали транзиції 3-T (Hohmann & Gozalbo 1989).

Показано, що культурні дріжджі *S. cerevisiae*, що володіють додатковими теломірними генами SUC1, SUC3-SUC5 і SUC7 в різних комбінаціях, часто зустрічаються серед спиртових, пекарських, пивних і винних дріжджів (Ness & Aigle 1995; Naumov et al. 1996c; Denayrolles et al. 1997; Codón et al. 1997). У деяких популяціях, незважаючи на втрату активного гена SUC2, може мати місце стабілізація фенотипу Suc + за рахунок полімерії генів SUC, наприклад, у штаму DBVPG 1340: suc20 SUC10 (Наумов і Наумова 2010a). Відомо, що промислові штами *S. cerevisiae* вирощують на мелясі, що містить β -фруктозид-сахарозу та раффінозу. Тому наявність полімерних генів SUC у цих штамів може бути результатом природної селекції. Більшість винних штамів, вирощуваних на виноградному суслі, що не містить сахарозу в істотному кількості, мають тільки один ген - SUC2 (Naumov et al. 1996a; Denayrolles 1997; Nadal 1999; Biddenne 1992). У сучасному виноробстві при певних умовах допускається додавання сахарози в виноградне сусло, а для отримання сухих препаратів стартових винних дріжджів використовується меляса (Мартиненко 2006). Це може пояснити рідкісне виявлення винних штамів *S. cerevisiae* з декількома генами SUC. Полімерні гени SUC, перш за все, необхідні для росту дріжджів на сахарозі, а також її ферментації при виготовленні ігристих і плодово-ягідних вин, сидру і хліба. Крім того, препарати β -фруктозίδαзи застосовуються в технологічних процесах, де необхідна інверсія сахарози: в лікєро-горілчаній та, особливо, безалкогольній промисловості при приготуванні інвертних сиропів, а

також в якості антикристалізатора при приготуванні плодово-ягідних морсів, соків, в хлібопеченні, в кондитерській промисловості для підсолоджування сахарози (Грачова і Кривова 2000).

При вивченні стійкості дріжджів до токсичних речовин, що містяться в мелясі, були ідентифіковані полімерні гени RTM (від англ. Resistance to Toxic Molasses) (Ness & Aigle 1995). Було показано, що гени RTM тісно зчеплені з теломерной генами SUC, а послідовність SUC-RTM локалізована між X- і Y'-субтеломерними послідовностями. Гени RTM в багатьох копіях виявлені у спиртових, пекарських і пивних штамів дріжджів *Saccharomyces* і, як правило, відсутні у винних штамів (Ness & Aigle 1995; Naumov et al. 1996c; Denayrolles et al. 1997). Наявність генів RTM не впливає на здатність дріжджів ферментувати сахарозу. Спільна еволюція генів SUC і RTM, мабуть, пов'язана з присутністю токсичних метаболітів в субстратах, що містять сахарозу в якості джерела вуглецю, включаючи мелясу (Denayrolles et al. 1997).

Порівняльний аналіз генів біологічних видів роду *Saccharomyces* показав, що найбільш мінливими є теломерні райони хромосом, в яких локалізовані і гени SUC, контролюючі ферментацію сахарози (Kellis et al. 2003). Гени SUC з хромосомної локалізацією, аналогічної гену SUC2 дріжджів *S. cerevisiae*, виявлені у дріжджів *S. bayanus*, *S. kudriavzevii*, *S. mikatae* і *S. paradoxus*, тоді як у *S. cariocanus* він розташований в хромосомі XV, в області реципрокної транслокації (Kellis et al. 2003; Коршунова та ін. 2005). В даний час відомо лише чотири штами дріжджів *S. arboricola*, ізолюваних в континентальному Китаї і на Тайвані (Wang & Bai 2008; Naumov et al. 2013). Хромосомна локалізація гена SUC у цих дріжджів до теперішнього часу не відома.

Полімерні гени MAL, контролюючі ферментацію мальтози.

У дріжджів *S. cerevisiae* існує два типи α -глюкозидази. Мальтаза відповідає за гідроліз α -1,4-глюкозидов (мальтоза, тураноза), а ізомальтоза - за гідроліз і ферментацію α -1,6-глюкозидов (α -метілглюкозид, ізомальтоза) (Наумов і Наумов 2012). Ознака ферментації мальтози важлива для культурних дріжджів *S. cerevisiae*, вирощуваних на середовищах, що містять цей цукор. Ферментація мальтози у дріжджів *S. cerevisiae* контролюється, по меншій мірі, п'ятьма полімерними локусами MAL: MAL1 (локалізована в хромосомі VII-R), MAL2 (III-R), MAL3 (II-R), MAL4 (XI-R) і MAL6 (VIII-R) (Charron et al. 1986; Charron et al. 1989; Chow et al. 1989; Mortimer et al. 1992; Barnett 1981). Локуси MAL розташовані в субтеломірній області хромосом (Прайд і Льюїс 1997). Кожен з локусів MAL складається з трьох тісно зчіплених генів, що кодують пермеаз мальтози (GENE1), α -глюкозидази / мальтазу (GENE2) і регуляторний ген MAL-активатора (GENE3) (Cohen et al. 1985; Charron et al. 1986; Needleman 1991; Наумов та ін. 1989 б; Naumov et al. 1994а. Генетичний і молекулярний аналіз штамів, зброджуючих і не зброджуючих мальтозу, дозволив простежити еволюцію локусів MAL в природних популяціях дріжджів *S. cerevisiae* і *S. paradoxus* (Наумова та ін. 1994а, б; Naumov et al. 1994а). Згідно каріотипному аналізу багато штамів, ймовірно, є анеуплоїдними. Виявлено накопичення полімерних генів SUC і MAL у спиртових штамів *S. cerevisiae*. Накопичення полімерних генів ферментації цукрів може мати адаптивне значення і приводити до збільшення ферментаційної активності штамів. При гібридизації штамів незалежного походження можна розраховувати на ефект міжштаммового гетерозису. Полігенний кумулятивний контроль кількісних ознак і генетична різноякісність не близьких за сімейством штамів є генетичною основою внутрішньовидової гетерозису. Дійсно, деякі вивчені нами міжштамові гібриди перевершували по ферментативній активності батьківські штами і були

здатні рости при підвищених температурах. Отримані гібриди представляють інтерес для подальших молекулярно-генетичних досліджень і селекційних розробок.

[19]

3.2. Загальні методи створення високопродуктивного промислового продуценту

3.2.1. Використання природного та штучного добору для отримання промислових продуцентів

Одним із способів здешевлення і інтенсифікації промислового отримання етилового спирту, є високотемпературна алкогольна ферментація. У зв'язку з цим, актуальним є відбір і селекція терmostійких штамів *S. cerevisiae*, що володіють хорошою ферментаційною активністю. На підставі молекулярно-генетичного скринінгу дріжджів

S. cerevisiae, виділених в країнах з жарким кліматом були відібрані штами, здатні рости при підвищених температурах (42°C і 43°C) і володіють хорошою ферментаційною активністю. У штамів *S. cerevisiae* різного походження можна очікувати значну дивергенцію на генному рівні, що може призводити до гетерозисних селекційному ефекту при їх гібридизації. Дійсно, вивчені нами міжштамові гібриди між спиртової расою XII7 і відібраними природними терmostійкими штамами перевершували по ферментативної активності батьківські культури і були здатні рости при підвищених температурах. Отримані результати показали, що міжштамова гібридизація - ефективний метод створення спиртових штамів *S. cerevisiae*, що поєднують терmostійкість і високу ефективність алкогольної ферментації.

3.2.2. Використання індукованого мутагенезу:

Для отримання штамів дріжджів з необхідними властивостями найбільш перспективним виявився метод гібридизації, так як при схрещуванні двох батьківських видів можна підібрати раси із заздалегідь відомими властивостями (Маринченко та ін. 1981; Устінніков і Яровенко 1973; Рухлядева 1974; Наумов та ін. 2006).

3.2.3. Використання методів генної та клітинної інженерії

Для селекції спиртових дріжджів *S. cerevisiae*, що поєднують терmostійкість з високою ферментаційною активністю, перспективним є використання міжштамової гібридизації. При гібридизації штамів різного походження можна розраховувати на ефект міжштамного гетерозису (Наумов та ін. 2006). На основі гібридизації та подальшого мейозу можна об'єднати в одному виробничому штамі різні ознаки, властиві батьківським штамів. В результаті гібридизації і рекомбінації в виробничі штами були перенесені гени ферментації сахарози, мальтози, мелібіози і розчинного крохмалю, флокуляції, утворення терпенів (мускатний аромат) і інших ознак (Stewart & Russel 1986; Tsai Chen-ko et al. 1978; Lahtchev et al. 1991; Javelot et al. 1991). Беручи до уваги, що для біотехнологічного отримання спирту використовується крохмалвмісна сировина і відходи цукрового виробництва, для спиртових дріжджів важливою ознакою є здатність зброджувати мальтозу, сахарозу і мелібіози.

Показано, що міжштамова гібридизація є ефективним методом селекції спиртових штамів *S. cerevisiae*, що поєднують терmostійкість і високу ферментаційну активність. Гібриди між спиртової расою XII7 і природними терmostійкими штамами перевершували по ферментаційній активності батьківські культури і були здатні рости при підвищених температурах.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Характеристика кінцевої продукції виробництва

Характеристика кінцевої продукції виробництва включає:

Назва кінцевого продукту виробництва за ДСТУ 4221:2003: Спирт етиловий ректифікований.

Категорія та номер діючого нормативно-технічного документу на продукцію та реєстраційний номер: ДСТУ 4221:2003. Спирт етиловий ректифікований (33940)

Призначення продукції та можливі галузі використання: по витраті сировини виробництво етилового спирту найбільше біотехнологічне виробництво в світі. Однак за вартістю валового продукту етанол займає третє місце серед великотоннажної продукції.

Як відомо, етанол широко використовується в хімічній, фармакологічній і харчовій промисловості. Крім того, він може стати джерелом енергетичних ресурсів.

На схемі показані основні шляхи використання етанолу. [20]



Рис. 1 Схема шляхів використання етанолу

Стислий опис зовнішнього вигляду та фізико-хімічних характеристик продукції

Склад препарату: Спирт етиловий ректифікований 96%, вода 4%

Зовнішній вигляд: Прозора рідина без сторонніх часток

Форма випуску: Технічний етиловий ректифікований спирт заливають у спеціально підготовлені залізничні та автомобільні цистерни. Допускається упаковувати спирт в герметично закупорені бочки по ГОСТ 13950 і ГОСТ 6247, бутлі по ОСТ 6-09-108 або металеві фляги по ГОСТ 5037 виконання ФЛ.

Бутлі зі спиртом повинні поміщатися в дощаті обрешітки по ГОСТ 12082, дощаті ящики по ГОСТ 2991 або аналогічних типів, заповнені пухким прокладним матеріалом. [22]

Маркування: Транспортне маркування - за ГОСТ 14192.

На кожну бочку з продуктом завдають такі додаткові дані:

- найменування підприємства-виробника та його товарний знак;
- найменування і марку або сорт продукту;
- номер партії, кількість місць в партії і їх номери;
- дату виготовлення;
- знаки небезпеки за ГОСТ 19433, шифр групи 3252;
- напис "Вогнебезпечно";
- кількість спирту в декалітрах;
- позначення цього стандарту.

На залізничні цистерни повинні бути нанесені попереджувальні написи "Вогнебезпечно", "Отруйно", а також трафарет приписки. [22]

Номер ООН 1170

Правильна назва для перевезення: ЕТАНОЛ

Умови в транспортному документі: UN1170, ЕТАНОЛ, 3, II, (D/E) Клас 3

Код класифікації: F1

Група упаковки: II
Знак (и) небезпеки: 3
Спеціальні положення (SP) 144, 601
Звільнена кількість (EQ) E2
Обмежена кількість (LQ) 1 L
Категорія транспорту (TC) 2
Код обмеження проїзду через тунель (TRC) D / E
Ідентифікаційний номер небезпеки: 33
Міжнародний морський код небезпечних вантажів (МКМ ПНВ)
Номер ООН 1170
Правильна назва для перевезення ETHANOL
Відомості в декларації вантажовідправника UN1170, ЕТАНОЛ, 3, II, 12
° C с.с. клас 3

Морський забруднювач -
Група упаковки II
Знак (и) небезпеки 3
Спеціальні положення (SP) 144
Звільненого кількості (EQ) E2
Обмежена кількість (LQ) 1 L
EmS F-E, S-D
Категорія укладання A
Міжнародна асоціація повітряного транспорту (ІКАО-IATA / DGR)
Номер ООН 1170
Правильна назва для перевезення: Етанол
Відомості в декларації вантажовідправника UN1170, Етанол, 3, II Клас
3
Група упаковки II
Знак (и) небезпеки 3
Спеціальні положення (SP) A3, A58, A180

Звільненого кількості (EQ) E2

Обмежена кількість (LQ) 1 L

Транспортування: Етиловий спирт - безбарвна легкозаймиста рідина. Температура спалаху - не менше 13 ° С, температура самозаймання - не менше 404 ° С, концентраційні межі поширення полум'я: нижній - 3,6%, верхній - 19% (за об'ємом). Температурні межі поширення полум'я насичених парів спирту в повітрі: нижній - 11 ° С, верхній - 41 ° С. Категорія і група вибухонебезпечної суміші етилового спирту з повітрям - ІА-Т2. Визначення проводять по ГОСТ 12.1.044.

Резервуари, технологічне обладнання, трубопроводи та зливо-наливні пристрої, пов'язані з прийомом, зберіганням і переміщенням етилового спирту, повинні бути захищені від статичної електрики відповідно до правил захисту від статичної електрики, затверджених в установленому порядку.

Електрообладнання повинно бути у вибухобезпечному виконанні.

В аварійних умовах при підвищеній концентрації етилового спирту в повітрі, а також у разі пожежі слід використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання - фільтруючі протигази марки А або БКФ.

Засоби пожежогасіння: розпорошена вода, пісок, азбестова ковдра, всі види вогнегасників.

При роботі з етиловим спиртом слід застосовувати спеціальний одяг відповідно до галузевих норм.

Запобіжні заходи - зберігання. Зберігати в прохолодному, добре вентильованому місці. Тримати контейнер щільно закритим. Берегти від сонячних променів. Заземлити і електрично з'єднати контейнер і приймальне обладнання. Використовувати місцеву і загальну вентиляцію. Рекомендована температура зберігання: 15 - 25 ° С. Через небезпеку вибуху, запобігти витоку парів в підвали, димоходів і каналів.

Консультації з промислової гігієни:

Перед перервами та по закінченню роботи вимити руки. Тримати подалі від харчових продуктів, напоїв та кормів для тварин. При використанні не курити.

Запобіжні заходи - утилізація

Видалити вміст / контейнер на заводі промислового згоряння.

Маркування пакетів, де вміст не перевищує 125 мл

Сигнальне слово: Небезпечно[24]

4.2. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів, що використовуються у виробництві

Таблиця 4.1. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якої перевіряються показники якості	Показники, що обов'язкові для перевірки та їх нормативне значення	Примітка
1	2	3	4
1. Основна сировина:			
1. Бурякова м'яса	ДСТУ 3696-98 (ГОСТ 30561-98) «М'яса бурякова. Технічні умови»	Усі показники згідно з ГОСТ	Анаеробне бродіння для отримання етанолу
2. Сірчана кислота	ГОСТ 2184-77 «Кислота серная»	Усі показники згідно з ГОСТ	Підкислення та асептування

	техническая. Технические условия»		меляси (ростового ПС)
3. Формалін	ГОСТ 1625-2016 «Формалин. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Асептування меляси (основного ПС)
4. Карбамід	ГОСТ 2081-2010 «Карбамид. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Добавка до меляси
5. Вода питна	ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості	Кольоровість, каламутність, смак, запах, рН, жорсткість, вміст мікроорганізмів і бактерій згідно ДСТУ	Для приготування розчинів поживних речовин
6. Агаризоване середовище	ГОСТ 29112-91 «Среды питательные плотные. Общие технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для культивування в пробірках
2. Допоміжна сировина:			

2.1. Вода технічна	ФС 42-2619-89	Усі показники згідно з фармстаттею	Для приготування миючих та дезінфікуючих розчинів
2.2. Олейнова кислота	ГОСТ 7580-91 «Кислота олеиновая техническая. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для приготування піногасника
2.3. Хлорне вапно	ГОСТ 1692-85 «Известь хлорная. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для приготування мийного розчину
2.4. Каустична сода	ГОСТ Р 55064- 2012 «Натр едкий технический. Технические условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для приготування дезінфікуючого розчину
3. Матеріали:			
3.1. Пробірки лабораторні (14 мм)	ТУ 9461-008- 52876351-2008	Зовнішній вигляд, цілісність	Для культивування на

			агаризованому середовищі
3.2. Колби конічні об'ємом 2 л (КН-2-2000-50) та 5 л (КН2-5000-50)	ГОСТ 25336-82	Зовнішній вигляд, маркування, цілісність	Для культивування посівного матеріалу
3.3. Цеоліти	ТУ 9692-0003-59266087-05 «Материалы сорбционные и фильтрующие»	Усі показники згідно з ТУ	Для адсорбування води
3.4. Силикагель	ГОСТ 3956-76 «Силикагель технический. Технический условия»	Усі показники згідно з ГОСТ	Для видалення вологи на стадії виготовлення сухого льоду
4. Напівпродукти:			
4.1. Музейна культура дріжджів	-	Мікробіологічна чистота Ферментативна активність	Для приготування посівного матеріалу

4.3. Опис технологічного процесу

ДР 1. Санітарна підготовка виробництва

ДР 1.1. Підготовка персоналу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК

63

Персонал проходить навчання та контроль знань стосовно особливостей технологічного процесу та техніки безпеки на виробництві.

Основою підготовки персоналу є навчання тому, як забезпечити безпеку при роботі з БА.

ДР 1.2 Підготовка технологічного одягу

ДР 1.3 Підготовка миючих та дезінфікуючих розчинів

ДР 1.3. Підготовка дезінфікуючих розчинів

ДР 1.3.1. Приготування розчину хлорного вапна.

Хлороновапняний розчин використовують для дезінфекції та миття приміщень та поверхонь обладнання. Виготовлення його відбувається шляхом змішування порошкоподібного хлорного вапна марки А (згідно ГОСТ 1692-58), який містить 35% активного хлору, з водою, до концентрації 5 г/дм³. Готують розчин у реакторах за номенклатурою типу Р-2 що характеризуються такими параметрами як: місткість - 5м³; основний діаметр самого реактора – 1800мм; та коефіцієнт заповнення - 0,7, реактор при цьому працює за нормального тиску. Завантаження сировини неавтоматизовано й через це проходить за допомогою людської сили через люк. Реактор-змішувач в данній схемі оснащено лопатевою мішалкою, з характерною для роботи частотою обертання валу мішалки – 1с⁻¹ (себто один Герц); в наявності електродвигун з редуктором що має потужність в 20 кілоВт. Коли розчин готовий то його насосом перекачують до стадії обробки приміщень та поверхонь промислових агрегатів.

ДР 1.3.2. Приготування розчину каустичної соди

Часто використовують розчин каустичної соди аби виконати обробку обладнання та прилеглих до обладнання та комунікацій. Цей розчин фабрикують за рецептурою перемішування соди у порошкоподібному вигляді з водою, розчин готують до отримання концентрації каустичної соди у рамках 40 г/дм³. Проходить цей процес у реакторах Р-2 місткістю - 5 м³, діаметр – 1800 мм, коефіцієнт заповнення - 0,7, працює при атмосферному тиску.

Завантаження здійснюється вручну через люк. Реактор з лопатевою мішалкою, частота обертання вала мішалки – 1с^{-1} , Потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Готовий розчин транспортується насосом до стадії обробки обладнання та прилеглих комунікацій.

ДР 1.4 Підготовка виробничих приміщень

Підготовленим на стадії ДР 1.3.1. розчином хлорного вапна виконують дезінфекцію підлоги приміщення, а також зовнішніх поверхонь робочих агрегатів у установки та трубопроводів. Використаний розчин відправляється на відстойку та знешкодження.

ДР 1.5 Підготовка обладнання та комунікацій

ДР 1.5.1. Мийка обладнання та комунікацій

Спочатку робочих процесів обладнання омивають речовинами на основі води протягом 2-ох хвилин, з передачею відпрацьованих водних речовин у збірник нейтралізації, а перед самим скидом у систему для підсистеми рідких відходів. Продовжують миття завчасно виготовленим розчином хлорного вапна (1- 2%), цей етап відбувається протягом 30-40 хв. Потім знову промивають внутрішню поверхню від залишків чистячого засобу. Відпрацьовані води потрапляють на знешкодження.

ДР 1.5.2. Подальша дезінфекція обладнання та комунікацій

Беруть розчин каустичної соди (40%) зі стадії ДР 1.1.2 та використовують для дезінфекції. Процес цей проводять протягом години, після чого змивають всі активні речовини водою з внутрішніх стінок обладнання тим самим нейтралізуючи залишки дезінфектанта. Відпрацьовані розчини відправляють на подальші процеси утилізації..

ДР 1.5.3 Ополіскування обладнання

ДР 1.5.4. Стерилізація обладнання та комунікацій

Шляхом подачі гострої пари при $t=110^{\circ}\text{C}$, за тиску 0,2 МПа упродовж

1,5 год з подальшим охолодженням упродовж 3,5 год проводять стерилізацію. Пара подається як в середину апарату, так і в прилеглі комунікації, так і в сорочку обладнання. Конденсат надходить на знешкодження.

ДР 1.5.5. Перевірка обладнання на герметичність

ДР 2. Підготовка стерильного вентильованого повітря

ДР 2.1 Забір повітря

За допомогою спеціальних труб проводиться забір атмосферного повітря, за технологією при якій точку не роблять нижчою зазабору 4-6 м над рівнем землі.

ДР 2.2. Очистка від механічних частинок при проходженні фільтрів першого ступеня.

Далі на фільтрах з мікронним діаметром пор повітря первинну очищається від пилу, інших механічних домішок

ДР 2.3 Подальша заготівля повітря

Далі здійснюється компресування повітря - себто стискання повітря під тиском, більшим за нормальний. У даному процесі застосовують повітродувки що характеризуються продуктивністю від 2 до 200 м³/хв із стисненим повітрям до 0,25 МПа

ДР 2.4 Стабілізація термодинамічних показників повітря

ДР 2.5 Очистка повітря на фільтрах II ступеня

ДР 2.6 Очистка повітря на фільтрах III ступеня

В попередньо-описаних процедурах повітря проходить стерилізацію в індивідуальних фільтрах Ф-34 та Ф-36 перед подачею в інокулятор Р-32 та посівний ферментер (дрідждегенератор) Р-35.

ДР 3. Приготування теплоносія на технічні потреби

В теплообмінниках за температурою близько 100 °С та при нормальному тиску здійснюється генерація водяної пари, яка в подальшому використовуватиметься на стадіях стерилізації м'яса (ДР 4.2.1), ректифікації (ТП 9.1, ТП 9.2, ТП 9.3, ТП 9.4) та зневоднення на молекулярних ситах (ТП 10.1 та ТП 10.2). В процесі приготування водяної пари для дотримання високої якості ведеться технічний контроль.

ДР 3.1. Підготовка охолодженої води

Далі у холодильних установках здійснюється адіабатичне охолодження води. Для цього в установку подається технічна вода та холодоагент. В подальшому охолоджена вода використовується в охолодженні в теплообмінниках.

ДР 4. Підготовка м'яса

ДР 4.1. Розбавлення м'яса

Зі збірників складу м'яса подається до реактора Р-7, де також вже міститься вода, процес очищення якої ми розібрали вище. Для гомогенізації середовища використовують пропелерну мішалку різних моделей, якими оснащено реактор. Розчин м'яса (надалі буде іноді вживатись термін “розсиропка”) насосом Н-8 перекачують до установки безперервної стерилізації.

ДР 4.2.1 Нагрівання розчину м'яса до температури стерилізації

Поки що нестерильний розчин м'яса центробіжним насосом передається в підігрівач з вприском так званої “гострої пари” К-10 (через колонку швидкісного нагріву), куди також подається пара (при $p=0,6$ МПа). Розчин м'яса швидко нагрівається до 120°C (температура стерилізації) це відбувається 10 хв. Продуктивність самого апарату 20 м³/год, а його місткість 0,1 м³. Пара вводиться через сопло діаметром 2,5 мм тангенціально розташованого штуцера, об'єм утвореного конденсату буде 0,5 м³/год. В кінці

нагрівання м'яса подаватиметься до нижнього патрубку витримувача (до ДР 4.2.2).

ДР 4.2.2. Витримування розчину м'яса при температурі стерилізації

В особливому апараті (теплообмінник-витримувач) Т-11 м'яса перебуває певний час при температурі стерилізації ($t=120^{\circ}\text{C}$), за рахунок цього продовжується час стерилізації та досягається зникнення активності у максимальної кількості мікрофлори. Теплообмінник-витримувач конструкційно складається з 3-х корпусів, об'ємом $1,7 \text{ м}^3$, діаметром – $0,6 \text{ м}$, висотою 6 м . Кожен корпус має еліптичні кришки, всередині розташовані секції, вся ця геометрія утворює ряд циліндричних камер. Витримувач також має совелітову ізоляцію товщиною 35 мм .

ДР 4.2.3. Рекуперація тепла

Рекуперація відбувається в рекуператорі Т-12, який по суті являє собою теплообмінник розбірний пластинчатого типу. Загальна поверхня теплообміну складає приблизно $100 \text{ метрів квадратних}$, поверхня однієї пластини $0,5 \text{ м}^2$. При цьому в процесі рекуперації, стерильний розчин нагрівається нестерильним розчином м'яса, що потім, на наступному кроці поступає в нагрівач, стерильне середовище при цьому охолоджується до 90°C .

ДР 4.2.4. Охолодження стерильного розчину м'яса

Далі з рекуператора вже стерильний розчин м'яса потрапляє до теплообміннико-охолоджувача Т-13 розбірного, пластинчатого типу, де розчин охолоджується до 30°C , після цього – стерильний розчин м'яса надходитиме в пристрої Р-14 та Р-17 для приготування поживних середовищ. Загальна поверхня теплообміну знову ж таки зберігатиметься в діапазоні – 100 м^2 . Поверхня однієї пластини $0,5 \text{ м}^2$.

ДР 5. Приготування та стерилізація розчину карбаміду

Розчин карбаміду отримують шляхом поступового змішування карбаміду з водою до концентрації отримання досить високої концентрації у 20%. Готують це у реакторах Р-20 з місткістю 5 м³, при діаметрі – 1800 мм, коефіцієнт заповнення 0,7, працює при нормальному тиску.

Завантаження здійснюється неавтоматизовано через люк. Реактор данного типу оснащено лопатевою мішалкою, з частота обертання вала мішалки - 1с⁻¹, при цьому потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Апарат з розчином стерилізують протягом 20-30 хв при температурі 120-125 °С і надлишковому тиску 0,1-0,14 МПа при цьому безперервно перемішуючи. Після стерилізації далі охолоджують до температури 30~1 С за допомогою подачі води в так звану рубашку апарату. При цьому здійснюється контроль технічний. Підготовлений розчин насосом транспортується до ланки приготування поживного середовища.

ДР 6 Приготування та стерилізація розчину ортофосфорної кислоти

Розчин ортофосфату використовують в якості джерела фосфорного живлення в процесі бродіння. Його готують шляхом змішування ортофосфорної кислоти з водою, до концентрації 70%. Проводять це у реакторах Р-23 з місткістю 5 м³ при діаметрі – 1800 мм, коефіцієнт заповнення 0,7, що працюють при атмосферному тиску. Завантаження здійснюється вручну через люк. Апарат з розчином стерилізують протягом 20-30 хв при температурі 120-125 °С і надлишковому тиску 0,1-0,14 МПа при цьому безперервно перемішуючи. Після стерилізації охолоджують до температури 30~1 °С шляхом подачі води в рубашку апарату. Контроль технічний. Підготовлений розчин далі насосом транспортується до подальшої стадії приготування поживного середовища (ДР 5.3 та ДР 5.4).

ДР 7 Приготування ростового поживного середовища

Перед заповненням апарат Р-14 стерилізують протягом 1 години при тиску 0,1-0,12 МПа і температурі 120-124°C. На цьому етапі до реактора Р-14, де й відбувається приготування ПС, подається вже стерильний розчин меляси, а також такі компоненти як: розчин сірчаної кислоти, розчин карбаміду, розчин ортофосфорної кислоти та питна вода (перш за все для розбавлення). Реактор Р-14, місткістю 25 м³, має еліптичні кришку та днище, суцільну паро-водяну сорочку. Коефіцієнт заповнення тут аж – 0,8, а робочий діаметр – 2800 мм. Завантаження здійснюється по трубопроводу, вивантаження готового ПС здійснюється через нижній злив. Перемішування в реакторі здійснюється швидкою пропелерною мішалкою, частота обертання вала мішалки – 1с⁻¹, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Вміст сухих речовин доводиться до 12-14%, рН підтримується на рівні 4,5-5. Готове ПС відцентровим горизонтальним насосом відбирається та переміщається на стадії вирощування посівного матеріалу.

ДР 8 Приготування основного поживного середовища

Перед заповненням апарат Р-17 стерилізують протягом 1 години при тиску 0,1-0,12 МПа та температурі 120-124°C. У реактор Р-17 для приготування основного ПС замість розчину сірчаної кислоти, в якості антисептику, подають отруйний формалін. Реактор Р-17, місткістю 25 м³, має еліптичні кришку та днище, суцільну пароводяну сорочку. Коефіцієнт заповнення – 0,8, діаметр – 2800 мм. Завантаження здійснюється по трубопроводу, а вивантаження готового ПС здійснюється через нижній злив. Перемішування в реакторі проводиться подібною до минулих пропелерною мішалкою, у якої характерна частота обертання вала – 1с⁻¹, потужність електродвигуна з редуктором 20 кВт. Вміст сухих речовин шляхом випаровування досягає 32-34%, рН підтримується на рівні 4,5-5. Готове ПС відцентровим горизонтальним насосом транспортується до стадії виробничого біосинтезу.

ДР 9 Приготування піногасника

ДР 9.1. Стерилізація піногасника

Стерилізація піногасника відбувається глухою парою за допомогою сорочки при температурі 120-126°C і надлишковому тиску 0,1-0,14 МПа протягом 4 годин. Проводиться при цьому технічний контроль процесу.

ТП 10 Приготування посівного матеріалу *Saccharomyces cerevisiae*

ТП 10.1 Культивування в пробірках на агаризованому середовищі.

Першим кроком приготування посівного матеріалу є висів так званої музейної культури зі скошеного агаризованого середовища в ємності з МПБ. Вирощування проводять у вкрай санітарних умовах, при оптимальній температурі для росту дріжджів (що складає близько 29-30°C), протягом 48-72 год (в залежності від ступеня наростання).

ТП 10.2 Культивування на тонкому шарі ПС в колбах V=2 дм³

Вирощену культуру зі стадії ТП 5.1. стерильно змивають з поверхні агаризованого середовища та пересаджують в колби Ерленмейера (качалочні)

У К-30 для рідкофазного культивування вегетативного посівного матеріалу, Ці ємності описуються об'ємом 2 дм³, що містять 250 см³ ростового поживного середовища. Засіяні колби вирощують на качалці (120-240 об/хв) при температурі 29-30°C протягом 2-3 діб. На даній стадії постійно здійснюється мікробіологічний контроль – контролюють морфологічні показники дріжджів, відсутність контамінації та чужорідних вкраплень, та технічний контроль.

ТП 7.3. Культивування на тонкому шарі ПС в колбах V=5 дм³

Вирощена культура зі стадії ТП 5.2 переміщується в колби більшого розміру (5 дм³) К-31, які мають збільшений вміст ростового поживного середовища (600-700 см³). Культивування проводять в таких же умовах, протягом 3-4 календарних діб.

ТП 7.4.Отримання вегетативного посівного матеріалу

ТП 7.4.1. Культивування в інокуляторі

На цій стадії вже практично готову культуру стерильно переносять в інокулятор Р-32 об'ємом 0,1 м³, в якому завчасно готово ростове поживне середовище. Внутрішній діаметр апарату – 0,1 м., він оснащений суцільною пароводяною сорочкою, коефіцієнт заповнення – 0,5 відносно малий, завантаження у нього відбувається по трубопроводу або вручну через люк.

Перемішування тут працює комбіноване – механічною турбінною мішалкою та повітрям через барботер. Інокулятор також оснащено контрольно-вимірювальними приладами (КВП) для детектування та подальшого регулювання рН, температури та рівня піни. Посівного матеріалу на початку вносять 10-12 % (по об'єму) від кількості поживного середовища.

Культивування проводять протягом 40-60 год, безперебійно перемішуючи за температури близько 29-30°C; при рН=4,5-5.

ТП 7.4.2. Дріжджегенерація

Перед додаванням дріжджової суспензії в дріжджегенераторі Р-35 формують поживне середовище, потім методом перекачування подають дріжджі з попередньої стадії, та активують реакцію вирощування при безперервній аерації та постійному перемішуванні. Дріжджегенератор – це біореактор з внутрішнім діаметром – 2200 мм, з суцільною пароводяною сорочкою, коефіцієнт заповнення тут також всього – 0,5. Перемішування комбіноване – механічною турбінною мішалкою та повітрям через барботер. Процес напрацювання дріжджів триває 10-12 год. Коли концентрація дріжджів в середовищі становить 14-17 г/дм³, то дріжджову суспензію вже треба подавати у виробничі ферментери. Сформований посівний матеріал піддають ретельному мікробіологічному і біохімічному діагностуванню (для цього робляться проби), так як від його активності та чистоти залежить весь подальший виробничий цикл.

Дріжджегенератор оснащений КВП для регулювання рН, температури та рівня піни. Умови культивування в ньому: температура 29-30°C; рН=4,5-5; тривалість 48 год.

ТП 8. Виробничий біосинтез

Отриманий на попередній стадії вегетативний посівний матеріал на попередній стадії тепер переміщують у виробничий ферментер Р-38, де все наявне готове до поживного середовища з концентрацією сухих речовин 32-34%. Виробничий біосинтез проводять у ферментерах місткістю 100 м³ з внутрішнім діаметром – 3600 мм, з еліптичним днищем та кришкою.

Коефіцієнт заповнення – 0,7. Перемішування буде механічне, турбінною мішалкою (загальна кількість мішалок тут буде три). Ферментер обладнано пароводяною секційною сорочкою та змієвиком. Виробничий біосинтез проводять при температурі 29-30°C, рН=4,5-5, в анаеробний умовах, протягом 20 год. Отримана в результаті бражка міститиме 8% біоетанолу.

ТП 9 Виділення етанолу

ПМВ 11.Завантаження етанолу в цистерни та зберігання

Матеріальний баланс в цій роботі розраховано для стадії виробничого біосинтезу. Взагалі розрахунок проводиться з урахуванням номінального об'єму ферментеру для культивування.

Таблиця 4.2. Матеріальний баланс виробництва (стадії)

Використано		Отримано	

Стадія	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість			Стадія	Назва кінцевого продукту або напівпродукту, відходів та втрат	Кількість		
		кг	шт	л			кг	шт	л
ДР 4. 1. Розбавлення меляси	Меляса (СР 65%) Вода питна	30		15		Розчин меляси (СР 40%)			45
Всього:		45			Всього:		45		
ДР 5.1. Приготування розчину карбаміду	Карбамід Вода питна	10,5		0,4		Розчин карбаміду			10,9
Всього:		10,9					10,9		
ДР 5.2. Приготування розчину	Ортофосфатна кислота	10,5				Розчин ортофосфатної кислоти			10,9

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК

74

ортофосфорної кислоти	Вода питна			0,4				
Всього:		10,9				10,9		
ДР 5.3. Приготування ростового ПС	Розчин м'яси (СР 40%)			5,3	Ростове ПС	8,8		
	Сірчана кислота			0,04	Втрати	0,8		
	Розчин карбонату			1,09				
	Розчин ортофосфатної к-ти			1,09				
	Вода питна			1.3				
Всього:		8,8				8		
ДР 5.4. Приготування основного ПС	Розчин м'яси (СР 40%)			60	Основне ПС	74,14		
	Формалін			0,16	Втрати	2,5		

	Розчин карбаміду			1,091,09				
	Розчин ортофосфатної к-ти			11,8				
	Вода питна							
Всього:		74,14				71,6		
ТП 7.4.2. Дріждегенераування	Ростове ПС	7,16			Дріжджова суспензія	6,81,1		
	Дріжджі	0,7			Вуглекислий газ			
Всього:		7,23				7,9		
ТП 8. Виробничий біосинтез	Основне ПС	71,6			Бражка	72,9		
	Дріжджова суспензія	6,8			Вуглекислий газ	5,3		
Всього:						78,9		
ТП 9.1. Відокремленн	Бражка	72,9			Барда	54,7		

я спирту від бражки					Бражний дистилят	11, 6		
					Водно-спиртова пара	6,5		
Всього:		72, 9				72, 9		
ТП 9.2. Епюрація	Водно- спиртова пара	6,5		11, 6	Епюрат	18, 01		
	Бражний дистилят				Фракція головних домішок	0,0 9		
Всього:		18, 1				18, 1		
ТП 9.3. Виділення спирту з епюрату (ректифікація)	Епюрат			18, 01	Ректифікований спирт	2,7		
					Фракція сивушних масел	0,0 2		
					Лютерна вода	15, 9		
Всього:		18, 01				18, 01		

ТП 10.2. Адсорбування на цеолітах	Ректифіко ваний спирт			2,7	Зневоднений спирт Лютерна вода	2,6 46 0,0 54		
Всього:		2,7				2,7		
ПВ 12.1. Утилізація CO2	Вуглекисл ий газ	5,3			Сухий лід	7,5 7		
Всього:		5,3				7,5 7		

4.5. Контроль виробництва

Таблиця 4.3. Перелік контрольних точок

Назва стадії та номер контрольної точки	Об'єкт контролю та показник, що вивчається	Метод контролю	Періодичні сть перевірки	Нормативна характерист ика показника
ДР 1.1.1. Приготуванн я розчину хлорного вапна	Концентрація	Дозатор, мірний посуд	Кожну операцію	5 г/дм3 ($\pm 0,5$ г)
ДР 1.1.2. Приготуванн	Концентрація	Дозатор, мірний посуд	Кожну операцію	40 г/дм3 ($\pm$ 0,5 г)

я розчину каустичної соди				
ДР 1.2. Підготовка виробничих приміщень	Мікробіо- логічна чистота поверхонь	Мікробіологіч ний метод	Кожна операція	Класи: А: КУО<1 /м² В: КУО<10 /м²
ДР 1.3.3.	Мікробіо логічна чистота. Технічний контроль	Мікробіологіч ний метод	Змиви тампонами 2 рази на тиждень під час операції	А: КУО<1 /м² В: КУО<10 /м²
ДР 2. Приготування стерильного повітря	Мікробіо- логічна чистота Температура повітря Температура стери- лізації	Мікробіо- логічний метод (висів на чашки Петрі) Автома- тичний регулятор температури Автома- тичний регулятор темпера- тури	2 рази на тиждень під час операції. 1 раз на 2 тижні – контроль перед початком роботи	Кількість м/о в 1 м³ повітря Класи: А: КУО<1 /м³ В: КУО<10 /м³ 20 °C (± 0,5 °C) 120 °C (± 0,5 °C)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК

79

ДР 4.1. Розбавлення меляси	Концентрація	Дозатор, мірний посуд	Кожна операція	40-50 %
ДР 4.2.1. Нагрівання розчину меляси до температури стерилізації	Температура Тиск Час	Термометр Манометр Технічний годинник	Кожна операція	120 °C (± 0,5 °C) 0,6 МПа 20 хв
ДР 4.2.2. Витримування розчину меляси при температурі стерилізації	Температура Час	Термометр Технічний годинник	Кожна операція	120 °C (± 0,5 °C) 10 хв
ДР 4.2.4. Охолодження стерильного розчину меляси	Температура Час Мікробіологічна чистота	Термометр Технічний годинник Мікробіологічний метод	Кожна операція	30 °C (± 0,5 °C) 2 год Відсутність контамінації
ДР 5.1. Приготування та стерилізація	Концентрація Температура стерилізації	Дозатор Термометр	Кожна операція	20% 120-125 °C

р-ну карбаміду	Час стерилізації Температу-ра охоло- дженого стерильного р-ну Мікробіологі чна чистота	Технічний годинник Термометр Мікробіологіч ний метод (висів на ч. Петрі)		25-30 хв 30 °C (± 1 °C) Відсутність контамінації
ДР 5.2. Приготування та стерилізація р-ну ортофосфорн ої к-ти	Концентрація Температура стерилізації Час стерилізації Тиск стерилізації Температура охолодженог о стерильного р-ну	Дозатор Термометр Технічний годинник Манометр Термометр	Кожна операція	70% 110-115 °C 25-30 хв 0,1-0,14 МПа 30 °C (± 1 °C) Відсутність контамінації

	Мікробіологічна чистота	Мікробіологічний метод (висів на чашки Петрі)		
ДР 5.3. Приготування ростового ПС	Концентрація СР рН Температура	Дозатор рН-метр Термометр	Кожна операція	12-14% 5 30 °C (± 1 °C)
ДР 5.4. Приготування основного ПС	Концентрація СР рН Температура	Дозатор рН-метр Термометр	Кожна операція	32-34% 5 30 °C (± 1 °C)
ДР 6. Приготування та стерилізація піно гасника	Концентрація Температура стерилізації Час стерилізації Тиск стерилізації	Дозатор Термометр Технічний годинник Манометр Мікробіологічний метод	Кожна операція	70% 110-115 °C 25-30 хв 0,1-0,14 МПа Відсутність контамінації

	Мікробіологічна чистота			
ТП 7.1. Культивування в пробірках на агаризованому середовищі	Температура Час	Термометр Технічний годинник	Кожна операція	30 °С 48-72 год
ТП 7.2. Культивування в тонкому шарі ПС в качалочних колбах V=2л	Температура Час Мікробіологічна чистота	Термометр Технічний годинник Мікробіологічний метод	Кожна операція	30 °С 2-3 доби Відсутність контамінації
ТП 7.3. Культивування в тонкому шарі ПС в колбах V=5л	Температура Час Мікробіологічна чистота	Термометр Технічний годинник Мікробіологічний метод	Кожна операція	30 °С 4-5 діб Відсутність контамінації
ТП 7.4.1. Культивування в інокуляторі	Температура Час	Термометр Технічний годинник	Кожна операція	30 °С 40-60 год

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК

83

	Частота обертання мішалки	Тахометр		2 c^{-1}
	Тиск	Манометр		0,02-0,03 МПа
	Мікробіологі чна чистота	Мікробіологіч ний метод		Відсутність контамінації
ТП 7.4.2. Дріждже- генерування	Температура	Термометр	Кожна операція	30 °С
	Час	Технічний годинник		48 год
	pH	pH-метр		4,5-5
	Частота обертання мішалки	Тахометр		2 c^{-1}
	Мікробіологі чна чистота	Мікробіологіч ний метод		Відсутність контамінації
ТП 8 Виробничий біосинтез	Температура	Термометр	Кожна операція	30 °С
	Час	Технічний годинник		48 год
	pH	pH-метр		4,5-5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК

84

	Частота обертання мішалки	Тахометр		2 с-1
ТП 9.1. Очищення в бражній колоні	Температура Концентра- ція спирту в барді	Термометр Хімічний аналіз	Кожна операція	9-105 °С Не більше 0,015%
ТП 9.2. Очищення в ректифікацій ній колоні	Температура	Термометр	Кожна операція	87-90 °С
ТП 9.3. Очищення в метанольній колоні	Температура Концентрація спирту	Термометр Аерометр	Кожна операція	80-81 °С 65-68°С 82-84°С 94%
ТП 10.1. Нагрівання ректифікован ого спирту	Температура Час	Термометр Технічний годинник	Кожна операція	115-120 °С 2 год
ТП 10.2. Адсорбуванн я води на цеолітах	Температура	Термометр	Кожна операція	115-120 °С

ТП 10.3. Охолодження	Температура	Термометр	Кожна операція	25-30 °C
ТП 10.4. Відновлення цеолітів	Температура	Термометр	Кожна операція	60°C

За формулою розрахуємо значення коефіцієнта тепловіддачі від стінки до охолоджуючої рідини: $\alpha_2 = 0,023 \cdot 0,163 \cdot 4,417 \cdot 2381,5 \cdot 2,36 = 93,07 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{К}$

Коефіцієнт теплопередачі від середовища в ферментері до охолоджуючої рідини:

$$k_m = (1/(1/1420) + (0,03/58,15) + (1/93,07)) = 84 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

З урахуванням забруднень стінок:

$$k = k_m \cdot 0,95 = 79,83 \text{ Вт/}$$

$\text{м}^2 \cdot \text{К}$ Площа поверхні

охолодження:

$$F = 117012 / (79,83 \cdot 5,8) = 250 \text{ м}^2$$

Розрахунок перемішуючого пристрою

Для процесу виробництва етанолу з меляси найкраще підходить турбінна мішалка.

$$D = 3,6 \text{ м}$$

$$d_m = D/4 = 0,9 \text{ м}$$

Серед представлених мішалок стандартного ряду турбінних мішалок, наявна мішалка, діаметром 900 мм.

Повинні зберігатись основні параметри даної мішалки :

$$- D/d_m = 3:4$$

$$- h_m/d_m = 0,2$$

$$- h/d_m = 0,4:1$$

$$- l/d_m = 0,1$$

Геометричні розміри мішалки:

- Висота: $h_m = d_m \cdot 0,2 = 0,9 \cdot 0,2 = 0,18$ (м)

Висота прикріплення: $h = d_m \cdot 0,6 = 0,54$ (м)

Ширина лопасті: $l = d_m \cdot 0,25 = 0,225$ (м)

Окружна швидкість $w = 2,5/10$ м/с. Приймаємо $w = 3$ м/с. Частота обертання:

$n = w / \pi d_m = 3 / 3,14 \cdot 0,9 = 1 \text{ с}^{-1}$ Діаметр вала мішалки:

$d_v = C \cdot d_m$

де $C = 0,117$ – для турбінної

мішалки. $d_v = 0,117 \cdot 0,9 = 0,1053$

м

Потужність, що витрачається на подолання тертя в торцевих ущільненнях

$N_{\text{ущ}} = 6020 \cdot d_m = 6020 \cdot 0,1053 = 322,6$ Вт

В залежності від $Re_{\text{перем}}$ задаємось критерієм K_N – критерій потужності, для турбінної мішалки: $K_N = 6$

Потужність, що витрачається на перемішування:

$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m = 6 \cdot 1046,7 \cdot 3^3 \cdot 0,9 = 100126$ Вт

Коефіцієнт висоти рівня рідини: $k_n = 1,05$

Потужність електродвигуна:

$N = K_n \cdot K_N \cdot N + N_{\text{ущ}}$

5.3. Вибір загальнозаводського обладнання

Для стабільного функціонування апарату необхідно здійснювати ряд допоміжних операцій: подавати середовище в ферментер, теплоагент в рубашку, забезпечити перемішування. Для ефективності виробництва є необхідним здійснити правильний вибір допоміжного обладнання.

Подача води в рубашку для відведення надлишкового тепла може здійснюватись за допомогою електронасоса. Для вибору електронасоса

необхідно зробити наступні розрахунки: потужність, яка затрачається на перекачування води, та потужність електродвигуна [33].

1. Потужність, що витрачається на перекачування води:

$N_n = G_{\text{вод}} \cdot H \cdot g$ де, $G_{\text{вод}}$ – витрати води для відводу тепла, кг/с, H – напор, м (приймаємо за 10), g – прискорення вільного падіння, м/с².

2. Потужність електродвигуна:

$N_e = N_n / \eta \cdot \eta_{\text{пер}}$ де, η – ККД насоса (0,8), $\eta_{\text{пер}}$ – коефіцієнт корисної дії передачі (1)

Згідно з розрахованими значеннями, ГОСТ 20791-88 обираємо електронасос центробіжний герметичний типу ЦГ 50/20.

Для подачі культурального середовища обираємо насос типу ЦГ 12,5/12,5.

Ці насоси завдяки своїй конструкції не допускають можливості інфікування середовища. Крім того, підшипники змазуються рідиною, яка перекачується, завдяки чому не забруднюються матеріалом для змазування.

Згідно розрахунків обрано редуктор ВД-IV 7/48 4500 та електродвигун АИР100S2.

5.4. Вимоги до охорони праці та навколишнього середовища

У виробництві етилового спирту в ході технологічного процесу виходять шкідливі і токсичні, вибухо- і пожежонебезпечні речовини, тому потрібне строге дотримання правил техніки безпеки, санітарних норм, технологічних режимів проведення процесу і вимог технологічних інструкцій.

Основним напрямом в області створення безпечних умов праці є профілактика причин та попередження умов виникнення небезпечних ситуацій.

Працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки проходять попереднє спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці в

термін, установлений відповідними галузевими нормативними актами не менше одного разу в рік.

Першочерговою повинна бути безпека для співробітників від виникнення небезпечних і шкідливих виробничих чинників:

- токсичність сировини, напівпродуктів, кінцевого продукту;
- запиленість та загазованість повітря;
- виникнення пожеж і вибухів;
- рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- недоліки освітлення;
- відхилення від оптимальних норм температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні;
- електробезпека машин, що застосовуються і обладнання.

А також для забезпечення безпеки будь якої діяльності на підприємстві повинні бути вирішені такі завдання, як: встановлення негативного впливу довкілля; захист від небезпек і попередження впливу на людину негативних факторів; ліквідація негативних наслідків впливу небезпечних і шкідливих факторів; створення комфортного стану середовища існування

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони і параметри мікроклімату не повинні перевищувати норм, встановлених «Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря».

Допустиме значення рівнів шуму та вібрації, що створюються механізмами на робочих місцях, повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Освітлення на робочих місцях повинно відповідати нормам освітленості робочих місць згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» і бути не менш 30 лк.

Заходи для попередження небезпечних ситуацій під час підготовки та виконання заміни вузлів апаратури, реорганізації будівництва, новому

будівництві та його технічному переобладнанні обґрунтованні та встановлені у ДСТУ Б А.3.2-13:2011 «Система стандартів безпеки праці. Будівництво», ДСТУ Б В.2.2-29: 2011 «Будівлі підприємств. Параметри».

При культивуванні мікроорганізмів ретельного контролю потребує цех приготування поживних середовищ, вирощування мікроорганізмів.

Нормальні умови працівників на підприємствах біотехнологічної та мікробіологічної промисловості підтримується з допомогою притоково-втяжної вентиляції, що забезпечує 4-8 кратний повітрообмін в приміщенні, що вентилується. Повітря, що подається в виробничі приміщення, за виключенням спеціальних приміщень повинно мати відносну вологість 60-65% та температуру 18-20° С. Воно повинне бути повністю захищеним від пилу, а для деяких цехів — і від мікроорганізмів. При використанні вологого прибирання підлоги рекомендується робити підлогу під нахилом, та забезпечувати трапами, що дозволяють швидко прибирати вологу. Стіни використовуються з спеціальної керамічної плитки для поліпшення санітарних умов. При розміщенні обладнання та комунікацій враховується необхідність відділення пилу з частин апарату, що виступають, особливо з вентиляційних коробів. Стеля, верхня частина стін та обладнання необхідно частіше фарбувати для підтримання відповідних санітарних вимог.

На виробництві повинен проводитись регулярний та суворий контроль наявності в повітрі токсичних речовин та мікроорганізмів.

На ділянці проводиться контроль вмісту мікроорганізмів та часток у повітрі. Контроль вмісту часток у повітрі проводять до початку роботи (приміщення в “оснащеному” стані) та під час виробничого процесу (приміщення у “функціонуючому” стані), не рідше одного разу в три місяці. Контроль вмісту мікроорганізмів в повітрі виробничих приміщень проводять аспіраційним методом, який заснований на принципі ударної дії струму повітря. Для контролю вмісту мікроорганізмів в повітрі використовують пробовідбірники інерційного типу (імпактори).

Контроль мікробіологічної чистоти обладнання та інвентарю проводять не рідше одного разу на місяць після обробки дезінфекційними розчинами та відповідної експозиції. Для контролю мікробіологічної чистоти технологічного обладнання та інвентарю використовують метод змивів тампонами.

За допомогою диференціального манометру контролюють перепад тиску між приміщеннями різних класів чистоти, що в нормі має становити (10-15 Па).

Попередження можливості накопичення електростатичних зарядів на матеріалах, обладнанні і на людях здійснюють з урахуванням особливостей виробництв. З метою захисту від статичної електрики передбачається проведення на підприємстві наступних заходів:

- заземлення технологічних апаратів, обладнання і трубопроводів (в тому числі установкою перемичок на фланцевих з'єднаннях трубопроводів, по яких транспортуються кислоти і луги).

заповнення апарату повинно відбуватися через опущену до дна трубу з напрямком струменя уздовж стінок посудини.

- забороняється носіння одягу з синтетичних волокон, шовку, а також кілець і браслетів.
- забезпечення герметичності обладнання і трубопроводів;
- використання у виробничому процесі інструментів з кольорового металу (виключається ймовірність іскріння);
- транспортування розчинів (етанолу, фракція сивушних масел, метанол) за допомогою вакууму або під тиском інертного газу (об'ємна частка кисню в інертному газі повинна бути не більше 1%) зі швидкістю, що не перевищує 1 м/с, зняття вакууму в таких випадках проводиться за допомогою стиснутого азоту;
- відбір проб з апаратів повинен проводитися тільки після повного припинення руху рідин;

На виробництві етилового спирту у відділенні ректифікації застосовуються такі заходи захисту персоналу від вражаючої дії електричного струму :

- вибухозахисне виконання електродвигунів
- підключення всіх електроустановок і металоконструкцій (трубопроводи, арматура майданчиків обслуговування, повітроводи витяжної вентиляції) до контуру заземлення;
- використання персоналом засобів індивідуального захисту;
- наявність у будівлі цеху блискавкозахисту.
- ізоляція струмоведучих частин обладнання;

Сукупність зазначених заходів забезпечує безпечні умови праці.

Основою для забезпечення пожежної безпеки у приміщеннях підприємств є ДСТУ 3273-95 «Безпечність промислових підприємств» та НАПБ Б.03.002- 2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». Згідно цих документів можна класифікувати основні виробничі приміщення по пожежо

— та вибухобезпечністю:

- відділення підготовки сировини – категорія Д;

- дріжджове відділення - категорія Д;
- бродильне відділення - категорія Д;
- брагоректифікаційні відділення - категорія А, вибухонебезпечна суміш пари етилового спирту.

Безпека роботи з обслуговування механізмів з рухомими частинами забезпечується наявністю і справністю огорожувачів. Замір рівнів в апаратах і відбір проб проводять при повністю зупиненому руху рідини в замкнутих окулярах.

Щоб уникнути термічних опіків апарати, в яких процеси протікають при підвищеній температурі, паропРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

5.1. Обґрунтування вибраної конструкції. Підбір конструкційних матеріалів для окремих елементів апарату

Обов'язковою умовою процесу біосинтезу є забезпечування перемішування та гомогенізації середовища. За методом досягнення відповідного режиму перемішування розрізняють два типи ферментерів:

з механічним перемішуючим пристроєм;

з пневматичним перемішуючим принципом.

Апарати з механічним перемішуванням – найпоширеніша конструкція в сучасній промисловості. Вони мають механічну мішалку, що складається із центрального валу й лопатей різної форми. Мішалка – рухомий робочий орган механічного перемішуючого пристрою, який здійснює безпосередню дію на рідке середовище.

Меляса є досить в'язким середовищем, а об'єм апарату є великим (100 м³). Тому резонним є використання апарату з механічним перемішуванням.

При роботі апарату з перемішуючим пристроєм середовище приводиться в рух, що викликає його перемішування. Характер руху середовища залежить від конструкції та параметрів руху перемішуючого пристрою, а також від конструкції апарату в якому відбувається процес.

Окрім цього важливими є і властивості середовища.

Меляса являє собою густу, в'язку рідину темного кольору, що обумовлено присутністю меланоїдинів та інших продуктів розпаду вуглеводів.

Вибір мішалки залежить від в'язкості середовища, що перемішується, від необхідної інтенсивності перемішування тощо(мішалки бувають лопатевими, якірними, рамними, турбінними або трьохлопатевими (пропелерними) мішалками)

Мішалка складається з одного або декількох відцентрових коліс (турбін), укріплених на вертикальному валу. В процесі бродіння виділяється тепло, тому для відведення тепла та підтримання температури на постійному рівні необхідною є наявність сорочки. Для виробництва біоетанолу був обраний ферментер об'ємом 100м³, тому для забезпечення ефективного тепловідведення є необхідною наявність секційної сорочки та зміювика.

На кришці апарату передбачено декілька штуцерів: для завантаження поживного середовища, посівного матеріалу, технічний люк. Для введення миючих засобів та пари для стерилізації передбачено наявність технологічного штуцера. Штуцер для зливу бражки розташований на днищі корпусу.

5.2. Технологічний, конструктивний, гідравлічний розрахунки

Розрахуємо ферментер для виробництва етанолу з бурякової меляси. Об'єм апарату – 100 м³, коефіцієнт заповнення – $K_3 = 0,7$. Температура в апараті підтримується на рівні $t_k = 30$ °С. Вода – охолоджуючий агент, її температура: на вході – $t_1 = 20$, на виході – $t_2 = 27$.

За ГОСТ 20680-86 було обрано апарат з еліптичним днищем і еліптичною кришкою, що знімається (тип 0).

За ГОСТ 20680-86 беремо наступні параметри:

- $D_{вн} = 3600$ мм = 3,6 м

- $H = 10400$ мм = 10,4 м

- $V_H = 100$ м³

Коефіцієнт заповнення, $K_3 = 0,7$

Робочий об'єм: $V_p = V_H * K_3 = 100 * 0,7 = 70$ м³

Тепловий розрахунок

Внутрішній діаметр ферментера, $D = 3,6$ м

Внутрішній діаметр сорочки ферментера, $D_1 = 3,8$ м

Товщина стінки ферментера, $S = 0,03$ м

Діаметр мішалки, $d_m = 0,9$ м

Тип перемішуючого пристрою – 4 турбінні мішалки, тип 3, за ГОСТ 20680-86

Число обертів мішалки, $n = 1 \text{ с}^{-1}$

Коефіцієнт заповнення, $K_z = 0,7$

Об'єм апарату: - Номінальний – 100 м³;

- Робочий – 70 м³

Температура середовища:

Культурального (в середині ферментера), $t_k = 30^\circ\text{C}$

На вході в рубашку, $t_1 = 20^\circ\text{C}$

На виході з рубашки, $t_2 = 27^\circ\text{C}$

Час культивування – 20 год

Основним компонентом поживного середовища є сахароза, тому тепловий ефект бродіння будемо розраховувати по ній.

Вміст сахарози: 12% об від об'єму поживного середовища.

Кількість посівного матеріалу (інокуляту) (ПМ) $\sim 10\%$ від об'єму заповнення ферментера: $V_{\text{пм}} = 70 \cdot 0,1 = 7 \text{ (м}^3\text{)}$

Кількість поживного середовища: $V_{\text{пс}} = V_p - V_{\text{пм}} = 70 - 7 = 63 \text{ (м}^3\text{)}$

Густина середовища: $\rho_{\text{пс}} = 1040,7 \text{ кг/м}^3$

Динамічна в'язкість середовища: $\mu_{\text{пс}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$

Теплоємність середовища, при $t = 30^\circ\text{C}$, $c_1 = 4185 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$

Коефіцієнт теплопровідності культури при $t = 30^\circ\text{C}$, $\lambda_1 = 0,57 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$

[31]

Маса поживного середовища: $m = V_{\text{пс}} \cdot \rho_{\text{пс}} = 63 \cdot 1040,7 = 65564 \text{ (кг)}$

Маса компонентів ПС (сахарози): $m_c = 65564 \cdot 0,12 = 7868 \text{ (кг)}$

Значення середньої температури води в сорочці, $t_{\text{ср}} = 23,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Густина води при середній температурі води, $\rho_2 = 998 \text{ кг/м}^3$

Кінематична в'язкість води при середній температурі, $\mu_2 = 1,1 \cdot 10^{-6}$

Теплоємність води при середній температурі, $c_2 = 4190 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$

Коефіцієнт динамічної в'язкості води при середній температурі,
 $\mu_2 = 1,050 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$

Теплопровідність води при середній температурі води, $\lambda_2 = 59,5 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$

Коефіцієнт теплопровідності стінки $\lambda_{\text{ст}} = 58,15 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$

Визначення кількості тепла, що виділяється в процесі розвитку культури грибів.

Тепловиділення: q/m , де q - тепловий ефект, m - маса одного моля компонента

В процесі спиртового бродіння з 1 моля сахарози виділяється 169 кДж

Маса 1 моль = 0,342 кг

Тепловиділення: $169/0,342 = 494 \text{ кДж/кг}$

Для спрощення розрахунків приймаємо, що тепловиділення протягом всього часу культивування відбувається рівномірно, тоді кількість теплоти,

що виділяється культурою: $Q = m/3600 \cdot q/\tau_{\text{к}}$
 $= 7868/3600 \cdot (494 \cdot 1000)/20 = 53983 \text{ Вт}$

Визначення кількості охолоджуючої води.

Для уникнення перегріву середовища тепло, що виділяється, відводять. Тепло відводять охолоджуючою водою, повітрям, а також через втрати в навколишнє середовище.

Тепловий баланс ферментера:

$$Q_1 = Q_{\text{вод}} + Q_{\text{пов}} + Q_{\text{вт}}$$

де Q_1 – кількість теплоти, що виділяється біомасою;

$Q_{\text{вод}}$ – кількість теплоти, що відводиться охолоджуючою водою;

$Q_{\text{пов}}$ – тепло, що відводиться повітрям (в розрахунках можна не враховувати, так як його величина незначна, оскільки повітря, що йде на аерацію, подається в апарат з температурою, близькою до температури середовища) $Q_{\text{вт}}$ – втрати тепла в навколишнє середовище.

Втрати тепла в навколишнє середовище приймаємо рівними 2% від Q_1 :
 $Q_{\text{вт}} = Q_1 * 0,02 = 53983 * 0,02 = 1079 \text{ Вт}$

Тепло, що відводиться водою:

$$Q_{\text{вод}} = Q_1 - Q_{\text{(вт)}} = 53983 - 1079 = 52894 \text{ Вт}$$

Витрати води для відводу тепла:

$$G_{\text{вод}} = Q / c \Delta t = 52894 / (4190 * 7) = 1.8 \text{ кг/с}$$

Визначення площі поверхні охолодження ферментера.

$$F = Q_{\text{(вод)}} / k \Delta t_{\text{ср}}$$

де k – коефіцієнт теплопередачі від середовища в ферментері до води в сорочці;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – середня різниця температур теплоносіїв:

Розрахуємо коефіцієнт тепловіддачі від рідини, що перемішується, до стінки.

Для апаратів з рубашками при перемішуванні мішалкою коефіцієнт тепловіддачі від середовища, що перемішується, до стінки визначають з рівняння:

$$Nu_1 = 0,36 Re^{10,67} Pr^{0,33} (\mu_1 / \mu_s)^{0,14}$$

де Re – критерій Рейнольдса, що характеризує співвідношення сил інерції та молекулярного тертя в потоці; Pr – критерій Прандтля, що характеризує фізичні властивості потоку, μ_1 та μ_s – динамічна в'язкість середовища при середній температурі рідини та при температурі стінки, відповідно, так як різниця між ними не суттєва, приймаємо їх однаковими: $\mu_1 = \mu_s$

Критерій Нуссельта, що характеризує інтенсивність тепловіддачі на межі потік – стінка:

$$Nu = \alpha D / \lambda$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі від рідини, що перемішується, до стінки.

$$Re = \rho v D / \mu = (1040,7 * [0,9]^2) / (1,5 * [10]^{-3}) = 1123956$$

$$Pr = \mu_s / \lambda = (1,5 * (10^{-3}) * 4185) / 0,57 = 11,03$$

Підставляємо отримані значення в формулу:

$$Nu_1 = 0,36 Re^{10,67} Pr^{0,33} (\mu_1 / \mu_c)^{0,14} = 0,36 * 11239560,67 * 11,030,33^{0,33} * 10,14 = 8968,6$$

$$\alpha_1 = (Nu_1 * \lambda) / D = (8968,6 * 0,57) / 3,7 = 1420 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{К}$$

Розрахуємо коефіцієнт тепловіддачі від стінки до охолоджуючої рідини:

Швидкість води в сорочці ферментера:

де f – площа перетину сорочки:

$$f = 0,785 (D_1 - (D + 2s))$$

$$f = 0,785 (3,82 - (3,6 + 2 * 0,03)^2) = 0,82 \text{ м}^2$$

Тоді швидкість води:

$$W_B = 1,8 / (998 * 0,82) = 0,002 \text{ м/с}$$

Середня температура води:

$$t_{\text{сер}} = (27 + 20) / 2 = 23,5^\circ \text{ C}$$

За формулою розрахуємо значення коефіцієнта тепловіддачі від стінки до охолоджуючої рідини:

$$\alpha = (Nu * \lambda) / D$$

$$\alpha_2 = 0,023 * 0,163 * 4,417 * 2381,5 * 2,36 = 93,07 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{К}$$

Коефіцієнт теплопередачі від середовища в ферментері до охолоджуючої рідини:

$$k_m = 1 / (1/1420) + (0,03/58,15) + (1/93,07) = 84 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

З урахуванням забруднень стінок:

$$k = k_m * 0,95 = 79,83 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{К}$$

Площа поверхні охолодження:

$$F = 117012 / (79,83 * 5,8) = 252,7 \text{ м}^2$$

Розрахунок перемішуючого пристрою

Для процесу виробництва етанолу з меляси найкраще підходить турбінна мішалка.

$$D=3,6 \text{ м}$$

$$d_m=D/4=0,9 \text{ м}$$

Серед представлених мішалок стандартного ряду турбінних мішалок, наявна мішалка, діаметром 900 мм.

Повинні зберігатись основні параметри даної мішалки :

- $D/d_m=3:4$

- $h_m/d_m=0,2$

- $h/d_m=0,4:1$

- $l/d_m=0,1$

Геометричні розміри мішалки:

- Висота: $h_m = d_m * 0,2 = 0,9 * 0,2 = 0,18 \text{ (м)}$

Висота прикріплення: $h = d_m * 0,6 = 0,54 \text{ (м)}$

Ширина лопасті: $l = d_m * 0,25 = 0,225 \text{ (м)}$

Окружна швидкість $w=2,5/10 \text{ м/с}$. Приймаємо $w=3 \text{ м/с}$. Частота обертання:

$$n=w/\pi d_m = 3/3,14*0,9 = 0,86 \text{ с}^{-1}$$

Діаметр валу мішалки за ГОСТ ГОСТ 20680-86:

$$d_v = 0,2 * d_m = 0,9 * 0,2 = 0,18 \text{ м}$$

Потужність, що витрачається на подолання тертя в торцевих ущільненнях

$$N_{\text{ущ}} = 6020 \cdot d_b = 6020 \cdot 0,18 = 1083,6 \text{ Вт}$$

В залежності від $Re_{\text{перем}}$ задаємось критерієм K_N – критерій потужності, для турбінної мішалки: $K_N=6$

Потужність, що витрачається на перемішування:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m = 6 \cdot 1046,7 \cdot 0,86^3 \cdot 0,9 = 3595,1 \text{ Вт}$$

Коефіцієнт висоти рівня рідини: $k_n = 1,05$

Потужність електродвигуна:

$$N = k_n \cdot N + N_{\text{ущ}} = 1,05 \cdot 3595,1 + 1083,6 = 4858,455 \text{ Вт}$$

5.3. Вибір загальнозаводського обладнання

Для стабільного функціонування апарату необхідно здійснювати ряд допоміжних операцій: подавати середовище в ферментер, теплоагент в рубашку, забезпечити перемішування. Для ефективності виробництва є необхідним здійснити правильний вибір допоміжного обладнання.

Подача води в рубашку для відведення надлишкового тепла може здійснюватись за допомогою електронасоса. Для вибору електронасоса необхідно зробити наступні розрахунки: потужність, яка затрачається на перекачування води, та потужність електродвигуна.

1. Потужність, що витрачається на перекачування води:

$N_n = G_{\text{вод}} \cdot H \cdot g$ де, $G_{\text{вод}}$ – витрати води для відводу тепла, кг/с, H – напор, м (приймаємо за 10), g – прискорення вільного падіння, м/с².

2. Потужність електродвигуна:

$N_e = N_n / \eta * \eta_{\text{пер}}$ де, η – ККД насоса (0,8), $\eta_{\text{пер}}$ – коефіцієнт корисної дії передачі (1)

Згідно з розрахованими значеннями, ГОСТ 20791-88 обираємо електронасос центробіжний герметичний типу ЦГ 50/20.

Для подачі культурального середовища обираємо насос типу ЦГ 12,5/12,5.

Ці насоси завдяки своїй конструкції не допускають можливості інфікування середовища. Крім того, підшипники змазуються рідиною, яка перекачується, завдяки чому не забруднюються матеріалом для змазування.

Згідно розрахунків обрано редуктор ВД-IV 7/48 4500 та електродвигун АИР100L2 з номінальною потужністю 5,5 кВт.

5.4. Вимоги до охорони праці та навколишнього середовища

У виробництві етилового спирту в ході технологічного процесу виходять шкідливі і токсичні, вибухо- і пожежонебезпечні речовини, тому потрібне строге дотримання правил техніки безпеки, санітарних норм, технологічних режимів проведення процесу і вимог технологічних інструкцій.

Основним напрямом в області створення безпечних умов праці є профілактика причин та попередження умов виникнення небезпечних ситуацій.

Працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки проходять попереднє спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці в термін, установлений відповідними галузевими нормативними актами не менше одного разу в рік.

Першочерговою повинна бути безпека для співробітників від виникнення небезпечних і шкідливих виробничих чинників:

- токсичність сировини, напівпродуктів, кінцевого продукту;
- запиленість та загазованість повітря;
- виникнення пожеж і вибухів;
- рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- недоліки освітлення;
- відхилення від оптимальних норм температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні;
- електробезпека машин, що застосовуються і обладнання.

А також для забезпечення безпеки будь якої діяльності на підприємстві повинні бути вирішені такі завдання, як: встановлення негативного впливу довкілля; захист від небезпек і попередження впливу на людину негативних факторів; ліквідація негативних наслідків впливу небезпечних і шкідливих факторів; створення комфортного стану середовища існування

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони і параметри мікроклімату не повинні перевищувати норм, встановлених «Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря».

Допустиме значення рівнів шуму та вібрації, що створюються механізмами на робочих місцях, повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Освітлення на робочих місцях повинно відповідати нормам освітленості робочих місць згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» і бути не менш 30 лк.

Заходи для попередження небезпечних ситуацій під час підготовки та виконання заміни вузлів апаратури, реорганізації будівництва, новому будівництві та його технічному переобладнанні обґрунтовані та встановлені у ДСТУ Б А.3.2-13:2011 «Система стандартів безпеки праці. Будівництво», ДСТУ Б В.2.2-29: 2011 «Будівлі підприємств. Параметри».

При культивуванні мікроорганізмів ретельного контролю потребує цех приготування поживних середовищ, вирощування мікроорганізмів.

Нормальні умови працівників на підприємствах біотехнологічної та мікробіологічної промисловості підтримується з допомогою притоково-втяжної вентиляції, що забезпечує 4-8 кратний повітрообмін в приміщенні, що вентилується. Повітря, що подається в виробничі приміщення, за виключенням спеціальних приміщень повинно мати відносну вологість 60-65% та температуру 18-20° С. Воно повинне бути повністю захищеним від пилу, а для деяких цехів — і від мікроорганізмів. При використанні вологого прибирання підлоги рекомендується робити підлогу під нахилом, та забезпечувати трапами, що дозволяють швидко прибирати вологу. Стіни використовуються з спеціальної керамічної плитки для поліпшення санітарних умов. При розміщенні обладнання та комунікацій враховується необхідність відділення пилу з частин апарату, що виступають, особливо з вентиляційних коробів. Стеля, верхня частина стін та обладнання необхідно частіше фарбувати для підтримання відповідних санітарних вимог.

На виробництві повинен проводитись регулярний та суворий контроль на наявність в повітрі токсичних речовин та мікроорганізмів.

На ділянці проводиться контроль вмісту мікроорганізмів та часток у повітрі. Контроль вмісту часток у повітрі проводять до початку роботи (приміщення в “оснащеному” стані) та під час виробничого процесу (приміщення у “функціонуючому” стані), не рідше одного разу в три місяці. Контроль вмісту мікроорганізмів в повітрі виробничих приміщень проводять аспіраційним методом, який заснований на принципі ударної дії струму повітря. Для контролю вмісту мікроорганізмів в повітрі використовують пробовідбірники інерційного типу (імпактори).

Контроль мікробіологічної чистоти обладнання та інвентарю проводять не рідше одного разу на місяць після обробки дезінфекційними розчинами та відповідної експозиції. Для контролю мікробіологічної чистоти технологічного обладнання та інвентарю використовують метод змивів тампонами.

За допомогою диференціального манометру контролюють перепад тиску між приміщеннями різних класів чистоти, що в нормі має становити (10-15 Па).

Попередження можливості накопичення електростатичних зарядів на матеріалах, обладнанні і на людях здійснюють з урахуванням особливостей виробництв. З метою захисту від статичної електрики передбачається проведення на підприємстві наступних заходів:

- заземлення технологічних апаратів, обладнання і трубопроводів (в тому числі установкою перемичок на фланцевих з'єднаннях трубопроводів, по яких транспортуються кислоти і луги).

заповнення апарату повинно відбуватися через опущену до дна трубу з напрямком струменя уздовж стінок посудини.

- забороняється носіння одягу з синтетичних волокон, шовку, а також кілець і браслетів.
- забезпечення герметичності обладнання і трубопроводів;
- використання у виробничому процесі інструментів з кольорового металу (виключається ймовірність іскріння);
- транспортування розчинів (етанолу, фракція сивушних масел, метанол) за допомогою вакууму або під тиском інертного газу (об'ємна частка кисню в інертному газі повинна бути не більше 1%) зі швидкістю, що не перевищує 1 м/с, зняття вакууму в таких випадках проводиться за допомогою стиснутого азоту;
- відбір проб з апаратів повинен проводитися тільки після повного припинення руху рідин;

На виробництві етилового спирту у відділенні ректифікації застосовуються такі заходи захисту персоналу від вражаючої дії електричного струму :

- вибухозахисне виконання електродвигунів
- підключення всіх електроустановок і металоконструкцій (трубопроводи, арматура майданчиків обслуговування, повітроводи витяжної вентиляції) до контуру заземлення;
- використання персоналом засобів індивідуального захисту;
- наявність у будівлі цеху блискавкозахисту.
- ізоляція струмоведучих частин обладнання;

Сукупність зазначених заходів забезпечує безпечні умови праці.

Основою для забезпечення пожежної безпеки у приміщеннях підприємств є ДСТУ 3273-95 «Безпечність промислових підприємств» та НАПБ Б.03.002- 2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». Згідно цих документів можна класифікувати основні виробничі приміщення по пожежо

- та вибухобезпечністю [38]:
- відділення підготовки сировини – категорія Д;
- дріжджове відділення - категорія Д;
- бродильне відділення - категорія Д;
- брагоректифікаційні відділення - категорія А, вибухонебезпечна суміш пари етилового спирту.

Безпека роботи з обслуговування механізмів з рухомими частинами забезпечується наявністю і справністю огорожувачів. Замір рівнів в апаратах і відбір проб проводять при повністю зупиненому руху рідини в замкнутих окулярах.

Щоб уникнути термічних опіків апарати, в яких процеси протікають при підвищеній температурі, паропроводи, повинні мати ізоляцію певної товщини так, щоб зовнішній шар ізоляції мав температуру не вище 40°C. Робота працівника в робочій зоні на підприємстві виробництва етанолу відноситься до середньої категорії тяжкості виконуваних робіт. Це напружена робота. Час перебування працівників у цеху 80% від усього робочого часу. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» такі умови мікроклімату слід розглядати, як шкідливі і небезпечні. З метою профілактики несприятливого впливу

мікроклімату використовуються захисні заходи:

- приміщення для відпочинку і обігріву;
- регламентація часу роботи, зокрема, перерви в роботі, скорочення робочого дня, збільшення тривалості відпустки.

Біоетанол за ступенем впливу впливу на організм людини відноситься до 4-го класу небезпеки. Гранично допустима концентрація парів біоетанолу в повітрі робочої зони виробничих приміщень: по етиловому спирту - 2000/1000 мг/м³ відповідно до гігієнічних нормативів. Періодичність контролю повітря робочої зони на вміст шкідливих речовин - не рідше одного разу в квартал. Біоетанол має наркотичну дію. При попаданні всередину можливе отруєння. Має здатність проникати через пошкоджену шкіру. Заходи першої допомоги при отруєнні: свіже повітря (можна дати

кисень), спокій, якщо буде потреба - штучне дихання. При попаданні продукту в очі слід промити їх рясно теплою водою. Технологічне обладнання, резервуари, трубопроводи та зливо-наливні пристрої, пов'язані з прийомом, зберіганням і транспортуванням біоетанолу, повинні бути захищені від статичної електрики. Електрообладнання повинно бути виконано вибухонебезпечним. Запобіжні заходи в виробничих умовах - герметизація виробничих процесів.

У аварійних умовах при підвищеній концентрації парів біоетанолу в повітрі, а також у разі пожежі слід використовувати індивідуальний захист органів дихання - фільтруючий промисловий протигаз. В якості первинних засобів гасіння біоетанолу використовують всі види вогнегасників, розпорошену воду, пісок, повстяну або азбестову кошму. Роботи з біоетанолом (відбір проб, аналіз проб і т.д.) проводять при дотриманні санітарних правил, вимог безпеки, прийнятих для роботи з хімічними речовинами та ЛЗР. При відборі проб категорично забороняється

застосування відкритого вогню, паління. Відбір проб проводять особи, проінструктовані з правилами техніки безпеки і пожежної безпеки. При застосуванні біоетанолу слід дотримуватися наступних правил безпеки: не приймати всередину, берегти від вогню. Усі працюючі з біоетанолом повинні проходити попередні (при прийомі на роботу) і періодичні медичні огляди, а також інструктаж з техніки безпеки відповідно.

Також на підприємствах обов'язковою є пожежна безпека. На виробництві, що проектується, можливими джерелами пожежі є перевантаження електроустаткування, нагріті стінки устаткування (піч), іскри від роботи електрообладнання та від тертя деталей машин, прямий удар блискавки в споруди, електрозамикання, виникнення електричної дуги, руйнування кабелю, електропроводки.

При проектуванні передбачені запобіжні заходи: розділення споруди протипожежними перекриттями на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, між будинками передбачені

протипожежні розриви 10м, протипожежні крани, ємності з піском і пожежні щити; змонтована автоматична пожежна сигналізація, захист ізоляції від теплового, механічного впливу. Для запобігання ударів блискавки встановлюються стрижневі блискавковідводи.

Для технологічного устаткування передбачено застосування запобіжних пристроїв - мембран, клапанів (газове обладнання). Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання. Для сповіщення витікання з газопроводу встановлено сигналізацію. Перед розпалюванням печі її газовий тракт вентилується. Газопроводи усередині цеху мають систему продувних труб із запірними пристроями. Продувні труби (свічі) від печей з'єднують у загальну вивідну свічу. При припиненні подачі газу та повітря, загрозі пожежі в цеху, витоці

газу в приміщення, аваріях передбачено аварійне вимкнення газових пальників. Підприємство обладнується охоронною й пожежною сигналізацією типу ПТІМ. Основний цех обладнується ящиком з піском і вогнегасниками.

Хоча біотехнологічна промисловість приносить на ринок ряд важливих продуктів покращує екологічний стан країн та підвищує якість життя, при цьому вона також випускає шкідливі речовини, що потрапляють в навколишнє середовище (вивільнені під час використання), які призводять до негативного впливу на людину та навколишнє середовище.

У відповідь на мандати уряду (законодавчі, регуляторні) або з ініціативи самої галузі (наприклад, добровільні скорочення, системи екологічного менеджменту), для зменшення шкідливого впливу використовують різні методики релізи на кожному етапі виробництва. Вони включають використання обладнання для контролю забруднення, розробку процесів з метою мінімізації викидів та заборону збуту речовини або обмеження деяких його використання.

В процесі виробництва біоетанолу утворюється ряд побічних продуктів, що можуть спричинити шкоду навколишньому середовищу. До них відносяться вуглекислий газ, сивушні масла, метанол, фурфурол, лігнін та інші.

Вуглекислий газ при потраплянні в атмосферу негативно впливає на довкілля, оскільки це сприяє збільшенню парникового ефекту. Для запобігання виходу його в атмосферу вуглекислий газ, що утворюється пропонують вловити в циклонах і переробляти на вуглекислоту, яка буде побічним продуктом виробництва.

В процесі ректифікації утворюється багато побічних продуктів з бражної колони після ректифікації виходить барда, що не містить спирту. При

її скиді у водойму або каналізацію, вона може спричинити мікробіологічне забруднення, оскільки вона містить пентозами, що можуть бути поживними речовинами для мікроорганізмів. Тому барду потрібно очищати на промислових очисних спорудах або використовувати для отримання кормових дріжджів.

Основним засобом захисту навколишнього середовища при виробництві біоетанолу є виконання всіх вимог, норм і правил, що діють при виробництві етилового спирту з рослинної сировини, включаючи вимоги щодо викидів в атмосферу, очищення стічних вод, утилізації побічних продуктів і відходів виробництва.

З метою охорони атмосферного повітря від забруднення викидами шкідливих речовин повинен бути організований постійний контроль за вмістом гранично допустимих викидів. Встановлення допустимих викидів шкідливих речовин проводять відповідно до правил ГОСТ 17.2.3.02 та ДСТУ 4219:2004 «Якість повітря».

Періодичність контролю за вмістом гранично допустимих викидів повинна бути узгоджена з місцевими органами охорони навколишнього середовища. Гранично допустима концентрація біоетанолу в атмосферному повітрі населених місць - 5 мг/м³ відповідно до гігієнічних нормативів. Біоетанол повністю використовується, утилізація відходів не потрібно [10].

При проектуванні промислових підприємств, окремих цехів й агрегатів повинні розроблятися й впроваджувати технологічні процеси, що забезпечують максимальну переробку сировини й не виділяють шкідливих відходів у повітря. При неможливості виключення викидів шкідливих речовин в атмосферу повинні створюватись ефективні очисні спорудження, для того щоб вміст цих речовин у зовнішньому середовищі не перевищував встановлених гранично припустимих концентрацій. До числа забруднюючих

атмосферу компонентів виробництва етилового спирту належать: органічний пи́л, пари етилового спирту, фреон, аміак, формальдегід, вуглекислий газ, летучі кислоти, абразивний і металевий пи́л з обладнання.

Вуглекислий газ на всіх стадіях поступає у спиртовловлювач, а звідти – на утилізацію (перетворення в «сухий лід»). Рідкий CO₂ знаходить широке застосування у виробництві безалкогольних напоїв, мінеральних і газованих вод. Його застосовують при зварюванні, механічній обробці металів, для вибухових робіт вогнегасників. Твердий діоксид вуглецю (сухий лід) використовується в якості холодоагенту.

При концентруванні спирту в ректифікаційній колоні утворюється лютерна вода, яку можна використовувати для промивання і обробки сивушного масла. Основна частина лютерної води не використовується і відводиться зі стічними водами [22].

При промиванні концентрату спирту в ректифікаційній колоні отримують сивушне масло. Його використовують для отримання технічного етилового, н-пропілового, ізобутилового та ізоамілового спиртів, при флотації руд і в буровій техніці, для синтезу запашних речовин і медичних препаратів в лакофарбовій, фармацевтичній промисловості.

Барда використовується на відгодівлю сільськогосподарських тварин, для отримання гліцерину, глютамінової кислоти, а також в якості поживного

середовища для вирощування кормових дріжджів і отримання кормового вітаміну B12.

Крім фіксованих джерел викидів на підприємствах можливі так звані безконтрольні, не заплановані викиди, що є результатом щілин в апаратах, ємностях, трубопроводах .

Стічні води утворюються у процесі виробництва спирту, дріжджів, в результаті миття, нагрівання чи охолодження апаратів. Ці води піддаються механічній та біологічній очистці, а потім знову використовуються у виробництві. Спуск промислових стічних вод в каналізаційну мережу може проводитися тільки у відповідності до «Санітарних норм проектування» СНіП. Технічні заходи передбачають очищення стічних вод, різними методами, повторне використання стічних вод для технічних потреб та поливу, створення оборотних та замкнених систем водокористування, вдосконалення технологічних процесів щоб зменшити надходження забруднень у стоки, перехід на безвідходні технології та інше.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті запропоновано технологію одержання етанолу з бурякової меляси.

1. Наведено основні характеристики сировини та біологічного агенту. Сировиною обрано бурякову мелясу, оскільки в Україні використання даної сировини є вигідним та перспективним. Біологічним агентом є дріжджі *S. cerevisiae* через високий темп росту ($0,25-0,33 \text{ год}^{-1}$), а також стійкість до високих концентрацій етанолу і низьких значень рН. Цей штам забезпечує стабільні показники накопичення біомаси в процесі дріжджегенерації.
2. Обрано технологічну схему, що включає допоміжні роботи, такі як: підготовка персоналу, приміщень та обладнання, стерилізацію поживного середовища і враховує її особливості, культивування обраного штаму, виділення та очищення біоетанолу.
3. Наведено схеми біохімічних процесів, які відбуваються при проведенні технологічного процесу.
4. Розроблено апаратурну схему.
5. Складений матеріальний баланс виробництва.

В якості основного обладнання обрано ферментер на 100 м^3 .

Проведено розрахунок основного та допоміжного обладнання.

Для перегонки етанолу було обрано брагоректифікаційну установку неперервної дії.

Вуглекислоту, яка утворюється утилізують з утворенням сухого льоду.

6. Наведено перелік заходів щодо охорони праці та охорони довкілля при виробництві етанолу.

Проектом передбачені заходи та засоби щодо забезпечення безпечних умов праці та виконання вимог щодо екологічної та пожежної безпеки.

Графічна частина складається з технологічної та апаратурної схем виробництва біоетанолу, а також креслення ферментера обраного типу.

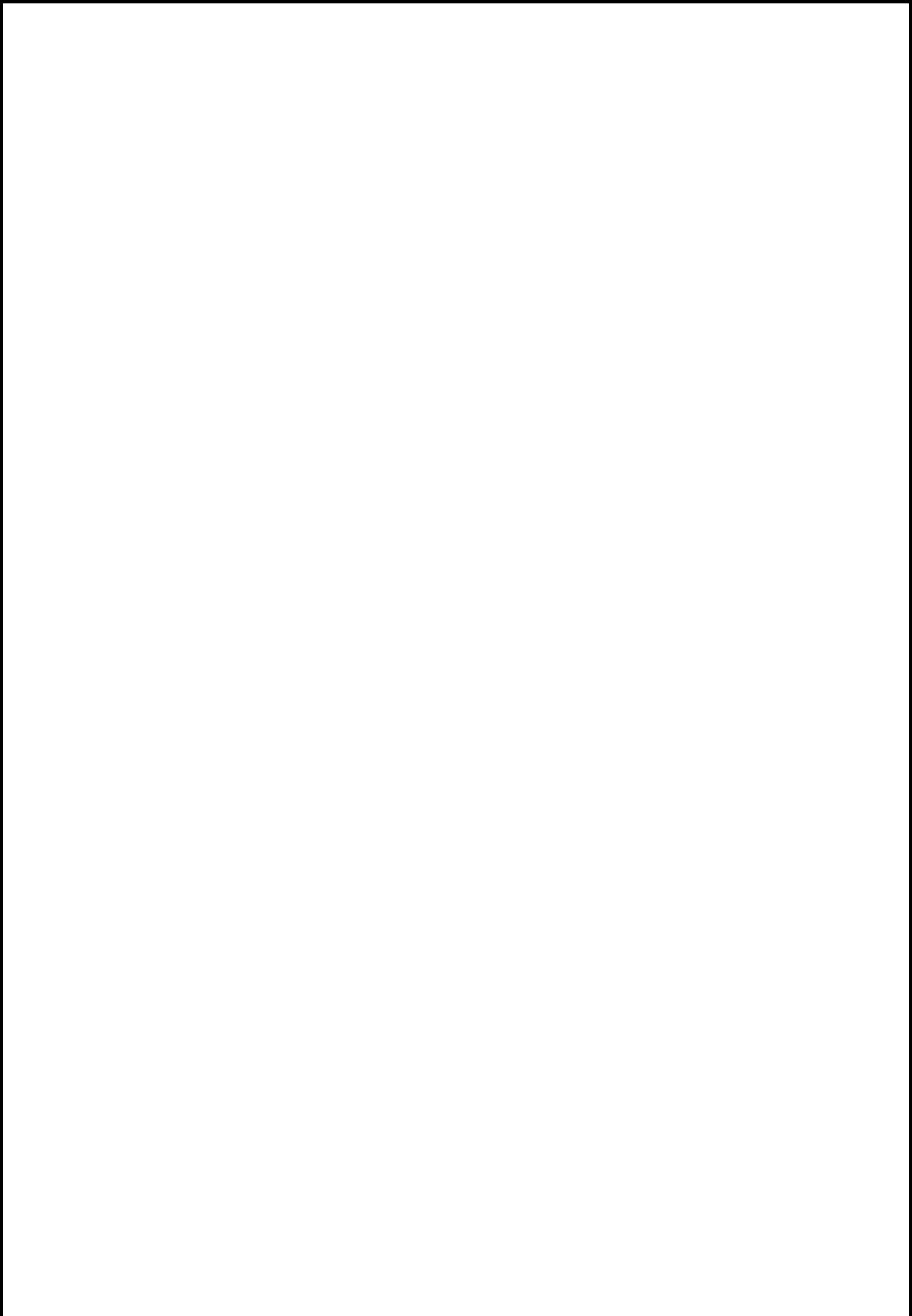
					ПБ.БТ7104.ПЗ	АРК 116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури:

1. «БИОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛОВОГО СПИРТА»С. М. Гарасимчук; А. А. Азаренкова,; М. С. Бойченко, М. Н. Барановський, д-р техн. наук, проф / Наукоємні технології. - 2014. - № 1. - С. 18-22.
2. Технологія продуктів мікробного синтезу [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. Б. Орябінська, Л. П. Дзигун, В. Ю. Поліщук. – Електронні текстові дані (1 файл: 972,71 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 40 с.
3. Т.В.Меледина, С.Г. Давыденко «Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Морфология, химический состав, метаболизм» - Университет ИТМО, Санкт-Петербург 2015
4. Халилова Эсланда Абдурахмановна , Исламмагомедова Эльвира Ахмедовна, Котенко Светлана Цалистиновна, Абакарова Аида Алевтиновна, Аливердиева Динара Алиевна «Морфолого-культуральные особенности клеток дрожжей *S. cerevisiae* различной ploидности в условиях осмотического стресса» - УДК 663.125/663.252.4
5. Парамонова И.Е., Кравченко Н.Л., Балпанов Д.С., Тен О.А. Культивирование дрожжей – продуцентов кормового белка на соке сахарного сорго // Биотехноогия. Теория и практика. 2013. № 1. С. 52–56.
6. М. А. ЭЛЬДАРОВ , С. А. КИШКОВСКАЯ , Т. Н. ТАНАЩУК , А. В. МАРДАНОВ «ГЕНОМИКА И БИОХИМИЯ ВИННЫХ ШТАММОВ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*» - Успехи биологической химии, т. 56, 2016, с. 155–196 155

7. ДСТУ 4221:2003: Спирт этиловый ректифицированный
8. Фадеев Ю. В. Оборудование для спиртовой и ликероводочной промышленности - М. : Центр Агросистеммаш, 1997
9. Технология спирта/ [В.А. Маринченко, В.А. Смирнов. Б.А. Устинников и др. ; под редакцией В.А. Смирнова] - М.: - Легкая и пищевая промышленность, 1981
10. Сироткин, А.С. Общая биотехнология: учебно-методическое пособие / А.С. Сироткин – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007. – 104 с.
11. Аналитический контроль качества ректифицированного этанола, водок и спиртовых дистиллятов» С.Ю. Никитина, С.В. Шахов, Д.В. Пыльный, О.Б. Рудаков - УДК 543.544: 663.51
12. Халилова Эсланда Абдурахмановна , Исламмагомедова Эльвира Ахмедовна, Котенко Светлана Цалистиновна, Абакарова Аида Алевтиновна, Аливердиева Динара Алиевна «Морфолого-культуральные особенности клеток дрожжей *S. cerevisiae* различной ploидности в условиях осмотического стресса» - Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 20, № 2, 2018 УДК 579.246.4
13. Rudakov, O. B., Nikitina, S. J., & Kudukhova, I. G. (2019). Сорбционные и ионообменные методы очистки пищевого этилового спирта и полупродуктов брагоректификации от микропримесей (обзор).
14. Винаров, А. Ю. Безотходная биотехнология этилового спирта : монография / А. Ю. Винаров, А. А. Кухаренко, Н. Е. Николайкина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 217 с
15. Ю.А. Тарасов, к.б.н., с.н.с.; В.В. Лелевич, д.м.н., профессор «ЭНДОГЕННЫЙ ЭТАНОЛ И АЦЕТАЛЬДЕГИД, ИХ БИОМЕДИЦИНСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ (Обзор литературы)» - УДК 577.1:616.89

16. Michael Costanzo «A global genetic interaction network maps a wiring diagram of cellular function» *Science* 23 Sep 2016: Vol. 353, Issue 6306.
17. Сергей Буряченко «Молекулярная генетика дрожжей сахаромикетов» LAP LAMBERT Academic Publishing (October 12, 2016)
18. Садыкова Айгуль Жомартовна «ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ ДРОЖЖЕЙ SACCHAROMYCES И KLUYVEROMYCES» - Москва, 2016
19. О.В. МОСИН «БИОТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛОВОГО СПИРТА» LitNet.COM 30/10/2006
20. ДСТУ 4221:2003: Спирт этиловый ректифікований
21. ГОСТ 18300-87. Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия
22. «Аналитический контроль качества ректификованного этанола, водок и спиртовых дистиллятов» С.Ю. Никитина, С.В. Шахов, Д.В. Пыльный, О.Б. Рудаков - УДК 543.544: 663.51
23. ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ.GOST 30333-2007. НОМЕР СТАТЬИ: 0911. ВЕРСИЯ GHS 3.0
24. Фадеев Ю. В. Оборудование для спиртовой и ликероводочной промышленности - М. : Центр Агросистеммаш, 1997
25. Яровенко В.Л., Марниченко В.А. и др. Технология спирта. М.: Колосс, 2002

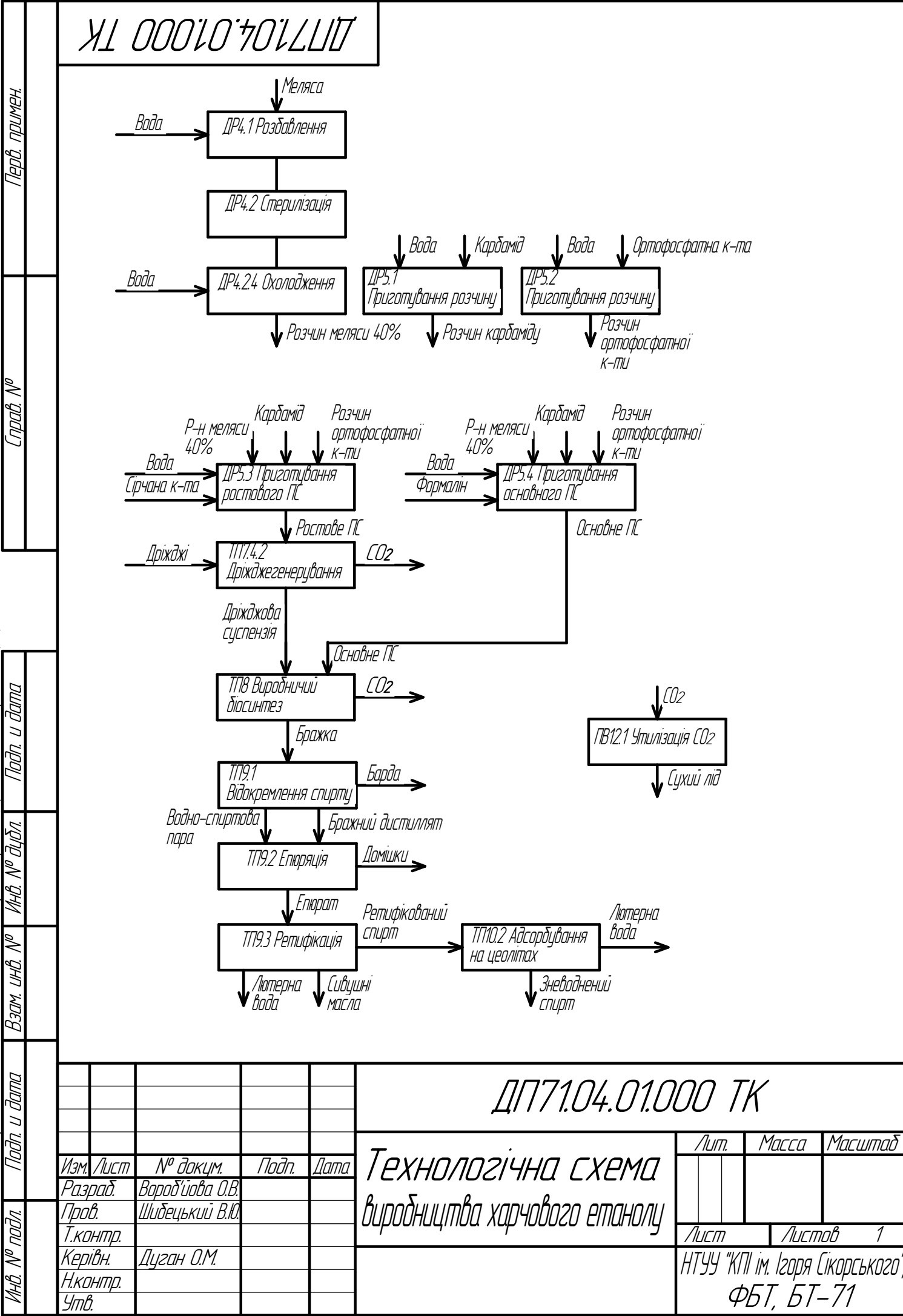


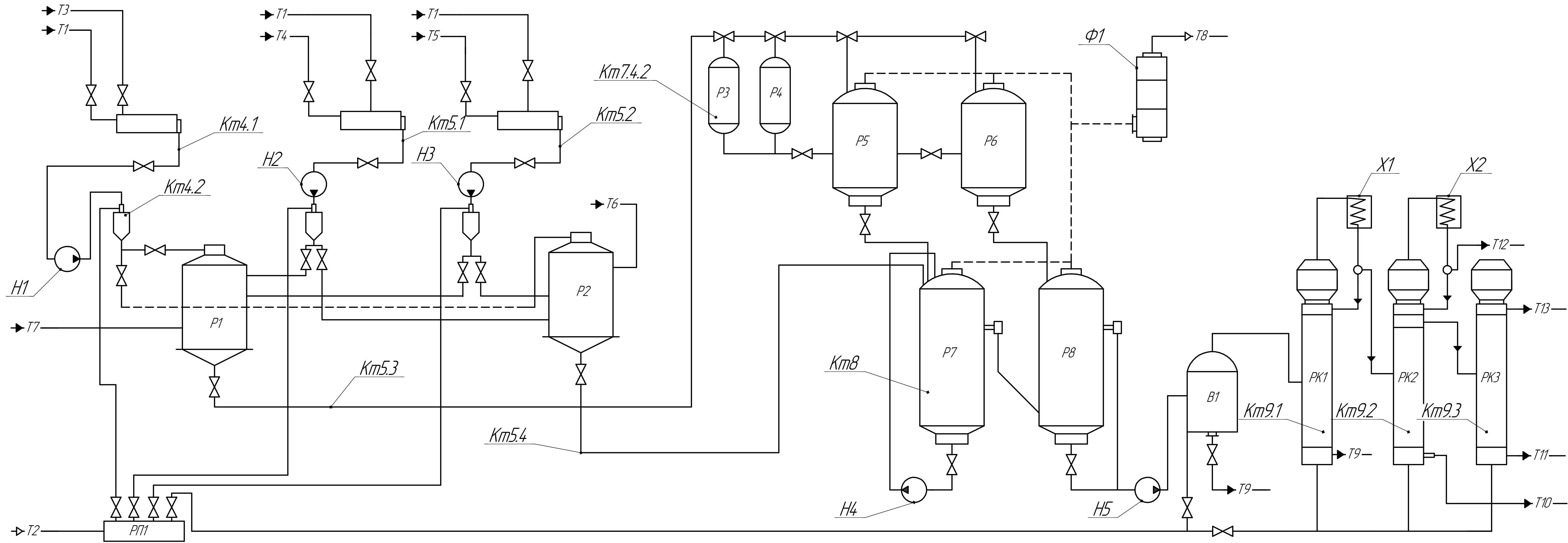
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПБ.БТ7104.ПЗ

АРК
120

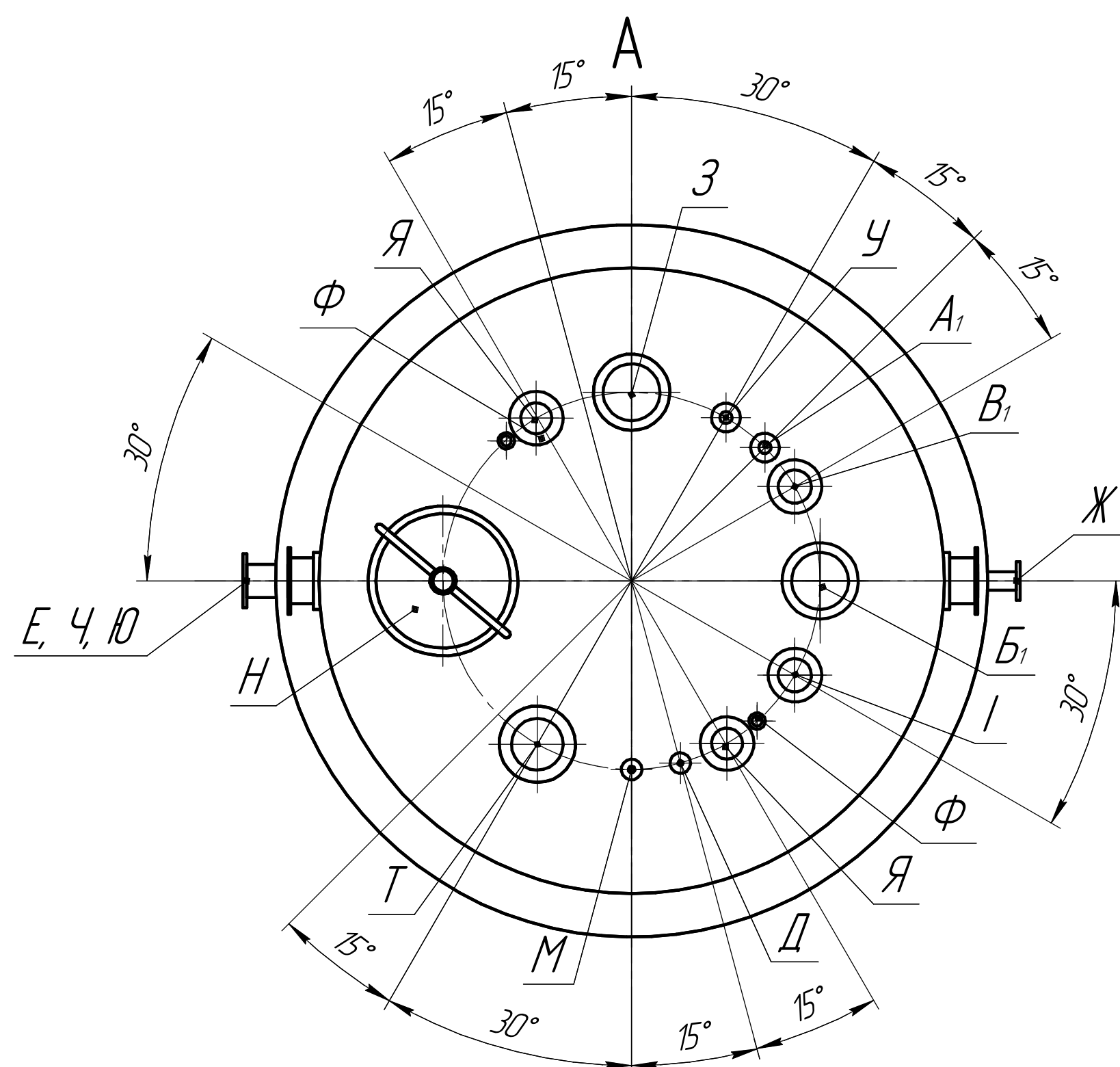
КОМПАС-3D v18.1 Учетная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.





Умовні позначення		Найменування середовища в триходоводі
Літерне	Графічне	
T1	→ T1 —	Вода питна
T2	→ T2 —	Гостра пара, P=0.2 МПа
T3	→ T3 —	М'яса
T4	→ T4 —	Карбамід
T5	→ T5 —	Ортофосфатна к-та
T6	→ T6 —	Формалін
T7	→ T7 —	Сірчана к-та
T8	→ T8 —	Вуглекислий газ
T9	→ T9 —	Барда
T10	→ T10 —	Сидішні масла
T11	→ T11 —	Спирт-ретифікат
T12	→ T12 —	Ефіроальдегідна фракція
T13	→ T13 —	Метанол

ДП7104.02.000 ТК				Лист 1		
Виробництво харчового етанолу				Лист	Листів	1
Апаратурна схема				НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ФБТ, БТ-71		
Копіювати				Формат А1		



Позн.	Найменування	Кіл.	Прохід умовний D _н , мм	Тиск умовний P _н , МПа
Д	Для подачі піногасника	1	25	0,6
Е	Для подачі теплоагента	10	80	0,6
Ж	Для зливу теплоагента	10	80	0,6
З	Для подачі живильного середовища	1	250	0,6
І	Резервний	1	100	0,6
К	Для подачі теплоносія	1	80	0,6
Л	Для зливу теплоносія	1	80	0,6
М	Для відливання прод	1	20	2,5
Н	Люк	1	700	0,6
Т	Для термометра	1	250	0,6
У	Для датчиків рН-метра	1	50	0,6
Ф	Подача води в підшипник	1	15	0,6
Ц	Для вихода середовища	1	200	2,5
Ч	Для подачі теплоагента	10	100	0,6
Ю	Для подачі теплоагента	10	150	0,6
Я	Смотрове вікно	2	150	1,6
А ₁	Для манометра	1	50	0,6
Б ₁	Для подачі повітря	1	250	0,6
В ₁	Для виходу повітря	1	150	0,6

ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АПАРАТУ

1. Апарат призначено для аеробного культивування мікроорганізмів у стерильних умовах.
2. Номінальний об'єм 100 м^3
Робочий об'єм 70 м^3 .
3. Тип перемішуючого пристрою – мішалка турбінна відкрита.
4. Кількість мішалок 4.
5. Кількість віддільних перегородок відсутні.
6. Частота обертання вала мішалки 1 с^{-1} .
7. Потужність електродвигуна 132 кВт .
8. Габаритні розміри:
 - ширина 6275 мм ;
 - довжина 4550 мм ;
 - висота 13500 мм .
9. Маса 83150 кг .

Технічні вимоги

1. Виготовлення, випробовування і приймання апарата проводити відповідно ОСТ 26-291-94, ОСТ 26-01-1244-88
2. Матеріал основних деталей – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72
3. Корпус випробовувати гідравлічним тиском 0,5 МПа
4. Провести ЗВД чи прасувчання зварних швів корпусу на дозвиг 50% рідких згідно ГОСТ 3242-79
5. Провести обкатку привода при робочому тиску протягом 4 годин при заповненні апарата водою, при цьому не допускається зняття підшипника більше ніж 75°С
6. Розміщення скоб для теплоізоляції проводити відповідно ГОСТ 17314-81
7. Покриття зовнішніх поверхонь апарата проводити в один шар грунтовкою ГФ-0119 червоно-коричневою ГОСТ 23343-78

Поз.	Позн.	Найменування	Кільк.	Найменування і марка матеріалу	Прим.
1		Днище еліптичне	1	сталь 2Х18Н10Т	
2		Мішалка турбінна чотирьохрусна	1	сталь 08Х22Н6Т	
3		Барботер тароїдний	1	сталь 2Х18Н10Т	
4		Обичайка циліндрична	1	сталь 2Х18Н10Т	
5		Змійовик спіральний	1	сталь 1Х2М1	
6		Кришка еліптична	1	сталь 2Х18Н10Т	
7		Рубашка секційна	10	сталь 2Х18Н10Т	
8		Прокладка	2	пароніт загального призначення ПОН	
		Муфта	1	сталь 2Х18Н10Т	
10		Ел. двигун	1	сталь 2Х18Н10Т	
11		Редуктор	1	сталь 2Х18Н10Т	
12		Тарцеве ущільнення	1	сталь 2Х18Н10Т	
13		Вал	1	сталь 2Х18Н10Т	
14		Розтяжки для центрування мішалки	1	сталь 2Х18Н10Т	
15		Труба барботера	1	сталь 2Х18Н10Т	
		Болт ДСТУ ISO 225-2001	6	сталь 40Х	

						ДП7104.03.000 ТК		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кресления заглавного вида ферментера		Лист	Масса	Масштаб*
Разраб.	Ворожцова СВ							125
Пров.	Шидельский В.В.							
Т.контр.						Лист	Листов	?
Керил.	Дуган О.М.					НТУУ "КИ" ім. Ісидорського		
Н.контр.						ФСТ 6Т-71		