

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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 отримання мікрокристалічної целюлози

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХТ-4-13

ЗОРЯ Матвій Іванович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Керівник РОМАНОВА Олеся Олександрівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент Анастасія ПУХЛЯК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

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 ГЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Зоря Матвій Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання
мікрокристалічної целюлози

керівник роботи РОМАНОВА Олесь Олександрівна, к.т.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 мікрокристалічної
целюлози 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)

Матвій ЗОРЯ

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олеся РОМАНОВА

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Зоря М.І. Удосконалення технології отримання мікрокристалічної целюлози.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 70 С., 15 РИС., 12 ТАБЛ., 3 ДОДАТКИ, 21 ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.

В даній кваліфікаційній роботі проведено літературний аналіз та узагальнено інформацію про удосконалення технології отримання мікрокристалічної целюлози.

Розглянуто сутність понять «харчова добавка».

Описано основні та додаткові сировинні матеріали для виробництва мікрокристалічної целюлози.

Проведено удосконалення технології виробництва мікрокристалічної целюлози. Розроблено принципову і апаратурно-технологічну схеми отримання. Проведено розрахунок матеріального балансу хіміко-технологічного процесу, а також надано техніко-економічне обґрунтування запропонованого способу виробництва.

Здійснено підбір основного технологічного обладнання відповідно до виробничої лінії. Наведено розрахунок основного апарату.

Запропоновано заходи з охорони праці та навколишнього середовища для даного підприємства.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ХАРЧОВА ДОБАВКА, МІКРОКРИСТАЛІЧНА ЦЕЛЮЛОЗА, ЦЕЛЮЛОЗА, СУЛЬФАТНА КИСЛОТА, ГІДРОКСИД НАТРІЮ.

ABSTRACT

Zorya M.I. Improvement of the technology for obtaining microcrystalline cellulose.

EXPLANATORY NOTE: 70 p., 15 FIG., 12 TABLES, 3 APPENDICES, 21 LITERATURE SOURCES.

In this qualification work, a literature analysis was carried out and information on the improvement of the technology for obtaining microcrystalline cellulose was summarized.

The essence of the concept of "food supplement" is considered.

The main and additional raw materials for the production of microcrystalline cellulose are described.

The technology of production of microcrystalline cellulose has been improved. The basic and hardware-technological schemes of obtaining have been developed. The calculation of the material balance of the chemical-technological process was carried out, as well as the technical and economic justification of the proposed production method was provided.

Selection of the main technological equipment according to the production line was carried out. The calculation of the main apparatus is given.

Occupational and environmental protection measures for this enterprise are proposed.

KEY WORDS: FOOD SUPPLEMENT, MICROCRYSTALLINE CELLULOSE, CELLULOSE, SULPHATE ACID, SODIUM HYDROXIDE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1 Властивості харчової добавки.....	10
1.2 Економічність та вплив на навколишнє середовище.....	12
1.3 Галузі використання харчової добавки.....	13
1.4 Стан сировинної бази.....	18
1.5 Аналіз існуючих технологій виробництва харчової добавки.....	20
1.6 Шляхи удосконалення технології отримання харчової добавки.....	21
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	23
2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	23
2.2 Принципово-технологічна схема виробництва.....	33
2.3 Матеріальний розрахунок.....	34
2.4 Розрахунок та підбір основного обладнання.....	39
2.5 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	52
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	55
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	57
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	61
5.1 Охорона праці на підприємстві.....	61
5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	68

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Романова О.О	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
Власник документа НУХТ	<i>Розробник документа</i> Зоря М.І.	<i>Назва, додаткова назва</i> ЗМІСТ	<i>ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.006.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 6/70

ВСТУП

У сучасному світі науково-технічний прогрес в галузі матеріалознавства відіграє ключову роль у розвитку багатьох індустрій, включаючи фармацевтику, харчову промисловість, паперову і текстильну галузі. Одним із перспективних напрямків в цьому контексті є виробництво мікрокристалічної целюлози (МКЦ), яка завдяки своїм унікальним властивостям відкриває нові можливості для створення інноваційних продуктів.

МКЦ – це біополімер, який виготовляється з природної целюлози за допомогою кислотного гідролізу, що призводить до утворення кристалів з високою ступенем чистоти та стабільністю. Особливість МКЦ полягає у її здатності до взаємодії з різними речовинами, що робить її незамінною у створенні композитних матеріалів, біодоступних форм лікарських засобів, ефективних загущувачів, стабілізаторів і навіть в якості носія для доставки ліків.

Важливість МКЦ у сучасних дослідженнях і виробництві неможливо переоцінити. Її застосування дозволяє покращити текстильні вироби, зробити папір більш міцним і довговічним, а також впливає на поліпшення сенсорних характеристик продуктів харчування. Крім того, МКЦ сприяє сталому розвитку і використанню відновлюваних ресурсів, що є критично важливим у контексті глобальних екологічних викликів.

Ця дипломна робота присвячена розробці нових методів виробництва МКЦ з використанням інноваційних технологій, які можуть забезпечити більш високу ефективність і економічність процесу.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Романова О.О	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Зоря М.І.	<i>Назва, додаткова назва</i> ВСТУП	<i>ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.007.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 7/70

Дослідження спрямоване на аналіз і оптимізацію процесу гідролізу, вивчення властивостей отриманих кристалів і їх застосування у різних галузях промисловості.

З огляду на зростаючу потребу в біологічно розкладаних і безпечних матеріалах, розвиток технологій виробництва МКЦ може стати визначальним у формуванні екологічної безпеки і забезпеченні стійкості виробництва в умовах глобальних екологічних змін.

Мета роботи – на основі проведеного огляду науково-технічної літератури запропонувати шляхи удосконалення технології отримання мікрокристалічної целюлози.

Об’єкт дослідження – технологія отримання мікрокристалічної целюлози. **Предмет дослідження** – мікрокристалічна целюлоза.

Завдання:

1. Розглянути існуючі технології виробництва мікрокристалічної целюлози.
- 2. Запропонувати та змістовно обґрунтувати шляхи удосконалення технології отримання мікрокристалічної целюлози
- 3. Розрахувати матеріальний баланс хіміко-технологічного процесу виробництва мікрокристалічної целюлози.
- 4. Запропонувати принципову і апаратурно-технологічну схеми отримання мікрокристалічної целюлози.
5. Зробити підбір основного технологічного обладнання.
6. Розрахувати основний апарат.
7. Запропонувати заходи з охорони праці та навколишнього середовища.
8. Надати техніко-економічне обґрунтування запропонованого способу виробництва.

Апробація. За результатами роботи написано і подано до друку тези доповіді: Виробництво мікрокристалічної целюлози. Зоря Матвій, Романова Олеся. // Матеріали 90-ї Ювілейної Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 11-12 квітня 2024 р. – К.:НУХТ, 2024р.

РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Властивості харчової добавки

Мікрокристалічна целюлоза ($C_6H_{10}O_5$)_n, де $n \approx 220$) – це модифікована порошкоподібна речовина природної целюлози, білого або сіруватого кольору, яка належить до класу полісахаридів. Мікрокристалічна целюлоза нерозчинна у воді, кислотах і органічних розчинниках, не має протипоказів при прийнятті більшості лікарських засобів, має здатність до саморозрихлення і самозв'язування, поглинає вологу та вступає у реакцію гідратації, тим самим впливає на покращення вивільнення діючої речовини з лікарських препаратів. Як харчова добавка, E460 не несе небезпеки для здоров'я, тому допустима добова норма її споживання не позначена. Мікрокристалічну целюлозу відкрили випадково, з невеликого експерименту. Вчені пробували використати міксер Варінга, щоб розщепити гідролізовану целюлозу на менш дрібні частинки у воді. Науковці вважали, що гострі леза змішувача відколюють дуже дрібні фрагменти мікрокристалів у гідролізованій целюлозі, а вже отримані мікрокристалічні фрагменти випадуть в осад і опиняться на дні води. Замість цього вони отримали стабільну колоїдну суспензію, комерційно відому як Avicel. МКЦ вперше було комерційно представлено у 1962 році під назвою Avicel®.

Мікрокристалічна целюлоза (МКЦ) є різновидом целюлози, яка виробляється шляхом кислотного гідролізу нативної целюлози. Цей процес призводить до відділення кристалічних ділянок від аморфних, результатом чого є високоочищений матеріал з певними фізико-хімічними характеристиками.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Зоря М.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.010.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 10/70

МКЦ відома своєю високою кристалічністю, термостабільністю та здатністю до формування стійких дисперсій. Завдяки цим властивостям вона знаходить застосування в різних галузях.

МКЦ демонструє високу механічну міцність, що робить її важливим компонентом у виробництві композитних матеріалів, де вона виступає як зміцнювальний агент. Крім того, її біосумісність та нетоксичність роблять її ідеальною для застосування у фармацевтиці як зв'язувальний і диспергуючий агент, а також у виготовленні таблеток, де вона сприяє контрольованому вивільненню лікарських речовин.

З хімічної точки зору, МКЦ є стабільною до впливу багатьох органічних розчинників, але може легко гідратуватися, утворюючи гідрогелі, які здатні поглинати і утримувати велику кількість води, що є важливим для її використання у косметичних і фармацевтичних додатках.

МКЦ також проявляє високу температурну стабільність, що дозволяє її використання в процесах, які вимагають стерилізації високими температурами. Температурний діапазон її стабільності робить МКЦ привабливою для застосувань, де потрібна висока термічна обробка. Оптичні властивості МКЦ, такі як її білизна і прозорість у розчині, забезпечують її використання у текстильній індустрії і виробництві паперу, де важливими є естетичні якості кінцевих продуктів.

Крім того, МКЦ володіє високою хімічною чистотою, що робить її придатною для застосувань, де вимагається високий рівень контролю за домішками, таких як виробництво лікарських засобів та харчових добавок. Її нейтральний смак і запах також роблять її популярним вибором для харчових продуктів, де вона може використовуватися як загущувач або стабілізатор без впливу на смакові якості продукту.

Розглянемо структурну формулу МКЦ на рисунку 1.1:

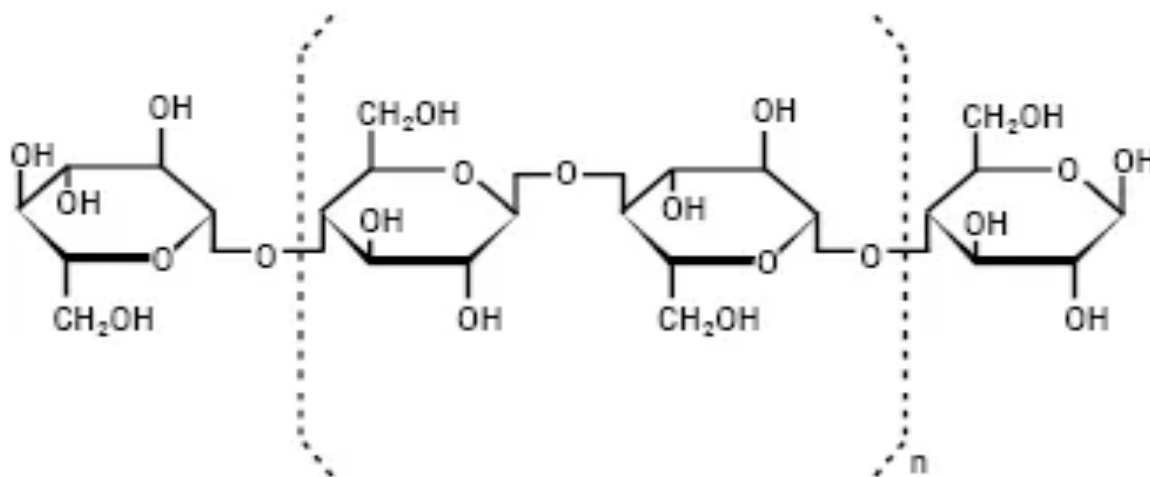


Рисунок 1.1 Структурна формула мікрокристалічної целюлози

1.2 Економічність та вплив на навколишнє середовище

Мікрокристалічна целюлоза (МКЦ) відіграє значущу роль не тільки в промисловості, але й у сферах економіки та екології. З економічної точки зору, виробництво МКЦ може бути вигідним через її зростаючий попит у фармацевтиці, харчовій промисловості, а також у виробництві паперу і текстилю. Висока ефективність і мультифункціональність МКЦ роблять її привабливою для виробників, оскільки вона може служити альтернативою багатьом синтетичним добавкам, забезпечуючи при цьому більшу безпеку і біосумісність.

З іншого боку, виробництво МКЦ вимагає значних капіталовкладень у технології та обладнання для ефективного і екологічно чистого виробництва. Однак інвестиції можуть бути виправдані завдяки довгостроковим перевагам, включаючи зниження витрат на сировину через можливість використання відходів деревообробки та сільськогосподарських відходів, що робить процес більш сталим та менш залежним від коливань цін на традиційну сировину.

Екологічний аспект виробництва МКЦ також є дуже важливим. Оскільки МКЦ виробляється з природної целюлози, її використання сприяє

зменшенню відходів і використанню відновлюваних ресурсів. Процес її отримання може бути адаптований до використання екологічно чистих технологій, які мінімізують викиди в атмосферу і забруднення води, що є значущим кроком до сталого розвитку промисловості. Важливим є і те, що МКЦ може бути повністю біорозкладаною, тому її використання в різних продуктах не призводить до накопичення відходів у навколишньому середовищі, відмінно вписуючись у концепцію «зеленої» економіки.

Всі ці аспекти роблять МКЦ об'єктом значного інтересу не тільки для виробників і науковців, але й для урядів і міжнародних організацій, які прагнуть підтримувати технології, що сприяють екологічній стійкості та економічному розвитку.

1.3 Галузі використання харчової добавки

Мікрокристалічна целюлоза використовується як текстуризатор, протизапальний агент, замітник жиру, емульгатор, розширювач та наповнювач для виробництва харчових продуктів.

Застосування МКЦ у косметичній галузі: МКЦ володіє очищуючою здатністю, завдяки чому вона поглинає шкірні забруднення і надлишок шкірного себуму. Поєднується з більшістю косметичних компонентів без побічних реакцій, не викликає алергічних реакцій на шкірі, є стабілізатором, тому забезпечує стійку консистенцію косметичних продуктів, може використовуватися як загущувач, текстуратор, сполучний агент, наповнювач, допоміжна речовина, може застосовуватися для отримання компактних і порошкоподібних косметичних форм, перешкоджає злежуванню порошків.

Найбільш поширене застосування для мікрокристалічної целюлози додають до бадів (різноманітні добавки) або до таблеток. Мікрокристалічна целюлоза (МКЦ) є цінним компонентом у харчовій промисловості, де вона використовується для покращення текстури,

стабільності та якості харчових продуктів. Її основні застосування включають дію як загусник і стабілізатор, що дозволяє утримувати воду і запобігати розділенню інгредієнтів у соусах, кремах, морозиві та кондитерських виробках. МКЦ також використовується як емульгатор для стабілізації емульсій у продуктах типу майонезу, де вона допомагає поєднувати воду з масляними компонентами для однорідної структури.

Крім того, МКЦ служить антиклітінником у порошкових продуктах, як-от спеції, сухі молочні продукти та кукурудзяні крупи, запобігаючи злипанню і підтримуючи розсипчастість продукції. Це особливо важливо для збереження якості і подовження терміну зберігання продуктів. У дієтичному та безглютеновому виробництві МКЦ виступає як важливий інгредієнт завдяки своїй відсутності глютену і високому харчовому профілю, що робить її ідеальною для виготовлення безглютенових випічок і хліба.

Її здатність формувати структури, що імітують глютеніві властивості, допомагає в покращенні текстури та об'єму цих продуктів, роблячи їх більш приємними для споживачів, які стежать за своїм харчуванням або страждають на целиацію. Всі ці аспекти роблять МКЦ незамінним інгредієнтом у сучасній харчовій промисловості, здатним задовольнити потреби споживачів у безпечних, здорових та якісних продуктах.

Мікрокристалічна целюлоза, яка відповідає стандартам пропонує значні переваги у виробництві рецептурних медикаментів, контрацептивів та дієтичних добавок. Використовуючи цей інгредієнт як зв'язувальний елемент, можна створювати стійкі до розламування таблетки, а також забезпечувати контрольоване розпадання доповнень або медичних препаратів для оптимальної абсорбції.

Цей компонент не має вираженого смаку чи аромату, що полегшує його використання в продуктах. Мікрокристалічна целюлоза, застосована в харчових продуктах, запобігає їхньому потовщенню завдяки своїй

текстури та хімічним властивостям, і часто застосовується у виробництві сироваткових порошків та напоїв, що містять сироватку.

Мікрокристалічна целюлоза у сироваткових продуктах служить як загусник і абсорбент, що забезпечує однорідну консистенцію та запобігає розділенню компонентів, таких як вода і білки. Це дозволяє зберегти приємність текстури і смаку продуктів, що сприяє підвищенню їхньої споживчої привабливості та терміну придатності. Використання МКЦ у сироваткових продуктах не має прямого впливу на м'язовий об'єм, відновлення м'язів після фізичних навантажень або підвищення рівня енергії. Проте, вона може покращити засвоєння і використання білків, що входять до складу сироваткових продуктів, завдяки стабілізації їх структури і запобіганню денатурації під час зберігання. Це індиректно може сприяти кращому відновленню м'язів та ефективності енергетичного обміну, оскільки сироватковий білок відомий своїми високоякісними амінокислотами, які важливі для м'язового синтезу та відновлення. Таким чином, хоча МКЦ сама по собі не є джерелом енергії чи білків, її роль у покращенні якості харчових продуктів може опосередковано впливати на фізичне здоров'я та відновлення. Крім того, застосування мікрокристалічної целюлози в значних кількостях може сприяти втраті ваги, що може бути пов'язано зі стимуляцією організму до виведення відходів, обмеженням абсорбції поживних речовин або зниженням апетиту.

Мікрокристалічна целюлоза доступна у формі порошку, що зручно для тих, хто бажає самостійно міксувати добавки, використовуючи її як допоміжну субстанцію.

Побічні ефекти:

Вживання мікрокристалічної целюлози може призвести до незначних побічних реакцій у деяких осіб, включаючи збільшення кількості

дефекації. Інші можливі побічні ефекти включають відчуття втоми, забудькуватість, депресію та головні болі.

Мікрокристалічна целюлоза в паперовій промисловості відіграє ключову роль, вносячи значні вдосконалення в якість та властивості паперових виробів. Вона додається до паперової маси, що значно підвищує міцність паперу, зокрема його стійкість до розривів та здатність витримувати складання, що є критично важливим для виробництва якісного паперу для друкування, упаковки, а також для спеціальних застосувань, наприклад, в банкнотах чи мистецьких роботах.

Окрім міцності, МКЦ сприяє поліпшенню обробки паперу під час його виробництва. Включення цієї добавки в паперову масу забезпечує краще формування листа, роблячи поверхню паперу гладшою та більш придатною для друку. Гладка поверхня паперу важлива для високоякісного друку, оскільки вона забезпечує краще прилягання та передачу фарби, що веде до чіткості зображення та тексту на друкованому матеріалі.

Додатково, використання МКЦ в паперовій промисловості вносить вклад у підвищення водостійкості паперу. Це робить його більш стійким до впливу вологи, що є надзвичайно корисним для упаковки продуктів, які можуть бути схильні до вологи, а також для зовнішніх застосувань, де папір може бути підданий впливу погодних умов.

Крім технічних переваг, використання МКЦ також сприяє сталому розвитку, оскільки вона виготовляється з природних і відновлюваних ресурсів. Це зменшує залежність від синтетичних хімічних добавок, сприяє ефективному використанню вторинної сировини та покращує екологічний профіль паперової продукції.

МКЦ не тільки підвищує якість паперу, але й допомагає паперовій промисловості досягати вищих стандартів стійкості та екологічної відповідальності.

Мікрокристалічна целюлоза вносить значний вклад у промисловість фільтрації, де її основні властивості, такі як висока адсорбційна здатність та фільтраційна ефективність, є критично важливими для розробки і виробництва фільтрів, здатних вилучати дрібні частинки та забруднювачі з рідин та газів. Ця добавка використовується у виробництві фільтрів, що застосовуються як у побутових, так і в промислових системах очищення.

Використання МКЦ у фільтраційних матеріалах дозволяє створювати фільтри з вищим рівнем пористості, що забезпечує кращу здатність до уловлювання частинок. Це важливо для дуже точних процесів очищення, як-от у фармацевтичній промисловості, де необхідно досягнути високої чистоти речовин. Фільтри на основі МКЦ забезпечують ефективне видалення небажаних домішок, зберігаючи при цьому високу пропускну здатність, що робить їх ідеальними для використання в критичних застосуваннях.

Крім цього, МКЦ допомагає підвищити стійкість фільтрів до хімічних реагентів та високих температур, що робить їх підходящими для використання в складних умовах, наприклад, при фільтрації промислових відходів чи очищенні гарячих газів. Це також розширює сферу їх застосування до таких галузей, як хімічна обробка, нафтопереробка та виробництво енергії, де необхідна висока надійність фільтраційних систем.

Фільтраційні матеріали на основі МКЦ відзначаються також своєю екологічністю. Використання природних матеріалів, таких як целюлоза, сприяє зниженню впливу на довкілля порівняно з фільтрами, виготовленими з синтетичних матеріалів. Це особливо актуально в контексті зростаючого попиту на сталі технології та матеріали, що мінімізують вплив на навколишнє середовище і сприяють замкненим циклам використання ресурсів.

Завдяки цим властивостям, МКЦ вважається однією з ключових компонентів у сучасній промисловості фільтрації, забезпечуючи ефективні,

надійні та екологічно безпечні рішення для різноманітних застосувань від побутових до промислових.

У автомобільній промисловості мікрокристалічна целюлоза (МКЦ) використовується для виробництва легких і водночас міцних композитних матеріалів, які входять до складу внутрішніх оббивок автомобілів та інших компонентів. Цей матеріал сприяє зниженню загальної ваги транспортного засобу, що є важливим для підвищення паливної ефективності та зниження викидів вуглекислого газу.

Застосування МКЦ в автомобільній промисловості дозволяє не тільки покращити екологічні показники автомобілів, але й забезпечити більш високий рівень комфорту та безпеки пасажирів. МКЦ володіє відмінними звукоізоляційними властивостями, що робить її ідеальною для використання в оббивці дверей, стелі та підлоги автомобілів, допомагаючи знизити рівень шуму всередині кабіни.

Крім того, матеріали на основі МКЦ мають хорошу вогнетривкість, що є критично важливим для забезпечення безпеки в автомобілі в разі пожежі. Вони можуть затримувати поширення полум'я, надаючи додатковий час для евакуації пасажирів.

Ці матеріали також є більш екологічними порівняно з традиційними синтетичними матеріалами, що використовуються у виробництві автомобілів. Використання природних компонентів, таких як МКЦ, сприяє зменшенню впливу на довкілля на всіх етапах життєвого циклу продукту — від виробництва до утилізації. Це важливо в контексті зростаючих вимог до сталості та екологічної відповідальності в автомобільній промисловості.

1.4 Сировинна база

Мікрокристалічна целюлоза виробляється з целюлози, яка є природним полімером, в основному отриманим з рослинної біомаси. Сировинна база для виробництва МКЦ включає різноманітні види

целюлози, яка може бути видобута з декількох джерел. Найчастіше використовуються деревні волокна, зокрема волокна хвойних і листяних порід. Хвойні породи, такі як сосна або ялина, забезпечують довгі та міцні волокна, які є ідеальними для створення високоякісної МКЦ.

Крім деревини, МКЦ також може бути виготовлена з недревних джерел целюлози, таких як бавовник або аграрні відходи, включаючи соломку, бамбук, очерет та інші види рослинної маси. Це розширює можливості використання відновлюваних ресурсів і сприяє використанню вторинної сировини, що підтримує сталі виробничі практики.

Бавовникова целюлоза, що містить майже чисту целюлозу, є особливо цінною для виробництва МКЦ, оскільки вона виробляє дуже чистий і високоякісний продукт. Це важливо для застосувань, де високий рівень білого кольору і чистоти є критичним, наприклад, у фармацевтичних застосуваннях або в харчовій промисловості.

Виробництво МКЦ з деревини або інших рослинних матеріалів включає кілька етапів, починаючи з механічного або хімічного очищення сировини для видалення домішок і екстракції чистої целюлози. Потім целюлоза піддається кислотному гідролізу, де аморфні області в целюлозних волокнах руйнуються, залишаючи мікрокристалічні структури. Цей процес вимагає ретельного контролю умов реакції для отримання МКЦ бажаної якості та властивостей.

Використання широкого спектру рослинної біомаси для виробництва МКЦ не лише сприяє зниженню залежності від одного джерела сировини, але й вносить вклад у зменшення відходів і підтримку сталого розвитку в промисловості. Такий підхід забезпечує більш сталий і екологічно чистий виробничий процес, що відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та ефективності ресурсів.

1.5 Аналіз існуючих технологій виробництва харчової добавки

Кислотний гідроліз. Деревина та бавовна, очевидно, є основними промисловими джерелами целюлозних волокон і, таким чином, є найважливішою сировиною, яка використовується у виробництві МКЦ. Проте цей метод не є особливо ефективним через економічну складову: складно забезпечити всі сектори необхідними кількостями дерева та бавовни за прийнятною ціною. Тому для добування МКЦ використовується метод кислотного гідролізу: він ефективний та швидкий, порівняно з іншими методами. Процес кислотного гідролізу має кілька етапів, у тому числі попереднє оброблення сировини, гідроліз і подальшу обробку продукту. Під час гідролізу кислоти розщеплюють геміцелюлозу і лігнін, тим самим відокремлюючи чисту целюлозу у вигляді мікрокристалічних частинок. Після цього проводиться процес промивання та обробки продукту для видалення залишкової кислоти та інших домішок. МКЦ можна виробляти у безперервному режимі, це зменшує споживання кислоти та утворює дрібні частинки. Мікрофібрили целюлози містять кристалічні та аморфні домени, причому під час кислотного гідролізу аморфні області розщеплюються, залишаючи кристалічні домени недоторканими. Це призводить до утворення волокон МКЦ. Розмір цих волокон залежить від джерела та методу ізоляції. Умови гідролізу впливають на розмір частинок, морфологію, кристалічність, термічну стабільність та механічні властивості МКЦ.

Лужний гідроліз. Метод лужного екстрагування мікрокристалічної целюлози базується на застосуванні лугів, зокрема гідроксиду натрію або гідроксиду калію, для обробки первинної целюлозної сировини. Вихідний матеріал змішують з лужним розчином і нагрівають, що ініціює взаємодію лужних реагентів з целюлозними волокнами. Це сприяє руйнуванню внутрішніх зв'язків у целюлозі та відділенню геміцелюлози та лігніну від основних целюлозних волокон. Наступними етапами будуть додаткова

обробка, включно з промиванням і нейтралізацією, для видалення решти лугів та інших небажаних домішок. Завершується процес механічним подрібненням та фільтрацією оброблених волокон для виробництва мікрокристалічних частинок, що допомагає зменшити їх розмір та покращити рівномірність та форму.

Сульфідна обробка. Метод вилучення мікрокристалічної целюлози за допомогою сульфідної обробки ґрунтується на застосуванні сульфідних сполук, найчастіше сульфїту натрію, для переробки деревної біомаси. Процес розпочинається з підготовки сульфідного розчину, який застосовують до деревини, отриманої з хвойних або листяних дерев. Сульфідна обробка сприяє хімічному розкладанню лігніну та геміцелюлози, що дозволяє їх ефективно видалення з основної целюлозної маси.

Далі деревна біомаса, оброблена сульфідним розчином, проходить механічне подрібнення, перетворюючись на волокнисту масу. Ця маса підлягає очисним процедурам, зокрема промиванню та фільтрації, щоб позбутися решти реагентів та небажаних домішок.

На останніх етапах оброблені целюлозні волокна можуть зазнавати додаткової обробки, включно з механічним подрібненням чи фільтрацією, з метою досягнення потрібних розмірів та форми мікрокристалів. Сульфідний метод вирізняється своєю здатністю до глибокого очищення деревини від лігніну та інших імпуритетів, забезпечуючи виготовлення мікрокристалічної целюлози високої якості з широкого спектру деревних ресурсів.

1.6 Шляхи удосконалення технології отримання харчової добавки

Удосконалення технології виробництва мікрокристалічної целюлози (МКЦ) шляхом додавання додаткової стадії фільтрації після лужного гідролізу може значно покращити якість кінцевого продукту та

ефективність виробничого процесу. Лужний гідроліз є ключовим етапом у виробництві МКЦ, де використання лугів, таких як гідроксид натрію, допомагає видалити аморфні ділянки целюлози, зберігаючи при цьому її кристалічну структуру. Цей процес також сприяє розщепленню великих молекул на менші, що забезпечує більшу чистоту та однорідність продукту.

Додавання стадії фільтрації після лужного гідролізу виконує кілька важливих функцій. По-перше, вона дозволяє більш ефективно видалити залишки хімікатів, що не реагували, та інші домішки, які можуть залишитися в розчині після хімічної обробки. Це забезпечує вищий рівень чистоти МКЦ та знижує ризик забруднення кінцевого продукту.

Фільтрація може виконуватися за допомогою різних методів, включаючи мембранну фільтрацію, фільтрацію через пористі матеріали або центрифугування. Вибір методу залежить від бажаної чистоти продукту та конкретних технологічних умов на виробництві. Мембранна фільтрація забезпечує високий рівень видалення небажаних частинок і молекул, що робить її ефективним вибором для високоякісної МКЦ.

По-друге, фільтрація допомагає стабілізувати розмір частинок МКЦ, що є важливим для забезпечення однорідності фізичних властивостей продукту, таких як в'язкість, розмір та форма частинок. Це може бути особливо важливо для застосувань, де МКЦ використовується як наповнювач або згущувач.

Цей підхід до удосконалення може сприяти зменшенню виробничих витрат та збільшенню ефективності виробництва шляхом скорочення витрат на сировину та хімікати, зменшення відходів та підвищення виходу продукту. Таким чином, удосконалення процесу виробництва МКЦ шляхом додавання стадії фільтрації після лужного гідролізу не тільки покращує якість продукту, але й сприяє більш сталому та ефективному виробництву.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва

Целюлоза

Целюлоза (грец. *cellula* — клітина) — це полісахарид, який побудований із залишків D-глюкопіранози, пов'язаних між собою глікозидними β -(1→4)-зв'язками загальної формули $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$. У середньому, на молекулу целюлози припадає 8000 залишків глюкози. Структурну формулу целюлози зображено на рисунку 2.1:

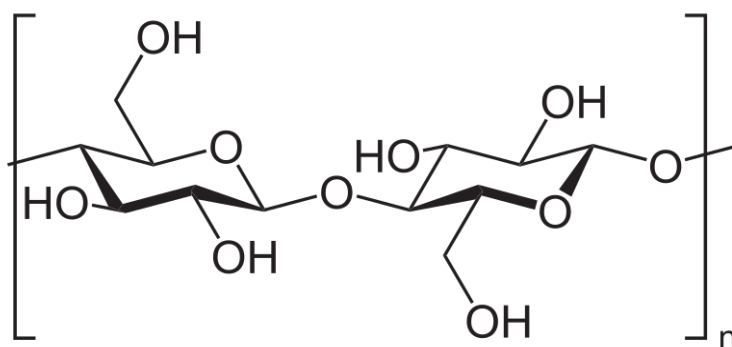


Рисунок 2.1 Структурна формула целюлози

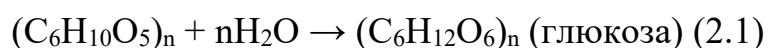
Целюлоза – це головна складова оболонки рослинних клітин та мікроорганізмів (деякі з них, а також окремі види безхребетних — черви, деревоточці — завдяки ферменту целюлазі, що розщеплює целюлозу можуть її засвоювати). У рослинних клітинах целюлозні молекули формуються в структурні одиниці, звані мікрофібрилами. Кожна мікрофібрила складається з множини целюлозних молекул.

Найвищий вміст целюлози спостерігається у бавовняних волокнах (80–85%) та в середині стебел соняшника і бузини, тоді як деревина містить 40–60% целюлози.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Зоря М.І.	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 15.04.2024	Мова ца	Аркуш 23/70

Довжина целюлозних волокон визначає їх застосування: у текстильній промисловості для волокон понад 20 мм та в паперовій промисловості та для хімічної переробки для волокон близько 3 мм.

Целюлоза розчиняється у реактиві Швейцера (аміачний розчин $\text{Cu}(\text{OH})_2$), деяких мінеральних та органічних кислотах, і піддається гідролізу з утворенням β -D-глюкози, що є основою для виробництва етанолу(2.1).



Целюлоза також використовується для синтезу різноманітних етерів та інших похідних. Зокрема, з целюлози виготовляють колоксилін для медичних потреб, який використовують у формі колодію для лікування ран та фіксації пов'язок. Целюлоза знаходить широке застосування в багатьох галузях, включаючи виробництво ліків, паперу, текстилю, вибухових речовин, пластмас, целюфану, спирту, ацетону, глюкози та інших продуктів.

Утворення целюлози в природі відбувається за допомогою біосинтезу, де рослини та деякі бактерії здатні синтезувати целюлозу з глюкози. Цей процес включає полімеризацію молекул глюкози в довгі ланцюги целюлози за допомогою ферментативних реакцій. Процес можна спростити в наступне хімічне рівняння (2.2):



Сульфатна кислота

Сульфатна кислота — безколірна рідина, олієподібна, має густину 1,859 грама на кубічний сантиметр при 0 градусах Цельсія та 1,834 г/см³ у 20-градусному діапазоні. Коли її охолоджують, вона твердіє, утворюючи кристали, що плавляться при 10,37 °C. Цю кислоту потрібно зберігати при температурі нижче нуля для того, щоб вона замерзла; вона починає випаровувати дим при температурі від 30 до 40 °C і кипить при 279,6 °C під

тиском 760 міліметрів ртутного стовпа, розпадаючись із виділенням оксиду сірки(VI) і утворенням суміші, яка містить 98,3% кислоти і 1,7% води. Через її здатність швидко абсорбувати воду, сульфатна кислота є відмінним висушувачем, що також пояснює її властивість обвуглювати органічні сполуки, особливо цукри. Тиск пари води над сульфатною кислотою становить всього 0,003 мм ртутного стовпа. Концентрована сульфатна кислота виступає сильним окислювачем завдяки присутності сірки(VI), окислюючи йодид водню і бромід водню до відповідних вільних елементів — йоду та броду, вуглець — до діоксиду вуглецю, і сірку — до діоксиду сірки. Розведена кислота реагує з іншими речовинами за рахунок йону H^+ , тому вона вступає в реакцію тільки з тими металами, що стоять перед воднем у ряду активності металів. Сульфатна кислота формує солі двох типів: сульфати як нейтральні солі та гідрогенсульфати як кислі солі.

У промисловості концентровану сульфатну кислоту окисненням SO_2 за наявності каталізатора до SO_3 . Найпоширеніший спосіб отримання SO_2 — випалювання піриту FeS_2 . За обсягом виробництва хімічних продуктів поряд з сульфатною кислотою стоять лише сода та зв'язаний азот. Якісною реакцією на сульфат-іон SO_4^{2-} є утворення нерозчинного навіть у кислотах білого осаду $BaSO_4$ при реакціях з розчинними солями барію. Сульфатну кислоту використовують у багатьох галузях, таких як: хімічні виробництва, харчова промисловість. У медицині сульфатну кислоту та її солі застосовують як припалюючу речовину. Барію сульфат використовують як рентгеноконтрастну речовину; магнію сульфат чинить седативну дію; мазь цинку сульфат — в офтальмології.

Деревина

Деревина завдяки своїй універсальності є гарною сировиною для багатьох харчових добавок. Складаючись з целюлози, геміцелюлози та лігніну, деревина забезпечує міцність і стійкість. Целюлоза є основним компонентом, який додає деревині жорсткість і витривалість. Геміцелюлоза

діє як зв'язуючий агент між целюлозними волокнами, тоді як лігнін служить "клеєм", що зміцнює і стабілізує целюлозу і геміцелюлозу.

Фізичні властивості деревини роблять її пористим матеріалом, здатним дихати і адаптуватися до змін вологості і температури. Вона має відмінні ізоляційні властивості, що робить її ідеальною для будівництва та виробництва меблів. Також деревина є довговічним матеріалом, особливо коли її правильно обробляють і захищають від шкідників та гниття. Механічні властивості деревини, залежно від породи, можуть варіюватися від твердої та міцної до гнучкої та еластичної. Ці властивості роблять її придатною для різноманітних застосувань, від конструкційних елементів будинків до виготовлення музичних інструментів.

Екологічність деревини є важливим аспектом, оскільки вона є відновлюваним ресурсом. Відповідальне лісове господарство дозволяє використовувати деревину без виснаження природних ресурсів. Використання деревини замість синтетичних матеріалів може зменшити вуглецевий слід виробництва, оскільки вирощення дерев поглинає CO₂ з атмосфери. Естетичні якості деревини, такі як її природна текстура і кольорова гамма, роблять її популярною для декоративних і архітектурних застосувань, де вона додає тепло та характер інтер'єру або екстер'єру.

Деревина легко піддається обробці, що дозволяє використовувати її у великій кількості продуктів. Від меблів і будівельних матеріалів до паперу і біоенергії, деревина є ключовою сировиною, яка підтримує широкий спектр промислових процесів. Обробка деревини включає механічні процеси, такі як пиляння, стругання, шліфування та свердління, а також хімічні процеси, такі як варка і гідроліз для отримання целюлози.

Через вищеназвані аспекти, деревина є незамінною сировиною в багатьох галузях завдяки своїм унікальним властивостям. Вона поєднує в собі міцність, довговічність, екологічність та естетичну привабливість, що робить її ідеальним матеріалом для широкого спектру застосувань, від

будівництва і меблів до паперу і енергетики. Відновлюваний характер деревини та можливість її сталого використання роблять її важливим компонентом у сучасній економіці, орієнтованій на збереження ресурсів і зменшення екологічного впливу.

Гідроксид натрію (NaOH)

Гідроксид натрію або каустична сода виробляється з густого розчину кухонної солі шляхом електролізу. У природному середовищі не зустрічається, є продуктом хімічної промисловості, має формулу NaOH, що вказує на наявність в гідроксиде молекул натрію, кисню і водню в різному стані.

У вузькопрофільній літературі, інформаційних статтях і на етикетках товарів можна зустріти синоніми назви: їдкий натр; каустик; їдкий луг; гідроокис натрію. Основне ім'я лугу подарували греки; згідно Великому Енциклопедичному словнику, *kaustikos* – «їдкий», «пекучий», що в повній мірі розкриває властивості каустичної соди і її клас небезпеки. Існує нічим не підтверджений міф, що содою довгий час називалася зола рослини з аналогічним ім'ям, яка використовується древніми представниками людської цивілізації для миття і знежирення посуду. Нібито першими унікальні властивості речовини помітили селяни і працівники кухонь в великих маєтках Середньовічної Європи. До середини 18 століття лугами називали всі різновиди соди, поділ на каустичну, кальциновану і поташ відбулося в 1736 році, завдяки роботам француза А. Д. дю Мансо. У наш час содою називають тільки солі вугільної кислоти, тобто харчову соду.

Гідроокис натрію є найпоширенішою лугом, випускається як в рідкому вигляді, так і в формі дрібних білих гранул, практично не мають власного аромату. Каустична сода поставляється на промислові підприємства в цистернах або інший герметично упакованої тарі, в залежності від стану і призначення. Основними споживачами їдкого натрію на сьогоднішній день є наступні галузі народного господарства: хімічна – в

виробництві мила, гліцерину, водню, як реагент або каталізатор для хімічних процесів, мінеральних добрив, побутової хімії. металургійна – для робіт, пов’язаних з видобутком алюмінію, цинку і титану з змішаного вторсировини; автомобільна – каустична сода застосовується для очищення і мийки форм, використовуваних для випуску автопокришок; текстильна – за допомогою розчину їдкого натру звичайні рослинні волокна набувають блиск і шовковистість; газова і нафтова – як каталізатор при виробництві біопалива з відмінними характеристиками; харчова – виробництво карамелі, шоколаду, какао, газованих напоїв, хлібобулочних виробів не обходиться без участі гідроксиду натрію. Має власне ім’я в нескінченному списку харчових добавок – E524; паперова промисловість – каустична сода незамінна в перетворенні целюлози в папір і картон.

Їдкий натр знаходить широке застосування в найрізноманітніших галузях промисловості і для побутових потреб.

– У хімічній і нафтохімічній промисловості (на їх частку припадає близько 57% сумарного обсягу російського споживання NaOH) – для нейтралізації кислот і кислотних оксидів, як реагент або каталізатор в хімічних реакціях, в хімічному аналізі для титрування, для травлення алюмінію та у виробництві чистих металів, в нафтопереробці – для виробництва олій.

– Каустик застосовується в целюлозно-паперовій промисловості для делигнифкації (сульфатний процес) целюлози, у виробництві паперу, картону, штучних волокон, деревно-волоконних плит.,

– Для омилення жирів при виробництві мила, шампуню та інших миючих засобів.

– У виробництві біодизельного палива, одержуваного з рослинних масел і використовуваного для заміни звичайного дизельного палива.

– В якості агента для розчинення засмічень каналізаційних труб, у вигляді сухих гранул або в складі гелів. Гідроксид натрію дезагрегуєт засмічення і сприяє легкому просуванню його далі по трубі.

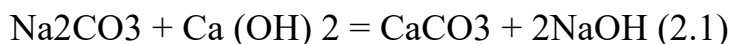
- Дегазації і нейтралізації отруйних речовин, у тому числі зарину, в ребрізеров (ізолюючих дихальних апаратах (ІДА), для очищення повітря, що видихається від вуглекислого газу.
- У харчовій промисловості: для миття та очищення фруктів і овочів від шкірки, у виробництві шоколаду і какао, напоїв, морозива, фарбування карамелі, для розм'якшення маслин і виробництві хлібобулочних виробів. З нами в якості харчової добавки E524.
- У кольоровій металургії, енергетиці, в текстильній промисловості, для регенерації гуми.

На початку 19 століття виробництво каустичної соди (NaOH) було тісно пов'язане з розвитком виробництва кальцинованої соди. Цей взаємозв'язок була обумовлена тим, що сировиною для хімічного способу отримання NaOH служила кальцинована сода, яка у вигляді содового розчину каустифіцировалась вапняним молоком. В кінці 19 століття стали швидко розвиватися електрохімічні методи отримання NaOH електролізом водних розчинів NaCl. При електрохімічному способі отримання одночасно з NaOH отримують хлор, який знаходить широке застосування в промисловості важкого органічного синтезу і в інших галузях промисловості, що пояснює швидкий розвиток електрохімічного виробництва NaOH.

На сьогоднішній день каустичну соду отримують або шляхом електролізу розчину хлориду натрію (NaCl) з освітою гідроксиду натрію і хлору, або, рідше, з допомогою більш старого способу, заснованого на взаємодії розчину кальцинованої соди з гашеним вапном. Велика кількість виробленої в світі кальцинованої соди використовується для отримання каустичної соди.

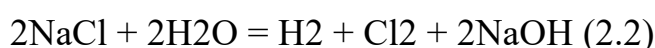
Взаємодія розчину кальцинованої соди з гашеним вапном. Каустичну соду отримують з кальцинованої на установці періодичної або безперервної дії. Процес зазвичай проводять при помірних температурах в реакторах,

обладнаних мішалками. Реакція освіти каустичної соди є реакцією обміну між карбонатом натрію і гідроксидом кальцію:



Карбонат кальцію випадає в осад, а розчин гідроксиду натрію відводиться в колектор.

Електролізні методи. В промисловому масштабі гідроксид натрію отримують електролізом розчинів Галіт (кам'яна сіль NaCl) з одночасним отриманням водню і хлору:



Коли концентрований розчин хлориду натрію піддається електролізу, утворюються хлор і гідроксид натрію, але вони реагують один з одним з утворенням гіпохлориту натрію – отбеливаючого речовини. Цей продукт, в свою чергу, особливо в кислих розчинах при підвищених температурах, окислюється в електролізній камері до перхлората натрію. Щоб уникнути цих небажаних реакцій, електролізний хлор повинен бути просторово відділений від гідроксиду натрію.

У більшості промислових установок, використовуваних для отримання електролізної каустичної соди, це здійснюється за допомогою діафрагми (діафрагмовий метод), вміщеній поблизу анода, на якому утворюється хлор. Існують установки двох типів: з зануреної або незануреному діафрагмою. Камера установки з зануреної діафрагмою повністю заповнюється електролітом. Соляний розчин втікає в анодне відділення, де з нього виділяється хлор, а розчин каустичної соди заповнює катодного відділення. В установці з незануреному діафрагмою розчин каустичної соди відводиться з катодного відділення разом з формуванням, так що камера марна. У деяких установках з незануреному діафрагмою в порожнє катодного відділення напускається водяна пара, щоб полегшити видалення каустичної соди і підняти температуру.

У діафрагменних установках виходить розчин, що містить як

каустичну соду, так і сіль. Більша частина солі викристалізовується, коли концентрація каустичної соди в розчині доводиться до стандартного значення 50%. Такий «стандартний» електролізний розчин містить 1% хлориду натрію. Продукт електролізу придатний для багатьох застосувань, наприклад для виробництва мила і миючих засобів. Однак для виробництва штучного волокна і плівки потрібно каустична сода високого ступеня очищення, що містить менше 1% хлориду натрію (солі). «Стандартний» рідкий каустик можна належним чином очистити методами кристалізації і осадження.

Мембранний метод – аналогічний діафрагмовому, але анодна і катодного простору розділені катіонообмінної мембраною. Мембранний електроліз забезпечує отримання найбільш чистого каустика.

Безперервне поділ хлору і каустику можна також здійснити в установці з ртутним катодом (ртутний електроліз). Металевий натрій утворює з ртуттю амальгаму, яка відводиться в другу камеру, де натрій виділяється і реагує з водою, утворюючи каустик і водень. Хоча концентрація і чистота соляного розчину для установки з ртутним катодом важливіші, ніж для установки з діафрагмою, в першій виходить каустична сода, придатна для виробництва штучного волокна. Її концентрація в розчині становить 50-70%. Більш високі витрати на установку з ртутним катодом виправдовуються одержуваної вигодою.

Їдкий натр чудово справляється з жировими відкладеннями на різних поверхнях, відмінно пом'якшує воду, здатна нейтралізувати шкідливі речовини в повітрі і на поверхні, має низьку вартість і загальнодоступність. При всій своїй затребуваності луг відноситься до небезпечних хімічних сполук, застосування каустичної соди може супроводжуватися наступними ризиками: взаємодіючи з водою каустик, виділяє велику кількість водню і тепла, тому вибухонебезпечний; потрапляючи на шкіру, їдкий натр здатний привести до сильних хімічних опіків, що важко піддається лікуванню.

Контакт гідроксиду натрію з поверхнею очного яблука, нехай навіть короткочасний, може привести до втрати зору, потрапляння на слизову – до некрозу тканин, запалення легенів, кривавої блювоти і діареї; володіє сильними корозійними властивостями по відношенню до емальованим, оцинкованим і алюмінієвим поверхням.

Каустична сода, при уважному і обережному поводженні, при дотриманні нехитрих правил безпеки є безцінним помічником у вирішенні багатьох побутових проблем. Увага! Перед початком роботи надіньте прогумовані рукавички, окуляри і щільний одяг. Для застосування в побуті розводите каустик тільки в емальованому або пластиковому посуді, стійкої до впливу лугів, при відкритій квартирі. Боротьба з каналізаційними засмічення В цій іпостасі соді каустичної немає рівних – використання речовини, згідно з інструкцією із застосування, 1 раз на місяць не тільки прочистить труби в кухні, ванній та туалеті, але і допоможе позбутися від запаху, що з'являється в приміщенні в результаті органічних відкладень в каналізації: Для очищення системи в приватному будинку слід залити 2 кг їдкого натру 4 л звичайної води з-під крана і влити акуратно розчин в раковину, унітаз або зливний отвір душа (ванною).

Заткнути пробкою, через годину влити півтора відра дуже гарячої води і використовувати систему за призначенням. Для боротьби з органікою в сифонах і стояках багатоквартирних будинків потрібно засипати в зливний отвір порошок каустичної соди в кількості 150 грамів і дуже обережно влити туди ж кілька літрів окропу. Через чверть години додати ще стільки ж гарячої води, потім через десять хвилин влити вже близько відра води, підігрітої до 90 градусів. Користуватися зливом можна тільки через годину після завершення процедури. Каустична сода входить до складу численної армії коштів з очищення каналізаційних систем, в тому числі є діючою речовиною в гелі «Кріт», так як чудово розчиняє волосся, що потрапили в злив і є основною причиною засмічень. Їдкий натр

продовжує свій вплив на внутрішню поверхню труб навіть після численних змивань, згладжуючи шорсткості і нерівності, що затримують бруд і дрібні, нерозчинні частинки рідких побутових відходів. Найефективнішою для чищення каналізації є каустична сода в гранулах, однак і вона погано справляється із залишками землі, тому процедуру краще проводити комплексно – спочатку використовувати кислотні засоби, потім – їдкий луг, яка заодно нейтралізує кислоту. Присадибне господарство Незамінна каустична сода в проведенні дезінфекції теплиць. Після збору врожаю, садівники обробляють розчином їдкого натру стояки і поверхні закритих площ для вирощування ранньої продукції, так як гідроокис натрію відмінно прибирає грибок і різні види дрібних паразитів, що накопичуються за період вегетації огірків і помідорів. Особливо ефективна їдкий луг для санітарної обробки господарських будівель, в яких містилися домашні тварини. Така процедура дозволяє видаляти хвороботворні бактерії і мікроби з внутрішніх поверхонь сараїв і корівників. Підійде каустична сода і для застосування в побуті – нею добре проводити дезінфекцію льохів перед сезонної закладкою овочів.

Існує технологія приготування мила в домашніх умовах, що дозволяє виготовляти красиві і корисні подарунки своїми руками. Налагоджено виробництво і збут спеціальної основи, яка потребує великих часових затрат в приготуванні такого роду сувенірів – розтопив, додав чого хочеш, розлив в формочки і все – оригінальний і приємний подарунок готовий. Однак стоять такі заготовки чимало, та й незрозуміло з чого вони виробляються. Інша справа – приготування мила власними руками з нуля. Основними інгредієнтами для домашнього миловарного виробництва є рослинні і ефірні масла, дистильована вода і, звичайно ж, каустична сода.

2.2 Опис принципово-технологічної схеми виробництва

Для утворення мікрокристалічної целюлози потрібно підготувати кору та подрібнити її. Після чого ми використовуємо лужний гідроліз при високому рН=11 за допомогою 20% NaOH та підвищеній температурі 80° С градусів для видалення геміцелюлози та лігніну з целюлозної сировини. Далі ми фільтруємо цю суміш для кращої очистки до розміру частинок целюлози 200 мкм.

Наступним етапом, після фільтрування, відбувається процес нейтралізації при 20° С, де рН суміші знижується до нейтрального. Наступним етапом відбілюємо целюлозу титан IV оксидом для отримання бажаного білого кольору при 20° С та фільтруємо суміш. Матеріал, який містить МКЦ, піддають сушінню при 60° С протягом 8 годин для зменшення вологості. Після цього сировина піддається ультразвуковій обробці для подрібнення великих агрегатів целюлози до мікророзмірів, розмір частинок становить 70 мкм.

Додатково використовуємо 35% сульфатну кислоту при 100° С протягом 30 хвилин, що сприяє подальшому розщепленню целюлози до ще менших мікрокристалів. Наступним етапом нейтралізуємо суміш за допомогою натрій гідроксиду для видалення залишків кислоти та очищуємо МКЦ для отримання чистого продукту. Наступним етапом подаємо МКЦ на центрифугування для відділення МКЦ від маточного розчину. Останнім етапом сушимо МКЦ протягом 8 годин при 60° С для отримання сухого порошку. Готову мікрокристалічну целюлозу подаємо на фасування. Принципово-технологічна схема зображена на рисунку 2.2:

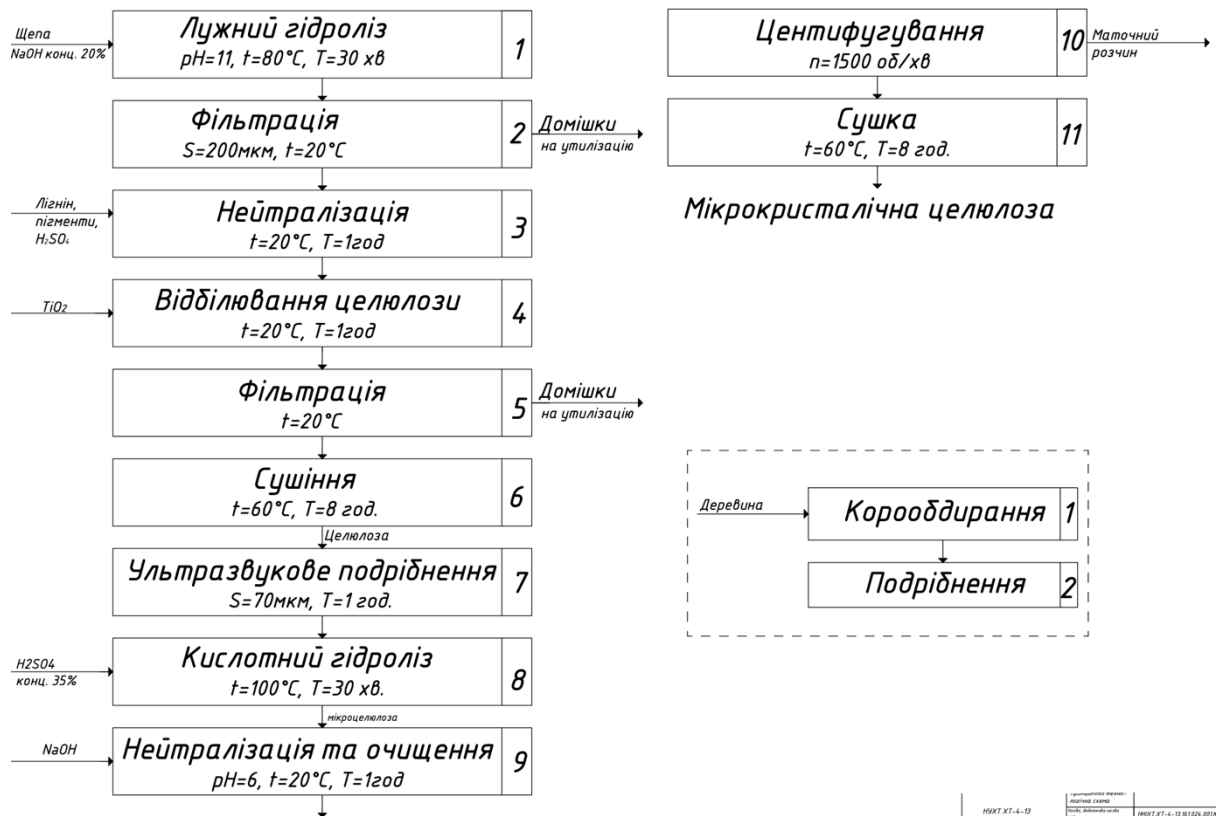


Рисунок 2.2 Принципово-технологічна схема виробництва

2.3 Розрахунок матеріального балансу виробництва

Подрібнення

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс стадії подрібнення

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Подрібнена деревина	1850	Подрібнена деревина	1500
		Втрати	350
Всього	1850	Всього	1850

Лужний гідроліз

Для гідролізу подрібненої деревини використовують луг NaOH концентрацією 7,5%. Втрати через розчинення деякої кількості целюлози та лігніну оцінюються у 0,3%

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс стадії лужного гідролізу

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Подрібнена деревина	1500	$C_6H_8O_5Na_2$	1483
		H_2O	197,119
NaOH	185,175	Втрати	5,05
		Всього	1685,175
Всього	1685,175		

Фільтрування

Під час фільтрування втрати складають 0,5%

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
$C_6H_8O_5Na_2$	1483	$C_6H_8O_5Na_2$	1483
		Відпрацьована H_2O	112
Вода	120	Втрати	8
		Всього	1603
Всього	1603		

Нейтралізація

На стадії нейтралізації втрати целюлози складають 0,1%

Таблиця 2.4

Матеріальний баланс стадії нейтралізації

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
C ₆ H ₈ O ₅ Na ₂	1483	Целюлоза	1457
		H ₂ O	47,7
H ₂ SO ₄	61,25	Na ₂ SO ₄	38
		Втрати	1,54
Всього	1544,25	Всього	1544,25

Відбілювання

На стадії відбілювання втрати целюлози складають 0,05%

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс стадії відбілювання

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Целюлоза	1457	Відбілена целюлоза	1433
		H ₂ O	78,244
H ₂ O ₂	56	Втрати	0,756
		Всього	1512
Всього	1512		

Сушіння целюлози

На стадії сушіння втрати складають 1%

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс стадії сушіння

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг

Продовження таблиці 2.6

Целюлоза	1433	Висушена	1352
		целюлоза	66,67
		Вода	
		Втрати	14,33
Всього	1433	Всього	1433

Ультразвукове подрібнення

Під час подрібнення втрати целюлози складають 0,05%

Таблиця 2.7

Матеріальний баланс стадії ультразвукового подрібнення

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Целюлоза	1352	подрібнена целюлоза	1351,324
		Втрати	0,676
Всього	1352	Всього	1352

Кислотний гідроліз

Втрати целюлози під час кислотного гідролізу становлять 2%

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс стадії кислотного гідролізу

Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Целюлоза	1351,324	МКЦ	1221
		H ₂ O	155,23
H ₂ SO ₄	53	Втрати	28,086
		Всього	1404,324
Всього	1404,324		

Нейтралізація та очищення

На цьому етапі втрати мікрокристалічної целюлози становлять 0,5%

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс стадії нейтралізації та очищення

Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
МКЦ	1221	Очищена МКЦ	1214,895
		Втрати	6,105
Всього	1221	Всього	1221

Центрифугування

На стадії сушіння витрати становлять 0,05%

Таблиця 2.10

Матеріальний баланс стадії центрифугування

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
МКЦ	1214,895	Висушена МКЦ	1214,895
		Фільтрат	126,4
Домішки	127	Втрати	0,6
Всього	1341,895	Всього	1341,895

Сушіння

На стадії сушіння витрати становлять 1%

Таблиця 2.11

Матеріальний баланс стадії сушіння

Прихід		Вихід	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
МКЦ	1214,895	Висушена МКЦ	1000
		Вода	202,74
Всього	1214,895	Втрати	12,14895
		Всього	1214,895

2.4 Розрахунок та підбір основного обладнання

Барабанна сушарка — це промисловий апарат, який використовується для висушування матеріалів шляхом видалення вологи гарячим повітрям або газом. Центральною частиною такої сушарки є обертовий барабан, який може бути виготовлений зі сталі або іншого металу. Всередині барабана матеріал рівномірно розподіляється та повільно переміщується від одного кінця до іншого завдяки нахилу і обертанню барабана, в той час як гаряче повітря або газ проходить через нього у протилежному напрямку, оптимізуючи процес висушування.

Температура і швидкість повітря або газу можуть регулюватися для досягнення необхідного рівня висушування, що дозволяє адаптувати процес під різні типи матеріалів, таких як зерно, мінерали, хімічні речовини чи біомаса. Система видалення вологи може включати циклони та фільтри для очищення виходячого повітря від частинок матеріалу.

Барабанна сушарка є ефективним засобом для обробки великих об'ємів матеріалу в промислових умовах, забезпечуючи швидке та ефективно висушування з мінімальною втратою продукту.

Розрахунок барабанної сушарки

Вихідні данні:

Початкова вологість $w = 20\%$

Кінцева вологість $w = 5\%$

Насипна густина, кг/м^3 , $\rho_H = 600$

$G_1 = 1214,895 \text{ кг/год}$

Розрахунок

Розрахунок барабанної сушарки проводимо за аналітичним методом.

Продуктивність барабанної сушарки по висушеному матеріалу шукаємо за формулою: (2.1)

(2.1)

$$G_2 = G_1 \times \frac{100 - w_1}{100 - w_2}$$

Де w_1, w_2 – вологість матеріалу до та після сушіння, %

$$G_2 = 1214,895 \times \frac{100 - 20}{100 - 5} = 1023 \text{ кг/год}$$

Кількість випаруваної вологи визначаємо за формулою (2.2):

(2.2)

$$W = G_1 - G_2$$

$$W = 1214,895 - 1023 = 192 \text{ кг/год}$$

Час сушіння матеріалу в барабанних сушарках визначаємо за рівнянням

(2.3), хв

(2.3)

$$\tau = 120 \times \frac{\beta \rho_n}{A} \times \frac{w_1 - w_2}{200 - (w_1 + w_2)}$$

Де β – коефіцієнт заповнення барабана, $\beta = 0,15 \dots 0,25$

ρ_n – насипна густина, кг/м^3

A – напруження об'єму барабана по волозі, $\text{кг}/(\text{м}^3\text{год})$, $A=50-150 \text{ кг}/(\text{м}^3\text{год})$

$$\tau = 120 \times \frac{0,25 \times 600}{50} \times \frac{20 - 5}{200 - (20 + 5)} = 30,8 \text{ хв}$$

Об'єм барабана розраховуємо за формулою (2.4) або (2.5)

(2.4)

$$V_6 = \frac{\pi D_6}{4} \times L_6$$

(2.5)

$$V_6 = \frac{W}{A} = \frac{192}{70} = 2,74 \text{ м}^3$$

Де D_6 та L_6 – діаметр і довжина барабана, м;

Діаметр розраховуємо за формулою (2.6)

(2.6)

$$D_{\text{б}} = 0,0188 \times \sqrt{\frac{V}{(1 - \beta) \times v}}$$

Де v – швидкість повітря в барабані, м/с: 0,5 -3,0 м/с

β – коефіцієнт заповнення барабана

V – об'ємна витрата вологого повітря, м³

$$D_{\text{б}} = 0,0188 \times \sqrt{\frac{1219}{(1 - 0,25) \times 0,5}} = 1,08 \text{ м}$$

Знайдемо довжину барабана за формулою (2.7)

(2.7)

$$L_{\text{б}} = \frac{V_{\text{б}} \times 4}{\pi \times D_{\text{б}}^2}$$

$$L_{\text{б}} = \frac{2,74 \times 4}{3,14 \times 1,08^2} = 3 \text{ м}$$

Відношення довжини барабана до його діаметра становить 1,92, що входить в норми.

Об'єм матеріалу, який заповнює барабан, м³, визначаємо за формулою (2.8)

(2.8)

$$V_{\text{м}} = \frac{G_{\text{ср}} \times \tau}{\rho_{\text{н}} \times 60}$$

Де $G_{\text{ср}}$ – середня маса матеріалу який проходить через барабан, кг/год

(2.10)

(2.9)

$$G_{\text{ср}} = \frac{G_1 + G_2}{2}$$

$$G_{\text{ср}} = \frac{1214,895 + 1023}{2} = 1118,94 \text{ кг/год}$$

$$V_M = \frac{1118,94 \times 30,8}{600 \times 60} = 0,95 \text{ м}^3$$

Швидкість витання частинок визначається формулою (2.10):

(2.10)

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

Де d – найменший діаметр частинок матеріалу, м 0,3 мм;

$\mu_{\text{CP}}, \rho_{\text{CP}}$ – в'язкість і густина сушильного агенту за середньої температури 0,0022 Н*с/м³, 0,955 кг/см³

Ar – критерій Архімеда для газового середовища, який розрахуємо за формулою (2.11)

(2.11)

$$Ar = \frac{g \times d^3 \rho_{\text{Ч}} \times \rho_{\text{CP}}}{\mu_{\text{CP}}^2}$$

Де $\rho_{\text{Ч}}$ – густина частинок матеріалу кг/м³, 1,66 кг/см³

$$Ar = \frac{9,8 \times 0,3^3 \times 1,66 \times 0,955}{(0,0022)^2} = 86667 \text{ Н}$$

Знайдемо швидкість витання частинок (2.10)

(2.10)

$$V_{\text{ВИТ}} = \frac{0,0022}{0,3 \times 0,955} \times \left(\frac{86667}{18 + 0,575 \times \sqrt{86667}} \right) = 3,55 \text{ м/с}$$

Частота обертання барабана, хв^{-1} визначається формулою (2.12):

(2.12)

$$n = \frac{m \times k \times L_6}{\tau \times D_6 \times \text{tg}\alpha}$$

Де m, k – коефіцієнти, що залежать від типу насадки барабана та характеру руху продукту та сушильного агента в сушарці, відповідно $0,6$ та $k = 1,7$; α – кут нахилу барабана, 3 .

$$n = \frac{0,6 \times 1,7 \times 3}{30,8 \times 1,08 \times \text{tg}3} = 0,64 \text{ об/хв}^{-1}$$

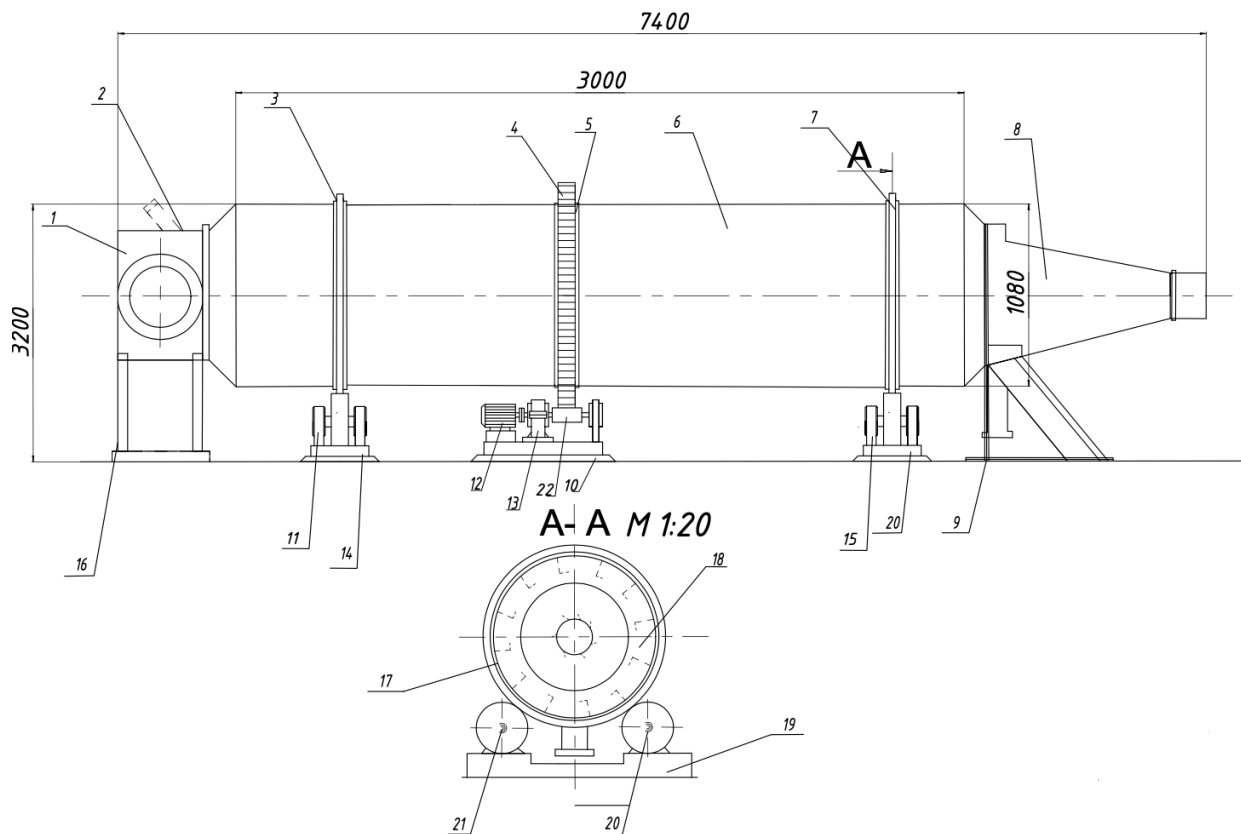
Потужність, яка потрібна для обертання барабана, орієнтовно визначається формулою (2.13):

(2.13)

$$N = 0,0013 \times D_6^3 \times L_6 \times \rho_H \times \sigma \times n$$

$$N = 0,0013 \times 1,08^3 \times 3 \times 600 \times 0,013 \times 1,72 = 6,5 \text{ кВт}$$

Розраховану барабанну сушарку зображено на рисунку 2.3:



Промисловий щепоріз (подрібнювач) – це спеціалізоване обладнання, призначене для подрібнення деревини та її відходів на тріску. Це обладнання широко використовується в деревообробній промисловості, сільському господарстві та при виготовленні паливних гранул. Щепорізи забезпечують високу продуктивність та ефективність, дозволяючи швидко переробляти великі об'єми деревини.

Конструкція промислового щепорізу включає раму, ротор з ножами, завантажувальний і вивантажувальний механізми, а також систему приводу. Основним робочим елементом є ротор, який оснащений обертаються з високою швидкістю, забезпечуючи подрібнення тріску. Завантажувальний механізм може бути ручним або а е що дозволяє подавати деревину до зони обробки. Виван

механізм спрямовує готову тріску в контейнер або на конвеєр для подальшого транспортування.

Промислові щепорізи можуть працювати з різними типами деревини, включаючи тверді і м'які породи, відходи лісопиляння, обрізки, гілки та стовбури дерев. Це обладнання часто оснащується системами безпеки, такими як захисні кожухи та аварійні вимикачі, що забезпечують безпечну експлуатацію.

Щепорізи відрізняються високою міцністю та довговічністю, вони виготовляються з якісних матеріалів, стійких до зносу. Використання щепорізів дозволяє зменшити обсяги відходів, підвищити ефективність виробництва та знизити витрати на утилізацію деревини. Подрібнювач зображено на рисунку 2.4:



Рисунок 2.4 Подрібнювач

Варочний котел – це важливе обладнання, що використовується в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості для проведення різних

термічних обробок, таких як кип'ятіння, випарювання, пастеризація та стерилізація рідин і сумішей. Він складається з корпусу, виготовленого з нержавіючої сталі, що забезпечує високу стійкість до корозії та тривалий термін експлуатації. Внутрішня поверхня котла має гладке полірування, що полегшує його очищення і забезпечує гігієнічність процесів.

Варочні котли можуть бути оснащені подвійною стінкою з теплоізоляційним шаром, що зменшує втрати тепла і підвищує ефективність нагрівання. Нагрівання може здійснюватися за допомогою пари, електричних нагрівальних елементів або рідкого теплоносія. Багато моделей мають автоматичні системи управління, що дозволяють точно контролювати температуру і тиск, забезпечуючи стабільність технологічних процесів.

Деякі варочні котли обладнані мішалками, які забезпечують рівномірне змішування компонентів і запобігають утворенню накипу на дні котла. Це особливо важливо при приготуванні продуктів з високою в'язкістю. Для зручності експлуатації варочні котли можуть мати механізми нахилу або зливні крани для легкої вивантаження готового продукту.

Безпека експлуатації забезпечується наявністю запобіжних клапанів, датчиків тиску і температури, а також аварійних систем відключення. Варочні котли відповідають вимогам стандартів безпеки і гігієни, що робить їх незамінним обладнанням у багатьох галузях промисловості.

Варочний котел зображено на рисунку 2.5:



Рисунок 2.5 Варочний котел

Промисловий змішувач – це ключове обладнання, що використовується у різних галузях промисловості, включаючи харчову, хімічну, фармацевтичну та будівельну. Змішувачі призначені для ефективного і рівномірного змішування різноманітних компонентів, забезпечуючи отримання однорідної маси.

Конструкція промислового змішувача включає корпус, мішальний механізм і привід. Корпус зазвичай виготовлений з нержавіючої сталі, що забезпечує високу стійкість до корозії і тривалий термін експлуатації. Мішальний механізм може бути різних типів – лопатевий, гвинтовий, турбінний або планетарний, в залежності від вимог до процесу змішування і властивостей матеріалів, що змішуються.

Промислові змішувачі обладнані системами управління, які дозволяють точно контролювати параметри змішування, такі як швидкість обертання, тривалість процесу і температура. Це забезпечує високу

повторюваність і якість кінцевого продукту. Для деяких процесів важливе підтримання певного температурного режиму, тому змішувачі можуть бути обладнані системами нагріву або охолодження.

Основні технічні характеристики промислового змішувача включають об'єм змішувального барабану, потужність приводу, максимальну швидкість обертання і матеріал виготовлення. Змішувачі можуть бути стаціонарними або переносними, з вертикальною або горизонтальною орієнтацією барабану. Також вони можуть мати різні типи завантажувальних і розвантажувальних механізмів, що полегшує обслуговування і експлуатацію обладнання.

Безпека експлуатації забезпечується наявністю захисних кожухів, датчиків перевантаження і систем аварійного відключення. Промислові змішувачі відповідають вимогам стандартів безпеки та гігієни, що робить їх надійним і ефективним інструментом у виробничих процесах. Змішувач зображено на рисунку 2.6:



Рисунок 2.6 Змішувач

Ультразвуковий дезінтегратор – це прилад, який використовує ультразвукові хвилі для подрібнення, емульгування, диспергування та змішування різних матеріалів. Його застосовують у хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості та біотехнологіях для обробки рідин і суспензій.

Принцип роботи ультразвукового дезінтегратора базується на генерації високочастотних звукових хвиль, що створюють кавітаційні бульбашки у рідині. Руйнування цих бульбашок викликає мікроскопічні ударні хвилі, які призводять до механічного руйнування частинок та клітинних структур, забезпечуючи високий ступінь подрібнення та однорідність сумішей.

До складу дезінтегратора входять ультразвуковий генератор, що перетворює електричну енергію в ультразвукові коливання, та сонотрод (ультразвукова головка), яка передає ці коливання у рідину. Сонотроди зазвичай виготовляють з титану або нержавіючої сталі, що забезпечує їхню високу зносостійкість і довговічність.

Основні технічні параметри ультразвукового дезінтегратора включають частоту ультразвукових коливань, потужність генератора, об'єм оброблюваної рідини та матеріал корпусу. Частота коливань зазвичай варіюється від 20 до 40 кГц, а потужність може становити від десятків до тисяч ватів залежно від моделі та призначення пристрою.

Ультразвуковий дезінтегратор має ряд переваг, зокрема високу ефективність процесу, можливість обробки теплочутливих матеріалів без значного підвищення температури, покращення масообміну та хімічних реакцій, а також зменшення потреби у хімічних реагентах.

Для безпечної експлуатації пристрій обладнаний захисними кожухами, системами контролю потужності та температури, а також аварійними вимикачами. Ультразвукові дезінтегратори відповідають

вимогам стандартів безпеки та гігієни, що робить їх надійним обладнанням для використання у різних галузях промисловості.

Підбір основного обладнання зображено на таблиці 2.12:

Таблиця 2.12

Основне технологічне обладнання

Назва	Призначення	Характеристика
Подбрібнювач	Для подрібнення деревини	Сталевий емальований блок, максимальний діаметр гілок до 70мм, кількість ножів 2 шт., потужність 3кВт, продуктивність понад 450 кг/год.
Варочний котел	Для розщеплення лінгіну	Котел з нержавіючої сталі, потужністю до 380 В, об'ємом 2000 л, габарати 1000 x 1300 мм.
Змішувач	Для видалення лінгіну	Резервуар з нержавіючої сталі, об'ємом 3000 л.
Відбілювач	Для відбілення сировини	Сталевий емальований бак з робочим об'ємом 9,6 м ³ Оснащений мішалкою зі

		швидкістю 50 об/хв, тиск пари 0,3 МПа
Сушарка	Для сушіння целюлози	Нержавіюча, сталева, циліндрична сушарка об'ємом 1 м ³ . Робоча камера діаметром 975мм, довжиною 1600мм; робочий об'єм 0,75м ³ ; швидкість обертання валу 160об/хв.
Ультразвукови й дезінтегратор	Для подрібнення целюлози	Сталевий, неіржавіючий дезінтегратор, продуктивніст ю 5 тонн на добу, потужністю 400 Вт, зі швидкістю 300000 об/хв.
Гідролізатор	Для гідролізуванн я сировини	Сталевий гідролізатор, з потужністю 2800 Вт, з габаритами 870x600x960 мм, з використанням води для охолодження 5л/хв.
Фільтр	Для фільтрування сумішей.	Тиск фільтрації до 0,9 мПа, площа фільтрування 10 м ² , число фільтрувальни х плит – 14.

2.5 Опис апаратурно-технологічної схеми

Деревину спочатку розчищають від кори та інших надрізів у короподрібнювачі **1**, а потім подрібнюють на дрібні фрагменти у подрібнювачі **2**. Наступним процесом є піддання впливу фрагментів деревини на високу температуру та хімічні реагенти, такі як сульфатний або сульфідний розчини, деревина транспортером **3** надходить у варочний котел **4**. Це потрібно для того, щоб розщепити лігнін, що є одним із компонентів деревини, та відокремити целюлозу. Далі деревина шнековим насосом **5** надходить до друк фільтру **6**, для очищення від домішок. Наступним етапом суміш шнековим насосом **7** надходить у нейтралізаторі **8** для варіння у лужному середовищі, що допомагає видалити залишкові речовини, такі як лігнін, деревна смола та інші домішки. Після нейтралізації целюлоза залишається як відновлений продукт. Очищена целюлоза шнековим насосом **9** проходить через додаткові процеси, такі як відбілювання у відбілювачі **10**, щоб підвищити ступінь відбілювання та видалити будь-які залишкові речовини. Після відбілювання целюлоза шнековим насосом **11** потрапляє до друк-фільтру **12** для очистки від домішок. Наступним етапом суміш шнековим насосом **13** потрапляє до барабанної сушарки **14** для висушування продукту. Після цього шнековим насосом **15** оброблена целюлоза потрапляє до ультразвукового дезінтегратора **16** для подрібнення до 70 мкм. Подрібнена целюлоза шнековим насосом **17** потрапляє до гідролізатора **18** для обробки сульфатною кислотою та утворення МКЦ. Суміш МКЦ потрапляє шнековим насосом **19** до нейтралізатора **20** для видалення будь-яких залишків кислоти. Наступним етапом МКЦ потрапляє шнековим насосом **21** до центрифуги **22** для видалення домішок. Фінальним етапом МКЦ шнековим насосом **23** потрапляє до барабанної сушарки **24** для видалення вологи. Початкова вологість складає 20%, кінцева - 5%. Готовий продукт можна подавати на фасування.

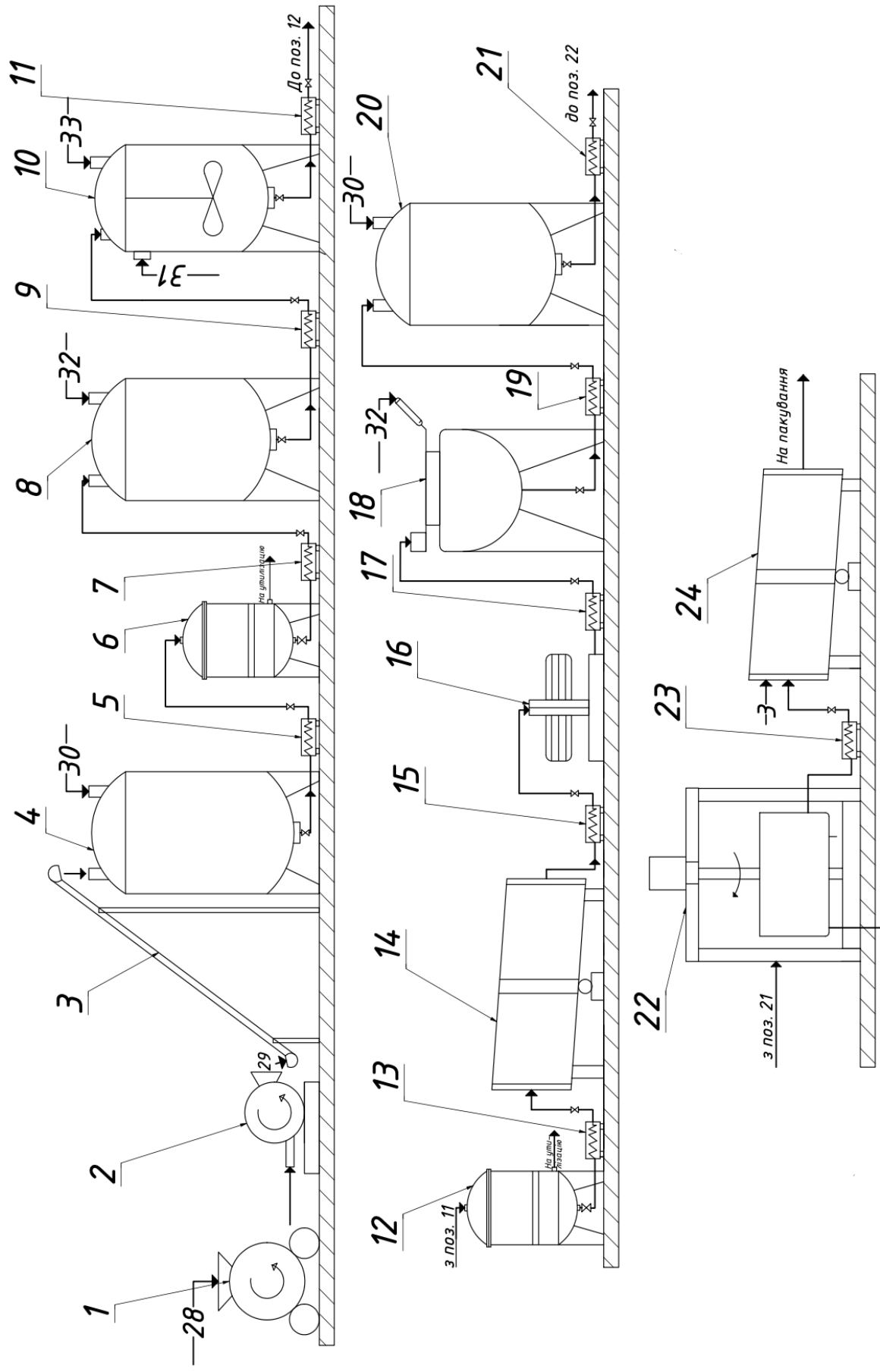


Рисунок 2.7 Апаратурно-технологічна схема виробництва

РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Для розрахунку собівартості мікрокристалічної целюлози беруться до уваги всі витрати, пов'язані з її виробництвом та доставкою до кінцевого споживача. В першу чергу, важливим елементом є вартість сировини, яка необхідна для виробництва МКЦ, зазвичай це деревна целюлоза. Ціна на целюлозу може коливатися в залежності від ринкових умов і якості сировини.

На другому місці стоїть енергія, зокрема електроенергія, яка використовується для обслуговування виробничого обладнання. Енергоспоживання є значним, оскільки процес виробництва МКЦ включає механічне та хімічне перетворення целюлози, що вимагає стабільного та інтенсивного енергопостачання.

Третім елементом є витрати на заробітну плату працівників, які зайняті на виробництві. Це включає оплату праці операторів обладнання, технічних фахівців, а також управлінський персонал, зайнятий на заводі.

Витрати на тару також є значущими, оскільки МКЦ потребує надійної упаковки для транспортування та зберігання. Упаковка має бути досить міцною, щоб забезпечити захист продукту від зовнішніх впливів та забруднень.

Поточний ремонт обладнання включає регулярне обслуговування та необхідність заміни деталей, щоб забезпечити безперервність та ефективність виробничого процесу.

Логістичні витрати охоплюють всі аспекти транспортування, від доставки сировини до заводу до відправлення готової продукції до споживачів. Це включає вартість фрахту, страхування вантажів та інші збори, пов'язані з дистрибуцією.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Зоря М.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ца	Аркуш 55/70

Розрахунок собівартості наведено у таблиці 3.1:

Таблиця 3.1:

Назва	Сумма, тис.грн.	%
Сировина і основні матеріали	106000	78,8
Тара і допоміжні матеріали	4000	2,97
Електроенергія та водопостачання	3500	2,6
Заробітна платня з вирахуваннями	10400	7,76
Поточний ремонт обладнання	2500	1,86
Логістичні витрати	6500	4,8
Інші	1500	1,21
Всього	134400	100

Згідно з проведеними розрахунками, собівартість виробництва 1000 кг мікрокристалічної целюлози складатиме 134400 грн.

Вартість 1 кг мікрокристалічної целюлози складатиме 134,4 грн.

У середньому вартість мікрокристалічної целюлози на ринку складає від 188-250 грн. Через це вищеописана технологія виробництва вигідніша на 100 грн/кг у середньому.

РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Вимоги до якості МКЦ

Вимоги до якості та безпеки МКЦ регулюються різними стандартами, що забезпечують відповідність продукту високим стандартам.

Колір МКЦ зазвичай білий або майже білий. Вона не повинна мати вираженого запаху та смаку. Однорідний білий колір свідчить про високу чистоту продукту та відсутність домішок.

Розмір частинок МКЦ може варіюватися залежно від специфікацій і застосувань, але зазвичай становить від 20 до 200 мікронів. Середній розмір частинок часто визначається вимогами до кінцевого продукту, де використовується МКЦ.

Вміст золи в МКЦ повинен бути мінімальним, що свідчить про високий рівень очищення. Згідно з фармакопейними стандартами, вміст золи не повинен перевищувати 0.1%.

Клас безпеки МКЦ визначається її біологічною інертністю та відсутністю токсичних ефектів. МКЦ класифікується як речовина з низьким рівнем небезпеки. Вона широко використовується в харчових і фармацевтичних продуктах без ризику для здоров'я при використанні в рекомендованих дозах.

Добова норма споживання МКЦ залежить від конкретного застосування і регулюється відповідними стандартами. В харчовій промисловості вона зазвичай використовується в кількостях, що не перевищують 25 г на добу. У фармацевтичних препаратах дозування залежить від конкретної формули та призначення лікарського засобу.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Зоря М.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.005.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 57/70

Інші важливі характеристики включають показник рН, який для МКЦ зазвичай знаходиться в межах від 5 до 7, що свідчить про її нейтральність і стабільність у різних середовищах.

МКЦ також повинна бути вільною від токсичних домішок, важких металів, мікробіологічних забруднень і алергенів. Вміст важких металів, таких як свинець, ртуть, кадмій, арсен, повинен бути мінімальним і відповідати встановленим нормам, що регулюються фармакопеями.

Для забезпечення відповідності цим вимогам, МКЦ повинна проходити суворі процедури контролю якості на всіх етапах виробництва. Це включає використання високоякісної сировини, контроль технологічних процесів і регулярне тестування готової продукції на відповідність встановленим стандартам.

Правила приймання

Приймання мікрокристалічної целюлози (МКЦ) є важливим етапом у виробничому процесі, що гарантує якість і безпеку цієї сировини для подальшого використання. Процедура приймання включає кілька ключових етапів, які забезпечують відповідність МКЦ встановленим стандартам і вимогам.

Першим кроком є перевірка супровідної документації, що включає сертифікати якості, паспорт безпеки матеріалу (MSDS), а також інші необхідні документи, які підтверджують відповідність партії мікрокристалічної целюлози вимогам стандартів. Ці документи містять інформацію про походження, склад, фізико-хімічні властивості та результати тестування продукції.

Після перевірки документації здійснюється візуальний огляд партії МКЦ. Це включає огляд упаковки на предмет цілісності, відсутності пошкоджень і забруднень. Упаковка повинна бути герметичною і захищати продукт від впливу навколишнього середовища. Важливо перевірити маркування на упаковці, яке повинно відповідати інформації у супровідних

документах.

Прийнята МКЦ зберігається у спеціально відведених приміщеннях, де забезпечуються належні умови зберігання, такі як контроль температури, вологості та захист від світла і механічних пошкоджень. Приміщення повинні бути чистими, сухими та добре провітрюваними. Упаковка з МКЦ повинна бути щільно закритою, щоб запобігти контакту з вологою та забруднювачами.

Регулярний моніторинг умов зберігання проводиться для забезпечення збереження якості продукції. Це включає періодичний відбір проб і проведення додаткових аналізів, що дозволяє вчасно виявляти будь-які зміни в якості МКЦ і вживати відповідних заходів.

Проведення лабораторного аналізу

Проведення лабораторного аналізу мікрокристалічної целюлози (МКЦ) є критичним етапом, що гарантує відповідність цього матеріалу встановленим стандартам якості і безпеки. Лабораторний аналіз включає кілька основних тестів, таких як перевірка фізико-хімічних властивостей, мікробіологічного стану та вмісту важких металів.

Першим етапом є підготовка проб для аналізу. Відібрані з партії проби МКЦ повинні бути репрезентативними і відображати якість всієї партії. Проби ретельно очищуються від можливих забруднень зовнішнього середовища. Підготовлені проби розподіляються на кілька частин, кожна з яких призначена для проведення конкретного виду аналізу.

Аналіз фізико-хімічних властивостей включає кілька ключових тестів. Визначення вмісту вологи проводиться шляхом висушування зразка до постійної ваги в сушильній шафі при температурі 105°C. Після цього зразок зважують, і різниця в масі до і після висушування визначає вміст вологи.

Наступним тестом є визначення зольності, який проводиться шляхом спалювання зразка в муфельній печі при температурі 600°C до повного

згоряння органічних компонентів. Залишок золи зважується, і отриманий результат виражається у відсотках до маси початкового зразка.

Розмір частинок МКЦ визначається методом ситового аналізу або за допомогою лазерного дифракційного аналізатора. Ситовий аналіз включає просіювання зразка через набір сит з різними розмірами отворів, що дозволяє визначити розподіл частинок за розмірами. Лазерний дифракційний аналізатор використовує лазерне світло для визначення розміру частинок і їх розподілу.

Показник рН визначається шляхом приготування водної суспензії МКЦ і вимірювання рН за допомогою рН-метра. Для цього невелика кількість МКЦ змішується з дистильованою водою, отримана суспензія добре перемішується, і після стабілізації проводиться вимірювання рН.

Аналіз мікробіологічної чистоти включає визначення загальної кількості аеробних мікроорганізмів, дріжджів і пліснявих грибів, а також перевірку на наявність патогенних мікроорганізмів, таких як *E. coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*. Проби МКЦ розчиняються у стерильному розчині і висіваються на поживні середовища. Після інкубації проводиться підрахунок колоній мікроорганізмів та оцінка їх типу.

Вміст важких металів, таких як свинець, ртуть, кадмій, арсен, визначається методом атомно-абсорбційної спектроскопії або індуктивно зв'язаної плазмової мас-спектрометрії (ICP-MS). Зразок МКЦ розчиняється у відповідному розчиннику, і отриманий розчин аналізується на вміст важких металів.

Результати всіх проведених аналізів порівнюються з нормативами, встановленими відповідними фармакопеями та іншими стандартами. Якщо всі показники відповідають вимогам, партія МКЦ вважається придатною для використання.

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Охорона праці

У першу чергу на підприємстві має бути комплексний підхід до охорони праці, який включає регулярний моніторинг умов праці, аналіз ризиків, впровадження заходів з підвищення безпеки та охорони здоров'я працівників. Це дозволяє створити безпечне і комфортне робоче середовище, що сприяє збереженню здоров'я працівників та підвищенню ефективності виробництва.

Працівники підприємства повинні дотримуватись певних правил, щоб забезпечити безпеку, ефективність роботи і якість продукції. Основні вимоги охоплюють різні аспекти діяльності і включають декілька правил, таких як:

1. Працівники повинні суворо дотримуватись встановлених технологічних процесів і інструкцій під час виробництва лікарських засобів.

2. Всі працівники зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. Це можуть бути спеціальний одяг, рукавички, захисні окуляри, маски або респіратори.

3. Працівники повинні підтримувати високий рівень особистої гігієни та чистоту робочих місць. Це включає регулярне миття рук, утримання робочих зон у чистоті та належний догляд за обладнанням. Особлива увага приділяється гігієнічним вимогам у виробничих зонах, де виготовляються стерильні препарати.

4. Працівники мають дотримуватись правил техніки безпеки та пожежної безпеки, зокрема:

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Зоря М.І.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.061.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 61/70

- Ознайомлення з планами евакуації та шляхами виходу у разі надзвичайних ситуацій.
- Негайне повідомлення керівництву про будь-які виявлені небезпеки чи несправності обладнання.
- Виконання всіх вказівок та інструкцій щодо безпечного користування обладнанням.

5. Усі працівники повинні проходити регулярні навчання та інструктажі з охорони праці. Це включає первинний інструктаж при прийомі на роботу, а також повторні інструктажі під час роботи. Спеціалізовані навчання проводяться для працівників, які виконують особливо небезпечні або складні види робіт.

6. Працівники повинні проходити регулярні медичні огляди, які допомагають вчасно виявити і запобігти професійним захворюванням. Особлива увага приділяється працівникам, які працюють у шкідливих умовах або з небезпечними речовинами.

7. Працівники повинні слідкувати за правильним поводженням з відходами виробництва та їх утилізацією відповідно до встановлених екологічних норм. Це включає роздільний збір відходів, використання відповідних контейнерів і дотримання правил безпечного зберігання хімічних речовин.

8. Працівники зобов'язані дотримуватись внутрішніх політик і процедур, включаючи політику конфіденційності, антикорупційну політику, етичні стандарти і корпоративні правила поведінки.

Робота з натрієм гідроксидом

NaOH зазвичай використовується у вигляді твердих гранул або розчину і може нанести шкоду при контакті зі шкірою, очима або при вдиханні її парів.

Для забезпечення безпеки працівників, які працюють з натрієм гідроксидом, важливо впровадити комплексні заходи охорони праці.

Насамперед необхідно проводити постійні інструктажі з безпеки та забезпечувати дотримання строгих процедур роботи з хімічними речовинами.

Засоби індивідуального захисту включають спеціальний одяг, який має бути стійким до хімічних речовин, рукавиці з непроникного матеріалу, захисні окуляри та обличчя або навіть повнообличчяві маски, залежно від інтенсивності робіт і концентрації речовини. Також слід використовувати захисне взуття і, в залежності від умов роботи, дихальні апарати.

Вентиляція робочої зони повинна бути ефективною для відведення парів натрію гідроксиду, а зона роботи з цією речовиною має бути чітко відмежована і обладнана аварійними душами та місцями для промивання очей у разі непередбачених ситуацій.

У разі розливу натрію гідроксиду необхідно негайно вжити заходів для його нейтралізації, використовуючи слабкі кислоти, такі як оцтова, або абсорбенти. Розливу речовину слід утилізувати відповідно до встановлених норм безпеки.

Контроль за станом здоров'я працівників, які регулярно контактують з натрієм гідроксидом, також є важливою складовою програм охорони праці. Проведення регулярних медичних оглядів допомагає вчасно виявити можливі наслідки впливу хімічної речовини та запобігти професійним захворюванням.

Робота з деревиною

Галузь обробки деревини складається з різних типів виробництва. Це лісопильні, паркетні, меблеві, фанерні, сірникові, олівцеві, лижні і багато інших виробництв. Технологія обробки деревини включає в себе також обробку дерев'яних пластиків, деревостружкових і деревоволокнистих плит, інших столярно-полімерних виробів.

Обов'язковою умовою для всіх видів сучасних деревообробних цехів стає високий рівень механізації виробничих процесів, широке застосування різних типів інноваційних верстатів, устаткування з ріжучими інструментами і конвеєрна система організації робочої лінії.

До негативних факторів, характерних для всіх підприємств галузі, відносяться підвищений шум, вібрація при роботі обладнання, забруднення повітря виробничих приміщень пилом і тирсою деревини, частками фарби, лаку, клею та іншими хімічними складовими, що утворюються в результаті обробки деревини такими речовинами, що істотно погіршує мікрокліматичні умови праці людей в приміщенні цеху. Значну загрозу здоров'ю працюючих в закритих виробничих приміщеннях людей представляють клейові матеріали, які, при використанні, здатні виділяти в повітря токсичні продукти, такі як формальдегід, фенол, аміак, а широко застосовуються в меблевій індустрії лаки і емалі виділяють толуол, уайт-спірит, ацетон та інші шкідливі хімічні сполуки.

Особливо несприятливі мікрокліматичні умови при виготовленні фанери і деревних пластиків в процесі їх обробки (високі температура і вологість) в пропарювальних камерах, а також в ході сушіння виробів.

У столярних цехах основну небезпеку представляють механічні пошкодження, травми при роботі на верстатах, особливо на циркулярних пилах.

З огляду на зазначені ризики, у працюючих в галузі людей часто спостерігаються гострі респіраторні захворювання органів дихання, професійні пошкодження шкіри, захворювання периферійної нервової системи, травми.

Герметизація джерел шкідливого впливу на середовище, а також впровадження механічних і автоматичних ліній з мінімальним використанням людської праці, має пріоритетне значення для поліпшення гігієнічних умов праці людей на таких виробництвах. Основними

профілактичними заходами щодо попередження виникнення негативного впливу шкідливих факторів виробничого середовища на працюючих людей в деревообробній промисловості вважаються правильно обладнані вентиляційні системи, теплоізоляція обладнання, забезпечення робочих спецодягом та засобами індивідуального захисту, використання робочими профілактичних паст і кремів, проходження персоналом систематичних медичних обстежень. Для усунення причин виробничого травматизму дуже важливо удосконалення запобіжних пристроїв ріжучих інструментів.

5.2 Охорона навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища на підприємстві є важливим аспектом його діяльності, що спрямований на мінімізацію негативного впливу виробничих процесів на довкілля. Компанія повинна здійснювати комплексні заходи з охорони навколишнього середовища, які включають контроль за викидами шкідливих речовин в атмосферу, управління відходами, раціональне використання природних ресурсів та впровадження екологічно безпечних технологій.

Одним з основних напрямів діяльності підприємства у сфері охорони навколишнього середовища є контроль за викидами шкідливих речовин в атмосферу. Для цього на підприємстві використовуються сучасні системи фільтрації та очищення повітря, що дозволяють значно знизити рівень викидів. Регулярний моніторинг стану атмосферного повітря здійснюється шляхом проведення вимірювань і аналізу концентрацій шкідливих речовин. Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормативів і вживати відповідних заходів для їх усунення.

Управління відходами на підприємстві також є важливим елементом системи охорони навколишнього середовища. Всі відходи, що утворюються в процесі виробництва, підлягають сортуванню та класифікації за типами. Для кожного виду відходів визначені відповідні

методи утилізації або переробки. На підприємстві діє система роздільного збору відходів, що дозволяє мінімізувати їх кількість та знижує негативний вплив на довкілля. Відходи, які не можуть бути перероблені, утилізуються відповідно до встановлених екологічних норм.

Раціональне використання природних ресурсів є ще одним важливим аспектом діяльності підприємства. Підприємство постійно працює над підвищенням ефективності використання води, енергії та сировини. Для цього впроваджуються енергоефективні технології, які дозволяють знизити споживання енергії та зменшити витрати на виробництво. Особлива увага приділяється водозабезпеченню: встановлені системи рециркуляції та повторного використання води, що дозволяє значно скоротити її споживання та знизити навантаження на водні ресурси.

Впровадження екологічно безпечних технологій є одним з пріоритетних напрямів діяльності підприємства. Завод повинен постійно інвестувати в модернізацію виробничих потужностей, впровадження новітніх технологій та обладнання, що відповідають найвищим екологічним стандартам. Це дозволить зменшити екологічний слід підприємства, підвищити ефективність виробництва та забезпечити високу якість продукції.

Підприємство повинно активно співпрацювати з державними органами та екологічними організаціями для забезпечення відповідності своєї діяльності екологічним нормативам та стандартам. Регулярно проводяться екологічні аудити та оцінки впливу на довкілля, результати яких використовуються для розробки та впровадження заходів з покращення екологічної ситуації.

Значна увага має приділятися навчанню та підвищенню екологічної свідомості працівників. На підприємстві повинні проводитись регулярні тренінги та семінари з питань охорони навколишнього середовища, де працівники отримують інформацію про екологічні стандарти.

ВИСНОВКИ

1. У дипломній роботі було здійснено детальне дослідження та вдосконалення технології отримання мікрокристалічної целюлози. Проведена модернізація дозволила значно скоротити витрати на сировину завдяки впровадженню нових технологічних рішень.

2. Були запропоновані удосконалені принципова технологічна та апаратурно-технологічна схеми, які оптимізують процес виробництва. Ці вдосконалення не тільки сприяли зниженню виробничих витрат, але й підвищили екологічну безпеку виробництва за рахунок зменшення кількості відходів та більш ефективного використання ресурсів.

3. Проведено розрахунок матеріального балансу процесу виробництва мікрокристалічної целюлози хімічним способом. Загальні втрати становлять 5 %.

4. Здійснено підбір основного технологічного обладнання і проведено розрахунок барабанної сушарки, довжина барабану якої становить 3 м, а діаметр барабану складає 1,08 м.

5. Розраховано економічну ефективність виробництва, в результаті якої собівартість становить 134 грн за кілограм мікрокристалічної целюлози.

5. Запропоновано заходи з організації контролю якості готової продукції та наведено основні показники якості та безпечності мікрокристалічної целюлози відповідно до вимог нормативної документації.

6. Запропоновано заходи з охорони праці і навколишнього середовища для запропонованого виробництва

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Романова О.О	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Зоря М.І.	<i>Назва, додаткова назва</i> ВИСНОВКИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.067.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 67/70

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Современные вспомогательные вещества в производстве таблеток. Использование высокомолекулярных соединений для совершенствования лекарственных форм и оптимизации технологического процесса / И.В. Воскобойникова, С.Б. Авакян, Т.А. Сокольская и др. // Химико-фарма
2. G. Shlieout et al., “Powder and Mechanical Properties of Microcrystalline Cellulose With Different Degrees of Polymerization”, PharmSciTech, vol. 3, no. 2, pp. 45—54, 2002.
3. Hasegawa M. Direct compression: microcrystalline cellulose grade 12 versus classic grade 102 // Pharm. Technol. — 2002.
4. БМЭ. — М., 1974 — Т. 23; Суховеев І.В., Сенченко Г.Г., Ковтун Г.О. та ін. Металовмісні лікарські препарати. — К., 2000.
5. Хімія та технологія харчових добавок [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», денної форми навчання / уклад. О.В.Подобій, І.В. Житнецький. – К.: НУХТ, 2018. – 33 с.
6. 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 форм навчання / О.В.Подобій. – К.: НУХТ, 2019. – 131с.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Романова О.О	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Зоря М.І.	Назва, додаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.068.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова уа	Аркуш 68/70

7. Xiao-fang Li, En-young Ding and Gua-kang Li., Chinese Journal of Polymer Science, 19, 291 (2001)
8. Yu. Katkevich and S. Milutina, In: "Wood cell's wall and its change under chemical treatment", Riga, 1972, p.7.
9. OKAMURA K (1991): Structure of cellulose, pp. 89-112. In: HON, D.N.-S. & SHIRAISHI, N. (eds.): Wood and cellulosic chemistry. Marcel Dekker Inc., New York and Basel – 1-
10. PAVASARS, I. (1999): Characterisation of organic substances in waste materials under alkaline conditions. Linköping Studies in Arts and Science, 196, Linköping University, Sweden.
11. H. Stupin'ska, E. Iller, Z. Zimek, D. Wawro, D. Ciechan'ska, E. Kopania, J. Palenik, S. Milczarek, W. Steplewski, G. Krzyżanowska, An environment-friendly method to prepare microcrystalline cellulose, Fibres Text. East. Eur. 5–6 (64) (2007) 167–172.
12. S.F. Sim, M. Mohamed, N.A.L.M.I. Lu, N.S.P. Sarman, S.N.S. Samsudin, Computer-assisted analysis of fourier transform infrared (FTIR) spectra for characterization of various treated and untreated agriculture biomass, BioResources 7 (4) (2012) 5367–5380.
13. A. El Ghali, I.B. Marzoug, M.H.V. Baouab, M.S. Roudesli, Separation and characterization of new cellulosic fibres from Juncus acutus plant, BioResources 7 (2) (2012) 2002–2018.
14. D. Trache, K. Khimeche, A. Donnot, R. Benelmir, Thermal analysis of microcrystalline cellulose prepared from esparto grass, MATEC Web of Conferences, EDP Sciences (2013), p. 01067.
15. M.M. Haafiz, A. Hassan, H.A. Khalil, I. Khan, I. Inuwa, M.S. Islam, M.S. Hossain, M. Syakir, M.N. Fazita, Bionanocomposite based on cellulose nanowhisker from oil palm biomass-filled poly(lactic acid), Polym. Test. 48 (2015) 133–139.
16. R. Kumar, F. Hu, C.A. Hubbell, A.J. Ragauskas, C.E. Wyman, Comparison

of laboratory delignification methods, their selectivity, and impacts on physiochemical characteristics of cellulosic biomass, *Bioresour. Technol.* 130 (2013) 372–381.

17. M. Beg, M. Rosli, R. Ramli, N. Junadi, Microcrystalline cellulose (MCC) from oil palm empty fruit bunch (EFB) fiber via simultaneous ultrasonic and alkali treatment, *Int. J. Chem. Nucl. Mater. Metall. Eng.* 9 (1) (2015) 8–11.

18. R. Chandrasesha, N. Rajamane, Jeyalakshmi, Development of cellulose nanofibres from coconut husks, *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.* 4 (4) (2014) 2250–2259.

19. A.M. El-Hadi, Influence of microcrystalline cellulose fiber (MCCF) on the morphology of poly(3-hydroxybutyrate)(PHB), *Colloid Polym. Sci.* 291 (3) (2013) 743–756.

20. A. Bocek, I. Shevchuk, V. Lavrent'ev, Fabrication of microcrystalline and powdered cellulose from short flax fiber and flax straw, *Russ. J. Appl. Chem.* 76 (10) (2003) 1679–1682.

21. Український медичний часопис: Матеріали сайту URL:

<https://www.umj.com.ua/article/organization/zao-farmaceuticheskaya-kompaniya-darnica> (дата звернення 04.05.2024).