

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок
та косметичних засобів**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту ННІХТ
_____ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ТЖХТ
_____ Тамара НОСЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**
зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Хімічна технологія
на тему: Удосконалення технології виробництва тетраборату натрію

Виконала: здобувачка 4 курсу, групи ХТ-4-13
_____ ГУЛЬТЯЄВА Марина Анатоліївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Керівник БОЙЧУК Тетяна Михайлівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
_____ (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент _____
(підпис) Ольга ДІДЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач (ка) _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гульятєва Марина Анатоліївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології виробництва тетраборату натрію

керівник роботи БОЙЧУК Тетяна Михайлівна, к.х.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “15”квітня 2024 року № 296-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи потужність виробництва тетраборату натрію становить 1000 кг/добу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека, охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 3. Креслення апарату (загальний вигляд), формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	13. 05.2024	31.05.2024

7. Дата видачі завдання _____ 16 квітня 2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	13.05.2024	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	14.05.2024-16. 05.2024	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17. 05.2024-20. 05.2024	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	21. 05.2024-23. 05.2024	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	24. 05.2024-25. 05.2024	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24.05.2024-27.05.2024	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	25.05.2024-29.05.2024	
8	ВИСНОВКИ	30.05.2024-31. 05.2024	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02. 05.2024-30. 05.2024	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	13. 05.2024-19. 05.2024	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	20. 05.2024-28. 05.2024	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	03.06.2024-07.06.2024	

Здобувач _____
(підпис)

Марина ГУЛЬТЯЄВА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тетяна БОЙЧУК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 78 С., 21 РИС., 41 ТАБЛ., 44 ДЖЕРЕЛ.

У даній кваліфікаційній роботі наведено удосконалену технологію отримання тетраборату натрію. Дана робота складається зі вступу, п'ятих розділів та висновку.

У *вступі* наведено актуальність, сформовано мету, предмет та об'єкт дослідження, завдання роботи, що полягає в удосконаленні технології отримання тетраборату натрію.

У *першому розділі* наведено аналіз вітчизняної та закордонної науково-технічної літератури по фізико-хімічним властивостям, сферах застосування та методів отримання тетраборату натрію.

У *другому розділі* наведено характеристику вихідної сировини для отримання аспартаму, наведено принципову технологічну та апаратурно-технологічну схеми та їх опис, розраховано матеріальний і тепловий баланси, здійснено підбір обладнання та розрахунок барабанної сушарки.

У *третьому розділі* наведено основні економічні показники для початку виробництва тетраборату натрію та очікуваний дохід з його продажу.

У *четвертому розділі* наведені основні методи аналізу тетраборату натрію.

У *п'ятому розділі* наведено рекомендації для охорони праці і навколишнього середовища.

У *висновках* узагальнено та наведено результати досліджень.

Ключові слова: ХАРЧОВА ДОБАВКА, ТЕТРАБОРАТ НАТРІЮ, ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ, БОРНА КИСЛОТА, КОНСЕРВАНТ, ВИРОБНИЦТВО, БУРА, БАРАБАННА СУШАРКА

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 78 P., 21 FIGURES, 41 TABLES, 44 SOURCES.

In this qualification work, an improved technology for the production of sodium tetraborate is presented. This work consists of an introduction, five chapters and a conclusion.

In the *introduction*, relevance is given, the purpose, subject and object are formed research, the task of the work, which is to improve the technology for obtaining sodium tetraborate.

The *first section* provides an analysis of domestic and foreign scientific and technical literature on physical and chemical properties, areas of application and methods for obtaining sodium tetraborate.

In the *second section*, the characteristics of the raw materials for the production of aspartame are given, the principal technological and instrumental-technological schemes and their description are given, the material and heat balances are calculated, the selection of equipment and the calculation of the drum dryer are carried out.

The *third section* presents the main economic indicators for the start of production of sodium tetraborate and the expected income from its sale.

The *fourth section* presents the main methods for the analysis of sodium tetraborate.

The *fifth section* provides recommendations for occupational health and safety.

The *conclusions* summarize and present the results of the research.

Key words: FOOD ADDITIVE, SODIUM TETRABORATE, CHEMICAL TECHNOLOGY, BORIC ACID, PRESERVATIVE, PRODUCTION, BORAX, DRUM DRYER

ЗМІСТ

Вступ	7
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	
9	
1.2 Загальна характеристика консервантів.....	12
1.3 Загальна характеристика тетраборату натрію.....	15
1.4 Стан сировинної бази.....	21
1.5 Аналіз існуючих технологій виробництва.....	22
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Характеристика сировини для виробництва тетраборату натрію.....	24
2.2 Принципово-технологічна схема та її опис.....	27
2.3 Розрахунок матеріального балансу	30
2.4 Підбір основного обладнання.....	35
2.6 Розрахунок барабанної сушарки.....	50
2.9 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	54
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	59
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	64
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	69
РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ	72
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	77

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т.М.	<i>Вид документ</i> Пояснювальна записка	<i>Назва, додаткова назва</i>			
НУХТ	<i>Розробник документа</i> Гульятєва М.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.006.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.04.2024	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 6/78

ВСТУП

Зростаючий попит на продукти з довгим терміном зберігання стимулює розробку нових і більш ефективних консервантів. Одним з таких є тетраборат натрію, який відзначається високою ефективністю та доступністю.

Тетраборат натрію, також відомий як бура, є натрієвою сіллю борної кислоти. Він дозволений для використання як консервант у харчових продуктах в Європейському Союзі під кодом E285.

Основні природні запаси тетраборату натрію зосереджені в Каліфорнії, Тибеті, Чилі та Туреччині. Його очищують за допомогою перекристалізації. Тетраборат натрію часто залягає разом з іншими мінералами, такими як галіт, боронатрокальцит, тенардит, гіпс. Він є типовим мінералом евапоритів і утворюється при випаровуванні соляних озер. Великі родовища також знаходяться в США, менші — в Індії, Китаї, Ірані. Його можна знайти на берегах озер у Кашмірі, Тибеті, Каліфорнії та на Таманському півострові.

Протягом тривалого часу добавку E285 використовували в Європі для продовження терміну зберігання маргарину та олії. У деяких країнах її застосовують у виробництві ікри, де допустима норма трохи більше 4 грамів на кілограм продукції.

E285 дуже повільно виводиться з організму людини, тому вживання великої кількості цієї добавки може бути шкідливим. Накопичення тетраборату натрію в організмі може призвести до порушення обміну речовин.

Мета роботи — на основі літературних джерел запропонувати удосконалення отримання тетраборату натрію.

Об'єкт дослідження — технологія отримання тетраборату натрію.

Предмет дослідження: харчова добавка E 285 — тетраборат натрію.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХ	Технічне узгодження Бойчук Т.М.	Вид документ Пояснювальна записка	Назва, додаткова назва			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Гультьяєва М.А.	Назва, додаткова назва Вступ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.007.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.04.2024	Мова UA	Аркуш 7/86

Завдання роботи:

1. Провести аналіз літератури за обраною темою роботи для того, щоб знайти більш вигідний метод отримання тетраборату натрію хімічним шляхом;
2. Розробити принципову технологічну схему лінії отримання тетраборату натрію;
3. Розрахувати матеріальний та тепловий баланс отримання тетраборату натрію;
4. Підібрати основне технологічне обладнання;
5. Виконати підбір та розрахунок основного обладнання;
6. Розробити та описати апаратурно-технологічну схему виробництва тетраборату натрію;
7. Провести економічний розрахунок собівартості виробництва тетраборату натрію;
8. Провести опис впливу на навколишнє середовище та охорону праці на виробництві;
9. Узагальнити результати дослідження, написавши висновки.

РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальна характеристика харчових добавок

Харчові добавки – це речовини, які можуть бути природними, штучно синтезованими або схожими на природні. Їх додають до продуктів харчування, косметики та лікарських засобів з різних причин, таких як:

- Збільшення терміну зберігання: консерванти, антиоксиданти.
- Надання необхідних властивостей: текстура, консистенція, зовнішній вигляд.
- Посилення або зміна смаку, запаху та інших органолептичних характеристик.

Важливо зазначити, що до харчових добавок не відносяться речовини, які підвищують харчову цінність продуктів, такі як амінокислоти, вітаміни та мікроелементи .

В Європейському Союзі існує система кодування, яка використовується для регулювання даних про харчові добавки, інформування споживачів про їх безпеку та можливість використання в харчових продуктах. Цей код складається з літери "Е" та цифр, що йдуть за нею. Ця система нумерації була розроблена і прийнята Міжнародною Комісією "Codex Alimentarius" [1] для найпоширеніших харчових добавок у Європі.

Українське законодавство дає таке визначення харчової добавки: "Це речовина, яка не є харчовим продуктом або його складником, але додається до харчового продукту в процесі виробництва з технологічною метою, внаслідок чого стає невід'ємною частиною продукту. До цього визначення не входять забруднюючі речовини, пестициди, або речовини, додані до харчових продуктів для покращення їх поживних властивостей" [3].

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т.М.	<i>Вид документ</i> Пояснювальна записка	<i>Назва, додаткова назва</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Гульцяєва М.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.009.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.04.2024	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 9/78

Харчові добавки поділяються на групи за їх функціональними властивостями:

- Антиоксиданти: продовжують термін зберігання продуктів, захищаючи їх від псування, викликаного окисненням.
- Барвники: надають або посилюють колір готового продукту.
- Вологоутримуючі агенти: запобігають висиханню продуктів.
- Глазуруючі агенти: захищають або надають блискучий вигляд при нанесенні на верхній шар продукту.
- Емульгатори: допомагають утворити або зберегти однорідну суміш незмішуваних компонентів.
- Емульгуючі солі: взаємодіють з білками під час виготовлення плавлених сирків, щоб запобігти відділенню жиру.
- Желеутворювачі: створюють драглі, а також можуть використовуватися для текстурування готового продукту.
- Загусники: підвищують в'язкість готового продукту.
- Кислоти: підвищують кислотність продукту та надають йому кислий смак.
- Консерванти: продовжують термін зберігання продуктів, захищаючи їх від мікробіологічного псування.
- Наповнювачі: збільшують об'єм продукту без зміни його харчової цінності.
- Підсилювачі смаку та запаху: посилюють природний смак і запах харчового продукту.
- Підсолоджувачі: надають харчовому продукту солодкий присмак.
- Піногасники: роблять піноутворення менш інтенсивним.
- Піноутворювачі: допомагають створити рівномірну дифузю газу в рідких і твердих продуктах.
- Інші групи харчових добавок:

- Препропеленти: гази, що використовуються для виштовхування повітря з контейнерів.
- Регулятори кислотності: контролюють рівень рН продукту.
- Речовини для обробки борошна: покращують хлібопекарські властивості борошна та його колір.
- Речовини, що сприяють збереженню забарвлень: стабілізують і зберігають забарвлення продукту.
- Розпушувачі: збільшують об'єм тіста.
- Стабілізатори: зберігають рівномірну суміш незмішуваних речовин у продукті.
- Ущільнювачі: допомагають зберегти тканини овочів, фруктів та ягід щільними і свіжими [1-4].

Харчові добавки також можна класифікувати за їх технологічним призначенням:

1. **Поліпшувачі кольору:** Ці добавки використовуються для надання продуктам бажаного кольору або для збереження їх природного кольору.
2. **Регулятори смаку та аромату:** Ці добавки посилюють або змінюють природний смак і аромат харчових продуктів.
3. **Подовжувачі тривалості збереження продукту:** Ці добавки допомагають зберегти свіжість продуктів протягом більш тривалого часу, захищаючи їх від псування.
4. **Регулятори консистенції:** Ці добавки змінюють або покращують консистенцію харчових продуктів, роблячи їх більш приємними на смак або зручними для використання.
5. **Технологічні добавки:** Ці добавки використовуються для поліпшення технологічних процесів при виробництві продуктів харчування.[1-5]

Категорії небезпечних харчових добавок :

- Дуже небезпечні E123, E510, E513, E527.

- Небезпечні E102, E110, E120, E124, E127, E129, E155, E180, E201, E220, E222,
- E223, E224, E228, E233, E242, E400, E401, E402, E403, E404, E405,
- E501, E502, E503, E620, E636, E637.
- Канцерогенні E131, E142, E153, E210, E212, E213, E214, E215, E216, E219, E230, E240, E249, E280, E281, E282, E283, E310, E954
- Розлади шлунку E338, E339, E340, E341, E343, E450, E461, E462, E463, E465, E466.
- Розлади кишечника E154, E626, E627, E628, E629, E630, E631, E632, E633, E634, E635.
- Тиск E154, E250, E252.
- Шкіряні захворювання E151, E160, E231, E239, E311, E312, E320, E907, E951, E1105.
- Небезпечні для дітей E270.
- Підозрілі E104, E122, E141, E171, E173, E241, E477.
- Заборонені E103, E105, E111, E121, E123, E125, E126, E130, E152, E211, E952.[5]

1.2 Загальна характеристика консервантів

Консерванти – речовини, які здатні збільшувати строк зберігання харчових продуктів шляхом захисту їх від мікробіологічного псування. Консерванти можна умовно розділити на власне консерванти та речовини неорганічної та органічної природи, що володіють консервуючою дією. До таких речовин зокрема відносять кухонну сіль, консервуюча дія якої заснована на зниженні активності води. За допомогою солі консервують рибу, м'ясо, масло, овочеві продукти. Але для пригнічення життєдіяльності цвілі, дріжджів, стафілококів потрібна дуже висока концентрація солі, тому її поєднують з іншими консервантами або з фізичними методами консервування. До неорганічних консервантів відносять: нітроти, сульфіти, озон, а до органічних – антибіотики, пірокарбонати.

На полицях магазинів ми бачимо величезну кількість харчових продуктів, які приємно пахнуть і красиво виглядають. Цей достаток забезпечується величезною кількістю різних консервантів. Відмовитися від консервантів сьогодні просто неможливо. Саме вони створили цей асортимент харчових продуктів. Застосовуючись у всіх галузях харчової промисловості, вони захищають величезну кількість продуктів.

Згідно цифрової кодифікації консерванти мають індекси E200-E299. До консервантів, що застосовуються в харчовій промисловості, висувають такі вимоги:

- бути нешкідливими для організму людини (в обсязі дози, що вноситься) або легко віддалятися з продукту перед його вживанням в їжу;
- бути ефективними в невеликих кількостях;
- не знижувати харчової цінності продуктів і не надавати їм стороннього, небажаного присмаку і запаху;
- не вступати в хімічну реакцію з матеріалами, з яких виготовлені обладнання або тара.

В даний час жоден з відомих консервантів не є універсальним для всіх харчових продуктів. Кожен консервант має свій спектр дії. Ефективність конкретного консерванту може відрізнятися щодо пліснявих грибів, дріжджів і бактерій, тобто він не може бути спрямований проти широкого спектру можливих збудників псування харчових продуктів. Більшість консервантів, що знаходять практичне застосування, діють в першу чергу проти дріжджів і пліснявих грибів. Деякі консерванти малоефективні відносно певних бактерій, так як в області оптимальних для бактерій значень рН (часто це нейтральне середовище) вони слабо проявляють свою дію. Ефективність консервантів залежить від складу і фізико-хімічних властивостей харчового продукту, який підлягає консервуванню. На неї можуть впливати речовини, що змінюють рН або активність води, а також природні складові продукту, які самі проявляють антимікробну дію. Деякі консерванти можуть взаємодіяти з компонентами

харчових продуктів. При цьому вони частково або повністю втрачають свою активність. Прикладом таких консервантів є діоксид сірки, який реагує з альдегідами і глюкозою. У вині ця реакція небажана, бо веде до зв'язування важливого побічного продукту бродіння – ацетальдегіду. Нітрити теж можуть реагувати зі складовими харчових продуктів. Зокрема, з нітритів і амінів можуть утворюватися канцерогенні нітросоаміни. Як правило, харчові консерванти хімічно стабільні, і не розпадаються в харчових продуктах протягом встановлених термінів зберігання.

Серед неорганічних консервантів виняток становлять нітрити, сульфіти, пероксид водню і озон, серед органічних – пірокарбонати і антибіотики. Консерванти не можуть компенсувати низьку якість сировини та порушення правил промислової санітарії, якщо продукт бактеріально забруднений або почав псуватися.

Дія консервантів спрямована безпосередньо на клітини мікроорганізмів (уповільнення ферментативних процесів, синтезу білків, руйнації клітковинних мембран, тощо). Речовини консервуючої дії негативно впливають на мікроорганізми за рахунок зниження рН середовища, активності води або концентрації кисню. Відповідно кожен консервант виявляє антимікробну активність тільки відносно частини збудників порчі харчових продуктів, тобто має свій спектр дії.

Обов'язковою умовою ефективного використання консерванту є його рівномірний розподіл у продукті, краще – розчинення. Стадія внесення консерванту визначається технологією виробництва. Оптимальним вважається момент відразу після термообробки та перед перемішуванням. За напрямом дії консерванти поділяють на: – фунгістичні (пригніблюють розвиток грибів або знищують гриби); – бактеріостатичні (зупиняють, уповільнюють зростання та розмноження бактерій); – бактерицидні (знищують бактерії). За спектром дії консерванти поділяють на: – універсальні (використовуються майже для всіх видів продуктів); – спеціалізовані (використовуються для окремого виду

продукції, за визначеним напрямком). Хімічні консерванти не повинні погіршувати органолептичні властивості продуктів. Не дозволяється вводити хімічні консерванти у продукти масового споживання, такі, як: молоко, борошно, хліб, свіже м'ясо, продукти дитячого харчування та спеціалізовані дієтичні продукти, а також у виробі які позначаються як «натуральний». Харчові продукти або вироби, у які надходять консерванти з сировиною або напівфабрикатами, повинні відповідати вимогам, встановленим для готових продуктів. Використання консервантів у складі харчових продуктів регламентується чинними нормативними документами. Для консервування продуктів можна використовувати комбінації не більш ніж з двох хімічних консервантів. При цьому сумарна концентрація консервантів у продукті не повинна перевищувати концентрацію того консерванту, який має меншу межу [6].

Найбільш популярні:

- сорбінова кислота (E200) – використовується як вологоутримувач в йогуртах, соках та інших молочних продуктах, а також у заморожених продуктах і кондитерських виробках,
- бензойна кислота (E210) – пригнічує ріст цвілі та грибків, використовується в консервах та соусах, серед іншого,
- етилпарагідроксибензоат (E214) – використовується в м'ясних і рибних продуктах для продовження терміну їх зберігання,
- метилпарабен натрію (E219) – продукт, який подовжує термін придатності та пригнічує ріст певних бактерій і грибків,
- метилпарабен (E218) – використовується в косметичних продуктах і харчових продуктах, таких як соки, джеми, джеми, тістечка та соління,
- сорбат калію (E202) – фунгіцид, вважається найбезпечнішим з усіх консервантів, що додаються до харчових продуктів. Він міститься в сирі, солодощах, соках і морсах[7].

1.3 Загальна характеристика тетраборату натрію

Хімічна формула: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

Назва за ІЮПАК: Sodium tetraborate decahydrate

Молекулярна маса: 201,27 г/моль

Структурна формула тетраборату натрію наведена на рисунку 1.1

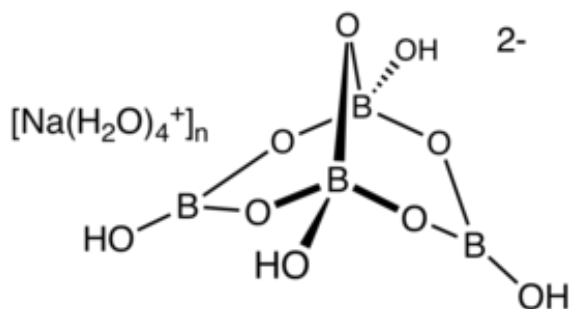


Рис1.1 Структурна формула тетраборату натрію

Зображення зовнішнього вигляду тетраборату натрію наведено на рисунку 1.2



Рис 1.2 Зовнішній вигляд тетраборату натрію

Тетраборат натрію, буря — натрієва сіль борної кислоти. Є сполукою слабкої солі борної кислоти і сильної основи. Дозволений у Європейському Союзі для застосування у харчових продуктах як консервант[8,9,10].

Фізичні властивості:

- Колір білий,сіруватий,зелений.Напівпрозорий(до непрозорого).
- Крихкий.
- Твердість 2-2,5.
- Густина 1,7.
- Кристали короткопризматичні, інколи табличкоподібні.

- Блиск скляний, до смоляного.
- Діамагнітний.
- Розчиняється у воді.
- Температура плавлення 741 °С[12].

Ідентифікують за реакцією горіння з сірчаною кислотою концентрованою, метанолом (полум'я має зелену облямівку); за червоним забарвленням при додаванні фенолфталеїну, яке зникає при додаванні гліцерину; за реакцією на натрій. Кількісно визначають методом алкаліметрії (індикатор — розчин фенолфталеїну).

Хімічні властивості

Розчинність:

- У воді: 3,2 г/100 мл (при 25°C), 10,5 г/100 мл (при 50°C)
- В етанолі: 0,05 г/100 г (при 25°C)
- В ацетоні: 0,006 г/100 г (при 25°C)
- Не розчиняється в диетиловому ефірі та гліцерині

Реакція з метанолом При розчиненні в метанолі утворює бороорганічні сполуки.

Кристалогідрати:

Тетраборат натрію утворює декілька кристалогідратів з різним вмістом води. Ці кристалогідрати та безводний тетраборат натрію $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ зазвичай називають «бурою».

Приклади кристалогідратів:

- Пентагідрат ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), так звана “ювелірна бура”, використовується при пайці ювелірних виробів.
- Декагідрат ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).

Найчастіше «бурою» називають декагідрат $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Властивості декагідрату:

- Прозорі кристали
- Молярна маса: 381,43 г/моль

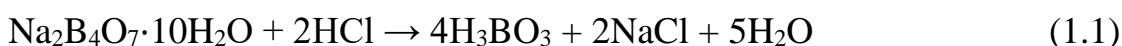
- Добра розчинність у теплій воді
- При нагріванні вище 400°C повністю втрачає кристалізаційну воду

Гідроліз:

Тетраборат натрію, будучи сіллю слабкої кислоти та сильного основанийня, гідролізується у воді. Водний розчин тетраборату натрію має лужну реакцію.

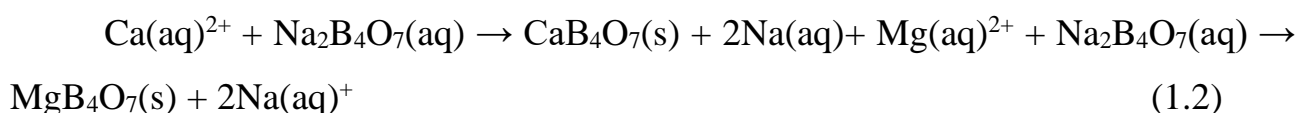
Взаємодія з кислотами:

Взаємодіє з сильними кислотами, утворюючи відповідну сіль та борну кислоту:



Використання для „пом'якшення „ води:

Багато солей металів борної кислоти нерозчинні у воді. При їх взаємодії в розчині з тетраборатом натрію, борати, що утворюються, випадають в осад. На цьому ґрунтується застосування бури для „пом'якшення „ води:



Забарвлення бури:

З оксидами багатьох перехідних металів бура при сплавленні утворює різноманітно забарвлені сполуки – борати „перли бури”. За кольором перлів можна судити про якісний хімічний склад проби.

Забарвлення полум'я:

Сполука забарвлює полум'я пальника в зелений колір (характерна реакція на сполуки бору).

Мінерали, що містять тетраборат натрію:

Бура (боракс, тинкал):

- Мінерал з хімічним складом $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- Декагідрат тетраборату натрію

Керніт:

- Тетрагідрат тетраборату натрію
- Хімічний склад: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Інші борати:

- Існують численні мінерали класу боратів, які окрім оксидів натрію та бору містять інші метали, такі як кальцій, магній, залізо та інші[16].

Кристалогідрати тетраборату натрію:

- Випадають в осад при висиханні деяких безстічних, сезонно пересихаючих солоних озер.
- Приклади: озеро Серлс в пустелі Мохаве (США), деякі озера в Туреччині[13,14].

Наразі в ЄС борна кислота та натрій тетраборат є дозволеними харчовими добавками для консервування осетрової ікри (чорної ікри) з максимально допустимим рівнем 4 г борної кислоти або натрій тетраборату, виражених як борна кислота/кг [17].

Застосування як харчової добавки: Протягом тривалого часу в Європі добавку E285 використовували для збільшення терміну зберігання маргарину та масла. У деяких країнах додаток дозволений у виробництві ікри, у межах норми не більше 4 грамів на кілограм продукції. Ще одним напрямком застосування тетраборату натрію є його використання у виробництві миючих засобів та косметики. У паперовій промисловості та фармацевтиці, у виробництві емалей, глазурей. Для виготовлення оптичних і кольорових видів скла. У хімії E285 використовують для встановлення концентрації кислотних розчинів. У фотографії, як прискорювач проявників повільної дії.

Вплив на організм людини: Харчова добавка E285 дуже повільно виводиться з організму людини і тому вживання навіть невеликої кількості цього консерванта може бути небезпечним для здоров'я людини. Накопичення тетраборату натрію в організмі людини призводить до порушення обміну речовин. Токсичність цієї речовини невелика, але здатність накопичуватися в організмі може призвести до небажаних наслідків.

- застосовується в медицині як антисептик і при лікуванні грибка;
- в якості флюсу при паянні і плавці металів;

- в харчовій промисловості, харчова добавка E285
- у виробництві скла;
- в паперовій промисловості;
- у хімії (для приготування буферних розчинів, як реагент в аналітичній хімії);
- для виробництва будівельних матеріалів;
- як інсектицид для травлення тарганів;
- сировина для одержання бору;
- компонент миючих засобів та косметики[13,14,15].

1.4 Стан сировинної бази

Географія ресурсів бору

Борні руди знаходяться в різних частинах світу, але найбільші запаси зосереджені в:

- **Туреччина:** володіє близько 70% світових запасів бору.

У Туреччині борні руди видобуваються в основному в провінції Ескешехір. Видобуток бору ведеться як відкритим, так і шахтним способом.

- **Росія:** має значні запаси бору в Сибіру.

У Росії борні руди видобуваються в Забайкальському краї. Видобуток бору в Росії здійснюється в основному шахтним способом.

- **США:** володіє покладами бору в Каліфорнії.

У США борні руди видобуваються в Долині смерті.

Видобуток бору в США здійснюється відкритим способом.

- **Чилі:** володіє значними родовищами бору в Атакамі.

У Чилі борні руди видобуваються в регіоні Атакама.

Видобуток бору в Чилі здійснюється відкритим способом.

- **Китай:** також володіє запасами бору.

У Китаї борні руди видобуваються в Тибетському автономному районі.

Видобуток бору в Китаї здійснюється як відкритим, так і шахтним способом.

- Родовища бури: Бура – це мінерал, що містить борну кислоту. Родовища бури зустрічаються в багатьох країнах світу, включаючи Туреччину, США, Китай, Росію, Італію та Чилі.

- Родовища боратів: Борати – це солі борної кислоти. Родовища боратів зустрічаються в багатьох країнах світу, включаючи США, Китай, Аргентину, Казахстан, Італію та Монголію.

Запаси борної кислоти в світі оцінюються в 70 мільйонів тонн.[24,25]

1.5 Аналіз існуючих технологій виробництва

Реакція нейтралізації:

- **Реакція борної кислоти з їдким натрієм:**



- **Реакція карбонату натрію з борною кислотою:**



Отримання з природних мінералів:

- **Видобуток і очистка бури ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$):**

Бура – це природний мінерал, який містить тетраборат натрію. Його добувають з родовищ, а потім очищують для отримання чистого $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$.

Отримання з бораксів:

Боракси – це мінерали, які містять тетраборат натрію та інші домішки. Їх можна переробити для отримання чистого $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$.

- **Синтез з оксидів бору та натрію:**



Гідротермальний синтез:

Цей метод використовується для отримання тетраборату натрію високої чистоти. Він ґрунтується на реакції оксиду бору з водним розчином їдкого натрію при високій температурі та тиску [20-22].

- **Виробництво в промислових масштабах:**

Виробництво натрій тетраборату описано в ЕНС 204 (IPCS, 1998). Двонатрій тетраборат (бура), що містить 5 або 10 молекул води, виробляється головним чином з руд боратів, що містять натрій. Видобуту руду подрібнюють і розмелюють перед розчиненням у гарячому рециркуляційному водному розчині, що містить трохи бури. Нерозчинну пусту породу (частинки глини), присутню в гарячій пульпі, відділяють, щоб отримати чистий концентрований розчин бури. Випаровувальне охолодження цього розчину до певних температур призводить до кристалізації бажаних продуктів, які потім відділяють від залишкового розчину та сушать (особисте повідомлення Borax US до IPCS, 1995)[15].

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика сировини для виробництва тетраборату натрію

Борна кислота

Хімічна формула: H_3BO_3

Назва за ІЮПАК: Boric acid

Молекулярна маса: 61,84 г/моль

Структурна формула борної кислоти наведена на рисунку 2.1

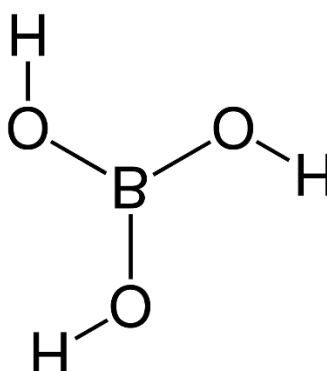


Рис 2.1 Структурна формула борної кислоти.

Зовнішній вигляд борної кислоти наведений на рисунку 2.2



Рис 2.2 Зовнішній вигляд борної кислоти

Борна кислота (Е 284) – це неорганічна сполука з молекулярною формулою H_3BO_3 . Борна кислота містить 17,5% масової частки бору. Борна

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХ	Технічне узгодження Бойчук Т.М.	Вид документ Пояснювальна записка	Назва, додаткова назва			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Гульятяєва М.А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.023.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.04.2024	Мова UA	Аркуш 23/78

кислота є слабкою кислотою з рКа 9,15. При низьких концентраціях у водних розчинах нижче рН 7, борна кислота переважно існує у формі недисоційованої борної кислоти (В(ОН)₃); при рН більше 10, головним видом у розчині стає метаборатний аніон В(ОН)₄⁻. У діапазоні рН від 6 до 11 та при високих концентраціях (> 0,025 моль/л), утворюються високорозчинні поліборатні іони, такі як В₃О₃(ОН)₄⁻, В₄О₅(ОН)₄²⁻ та В₅О₆(ОН)₄⁻ (IPCS, 1998; WHO, 2009).

Фізичні властивості :

- Зовнішній вигляд: безбарвна, без запаху і існує у вигляді прозорих кристалів або білих гранул або порошку, трохи жирна на дотик.

- Точка плавлення 171 °С
- Точка кипіння 300 °
- Щільність: 1,44 г/см³

Борна кислота розчинна у воді при 47 200 мг/л при 20 °С та етанолі, легкорозчинна у киплячій воді і гліцерині — 85 % (Haynes, 2010)[16-25].

Специфікації борної кислоти (E 284) згідно з Регламентом Комісії (ЄС) № 231/2012[12]

Специфікації

- **Опис:** Безбарвні, без запаху, прозорі кристали, білі гранули або порошок; трохи жирний на дотик; зустрічається в природі як мінерал сасоліт.

- **Вміст:** Не менше 99,5%

- **Ідентифікація:**

- Температура плавлення: близько 171 °С
- Горить зеленим полум'ям
- рН 3,3%-го водного розчину: від 3,8 до 4,8

- **Чистота:**

- Перекиси: не з'являється забарвлення при додаванні розчину КІ
- Миш'як: не більше 1 мг/кг
- Свинець: не більше 5 мг/кг
- Ртуть: не більше 1 мг/кг[12]

Кальцинована сода

На рисунку 2.3 зображена структурна формула кальцинованої соди

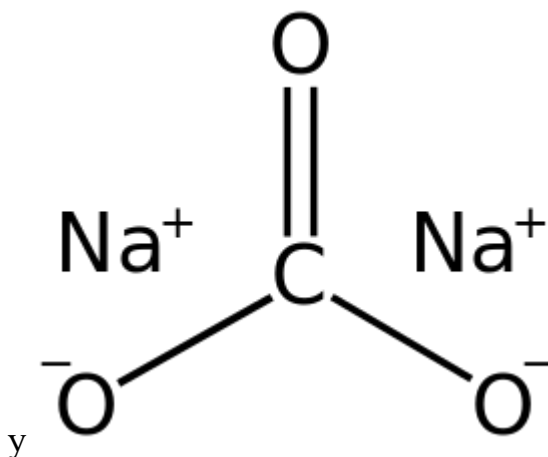


Рис 2.3 Структурна формула кальцинованої соди

Карбонат натрію Na_2CO_3 , або кальцинована сода — безбарвна кристалічна речовина, добре розчиняється у воді. З водного розчину кристалізується у вигляді декагідрату $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, який називають *кристалічною содою*. При прожарюванні вона втрачає кристалізаційну воду і перетворюється у безводну сіль Na_2CO_3 , яка надходить у продаж під назвою кальцинованої соди.

Карбонат натрію (Na_2CO_3), інакше відомий як кальцинована сода, являє собою сіль вугільної кислоти і натрію. У природному середовищі він присутній як у природному стані, у так званих содових озерах, у золі морських рослин, так і як компонент мінералів.

Завдяки своїм властивостям він знайшов застосування в багатьох галузях промисловості. Має властивості пом'якшення води, тому використовується в пральних порошках і милі. Крім того, він використовується при дубленні шкіри, хімічному синтезі, в лабораторіях як хімічний реагент, у процесі лиття скла, у виробництві паперу, цегли та косметики (шампуні, солі для ванн), а також харчових продуктів (морозиво, джеми, кондитерські вироби, масло). У харчовій промисловості він відомий

під позначенням E500 і використовується як розпушувач, стабілізатор і для підтримки потрібного рівня рН. Код E500 охоплює три типи карбонату натрію:

E500 (I) – кальцинована сода;

E500 (II) – гідрокарбонат натрію, харчова сода;

E500 (III) – сніжинкова сода.

Кальцинована сода також використовується у лакофарбовій промисловості для зміцнення зв'язків між пігментами та волокнами, а також служить стабілізатором рН у друку зображень. Карбонат натрію також використовується в пінних вогнегасниках, оскільки завдяки своїм гігроскопічним властивостям він поглинає запахи та вологу.

Вимоги до вмісту кальцинованої соди:

- вода (<1,5 %);
- натрій хлористий (<0,5 %);
- сульфати (<0,1 %);
- кальцій (<0,1 %);
- магній (<0,1 %);
- залізо (<0,004 %).[27,28,29]

2.2 Принципово-технологічна схема та її опис

На рисунку 2.4 зображена принципово-технологічна схема виробництва тетраборату натрію з борної кислоти

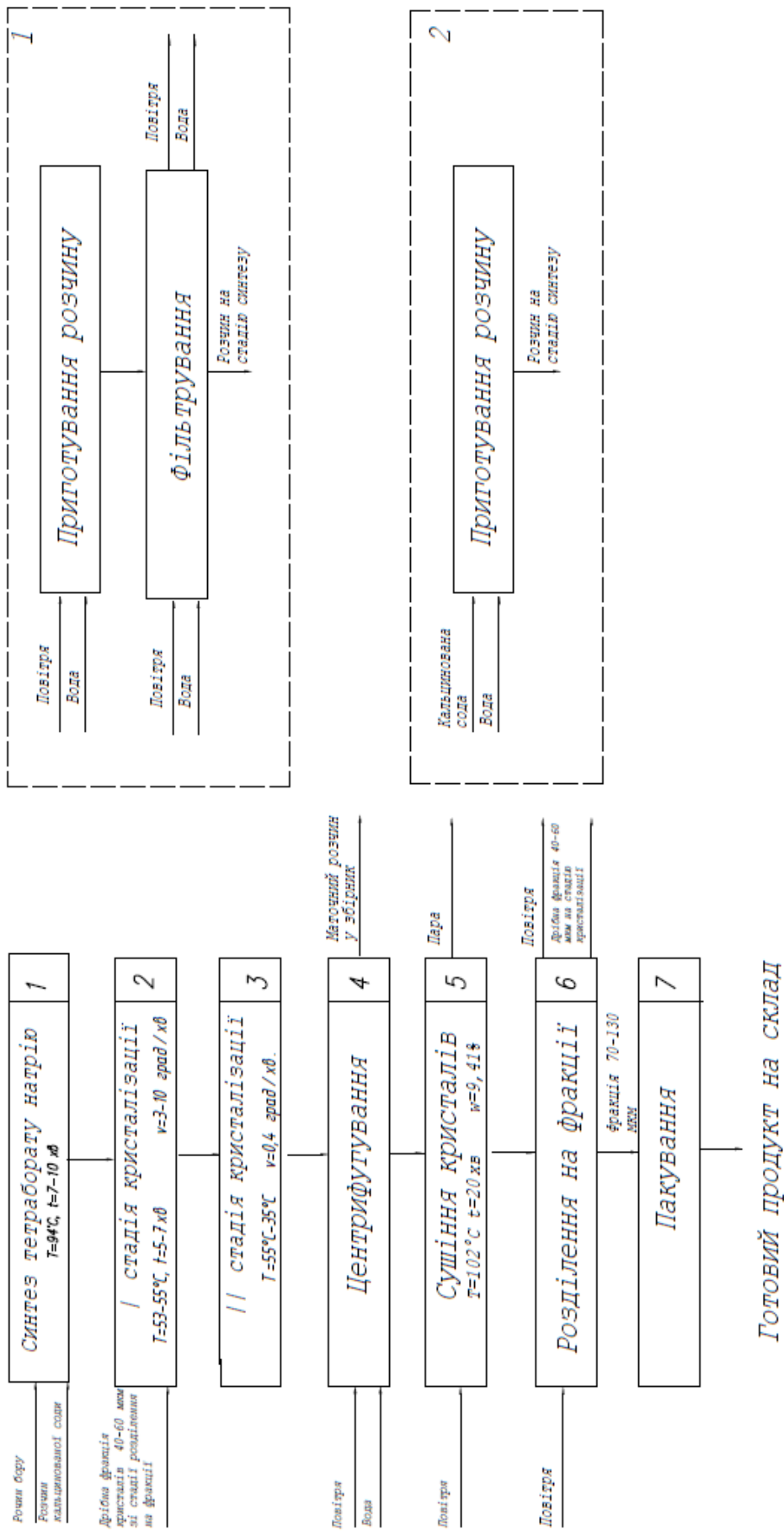


Рис 2.4 Принципово-технологічна схема виробництва тетраборату натрію з борної

Опис принципово-технологічної схеми

Переваги даного способу:

- Завдяки двостадійному охолодженню кристали бури ростуть більшими, що робить продукт менш схильним до злежування, що полегшує його зберігання та транспортування.

- Зниження швидкості охолодження на другій стадії кристалізації дозволяє уникнути утворення дрібних кристалів, які й утворюють пил. Вміст пилу (фракція менше 40 мкм) у продукті може бути знижений до 0%, що значно покращує умови праці

Відмінні особливості:

- Перша стадія: Охолодження гарячого розчину бури зі швидкістю 3-10 град/хв до 53-55°C.

- Друга стадія: Охолодження розчину бури зі швидкістю 0,3-0,4 град/хв до 35°C.

1. Приготування розчину:

Готують концентрований розчин борної кислоти та соди.

Розчин борної кислоти пропускають через барабанний вакуум-фільтр

Концентрація борної кислоти: 490 г/дм³.

Концентрація Na₂CO₃: 15 г/дм³.

2. Синтез:

Закачують розчини в апарат циркуляційного типу. Нагрівають розчин до 94°C.

Витримують розчин при 94°C протягом 7-10 хвилин

3. Кристалізація:

Охолоджують суміш бури та кальцинованої соди в апараті, подаючи в трубний простір охолоджуючу воду.

Швидкість охолодження:

Від 90°C до 53°C – 3 град/хв.

Від 53°C до 55°C – витримують температуру протягом 5-7 хвилин.

Від 55°C до 35°C – 0,4 град/хв.

4. Відділення кристалів:

Отриману суспензію перекачують кульковим насосом в центрифугу.

Мета: відділення кристалів бури від маточного розчину.

5. Сушка:

Висушують кристали бури при 102°C.

6.Сортування кристалів

Кристали розділяють на фракції за допомогою вібраційного сепаратора

7.Пакування

Кристали запаковують в мішки пакувальною машиною і відправляються на склад.

Результати:

Вихід бури: 133,5 кг/год.

Фракційний склад бури:

- 70-40 мкм – 5%
- 100-70 мкм – 70%
- 130-100 мкм – 20%

- 160-130 мкм – 5%
- більше 160 мкм – 0%

Частка пилу (фракція менше 40 мкм) – 0%.

2.3 Розрахунок матеріального балансу

1. Стадія нейтралізації



Матеріальний баланс стадії нейтралізації зображено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс отримання натрій тетраборату (бури)[32,33]

Речовини, що вводяться в систему			Речовини, що виводяться із системи		
Назва Речовини	m, кг	w, %	Назва Речовини	m, кг	w, %
1	2	3	4	5	6
Борна кислота	1534,65	43,71	Бура	1000	22,62
Кальцинована Сода	577,23	13,06	Вуглекислий Газ	217,82	4,93
Вода	2308,91	52,23	Борна кислота	306,93	6,94
			Кальцинована сода	52,48	1,19
			Вода	2843,56	64,32

Всього	4420,79	100	Всього	4420,79	100
--------	---------	-----	--------	---------	-----

2.Матеріальний баланс стадії кристалізації

На стадії кристалізації присутні втрати, що становлять 2%. Знаючи всі дані можна побудувати таблицю матеріального балансу даної стадії

Матеріальний баланс стадії кристалізації зображено в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс стадії кристалізації

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Борна кислота	306,9	Борна кислота	300,762
Кальцинована сода	52,48	Кальцинована сода	51,43
Тетраборат натрію	1000	Тетраборат натрію	980
Вода	2843,56	Вода	2786,69
		Втрати	84,058
ВСЬОГО	4202,94	ВСЬОГО	4202,94

3. Матеріальний баланс стадії фільтрування

На стадії фільтрування присутні втрати, що становлять 1%. Знаючи всі дані можна побудувати таблицю матеріального балансу даної стадії

Матеріальний баланс стадії фільтрування зображений в таблиці 2.3

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Борна кислота	300,76 2	Борна кислота	279,75
Кальцинована сода	51,43	Кальцинована сода	50,92
Тетраборат натрію	980	Тетраборат натрію	970,2
Вода	2786,6 9	Вода	2758,82
		Втрати	58,31
ВСЬОГО	4118,1	ВСЬОГО	4118,1

4. Матеріальний баланс стадії центрифугування

На стадії центрифугування втрати складають 3%.

Матеріальний баланс стадії центрифугування зображено в таблиці 2.4

Матеріальний баланс стадії центрифугування

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
тетраборат натрію	970,2	тетраборат натрію	941,09
Вода	2758,82	Вода	2676,05
кальцинован а сода	50,92	кальцинована сода	49,29
		Втрати	113,51
ВСЬОГО	3779,94	ВСЬОГО	3779,94

5. Матеріальний баланс стадії сушіння

На стадії сушіння присутні втрати, що становлять 1%. Знаючи всі дані можна побудувати таблицю матеріального балансу даної стадії

Матеріальний баланс стадії сушіння зображено в таблиці 2.5

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс стадії сушіння

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Тетраборат натрію	941,09	Тетраборат натрію	931,68
		Волога	9,41
		Втрати	9,41
Всього	941,09	Всього	941,09

Зведений матеріальний баланс в перерахунку 1000 кг/добу зображено в таблиці 2.6

Зведений матеріальний баланс в перерахунку 1000 кг/добу

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Борна кислота	1534,65	Тетраборат натрію	931,68
Кальцинована сода	577,23	Борна кислота	279,75
Вода	2308,91	Кальцинована сода	49,29
		Вода	2676,05
		Втрати	484,02
Всього	4420,79	Всього	4420,79

2.4 Підбір основного обладнання**Реактор -кристалізатор циркуляційного типу**

Реактор-кристалізатор циркуляційного типу, який містить робочу ємність, вхідний трубопровід, вихідний трубопровід, циркуляційний насос, що утворюють циркуляційний контур, а також додаткову ємність, яка з'єднана за допомогою додаткових трубопроводів з робочою ємністю, який відрізняється тим, що всередині робочої ємності встановлений принаймні один сітчастий кошик для оброблюваної речовини.

Відомий кристалізатор, який містить робочу ємність, вхідний патрубок, та вихідний патрубок .В робочій ємності розташований перемішувач пристрій, який складається з вертикального валу, закріплених на ньому лопатей та привода валу. Вал встановлений з можливістю обертання. Обертання валу з лопатями забезпечує циркуляцію рідини всередині робочої

ємності . Перемішування вихідних компонентів здійснюється лопатевою мішалкою , швидкість обертання якої близько 3000 об / хв.,

Кристалізатор містить робочу ємність **1** та додаткову ємність **2**. До робочої ємності **1** підключені: вхідний трубопровід **3**, вихідний трубопровід **4** та циркуляційний насос **5**, які разом з робочою ємністю **1** утворюють циркуляційний контур. Додаткова ємність **2** з'єднана з робочою ємністю **1** за допомогою додаткових трубопроводів **6** та **7**. Робоча ємність **1** також обладнана додатковим вихідним трубопроводом **8**. Всередині робочої ємності **1** розміщені сітчасті кошики **9**, які виконані знімними. Для підтримання в реакторі необхідної температури він обладнаний нагрівачами [31].

Схема реактора кристалізатора циркуляційного типу зображена на рисунку 2.5

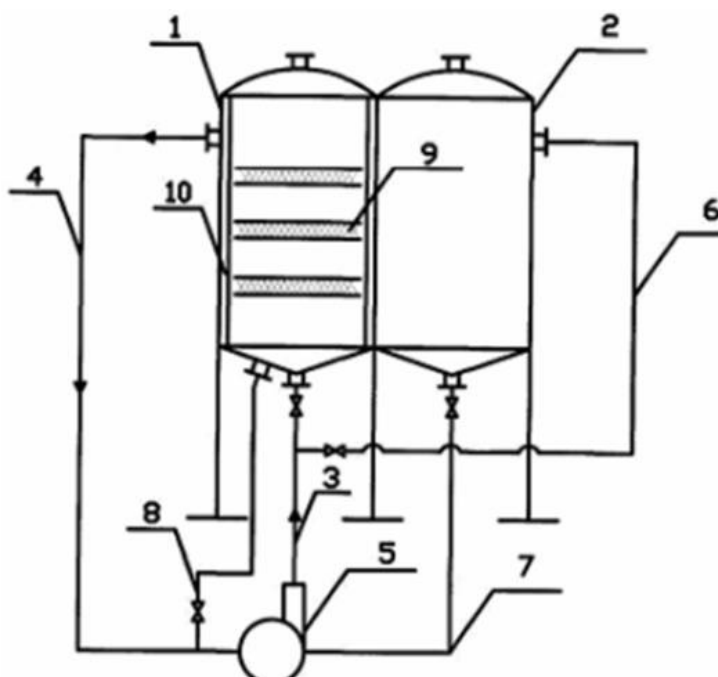


Рис.2.5 Схема реактора кристалізатора циркуляційного типу

Лопатева мішалка

Схема лопатевої мішалки зображена на рисунку 2.6

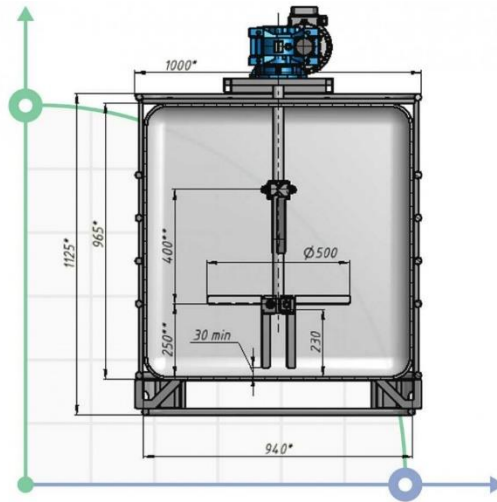


Рис.2.6 Лопатева мішалка

- Діаметр винта: 500 мм
- Серія міксеру: MV
- Кількість обертів: 95 об/мин
- Потужність: 2,2 кВт
- Матеріал: AISI 304
- Електроживлення: 3х380 В, 50 Гц
- Довжина: 800 мм

Циркуляційний насос

Схема циркуляційного насоса зображена на рисунку 2.7

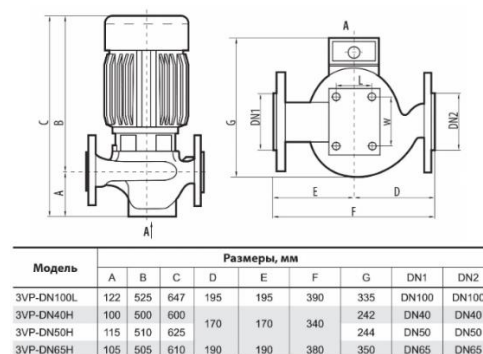


Рис.2.7 Схема циркуляційного насоса

Зовнішній вигляд циркуляційного насоса зображено на рисунку 2.8



Рис.2.8 Зовнішній вигляд циркуляційного насосу

Технічні характеристики циркуляційного насосу зображено в таблиці 2.7

Таблиця 2.7

Технічні характеристики циркуляційного насосу

Технічні характеристики циркуляційного насосу	
1	2
Тип розміщення	Поверхневий
Принцип дії	Відцентровий
Тип ротора	Сухий
Напруга живлення:	380В, 50 Гц
Споживана потужність, Вт:	7500
Монтажна довжина, мм:	470
Тип приєднання патрубків	Фланець
Вхідний патрубок:	DN100
Вихідний патрубок:	DN100
Максимальний напір, м:	24.0
Максимальна продуктивність, м ³ / год:	87.00

1	2
Оптимальний напір, м:	17.50
Оптимальна продуктивність, м ³ / год:	54.00
Тип рідини	чиста вода
Максимальна температура рідини, що перекачується, °С:	110
Мінімальна температура перекачується рідини, °С:	2
Максимальний розмір часток, мм:	0.2
Кількість швидкостей	1
Потужність насоса (P1), Вт:	7500
Колеса	Ні

Барабанний вакуум-фільтр

Схема барабанного вакуум-фільтра зображена на рисунку 2.9

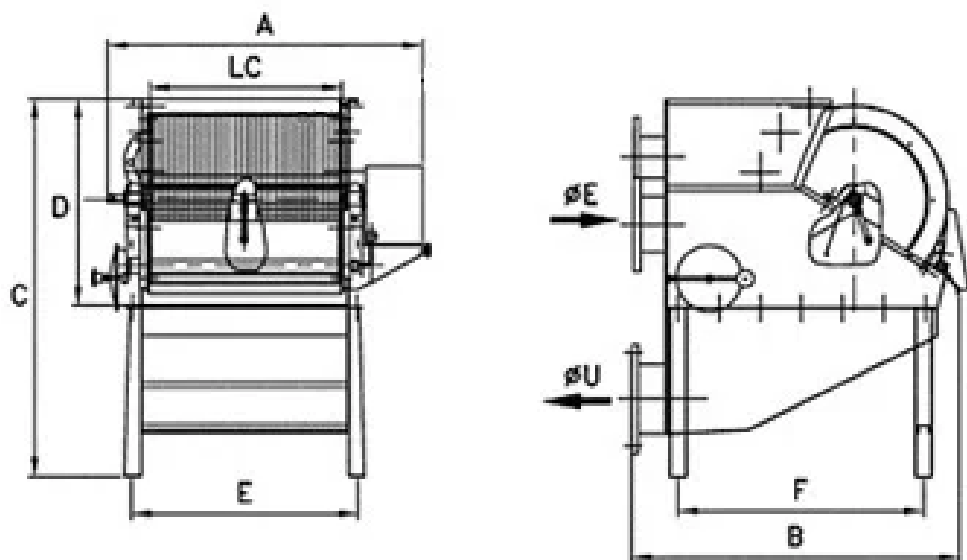


Рис.2.9 Схема барабанного вакуум-фільтра

Зовнішній вигляд барабанного вакуум-фільтра зображено на рис.2.10



Рис.2.10 Барабанний вакуум-фільтр

Барабанні проціджувачі з розміром ганьби сітки 0,5-5 мм використовуються для того, щоб усунути завись зі стоку. Проста система дозволяє зробити грубе фільтрування, яке усуває до 30% піску та іншої суспензії. Барабанне сито має високу продуктивність, при цьому розмір фільтрів є значно меншим, ніж розмір нерухомих решіток, що використовуються для відокремлення суспензії від рідини[34].

Технічні характеристики барабанного вакуум фільтра зображені в таблиці 2.8

Табл.2.8

Технічні характеристики барабанного вакуум-фільтра

ТИП	ЕКБ300	ЕКБ600	ЕКБ1200	ЕКБ1500	ЕКБМ1800
1	2	3	4	5	6
A (мм)	835	1130	1435	1765	1800
B (мм)	1170	1170	1170	1170	1170
C (мм)	1362	1362	1362	1362	1362
D (мм)	650	650	650	650	650

1	2	3	4	5	6
Діаметр входу(мм)	100	200	200	250	300
Діаметр виходу(мм)	150	250	250	300	400
Вага (кг)	245	285	325	365	450
Ел. потужність, кВт	0.37			0.75	

Основні переваги:

- Конструктивні та технологічні елементи виготовлені з нержавіючої сталі AISI 304.
- Продуктивність від 8 до 1720 м³/год.
- Можливість затримувати велику кількість забруднень при незначних розмірах.
- Самоочисний барабанний фільтр можна використовувати і для рідин, що важко очищаються[34].

Кулачковий насос

Схема кулачкового насосу зображено на рисунку 2.11

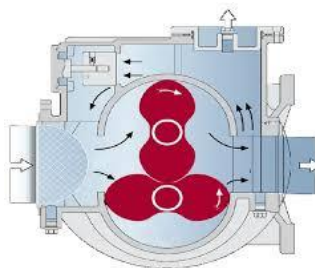


Рис.2.11 Схема кулачкового насосу

Зовнішній вигляд кулачкового насосу зображено на рисунку 2.12



Рис.2.12 Зовнішній вигляд кулачкового насосу

Максимальна продуктивність: 70 м³/год

Максимальний тиск: до 12 бар

Максимальна температура: до +165°C

Швидкість обертання: 50 – 1500 об./хв

В'язкість: 100 – 100 000 сП

Матеріали :Матеріал корпусу: нержавіюча сталь AISI 316

Матеріал шестерень: нержавіюча сталь AISI 316

Ущільнення: механічне SIC/SIC/EPDM, інше за запитом

Приєднання: Тип: різьбове молочне з'єднання DIN 11851

Горизонтальна фільтрувальна центрифуга

Зовнішній вигляд горизонтальної фільтрувальної центрифуги наведено на рисунку 2.13



Рис.2.13 Горизонтальна фільтрувальна центрифуга

Горизонтальна центрифуга Ellerwerk моделі 936Н . Кошик Hastelloy С4 діаметром приблизно 900 мм X 400 мм глибиною з площею фільтрації 1,13 квадратних метрів. Кошик приводиться в рух двигуном 22 кВт 380 вольт 3/50 1465 об/хв при максимумі 1500 об/хв. Максимальна робоча ємність 130 л при вазі партії 150 кг і щільності 1,4 кг/дм³. Корпус з підкладкою Halar. Має гідравлічний блок живлення для луцильного ножа та електродвигун для розвантажувального шнека.

Схема горизонтальної фільтрувальної центрифуги наведена на рисунку 2.14

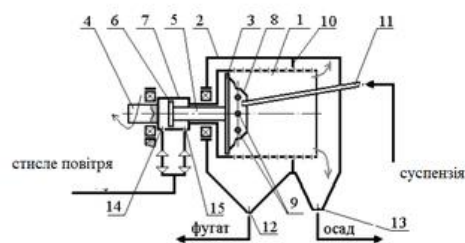


Рис.2.14 Горизонтальна фільтрувальна центрифуга

Горизонтальна фільтрувальна центрифуга з пульсуючим поршнем призначена для розділення грубодисперсних, легко поділюваних суспензій (як правило, з розміром твердих частинок більше 0,1 мм). На рис. представлена схема горизонтальної фільтрувальної центрифуги з поршневим вивантаженням осаду. Працює центрифуга наступним чином. Ротор **1** приводиться в обертання. Спільно з ротором обертається поршень **3** з розподільним конусом **8**. У праву і ліву порожнини циліндра **7** полого валу **4** через отвори **14** і **15** по черзі подається стиснене повітря (рідина під тиском). За рахунок цього жорстко пов'язані один з одним диск **6**, шток **5** і поршень **3** здійснюють зворотно-поступальні рухи з невеликою амплітудою. Всередину розподільного конуса **8** через трубу **11** подається суспензія. Через отвори **9** в стінці конуса **8** суспензія під дією відцентрових сил викидається всередину ротора **1**. Рідка фаза суспензії (фугат) під дією перепаду тисків, викликаного відцентровими силами, фільтрується через перфоровану стінку ротора **1** і

потрапляє в ліву секцію усередині кожуха **2** (секцію зліва від вертикальної перегородки **10**). Фугат відводиться з центрифуги через штуцер **12**. За рахунок коливань поршня **3** осад, що утворюється на внутрішній поверхні стінки ротора **1**, поступово переміщується до його відкритого кінця. З кромки відкритого кінця ротора осад під дією відцентрових сил скидається в праву секцію кожуха. З правої секції кожуха осад видаляється через штуцер **13**. У центрифугі додатково можуть бути передбачені пристрої для підведення і відведення промивної рідини, подачі гарячого повітря для термічного підсушування осаду. Недоліками даних центрифуг є значні винесення частинок фугату і потужність, споживана поршнем.[30-33]

Барабанна сушарка

Схема барабанної сушарки наведена на рисунку 2.15

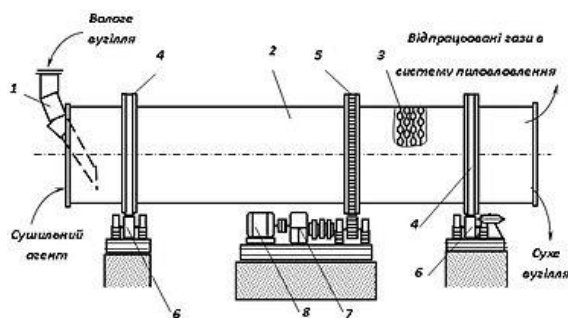


Рис. 1 – Барабанна сушарка. 1 – завантажувальний лоток; 2 – барабан; 3 – ланцюгові насадки; 4 – бандаж; 5 – привідна вінцева шестерня; 6 – копки; 7 – редуктор; 8 – електродвигун.

Рис.2.15 Схема барабанної сушарки

Опис роботи барабанної сушарки

В основі роботи барабанної сушарки лежить принцип видалення вологи з продукту за допомогою гарячого повітря. Продукт, що підлягає сушінню, завантажується в спеціальний бункер, звідки він подається в обертовий барабан. Всередині барабана гаряче повітря інтенсивно перемішується з продуктом, що забезпечує швидке та рівномірне висушування. Завдяки обертанню барабана продукт постійно перевертається, що запобігає його злипанню та сприяє кращому контакту з гарячим повітрям.

Висушений продукт виводиться з барабана через розвантажувальну воронку, а волога, що випарувалася, видаляється в атмосферу

Галузі використання:

- Харчова промисловість: Сушіння зерна, бобових, фруктів, овочів, м'яса, риби та інших продуктів харчування.
- Сільське господарство: Сушіння сіна, соломи, кормових культур.
- Гірничодобувна промисловість: Сушіння руд, піску, гальки та інших сипучих матеріалів.
- Хімічна промисловість: Сушіння хімічних продуктів, фармацевтичних препаратів та інших речовин.

Технічні характеристики барабанної сушарки наведено в таблиці 2.9

Табл. 2.9

Технічна характеристика барабанної сушарки

Характеристика	Значення
Барабан (діаметр x довжина) мм	600 x 2700
Швидкість обертання до об/хв	10
Потужність нагріву кВт	30
Об'єм барабану	80
Розміри, мм	1550 x 4050 x 800
Теплоносій	Підігріте повітря
Частота обертання барабану	3-8 хв ⁻¹
Швидкість руху повітря	2-3 м/с

Вібраційний сепаратор

Зовнішній вигляд вібраційного сепаратора зображено на рисунку 2.16



Рис.2.16 Зовнішній вигляд вібраційного сепаратора

Технічні характеристики

Робочий діапазон амплітуд коливань – 0,1-4,0 мм

Зміна амплітуди коливань – шляхом розведення дебалансів

Робоча частота коливань – 25 Гц

Число фракцій поділу матеріалу – 2...5

Робочий діаметр сепаруючих дек – 600 мм

Маса – 120 кг

Габаритні розміри сепаратора:

ширина – 960 мм

довжина – 960 мм

висота – 1100 мм

Вібросито (вібраційний сепаратор) – пристрій, що служить для поділу сипучих матеріалів на окремі фракції, видалення з нього сторонніх включень, що мають інші розміри. В основі принципу дії лежить сила тяжіння і постійні вібраційні коливання.

Спочатку матеріал висипають на сито з певним розміром осередків, через які проходить відповідна за розмірами фракція. Одночасно решту матеріалу поступово зсувається від центральної частини сита у напрямку до

периферії, де може бути видалений через спеціальні патрубки для подальшої утилізації або повторного просіювання. Наявність постійної вібрації значно прискорює просіювання і робить його більш якісним (особливо це помітно, якщо матеріал злежався або має підвищену вологість)

Просіяний матеріал в подальшому може проходити повторну обробку через сито з меншим розміром осередків, що забезпечить отримання більш якісного і однорідного матеріалу.[34]

Схема вібраційного сепаратора зображена на рисунку 2.17

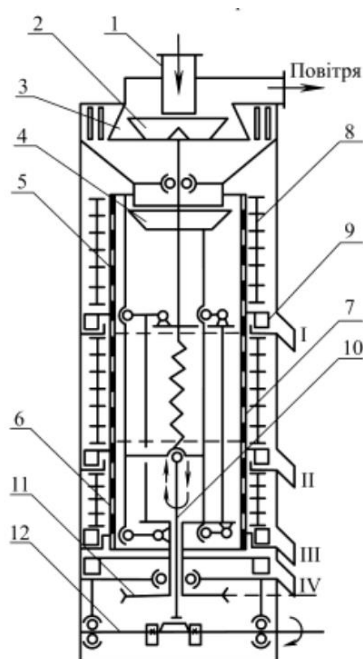


Рис.2.17 Схема вібраційного сепаратора

Циліндричний блок Р-8БЦС-25 сепаратора А1-БЦС100: 1 – завантажувальний пристрій; 2 – розкидач; 3 – пневмосепаруючий канал; 4 – розподільник; 5, 6, 7 – решета; 8 – щітки для очищення решета; 9 – пристрій для виведення фракцій; 10 – шатун; 11 – привод ротора; 12 – вібратор; I – дрібні фракції ; II – готовий продукт ; III , IV – крупні фракції

Фасувальна машина

Зовнішній вигляд фасувальної машини зображений на рисунку 2.18



Рис.2.18 Зовнішній вигляд фасувальної машини

Дозатор для сипких матеріалів СВЕДА ДВС-301-50-1ПБ з проміжним бункером призначений для дозування сипких матеріалів в мішки відкритого типу з підвищеною продуктивністю.

За допомогою вагового дозатора СВЕДА ДВС-301-50-1ПБ можна фасувати в зашивні (відкриті) мішки (паперові, поліпропіленові, джутові) добре сипкі продукти, в т.ч. і харчові. Особливістю дозатора СВЕДА ДВС-301-50-1ПБ з проміжним бункером, в порівнянні з звичайним дозатором ДВС-301-50-1, є підвищена продуктивність (до 600 мішків/год).

З цією метою в конструкцію дозатора доданий проміжний ваговий бункер з виконавчими механізмами і змінена конструкція горловини. Крім того, вся конструкція дозатора закрита спеціальними пилозахисними кришками і патрубком для аспіраційної системи.

Особливість роботи дозатора полягає в тому, що набір матеріалу і підготовка дози здійснюється в проміжному бункері під час надягання оператором мішка на горловину дозатора. Тобто до моменту готовності дозатора до заповнення мішка доза матеріалу вже готова і відразу повністю вивантажується в мішок. При цьому, час циклу істотно скорочується, а продуктивність дозатора підвищується.[35]

Технічні характеристики:

Границі дозування, кг від 25 до 50

Клас точності від 0,2*

Продуктивність, мішків/год. не менше 600

Габаритні розміри, не більше, мм 805x615x610

Маса, не більше, кг 71

Живлення від мережі напругою 220 В, частотою 50 Гц

Споживана потужність, не більше, ВА 25

Номінальний тиск стисненого повітря, МПа (0,4 ±0,04)

Витрата повітря, м³/год. 0,5

Управління дозатором електропневматичне

Робоча температура навколишнього повітря від -10 до +40 °С

Робоча відносна вологість 85 %

Ступінь захисту від проникнення пилу і води по ДСТУ EN 60529:

– дозатора

– вагового процесора ПВ – 310 ,IP 54, IP 65[35]

Схема фасувальної машини зображена на рисунку 2.19

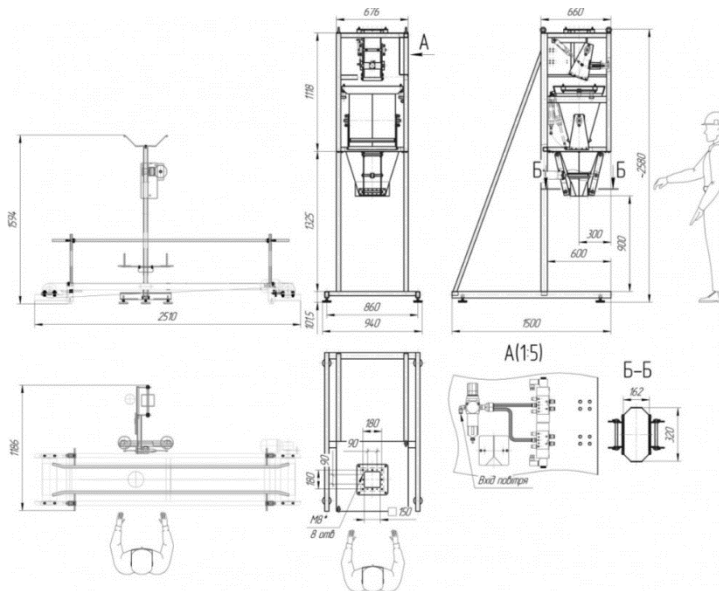


Рис.2.19 Схема фасувальної машини

2.5 Розрахунок барабанної сушарки

Сушильний агент і схема руху

В даній сушарці використовується повітря як сушильний агент, щоб уникнути засмічення продукту. Сушильний агент і матеріал рухаються в сушарці в протитечію.

Переваги протитечійної схеми:

- **Енергоефективність:** Протитечійний рух забезпечує більш ефективне використання сушильного агента, що призводить до економії енергії.
- **Простота конструкції:** Протитечійна схема не вимагає складних компонентів, роблячи конструкцію сушарки простою.

Недоліки протитечійної схеми:

- **Висока металоемність:** Для забезпечення протитечійного руху може знадобитися більше металу, що робить сушарку важчою та дорожчою.
- **Шумність:** Рух газу може створювати шум, роблячи роботу сушарки некомфортною.

Схема барабанної сушарки зображено на рисунку 2.20

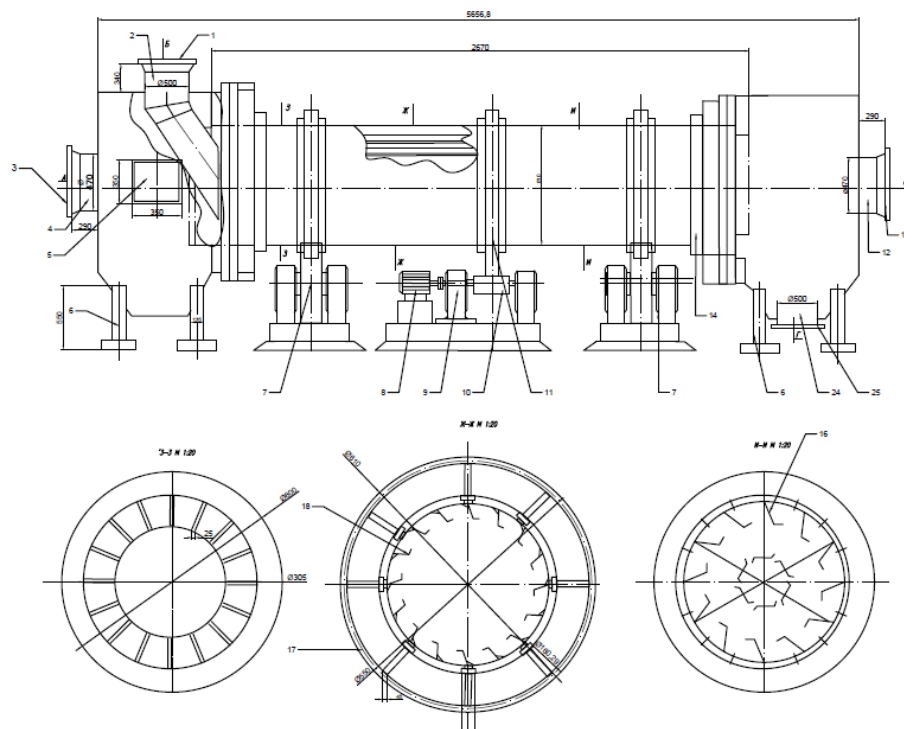


Рис.2.20 Схема барабанної сушарки

Барабанна сушарка складається із зварного барабана **1** з укріпленими на його зовнішній поверхні двома бандажами **2** та вінцевої шестерні **3**.

Барабан встановлюють бандажами на опорні ролики **5**.

Обертання барабану передається від привода **6**, що складається з електродвигуна, редуктора і приводної шестерні, що перебуває в зачепленні з вінцевої шестірнею.

До верхнього торця барабана примикають топка **7** зі змішувальною камерою і завантажувальний пристрій **8**, а до нижнього - розвантажувальна камера **4** для вивантаження висушеного матеріалу і відведення димових газів [41].

Дано:

Початкова вологість матеріалу, %, $\omega_1=9,41$ Кінцева вологість матеріалу, %, $\omega_2=1\%$ Насипна густина, $\rho_n=745$

Розраховуємо аналітичним методом.

Продуктивність по сирому матеріалі $G_1=150$ кг/год

Продуктивність по висушеному матеріалі розраховуємо за формулою

$$G_2 = G_1 \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} = 150 \frac{100 - 9,41}{100 - 1} = 137,26 \text{ кг/год} = 0,038 \text{ кг/с}$$

де ω_1 , ω_2 - відповідно вологість матеріалу до і після сушіння, % Кількість випаруваної вологи визначаємо за формулою 2.22

$$W = G_1 - G_2 \quad (2.22)$$

$$W = 9,41 - 1 = 8,41\%$$

Час сушіння матеріалу в розраховуємо за рівнянням 2.23 , хв,

$$\tau = 120 \frac{\beta \rho_n}{A} \frac{\omega_1 - \omega_2}{[200 - (\omega_1 - \omega_2)]} = 120 \frac{0,05 * 750 (9,41 - 1)}{8,8 [200 - (9,41 - 2)]} = 22,68 =$$

де, β - коефіцієнт заповнення барабана, $\beta=0,05$; ρ_n - насипна густина, $\rho_n=745$ кг/м³;

A - напруження об'єму барабана по волозі, $8,8$ кг/м³год [41].

$$V_b = \frac{\pi D_b^2}{4} L_b$$

де D_b , L_b - відповідно діаметр і довжина барабана, м; Розрахуємо D_b за формулою 2.25

$$D_6 = 0,0188 \sqrt{\frac{V}{(1-\beta)v}} = 0,0188 \sqrt{\frac{972}{(1-750)1}} = 0,61$$

де, v - швидкість повітря в барабані, м/с, 1 м/с; V - об'ємна витрата вологого повітря, м³, 972 м³;

З формули 2.26 знайдемо L_6

$$L_6 = \frac{V_6 \cdot 4}{\pi(D_6)} = \frac{0,78 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,61^2} = 2,67$$

Відношення довжини барабана до його діаметру становить $L_6/D_6=4,45$, що відповідає нормам [41].

Визначимо об'єм матеріалу, який проходить через барабан, м³, за формулою 2.27

$$V_M = \frac{G_{cp} \tau}{\rho_n 60} = \frac{287,26 \cdot 22,68}{750 \cdot 60} = 0,144$$

$$G_{cp} = (G_{cp1} + G_{cp2})/2$$

$$G_{cp} = (137,26 + 150) = 287,26 \text{ кг/год}$$

Коефіцієнт заповнення барабана матеріалом

$$\beta = V_M/V_6 = 0,144/0,78 = 0,18$$

Визначаємо швидкість витання частинок за формулою 2.28

$$v_{\text{ВИТ}} = \frac{\mu_{\text{ВИТ}}}{d \rho_{cp}} \left(\frac{Ar}{18 + 0,575 \sqrt{Ar}} \right)$$

де d – найменший діаметр частинок матеріалу, м, 0,2 мм;

μ_{cp} , ρ_{cp} – відповідно в'язкість і густина сушильного агента за середньої температури, 0,00101 Н·с/м², 1,06 кг/см³[41]. Ar – критерій Архімеда для газового середовища, який розрахуємо за формулою 2.29

$$Ar = \frac{g d^3 \rho_c \rho_{cp}}{\mu_{cp}^2} = \frac{9,8 \cdot 0,2^3 \cdot 1,73 \cdot 1,06}{0,00101^2} = 140937,08$$

де ρ_c – густина частинок матеріалу кг/м³, 1,73 кг/м³

$$v_{\text{ВИТ}} = \frac{0,00101}{0,2 \cdot 1,6} \left(\frac{140937,08}{18 + 0,575 \sqrt{140937,08}} \right) = 1,9 \text{ м/с}$$

Частота обертання барабана, хв⁻¹, розраховуємо за формулою 2.30

де m , k – коефіцієнти, що залежать відповідно від типу насадки барабана і характеру руху продукту і сушильного агента в сушарці, 0,6 та $k=1,6$ [36].

$$n = \frac{mkL\delta}{\tau D\delta \tan \alpha} = \frac{0,6 * 1,6 * 2,67}{22,68 * 0,61 * \tan 2} = 5,3 \text{ об/хв}^{-1}$$

Потужність, яка потрібна для обертання барабана [36]

$$N = 0,0013 D_6^3 L \beta \rho_n \sigma n = 0,0013 * 0,61^3 * 2,67 * 750 * 0,68 * 5,3 = 2,2 \text{ кВт}$$

де ρ_n - с σ - коефіцієнт потужності, що залежить від типу насадки і коефіцієнта заповнення барабана матеріалом β

2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми

На рис 2.21 зображена апаратурно-технологічна схема виробництва тетраборату натрію з борної кислоти

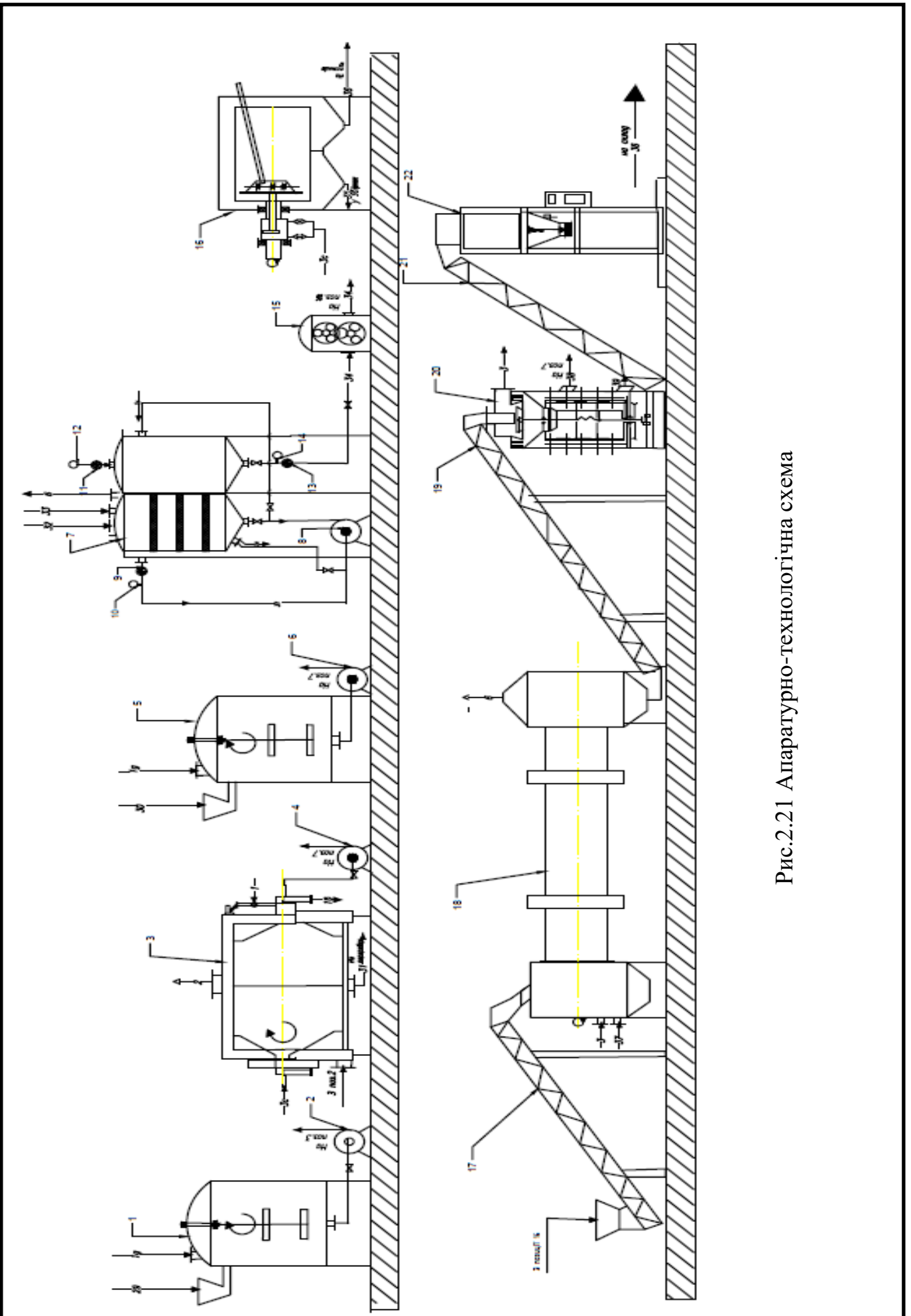


Рис.2.21 Апаратурно-технологічна схема

Готують концентровані розчини борної кислоти та соди в лопатевих мішалках **1**, розчин кислоти фільтрують в барабанному вакуум-фільтрі **3**, закачують у апарат циркуляційного типу через циркуляційні насоси **2,4,6**, що виконує роль реактора-кристалізатора **7**. Апарат циркуляційного типу **7**, оснащений електронагрівом та функціонуючий як кристалізатор, мсуміш розчинів борної кислоти та кальцинованої соди витримують при 94°C протягом 7-10 хвилин. У трубному просторі апарата багаторазово циркулює охолоджений розчин борної кислоти, а в міжтрубному просторі надходить охолоджувана вода. Контроль температури розчинів, суспензії, витрати води на вході та виході з апарату здійснюються реєструючими та записуючими пристроями **9,10,11,12,13,14**. Регулюючи подачу води, встановлюють швидкість охолодження від 90 до 53°C – $3^{\circ}\text{C}/\text{хв}$. Після 12 хвилин розчин досягає температури 53°C . Потім зменшують витрату води і підтримують температуру 53°C протягом 5 хвилин. Потім знову збільшують витрату води і охолоджують розчин до 35°C зі швидкістю $0,4^{\circ}\text{C}/\text{хв}$. Отриману суспензію через кулачковий насос **15** подають на центрифугу **16** для відокремлення кристалів бору від маточника, отримані кристали подаються шнековим транспортером **17** в барабанну сушарку **18** для просушування. Після того отримані кристали передаються шнековим транспортером **19** на вібраційний сепаратор **20** для розділення тетраборату натрію по фракціях. Отримані, відсортовані кристали подаються шнековим транспортером **21** до фасувальної машини **22**, де вони завантажуються в мішки і відправляються на склад .[26]

Швидке охолодження гарячого розчину з 90 до $53-55^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю $3-10^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ дозволяє минути стадію кристалізації $\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{17}$ і перейти до стадії кристалізації $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$, що при подальшому охолодженні запобігає утворенню дрібних кристалів бору. Температурний діапазон $53-55^{\circ}\text{C}$ – це межа, на якій починається кристалізація бору. Якщо продовжити охолодження з такою ж інтенсивністю, то перехід системи з метастабільного в стабільний стан призведе до масової кристалізації, що утворить дрібний

полідисперсний продукт, погіршуючи фільтрацію суспензії і призводячи до утворення пилоподібного продукту.

При досягненні температури 53-55°C необхідно охолоджувати розчин, компенсуючи виділене тепло кристалізації, і витримувати систему при цій температурі 5-10 хвилин. Потім, охолоджуючи до 35°C зі швидкістю 0,3-0,4°C/хв, утворюються великі кристали, наближаючи систему до монодисперсного стану.

Зниження швидкості охолодження до менше ніж 3°C/хв призводить до утворення пентагідрату тетраборату натрію і дрібних полідисперсних кристалів, що створюють пилоподібний продукт. При витримці менше 5 хвилин утворюється недостатня кількість центрів кристалізації, і монодисперсність не досягається. Якщо витримка більше 10 хвилин, збільшується частка дрібної фракції.

На другій стадії охолодження швидкість понад 0,4°C/хв призводить до утворення дрібних кристалів, а при меншій швидкості (менше 0,3°C/хв) час кристалізації збільшується, що може спричинити механічне руйнування великих кристалів і появу дрібних частинок. Охолодження до 53-55°C зі швидкістю 3-10°C/хв обумовлене тим, що при подальшому сповільненні швидкості охолодження при 56°C встигає викристалізуватися певна кількість пентагідрату тетраборату натрію, що впливає на дисперсний склад. При зниженні температури до 52°C утворюється більше центрів кристалізації десятиводної борної кислоти, що також призводить до полідисперсного матеріалу.

Удосконалення технології полягає в використанні в якості реактора двохрівневого кристалізатора циркуляційного типу, що має в середині фільтруючі сітки задля запобігання потрапляння часточок нерозчиненої сировини а також потраплянню домішок до подальшого перебігу процесу. Двостадійна кристалізація виконана даним апаратом дозволяє зменшити грудкування продукту під час зберігання та транспортування за рахунок зменшення його полідисперсності, оскільки поєднання великих і дрібних

кристалів сприяє грудкуванню. Даним способом також можна покращити умови праці за рахунок зниження частки пилоподібної фракції (менше 40 мкм) з 17% до 0%. Також, важливим є додавання до робочого процесу відцентрового сепаратора задля розділення продукту за фракціями що також сприяє зменшенню можливості злежування та грудкування тетраборату натрію

РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Таблиця 3.1

Кошторис на придбання устаткування

№	Назва устаткування	Кількість	Оптова ціна за 1 шт Грн	Витрати на устаткування грн	Витрати на транспорт грн	Витрати на монтаж грн	Первісна вартість грн
1	Лопатева мішалка	2	130304	5000	1000	1000	267608
2	Реактор	1	643400	15000	900	1300	645600
3	Циркуляційний насос	3	41 758	24 000	800	1000	130674
4	Датчик температури	3	24374	1500	700	800	77622
5	Витратомір	3	10800	1500	700	800	36900
6	Барабанний вакуум-фільтр	1	200200	15 000	1500	1400	218100
7	Кулачковий насос	1	77076	3000	900	1000	81976
8	Горизонтальна фільтрувальна центрифуга	1	250 000	26 000	1300	1500	252800
9	Шнековий транспортер	3	47500	15500	1000	1300	206400
10	Барабанна сушарка	1	69 000	48 000	5 500	3700	78200
11	Вібраційний сепаратор	1	924600	13000	1000	3500	109960
12	Пакувальна машина	1	210500	25000	2000	3000	240500
Разом						2346340 грн	

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т.М.	<i>Вид документ</i> Пояснювальна записка	<i>Назва, додаткова назва</i>	
НУХТ	<i>Розробник документа</i> Гульцяєва М.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.058.КР.ПЗ	
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.04.2024

Капітальні витрати :

15% від вартості обладнання (устаткування, автоматизація, трубопроводи) приймаються як капітальні витрати:

$$2346340 \cdot 0.15 = 351951 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Загальна первісна вартість з урахуванням капітальних витрат:

$$K_{\text{заг}} = 2346340 + 351951 = 2698291 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Розрахунок випуску продукції

Цех з виробництва тетраборату натрію має добову потужність 1000 кг, що досягається за рахунок 2-змінного режиму роботи. За зміну цех може виробляти 24 тонни тетраборату.

Протягом сезону, який триває 88 днів, цех може виробити 2112 тонн тетраборату, адже $24 \cdot 88 = 2112$.

Проте, важливо врахувати коефіцієнт використання виробничої потужності, який становить 0,95.

Тому очікуваний обсяг виробництва за сезон складе 2006,4 тонн, що розраховується як $24 \cdot 88 \cdot 0,95$.

Таблиця 3.2

План виробництва в об'ємному грошовому виразі

Назва продукту	Одиниця вимірювання	План на сезон	Ціна за 1 т Грн	Вартість продукції Грн
Тетраборат натрію	Т	2006	200000	550000

Баланс робочого часу одного робітника

Протягом сезону робітник має 122 календарні дні, з яких 34 дні припадають на вихідні та святкові.

Таким чином, номінальний фонд робочого часу на сезон складає 88 днів.

З них 8 днів робітник не виходить на роботу, тому ефективний фонд часу одного робітника на сезон становить 80 днів.

Враховуючи середню тривалість робочого дня 8 годин, ефективний фонд часу одного робітника на сезон складає 640 годин.

Середню чисельність робітників з погодинною оплатою праці можна розрахувати за допомогою формули:

$$Ч_{\text{пог}} = \frac{К_{\text{зм}} * К}{Б} \quad (3.3)$$

$$Ч_{\text{пог}} = \frac{48 * 88}{80} = 53 \text{ ос}$$

Таблиця 3.3

План з чисельності і фонду оплати праці

Стан	Чисельність	Фонд оплати праці
Робітник	54	124064
Службовці	5	22554
Разом	59	1466184 грн

Продуктивність праці по цеху:

в натуральному виразі: $= \frac{2006}{70} = 28,65 \text{ т}$

в вартісному виразі: $= \frac{2196658620}{70} = 31922980 \text{ грн}$

Таблиця 3.4

Розрахунок вартості сировини, основних та допоміжних матеріалів на сезонний обсяг виробництва продукції

Вид сировини	Норми витрат на річний обсяг виробництв	Вартість 1 тонни	Витрати на річний обсяг виробництв
Борна кислота	51,16	82000	4195120
Кальцинована сода	21,86	24000	524640
Вода	27,82	740	20586,8
Допоміжні матеріали			
Мішки	76	7	532
Етикетки	76	4	304
Разом:			42497183,8 грн

Розрахунок потреби та вартості енерговитрат

Вид енергії	Норма витрат на 1 т	Річні витрати	Вартість	
			Одиниця ресурсу	На річний обсяг
Електроенергія	30	10800	2,64	28512
Вода	6	12673	33,98	430628
Пара	315	665208	17	11308536
Разом:			11767676 грн	

Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи розраховуємо як 22% від загального фонду заробітної плати

$$125,609 \cdot 0,22 = 2763 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

Загальний фонд заробітної плати разом із соціальним відрахуванням:

$$125,609 + 27,63 = 153239 \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Зведені витрати на виробництво та реалізацію продукції

№	Витрати	Сума, грн
1	Сировина ,матеріали	42497183,8
2	Транспортно-заготівельні витрати	2124859,19
3	Енерговитрати	11767676
4	Заробітна плата	1466184
5	Відрахування на соціальні заходи	153 239
6	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	117 317
Виробнича собівартість		46358783,1 грн

Позавиробничі витрати складають 0,2% до виробничої собівартості:

$$46358783,1 \cdot 0,002 = 92717,5662 \text{ грн} \quad (3.6)$$

Загальновиробничі витрати складають 2% до виробничої собівартості:

$$46358783,1 \cdot 0,02 = 927175,662 \text{ грн} \quad (3.7)$$

Економічна ефективність проекту

Витрати на вироблення продукції за сезон:

$$46358783,1 + 92717,5662 + 927175,662 = 47378676,3 \text{ грн} \quad (3.8)$$

$$\text{Витрати на 1 т продукції: } (46358783,1) / 2006 = 23110 \text{ грн} \quad (3.9)$$

$$\text{Ціна 1 т продукції: } 23110 + 23110 \cdot 40\% = 32354,02 \text{ грн} \quad (3.10)$$

$$\text{Прибуток} = (32354,02 - 23110) \cdot 2006 = 18543513,3 \text{ грн} [37,38]$$

РОЗДІЛ IV ОГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

В таблиці 4.1 Вимоги для натрій тетраборату (Е 285) згідно з Регламентом Комісії (ЄС) № 231/2012

Таблиця 4.1

Вимоги для натрій тетраборату (Е 285) згідно з Регламентом Комісії (ЄС) № 231/2012[12]

Властивість	Специфікація
Опис	Порошок або склоподібні пластини, що стають непрозорими на повітрі; повільно розчиняється у воді
Температура плавлення	Від 171 °С до 175 °С з розкладом
Пероксиди	За додавання розчину КІ не утворюється забарвлення
Миш'як	Не більше ніж 1 мг/кг
Свинець	Не більше ніж 5 мг/кг
Ртуть	Не більше ніж 1 мг/кг

Методи виявлення в харчових продуктах

У звіті ЕНС 204 (IPCS, 1998) зазначено, що переважним методом аналізу вмісту бору в харчових продуктах є атомно-емісійна спектроскопія з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП-АЕС). Методи ІЗП також є рекомендованими для аналізу низьких рівнів бору, що містяться в біологічних та екологічних зразках. При цьому підкреслюється, що колориметричні методи слід використовувати з обережністю (IPCS, 1998). Також було описано швидкий кількісний аналіз за допомогою газової хроматографії-мас-спектрометрії (ГХ-МС) (Lin-Min Zeng et al., 2010).

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т.М.	<i>Вид документ</i> Пояснювальна записка	<i>Назва, додаткова назва</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Гульцяєва М.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ IV ОГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.062.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.04.2024	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 62/78

ЕНС 204 стверджує, що борна кислота та тетраборати натрію вважаються стійкими речовинами, за винятком дегідратації, яка відбувається за високих температур (IPCS, 1998).

Максимально допустимі рівні

Максимально допустимі рівні (МДР) борної кислоти або тетраборату натрію, виражені як борна кислота, визначені в Додатку II до Регламенту (ЄС) № 1333/2008/10 щодо харчових добавок для використання в харчових продуктах. Наразі в ЄС борна кислота та тетраборат натрію дозволені як харчові добавки для консервування осетрової ікри (чорної ікри) з МДР 4 г борної кислоти або тетраборату натрію, виражених як борна кислота/кг. Критерії чистоти борної кислоти та тетраборату натрію для використання як харчових добавок визначені в Регламенті Комісії (ЄС) № 231/2012.9

Гостра та повторна токсичність

Симптоми та ознаки отруєння:

- Пригнічення
- Атаксія (порушення координації)Судоми
- Втрата ваги
- При гістопатологічному дослідженні спостерігалось ураження нирок і нервових клітин (EVM, 2002).

Дані про випадкові отруєння борною кислотою вказують на такі смертельні дози:

- Немовлята: 2–3 грами
- Діти: 5–6 грамів
- Дорослі: 15–20 грамів (що еквівалентно приблизно 2,6–3,5 грамам бору)

Ці дані базуються на джерелах, включаючи Dixon et al. (1976), Siegel and Wason (1986), EVM (2003), EPA (2004) та ECETOC (1995).

Важливо зазначити, що повідомлені смертельні дози борної кислоти можуть різнитися. Деякі дослідження показують, що летальними можуть

бути дози від 200 до 640 міліграмів борної кислоти на кілограм маси тіла (mg/kg), але точність цих значень не підтверджена повністю (Fail et al., 1998).

Інші джерела, що посилаються на Stokinger (1981) та Teshima et al. (1992), як зазначено в EFSA (2004), припускають, що найнижча смертельна доза після одноразового випадкового перорального прийому борної кислоти людиною може становити від приблизно 98 до 650 мг бору на кг маси тіла.

Також повідомлялося про смертельні випадки після внутрішньовенного введення бору в дозі 0,5 мг/кг маси тіла (EFSA, 2004).

Виходячи з цих консервативних припущень, малоімовірно, що використання борної кислоти та тетраборату натрію як харчових добавок за їхнім поточним дозволим вмістом перевищить допустиму добову дозу (ДДД) 0,16 мг бору/кг маси тіла.

Для дітей та підлітків з 95-го перцентилля споживання, оцінки впливу вказують на перевищення цієї ДДД.

Однак вплив бору від його використання як харчової добавки у вигляді борної кислоти та тетраборату натрію, що застосовується в ікрі, навряд чи відбудуватиметься регулярно. Фактично, щоб досягти впливу на рівні ДДД шляхом споживання ікри, що містить борати у межах максимально допустимого рівня (МДР), доросла людина з масою тіла 60 кг повинна була б споживати 13,7 г ікри щодня. Таким чином, Група експертів зазначила, що навіть за високого споживання і тільки серед споживачів, малоімовірно, що відбудуватиметься регулярне перевищення ДДД. Група також зазначила, що цей сценарій впливу дійсний лише для його теперішнього дозволу на використання в ікрі, тоді як детальна оцінка впливу необхідна, якщо дозвіл буде поширено на інші продукти (наприклад, рибна ікра, крім осетрової).

Більше того, Група експертів зазначила, що вплив бору від його природного вмісту в раціоні та з інших джерел (харчові добавки, матеріали, що контактують з харчовими продуктами, корми для тварин, призначених для виробництва харчових продуктів, косметика, засоби для гігієни ротової порожнини тощо) вже може призвести до впливу, що перевищує ДДД.

Група експертів також зазначила, що специфікації для тетраборату натрію не містять значення відсотка вмісту.

Токсичність

LD50 гострого перорального впливу борної кислоти та натрій тетраборату у мишей та щурів становить приблизно 400–900 мг бору/кг маси тіла (EVM, 2003; EFSA, 2004) (що еквівалентно 2285–5143 мг борної кислоти/кг маси тіла та еквівалентно 3540–7965 мг натрій тетраборату/кг маси тіла).

Для морських свинок, собак, кроликів та котів повідомляється про гострі пероральні LD50 в діапазоні 200–350 мг бору/кг маси тіла (що еквівалентно 1143–2000 мг борної кислоти/кг маси тіла та еквівалентно 1770–3098 мг натрій тетраборату/кг маси тіла) (EFSA, 2004).[17,18]

Група експертів визначила рівень бездоказової негативної дії (NOAEL) 55 мг борної кислоти/кг маси тіла/день (що еквівалентно 9,6 мг бору/кг маси тіла/день). За застосування коефіцієнта невизначеності 60, групова допустима добова доза (ДДД) для борної кислоти та тетраборату натрію, виражена в еквівалентах бору, становить 0,16 мг бору/кг маси тіла/день.

Найвищий середній вплив бору від його використання як харчової добавки в країнах-членах Європейського Союзу становить 0,04 мг/кг маси тіла/день для дітей, 0,01 мг/кг маси тіла/день для підлітків, 0,01 мг/кг маси тіла/день для дорослих і 0,01 мг/кг маси тіла/день для людей похилого та дуже літнього віку. Оцінка впливу бору від його використання як харчової добавки на 95-й перцентиль споживання становитиме 0,56, 0,37, 0,13 і 0,15 мг/кг маси тіла/день для дітей, підлітків, дорослих і людей похилого віку відповідно.

Для дітей та підлітків з 95-го перцентилля споживання, оцінки впливу вказують на перевищення цієї ДДД. Однак вплив бору від його використання як харчової добавки у вигляді борної кислоти та тетраборату натрію, що застосовується в ікрі, навряд чи відбуватиметься регулярно. Таким чином, Група експертів зазначила, що навіть за високого споживання і тільки серед

споживачів, малоімовірно, що відбуватиметься регулярне перевищення ДДД. Група також зазначила, що цей сценарій впливу дійсний лише для його теперішнього дозволу на використання в ікрі, тоді як детальна оцінка впливу необхідна, якщо дозвіл буде поширено на інші продукти (наприклад, рибна ікра, крім осетрової).

Виходячи з цих консервативних припущень, малоімовірно, що використання борної кислоти та тетраборату натрію як харчових добавок за їхнім поточним дозволим вмістом перевищить допустиму добову дозу (ДДД) 0,16 мг бору/кг маси тіла/день.

Однак Група експертів також зазначила, що вплив бору від його природного вмісту в раціоні та з інших джерел (харчові добавки, матеріали, що контактують з харчовими продуктами, корми для тварин, призначених для виробництва харчових продуктів, косметика, засоби для гігієни ротової порожнини тощо) вже може призвести до впливу, що перевищує ДДД[12].

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Фактори, що характеризують охорону навколишнього середовища

Використання борної кислоти в виробництві приносить ризики для довкілля, якщо не вжити відповідних заходів.

Потенційні ризики для довкілля

- Забруднення водних ресурсів: Витік з резервуарів або відвалів з відходами може призвести до забруднення ґрунту та водних джерел, а також до шкоди водним екосистемам.
- Токсичність: Борна кислота є токсичною для деяких видів рослин і тварин.
- Вплив на ґрунти: Потрапляння борної кислоти в ґрунт може призвести до зміни його рН, що негативно впливає на ріст рослин.

Заходи з екологічної безпеки

- Використання надійних резервуарів: Застосування герметичних резервуарів з подвійними стінками, системами виявлення витоків та регулярний контроль на герметичність.
- Правильне проектування та експлуатація відвалів: Відвали повинні бути розташовані в місцях з мінімальним ризиком вимивання, мати гідроізоляцію та системи збору та очищення стічних вод.
- Очищення стічних вод: Очищення стічних вод перед їх скиданням у водойми для видалення борної кислоти та інших шкідливих речовин.
- Переробка або повторне використання відходів: Замість спалювання відходів, що містять борну кислоту, їх можна переробляти або повторно використовувати, значно зменшуючи негативний вплив на довкілля.
- Впровадження екологічно чистих технологій: Застосування технологій, які мінімізують використання борної кислоти та викиди шкідливих

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХ	Технічне узгодження Бойчук Т.М.	Вид документ Пояснювальна записка	Назва, додаткова назва			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Гульятєва М.А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.067.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.04.2024	Мова UA	Аркуш 67/78

Речовин

Моніторинг та контроль: Регулярний моніторинг концентрації борної кислоти в ґрунті та водних ресурсах, а також контроль за дотриманням екологічних норм.

При виробництві тетраборату натрію (бури) здійснюється значний вплив на навколишнє середовище.

Потенційні екологічні ризики

- Забруднення водних ресурсів: Витік з резервуарів або відвалів з відходами може призвести до забруднення ґрунту та водних джерел, а також до шкоди водним екосистемам.

- Викиди пилу: Переробка буриту може генерувати викиди пилу, що осідає на землю, забруднюючи ґрунт та водойми, а також негативно впливаючи на здоров'я людей.

- Спалювання відходів: Спалювання відходів виробництва тетраборату натрію призводить до викидів шкідливих речовин в атмосферу, таких як діоксид сірки, оксиди азоту, та леткі органічні сполуки.

Заходи з екологічної безпеки

- Використання надійних резервуарів: Застосування герметичних резервуарів з подвійними стінками, системами виявлення витоків та регулярний контроль на герметичність.

- Правильне проектування та експлуатація відвалів: Відвали повинні бути розташовані в місцях з мінімальним ризиком вимивання, мати гідроізоляцію та системи збору та очищення стічних вод.

- Впровадження ефективних систем очищення стічних вод: Очищення стічних вод перед їх скиданням у водойми для видалення шкідливих речовин.

- Використання сучасних систем пиловловлення: Застосування електростатичних фільтрів, циклонів та інших технологій для уловлювання та видалення пилу з викидів.

- Переробка або повторне використання відходів: Замість спалювання відходів виробництва тетраборату натрію їх можна переробляти або повторно

використовувати, значно зменшуючи викиди шкідливих речовин.

- Впровадження технологій з низьким викидом вуглецю: Використання енергоефективних технологій та альтернативних джерел енергії для мінімізації викидів парникових газів.
- Рекультивация забруднених ґрунтів: Очищення забруднених ґрунтів за допомогою фізико-хімічних методів або фітомеліорації.
- Використання екологічно чистих технологій: Застосування технологій, які мінімізують використання ресурсів та викиди забруднюючих речовин.
- Моніторинг та контроль: Регулярний моніторинг викидів, стану ґрунту та водних ресурсів, а також контроль за дотриманням екологічних норм[39,44].

РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ

Виробництво тетраборату натрію (бури) може нести ризики для здоров'я працівників, якщо не вжити відповідних заходів з охорони праці. Нижче представлено детальний опис основних ризиків, можливих рішень, а також рекомендації щодо поліпшення умов праці на виробництві.

Потенційні ризики для здоров'я працівників

- Вдихання пилу: Вдихання пилу буриту може призвести до:
- Подразнення слизових оболонок дихальних шляхів: сухий кашель, чхання, першіння в горлі, задишка.
- Алергії: шкірні висипи, риніт, кон'юнктивіт, бронхіальна астма.
- Хронічних респіраторних захворювань: силікоз, пневмоконіоз.
- Контакт зі шкірою: Контакт з тетраборатом натрію може призвести до:
 - Подразнення шкіри: почервоніння, свербіж, висип, дерматит.
 - Алергічних реакцій: кропив'янка, набряк Квінке.
 - Проковтування: Проковтування буриту може призвести до:
 - Подразнення шлунково-кишкового тракту: нудота, блювота, діарея, біль у животі.
 - Отруєння: у важких випадках може призвести до ураження нирок, печінки та інших органів.
 - Вплив на репродуктивну систему: Дослідження показують, що тетраборат натрію може негативно впливати на:
 - Репродуктивну функцію чоловіків: зниження фертильності, порушення сперматогенезу.
 - Репродуктивну функцію жінок: порушення менструального циклу, ризик викиднів, вроджені аномалії розвитку плоду.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т.М.	<i>Вид документ</i> Пояснювальна записка	<i>Назва, додаткова назва</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Гульцяєва М.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.070.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.04.2024	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 70/78

Заходи з охорони праці

- Контроль забруднення повітря:
- Застосування ефективних систем пиловловлення:
- Циклони
- Електростатичні фільтри
- Мокрі скрубери
- Регулярний контроль концентрації пилу буриту в повітрі робочої

зони.

Використання засобів індивідуального захисту:

Забезпечення працівників респіраторами:

- Протипилові респіратори
- Газові респіратори
- Захисними окулярами
- Рукавицями
- Спецодягом
- За необхідності - захисними кремами та мазями для шкіри.

Навчання та інформування працівників:

Проведення регулярних інструктажів з питань безпеки праці:

- Знайомство з ризиками, пов'язаними з бурою
- Правила роботи з бурою
- Використання засобів індивідуального захисту
- Надання першої медичної допомоги
- Ознайомлення з інструкціями з охорони праці
- Розміщення інформаційних стендів на робочому місці.

Медичний контроль:

○ Проведення регулярних медичних оглядів працівників, які контактують з бурою:

- Огляд дихальної системи
- Огляд шкіри

- За необхідності - лабораторні дослідження
- Раннє виявлення та запобігання негативним наслідкам для здоров'я.

Автоматизація процесів:

Заміна ручних операцій на автоматизовані:

- Дозування бури
- Транспортування бури
- Упакування бури
- Мінімізація контакту працівників з бурою.

Підтримка чистоти на робочому місці:

○ Регулярне прибирання та видалення пилу буриту з робочих поверхонь, інструментів та обладнання

- Застосування вакуумних пилососів
- Вологе прибирання[40-43]

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу науково-технічної літератури представлена інформація про властивості та сфери застосування харчових добавок та консервантів. Також проведено аналіз ринку виробництва тетраборату натрію. Розглянуто існуючі технології та обрано перспективну технологію виробництва, що дозволяє отримати економічно вигідну та екологічно безпечну продукцію.

2. Запропоновано удосконалення технології виробництва тетраборату натрію шляхом вибору більш досконалого основного апарату, зокрема реактора-кристалізатора циркуляційного типу.

Надано характеристики основної сировини та запропоновано удосконалену технологію виробництва тетраборату натрію. Розроблено її принципову та апаратурно-технологічну схеми, проведено розрахунок матеріального балансу з продуктивністю 1000 кг за добу, підібрано основне технологічне обладнання та виконано розрахунок барабанної сушарки. Діаметр барабану складає 610 мм, довжина барабану 2670 мм, потужність, яка потрібна для обертання барабана 2,2 кВт

4. Проведено техніко-економічне обґрунтування виробництва тетраборату натрію за обраною технологією. Витрати на 1 т продукції: складають 23110 грн, ціна 1 т продукції - 32354,02 грн, прибуток 18543513,3 грн

5. Описано показники якості та безпеки отриманої продукції. Представлено методи оцінки якості готового продукту.

6. Наведено характеристику екологічної безпеки та описано заходи охорони праці на запропонованому виробництві.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т.М.	<i>Вид документ</i> Пояснювальна записка	<i>Назва, додаткова назва</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Гульчяєва М.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> ВИСНОВКИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.073.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.04.2024	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 73/78

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Codex Alimentarius."Class Names and the International Numbering System for Food Additives."

2. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» (від 23.12.1997 № 771/97-ВР, редакція від 04.04.2018)

3. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості. Навч. посібник. Львів: Центр Європи, 2009. 836 с.

4. Подобій О.В. Хімія та технологія харчових добавок [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія», денної та заочної форми навчання / О.В.Подобій. К.: НУХТ, 2019. 131с.

5. Аграрна наука та харчові технології. / редкол. В.А.Мазур (гол. ред.) та ін. - Вінниця.: ВЦ ВНАУ, 2018. - Вип. 4(103) - 184 с.

6. Актуальні проблеми застосування харчових добавок: стислий конспект лекцій для студентів спеціальності 102 «Хімія» / уклад. Г. О. Санталова. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – 60 с.

7. Консерванти – інгредієнти багатьох харчових продуктів [Електронний ресурс].- Режим доступу : <https://himfarminvest.com.ua/konservanti-ingredinti-bagatoh-harchovih-produktiv-uk>(05.06.24)

8. Фармацевтична енциклопедія: НАТРІЮ ТЕТРАБОРАТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1203/natriyu-tetraborat> (09.04.2024)

9. Фармацевтична хімія : [арх. 11 березня 2021] : підручник / ред. П. О. Безуглий. — Вінниця : Нова Книга, 2008. — 560 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т.М.	<i>Вид документ</i> Пояснювальна записка	<i>Назва, додаткова назва</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Гульцяєва М.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.074.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 29.04.2024	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 74/78

10. Boron & compounds fact sheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20060209040519/http://www.npi.gov.au/database/substance-info/profiles/15.html> (09.04.2024)
11. Тетраборат натрію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/4309985/> (09.04.2024)
12. Fernando Aguilar, Riccardo Crebelli and etc . Scientific Opinion on the re-evaluation of boric acid (E 284) and sodium tetraborate (borax) (E 285) as food additives EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) //EFSA Journal 11(10):3407// 2013
13. Фармакологія: підручник (ВНЗ I—III р. а.) / І.В. Нековаль, Т.В. Казанюк. — 7-е вид., переробл. і допов. — «Медицина», 2016 — 552 с.
14. Загальна хімічна технологія [електронний ресурс]: Курс лекцій для студентів напряму хімічна технологія / Уклад. О. Г. Макаренко. К. : НУХТ, 2013. 232 с.
15. Wisniak Jaime. Borax, Boric acid, and Boron – From exotic to commodity (англ.) // Indian Journal of Chemical Technology : журнал. — 2005. — July (vol. 12). — P. 488—500. — ISSN 0971457X
16. Wbmind: Харчова добавка E284 (Борна кислота) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.wbmind.com/uk/nutrition/additives/499-food-additive-e284> (09.04.2024)
17. Kaur Gurwinder Kainth Shagun Kumar Rohit Sharma Piyush Pandey O. P. (2021-10). Reaction kinetics during non-isothermal solid-state synthesis of boron trioxide via boric acid dehydration. Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis (англ.). Т. 134, № 1. doi:10.1007/s11144-021-02084-8
18. Aghili Siavash Panjepour Masoud Meratian Mahmood (2018-03). Kinetic analysis of formation of boron trioxide from thermal decomposition of boric acid under non-isothermal conditions. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry (англ.). Т. 131, № 3. doi:10.1007/s10973-017-6740-3. ISSN 1388-6150

19. Brown Herbert C. Mead Edward J. Shoaf Charles J. (1956-08). Convenient Procedures for the Preparation of Alkyl Borate Esters 1-3. Journal of the American Chemical Society (англ.). Т. 78, № 15. doi:10.1021/ja01596a015. ISSN 0002-7863
20. Кійко С. М., Ніколайчук О. Г., Уржунцева В. В. (2012). Лабораторний практикум з неорганічного синтезу: навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна.
21. Ф. А. Деркач «Хімія» Л. 1968
22. В. І. Саранчук, М. О. Ільяшов, В. В. Ошовський, В. С. Білецький. Хімія і фізика горючих копалин. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2008. — с. 600. ISBN 978-966-317-024-4
23. Sodium tetraborate //ЕCHA: European chemicals agency[Електронний ресурс]- Режим доступу : [https://echa.europa.eu/pl/substance-information/-/substanceinfo/100.007.127\(05.06.2024\)](https://echa.europa.eu/pl/substance-information/-/substanceinfo/100.007.127(05.06.2024))
24. Sodium carbonate chemical compound //Britanica [Електронний ресурс]- Режим доступу : <https://www.britannica.com/science/sodium-carbonate> (05.06.2024)
25. Sodium Carbonate.PubChem//National Library of medicine [Електронний ресурс]-Режим доступу: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Carbonate> (05.06.2024)
26. Реактор-кристалізатор циркуляційного типу: пат. 29185 Україна : МПК (2006) ,B01D 9/00,B01J 2/00,B01J 8/02 ,B01L 3/06 . № u 20070708117 ; заявл. 17.07.2007 ; опубл. 10.01.2008,
27. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки Хімічна технологія [Електронний ресурс] / Уклад. : О. Г. Макаренко, І. В. Житнецький. К. : НУХТ, 2015. 21 с.
28. Розрахунок матеріального балансу одержання натрій тетраборату з використанням математичного пакету MathCad / В. Богун, О. Л. Сєдих, С. В. Маковецька, В. Іщенко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 80-ї Міжнародної наукової

конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. – Київ : НУХТ, 2014 р. – Ч. 2. – С. 642–644.

29. Барабанний проціджувач // Ecoflock [Електронний ресурс]- Режим доступу: <https://www.ecoflock.com.ua/ua/barabannij-proczidzhuvach.html> (06.06.2024)

30. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2013. — Т. 3 : С — Я. — 644 с.

31. Білецький В. С., Смирнов В. О. Технологія збагачення корисних копалин ((посібник з грифом Мінвузу). — Донецьк: Східний видавничий дім, 2004. — 272 с. (друге видання — 2009 р.)

32. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина III. Заключні процеси. — Кривий Ріг: Криворізький національний університет. 2019. — 230 с.

33. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин: навчальний посібник. — К.: Ліра-К 2020. — 634 с.

34. Вібросито[Електронний ресурс]- Режим доступу : <https://www.tsystem.com.ua/uk/nestandardnoe-i-tehnologicheskoe-oborudovanie/vibrosito/> (06.06.2024)

35. Дозатор в мішки відкритого типу [Електронний ресурс]- Режим доступу : <https://simo.com.ua/ua/obladnannya/dozator-v-m%D1%96shki-v%D1%96dkritogo-tipu> (06.06.2024)

36. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування / Малежик І.Ф., Марценюк О.С., Мельник Л.М. та ін. Київ, 2012. 543 с.

37. Системний підхід до управління підприємством та персоналом підприємства/К. М. Дідур, // Ефективна економіка № 4, 2012

38. Економіка, організація та управління хімічних виробництв: [Електронний ресурс] конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня бакалавр спеціальності 161«Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія»денної та заочної форм

навчання/Г.Ф.Ємцева. Київ: НУХТ, 2021, 144 с. №44.188-03.06.2021.

39. Аналіз способів підготовки палива та спалюванням у котлах теплових електричних станцій веб-сайт. URL: <http://masters.donntu.org/2013/fmf/taranenko/diss/indexu.htm> (06.06.2024)

40. Крюковська О.А., Левчук К.О. Охорона праці в галузі (для хімічних спеціальностей) під редакцією к.т.н., доцента Толока А.О.: Навч. посібник. 2011. – 230

41. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид./За ред. М.П. Гандзюка.– К.: Каравела, 2011. – 384 с.

42. Про затвердження Правил охорони праці на об'єктах з виробництва синтетичних мийних засобів/Міненерговугілля України; Наказ, Правила від 28.08.2013 № 599

43. Про затвердження Правил охорони праці для виробництв основної хімічної промисловості/Держгірпромнагляд; Наказ, Правила від 26.08.2010 № 162

44. Про оцінку впливу на довкілля | від 23.05.2017 № 2059-VIII(Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29, ст.315)