

**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 2023 р.

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

«___» червня 2023 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 ультрамарину

Виконала: здобувачка 4 курсу, групи ХТ-4-13

_____ **БОДЯК Юлія Михайлівна** _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ **САБАДАШ Наталія Іванівна** _____
(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 здобувачка Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавала і не одержувала недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувачка _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бодяк Юлія Михайлівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології ультрамарину

керівник роботи Сабадаш Наталія Іванівна, к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “28” 03 2023 року № 196 -КС

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи 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. Валкова дробарка (загальний вид), 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	15. 05.2023	09.06.2023

7. Дата видачі завдання _____ 15 травня 2023 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	15.05.2023	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	15.05.2023-19. 05.2023	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18. 05.2023-23. 05.2022	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	24. 05.2023-28. 05.2023	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	29. 05.2023-30. 05.2023	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	31.05.2023-01.06.2023	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	02.06.2023-04.06.2023	
8	ВИСНОВКИ	04.06.2023-05. 06.2023	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	15. 05.2023-05. 06.2023	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	15. 05.2023-30. 05.2023	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	18. 05.2023-31. 05.2023	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	05.06.2023-16.06.2023	

Здобувачка

(підпис)

Юлія БОДЯК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Наталія САБАДАШ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 102 С., 37 РИС., 21 ТАБЛ., 56 ФОРМУЛ, 39 ДЖЕРЕЛ.

Темою кваліфікаційної роботи бакалавра є удосконалення технології ультрамарину.

Обґрунтовано вибір оптимальної технології отримання ультрамарину та розглянуто шляхи її удосконалення.

Запропоновано принципову технологічну схему виробництва ультрамарину.

Розраховано матеріальний баланс, згідно якого за зміну потужність виробництва складає 1000 кг/добу, а втрати становлять 70,54 кг/добу. Проведено підбір основного технологічного обладнання за всіма стадіями технологічного процесу. Відповідно до розрахованих даних матеріального балансу та проведеного підбору обладнання запропоновано апаратурно-технологічну схему виробництва ультрамарину.

Проведено конструктивний розрахунок валкової дробарки та представлено графічний лист А1 зовнішнього вигляду даного апарату.

Розраховано техніко-економічну ефективність технології ультрамарину та показано, що витрати на дане виробництво становлять 180343,4 грн., в той час як виробнича собівартість продукції за зміну дорівнює 169336,6 грн., чистий прибуток сягає 23656,6 грн., а рентабельність підприємства становить 13%.

Запропоновано заходи з організації контролю якості ультрамарину відповідно до нормативних документів. Запропоновані заходи з охорони праці на виробництві пігментів та заходи з охорони довкілля та обґрунтовано екологічну безпеку запропонованої технології.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПІГМЕНТИ, СУШАРКА, УЛЬТРАМАРИН, БАЛАНС, ТЕХНОЛОГІЯ, СХЕМА, СИНІЙ, ШИХТА, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЯ, ВТРАТИ, ПЕЧІ, ОБЛАДНАННЯ.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 102 p., 37 FIGURES, 21 TABLES, 56 FORMULAS, 38 SOURCES.

The topic of the bachelor's thesis is the improvement of ultramarine technology.

The choice of the optimal technology for obtaining ultramarine is substantiated and ways of its improvement are considered.

A basic technological scheme for the production of ultramarine is proposed.

The material balance was calculated, according to which the production capacity per shift is 1000 kg/day, and the losses are 70,54 kg/day. Selection of the main technological equipment for all stages of the technological process was carried out. In accordance with the calculated data of the material balance and the selected equipment, an equipment and technological scheme for the production of ultramarine is proposed.

The design calculation of the roller crusher was carried out and the graphic sheet A1 of the appearance of this device was presented.

The technical and economic efficiency of ultramarine technology is calculated and it is shown that the costs for this production amount to UAH 180,343.4, while the production cost per shift is UAH 169,336.6, the net profit reaches UAH 23,656.6, and the profitability of the enterprise is 13%.

Measures to organize ultramarine quality control in accordance with regulatory documents are proposed. Proposed measures for labor protection in the production of pigments and measures for environmental protection and substantiated environmental safety of the proposed technology.

KEY WORDS: PIGMENTS, DRYER, ULTRAMARINE, BALANCE, TECHNOLOGY, SCHEME, BLUE, SCHEDULE, OCCUPATIONAL SAFETY, ENVIRONMENT, LOSSES, FURNACES, EQUIPMENT.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ...	11
1.1 Пігменти та барвники у харчовій промисловості.....	11
1.2 Сині пігменти: представники, застосування.....	18
1.3 Ультрамарин – опис пігменту, сфери застосування.....	21
1.4 Методи отримання ультрамарину.....	24
1.5 Сировина для отримання ультрамарину.....	32
1.6 Методи удосконалення технології ультрамарину.....	33
1.7 Висновки до розділу.....	34
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	35
2.1 Опис сировини для отримання пігменту ультрамарину.....	35
2.2 Технологія ультрамарину.....	41
2.3 Принципова технологічна схема отримання ультрамарину.....	44
2.4 Розрахунок матеріального балансу отримання синього ультрамарину....	47
2.5 Підбір основного технологічного обладнання для виробництва.....	56
2.6 Апаратурно-технологічна схема отримання ультрамарину.....	64
2.7 Основний апарат для отримання ультрамарину.....	67
2.8 Конструктивний розрахунок валкової дробарки.....	72
2.9 Розрахунок теплового балансу отримання ультрамарину.....	76
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	79
3.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва.....	79
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	85
4.1 Показники якості та безпеки готової продукції.....	85
4.2 Система контролю якості ультрамарину на виробництві.....	88
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	90
5.1 Екологічна безпека технології ультрамарину.....	90

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.006.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата			
Розроб.		Бодяк Ю.М.			ЗМІСТ		
Перевір.		Сабадаш Н.І.					
Н. Контр..		Подобій О.В.					
Затверд.		Носенко Т.Т.					
						Літ.	Арк.
							6
						Аркуші	102
						НУХТ Каф. ТЖХТ	

РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ.....	93
6.1 Охорона праці на виробництві.....	93
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	98

					ЗМІСТ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Кожна сфера діяльності людини тим чи іншим чином пов'язана з барвниками та пігментами. Найвагомішими кольори є для текстильної промисловості, косметичної, будівельної та харчової.

Харчова промисловість за багато років зазнала значним змін та удосконалень, особливо важливим став такий показник як естетичний зовнішній вигляд, щоб зробити продукт більш привабливим для споживача.

Звісно, однією з характеристик, яка відноситься до «естетичного зовнішнього вигляду» є колір кінцевого продукту. Натуральна сировина не завжди може надати бажаного ефекту, особливо у кондитерській промисловості, тому технологам досить часто доводиться звертатися до барвників та пігментів.

Барвники та пігменти – речовини, які вводяться до продуктів харчування, з метою надання їм бажаного чи необхідного за регламентом кольору.

Більшість з харчових барвників та пігментів мають природне походження, наприклад жовта – куркума, червоний – кармін, зелений – шпинат, авокадо, хлорофіл. В той самий час, такий колір, як синій, має значно менше варіантів вибору. Тому, в якості синього пігменту ми можемо використовувати мінеральні пігменти, наприклад, ультрамарин.

Ультрамарин до моменту набуття синього відтінку проходиться багато стадій, від білого та зеленого кольорів, якщо ж порушити технологію в температурному режимі, ми можемо одразу отримати фіолетовий, рожевий або червоний ультрамарин.

Актуальність роботи: нині виробництво ультрамарину в Україні має недоліки, а саме наявність грудочок, що негативно впливає на якість роботи з

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.008.КР.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВСТУП		
<i>Розроб.</i>		<i>Бодяк Ю.М.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Сабадаш Н.І.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>			<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
						8	102

пігментом, тому удосконалення технології ультрамарину з метою отримання синього пігменту рівномірного помелу є актуальним.

Мета: удосконалити технологію ультрамарину шляхом встановлення обладнання, яке дозволить отримувати ультрамарин рівномірно помелу.

Об'єкт дослідження: технологія ультрамарину.

Предмет дослідження: ультрамарин – синій пігмент.

Завдання:

1. Навести характеристику барвників та пігментів у харчовій промисловості, приділити особливу увагу синім пігментам.
2. Описати ультрамарин, представити сфери його застосування.
3. Проаналізувати методи отримання ультрамарину та вказати, який вплив дане виробництво має на навколишнє середовище.
4. Представити сировину, яка застосовується для виробництва ультрамарину. Вивчити її властивості та показники якості.
5. Провести аналіз технологічних схем виробництва ультрамарину та запропонувати методи її удосконалення.
6. За вказаною технологією представити розрахунок матеріального балансу та теплового балансу технології ультрамарину.
7. Розробити принципову та апаратурно-технологічну схеми отримання ультрамарину.
8. Провести підбір обладнання та навести головний апарат технології.
9. Вказати, якою буде організація виробництва та які техніко-економічні показники супроводжуватимуть дану технологію.
10. Описати показники якості готового продукту та систему контролю якості ультрамарину на виробництві.
11. Охарактеризувати екологічні показники якості виробництва та охорону праці.

					ВСТУП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Апробація:

1. Development of the formulation of anti-aging face cream with β -glucan / N. Sabadash та ін. *«Наукові праці Національного університету харчових технологій»*. 2022. Т. 28, № 6. С. 160–175.

2. Бодяк Ю. Технологія виготовлення чорного залізооксидного пігменту. *"Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"* : 88 Міжнар. наук. конф. молодих уч., аспірантів і студентів, м. Київ, 26 трав. 2022 р. Київ, 2022. С. 176.

3. Бодяк Ю., Бойчук Т. Переробка та утилізація хімічних відходів в Україні. *"Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"* : 88 Міжнар. наук. конф. молодих уч., аспірантів і студентів, м. Київ, 26 трав. 2022 р. Київ, 2022. С. 185.

4. Бодяк Ю., Бойчук Т. Скловолокно - характеристика та методи отримання. *"Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"* : 88 Міжнар. наук. конф. молодих уч., аспірантів і студентів, м. Київ, 26 трав. 2022 р. Київ, 2022. С. 194.

5. Бодяк Ю., Фесич І. Сучасні аспекти хімічної технології одержання пігментів. *"Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"* : 88 Міжнар. наук. конф. молодих уч., аспірантів і студентів, м. Київ, 26 трав. 2022 р. Київ, 2022. С. 202.

6. Бодяк Ю., Радзієвська І. «Чорний список» компонентів косметичних засобів та їх вплив на організм людини. *"Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"* : 88 Міжнар. наук. конф. молодих уч., аспірантів і студентів, м. Київ, 26 трав. 2022 р. Київ, 2022. С. 204.

7. Bodiak Y., Boichuk T. Recycling and disposal of chemical waste in ukraine. *«Перспективи хімії в сучасному світі»* : II Інтернет-конф. молодих вчен., м. Житомир, 23 листоп. 2022 р. Житомир, 2022. С. 28–29.

					ВСТУП	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Пігменти та барвники у харчовій промисловості

Речовини, які надають певного забарвлення продуктам харчування, мають проходити суворий контроль якості, відповідати всім гігієнічно-санітарним нормам, а також вводиться до рецептури суворо за технологією та у кількості, що вказана у регламенті на певний харчовий продукт.

Харчові барвники відносяться до класу *харчових добавок* – речовин, які вводять в продукти харчування з метою поліпшення їх властивостей, надання продукту певної структури, кольору, запаху, перешкоджанню розвитку мікроорганізмів та відповідно надання продукту довшого терміну придатності. Можуть мати природне або синтетичне походження.

Харчові добавки не вживають як самостійний продукт, вони мають бути повністю безпечними, тобто не виявляти токсичної дії на організм людини [1].

Харчові барвники – речовини синтетичного, тобто штучного або природного походження, які вводять в продукти харчування з метою:

- надання кольору;
- відновлення кольору, який був втрачений під час обробки чи зберігання продукту харчування;
- посилення природного забарвлення продукту.

Харчові барвники, оскільки вони є харчовими добавками, не можуть споживатися як самостійний продукт, а лише є компонентами харчового продукту.

Зазвичай барвники вводять у продукт у вигляді розчинів, а ті барвники, які утворюватимуть дисперсії у воді, або плівкоутворювальні речовини мають

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.011.КР.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ			Літ.	Арк.	Аркуші		
Розроб.	Бодяк Ю.М.									11	102	
Перевір.	Сабадаш Н.І.							НУХТ Каф. ТЖХТ				
Н. Контр.	Подобій О.В.											
Затверд.	Носенко Т.Т.											

назву *пігменти*. Тобто, основна відмінність барвників та пігментів – розчинність у воді, яка не є характерною для пігментів.

Харчові барвники за походженням поділяють на три категорії:

- натуральні;
- ідентичні натуральним;
- синтетичні [2].

Барвники можуть випускатися у вигляді гранул, порошків, розчинів та інших формах випуску спеціального призначення.

Застосовують харчові барвники у технологіях:

- напоїв;
- кондитерських виробів;
- молочних продуктах (напр. йогурти, сири);
- сухих сніданків;
- корми для домашніх тварин;

та багато інш.

Крім естетичних функцій, колір продукту також може дати натяк на те, яким саме буде смак:

- *червоний* – солодкий, ягідний;
- *жовтий* – ніжний, кремовий, свіжий;
- *зелений* – кислий, можливо з легкою солодкістю;
- *коричневий* – гіркуватий.

Крім кольору, речовини, які надають продуктам харчування певного кольору відносять наступні функції:

- оригінальність зовнішнього вигляду;
- однорідність харчової маси;
- ідентифікація продукту;
- покращена стабільність та зменшення відходів при зберіганні;
- поліпшення дії антиоксидантів та поживних речовин, адже

натуральні барвники можуть мати властивості як консервантів, так і мати природну користь, наприклад вітамінну [3].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З хімічної точки зору барвники та пігменти поділяють на наступні класи речовин:

1. Азобарвники

До відомих азобарвників ми можемо віднести амарант, структурна формула якого представлена на *рисунку 1.1*.

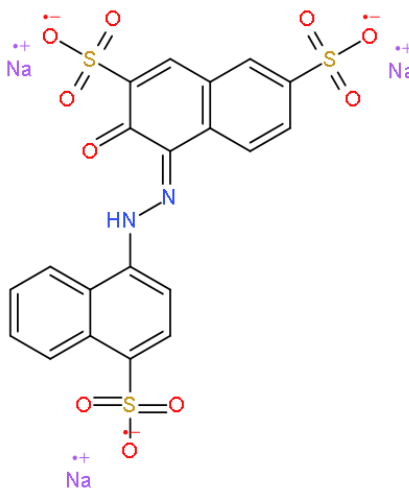


Рисунок 1.1 Структурна формула амаранту

Зовнішній вигляд червоного харчового барвника амарант E123 зображено на *рисунку 1.2*.



Рисунок 1.2 Зовнішній вигляд харчового барвника E123 - амарант

2. Аміачні барвники (карамельні)

Даний клас барвників має не дуже позитивний вплив на здоров'я людини, крім того його представники досить обмежені в кольоровому діапазоні, який представлено на *рисунку 1.3*.



Рисунок 1.3 Відтінки карамельних барвників

3. Неорганічні оксидні барвники

Одним з перших досліджених неорганічних оксидних барвників є діоксид титану TiO_2 , зовнішній вигляд якого представлено на *рисунку 1.4*.



Рисунок 1.4 Зовнішній вигляд барвника діоксид титану

Діоксид титану TiO_2 , який має шифр E171 має гарну вибілюючу властивість, тому його застосування доречне при виробництві цукру, або у кондитерській промисловості для отримання білого зефіру, кремів та інш.

4. Синтетичні барвники

Значний час вважалося, що синтетичні барвники мають виражену генотоксичність та канцерогенність. Та, провівши певний ряд досліджень, на сьогоднішній день це твердження вже не є актуальним. Використання синтетичних барвників, які дійсно мають негативний вплив на організм людини, суворо регламентується та навіть може бути забороненим до використання в низках країн світу.

5. Трифенілметан

Клас трифенілметанових барвників має свою назву завдяки хімічній структурі – у своєму складі містить три фенольні групи. До них відносять деякі з представників синіх та зелених барвників. Загальну структурну формулу даного класу барвників наведено на *рисунку 1.5*.

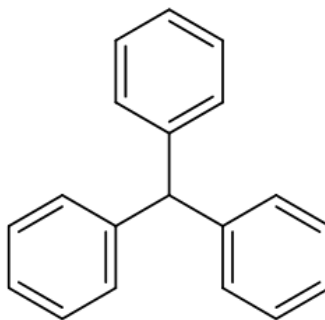


Рисунок 1.5 Структурна формула трифенілметану

6. Ксантен

Ксантен – це жовта органічна молекула з гетероциклічним ланцюгом. Зазвичай, група даних барвників обмежується синтезом такого барвника як кислотний червоний. Даний барвник частіше застосовують у медичній та косметичній промисловості, а також у текстилі [4].

Структурна формула ксантену зображено на *рисунку 1.6*.

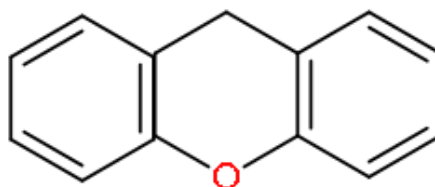


Рисунок 1.6 Структурна формула ксантену

7. Антоціани

Антоціани – це водорозчинні сполуки, які надають плодам овочів, фруктів, ягід тощо червоного-синього кольору. Дані речовини знаходяться у глікозильованих формах. Основними джерелами для їх отримання відповідно є рослинна сировина червоного, синього, фіолетового походження, наприклад: ягоди бузини, гранат, чорниця, синя капуста, синій виноград, шовковиця, баклажани, інжир, тощо [5].

Сировина для отримання антоціанів представлена на *рисунку 1.7*.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.7 Природна сировина для отримання антоціанів

8. Каротиноїди

Каротиноїди мають гарний вплив на організм людини, завдяки своїй біологічній активності. Вони мають жовті, жовтогарячі, помаранчеві або червоні відтінки. У харчовій промисловості застосування таких барвників як каротиноїди є певною необхідністю, оскільки даний клас не синтезується в людському організмі, в той самий час виконуючи низку важливих життєвих функцій [4, 6].

Найпоширенішою сировиною, для отримання барвників класу каротиноїдів є чорнобривці, з яких ми отримаємо такий каротиноїд як *лютеїн*, структурна формула якого та зовнішній вигляд наведено на *рисунку 1.8* та *рисунку 1.9* відповідно.

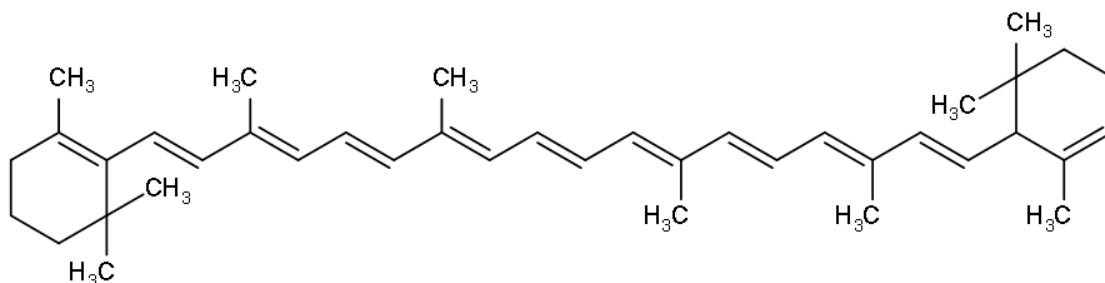


Рисунок 1.8 Структурна формула лютеїну

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.9 Зовнішній вигляд барвника лютеїну

9. Флавоноїди

Флавоноїди володіють гарною антиоксидантною та протизапальною дією. У якості барвників флавоноїди мають гарні властивості захисту від УФ-випромінювання, окиснювачів або вільних радикалів, виявляють антигрибкові та антибактеріальні властивості.

Крім того, продукти харчування, які містять флавоноїди, досить багаті на вітамін С, який також вкрай необхідний для людського організму [4, 7].

Флавоноїди мають жовті та трохи зелені відтінки, сировина для отримання даного класу зображена на *рисунку 1.10*.



Рисунок 1.10 Сировина для отримання флавоноїдів

1.2 Сині пігменти: представники, застосування

Говорячи за барвники синього кольору, ми зазвичай маємо на увазі органічне рослинне походження – лохина, чорнослив, чорниця, смородина, терен, баклажани, тощо. Дані барвники можуть мати злегка фіолетові відтінки, особливо вони можуть бути чуттєвими до зміни рН середовища, під час роботи з ними [8]. В той же час, пігменти будуть більш стійкими та, відповідно, більш прийнятними у певних рецептурах.

Відомо, що харчова промисловість має на меті збільшити палітру кольорів за рахунок натуральних барвників, але, як вже було зазначено, блакитний колір в природі не є досить поширеним в порівнянні з жовтим, зеленим, чи, наприклад, червоним кольорами. Не дивлячись на те, що синтетичні барвники мають певний вплив на здоров'я людини, вони досить широко застосовуються у харчовій промисловості.

Овочі та фрукти було визнано важливими компонентами у раціоні здорової людини, через що кольорова їжа приносить значне відчуття задоволення під час їжі, адже вона асоціюється зі здоров'ям. Враховуючи те, що фрукти та овочі синього кольору не часто зустрічаються у природі, палітра синіх відтінків (в т.ч. фіолетові кольори) вважаються менш апетитними, оскільки асоціюються зі штучним барвником.

Серед барвників синього відтінку відома сполука, яка утворюється внаслідок реакції між геніпіном та первинними амінами, на сьогоднішній день вона має найвищий потенціал для застосування у харчовій промисловості. Недоліком даного барвника є низький рівень інформації щодо його властивостей: складу, токсичності, фізико-хімічної стійкості при несприятливих умовах, тощо.

Серед синтетичних синіх барвників, які на сьогоднішній день застосовуються у харчовій промисловості, ми можемо представити [9]:

- E131 ceruleum protectum, Patent Blue;
- E 132 індигокармін, індигокармін;
- E 133 ceruleum nitens, Brilliant Blue .

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. E131 синій патентований V та E133 синій блискучий

Даний барвник також можна зустріти під назвою «*синій блискучий*».

Відомі його не зовсім сприятливі для здоров'я людини властивостями, але, все ж таки, він є у переліку дозволених до використання добавок у харчовій промисловості. Зовнішній вигляд барвника наведено на *рисунку 1.11*.



Рисунок 1.11 Барвник E131 синій патентований

Барвник E131 може мати різний склад, в залежності від методу його отримання, але за загальною класифікацією він є харчовим барвником синтетичного походження.

Характеризуючись деякими не особливо сприятливими для здоров'я людини властивостями, барвник E 131 все ж включений до списку добавок харчових, які не заборонені для використання в харчовому виробництві. Склад барвника E 131 безпосередньо залежить від способу його одержання, за рахунок чого дана речовина відноситься до барвників харчовим синтетичного походження. Порошок або гранулят фіолетового або червоно-синього кольору отримують з кам'яновугільної смоли шляхом органічного синтезу. У воді цей барвник розчиняється погано, утворюючи в результаті блакитний розчин. А при змішуванні з іншими барвниками можуть виходити абсолютно різноманітні відтінки.

2. E132 індигокармін

Індигокармін – це динатрієва сіль індиго-5,5'-дисульфокислоти. У міжнародній класифікації позначається як 860-22-0. За Європейською системою індигокармін має код E132.

Даний барвник є розчинним у воді, крім того, він досить легко піддається розчиненню у воді, інтервал переходу рН досить великий, може

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

варіювати від синього до жовтого з відмітками 11,6-14,0. В якості індикатора виявляє кислотноосновні властивості. Структурна формула індигокарміну наведена на *рисунку 1.12*.

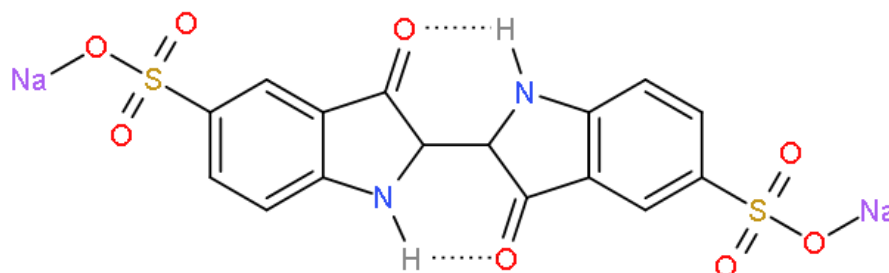


Рисунок 1.12 Структурна формула індигокарміну

Синтетично індигокармін вперше був добутий наприкінці 19-го століття, після чого він досить активно замінив свого натурального представника.

Після розчинення у воді індигокармін набуває інтенсивного синього забарвлення. Має своє застосування у кондитерській промисловості, а також під час приготування напоїв, адже має низьку стійкість до редукуючих цукрів [10].

1.3 Ультрамарин – опис пігменту, сфери застосування

Ультрамариновий синій, що походить від латинського Ultramarinus, перекладається як «за морем», оскільки його імпортували з-за океану італійські торговці в 14-15 століттях. Втілене в назві Ultramarine Blue - це чудовий синій, який походить від каменю Lapis Lazuli. У той час цей блискучий синій коштував непомірно високу ціну, був недоступний, але дуже затребуваний такими великими митцями, як Мікеланджело, Рафаель і Вермеер. Його велика історія та попит лише зростали з роками й ця тенденція зберігається й на сьогоднішній день [18].

Ультрамарин – це блакитний пігмент, який має стародавнє походження, неорганічний. Отримують ультрамарин шляхом спалювання сульфату натрію, кварцу та сірки за температури 800°C. Формула ультрамарину:



Зовнішній вигляд ультрамарину наведено на *рисунку 1.13*.



Рисунок 1.13 Зовнішній вигляд ультрамарину – блакитного пігменту

Структура ультрамарину схожа до структури цеоліту – групи мінералів, водні алюмосилікати кальцію і натрію, які заміщуються іноді К, Ва, Sr та ін.

Перевагами даного пігменту є такі показники як:

- нетоксичний;
- невелика кількість викиду CO₂;
- безпечний під час отримання та як готовий продукт;
- зберігає стабільність розмірів та не деформується;

- має високу термостійкість – до 350°C;
- стійкій до дії світла;
- стійкій до дії навколишнього середовища;
- не мігрує.

Представимо загальну характеристику ультрамарину за певним показниками у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика показників ультрамарину

ПОКАЗНИК	ХАРАКТЕРИСТИКА
Колір	Світло синій
Індекс кольору	Пігмент синій-29
Формула пігменту	$\text{Al}_6\text{Na}_8\text{O}_{24}\text{S}_3\text{Si}_6$
Номер ЄС	309-928-3
Хімічна природа	Неорганічний
Зовнішній вигляд	М'який синій порошок
Розмір частинок D50, мікрон	1,0
Вологомісткість, %	<1
Вільна сірка, %	<200 ppm
Розчинна сіль	<1

[18]

Ультрамарин має дуже широку сферу застосування:

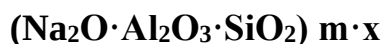
- косметична промисловість;
- фармакологія;
- миючі засоби;
- іграшки;
- побутова техніка;
- харчова промисловість (відбілювання цукру);
- текстиль (синька для відбілювання, фарбування тканин);
- будівельні та ремонтні матеріали;
- лакова та фарбова промисловість;

- виготовлення мила;
- виготовлення пластику;
- виготовлення покриттів та деталей для автомобілей.

Основною перевагою ультрамарину є його висока стійкість до ультрафіолету. Тобто, використовуючи даний пігмент ми можемо бути переконані в тому, що наш матеріал не втратить інтенсивності кольору з часом, або дуже швидко [11, 18].

Ультрамарин відноситься до групи алюмосилікатів натрію. Дані алюмосилікати можуть зустрічатися в природі у вигляді таких мінералів як ноеан, содаліт, канкриніт.

Загальна формула даних алюмосилікатів виглядає як:



В якості X може бути приєднано Na_2SO_4 , NaCl , Na_2CO_3 , а $m = 3$, наприклад, склад нозеану $(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2)_3 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ – зовнішній вигляд якого представлено на *рисунку 1.14* [12].



Рисунок 1.14 Зовнішній вигляд нозеану

Ультрамарин завжди знаходиться у фіолетово-синьому кольорі, але в той же час має велику палітру відтінків, які представлено на *рисунку 1.15*.

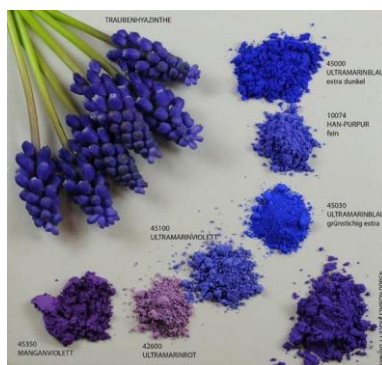


Рисунок 1.15 Відтінки ультрамарину

1.4 Методи отримання ультрамарину

Виробництво ультрамарину складається з двох основних стадій:

1. Випал ультрамаринової шихти

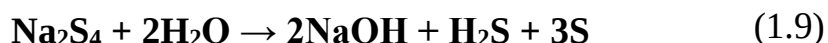
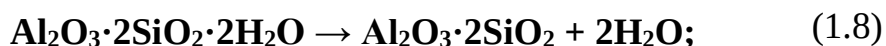
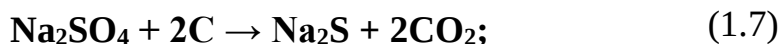
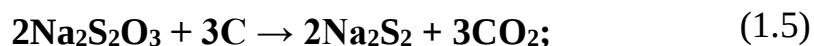
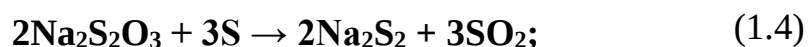
Під час даної стадії утворюється складний сірковмісний алюмосилікат натрію – так званий зелений напівфабрикат.

2. Окиснювання зеленого напівфабрикату.

В ході проведення даної стадії утворюється продукт яскравого синього кольору з усіма властивостями пігменту [39].

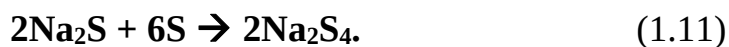
Найбільш важливим, звісно, є процес випалу, оскільки саме ця стадія визначає, якою буде якість одержаного пігменту [12].

Відомий двостадійний метод синтезу ультрамарину методом прогартування, що реалізується як у тиглях, так і у стаціонарних печах. Як сировину застосовують каолін $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), сірку, карбонат натрію, оксид кремнію (1У) у співвідношенні 6:6:6:1. Прогартування ведуть при температурі до 700 °С у присутності відновлювача (кам'яновугільний пек, деревне вугілля, каніфоль). При цьому перебігають реакції утворення полісульфіду натрію, алюмосилікату натрію й продукту їх взаємодії, (ультрамарину):

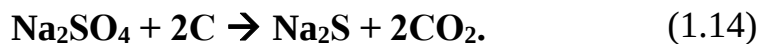
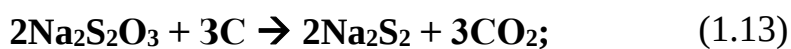
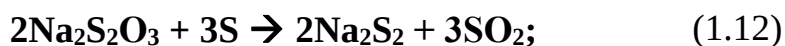


Основними процесами, що перебігають при випалі шихти є утворення полісульфіду натрію, алюмосилікату натрію й продукту приєднання, тобто ультрамарину. Полісульфід натрію утворюється у результаті взаємодії соди й

сірки; реакція протікає при низькій температурі (200–400 °С) і може бути представлена рівняннями:



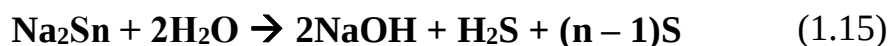
Тіосульфат натрію при нагріванні нестійкий; він розкладається при $T = 300$ °С на сульфід Na_2SO_3 і сірку, а при 400 °С – на сульфат і полісульфід. У присутності сірки й пеку (С) відбувається відновлення тіосульфату й сульфату натрію:



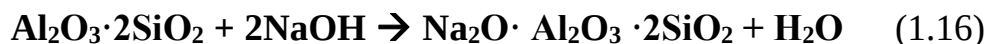
Однак поряд із цим, очевидно, сульфід і полісульфід натрію окиснюються киснем повітря, що надходить із сировиною й через нещільності печі, унаслідок чого співвідношення між Na_2S і $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ зберігається й при більше високих температурах.

Полісульфід натрію відіграє важливу роль у всіх стадіях процесу: створює відбудовне середовище, бере участь в утворенні алюмосилікату натрію й виконує свою основну функцію продукту приєднання. Можна також припустити, що завдяки низькій температурі плавлення (200–250 °С) він сприяє деякій цементації маси, що особливо корисно при безперервному процесі синтезу ультрамарину.

Утворення алюмосилікату натрію починається при температурі зневоднювання й розпаду кристалічних ґрат каоліну, проходить досить інтенсивно й майже повністю закінчується при $T=500^\circ\text{C}$. Реакція, цілком імовірно, перебігає під дією їдкого натру, що утворюється внаслідок результату розкладання полісульфіду натрію парами води, які виділяються при зневоднюванні каоліну:



З їдким натром реагує продукт розкладання каоліну:



Мольне співвідношення у каоліні $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ становить 2:1, так само, як і у алюмосилікату натрію, на основі якого й утворено каолін, силікатний модуль в свою чергу сягає 1,18. Якщо кремнезем міститься у шихті у підвищеній кількості, тоді шихта матиме слабше спікання, що є позитивним фактором для проходження реакцій у твердій фазі. Для того, щоб підвищити кремнистість до складу ультрамаринової шихти вводять кремнезем у формі діатоміту або інфузорної землі, оскільки дані форми є найбільш реакційно спроможними.

Слід пам'ятати, що значне збільшення кількості кремнезему призводить до сильного спікання грудок, деградації кольору (потемніння) і зниження міцності пігменту. Останнє пов'язано з тим, що кремнезем гальмує процес кристалізації. Додавання полісульфіду натрію до алюмосилікату натрію відбувається в діапазоні температур $T = 670-730^\circ\text{C}$, зі збільшенням додавання: 30% при 670°C , 70% при 700°C і повністю при 730°C . Це збільшує вміст натрію та сірки. Остання стадія - завершення процесу утворення ультрамарину - відбувається в досить вузькому діапазоні температур ($730-750^\circ\text{C}$) і вимагає витримки протягом певного часу ($\sim 3-4$ години), що, ймовірно, пов'язано з необхідністю підвищення кристалічності та отримання продукту з постійним дисперсним складом.

Рентгеноструктурний аналіз показав, що в продуктах випалу до температури $T = 500^\circ\text{C}$ спостерігаються інтерференційні лінії каоліну, при $T = 500^\circ\text{C}$ і $T = 600^\circ\text{C}$ лише кварцу, при $T = 670^\circ\text{C}$ – суміші кристобаліту, нефеліна й ультрамарину ($\sim 30\%$ кожного компонента), при 700°C – суміші ультрамарину ($\sim 75\%$) і нефеліна ($\sim 25\%$), при 730°C – ультрамарину з невеликою домішкою кварцу, після витримки при 730°C – ультрамарину. Інтерференційних ліній алюмосилікату до 670°C не спостерігається.

Основні етапи прожарювання (випалу) можна підсумувати наступним чином: утворення полісульфіду натрію ($200-400^\circ\text{C}$), дегідратація і

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розкладання каоліну (450-500°C), утворення алюмосилікату натрію (500°C), взаємодія з полісульфідом натрію, кременистість алюмосилікату Підвищення (650-700°C), додавання полісульфіду натрію, поступове утворення ультрамарину (670-130°C), швидка кристалізація (730-750°C).

Тільки продукти з високим вмістом сірки (~11%), де додавання полісульфіду натрію є достатньо глибоким, мають хороші пігментні властивості (насичений колір, висока міцність).

Таким чином, у процесі виробництва ультрамарину полісульфід натрію додають до аморфного алюмосилікату натрію для кристалізації добавки. Чистий алюмосилікат натрію, отриманий з розчину алюмінату і силікату натрію, має склад $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2,9SiO_2$, тобто майже ідентичний до синтезу ультрамарину, але є аморфним і стає кристалічним лише при високих температурах (~1000°C) і тривалому нагріванні.

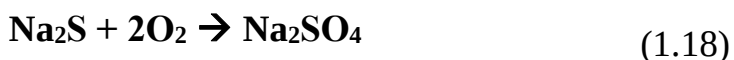
Прискоренню процесу кристалізації сприяє наявність великого надлишку полісульфіду натрію, сильнолужне середовище й певний температурний режим, тобто ті самі фактори, що й при утворенні аналогічних мінералів (нозєану й ін.). Кристалізація, однак, не повинна бути передчасною, оскільки, очевидно, кристалічний алюмосилікат натрію досить стійкий і не здатний до реакцій приєднання й до перекристалізації. І дійсно, численні спроби одержання ультрамарину на основі природнього кристалічного нефеліну не мати успіх. Рекомендується наприкінці випалу підтримувати слабоокиснювальне середовище. Це пов'язане із частковим окиснюванням полісульфіду, завдяки чому полегшується його приєднання до алюмосилікату натрію. Не з'ясована повністю роль пеку в шихті. Вважають, що пік відновлює тіосульфат до сульфідів натрію. Однак у разі відсутності пеку ультрамарин узагалі не утворюється, що навряд чи пов'язане з малим вмістом у реакційній масі сульфідів натрію. Роль пеку полягає також у відновленні сірчистого ангідриду, що утворюється при відновленні тіосульфату, а також окисненого продукту приєднання, можливо, продукту складу $(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2)_3 Na_2SiO_3$.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ультрамарин можна одержувати не тільки з каоліну, але також з інших аналогічних з'єднань, наприклад аморфного алюмосилікату натрію, суміші алюмінату натрію й кремнезему, суміші аморфних оксидів алюмінію та кремнію.

Маса, отримана після випалу, являє собою суміш зеленого кольору, ультрамарину (~60%), тіосульфату натрію (~17%), сульфід натрію (3-4%), вільного і полісульфіду сірки (3-4%).

Зелений ультрамарин не має постійного складу, приблизно він може бути представлений формулою $(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2,8SiO_2)_x Na_4S$, де $x = 3,0-3,4$, $p = 4-5$; колір його також непостійний; крім того, він нестійкий і на повітрі поступово змінюється. Другий етап процесу виробництва ультрамарину передбачає обробку сумішню діоксиду сірки та кисню або лише киснем з повітря. Це пов'язано з тим, що в масі міститься вільна полісірчана кислота, яка при окисленні згорає до SO_2 . Першими окислюються водорозчинні солі, тобто тіосульфат і сульфід натрію:



Зелений ультрамарин під дією суміші $SO_2 + O_2$ перетворюється: зміст моносулфідної сірки знижується з 5,1–5,7 % до 2,2–3,2 % і відповідно збільшується вміст полісульфідної сірки (значення p у Na_2S змінюється від 1,5–2,5 до 3–5), вміст натрію знижується з 18,17–17,3 % до 16,6–15,9 %. Зменшення вмісту натрію та моносулфідної сірки відбувається паралельно.

Зелений ультрамарин окислюється в окислювальній печі при температурі 450-470°C за допомогою повітря. Піч нагрівається через стінки, а подачу повітря і температуру печі можна регулювати окремо. Синій ультрамарин містить 20-30% сульфату натрію і відмивається відскоком. Осад сушать у барабанній сушарці (температура відпрацьованих газів на виході з сушарки нижче 200°C) і подрібнюють у кульовому млині. При виробництві ультрамарину для художніх фарб (особливо для продуктів високого класу) використовується мокрий помел з класифікацією.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Зовнішній вигляд зеленого ультрамарину представлено на *рисунку 1.16*.



Рисунок 1.16 Зелений ультрамарин

Вміст загальної сірки в алюмосилікатній частини при обробці сумішшю $\text{SO}_2 + \text{O}_2$ практично залишається незмінним. Реакція, що перебігає при цьому, може бути подана в такому вигляді відбувається відщеплення частини натрію, пов'язаного із сіркою:



Окиснювання здійснюється при $T = 400\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$ при тривалості окиснювання 4–6 год.

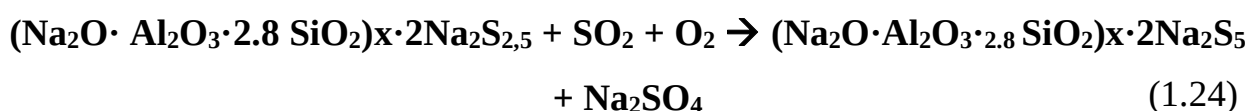
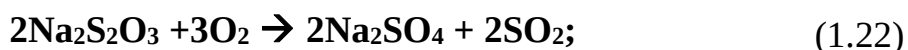
При окиснюванні кисень повітря використовується майже повністю, тому для завершення процесу досить 120–150 % від розрахункової кількості повітря. Процес можна контролювати за вмістом кисню в газовій фазі: на початку процесу воно низьке (0,0–0,6 %), до кінця підвищується до 17–18 %. Газові викиди містять 1,5–4 % SO_2 і H_2S , іноді кількість цих газів підвищується до 5–8 %, вміст H_2S коливається від 1,5 до 3,0 %. Умови окислення не мають значного впливу на склад газів, що виділяються. Процес окислення відбувається швидше лише для зеленого ультрамарину з високим вмістом сірки (~10–11 %), тоді як продукти з меншим вмістом сірки окислюються повільніше.

В результаті окислення колір ультрамарину стає насиченим яскраво-синім кольором. Найчистіші і найкрасивіші відтінки отримують при значеннях n 4-5 у полісульфідів, темніші відтінки з'являються при збільшенні n до 6-7. Окислення збільшує розмір елементарних комірок з 9,020-9,040 Å до 9,050-9,060 Å.

Для виробництва малярського ультрамарину напівфабрикати сушать у барабанній сушарці та подрібнюють у трубчастій сушарці. Випал і окислення можуть здійснюватися послідовно в один етап або окремо в два етапи:



$$\text{де } x = 3,0-3,4; n = 1,5-2,5. \quad (1.21)$$



Фіолетовий ультрамарин, який представлено на *рисунку 1.17*, одержують із синього нагріванням його із хлоридом амонію, що заміщає натрій, або витягом частини натрію шляхом обробки сумішшю:

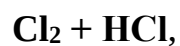


при 250–260 °С.



Рисунок 1.17 Фіолетовий ультрамарин

Червоний ультрамарин одержують із фіолетового також обробкою сумішшю:



при більш низькій температурі (130–135 °С). Можна також проводити обробку парами азотної кислоти [12].

Зовнішній вигляд червоного ультрамарину представлено на *рисунку 1.18*.



Рисунок 1.18 Червоний ультрамарин

1.5 Сировина для отримання ультрамарину

Сировиною для виробництва ультрамарину є шихта, яка являє собою суміш силікату алюмінію, сірки і соди з кремнеземом і відновниками. Силікат алюмінію - це каолін $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 28\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, тонка пластична гірська порода з низьким вмістом домішок і низькою вартістю.

Вода в каоліні гідратована і видаляється при температурі розкладання 500-600°C. Роль каоліну під час випалу також важлива, оскільки він виділяє водяну пару, необхідну для проміжних реакцій. Склад шихти ультрамарину варіюється в невеликому діапазоні і в середньому має наступний вигляд (у вагових частках): каоліну 30, соди 30, сірки 30, кремнезему 5, відновника 5, що відповідає мольному співвідношенню $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{S} = 1:2,4:8:0,8$ [12]. Всі матеріали повинні бути сухими, щоб уникнути розкладання сульфідів, що утворюються при випаленні, і виділення сірководню.

Представимо також можливу складову шихти, яку використовуються для отримання ультрамарину, у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Склад шихти для отримання ультрамарину

СКЛАДОВІ	ВМІСТ У ШИХТІ, %		ВМІСТ ОСНОВНОЇ РЕЧОВИНИ У ТЕХНІЧНІЙ СИРОВИНІ
	I	II	
Каолін	30,3	25,6	96,6
Сірка	29,4	34,6	99,5
Кальцинова сода	28,9	28,8	97,7
Інфузорна земля	5,5	7,5	86,9
Пек (відновник)	3,6	3,5	97,8

1.6 Методи удосконалення технології ультрамарину

Метою будь-якого технологічного процесу є розробка досконалої технології, яка буде мати максимально можливий для спрощення процес, параметри, економічно вигідні умови й, найголовніше – високоякісний продукт на виході.

Тож, представимо, які саме особливості технології ультрамарину ми можемо модифікувати задля отримання кращого продукту.

Оскільки температурний режим та тривалість технологічного процесу можуть вплинути на кінцевий результат, а саме на колір готового продукту, який може варіюватися від зеленого до фіолетового та червоного, в той час як ми потребуємо синій – дані характеристики було прийнято залишити незмінними.

Варто враховувати, що пігмент ультрамарин – це порошкоподібна речовина, яка може містити домішки певних розмірів, особливо враховуючи склад шихти, з якої складається основна сировинна маса ультрамарину. Також досить частою проблемою є те, що кінцевий продукт трапляється у розмірах більше допущеного, тобто пігмент збитий у грудочки.

Таким чином, у якості удосконалення технології ультрамарину ми можемо запропонувати перед стадією фасування ввести таке обладнання як валкова дробарка та сито.

Після кінцевого висушування ультрамарину пігмент подається на валкову дробарку, за рахунок чого ми матимемо можливість отримати більш однорідний порошкоподібний продукт, без грудочок.

Після валкової дробарки пігмент варто перевести через сито, ті частинки, які не відповідатимуть заданому розміру повертатимуться на подрібнення до валкової дробарки з новою порцією пігменту.

1.7 Висновки до розділу

Проаналізувавши ряд наукової літератури, яка була викладена у розділі 1, ми можемо представити наступні висновки:

1. Речовинами, які надають колір харчовим продуктам виступають барвники та пігменти, було встановлено, що вони можуть мати різне походження, а їх головна відмінність – розчинність у воді, яка не притаманна пігментам.

2. Сині пігменти – рідше за інші використовується у харчовій промисловості, оскільки в переважній більшості вони є синтетичного походження й не є дуже безпечними для здоров'я людини.

3. Представили відомості про ультрамарин, було зазначено, що це синій неорганічний пігмент, який відноситься до алюмосилікатів.

4. Наведено методи добування ультрамарину, в ході аналізу літературних даних описали також методи отримання інших кольорових представників ультрамарину, а саме зеленого, фіолетового та червоного.

5. Ознайомилися з сировиною для отримання ультрамарину, а саме – шихтою, яка має під собою ряд певних складових: каолін, кальцинована сода, сірка, кремнезем, відновник, інфузорна земля та пек (наявність останніх двох в залежності від складу шихти можуть варіюватися).

6. Обрано метод удосконалення технології ультрамарину, а саме виконано підбір додаткового обладнання у вигляді подрібнювача та сита для отримання більш однорідного готового продукту пігменту.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис сировини для отримання пігменту ультрамарину

Для отримання ультрамарину, як вже згадувалося раніше використовують шихту, тобто певну суміш матеріалів у заданій пропорції.

Мольне співвідношення ультрамаринової шихти виглядає як:



У таблиці 2.1 зобразимо даний склад у відсотковому співвідношенні.

Таблиця 2.1

Склад шихти для отримання ультрамарину

КОМПОНЕНТИ	ВМІСТ, %
Каолін	30
Кальцинована сода	30
Сірка	30
Кремнезем	5
Відновник (кам'яновугільний пек)	5

Представимо характеристики кожного зі складового шихти більш детально.

1. Каолін

Серед різних видів глини каолін був найбільшим видобувним матеріалом у 2016 році, світовий видобуток якого склав 37 мільйонів тонн. Каолін традиційно використовується для покриття та наповнення кераміки, вогнетривів та паперової промисловості.

Зовнішній вигляд каоліну представлено на *рисунку 2.1*.

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.035.КР.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Бодяк Ю.М.					
Перевір.		Сабадаш Н.І.					
Н. Контр.		Подобій О.В.					
Затверд.		Носенко Т.Т.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						35	102
					НУХТ Каф. ТЖХТ		



Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд каоліну

Каолініт - це білий шаруватий мінерал у співвідношенні 1:1, шари якого складаються з двох різних рівнів: тетраедричних листів кремнезему та октаедричних листів оксиду алюмінію. Силоксанова поверхня одного шару і алюмініольна поверхня іншого шару пов'язані між собою великими диполь-дипольними взаємодіями на додаток до мережі Н-зв'язків, що ускладнює інтеркаляцію гостей частинок в каолініт.

Каолін має значний потенціал для нетрадиційного застосування у нетрадиційних галузях. Зокрема, основний компонент, мінерал каолініт, може бути функціоналізований завдяки своїй хімічній структурі і має потенціал для використання в різних сферах застосування.

У майбутньому застосування каолініту, ймовірно, зміститься з традиційних сфер, таких як кераміка, плитка і паперові покриття, на більш сучасні і з більшою доданою вартістю. Зокрема, в найближчі роки необхідно інтенсифікувати дослідження для розробки ефективних і економічно вигідних методів виробництва каолініту у формі нанотрубок.

Також передбачається розробка ефективних і простих у використанні електрохімічних пристроїв на основі модифікованого каолініту для селективного кількісного визначення різних забруднювачів у стічних водах, що значно може покращити екологію багатьох виробництв [13].

2. Кальцинована сода

Кальцинована сода — це білий кристалічний порошок або гранульований матеріал, який добре розчиняється у воді та виявляє сильно

плужні властивості. Кальцинована сода містить 99,3 % Na_2CO_3 і класифікується за насипною щільністю.

Структурна формула кальцинованої соди наведено на *рисунку 2.2*.

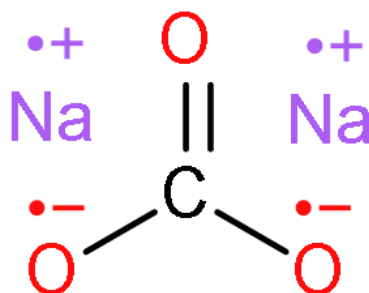


Рисунок 2.2 Структурна формула кальцинованої соди

Кальцинована сода є важливою сировиною для виробництва скла, хімікатів, миючих засобів і мила, паперу, керамічних матеріалів, фармацевтики, текстилю, виробництва сталі, нафтопереробки та металообробки, очищення води та інших важливих промислових продуктів.

Хімічна промисловість виробляє чотири типи кальцинованої соди - легку, середню, гранульовану і щільну - відповідно до форми, розміру частинок і насипної щільності, щоб задовольнити вимоги різних галузей промисловості.

Кальцинована сода утворює органічні та неорганічні сполуки шляхом хімічних реакцій, такі як фосфат натрію, силікат натрію, сульфід натрію, біхромат натрію, сесквікарбонат натрію (солі для ванн, пом'якшувачі води), перкарбонат натрію (також використовується у відбілювачах та косметичі), хімічно чистий карбонат натрію (використовується у фармацевтичній промисловості, тонкій хімії, косметичі та харчовій промисловості), бікарбонат натрію у воді, вихлопних газах та обробці шкіри, миючих засобах, пінопласті, паперовій промисловості, протипожежних порошках, харчових продуктах і кормах для тварин, у фармацевтиці, побуті, а також у бурових розчинах для поліпшення текучості [14].

3. Сірка

Сірка (S) - є важливим елементом, необхідним для всіх живих організмів. Він входить до складу біоорганічних сполук, таких як білки (у формі включених амінокислот, наприклад, цистеїну та метіоніну), антибіотиків та антимікробних сполук (наприклад, пеніцилінів, сульфаніламідів, аліцину), тіоестери, тіоли або меркаптани, іони сульфонію, сульфоксиди та сульфони, диметилсульфоніопропіонат, диметилсульфоксид (звичайний розчинник), сульфолан (звичайний сульфон) і глутатіон (запобігання пошкодженню важливих клітинних компонентів, захист від вільних радикалів, пероксидів і важких металів). Сірка бере участь у метаболізмі живих організмів у окислених формах (сульфат, сульфід, тіосульфат та ін.) і відновлених формах (S^{2-} , HS^- і сірководень $[H_2S]$). S може існувати в таких окисленнях: -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6.

Зовнішній вигляд самородної сірки представлено на *рисунку 2.3*.



Рисунок 2.3 Зовнішній вигляд самородної сірки

Багато продуктів харчування містять сполуки S, і розпад цих сполук у шлунку може надалі впливати на мікробіоту кишечника. Важливим фізичним фактором вивільнення S зі складних органічних сполук є рН середовища шлунка ($pH = 1-3$) і бідна мікробіота через екстремальні умови. У такому мікросередовищі сполуки S з їжі можуть розщеплюватися кількома представниками ацидофільних видів *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* та *Enterobacterales*.

Їжа, як правило, містить слідові рівні летких сполук сірки (VSCs); ці речовини сприяють як хорошим, так і поганим смакам їжі, і вони мають сильний запах [15].

4. Кремнезем

Ефективність практичного застосування високодисперсного кремнезему залежить від розуміння природи хімічних і фізичних процесів, що відбуваються на його поверхні. Найважливішим засобом зміни властивостей кремнезему є хімічна модифікація шляхом хемосорбції різних сполук. Відомо, що вихідний кремнезем, який не піддавався хімічній модифікації, має певний ступінь значної гідрофільності завдяки наявності на його поверхні гідроксильних груп. Однак у багатьох випадках ця властивість стає небажаною і необхідно отримати кремнезем з гідрофобними властивостями, пасивний по відношенню до води. Як правило, це вимагає обробки і силанізації поверхні кремнезему органосиланами з різними хімічними властивостями [16].

Зовнішній вигляд кремнезема зображено на *рисунку 2.4*.



Рисунок 2.4 Зовнішній вигляд кремнезему

5. Відновник (кам'яновугільний пек)

Відновник — це атом або іон елемента, який у процесі реакції віддає певну кількість електронів і сам при цьому окислюється, підвищуючи свій ступінь окислення. Таким чином, процес втрати і одночасної віддачі електронів атомом чи іоном будь-якого елемента називається окисленням [17].

Пек кам'яновугільний - продукт переробки кам'яновугільної смоли. Це твердий чорний продукт, крихкий (при ударі тріскається як блискуча мушля), пластично деформується при поступовому навантаженні, непровідний, нерозчинний у воді та кислотостійкий.

Кам'яновугільний пек має величезне значення в машинобудуванні і характеризується наступними основними показниками якості:

- температура розм'якшення – 67–83 °С;
- зольність – не більше 0,4% (марки пеку «А» та «Б»);
- вологість у твердому печі – 4%.
- температура розм'якшення – 135–170°С;
- зольність – не більше 0,4% (марка «Високотемпературний»);
- вологість у твердому печі – 4%.

Пек використовується у виробництві анодів та графітованих електродів, гідроізоляційних матеріалів, паливних брикетів, толю та руберойду, лаків для металоконструкцій та ін [36]. Зовнішній вигляд кам'яновугільного пеку наведено на *рисунку 2.5*.



Рисунок 2.5 Кам'яновугільний пек

2.2 Технологія ультрамарину

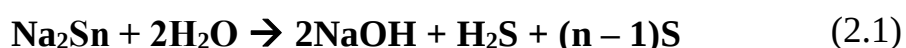
Процес виробництва ультрамарину складається з двох етапів: випал шихти ультрамарину для отримання складного сірковмісного алюмосилікату натрію, так званого зеленого напівфабрикату, і окислення зеленого напівфабрикату для отримання яскраво-синього продукту з усіма характеристиками пігменту.

Процес випалу є найважливішим процесом, оскільки він значною мірою визначає якість виробленого пігменту [12].

Спочатку готують сировину. Інфузорну землю сушать і подрібнюють, і цей процес відбувається при температурі 190-200°C.

Висушену і подрібнену інфузорну землю завантажують сіркою, кальцинованою содою і каоліном

Утворення алюмосилікату натрію починається при температурі зневоднювання й розпаду кристалічних ґрат каоліну, проходить досить інтенсивно й майже повністю закінчується при $T=500^{\circ}\text{C}$. Реакція, цілком імовірно, перебігає під дією їдкого натру, що утворюється внаслідок результату розкладання полісульфіду натрію парами води, які виділяються при зневоднюванні каоліну:



З їдким натром реагує продукт розкладання каоліну:



У каоліні, як і в алюмосилікаті натрію, що утворюється на його основі, мольне співвідношення $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ становить 2:1, а силікатний модуль – 1,18. Підвищений вміст кремнезему в шихті сприяє її слабкому спіканню, що корисно для перебігання реакцій у твердій фазі. Для підвищення кремнієвої кислотності ультрамарину в шихту додають діоксид кремнію, як правило, в найбільш реакційноздатній формі - кизельгур або інфузорну землю.

Отриману шихту вагою 3-7 кг поступово завантажують і обпалюють при температурі 300°C. Цей процес досить тривалий і займає 48 годин. Це означає, що шихта обпалюється протягом двох діб.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними процесами, які відбуваються під час випалу шихти, є утворення полісульфіду натрію, алюмосилікату натрію та добавки ультрамарину. Полісульфід натрію утворюється в результаті взаємодії соди і сірки. Ця реакція відбувається при низьких температурах (200-400°C) і може бути виражена наступним рівнянням:



Маса, одержувана після випалу, являє собою суміш зеленого, ультрамарину (~60 %), тіосульфату натрію (~17 %), сульфід натрію (3–4 %), вільної та полісульфідної сірки (3–4 %).

Основні процеси, що перебігають при випалі, можуть бути представлені в такому виді: утворення полісульфіду натрію (200–400 °C), зневоднювання й розпад каоліну (450–500 °C), утворення алюмосиліката натрію (500 °C), взаємодія його з полісульфідом натрію й підвищення кременистості алюмосилікату (650–700 °C), приєднання полісульфіду натрію, поступове утворення ультрамарину (670–730 °C) і різка кристалізація його (730–750 °C).

Прискоренню процесу кристалізації сприяє наявність великого надлишку полісульфіду натрію, сильнолужне середовище й певний температурний режим, тобто ті самі фактори, що й при утворенні аналогічних мінералів (нозєану й ін.). Кристалізація, однак, не повинна бути передчасною, оскільки, очевидно, кристалічний алюмосилікат натрію досить стійкий і не здатний до реакцій приєднання й до перекристалізації.

Після 48 годин випалу шихту вилуговують за допомогою сірчаної кислоти. В результаті виходить напівфабрикат ультрамарину, який потім відправляється на промивку.

За необхідності продукт обробляють для покращення його властивостей як фарби.

Для виробництва ультрамарину для фарбування напівфабрикати ультрамарину промивають у воді при температурі 20-30 °C.

Промиті ультрамаринові напівфабрикати сушать при температурі 150-200 °С.

Висушений ультрамарин розтирають протягом 10-12 годин у кількості не більше 2 тонн за один раз.

Готові пігменти пакують, маркують і відправляють на склад для реалізації.

Отже, процес одержання ультрамарину полягає в приєднанні полісульфіду натрію до аморфного алюмосилікату натрію та кристалізації продукту приєднання. Чистий алюмосилікат натрію, отриманий з розчинів алюмінату й силікату натрію складу $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2,9SiO_2$, тобто приблизно такого самого, як при синтезі ультрамарину, аморфний і переходить у кристалічний стан лише при високих температурах (~1 000 °С) і тривалому нагріванні.

Загальною реакцією отримання синього ультрамарину з зеленого ультрамарину є наступне рівняння:



Після цих етапів, готовий ультрамарин знову подрібнюють і просівають, ті часточки, що не відповідають заданому розміру повторно подрібнюють.

Потім його упаковують, маркують і відправляють на склад готової продукції.

2.3 Принципова технологічна схема отримання ультрамарину

Окрім зважування компонентів, як для будь-якого виробництва, при отриманні ультрамарину ми маємо в технології дві підготовчі стадії: підготовка інфузорної землі та каоліну. Даний процес буде виділено пунктирною рамкою на принциповій технологічній схемі отримання ультрамарину, яка зображена на *рисунку 2.6*.

Отже, представимо опис до *рисунка 2.6* починаючи з підготовчих процесів.

1. Подрібнення інфузорної землі

Оскільки інфузорна земля є гірською породою, то в початковому вигляді вона має вигляд бруску землі. Для внесення інфузорної землі до складу шихти її необхідно висушити. Але, як було вказано, в першочерговому вигляді вона являє собою шмат землі, тому для проведення сушіння її необхідно подрібнити по порошкоподібного стану. Розміри частинок мають проходити через сито №0085, а отже їх діаметр бажано має становити до 0,085 мм.

2. Сушіння інфузорної землі

Після подрібнення інфузорну землю сушать при температурі у 100-110°C протягом 80 хвилин. Лише після цього вона підходить для внесення її у склад шихти.

3. Сушіння каоліну

Каолін, як було згадано раніше, так само як і інфузорна земля є гірською породою, тому вона містить певну кількість вологи. Сушіння каоліну для видалення гідратної відбувається при досить високих температурах – 800°C та протягом 1-1,5 години.

4. Отримання шихти

Після попередньої підготовки необхідних складових ми маємо змогу отримати якісну шихту. До її складу входитиме: висушений каолін, кальцинована сода, сірка, подрібнена та висушена інфузорна земля та пек. Для отримання шихти із зазначених складових проводимо ретельне перемішування, доки суміш не стане однорідною.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Випал шихти

Отриману шихту піддають випалу при температурі у 700-800°C, адже саме ця температура є необхідною для отримання синього ультрамарину в кінцевому результаті. Випал ультрамаринової шихти триває протягом 48 години. Маса чистого ультрамарину при дотриманні температурного режиму може складати до 75%.

6. Вилуговування шихти

Вилуговування ультрамаринової шихти після випалу проводиться за допомогою сірчаної кислоти та води за температури 20-30°C, рівень рН має дорівнювати 1,6. Процес вилуговування може тривати від 90 до 120 хвилин. За допомогою вилуговування ми маємо змогу перевести мінеральні породи у розчин.

7. Висушування ультрамарину

Після вилуговування ми отримаємо напівфабрикат ультрамарину, який піддають висушуванню. Під час даного процесу відбувається кристалізація ультрамарину, що супроводжується високою температурою у 1000°C.

8. Подрібнення ультрамарину

Отримавши кристалізований ультрамарин нам необхідно перевести його в порошкоподібний стан. Для цього ми проводимо подрібнення ультрамаринового напівфабрикату. Розмір частинок ультрамарину мають складати не більше ніж 0,2 мкм.

9. Просіювання ультрамарину

Порошкоподібний ультрамарин після помелу необхідно піддати просіюванню, аби уникнути потрапляння на пакування часточок більше зазначених розмірів. Після просіювання завеликі часточки направляються на повторне просіювання, в той час як відповідний до заданих параметрів пігмент направляється на пакування.

10. Пакування

Готовий пігмент ультрамарин фасується у мішки по 25 кг, пакується у партії та направляється на склад готової продукції.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

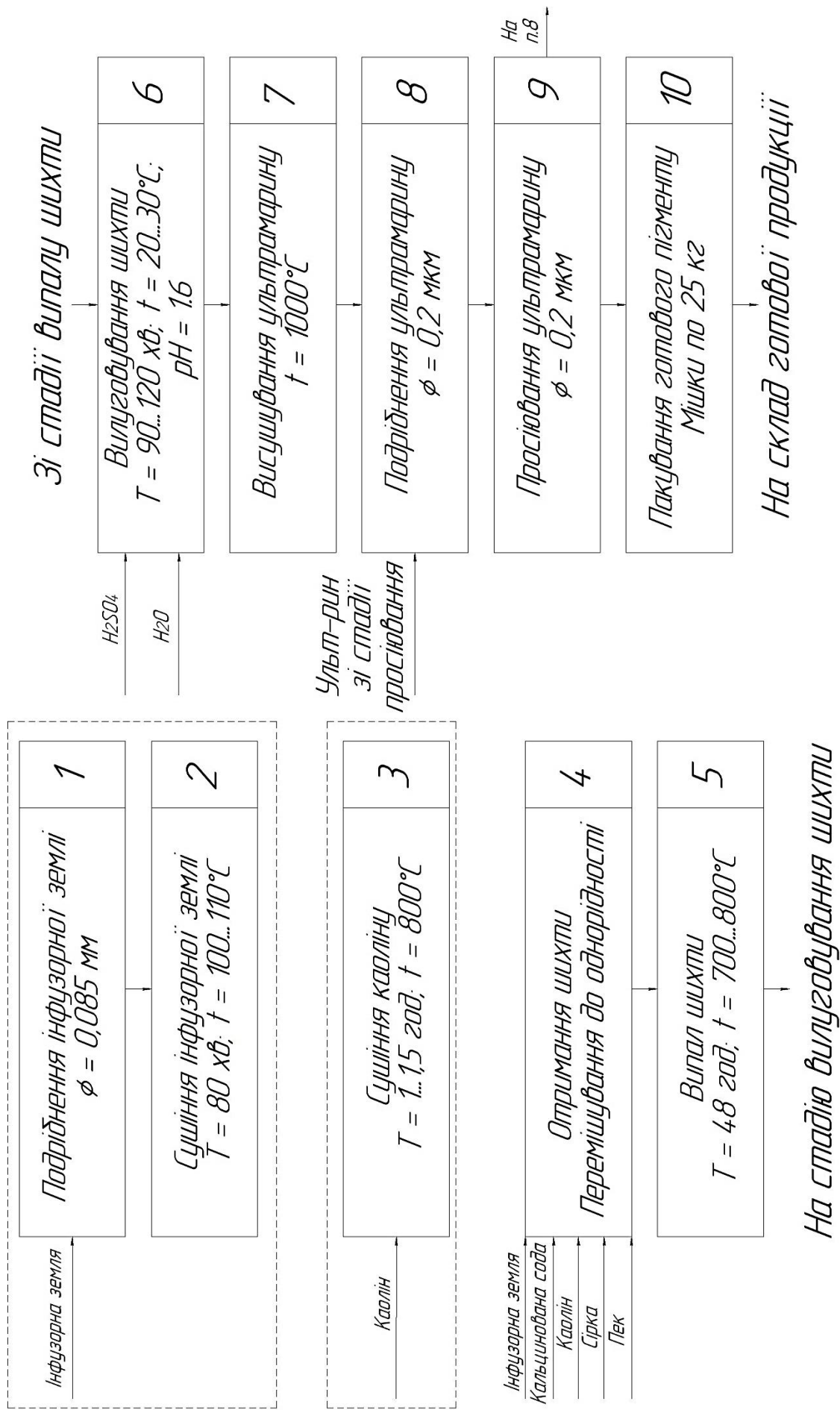


Рисунок 2.6 Принципова технологічна схема отримання ультрамарину

2.4 Розрахунок матеріального балансу отримання синього ультрамарину

Розрахунок матеріального балансу будь-якого процесу виробництва підлягає закону: маса вихідних продуктів процесу повинна дорівнювати масі його кінцевих продуктів за формулою:

$$\Sigma G_{\text{вихідні}} = \Sigma G_{\text{кінцеві}} \quad (2.6)$$

де $\Sigma G_{\text{вихідні}}$ – сума ваг (мас) вихідних продуктів процесу;

$\Sigma G_{\text{кінцеві}}$ – сума ваг (мас) кінцевих продуктів процесу в тих же одиницях виміру [19].

Розрахунок проводимо з урахуванням продуктивності основного виробництва 1000 кг/добу.

Склад та кількість кожного компоненту шихти представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Відсотковий та масовий склад шихти для отримання ультрамарину

КОМПОНЕНТИ	ВМІСТ, %	ВМІСТ, КГ
Каолін	30	300
Кальцинована сода	30	300
Сірка	30	300
Інфузорна земля	5	50
Пек	5	50
ВСЬОГО	100	1000

1. Подрібнення інфузорної землі

Під час даного процесу на стадії вводимо інфузорну землю масою 50 кг, втрати під час подрібнення сировини становлять 1%.

Отже, в результаті подрібнення інфузорної землі втрати встановитимуть:

$$50 * 0,01 = \underline{0,5 \text{ кг}}$$

Якщо маса втрат 0,5 кг, то маса подрібненої інфузорної землі становить:

$$50 - 0,5 = \underline{49,5 \text{ кг}}$$

Результати матеріального балансу стадії подрібнення інфузорної землі внесено до *таблиці 2.3*.

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс стадії подрібнення інфузорної землі

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Інфузорна земля	50	Подрібнена інфузорна земля	49,5
		Втрати	0,5
ВСЬОГО	50	ВСЬОГО	50

2. Сушіння інфузорної землі

Після подрібнення ми маємо 49,5 кг інфузорної землі, яку піддаємо сушінню. Втрати під час стадії сушіння становлять 0,5%.

Розрахуємо, якою буде втрата інфузурою подрібненої землі після висушування:

$$49,5 * 0,005 = \underline{0,24 \text{ кг}}$$

Отже, маса висушеної інфузорної землі, що є придатною для внесення в шихту становить:

$$49,5 - 0,24 = \underline{49,26 \text{ кг}}$$

Результати розрахунку сушіння інфузорної землі наведено у *таблиці 2.4*.

Таблиця 2.4.

Матеріальний баланс стадії сушіння інфузорної землі

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Подрібнена інфузорна земля	49,5	Висушена інфузорна земля	49,26
		Втрати	0,24
ВСЬОГО	49,5	ВСЬОГО	49,5

3. Отримання шихти

Для отримання шихти ми вносимо подрібнену та висушену інфузорну землю масою 49,26 кг, пек масою 50 кг, каолін масою 300 кг, кальциновану соду масою 300 кг та сірку також масою 300 кг.

Всі компоненти шихти необхідно перемішати, втрати під час процесу перемішування складатимуть 2%.

Отже, розрахуємо, якою ж буде маса втрат під час отримання шихти:

$$(300 + 300 + 300 + 50 + 49,26) * 0,05 = 999,26 * 0,02 = \underline{20 \text{ кг}}$$

або

$$300 * 0,02 = 6 \text{ кг} * 3 = 18 \text{ кг}$$

$$50 * 0,02 = 1 \text{ кг}$$

$$49,26 * 0,02 = 1 \text{ кг}$$

$$\text{Всього: } 18 + 1 + 1 = 20 \text{ кг}$$

З урахуванням втрат, маса яких становить 20 кг, маса отриманої шихти становитиме:

$$999,26 - 20 = \underline{979,26 \text{ кг}}$$

Результати розрахунку матеріального балансу стадії отримання шихти представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс стадії отримання шихти

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Каолін	300	Шихта	979,26
Кальцинована сода	300	Втрати в т.ч.	20
Сірка	300	Каолін	6
Інфузорна земля	49,26	Кальцинована сода	6
Пек	50	Сірка	6
		Інфузорна земля	1
		Пек	1
ВСЬОГО	999,26	ВСЬОГО	999,26

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Випал шихти

На випал шихти надходить шихта масою 979,26 кг.

Втрати, під час випалу шихти становитимуть 1,5%, а отже маса втрат становитиме наступну масу:

$$979,26 * 0,015 = \underline{14,7 \text{ кг}}$$

Маса шихти після випалу, з урахування втрат на стадії 14,7 кг становитиме:

$$979,26 - 14,7 = \underline{964,56 \text{ кг}}$$

Результати розрахунку матеріального балансу на стадії випалу шихти наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс стадії випалу шихти

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Шихта	979,26	Шихта після випалу	964,56
		Втрати	14,7
ВСЬОГО	979,26	ВСЬОГО	964,56

5. Вилуговування шихти

На вилуговування після випалу шихта надходить масою 964,56 кг, а втрати на стадії становитимуть 0,5%.

Отже, проведемо розрахунок маси втрати шихти під час її вилуговування:

$$964,56 * 0,005 = \underline{4,8 \text{ кг}}$$

Отже, маса шихти після вилуговування, якщо маса втрат становить 4,6 кг, буде мати наступний показник:

$$964,56 - 4,8 = \underline{959,76 \text{ кг}}$$

Результати розрахунку матеріального балансу стадії вилуговування внесено до таблиці 2.7.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7

Матеріальний баланс стадії вилуговування шихти

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Шихта після випалу	965,56	Напівфабрикат ультрамарину	959,76
		Втрати	4,8
ВСЬОГО	965,56	ВСЬОГО	965,56

6. Висушування ультрамарину

Під час висушування напівфабрикату ультрамарину масою 959,76 кг втрати стадії становитимуть 1%.

Таким чином, маса втрат дорівнюватиме:

$$959,76 * 0,01 = \underline{9,6 \text{ кг}}$$

Отже, маса сухого ультрамарину становить:

$$959,76 - 9,6 = \underline{950,16 \text{ кг}}$$

У таблиці 2.8 наведено матеріальний баланс стадії висушування за проведеними розрахунками.

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс стадії висушування ультрамарину

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Напівфабрикат ультрамарину	959,76	Висушений ультрамарин	950,16
		Втрати	9,6
ВСЬОГО	959,76	ВСЬОГО	959,76

7. Подрібнення ультрамарину

Напівфабрикат ультрамарину масою 950,16 кг після вилуговування направляється на подрібнення, втрати під час якого становлять 0,5%.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно, маса втрат при відсоткову значені у 0,5 відсотків становитиме:

$$950,16 * 0,005 = \underline{4,7 \text{ кг}}$$

Якщо маса втрат дорівнює 4,7 кг, то маса ультрамарину після подрібнення сягатиме:

$$950,16 - 4,7 = \underline{945,46 \text{ кг}}$$

Результати матеріального балансу стадії подрібнення ультрамарину занотовано у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс стадії подрібнення ультрамарину

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Висушений ультрамарин	950,16	Подрібнений ультрамарин	945,46
		Втрати	4,7
ВСЬОГО	950,16	ВСЬОГО	950,16

8. Просіювання ультрамарину

Для просіювання ультрамарину беремо подрібнений до порошкоподібного стану ультрамарин масою 945,46 кг. Втрати під час стадії просіювання дорівнюють 1,5%.

Маса втрат під час стадії просіювання становить:

$$945,46 * 0,015 = \underline{14,2 \text{ кг}}$$

Отже, після просіювання з втратами ультрамарину у 14,2 кг просіяний ультрамарин вийде масою:

$$945,46 - 14,2 = \underline{931,26 \text{ кг}}$$

У таблиці 2.10 представлено проведені вище розрахунки матеріального балансу стадії просіювання ультрамарину.

Таблиця 2.10

Матеріальний баланс стадії просіювання ультрамарину

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Подрібнений ультрамарин	945,46	Просіяний ультрамарин	931,26
		Втрати	14,2
ВСЬОГО	945,46	ВСЬОГО	945,46

9. Пакування пігменту

Під час стадії фасування, пакування та інших процесів, які завершують виробництво продукту, втрати становлять 0,2%. Враховуючи масу отриманого пігменту у 931,26 кг маса втрат дорівнює:

$$931,26 * 0,002 = \underline{1,8 \text{ кг}}$$

Таким чином, маса продукту для реалізації становить:

$$931,26 - 1,8 = \underline{929,46 \text{ кг}}$$

Представимо дані розрахунки у вигляді *таблиці 2.11*.

Таблиця 2.11

Матеріальний баланс стадії пакування ультрамарину

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Просіяний ультрамарин	931,26	Пігмент для реалізації	929,46
		Втрати	1,8
ВСЬОГО	931,26	ВСЬОГО	931,26

Провівши розрахунки матеріального балансу технології ультрамарину – синього пігменту, представимо зведений матеріальний баланс, який буде занотовано до *таблиці 2.12*.

Таблиця 2.12

Зведений матеріальний баланс технології ультрамарину синього

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
ПОДРІБНЕННЯ ІНФУЗОРНОЇ ЗЕМЛІ			
Інфузорна земля	50	Подрібнена інфузорна земля	49,5
		Втрати	0,5
ВСЬОГО	50	ВСЬОГО	50
СУШІННЯ ІНФУЗОРНОЇ ЗЕМЛІ			
Подрібнена інфузорна земля	49,5	Висушена інфузорна земля	49,26
		Втрати	0,24
ВСЬОГО	49,5	ВСЬОГО	49,5
ОТРИМАННЯ ШИХТИ			
Каолін	300	Шихта	979,26
Кальцинована сода	300	Втрати в т.ч.	20
Сірка	300	Каолін	6
Інфузорна земля	49,26	Кальцинована сода	6
Пек	50	Сірка	6
		Інфузорна земля	1
		Пек	1
ВСЬОГО	999,26	ВСЬОГО	999,26
ВИПАЛ ШИХТИ			
Шихта	979,26	Шихта після випалу	964,56
		Втрати	14,7
ВСЬОГО	979,26	ВСЬОГО	979,26

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИЛУГОВУВАННЯ ШИХТИ			
Шихта після випалу	965,56	Напівфабрикат ультрамарину	959,76
		Втрати	4,8
ВСЬОГО	965,56	ВСЬОГО	965,56
ВИСУШУВАННЯ УЛЬТРАМАРИНУ			
Напівфабрикат ультрамарину	959,76	Висушений ультрамарин	950,16
		Втрати	9,6
ВСЬОГО	959,76	ВСЬОГО	959,76
ПОДРІБНЕННЯ УЛЬТРАМАРИНУ			
Висушений ультрамарин	950,16	Подрібнений ультрамарин	945,46
		Втрати	4,7
ВСЬОГО	950,16	ВСЬОГО	950,16
ПРОСІЮВАННЯ УЛЬТРАМАРИНУ			
Подрібнений ультрамарин	945,46	Просіяний ультрамарин	931,26
		Втрати	14,2
ВСЬОГО	945,46	ВСЬОГО	945,46
ПАКУВАННЯ УЛЬТРАМАРИНУ			
Просіяний ультрамарин	931,26	Пігмент для реалізації	929,46
		Втрати	1,8
ВСЬОГО	931,26	ВСЬОГО	931,26

Отже, маючи продуктивність виробництва 1000 кг/добу та провівши розрахунки матеріального балансу розрахуємо, які будуть загальні втрати виробництва по кінцевому продукту, який направлятиметься на реалізацію:

$$1000 - 929,46 = \underline{70,54 \text{ кг}}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Підбір основного технологічного обладнання для виробництва

Для отримання ультрамарину одними з основних обладнань є печі, а саме:

- піч Грум-Гржимайла (рисунк 2.7);
- камерна піч для випалу ультрамарину (рисунк 2.9).

У доповіді Володимира Юхимовича Грум-Гржимайло «Нова камерна піч з рециркуляцією пічних газів, що зрівнює температуру», що прозвучала в 1926 р. на III теплотехнічному з'їзді, рециркуляція пічних газів була вперше запропонована як інструмент управління температурою в робочому просторі печі. В честь даного доповідача піч для випалу й отримала власну назву.

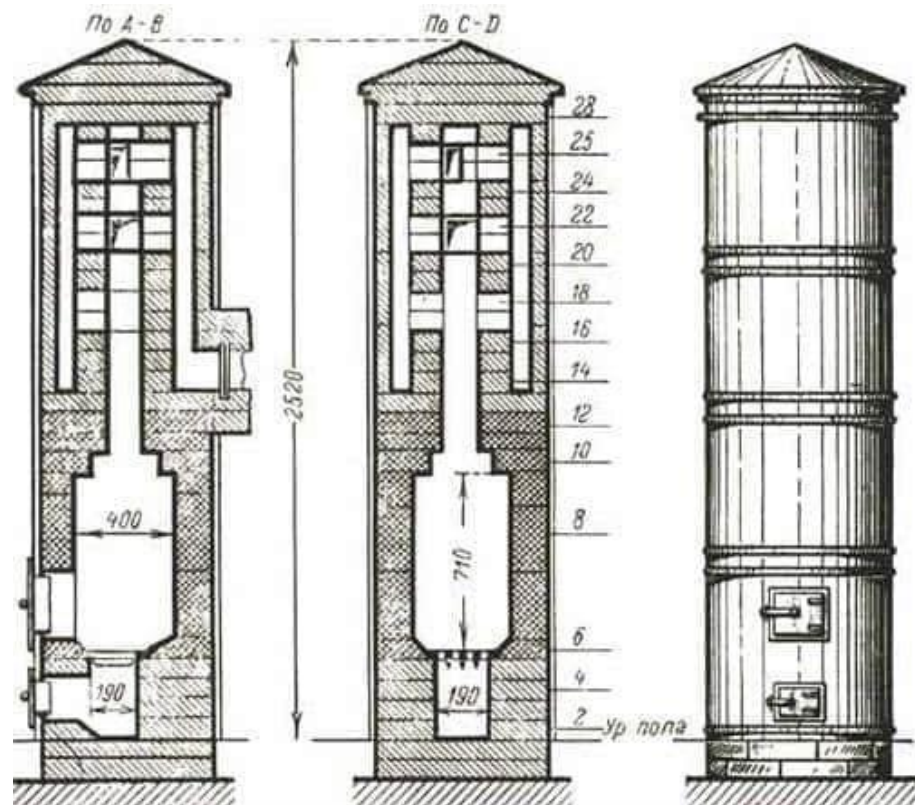


Рисунок 2.7 Піч Грум-Гржимайло

Схема петлеподібного руху пічних газів, розбиття печі на розрахункові елементи та потоки мас великомасштабної та дрібномасштабної рециркуляції наведені на *рисунку 2.8*.

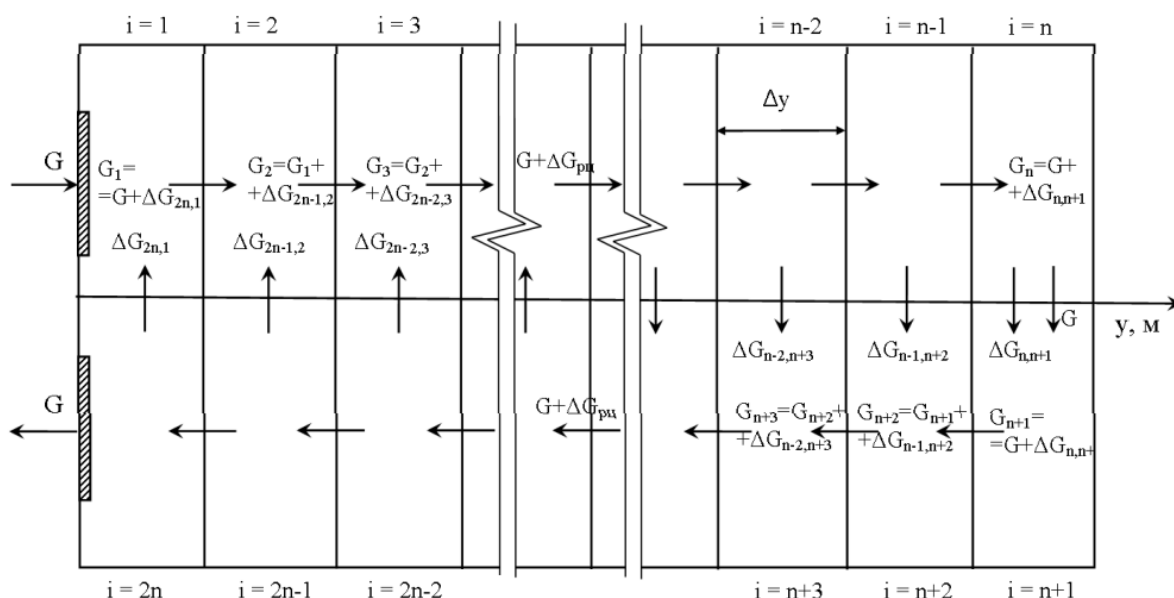


Рисунок 2.8 Розбивка печі на розрахункові елементи та схема руху пічних газів

На *рисунку 2.8* наведено такі позначення:

- G – масова витрата пічних газів, що утворюються при спалюванні палива з високотемпературним повітрям у пальному пристрої, кг/с;
- ΔG_{ij} – масова витрата локальної рециркуляції пічних газів, що перетікають через вісь y із зони i у суміжну з нею зону $j = 2n-i + 1$, кг/с.

У центральній частині печі на межі (вісь Y), яка розділяє звичайний газовий потік в прямому і зворотному напрямках, існують локальні турбулентні вихори з процесами масопереносу в прямому і зворотному газовому шарі печі. Таке локалізоване перемішування газу на межі розділу потоків називається дрібномасштабною або локалізованою рециркуляцією. Наявність і ступінь розвитку локальних зон рециркуляції газу в печі може змінювати режим руху газу в печі в широкому діапазоні: від режиму короткого замикання до режиму розрідженого перемішування (режиму рециркуляції), який розвивається при поверненні частини масового потоку газу на початкову ділянку траси руху. Цей проміжний режим називається режимом витіснення з компенсованим перемішуванням. Чи відбудеться такий рух в реальних умовах, залежить від енергії реакторного газового струменя.

З метою дослідження впливу рециркуляції пічного газу на формування температурного поля в робочому просторі опалювальної печі, де пічний газ рухається по контуру, була розроблена математична модель, що базується на розв'язанні рівняння теплового балансу, яке враховує рух пічного газу та його рециркуляцію [20].

Камерні безперервно діючі печі мають постійну температуру робочого простору (робочу температуру) $t_p = \text{const}$ завдяки особливому режиму завантаження та вивантаження заготівок. Заміна садки, що складається з великої кількості заготівок, здійснюється поступово, при цьому нагріта заготівка розташовується холодною вручну або за допомоги спеціальної завантажувально-розвантажувальної машини.

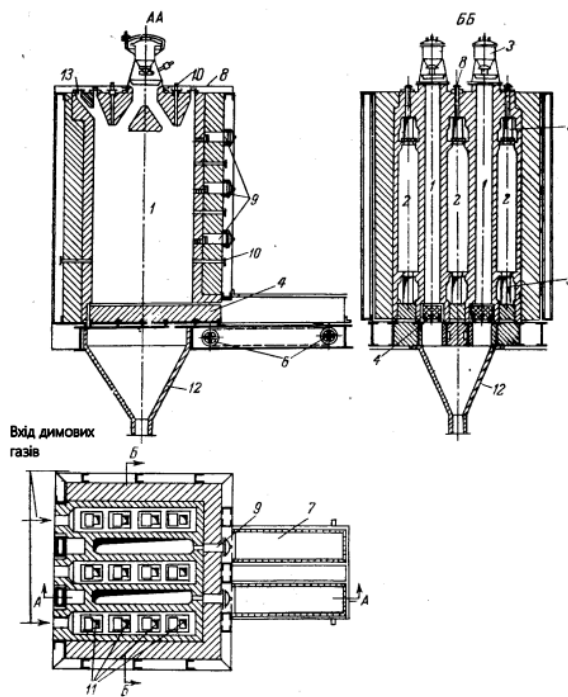


Рисунок 2.9 Камерна піч для випалу ультрамарину:

- 1 – реакційна камера; 2 – гріючий канал; 3 – завантажувальний шлюзовий затвор; 4 – ковзний затвор для вивантаження; 5 – збірник-колектор для відхідних газів; 6 – механізм затворів; 7 – кожух механізму; 8 – шурувальне отвір; 9 – отвір для взяття проби; 10 – отвір для термопари; 11 – керамічні шиберы; 12 – бункер для вивантаження готової продукції; 13 – отвір для виведення реакційних газів

У цьому режимі роботи піч зазвичай повинна мати нерухому станину. Заготовки виймаються з печі в тому порядку, в якому вони були розміщені. Для зручності виконання цих операцій заготовки розміщують безпосередньо на під печі по глибині (довжині) робочого простору, в один високий ряд і до двох рядів, але у великій кількості уздовж робочого вікна, тобто по ширині цього простору.

У регенеративній печі, зображеній на *рисунку 2.10*, топки на обох бічних стінках камери працюють по черзі на ту сторону, на яку подається паливо і повітря для горіння, тому достатньо мати топки, які в поздовжньому перерізі досягають середини ширини камери і продовжуються до середини камери.

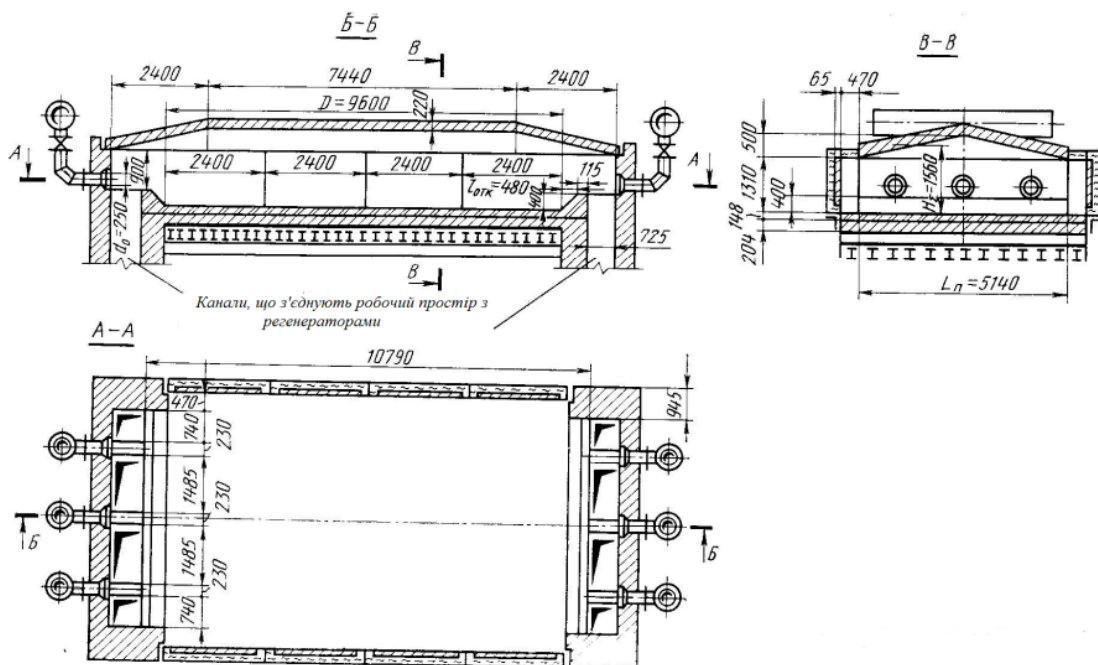


Рисунок 2.10 Камерна піч з постійною робочою температурою для нагрівання заготовок перед прокатуванням

Встановлення пальників по висоті має забезпечувати проходження вогнища безпосередньо над заготовками, а вхід у канали, що відводять гази, необхідно розташовувати біля самого поду [21].

Апаратне оформлення механізованого процесу отримання ультрамарину може бути різним. Так, випалювання шихти може проводитись у шахтній (камерній) печі, яка було представлена на *рисунку 2.9*, що складається з блоку вертикальних камер, що обігріваються через бічні стінки димовими газами. Ці гази надходять з виносної топки (в якій спалюється

природний газ) і рухаються вертикальними димарями, з'єднаними знизу і зверху в колектори. Рух (просмоктування) газів за системою «топка - піч - димоходи» здійснюється за допомогою димососа. Гази з реакційного простору в міру накопичення і підвищення тиску видаляються через трубу, що з'єднує камеру з атмосферою.

Зразкові розміри камери: висота 3,0 м, довжина 2,0 м, ширина зверху 0,25 м, ширина знизу 0,35 м. Шихту завантажують у камери зверху за допомогою живильника, зелений напівфабрикат вивантажують знизу, через рухомий під. У кожену камеру міститься ~1200 кг шихти. Тривалість випалу становить ~45 год.

Зелений напівфабрикат, вивантажений з печі, через спеціальний герметичний затвор потрапляє в піч окислення - циліндричний пристрій, оснащений мішалкою. Окислення здійснюється при постійному перемішуванні і безперервній подачі повітря в реакційну зону печі. Процес триває 4-6 годин. Після завершення окислення продукт за допомогою мішалки подається в розвантажувальний люк в нижній частині печі.

Приблизні розміри печі: внутрішній діаметр 1,2-1,4 м, довжина 4-5 м.

Тривалість циклу виробництва ультрамарину цим методом становить 40-50 годин.

Безперервний метод виробництва ультрамарину в оберткових печах є ще більш ефективним. Випал відбувається в обертковій муфельній печі, футерованій формованими вогнетривкими блоками. Печі обладнані герметичними пристроями для безперервного завантаження і вивантаження зелених напівфабрикатів і видалення реакційних газів, що складаються з суміші H_2S і CO_2 . Окремі компоненти печі герметично закриті, а ущільнення оснащені відсмоктувачами для запобігання потрапляння сірководню в робочу зону.

Муфель обігрівається продуктами горіння природного газу, що спалюється в нерухомій виносній топці. Швидкість нагрівання шихти становить ~100-150°C/год, що забезпечує досить повне перебіг всіх реакцій за

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

відповідних температур. Тривалість витримки при $\sim 750^{\circ}\text{C}$ становить 3-4 ч. Зелений напівфабрикат, що отримується в печі випалу, через шлюзовий пристрій надходить в окислювальну піч; матеріал при цьому охолоджується до 400°C .

Окислювальні печі складаються з металевого обертового барабана, розділеного на кілька секцій. Барабан знаходиться у вогнетривкій камері, яка обігрівається продуктами згоряння природного газу, що спалюється у віддаленій печі. Зелені напівфабрикати потрапляють в першу секцію печі, куди повітря для окислення подається через порожні живильні сорочки, потім в наступну секцію, куди повітря також подається разом з матеріалом. Незалежне управління потоком повітря і температурою в печі створює умови, які контролюють як першу активну стадію окислення, так і другу, остаточну стадію окислення.

Готовий синій продукт вивантажується з розвантажувальної головки в кінцевій секції.

Переробка напівфабрикату в пігменти включає промивання, сушіння та подрібнення.

Крім того, використовується мокра класифікація для розділення дрібної і чистої фракцій з метою отримання високоякісного ультрамарину для використання у фарбах і як підсолоджувач цукру [22].

Звичайно, загальна кількість обладнання для виробництва ультрамарину набагато більша, ніж просто печі та сушарки. Ось повний перелік обладнання для виробництва ультрамарину: бункери, барабанні сушарки, кульові млини, візки для напівфабрикатів, печі для прожарювання (випалу), печі для окислення, змішувачі, барабанні вакуум-фільтри, репульверизатори, трубні млини, кульові млини мокрого помелу, гідроциклони, обладнання для кип'ятіння і коагуляції, листові вакуум-фільтри фільтри, барабанні вакуумні сушарки, змішувальні барабани, напівавтомати для дрібного пакування, ваги, мішкозашивальні машини, навантажувачі.

На виробництво ультрамарину, потужністю 1000 кг/добу представимо у таблиці 2.13 підбір обладнання за продуктивністю та з вказанням кількості одиниць обладнання.

Таблиця 2.13

Продуктивність і кількість одиниць обладнання

Найменування Обладнання	Тип, марка	Потужність	Кількість	Габарити, мм		
				Довж.	Шир.	Вис.
Бункер	БР	2 т/год	4	2000	2000	5700
Стрічкова сушарка	ВТ 1/6200- 13,5	3 т/год	1	1800	600	1200
Кульовий млин	ІВМУ-100-2	400 кг	2	970	535	360
Піч для випалу	СДО- 17.25.10/12,5	200±10 кг/год	1	2500	1700	1000
Піч для окислення	ППТ-50-2	0,8 т/год	4	3500	600	1500
Змішувач	СМС-210	105 кг/год	3	1600	700	1000
Барабанний вакуум-фільтри	Taylor 6MQ	3600 л/год	2	5700	3700	2100
Кульовий млин мокрого помелу	МШЛ-1	55 кг/хв	1	750	400	365
Листовий вакуум-фільтр	FC25	50 м³/год	1	120	120	150
Гребкова вакуум- сушарка	Kelzenberg Düren	5920 л	1	6500	2000	2000

Продовження таблиці 2.13

Напівавтомат для мілкої фасовки	ПА-В2	1200 кг	1	1200	980	2550
Валкова дробарка	ДЗВ-500	1 т/год	1	550	500	250
Сито	СЛП-120	200 кг	1	1000	1000	600
Транспортер	КАРЕЛОУ	3 т/год	1	800	1000	800
Дозатор	ДВС-301-50- 1	400 кг/год	1	805	615	610
Ваги	ACS-30C(E)	30 кг	1	355	360	125
Машина для зашивання мішків	KPS6 + КР 3000	20 кг	1	155	54	120
Навантажувач	02-8FDL25	2,5 т; 3 м	1	2200	3000	2800

2.6 Апаратурно-технологічна схема отримання ультрамарину

Представивши опис обладнання, яке найбільш доцільне для використання під час отримання ультрамарину, ми можемо зобразити апаратурно-технологічну схему технології, яка буде наведена на *рисунку 2.11*.

Опишемо технологію процесу за даною схемою.

Інфузна земля надходить через бункер **1** та сушиться на стрічковій сушарці **2**, розмелюється в кульовому млині **3** і надходить у кульовий млин **4**, куди додаються сухий каолін, сірка, сода і кам'яновугільний пек. Отримана шихта через бункер **5** за допомогою вагонетки **6** надходить на випал до печі **7** і окислюється в печі **8**. Ультрамариновий напівфабрикат вилуговується водою, промивається репульпацією на вакуум-фільтрах **12, 14** і направляється на переробку для отримання ультрамарину для малярських робіт або ультрамарину вищого гатунку.

Для отримання ультрамарину вищих сортів промитий продукт піддають мокрому розмелюванню на кульовому млині **16**, класифікують в гідроциклоні **18**, після коагуляції у апараті **19** фільтрують на листовому вакуум-фільтрі **20**, потім висушують у гребковій сушарці **22**, проводять помел ультрамарину на валковій дробарці **23**, після чого проводять просіювання на ситі **24**. Після просіювання ультрамарин за допомогою транспортера **25** подається у дозатор **26**, звідки пігмент направляють на сортування за марками у ємності **27**. Після фасування за марками пігмент упаковують у мішки за допомогою напіваавтомату **28**, зважують на вагах **29**, після чого зшивають на машині для зшивання мішків **30** та за допомогою навантажувача направляють на склад готової продукції [22].

Специфікація апаратурно-технологічної схеми отримання ультрамарину, яка зображена на *рисунку 2.11*, наведена у *таблиці 2.14*.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Специфікація до апаратурно-технологічної схеми отримання
ультрамарину**

№	НАЗВА ОБЛАДНАННЯ	КІЛЬКІСТЬ
1,5,9,21	Бункер	4
2	Стрічкова сушарка	1
3,4	Кульовий млин	2
6	Вагонетка	1
7	Піч для випалу	1
8	Піч для окислення	1
10, 11, 13, 17	Змішувач	4
12, 14	Барабанний вакуум-фільтр	2
15	Репульпатор	1
16	Кульовий млин мокрого помелу	1
18	Гідроциклон	1
19	Апарат для кип'ятіння та коагуляції	1
20	Листовий вакуум-фільтр	1
22	Гребкова вакуум-сушарка	1
23	Валкова дробарка	1
24	Сито	1
25	Транспортер	1
26	Дозатор	1
27	Ємність для сортування марки	4
28	Напівавтомат для мілкої фасовки	1
29	Ваги	1
30	Машина для зашивання мішків	1

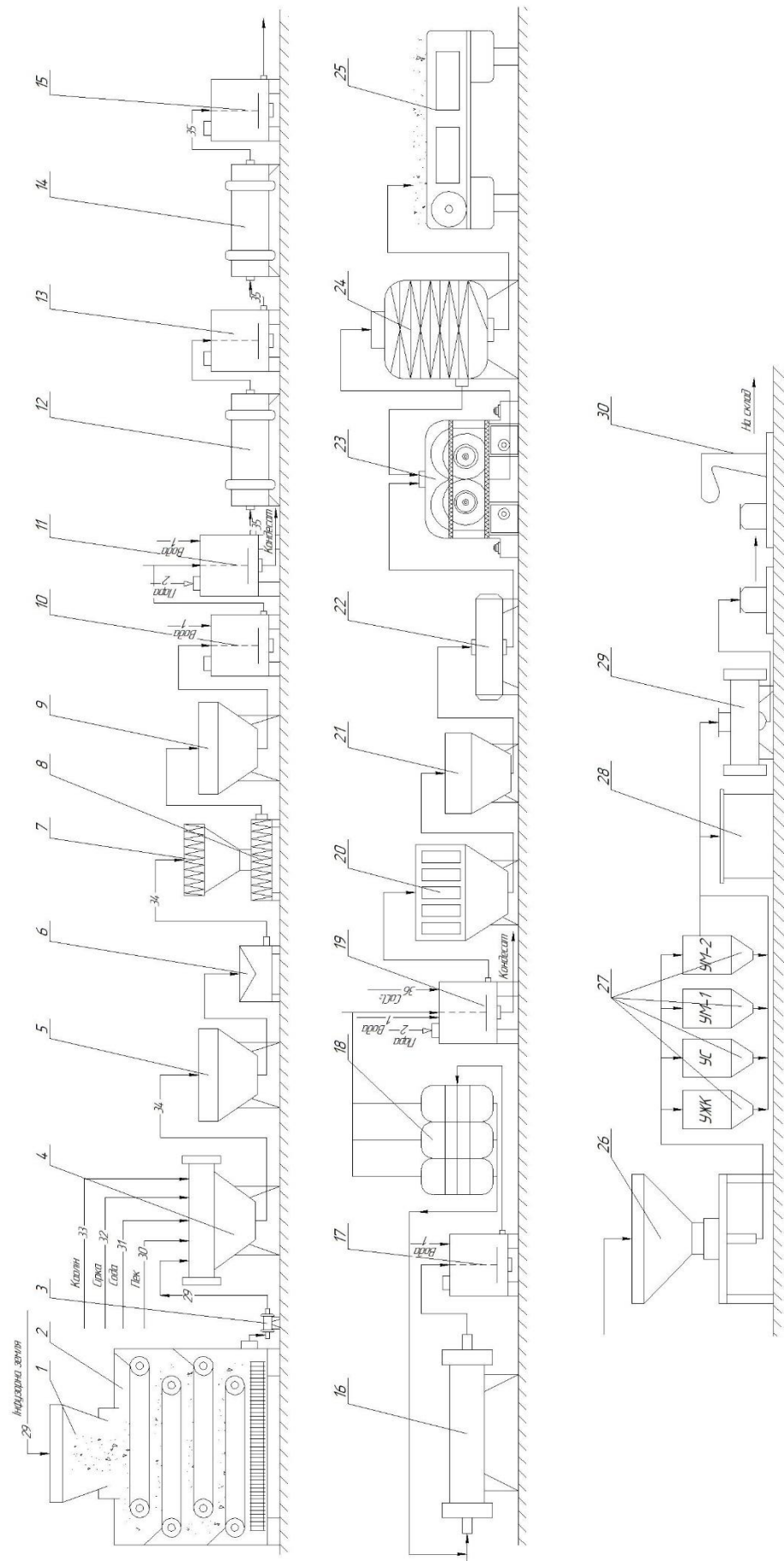


Рисунок 2.11 Апаратурно-технологічна схема
отримання ультрамарину

№	Гарне позначення	Від сировини та/або
1	1	Від
2	2	Підпр
29	29	Індикація ваги
30	30	Ваг
31	31	Сад
32	32	Сад
33	33	Казин
34	34	Шови
35	35	Ультрамарин
36	36	Сад

2.7 Основний апарат для отримання ультрамарину

Після проведення підбору основного обладнання та складання апаратурно-принципової схеми отримання ультрамарину ми можемо вважати, що основним апаратом для отримання ультрамарину є камерна піч, адже майже всі процеси, які відбуваються під час технології ультрамарину зосередженні саме на випалі. Тим паче, коректний вибір печі є головним завданням, оскільки для отримання такого пігменту, як ультрамарин, вкрай важливо дотримуватися чітко зазначених температурних режимів. Це пов'язано з тим, що ультрамарин має декілька модифікацій, таких як зелений, фіолетовий та рожевий. При недостатньому температурному балансу ми не зможемо отримати бажаний синій колір й він залишатиметься зеленим, в той час як зайве підвищення чи занадто тривала витримка ультрамарину у печі може призвести до появи фіолетового чи рожевого відтінку, оминаючи необхідний за технологією синій.

Отже, представимо характеристику камерних печей, які доцільні у технології отримання ультрамарину.

Камерні печі широко застосовують для різних видів термічної обробки деталей. Завантаження й вивантаження деталей звичайно проводиться в ручну.

Камерні (муфельні) печі бувають наступних видів:

- електропіч;
- із гвинтовим подом;
- ретортна цементаційна піч;
- універсальна [23].

Оскільки для заданого процесу отримання ультрамарину робота ведеться з високими температурами, які можуть сягати відмітки у 800-1000°C, пропонуємо обрати камерну (муфельну) піч типу СНО, яка витримує до 1360°C.

Однією з переваг даної печі є її виробництво на території України, а саме від Бориспільського виробника, що дозволяє спростити та здешевити налаштування та перевезення обладнання до виробництва.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній вигляд даної печі представлено на *рисунку 2.12*.



Рисунок 2.12 Камерна піч типу CHO

Розшифровка маркування: **CHO** - Ш.Д.В / Т або **CHO** - Д.В/Т де,

С – вид нагріву: опір;

Н – основна конструктивна прикмета: камерна;

О або **В** – середовище в робочому просторі: повітря або вакуум;

[**Ш** - ширина. **Д** - довжина. **В** - висота] або [**Д** - діаметр. **В** - висота] - розміри камерних печей характеризуються площею поду, в дициметрах (1 дм = 100 мм);

Т – номінальна температура в сотнях °С.

Призначення обладнання:

- *Відпал* - для зняття внутрішньої напруги та підвищення ударної в'язкості;
- *Гартування з підвищеною швидкістю охолодження* - підвищує міцність, зносостійкість та твердість металу. Якість гарту залежить від швидкості розігріву, температури, часу витримки та швидкості охолодження садки;
- *Нормалізація*;
- *Відпуск*;
- *Випалювання матеріалів і виробів* (кераміка, фарфор);
- *Спалювання (озолення)*;

Камерні печі в основному використовуються на машинобудівних заводах для нагрівання злитків і заготовок для кування і пресування або для термічної обробки. Таким чином, камерні печі можна класифікувати на нагрівальні печі та печі для термообробки.

Електропіч може бути укомплектована:

- світло-звуковою сигналізацією про закінчення процесу термообробки (дзвінок, індикаторна лампа та ін.);
- інтерфейсом для зв'язку з комп'ютером (RS232);
- реєструючим приладом типу ДИСК-250 та ін.
- терморегулятором-програматором типу ТРП-09-ТП, що дозволяє організувати введення, відпрацювання і зберігання чотирьох програм (по 6 кроків кожна);
- вентиляційними отворами;
- нагрівачами в подовій (сводовій) частині електропечі;
- технологічними отворами (наприклад, для входу оснащення).

Управління роботою електропечі проводиться цифровим терморегулятором типу ТРП-08-ТП (за замовчуванням) і ТРП-09-ТП, зовнішній вигляд яких представлений на *рисунках 2.13 та 2.14* відповідно.



Рисунок 2.13 Цифровий терморегулятор типу ТРП-08-ТП



Рисунок 2.14 Цифровой терморегулятор типа ТРП-08-ТП

Терморегулятор **ТРП-08-ТП** дозволяє задати однокрокову програму термообробки.

Терморегулятор-програматор типу **ТРП-09-ТП** дозволяє організувати: введення, відпрацювання та зберігання 5 незалежних програм; час наростання (опускання) і час підтримки температури на кожен крок (функція рампи), всього 16 кроків.

Всі поточні програми і налаштування прилад зберігає у незалежній пам'яті. У якості датчика температури застосовується термопара марки ТХА. При замовленні можна встановити регулятор температури з програматором, який задає програми нагріву до 12 температурних режимів, швидкість розігріву та час витримки садки.

Система управління електропечі додатково здійснює:

- Відключення живлення нагрівачів при відкриванні дверей (фізичний розрив ланцюга);
- Захист від короткого замикання і тривалих струмових перевантажень;
- Захист від випадкового перегріву при некоректно заданій температурі;
- Керування силовими частинами електропечі (нагрівачі) проводиться за допомогою безконтактних напівпровідникових ключів, що виключає технічне обслуговування силового ключа і забезпечує безшумність роботи електропечі.

Камерні печі є досить різноманітними в побудові, оскільки відрізняються у побудові дверей та викатних подів, які слугують для зручного завантаження необхідного для опрацювання матеріалу в піч. Дані зміни вносяться відповідно до призначення печі та характеру її застосування.

Відкривання дверей може здійснюватися як вручну, так і за допомогою електроприводу. Пульт управління комплектується мікропроцесорним терморегулятором та безконтактними силовими ключаами, а при необхідності – самописцем.

Існує два типи камерних печей: садові печі та печі з роликовими завантажувачами. У садових печах продукти завантажуються (розміщуються) вручну або за допомогою простого механізму. Ці печі, як правило, невеликі. Більші печі мають рухому подачу для полегшення завантаження і вивантаження матеріалів. Печі середнього розміру мають викочувані аутригери на колесах, які котяться по рейках. У великих важких печах піддони котяться на роликах. Для переміщення піддонів використовуються спеціальні механізми з електричним приводом.

Нагрівачі елементи можуть бути відкритими та закритими:

1. Відкриті

Відкриті нагрівачі швидше розігрівають піч та рівномірно розподіляють температуру по робочій камері. Легко замінюються на нові при виході з ладу. При необхідності відведення шкідливих речовин з камери та отримання високої рівномірності температури в печі встановлюються вентилятори.

2. Закриті

Закриті нагрівачі розташовуються всередині муфеля, де розігріваються до потрібної температури. Нагрівачі спеціально встановлюються під захистом муфеля, щоб шкідливі речовини, які виділяються при високотемпературній обробці садки, не викликали корозію. Також наявність муфеля, головного робочого простору муфельної печі, захищає нагрівачі від удару або торкання до них садки. А садка (заготівля), що нагрівається буде розігріта без окалини.

Нагрівачі виготовляються із високоомних матеріалів:

- дротові з фехралі;
- трубчасті карбідо – кремнієві.

Можуть розташовуватися на всіх сторонах камери. Кількість нагрівачів залежить від розмірів печі [24].

2.8 Конструктивний розрахунок валкової дробарки

Загальний вигляд базової конструкції валкової дробарки представлено на *рисунку 2.15*.

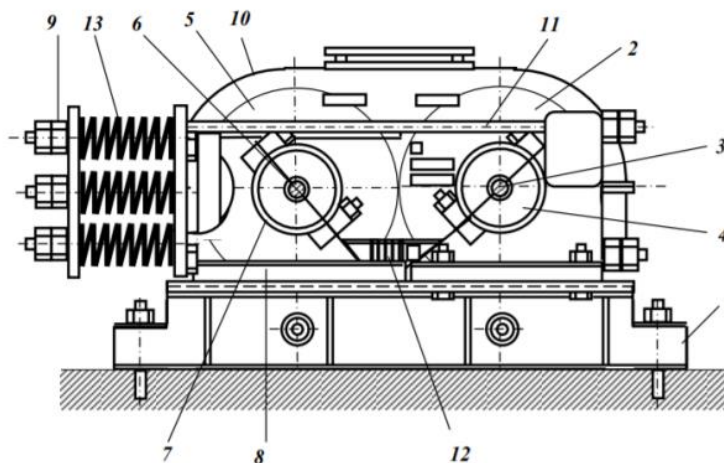


Рисунок 2.15 Базова конструкція валкової дробарки

Станина **1** дробарки представляє собою чотирикутну раму, яка має зварну або ж литу конструкцію. Дробильний валок **2** насаджений на вал **3**, котрий обертається у нерухомих підшипниках **4**, надійно закріплених на станині. Інший валок для дроблення **5** насаджений на вал **6**, обертається у підшипниках **7**, котрі мають змогу переміщатись вздовж станини по напрямним **8**. Вали **3** і **6** з дробильними валками **2** і **5** обертаються назустріч один одному і приводяться в рух (до обертання) за рахунок електродвигуна через редуктор і карданні вали.

Дробильні валки виготовляються з чавуну і мають особливість футеровки по зовнішній поверхні через бандажі з високомарганцевистої або вуглецевої сталі. Розміщення рухомих підшипників зберігається за допомогою тяг **11**, а також системи з прокладок **12**, пружин **13** і затяжних гайок **9**. Прокладки **12**, котрі розміщуються серед нерухомих підшипників **4** і за рахунок встановленого упору на нижніх тягах **11**, з метою обмеження руху підшипників **7**, а також фіксації і наступного зберігання коректної відстані між дробильними валками. Затяжні гайки **9** застосовуються для деформації пружин **13**, котрі притискають рухомі підшипники **7** до прокладок **12**. Варто

зауважити, що попередньо стиснуті пружини компенсують нормальні зусилля, що з'являються при дробленні матеріалу.

При потраплянні у зазор між валками сторонніх і неперерблених предметів, пружини **13** стискаються і рухомі підшипники **7** разом з дробильним валком **5** відсуваються. Сам розмір зазору (щілини) значно збільшується і предмет, що не дробиться, провалюється униз. З метою герметизації і безпеки експлуатації робочі основні частини машини - дробильні валки, закріплюються для подальшого обертання у литому корпусі **10** [37].

Представимо конструктивних розрахунків валкової дробарки для подрібнення пігменту [38].

На валкову дробарку, яка працює в замкненому циклі з попереднім грохотуванням поступає 15 т/год вихідного матеріалу, який містить 20% кусків, крупність яких менша подрібнюючого продукту подрібнення ($d_k=1,0$ мм). Після однократного проходження через дробарку продукт подрібнення містить 62,5 % кусків розміром більше чим 1,0 мм. ККД грохоту $\eta=0,82$.

1. В вихідному продукті доля крупних кусків складає:

$$\alpha = 1 - \frac{\varphi}{100} = 1 - \frac{20}{100} = 1 - 0,2 = 0,8 \quad (2.6)$$

2. Величина циркуляційного навантаження при подрібненні в замкненому циклі з попереднім грохоченням:

$$X = \frac{\alpha}{\eta - r} = \frac{0,8}{0,82 - 0,625} = \frac{0,8}{0,195} = 4,1 \quad (2.7)$$

де r - доля кусків більша заданого розміру в продукції подрібнення, $r = 0,625$.

3. Продуктивність валкової дробарки:

$$Q_d = Q * X = 15 * 4,1 = 61,5 \text{ т/год} \quad (2.8)$$

4. Продуктивність грохоту по навантаженню:

$$Q_{\Gamma} = Q_d + Q = 61,5 + 15 = 76,5 \text{ т/год} \quad (2.9)$$

5. Швидкість обертання ексцентрикового валу грохоту:

$$n = \frac{30}{\sqrt{r * \operatorname{tg} \alpha}} = \frac{30}{\sqrt{0,014 * \operatorname{tg} 20}} = 407 \frac{1}{\text{хв}} \quad (2.10)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

де r - ексцентричний = 0,014 м; α - кут між пружиною та вертикальною віссю, $\alpha = 20^\circ$.

6. *Швидкість руху матеріалу по сити*

$$\omega = 0,23 * n * f * \operatorname{tg} \alpha = 0,235 * 407 * 0,015 * 0,3 * \operatorname{tg} 20 = 0,153 \text{ м/с} \quad (2.11)$$

де f - коефіцієнт тертя матеріалу по сити грохота, $f = 0,3$.

7. *Висота шару матеріалу на ситі грохоту визначаємо*

$$h = 1,5 * D = 1,5 * 40 = 60 \text{ мм} \quad (2.12)$$

де D - найбільший діаметр кусків матеріалу, $D=40$ мм

8. *Визначаємо площу січення матеріалу на грохоті*

$$S = \frac{Q}{3600 * \omega * P_H * \mu} = \frac{76,5}{3600 * 0,153 * 1,54 * 0,45} = \frac{76,5}{381,7044} = 0,2 \text{ м}^2 \quad (2.13)$$

де P_H - насипна маса матеріалу, $P_H=1,54$ т/м³;

μ - коефіцієнт розрихлення матеріалу, $\mu=0,45$.

9. *Визначаємо ширину грохота*

$$B = \frac{S}{h} = \frac{0,2}{0,66} = 3,3 \text{ м} \quad (2.14)$$

10. *Площа сита грохота*

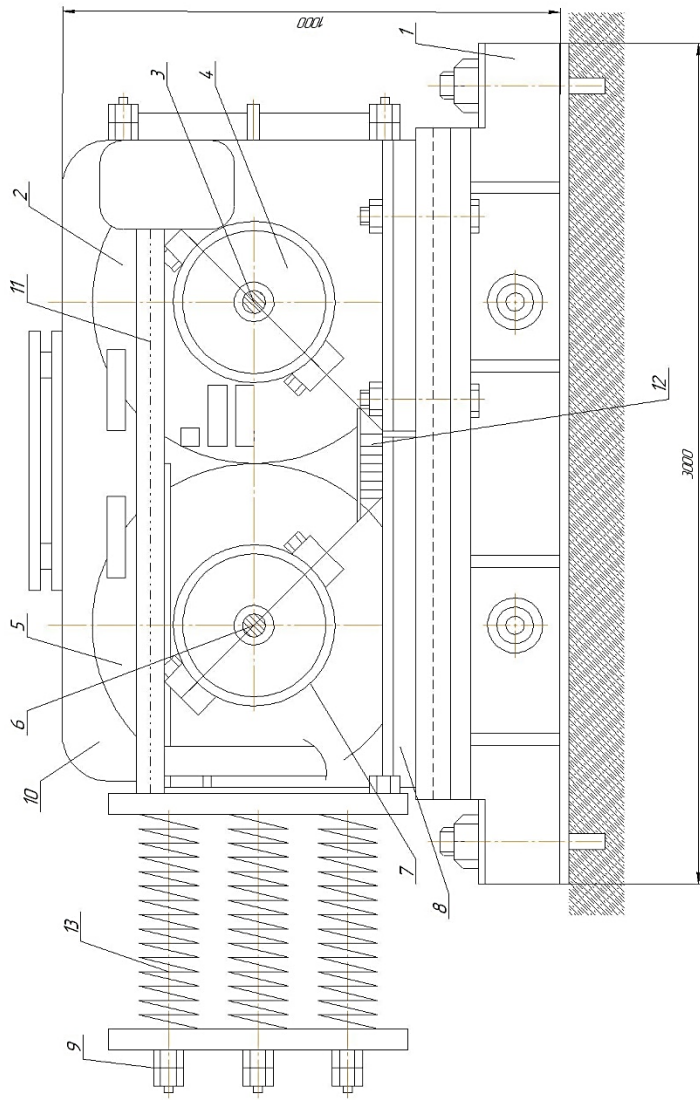
$$F = \frac{Q}{q * P_H} = \frac{76,5 * 1000}{7 * 1540} = \frac{76500}{10780} = 7,1 \text{ м}^2 \quad (2.15)$$

де q – питоме навантаження сита грохоту, $q = 7$ м³/м²·год

11. *Визначаємо довжину сита*

$$L = \frac{F}{B} = \frac{7,1}{3,3} = 2,2 \text{ м} \quad (2.16)$$

На *рисунку 2.16* представимо зовнішній вигляд валкової дробарки за її розрахунком.



Технічна характеристика

1. Потужність – 700 кг/год
2. Габарити, мм:
ДхШхВ – 3000х900х100
3. Завантажувальне вікно, мм – 40х130
4. Маса, кг – 300 кг
5. Об'єм бункеру, л – 150
6. Частота одертання валків, од/хв – 700

Познач.	Назва	Кількість	Примітки
1	Дробильна машина	1	
25	Валки	2	
36	Валки	2	
4,7	Підшипники	2	
8	Натяжні	1	
9	Затяжні гайки	1	
10	Кріплення	1	
11	Грати	1	
12	Ущільнювач	1	
13	Пружини	1	

Рисунок 2.16 Валкова дробарка, загальний вигляд

2.9 Розрахунок теплового балансу отримання ультрамарину

Під час розрахунку матеріального балансу нами було розраховано, що на стадію сушіння напівфабрикату ультрамарину надходить $G_1 = 925$ кг вихідного матеріалу.

Отже, представимо вихідні дані для розрахунку теплового балансу отримання ультрамарину, беручи для розрахунків стадію сушіння ультрамарину.

Вихідні дані:

Маса ультрамарину: $G_1 = 925$ кг/добу,

отже,

Продуктивність сушарки $G_1 = 38,5$ кг/год.

Вміст води у продукті:

- початкова: $w_1 = 10\%$;
- кінцева: $w_2 = 1\%$.

Температура продукту, що надходить в сушильну камеру: $\theta_1 = 800^\circ\text{C}$.

Температура сухого продукту, що виходить із сушильної камери: $\theta_2 = 1000^\circ\text{C}$.

Температура зовнішнього повітря: $t_0 = 20^\circ\text{C}$.

Температура повітря після сушіння: $t_1 = 90^\circ\text{C}$.

Температура відпрацьованого повітря: $t_2 = 60^\circ\text{C}$.

Відносна вологість свіжого повітря : $f_0 = 60\%$.

Розрахунок теплового балансу

Масова витрата видаленої води (W):

$$W = G_1 * \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} = 38,5 * \frac{10 - 1}{100 - 1} = 38,5 * \frac{9}{99} = 38,5 * 0,09 = 3,46 \text{ кг/с} \quad (2.17)$$

Продуктивність сушарки по сухому продукту (G_2):

$$G_2 = G_1 * \frac{100 - w_1}{100 - w_2} = 38,5 * \frac{100 - 10}{100 - 1} = 38,5 * \frac{90}{99} = 38,5 * 0,9 = 34,65 \text{ кг/с} \quad (2.18)$$

Використовуючи h-x діаграму Рамзіна для вологого повітря, визначаємо початковий (x_0) і кінцевий (x_1) вологовміст повітря, а також характерні ентальпії.

На перетині ліній знаходимо точку А, що характеризує початковий стан зовнішнього повітря. З точки А, опустивши перпендикуляр на вісь х, знаходимо значення $x_0 = 0,008$ кг пари/кг сухого повітря. Через точку А проходить лінія постійної ентальпії (ізоентальпа) $I_0 = 10$ кДж/кг. З точки А, піднявшись по перпендикуляру до перетину з ізотермою $t_1=100^\circ\text{C}$, знаходимо точку В, що характеризує стан повітря на виході із калорифера перед подачею в сушильну камеру.

Від точки В рухаємося вниз по ізоентальпі $I_1 = 50$ кДж/кг до перетину з ізотермою 90°C , отримавши точку С. З точки С, опустивши перпендикуляр на вісь х, знаходимо значення $x_1 = 0,074$ кг/кг.

Розраховуємо теоретичну абсолютну витрату повітря в сушарці:

$$l_0 = \frac{1}{x_1 - x_0} = \frac{1}{0,074 - 0,008} = \frac{1}{0,066} = 15,15 \quad (2.19)$$

$$L = l_0 * W = 15,15 * 3,46 = 52,42 \text{ кг/с} = 188712 \text{ кг/год} \quad (2.20)$$

Складаємо рівняння теплового балансу для сушильної камери:

$$L * I_1 + G_1 * c_1 * \theta_1 = L * I_2 + G_2 * c_2 * \theta_2 + Q_{\text{п}}, \quad (2.21)$$

де θ_1 – температура продукту, що надходить в сушильну камеру

θ_2 – температура продукту, що надходить в сушильну камеру

$Q_{\text{п}}$ – теплові втрати, які з урахуванням правильно накладеної ізоляції приймаємо 5 % від тепла, що надійшло з гарячим повітрям:

$$Q_{\text{п}} = 0,05 * L * I_1 = 0,05 * 52,42 * 50 = 131,05 \text{ кВт} \quad (2.22)$$

Визначаємо значення теплоємностей для волого та сухого продукту:

$$c_1 = 0,1965 \text{ кДж/(кг} \times ^\circ\text{C)};$$

$$c_2 = 0,1984 \text{ кДж/(кг} \times ^\circ\text{C)};$$

Із рівняння теплового балансу визначаємо витрати тепла на сушіння в сушильній камері та теплову поправку:

$$L * (I_2 - I_1) = G_2 * c_2 * \theta_2 - G_1 * c_1 * \theta_1 + Q_{\text{п}} \quad (2.23)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{[L \cdot (I_2 - I_1)]}{W} = \frac{[(G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + Q_{\text{п}})]}{W} \quad (2.24)$$

$$G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + Q_{\text{п}} = \Sigma Q \quad (2.25)$$

$$\Delta = \frac{\Sigma Q}{W} \quad (2.26)$$

$$\Delta = l \cdot (I_2 - I_1) \quad (2.27)$$

де ΣQ - алгебраїчна сума абсолютних теплот в сушильній камері, Вт.

Δ - теплова поправка на дійсний (реальний) сушильний процес, кДж/кг.

Розраховуємо ΣQ :

$$\Sigma Q = G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + Q_{\text{п}} \quad (2.28)$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q &= 34,65 \cdot 0,1984 \cdot 1000 - 38,5 \cdot 0,1965 \cdot 800 + 131,05 = 6874,56 - \\ &- 6052,2 + 131,05 = \mathbf{953,41} \end{aligned} \quad (2.29)$$

Розраховуємо теплову поправку Δ :

$$\Delta = \frac{\Sigma Q}{W} = \frac{953,41}{3,46} = \mathbf{275,55 \text{ кДж/кг}} \quad (2.30)$$

РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва

Для будь-якого виробництва одним з пріоритетів є використання мінімуму та отримання максимуму. Це правило відноситься й до економічного осередку виробництва.

Для того, аби вводити технологію в експлуатацію, необхідно прорахувати всі економічні показники виробництва: провести розрахунок витрат на сировину, транспортування, вирахувати вартість тари, обслуговування обладнання, зазначити витрати на водопостачання та енергію, технічну документацію, а також варто враховувати заробітні плати та податки, які будуть відраховані. З урахування перелічених умов виробництво має також отримувати прибуток та в жодному разі не мати збитків, також не бажано виходити у початок вкладеного, оскільки дане виробництво не буде рентабельним.

Собівартість виробництва безпосередньо впливає на рентабельність, прибуток та бюджет.

Собівартість та прибуток є обов'язковими елементами ціни, тому що відшкодування понесених витрат і обов'язкове одержання прибутку є основними умовами надання послуг і виробництва продукції.

Собівартість є, по-перше, категорією виробництва, а по-друге — вона відбиває виробничі відносини з роз" поділу готової продукції, оскільки заробітна плата — це категорія розподілу, яка входить до вартості продукту, а це — категорія саме виробництва [25].

Отже, представимо економічне обґрунтування представленої технології ультрамарину та розрахуємо, якою буде собівартість продукції та прибуток компанії.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.079.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ		
Розроб.		Бодяк Ю.М.					
Перевір.		Сабадаш Н.І.					
Реценз .							
Н. Контр.		Подобій О.В.					
Затверд.		Носенко Т.Т.					
					Літ.	Арк.	Аркушіє
						79	102
					НУХТ Каф. ТЖХТ		

У таблиці 3.1 представимо розрахунок вартості сировини, яку необхідно використати для отримання 1000 кг готової продукції.

Таблиця 3.1

Витрати на сировину для виробництва 1000 кг ультрамарину

СИРОВИНА	ОД.ВИМ.	ВМІСТ НА 1000 КГ	ЦІНА ЗА ОДИНИЦЮ, ГРН	СУМА, ГРН/1000 КГ
Каолін	кг	300	45,0	13500
Кальцинована сода	кг	300	45,0	13500
Сірка	кг	300	80,0	24000
Інфузорна земля	кг	50	136,75	6837,5
Пек	кг	50	40,0	2000
ВСЬОГО	кг	1000	326,75	59837,5

За отриманою вартістю за один кілограм розрахуємо вартість кожного компоненту на 1000 кг готового продукту.

1. Каолін

$$30 * 45 = 13500 \text{ грн}$$

2. Кальцинована сода

$$30 * 45 = 13500 \text{ грн}$$

3. Сірка

$$30 * 80 = 24000 \text{ грн}$$

4. Інфузорна земля

$$5 * 136,75 = 6837,5 \text{ грн}$$

5. Пек

$$5 * 40 = 2000 \text{ грн}$$

Отже, розрахуємо, якою буде загальна вартість на сировину, основою якої є каолін, кальцинована сода, сірка, інфузорна земля та кам'яновугільний пек:

$$13500 + 13500 + 24000 + 6837,5 + 2000 = 59837,5 \text{ грн}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на транспорт та заготівлю сировини складатимуть 8% від витрат на сировину:

$$59837,5 * 0,08 = 4787 \text{ грн}$$

Отже, загальні втрати на сировину, з урахування витрат на транспорт та заготівлю складатимуть:

$$59837,5 + 4787 = 6462,45 \text{ грн}$$

Окрім сировини також великих втрат виробництво зазвичай зазнає під час відрахування коштів за електроенергію та воду. Тому у таблиці 3.2 представимо витрати енергоресурсів на виробництво 1000 кг продукції.

Таблиця 3.2

Витрати енергоресурсів на виробництво 1000 кг продукції

ЕНЕРГОРЕСУРС	ОД.ВИМ.	КІЛЬКІСТЬ ВИТРАТ НА 1000 КГ	ЦІНА ЗА ОДИНИЦЮ РЕСУРСУ, ГРН	ВАРТІСТЬ РЕСУРСУ, ГРН
Електроенергія	кВт	1200	1,68	2016
Вода	м ³	700	30,38	21266
ВСЬОГО	кВт/ м3	1900	32,06	23282

Вартість тарифів вказано згідно постанови від 22.12.2021 № 2842 Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 01.01.2022.

Отже, представимо розрахунки витрат на електроенергію та воду для виробництва 100 кг продукту:

1. Електроенергія

$$1200 * 1,68 = 2016 \text{ грн}$$

2. Вода

$$700 * 30,38 = 21266 \text{ грн}$$

Отже, загальна вартість за електроенергію та воду становитимуть:

$$2016 + 21266 = 23282 \text{ грн}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як було згадано раніше, при розрахунках економічного обґрунтування технології варто враховувати заробітну плату працівників за зміну. Дані показники буде наведено у *таблиці 3.3*.

Таблиця 3.3

Основна заробітна плата робітників, що працюють за погодинною системою оплати праці

ПОСАДА	КІЛЬКІСТЬ	СТАВКА ЗА ГОД.	КІЛЬКІСТЬ ГОДИН ЗА ЗМІНУ	З/П ЗА ЗМІНУ
Інженер-технолог	3	104,16	12	3749,76
Апаратник	2	85,0	12	2040
Оператор лінії	2	66,66	12	1599,84
Пакувальник	3	60,0	12	2160
Підсобний робітник	4	54,16	12	2599,68
ВСЬОГО	14	369,98	12	12149,28

Отже, враховуючи кількість робітників на кожній зі стадій виробництва, заробітна плата кожного з фахівців становитиме:

1. Інженер-технолог:

$$3 * (104,16 * 12) = 3 * 1249,92 = 3749,76 \text{ грн}$$

2. Апаратник:

$$2 * (85,0 * 12) = 2 * 1020 = 2040 \text{ грн}$$

3. Оператор лінії:

$$2 * (66,66 * 12) = 2 * 799,92 = 1599,84 \text{ грн}$$

4. Пакувальник:

$$3 * (60 * 12) = 3 * 720 = 2160 \text{ грн}$$

5. Підсобний робітник:

$$4 * (54,16 * 12) = 4 * 649,92 = 2599,68 \text{ грн}$$

Таким чином, витрати на заробітну плату за зміну становитиме:

$$3749,76 + 2040 + 1599,84 + 2160 + 2599,68 = 12149,28 \text{ грн}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім основної заробітної плати за зміну відраховуємо від неї 30% на додаткову заробітну плату:

$$12149,28 * 0,3 = 3644,78 \text{ грн}$$

Розрахувавши заробітну плату за зміну та додаткову заробітну плату також представимо, якою є сума відрахувань до ЄСФ, якщо вона складає 22% від основної та додаткової заробітної плат:

$$(12149,28 + 3644,78) * 0,22 = 15794,06 * 0,22 = 3474,7 \text{ грн}$$

У якості тари для пакування ультрамарину використовуються поліетиленові мішки. Обравши мішки по 25 кг ми отримаємо 40 мішків готового продукту, отже, вартість тари становитиме:

$$40 * 5 = 200 \text{ грн}$$

Також важливим етапом є розрахунок витрат на утримання та обслуговування устаткування. Приймаємо даний показник як 200% від плати за зміну:

$$12149,28 * 2 = 24298,56 \text{ грн}$$

Витрати, які йдуть на підготовку виробництва та вивчення технології приймаються у розмірі 10% від заробітної плати за зміну:

$$12149,28 * 0,1 = 1214,93 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати приймаємо в розмірі 300% від заробітної плати робітників за зміну:

$$12149,28 * 3 = 36447,84 \text{ грн}$$

Отже, представивши розрахунок всіх можливих параметрів представимо виробничу собівартість:

$$5\,9837,5 + 4787 + 2\,3282 + 12\,149,28 + 3\,644,78 + 3\,474,7 + 200 + 24\,298,56 + 1\,214,93 + 36\,447,84 = 169\,336,6 \text{ грн}$$

Розраховуємо суму адміністративних витрат як 2,5% від виробничої собівартості:

$$169336,6 * 0,025 = 4233,4 \text{ грн}$$

Розраховуємо витрати на збут як 3% від виробничої собівартості:

$$169336,6 * 0,03 = 5080 \text{ грн}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інші операційні витрати розраховуємо як 1% від виробничої собівартості:

$$169336,6 * 0,01 = \mathbf{1693,4 \text{ грн}}$$

Отже, повні витрати на виробництво ультрамарину становлять:

$$\begin{aligned} &5\,9837,5 + 4\,787,0 + 23\,282,0 + 12\,149,28 + 3\,644,78 + 3\,474,7 + \\ &+ 200,0 + 24\,298,56 + 1\,214,93 + 36\,447,84 + 4233,4 + 5\,080,0 + 1\,693,4 = \\ &= \mathbf{180\,343,4 \text{ грн}} \end{aligned}$$

Отже, маючи кількість продукту, а саме 40 мішків ультрамарину по 25 кг, розрахуємо прибуток від партії у 1000 кг, враховуючи те, що середня вартість мішку ультрамарину масою 25 кг становить 5100 грн:

$$40 * 5100 = \mathbf{204\,000 \text{ грн}}$$

Якщо вартість мішку у 25 кг становить 5100 грн тоді розрахуємо приблизну вартість за кілограм ультрамарину:

$$5100/25 = \mathbf{204 \text{ грн/кг}}$$

Таким чином, чистий прибуток при продажу мішків у 25 кг:

$$204000 - 180343,4 = \mathbf{23656,6 \text{ грн}}$$

Маючи суму чистого прибутку та суму всіх втрат розрахуємо, якою буде рентабельність підприємства:

$$\frac{23656,6}{180343,4} * 100\% = 0,13 * 100\% = \mathbf{13\%}$$

Оскільки рентабельність підприємства не має складати менше 10%, оскільки в іншому випадку воно не буде прибутковим, то можемо зробити висновок, що дана технологія ультрамарину з рентабельністю у 13% може бути реалізована.

Незважаючи на це, бажано провести вдосконалення економічної частини технології, щоб збільшити даний показників, адже при незапланованих витратах підприємство може легко дійти до відмітки у 10% та нижче.

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

4.1 Показники якості та безпеки готової продукції

Процес забезпечення якості продукції як єдиний об'єкт управління складається із взаємопов'язаних етапів і операцій, адже одна неякісно виконана операція в технологічному процесі може звести нанівець попередні якісно виконані прийоми, що в підсумку унеможливить одержання продукції запланованої якості.

Тому необхідно чітко дотримуватись технологічних норм, ретельно контролювати якість виконання як основних, так і допоміжних технологічних операцій.

Контроль якості готової сировини здійснюється на кожному етапі виготовлення продукції. У таблиці 4.1 представимо, якою саме є класифікація контролю якості.

Таблиця 4.1

Класифікація видів контролю якості

ВИД КОНТРОЛЮ	ЕТАПИ КОНТРОЛЬ
За етапом процесу виробництва	Вхідний
	Приймальний
	Інспекційний
За об'ємом	Суцільний
	Вибірковий
Відповідно до засобу контролю	Вимірювальний
	Реєстраційний
	Органолептичний
	Візуальний

[26]

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.085.КР.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Бодяк Ю.М.			ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Сабадаш Н.І.								85	102
								НУХТ Каф. ТЖХТ			
Н. Контр.		Подобій О.В.									
Затверд.		Носенко Т.Т.									

Результати аналізу показників якості синього пігменту ультрамарину наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Показники якості ультрамарину

НАЙМЕНУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ	РЕЗУЛЬТАТ АНАЛІЗУ
Зовнішній вигляд	Однорідний порошок синього кольору
Відтінок (в порівнянні з стандартним зразком)	Приблизний
Вміст розчинних солей, %	0,93
Зміст вільної сірки	0,27
pH водної витяжки	7
Вологість	0,96
Інтенсивність	101
Маслоємність, %	32,13
Залишок на 43 μm ситі	0,15
Світлостійкість	Стійкий
Термостійкість	Стійкий

[27]

Зовнішній вигляд пігменту визначається органолептично, так само як і колір, тобто відтінок пігменту.

Світлостійкість - це стійкість пігменту до фотохімічної деградації. Майже всі пігменти певною мірою знебарвлюються (вицвітають) під впливом сонячного світла. Зокрема, органічні пігменти можуть перетворюватися на безбарвну лейкобазу в результаті фотохімічних окислювально-відновних реакцій.

Термостійкість – властивість пігменту зберігати свій колір в певному інтервалі температур, який встановлюється для кожного пігменту індивідуально. Цей показник дуже важливий, якщо пігмент буде використаний для виробництва кольорового силікатної цегли при запарюванні в автоклаві.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

При виборі залізооксидних пігментів для фарбування декоративних сухих будівельних сумішей необхідно в першу чергу звертати увагу на **показник рН водної суспензії пігменту**. Величина рН використовується як міра контролю середовища: кислотності, нейтральності або основності. Кисле середовище відповідає рН 7.

Високоякісні пігменти проходять багатоступеневий процес промивання водою для видалення залишків кислот, і кінцевий продукт має слабокислу або нейтральну реакцію (рН = 6-7) в середовищі. Тільки такі пігменти можна використовувати у виробництві декоративних сухих будівельних сумішей. При нижчих значеннях рН пігменти вступають з продуктами гідратації портландцементу в кислотно-лужну реакцію і тверднуть. Це відбувається тому, що цементні покриття мають лужну реакцію (рН = 9,5-11) в навколишньому середовищі. В результаті суміш повністю знебарвлюється.

Інтенсивність пігменту визначається його здатністю передавати при змішуванні своє забарвлення іншим речовинам з тієї чи іншої насиченістю тону. Насиченість тони впливає на результат забарвлення сухої суміші, а, отже, визначає і економічність її виробництва.

Інтенсивність виражається у відсотках від еталонного значення, узгодженого із замовником, і визначається шляхом візуального порівняння еталонного значення з кольором тестового зразка, змішаного з білим пігментом. Інтенсивність узгодженого еталонного пігменту приймається за 100%.

На фарбувальну здатність пігментів в основному впливає їх хімічний склад і дисперсність. Тому, чим більше хромофорів у пігменті (тобто чим менше домішок), тим краща його якість, оскільки зменшення лише на 1% масової частки сполук заліза в пігменті може призвести до зниження міцності до 10%. [28].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Система контролю якості ультрамарину на виробництві

Контроль якості продукції - встановлення відповідності продукції та процесів вимогам нормативно-технічної документації, зразкам- еталонам; інформація про перебіг виробничого процесу та підтримання його стабільності; захист підприємства від постачань недоброякісних матеріалів, енергоносіїв та ін.; виявлення дефектної продукції на ранніх етапах; запобігання випуску недоброякісної продукції.

Система контролю якості продукції - це сукупність методів і засобів контролю та регулювання компонентів зовнішнього середовища, які визначають рівень якості продукції на стадіях маркетингу, НДДКР та виробництва, а також технічного контролю на всіх стадіях виробничого процесу.

Технічний контроль являє собою перевірку відповідності продукції або процесу, всіх виробничих умов та чинників, від яких залежить якість продукції, установленим техніко-технологічним вимогам до якості продукції на всіх стадіях її виготовлення.

Мета технічного контролю якості на підприємстві полягає в забезпеченні випуску високоякісної та комплектної продукції згідно з чинними стандартами і технічними умовами.

Вимоги до організації технічного контролю якості:

- профілактичність;
- запобігання браку;
- точність і об'єктивність;
- економічність;
- участь усіх працюючих у контрольних функціях.

На підприємствах, залежно від організаційно-технологічних умов виробництва продукції (послуг), розробляється і функціонує система технічного контролю якості.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більшість контрольних операцій виконується безпосередньо робітниками на робочих місцях під час здійснення виробничих операцій. Такі контрольні операції є допоміжними до основних технологічних операцій [29].

В усіх випадках підставою для оцінки продукції є нормативно-технічна документація – ДСТУ, ГСТУ, ТУ й ТІ, збірники рецептур та ін. Використання цих документів забезпечує єдиний підхід до оцінки якості продукції і спрощує контроль.

На підприємствах контроль якості продукції повинен бути організований на всіх етапах виробництва. Тому варто створити службу управління якістю вхідного, операційного та приймального контролю з чітким розподілом функцій та відповідальності за якість продукції.

Кількість і склад членів служби управління буде залежати від типу підприємства. Наприклад, служба приймання та контролю якості компанії з власним складом складається із завідувача складу, заступника директора з постачання та товарознавця.

У багатьох компаніях управління операціями та прийомом здійснює одна служба: начальник цеху (завідувач виробництва), інженер-технолог, шеф-кухар і шеф-кухар. Служба управління прийомом перевіряє сировину, що надходить, і забезпечує її відповідність даним, зазначеним у супровідних документах (сертифікатах), згідно з органічними характеристиками, викладеними в нормативно-технічних документах [30].

Аналітичний контроль виробництва ультрамарину складається з трьох добре відомих частин: перевірка сировини, нагляд за операцією та перевірка готового продукту. Тут не слід забувати, що з більш раціонального виробництва ультрамарину виробники справедливо шукають і цінують здібних аналітиків, але для багатьох важливих питань (таких як визначення якості сировини тощо) практичний досвід і випробування в компаніях ще мають дати фактично вирішальну відповідь до цього дня [31].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Екологічна безпека технології ультрамарину

З екологічної точки зору на сьогоднішній день технологія ультрамарину є великим та широким полем для дослідження та удосконалення, адже під час отримання ультрамарину в атмосферу все ще витікає велика кількість сірчистого газу, який потребує певної утилізації [31].

Сірчистий газ, структурна формула якого наведена на *рисунку 5.1*, який отримують при десульфурації природного газу, газів нафтогазових, коксохімічних, металургійних та інших підприємств, підпадає під регуляцію жорстких норм викидів H_2S і SO_2 в атмосферу.

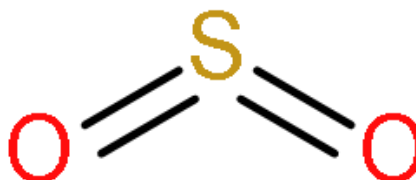


Рисунок 5.1 Структурна формула сірчаного газу

У результаті світове виробництво сірки, сірчаної кислоти та інших сірковмісних продуктів (62 млн. тонн у 2014 р.) забезпечується переробкою нафти та природного газу (близько 62 %), процесами очищення відпрацьованих газів кольорової металургії та коксу, газів (близько 29 %), переробка піриту (7 %) і природної сірчаної руди (2 %) [32].

Перевищення концентрації у повітрі оксидів сірки – безумовно є загрозою для людського здоров'я.

В атмосфері з сірчистого газу утворюється сірчаний ангідрид, який спричиняє кислотні дощі, які змінюють рН ґрунту та викликають опіки рослин. Оксиди азоту також спричиняють кислотні дощі.

До високого вмісту сірчистого газу (SO_2) в атмосфері найбільш стійкими є дуб та береза, а найбільш чутливими – сосна та ялина.

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.090.КР.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Аркуші		
Розроб.		Бодяк Ю.М.								90	102	
Перевір.		Сабадаш Н.І.						НУХТ Каф. ТЖХТ				
Н. Контр.		Подобій О.В.										
Затверд.		Носенко Т.Т.										

Кислотні дощі, спричинені викидами оксидів сірки в атмосферу, загострюють респіраторні захворювання, які потенційно погіршують здоров'я людини. Діоксид сірки викликає підвищене вироблення слизу в дихальних шляхах, кашель, хрипоту, задуху і біль в очах [33].

Принцип утворення кислотних дощів від виробництв, які скидають у атмосферу оксиди Сульфуру, Нітрогену, представлено на *рисунку 5.2*.

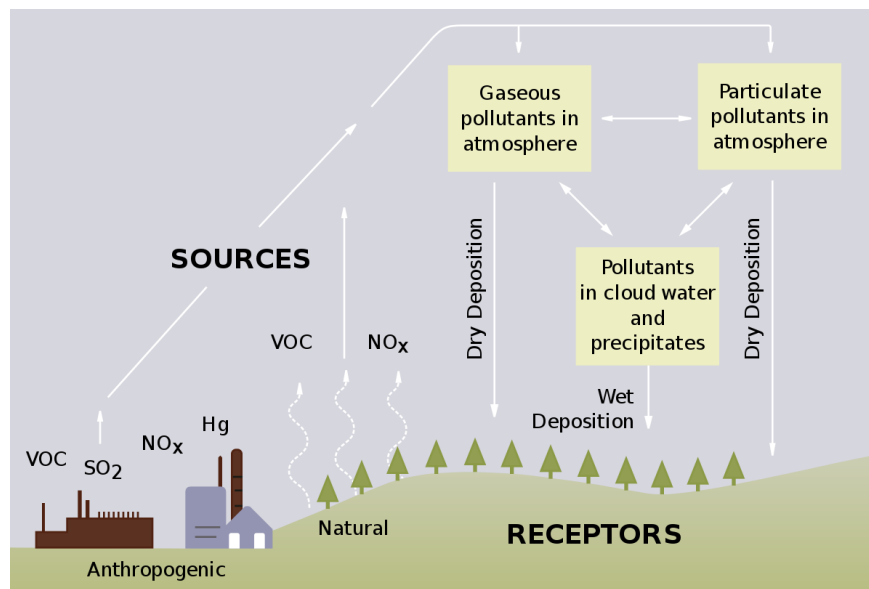
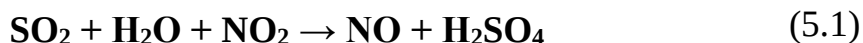


Рисунок 5.2 Схема утворення кислотних дощів з SO_2

Технологія утилізації сірчаного газу ґрунтується на принципі окислення SO_2 до SO_3 , який переробляється в сірчану кислоту баштовим або контактним методом.

В першому випадку в димові газу додатково вводять NO_2 , що забезпечує при $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $NO_2: SO_2 > 2 : 1$ наступну реакцію:



Димові газу із парами сірчаної кислоти, поступають на окислення NO в N_2O_3 введенням кисню повітря.

З них відмивають пари H_2SO_4 і N_2O_3 80 %-вою H_2SO_4 , утвориться при завершенні очищення газів нітрозилсірчана кислота, структурна формула якої наведена на *рисунку 5.3*.

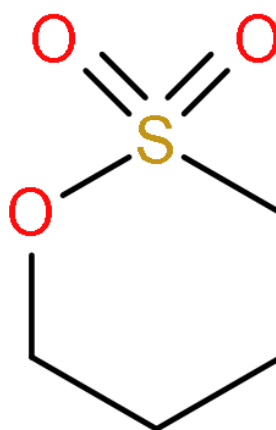


Рисунок 5.3 Структурна формула нітрозилсірчаної кислоти

Остання після продування повітрям розкладається на NO_2 і H_2SO_4 . Частину сірчаної кислоти відводять як товарний продукт реакції, іншу частину (основну) повертають на відмивання димових газів.

Частина діоксиду азоту вступає в контакт з водою, утворюючи HNO_3 , а решта використовується для очищення вихлопних газів. Цей метод дає 80% H_2SO_4 і 50% HNO_3 .

Другий метод передбачає подачу беззольного димового газу при 4500°C в реактор і окислення SO_2 до SO_3 за допомогою ванадієвого каталізатора.

Після конверсії температуру знижують до 2300°C , промивають розведеною H_2SO_4 в абсорбері, а туман сірчаної кислоти вловлюють волокнистим фільтром і викидають в атмосферу. Після промивання концентрація H_2SO_4 збільшується до 80% [34].

РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Охорона праці на виробництві

Усі будівлі, споруди, транспортні, енергетичні та інші інженерні комунікації на території виробництва барвників і пігментів повинні відповідати вимогам затвердженої проектної документації та нормативно-правовим актам з охорони праці відповідно до Закону України "Про охорону праці".

Роботодавці повинні отримати дозволи на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки відповідно до Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України.

Роботодавець повинен забезпечувати своєчасне і якісне проведення атестації робочих місць за умовами праці відповідно до вимог Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України.

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень повинні відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України.

У разі провадження діяльності з випуску чи імпорту хімічних речовин (сумішей) роботодавець повинен дотримуватись вимог Положення про гігієнічну регламентацію та державну реєстрацію небезпечних факторів і Порядку оплати робіт із проведення гігієнічної регламентації та державної реєстрації небезпечних факторів, затверджених постановою Кабінету Міністрів України.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.093.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ		
Розроб.		Бодяк Ю.М.					
Перевір.		Сабадаш Н.І.					
Н. Контр.		Подобій О.В.					
Затверд.		Носенко Т.Т.			НУХТ Каф. ТЖХТ		
					Літ.	Арк.	Аркуші
						93	102

На об'єктах з виробництва барвників та пігментів повинні бути затверджені у встановленому порядку:

- технічна документація на будівлі і споруди, здані в експлуатацію;
- технологічні регламенти, розроблені відповідно до чинних НД;
- інструкції з ведення технологічних процесів і обслуговування обладнання та інструкції з охорони праці за професіями і видами робіт;
- ПЛАС, розроблений відповідно до статті 11 Закону України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" і затверджений роботодавцем.

Не дозволяється виконувати роботи підвищеної небезпеки працівникам, які не ознайомлені з ПЛАС.

Засоби індивідуального захисту, якими забезпечують працівників об'єкта з виробництва барвників та пігментів, повинні відповідати вимогам Технічного регламенту засобів індивідуального захисту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2008 року № 761, і ДСТУ 7239:2011 "ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація", затвердженого наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики.

Роботодавець повинен забезпечувати працівників об'єктів з виробництва барвників та пігментів, які обслуговують електроустановки, необхідними електрозахисними та діелектричними засобами захисту відповідно до вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок, затверджених наказом Державного Комітету України по нагляду за охороною праці від 06 жовтня 1997 року № 257, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 13 січня 1998 року за № 11/2451 (НПАОП 40.1-1.01-97).

Систему вентиляції, встановлену на об'єкті з виробництва барвників та пігментів, необхідно експлуатувати відповідно до Правил з безпечної експлуатації систем вентиляції у хімічних виробництвах, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 05 жовтня 2009 року № 164,

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

zareestrovanih u Ministerstvi yustitsii Ukraini 27 zhovtnia 2009 roku za № 988/17004 (NPAOP 0.00-1.27-09).

Na pidpriemstвах z vyrobnytstva barvnykiv i pigmentiv neobkhidno zabezpechiti vymiruvannya ta kontrol' temperatury, vidnosnoi volohosty, koncentratsii shkidlyvnykh rechovin i pilu, a takozh shvydkosti vitru v robochiy zoni vyrobnychikh primishchen' na vidpovidnist' cym normam.

Teritorii pidpriemstv z vyrobnytstva barvnykiv i pigmentiv povynni buty virivnyani ta spplanovani takim chynom, shob zabezpechiti vidvedennya poverkhnevnykh vod z budively, maydanchykiv, proizhdiv i pishohidnykh dorizhok u drenazhni systemy.

Tekhnologiya vyrobnytstva pigmentiv povynna передбачати комплексну механізацію та застосування засобів дистанційного керування технологічними процесами і операціями.

Na teritoriyakh, u budivlyakh i primishchennyakh pidpriemstv z vyrobnytstva barvnykiv i pigmentiv zaboryanyaetsya kurinnya, krim spetsialno vidvedenykh dlya tshogo mits'k. Dlya kurinnya sub'ektom gospodaruvannya viznachayutsya spetsialno vidvedeni mits'k, yaki obladnuyutsya urnamy abo popilynytsyamy z nehoruyuchykh materialiv, vityazhnoyu ventilyatsiyeu chy inshyamy zasobamy dlya vydalennya tyutyunovoho dimu, poznachayutsya znakom abo napisom "Mits'e dlya kurinnya. Kurinnya shkodit' Vashomu zdorov'yu!".

U kozhnomu cexu vyrobnytstva barvnykiv ta pigmentiv povynen buty viznachenyi perelik shkidlyvnykh rechovin vidpovidno do DSTU 12.1.007-76 "SSBT, yaki mozhut' buty u povitri robchoyi zony pid chas provedennya okremykh tekhnologichnykh operatsiy, a takozh perelik pryladiv ta metodik, yaki mayut' buty v nayavnosti dlya analizu ta viznachennya koncentratsii shkidlyvnykh nebezpechnykh rechovin u povitri robchoyi zony abo rivnya proyavleniya inshykh nebezpechnykh ta shkidlyvnykh faktoriv.

Pigmenty neobkhidno zberigati v krytykh opalyovальnykh sklad'skykh primishchennyakh, obladnanykh zasobamy mekhanizatsii, zagal'noyu pryplyvno-vityazhnoyu ventilyatsiyeu, a v mits'yakh mozhlyvoho utvorennya pilu neobkhidno vstanovlyuvaty aspiratsiyni vidsmoktuvachi [35].

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Навели характеристики барвників та пігментів у харчовій промисловості та зазначили, що у даній сфері перевагу надають природним барвникам червоного, жовтого та зеленого кольорів. Охарактеризовано пігменти синього кольору, внаслідок чого було вивчено, що їх застосування у харчовій промисловості менш поширене, оскільки блакитні пігменти асоціюються у споживачів із ненатуральністю.

2. Вивчено характеристики ультрамарину та зазначено, що окрім харчової промисловості у якості відбілювача цукру він також часто застосовується у текстилі, лакових та фарбових виробництвах, при отриманні пластику, тощо.

3. Проаналізовано методи виробництва ультрамарину, з'ясовано, що найбільш популярним та застосованим є метод випалу шихти, оскільки окиснення зеленого напівфабрикату ультрамарину є більш важким та тривалим процесом.

4. Представлено сировину для отримання ультрамарину, в якості якої застосовано: каолін, кальциновану соду, сірку, інфузорну землю та кам'яновугільний пек у якості відновника, представлено їх властивості та показники якості.

5. Проведено аналіз існуючих технологічних схем виробництва ультрамарину та запропоновано метод удосконалення технології ультрамарину за допомогою просіювання готового продукту для отримання більш однорідної маси, тобто до обладнання включено сито.

6. Проведено розрахунок матеріального балансу, де зазначено, що виробництво з потужністю у 1000 кг/добу матиме втрати у 70,54 кг/добу.

7. Розроблено принципову технологічну схему виробництва ультрамарину, де основними стадіями є: підготовка каоліну та інфузорної землі, отримання шихти, випал шихти та її вилуговування, висушування

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.096.КР.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бодяк Ю.М.			ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.
Перевір.		Сабадаш Н.І.					96
							102
Н. Контр.		Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ	
Затверд.		Носенко Т.Т.					

ультрамарину, подрібнення, просіювання, пакування готового пігменту. Також розроблено та представлено апаратурно-технологічну схему виробництва ультрамарину методом випалу шихти.

8. Проведено підбір основного технологічного обладнання та вказано, що головним устаткуванням під час виробництва ультрамарину методом випалу шихти є печі для випалу та валкові дробарки для отримання ультрамарину однорідного помелу, також представлено креслення зального вигляду валкової дробарки.

9. Розраховано тепловий баланс стадії сушіння ультрамарину та з'ясовано, що теплова поправка стадії сушіння становить 275,55 кДж/кг.

10. Проведено розрахунок економічних показників виробництва та встановлено, що чистий прибуток складатиме 23656,6 грн., а рентабельність підприємства дорівнює 13%, що входить у рамки норми, але потребує кращих результатів.

11. Представлено показники якості синього ультрамарину, а саме: зовнішній вигляд – однорідний порошок синього кольору, вміст сірки – 0,27%, рН 7,0, вологість – 0,96, стійкість до дії світла, висока термостійкість.

12. Вивчено контроль якості ультрамарину на виробництві який складається з таких стадій як: перевірка сировини, нагляд за операцією та перевірка готового продукту.

13. Охарактеризовано екологічну частину технології ультрамарину, внаслідок чого було доведено, що технологія ультрамарину не є безпечною, оскільки під час отримання продукту в атмосферу виділяється велика кількість сірчистого газу, який в свою чергу має негативний вплив на навколишнє середовище та стан здоров'я людини, тому потребує утилізації контактним методом.

14. Наведено особливості охорони праці на виробництві пігментів за діючим законодавством та звернено увагу на тому, що приміщення отримання барвників та пігментів має мати гарну аспіраційну систему та регулярний контроль виробництва.

					ВИСНОВКИ	97 Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О.Ф. Аксьонова. Харчові добавки : МЕТОД. ВКАЗІВКИ для самост. підготов. та виконання лаборатор. робіт студентами, які навчаю. Харків : Харків. Держ. Ун-т Харчування Та Торгівлі, 2011. 59 с.
2. Касянчук В.В, Бергілевич О.М, Дьяченко А.Г. Гігієнічні основи використання харчових добавок у виробництві харчових продуктів. Харчові добавки «Е». Характеристика технологічних добавок, які використовують у виробництві харчових продуктів, їх призначення та регламентування їхнього вмісту. Основи гігієни харчування : Метод. рек. для практ. занять дисципліни «Основи гігієни харчування». Суми, 2019. С. 13.
3. M. Y. Kamatar. Natural Food colouring: A healthier alternative to artificial food colouring. *Global Milling Conference: Safety, sustainability and food supply for the 21st century*, Chennai, 12 April 2016. Chennai, 2016. P. 6.
4. Dyes and pigments used in foods: an integrative literature review / M. E. P. d. Oliveira et al. *Research, Society and Development*. 2021. Vol. 10, no. 10. P.
5. Кузьмак І. П. Антоціани й антоціанідини як компоненти функціонального харчування: біохімія та вплив на здоров'я людини. *Medical and Clinical Chemistry*. 2022. № 4. С. 111–124.
6. О. О. Малюгіна, О. В. Мазулін, Г. В. Мазулін, Г. П. Смойловська, П. А. Логвін. Визначення вмісту каротиноїдів у суцвіттях чорнобривців розлогих. *Фармакогнозія та хімія природних сполук*. 2013. Т. 13, № 3. С. 3.
7. Andersen O. M., Markham K. R. Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications. Taylor & Francis Group, 2005. 1256 p.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.098.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бодяк Ю.М.			СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		
Перевір.		Сабадаш Н.І.					
Н. Контр.		Подобій О.В.					
Затверд.		Носенко Т.Т.					
					Літ.	Арк.	Аркуші
						98	102
					НУХТ Каф. ТЖХТ		

8. Ю.М. Панишко, З.С. Стручкова, В.І. Ковцун, Р.С. Козій. Здоровий спосіб життя : Монографія «Медицина безсмертя і 280 років земного життя». 17 с.
9. Landim Neves M. I., Silva E. K., Meireles M. A. A. Natural blue food colorants: Consumer acceptance, current alternatives, trends, challenges, and future strategies. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 112. P. 163–173.
10. Технічний аналіз харчових добавок та косметичних продуктів: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок» / В. І. Воробйова, О. Е. Чигиринець, Т. М. Пилипенко, Л. А. Хрокало, В. Г. Єфімова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 345 с.
11. Giraldo C., Tobón J. I., Restrepo Baena O. J. Ultramarine blue pigment: A non-conventional pozzolan. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 36. P. 305–310.
12. Гуріна Г. І. Пігменти : навч. посібник / Г. І. Гуріна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 158 с.
13. Detellier C. Functional Kaolinite. *The Chemical Record*. 2018. Vol. 18, no. 7-8. P. 868–877.
14. TAKALANI MADIMA. Manufacturing of synthetic soda ash. *Department of Physics University of the Western Cape*. 2009. P. 92.
15. Sulfur content in foods and beverages and its role in human and animal metabolism: A scoping review of recent studies / D. Dordevic et al. *Heliyon*. 2023.
16. І.Ф.Миронюк, В.В.Лобанов, В.М.Огенко. Гідрофобно-гідрофільні властивості частково триметилсилільованої поверхні кремнезему. *Physics and chemistry of solid state*. 2000. Т. 1, № 2. С. 177–184.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

17. ВАСИЛЕГА Н. Д. Окисно-відновні реакції: Посібник для вчителів. 2-ге вид., Перераб. І доп. Київ: Рад. шк., 1987. 152 с.
18. Ultrazurtm Ultramarine Blue It's Ultra In Every Way. Heubach. P. 4.
19. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання /уклад.: О.Г Макаренко, О.В Подобій, Т.М. Бойчук та ін. К.: НУХТ, 2020. 66 с.
20. А. О. Єрьомін. Вплив рециркуляції пічних газів на рівномірність температурного поля в нагрівальних печах. *Метал і лиття України*. 2014. Т. 258, № 11. С. 7.
21. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Металургійні печі» для студентів всіх форм навчання напряму 6.050401 «Металургія» / Укл.: Крячко Г.Ю.- Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016 р., С. 16.
22. Смарагдова зелень Лакофарбові матеріали - виробництво. Лакофарбові матеріали - виробництво та обладнання. URL: <http://kraska.biz/tehnologiya-i-oborudovanie-lakokrasochnogo-proizvodstva/izumrudnaya-zelen-2/> (дата звернення: 20.04.2023).
23. Технологічне устаткування ливарних, ковальсько-пресових і термічних цехів. *Технологічне устаткування термічних цехів*. Запоріжжя. С. 84.
24. Камерні печі (Муфельні печі) від Українського Виробника ТОВ "Бортек". ТОВ "Бортек". URL: <http://bortek.ua/ua/promyshlennye-ehlektropechi/kamernye-pechi/> (дата звернення: 27.04.2023).
25. О. В. Костюнік, Я. В. Савчук. Собівартість продукції як важливий показник ефективності роботи авіаційних підприємств. *Економічна наука. Інвестиції: практика та досвід*. 2017. № 22. С. 38–43.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

26. Сусол Н., Куць В. Методи контролю якості технологічних операцій виготовлення кулінарної продукції. *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2012. № 73. С. 113–117.

27. Пігмент Ultra Blue CM 462 ультрамарин (Синій) Китай сухий мішок 25 кг. "BCB ПЛЮС" - Будівельна хімія №1 - купити будівельну хімію у Миколаєві, Україні | Професійний інтернет магазин Budchem. URL: <https://budchem.com.ua/suhi-pigmenti/ultramarin-ultra-blue-sm-462> (дата звернення: 15.05.2023).

28. Класифікація пігментів. *Конспект лекцій з дисципліни "Матеріалознавство"*. С. 5.

29. Контроль якості продукції - Бібліотека BukLib.net. *Головна - Бібліотека BukLib.net*. URL: <https://buklib.net/books/36017/> (дата звернення: 17.05.2023).

30. Організація контролю якості продукції. *Конспект Лекцій. Навчальні матеріали ТДАТУ*. URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/ate/tpzpsg_2/page5.html (дата звернення: 17.05.2023).

31. Dr. E. Büchner. Ultramarin. F. Böckmann, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden der Gross-Industrie, der Versuchsstationen und Handelslaboratorien. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1893. P. 2.

32. Yavorskiy V., Slyuzar A., Kalymon J. Sulfur Gas Production in Ukraine (Review). *Chemistry & Chemical Technology*. 2016. Vol. 10, no. 4s. P. 613–619.

33. *Екологія Право Людина*. URL: <http://epl.org.ua/announces/pry-obstrilakh-m-shchastia-v-povitri-znachno-zrosla-kontsentratsiia-nebezpechnykh-spoluk/> (дата звернення: 20.05.2023).

34. Конспект лекцій з дисципліни «Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів» (Частина І) для студентів напряму підготовки 161 «Хімічні технології та інженерія», 162

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

«Біотехнології та біоінженерії», Укладач Белянська О.Р.,ї Ващенко Л.В.
Кам'янське : ДДТУ, 2022. 56 С.

35. Про затвердження Правил охорони праці на об'єктах з виробництва барвників та пігментів : Наказ М-ва надзвича. ситуацій України від 12.12.2012 р. № 1410.

36. Пек кам'яновугільний електродний: продаж, ціна у Запоріжжі.
Кокс від "ТОВ "ТВП "БОНУСТРЕЙД"" - контакти, товари, послуги, ціни.
URL: <https://bonustrade.com.ua/ua/p1510554525-pek-kamennougolnyj-elektrodneyj.html> (дата звернення: 20.05.2023).

37. Качура Р.О. Валкова дробарка з модернізацією рухомого валка : Дипломна робота на здобуття ступеню "Бакалавр". Київ, 2021. 100 с.

38. Обладнання хімічних виробництв: методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання лабораторних робіт для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Житнецький, О.І. Бабанова К.: НУХТ, 2021. 207 С.

39. Ультрамариновий пігмент синього кольору: пат. 31409. Опубл. 15.08.2016, Бюл. № 9. 2 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102