

**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 2022 р.

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

«\_\_» червня 2022 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: Технологія лінії виробництва чорного  
пігменту ферум оксиду (E172)

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

КУЗЄВАНОВА Анастасія Олександрівна  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

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

\_\_\_\_\_  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

\_\_\_\_\_  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

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

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

Здобувач(ка) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2022 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

“ ” 2022 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кузєванова Анастасія Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Технологія лінії виробництва чорного пігменту ферум оксиду (E172)

керівник роботи Бойчук Тетяна Михайлівна, к.х.н, доцент,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “31” березня 2022 року № 168-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Продуктивність технології – 1000 кг на 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

## 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	05.05.2022	31.05.2022

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 31 березня 2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	01.05.2022	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.05.2022-04.05.2022	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	05.05.2022-10.05.2022	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	11.05.2022-15.05.2022	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	16.05.2022-18.05.2022	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19.05.2022-24.05.2022	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	25.05.2022-29.05.2022	
8	ВИСНОВКИ	30.05.2022-31.05.2022	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.05.2022-30.05.2022	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	03.05.2022-15.05.2022	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	10.05.2022-20.05.2022	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	01.06.2022-05.06.2022	

**Здобувач** \_\_\_\_\_

(підпис)

**Анастасія КУЗЄВАНОВА** \_\_\_\_\_

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_

(підпис)

**Тетяна БОЙЧУК** \_\_\_\_\_

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

### ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА 76 С. 17 РИС. 32 ТАБЛИЦЯ, 47 ДЖЕРЕЛ.

Темою даної дипломної роботи є технології лінії виробництва чорного пігменту ферум оксиду потужністю 100 кг/добу.

Дана робота складається зі вступу, 6 розділів та висновків. Обґрунтовано вибір технології виробництва.

При виконанні роботи розроблено апаратурно-технологічну та принципово-технологічну схеми виробництва чорного пігменту ферум оксиду.

Розраховані показники економічної ефективності підприємства з виробництва оксиду заліза: собівартість 1 кг пігменту складає 180 грн., повернення капіталовкладень займе 2,9 роки, рентабельність підприємства складає 15%.

Виконано розрахунок матеріального балансу кожної стадії виробництва, підбір основного обладнання. Проведено розрахунок основного апарату – реактор для змішування дволопатевої. Його висота склала 1895 мм, ширина 1700 мм, діаметр апарату 1600 мм, діаметр мішалки 1000 мм.

Наведені методи контролю якості отриманої продукції, заходи з охорони праці та екологічної безпеки виробництва.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БАРВНИК, ХАРЧОВА ДОБАВКА, E127, ФЕРУМ  
ОКСИД, ЗАКИС ЗАЛІЗА.

## **ABSTRACT**

### **EXPLANATORY NOTE 76 P. 17 PIC. 32 TABLES, 47 SOURCES.**

The topic of this thesis is production line technology of ferum oxide black pigment with a capacity of 100 kg/day.

This work consists of an introduction, 6 sections and conclusions. The choice of production technology is justified.

When carrying out the work hardware-technological and principle-technological scheme of ferum oxide black pigment production has been developed.

The characteristics of economic efficiency of the company for the production of iron oxide have been calculated: the return of capital investments will take 2.9 years, the profitability of the company is 15%.

The calculation of the material balance of each stage of production, the selection of basic equipment is performed. Calculation of the main apparatus - binary mixing reactor was performed. The height is 1895 mm, width 1700 mm, diameter of the apparatus is 1600 mm, diameter of the mixer is 1000 mm.

Methods of quality control of obtained products, measures for labor protection and ecological safety of production are presented.

**KEY WORDS: PIGMENT, FOOD ADDITIVE, E127, FERUM OXIDE, IRON OXIDE.**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	10
1.1 Загальні відомості про харчові добавки .....	10
1.2 Загальні характеристики харчової добавки E172 .....	13
1.3 Галузі використання харчової добавки .....	17
1.4 Фізико-хімічні властивості оксиду заліза .....	18
1.5 Вибір та обґрунтування методу виробництва.....	19
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	22
2.1. Характеристика вихідної сировини.....	22
2.2. Опис принципово-технологічної схеми.....	24
2.3. Матеріальний баланс .....	26
2.4 Підбір основного технологічного обладнання.....	33
2.5 Розрахунок реактора для змішування .....	46
2.6. Опис апаратурно-технологічної схеми схема .....	50
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ .....	52
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	60
4.1 Показники якості ферум оксиду .....	60
4.2 Контроль якості ферум оксиду .....	61
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	64
5.1 Основні властивості застосованої сировини .....	64
5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища.....	65

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кузеванова А.О.			<b>ЗМІСТ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.				6		
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ.....	67
6.1 Основні види небезпек .....	67
6.2 Освітлення робочих приміщень .....	69
6.3 Заходи безпеки для працівників .....	70
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	73

					<b>ЗМІСТ</b>	<small>рк.</small>
<small>мн.</small>	<small>рк.</small>	<small>докум.</small>	<small>дпис</small>	<small>Дата</small>		

## ВСТУП

Харчова промисловість не може існувати без харчових добавок. На сьогоднішній день їх є велика кількість, вони можуть бути як безпечними для організму людини, так і ні. Для використання харчових добавок вони повинні проходити контроль якості та безпеки, отримати особистий Е код.

Використання пігментів в харчовій промисловості є майже обов'язковим для надання харчовим продуктам необхідних органолептичних властивостей.

Пігмент – дрібна тверда кристалічна речовина органічної, або неорганічної природи, яка не розчиняється в середовищі, не впливаючи хімічно на речовину. Пігмент впливає на фізичні властивості речовини, поглинають ультрафіолетові промені, підвищують стійкість, захищають від руйнування [2].

Найбільшими галузями застосування є фарбування будівельних матеріалів, виготовлення фарб, покриттів та полімерів, а також виробництво оксидних тонерів, кераміки, каталізаторів і магнітоносіїв.

**Предмет дослідження** – чорний пігмент ферум оксиду як харчова добавка.

**Мета роботи** – полягає у аналізі та удосконаленні лінітехнології виробництва чорного пігменту ферум оксиду.

**Об'єктом дослідження** – лінія технології виробництва чорного пігменту ферум оксиду.

### **Завдання для виконання роботи:**

- Аналіз літературних джерел щодо хімічних та технологічних особливостей використання ферум оксиду.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.008.КР.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кузєванова А.О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>				8	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>			<b>ВСТУП</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>					
					<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		

- Аналіз методів отримання чорного пігменту ферум оксиду та вибір найбільш доцільного методу виробництва.
- Удосконалення технології отримання чорного пігменту ферум оксиду обраним хімічним методом.

Чорний пігмент ферум оксиду застосовується у харчовій промисловості як харчову добавку, компонент лікарських препаратів у фармацевтичній промисловості, як компонент косметичних засобів у косметичні галузі.

Саме тому технологія лінії виробництва чорного пігменту ферум оксиду є **актуальною** на сьогоднішній день.

					<b>ВСТУП</b>	<small>рк.</small>
						9
<small>мн.</small>	<small>рк.</small>	<small>докум.</small>	<small>дпис</small>	<small>Дата</small>		

# РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Загальні відомості про харчові добавки

Харчові добавки – це натуральні, або штучні речовини, які вводяться у харчовий продукт для поліпшення його органолептичних властивостей, покращення технології виробництва, продовження терміну придатності, збереження якості. Зазвичай харчові добавки не вживаються людиною напряму, як харчовий продукт, а безпосередньо через їжу [1].

Основні задачі харчових добавок:

- Удосконалення технології виробництва харчового продукту;
- Регулювання смаку харчового продукту;
- Регулювання аромату харчового продукту;
- Регулювання консистенції харчового продукту;
- Збереження якості харчового продукту;
- Збільшення терміну зберігання харчового продукту.

Харчові добавки підпорядковуються системі Codex Alimentarius як міжнародна цифрова система кодування харчових добавок INS. У Європі розроблена система цифрового кодування «Е-код». За цією системою харчові добавки поділяються на такі категорії [12]:

- E100-199 – барвники;
- E200-299 – консерванти;
- E300-399 – антиоксиданти;
- E400-449 – стабілізатори;
- E450-499 – емульгатори;
- E500-599 – регулятори кислотності і лужності;

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.010.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Кузєванова А.О.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					10	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

- E600-699 – підсилювачі смаку, ароматизатори;
- E700-899 – запасні індикатори для можливих харчових добавок;
- E900-999 – антифламінги та ін.;
- E1000-1521 – різні технологічні функції.

**Барвники** – природні, або синтетичні речовини які спрямовані на зміну, відновлення, або підсилення кольору харчового продукту. Харчові барвники бувають природнього (куркумін E100, хлорофіл E140., каротини E160), або синтетичного походження (тартазин E 102, азорібун E122, жовтий E110). Синтетичні ж барвники поділяються на органічні (індигорамін E132) і неорганічні (рослинне вугілля E153, оксид заліза E172, карбонат кальцію E170).

Існують лакові барвники (ще їх називають пігментами та лаками) – це особливі барвники у вигляді порошків, мають синтетичне походження з іонами металів. Нерозчинні у воді, надають колір харчовому продукту у вигляді дисперсії при поверхневому нанесенні.

Стабілізатори забарвлення – це харчові добавки, які впливають на забарвлення харчового продукту таким чином, що зберігаю, підсилюють та стабілізують його (аскорбілстеарат E305, оцтова кислота E260, фосфат натрію E339).

Глазурувачі – харчові добавки, які призначені для поверхневого нанесення на харчовий продукт щоб утворити «блискучу» поверхню, захисну плівку, блискучий шар, тощо. Більшість глазурувачів – воски (бджолиний віск E901, ланолін E913, карнаубський віск E903)

**Консерванти** – харчові добавки, які подовжують чи збільшують термін зберігання харчового продукту. Вони запобігають псуванню речовини шляхом захисту її від дії мікроорганізмів, пригнічують розвиток бактерій, не даючи їм можливості розмножуватись. Консерванти використовують тоді, коли продовжити термін зберігання продуктів неможна альтернативними варіантами. Консерванти є органічними (формальдегід E240,

демитилкарбонат E242, мурашина кислота E236), і неорганічними (сульфіт натрію E221, пероксид водню E211, боратна кислота E284).

**Антиоксиданти** – харчові добавки, які запобігають окислюванню жировмісних харчових продуктів, збільшуючи термін їх зберігання. Вони уповільнюють окислення ненасичених жирних кислот, захищають овочі і фрукти від потемнення, уповільнюють ферментативне окислення пива і вина (аскорбінова кислота E300, токоферол E306, лецитин E322).

**Стабілізатори** – харчові добавки які дозволяють зберігати однорідну консистенцію між двома чи більше компонентами, які не змішуються між собою. Існують органічні (курдлан E424, кроскрамелоza E468, циклодекстрин E459) і неорганічні стабілізатори (поліфосфати E452, пірофосфати E450). До стабілізаторів також належать загущувачі (вівсяна камедь E411, метилцелюлоза E461, агар E406), желеутворювачі (жиле, пектин E440)

**Емульгатори** – поверхнево-активні речовини, які вводяться в склад харчового продукту та забезпечують утворення однорідної дисперсії двох чи більше незмішувальних речовин (лецитин E322, естери гліцеролу та смоляних кислот E445, целюлоза E46).

**Регулятори кислотності і лужності** – харчові добавки, які впливають на рН рівень харчового продукту (збільшую, зменшують, підтримують певне значення). Додавання кислот зменшує значення рН, основ – збільшує. Використання буферних сумішей підтримує рівень кислотності. Також регулятори кислотності і лужності відповідають за підкислення харчових продуктів. Існують регулятори рН з основними властивостями (гідрокарбонат натрію E500, карбонат магнію E504, гідроксид натрію E524), регулятори рН з кислотними властивостями (фосфати калію E340, фосфати кальцію E431, трифосфати E451).

**Підсилювачі смаку, ароматизатори** – харчові добавки, які впливають на смак харчової добавки та її аромат (відновлюють, підсилюють чи стабілізують). Самі по собі зазвичай не мають смаку чи запаху. До цих

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	опис	дата		12


харчових добавок відносяться кофеїн, дикетони, гетероциклічні сполуки, амінокислоти (аспарат натрію E638, гідрохлорид лізину E642, глутамат кальцію E623).

## 1.2 Загальні характеристики харчової добавки E172

Оксид заліза – синтетичний барвник, який являє собою хімічну сполуку заліза і кисню. Кольорова палітра оксиду заліза досить різноманітна, вони досить дешеві, легкі у виробництві і безпечні для використання у харчовій промисловості. Добре розчинний у неорганічних кислотах, нерозчинний у воді, маслах та органічних розчинниках. Зустрічається у природі, у вигляді мінералів, але отримується переважно синтетичними методами. Є корисною харчовою добавкою в невеликих дозах, адже підвищує рівень заліза у крові. Являється термостабільним пігментом з низькою світлочутливістю. Додаткова норма надходження – 0,5 мг/кг [16]. Нижче наведені таблиці 1.1 кольорова палітра оксиду заліза і таблиці 1.2 хімічний склад оксидів заліза.

Таблиця 1.1

Кольорова палітра оксиду заліза

Формула	Характеристика	Колір	Фото
1	2	3	4
$Fe_2O_3$	Червоний порошок, нерозчинний у воді, розчинний у кислотах	Червоний	

1	2	3	4
FeO	Чорний порошок, нерозчинний у воді, розчинний у кислотах	Чорний	
$\alpha$ -FeOOH	Жовтий порошок, нерозчинний у воді, розчинний у кислотах.	Жовтий	
	Голубий порошок, нерозчинний у воді, розчинний у кислотах.	Голубий	
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Темно-коричневий порошок, нерозчинний у воді, розчинний у кислотах.	Коричневий	

мн.	рк.	докум.	опис	Дата

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Зелений порошок, суміш з жовтого оксиду заліза. Нерозчинний у воді, стійкий до кислот.	Зелений	
$\gamma\text{-FeOOH}$	Помаранчевий порошок. Нерозчинний у воді, стійкий до кислот.	Помаранчевий	

Таблиця 1.2

**Хімічний склад оксидів заліза**

Склад добавки	Чорний ферум оксид	Червоний ферум оксид	Жовтий ферум оксид
1	2	3	4
Оксид заліза (2,3) $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Fe}_3\text{O}_4$	98,4%	99,3%	відсутній
Гідрооксид заліза (3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$	відсутній	відсутній	99%
Сульфат натрію $\text{Na}_2\text{SO}_4$	0,2%	0,3%	0,3%

мн.	рк.	докум.	опис	Дата

1	2	3	4
Вода H <sub>2</sub> O	0,4%	0,4%	0,7%
Оксид алюмінію Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5%	відсутні	відсутній
Оксид магнію MgO	0,5%	відсутні	відсутній

Згідно з дослідженнями The Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie (Germany's workers health authority for the chemical industry) пігменти оксиду заліза, які були отримані з чистої сировини дозволені для використання у якості харчових барвників у фармацевтичній промисловості, так як не мають у своєму складі кристалічного кремнезему, тому не являються токсичними [17].

Пігменти оксиду заліза мають досить широку галузь застосувань. Вони використовуються як харчові барвники, у фармацевтичній промисловості як харчовий барвник, у косметичній галузі як пігмент у косметичних рецептурах. Використовуються для виготовлення фарб та у виготовленні будівельних матеріалів, яким необхідно надати колір. Використовується як пігмент у фресковому живописі [18].

Ферум оксид може потрапляти у легені при вдиханні. Дія парів оксиду заліза може викликати у людини лихоманку. Вона має симптоми жару та ознобу, ламкості тіла, стискання в грудях, відчуття металічного присмаку у ротовій порожнечі. При довгому та повторюваному контакті з оксидами заліза людина має ризик втратити колір очей. У разі повторної взаємодії з пилом чи димом ферум оксиду є ризик захворіти на пневмоконіоз, який буде супроводжуватись кашлем та змінами грудної клітини на рентгенограмі. Оксид заліза у вигляді Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не горючий, у випадку, якщо він не у вигляді

дрібного порошку. Але FeO – є дуже вогнебезпечним та активним, він навіть має здатність до самозаймання на повітрі [27].

### **1.3 Галузі використання харчової добавки**

Оксид заліза досить легко знаходить застосування у безлічі галузей. Причини досить прості: цей пігмент широко розповсюджений, дуже простий у синтезі та має збіг гарних характеристик, таких як покривна здатність, низька токсичність, дешевизна.

#### **Фармацевтична галузь**

Використовується як харчовий барвник у фармацевтичній промисловості для зміни забарвлення лікарських препаратів. Також слугує компонентом цих самих препаратів для лікування та профілактики дефіциту заліза в організмі людини.

#### **Косметична галузь**

Використовуються як пігмент у розробці рецептури косметичних засобів. Зазвичай зустрічається у декоративній косметиці для очей. Оксид заліза являється безпечним пігментом, тому його використання більш доцільне у рецептурах, адже він не є алергеном і у його складі відсутні компоненти, які б могли завдати шкоди шкірі, або дихальним шляхам людини.

#### **Харчова галузь**

Залізо – це незамінний компонент крові, при недостатці якого людина відчуває слабкість, сонливість, потребує більше часу на відпочинок, легко втрачає концентрацію. Дефіцит заліза у крові досить сильно впливає на фізичний стан людини, тому важливо підтримувати рівень гемоглобіну в норму. Для профілактики можна вживати добову норму, яка складає 0,5 мг/кг.

#### **Будівельна галузь**

Оксид заліза широко застосовується у будівельній промисловості як пігмент для виготовлення фарб, лаків, покриттів, тощо. Також пігмент використовується для виготовлення кольорового бетону. Оксид заліза використовується у фресковому живописі, у виготовленні олійних фарб.

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	рк.
						17
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		

## Кормова добавка

Оксиди заліза червоного, чорного та жовтого кольорів дозволені для використання у виробництві корму для тварин. Вони виконують роль пігменту, призначені для надання та відновлення кольору корминкам. Обмежень по тваринам та їх віку немає. Рекомендована доза пігментів від 500 до 1200 мг/кг у повнораціонних кормах [28].

### 1.4 Фізико-хімічні властивості оксиду заліза

#### Ферум (II) оксид FeO

Неорганічна сполука, оксид заліза. Порошок чорного кольору. Має формулу FeO. Нерозчинний у воді., розчинний у кислотах. Молярна маса - 71,844 г/моль, температура плавлення – 1377 °С, густина – 6,0 г/см<sup>3</sup>.

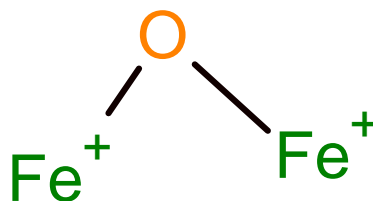


Рис. 1.1 Структурна формула оксиду заліза (II)

#### Ферум (III) оксид Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Неорганічна сполука, оксид заліза. Порошок червоного кольору. Має формулу Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Нерозчинний у воді., розчинний у кислотах. Молярна маса – 159,688 г/моль, температура плавлення – 1565 °С, густина – 5,25 г/см<sup>3</sup>.

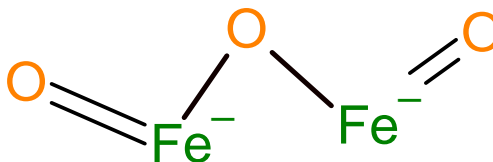


Рис 1.2 Структурна формула оксиду заліза (III)

#### Ферум (II,III) оксид Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

Неорганічна сполука, подвійний оксид заліза. Кристали чорного кольору. Має формулу Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, або FeO • Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Нерозчинні у воді. . Молярна маса – 231,54 г/моль, температура плавлення – 1590 °С, густина – 5,11; 5,18 г/см<sup>3</sup>, твердість - 5,6-6,5.

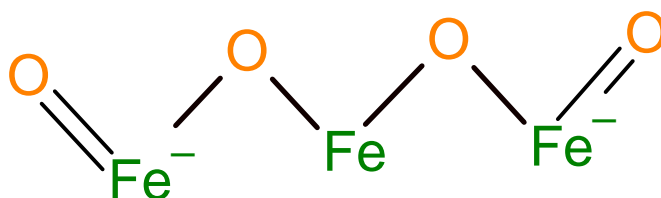
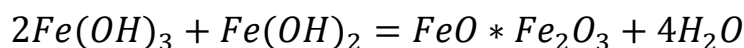
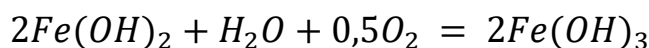


Рис 1.3 Структурна формула магнетиту

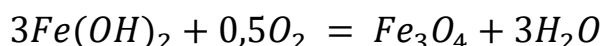
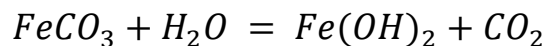
### 1.5 Вибір та обґрунтування методу виробництва

В ході аналізу літературних джерел було розглянуто декілька методів виробництва чорного пігменту оксиду заліза. Нижче наведені ці методи:

- 1) повітря у гідроокис заліза(III), який вступає у взаємодію з гідроокисом заліза(II), що не окиснився, з утворення змішаного оксиду заліза [1].



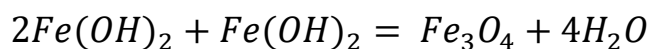
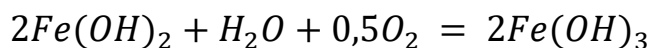
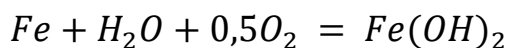
Замість гідрату закису можна використовувати вуглекисле залізо, яке гідралізується при нагріванні утворюючи гідрат закисі, потім окислюючись в оксид феруму:



Окислення проходить при нагріванні, але дуже повільно. При додаванні  $ZnCl$  або  $NaNO_3$  можна значно прискорити процес [1].

Цей метод нам не підходить, оскільки вилучання готового продукту проходить дуже повільно, а для прискорення необхідно використовувати каталізатор. Недоліком цього методу є довгий процес.

- 2) Оксид заліза можна отримати окисленням металічного заліза ароматичними нітросполуками в розчині електrolітів. Починається з корозії заліза і утворення гідрату закисі, який окислюється в гідрат окисі заліза, який вступає у взаємодію зі знову утворившись в результаті корозії гідраті закисі заліза.

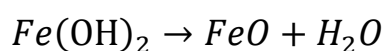
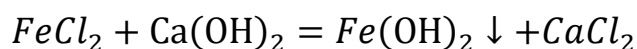
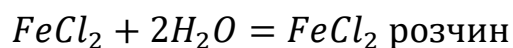


Умови реакції мають дуже великий вплив на склад і властивості оксиду заліза, тому важливо дотримуватись необхідних умов для отримання якісного пігменту.

При приготуванні штучного чорного оксиду заліза будь-яким методом не вдається отримати чистий закис-окис заліза  $FeO * Fe_2O_3$ , що містить розрахункову кількість закису заліза, тобто 31,03%  $FeO$ . Зміст оксиду заліза в технічних продуктах знаходиться зазвичай у межах 17-25%, причому чим активніше закис-окис заліза на стадії одержання, тобто чим легше вона окислюється, тим менше в ній міститься закису заліза. Як пігменти слід застосовувати сполуки, що містять не менше 17-18%  $FeO$ .

Цей варіант нам не підходить, адже перед нами не стоїть задача вилучати пігмент побічними реакціями, основною задачею є дослідження технології виробництва ферум оксиду [4].

- 3) Отримуємо оксид заліза взаємодією ферум хлориду з гідроокисом кальцію. Розводимо водою  $FeCl_2$  до необхідної концентрації у 120-140 г/л. Пропускаємо розчин під сильним струмом повітря, додаємо  $Ca(OH)_2$  для осадження заліза. Далі нагріваємо розчин до 170 °C глухою парою і залишаємо на 5-8 годин для того, щоб гідроокис заліза окиснився і вийшов чорний пігмент ферум оксид.



Була обрана саме ця технологія, адже ми отримуємо чистий пігмент без сторонніх речовин прямими реакціями. Нам не потрібно використовувати

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	рк.
мн.	рк.	докум.	опис	дата		20

каталізатори для прискорення процесу, оскільки найдовша стадія – це стадія розкладання.

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	рк.
						21
мн.	рк.	докум.	дпис	Дата		

## РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Характеристика вихідної сировини

**Чорний залізо оксидний пігмент** – синтетичний пігмент чорного кольору, являє собою оксид заліза у формі магнетиту. Хімічна формула -  $FeO$ . За фізичним властивостями речовина являє крихкі й тугоплавкі чорні кубічні кристали. Має високу температуру плавлення – 1597. °С Речовина проводить електричний струм через те, що є магнетитом використовується у виготовленні електродів

Має насичений синьовато-чорний колір, гарну покривну здатність, високу стійкість до впливу світла та атмосфери. Розчинний в слабких лугах. Використовується як пігмент, бере участь в багатьох хімічних процесах де необхідний чорний колір через свою насиченість та відсутності чутливості до світла [6].

**Ферум хлорид ГОСТ 4141-74** – середня сіль, являє собою білі кристали. Хімічна формула  $FeCl_2$ . У вигляді кристалогідрату має зелений колір. Температура плавлення – 674 °С. Добре розчинна у холодній воді, хороводній кислоті, етанолі, ацетоні. В окисно-відновних реакціях виявляє відновлюючі властивості. Використовуються у ювелірній промисловості. Застосовується у фармацевтичних препаратах для лікування, або профілактики залізодефіцитної анемії через те, що  $Fe^{2+}$  краще засвоюється, ніж  $Fe^{3+}$ . Як закріплювач кольору на тканинах. Реагує як протруйка, реагує хімічно і одночасно зв'язується з барвником і тканиною, утворюючи в ній нерозчинні сполуки. Застосовується при очищенні стічних вод як коагулянт [34]. Використовують у біохімічних та медичних дослідженнях, також у хімічних, фізичних та інженерних лабораторіях [9]. Показники якості наведені у таблиці 2.1.

					ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.022.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кузєванова А.О.			<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.					22	
Н. Контр.		Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

## Фізико-хімічні показники якості ферум хлориду

Найменування показника	Норма
1	2
Масова частка нерозчинних у воді речовин, %	0,01-0,05
Масова частка нітратів (NO <sub>3</sub> ), %	0,01-0,03
Масова частка сульфатів (SO <sub>4</sub> ), %	0,005-0,03
Масова частка фосфатів (PO <sub>4</sub> ), %	0,005-0,01
Масова частка заліза (Fe <sup>2+</sup> ), %	0,002-0,005
Масова частка міді (Cu), %	0,003-0,01-
Масова частка миш'яку (As), %	0,0005
Масова частка цинку (Zn), %	0,003-0,01
Масова частка свинця (Pb), %	0,002-0,005
Масова частка калію (K), %	0,02-0,05
Масова частка натрію (Na), %	0,06-0,1
Масова частка кальцію (Ca), %	0,02-0,1
pH розчину препарату з масовою часткою 5%	1,5-2,5

**Гідрооксид кальцію** – гашене вапно – дрібні кристали білого кольору. Хімічна формула  $Ca(OH)_2$ . Сильний луг, мало розчинний у воді, проте дуже енергійно з нею реагує з виділенням великої кількості тепла. При нагріванні до температури 580 °С розпадається на кальцій оксид і воду. Температура плавлення 2627 °С. Використовується в харчовій промисловості в якості харчової добавки E526 як регулятор pH, ущільнювач харчових волокон. Також використовується в будівництві, для виробництва вапнякових добрив та зниження кислотності ґрунтів. Застосовується для пом'якшення води. Використовується в цукровому виробництві як вапнякове молоко для рафінування цукру [8]. Показники якості наведені у таблиці 2.2.

## Фізико-хімічні показники якості кальцій гідроксид

Найменування показника	Норма
1	2
Масова частка гідроксиду кальцію (Ca(OH) <sub>2</sub> ), %	95-97
Масова частка вуглекислого кальція (CaCO <sub>3</sub> ), %	1,5-3
Масова частка нерозчинних у соляній кислоті речовин, %	0,008-0,020
Масова частка сульфатів (SO <sub>4</sub> ), %	0,01-0,02
Масова частка хлоридів (Cl), %	0,005-0,010
Масова частка загального азоту (N), %	0,05-0,10
Масова частка феруму (Fe), %	0,01-0,02
Масова частка важких металів (Pb), %	0,003-0,005
Масова частка магнію (Mg), %	0,05
Масова частка суми калію і натрію (K+Na) %	0,5

## 2.2. Опис принципово-технологічної схеми

Принципово-технологічна схема зображена на рисунку 2.1.

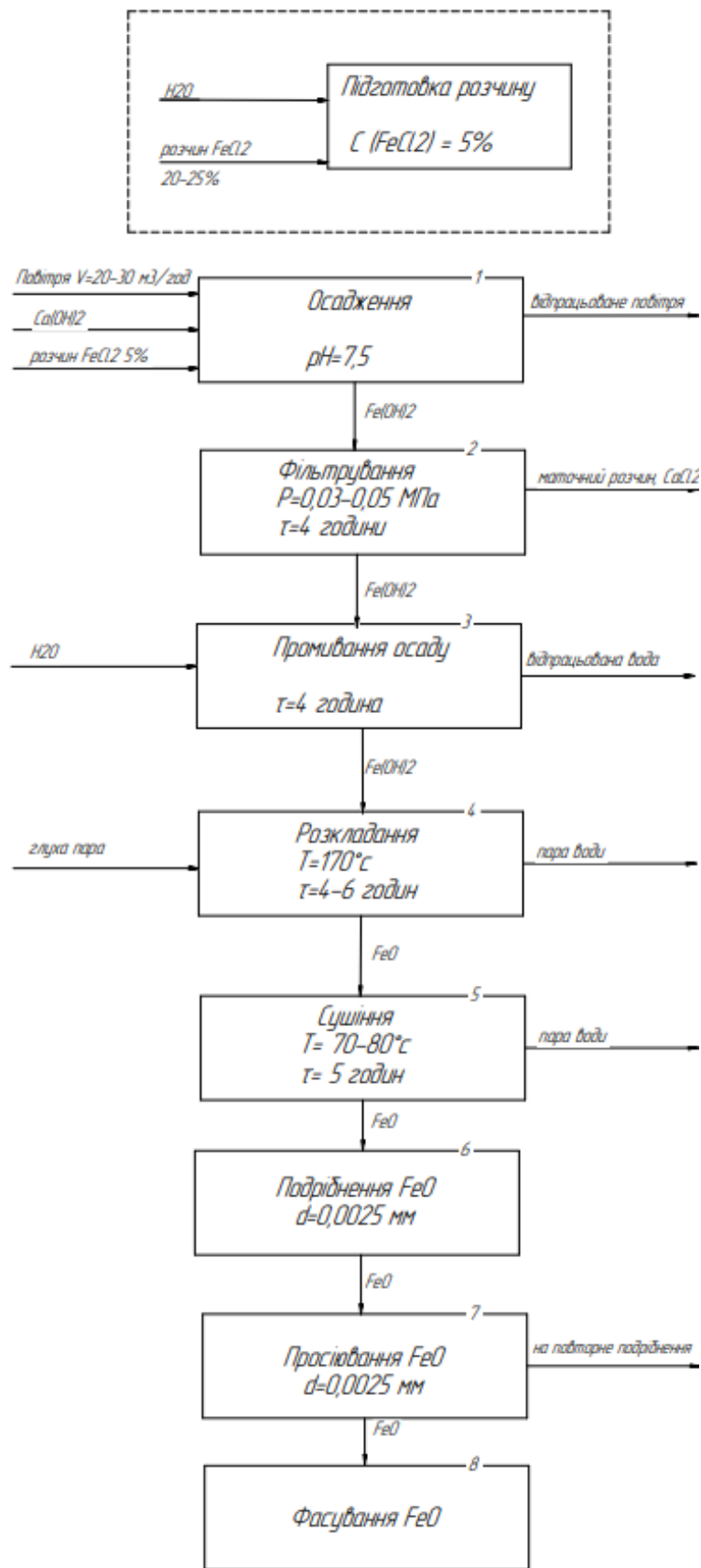


Рис. 2.1 Технологічна схема виробництва чорного ферум оксиду

мн.	рк.	докум.	опис	Дата

Принципово-технологічна схема складається з 8 стадій. Процес починається з завантаження у реактор для змішування розчину  $\text{FeCl}_2$  (20-25%) і водою доводять до концентрації  $\text{FeCl}_2$  5%. Далі розчин направляють у конічний відстійник, де його пропускають під сильним струмом повітря (20-28 м<sup>3</sup>/год) і додають  $\text{Ca(OH)}_2$  в кількості необхідній для осадження заліза. Розчин потрапляє на фільтрування при тиску 0,03-0,05 МПа на протязі 4 годин. Зливається маточний розчин  $\text{CaCl}_2$ . Осад  $\text{Fe(OH)}_2$  промивається водою на протязі 4 годин.

$\text{Fe(OH)}_2$  потрапляє на стадію розкладання у футерованому баку. Це процес де ми отримуємо пігмент  $\text{FeO}$ . При температурі 170 на протязі 4-6 годин осад продувається глухою парою. Далі пігмент зі вмістом вологи 35% подають на сушіння до стрічкової сушарки за температури 70-80 °С на протязі 5 годин. Далі пігмент надходить до подрібнення, де частки  $\text{FeO}$  подрібнюються до діаметру 0,0025 мм. Після подрібнення пігмент направляється на просіювання, де відділяються більші за 0,0025мм гранули речовини. Після того як пігмент подрібнений, він надходить до пакувально-фасувального апарату, де  $\text{FeO}$  завантажують у мішки і направляється на склад.

Осадження та окиснення проводять у дерев'яних або сталевих баках, футерованих кислототривкими плитками, ємністю від 10 до 100 м<sup>3</sup>. Баки забезпечені сталевими гумованими або фолетованими мішалками (число обертів 25 за хвилину), повітряним барботером та паровим змійовиком [1].

### 2.3. Матеріальний баланс

Розрахунок матеріального балансу проходить по стадійно. Проводиться розрахунок на 100 кг готового продукту.

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (2 + 16) = 18 \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{FeCl}_2} = (55,8 + 35,5 * 2) = 126,8 \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{Ca(OH)}_2} = 40 + 16 * 2 + 1 * 2 = 74 \text{ кг/моль}$$

$$M_{\text{CaCl}_2} = 40 + 35,5 * 2 = 111 \text{ кг/моль}$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		26

$$M_{Fe(OH)_2} = 55,8 + 16 * 2 + 2 = 89,9 \text{ кг/моль}$$

1) Матеріальний баланс стадії приготування розчину

Зі складу поступає 20% розчину  $FeCl_2$ . На стадії приготування розчину ми розбавляємо його до необхідної концентрації в 5%.

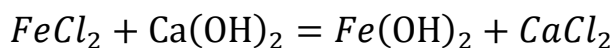
Таблиця 2.3

**Матеріальний баланс стадії приготування розчину**

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
розчин $FeCl_2$ 20%		розчин $FeCl_2$ 5%	
в тому числі:		в тому числі	
$FeCl_2$	965,2	$FeCl_2$	241,3
$H_2O$	1034,8	$H_2O$	1758,4
		<i>втрати</i>	0,3
<i>Всього</i>	2000	<i>Разом</i>	2000

2) Матеріальний баланс стадії осадження

На стадії осадження до розчину  $FeCl_2$  концентрації 0,005-5% додається  $Ca(OH)_2$ . Процес проходить під обдувкою повітря  $V=20-30 \text{ м}^3/\text{год}$ . Реакція виглядає так:



Кількість молів  $Fe(OH)_2$

$$v_{Fe(OH)_2} = 1,9 \text{ моль}$$

$$m_{Fe(OH)_2} = 1,9 * 89,9 = 170,8 \text{ кг}$$

Кількість молів  $Ca(OH)_2$

$$m_{Ca(OH)_2} = 1,9 * 74 = 140,6 \text{ кг}$$

Кількість молів  $FeCl_2$

$$m_{FeCl_2} = 1,9 * 127 = 241,3 \text{ кг}$$

Кількість молів  $CaCl_2$

$$m_{CaCl_2} = 1,9 * 111 = 210,9 \text{ кг}$$

Таблиця 2.4

### Матеріальний баланс стадії осадження

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
розчин $FeCl_2$	241,3	$Fe(OH)_2$	170,8
$Ca(OH)_2$	140,6	$CaCl_2$	210,9
		<i>втрати</i>	0,2
<i>Всього</i>	381,9	<i>Разом</i>	381,9

### 3) Матеріальний баланс стадії фільтрування

На цій стадії ми фільтруємо осад  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  на протязі 4 годин при тиску 0,03-0,04 МПа. Відфільтровується маточний розчин  $\text{CaCl}_2$  і йде на утилізацію.

Таблиця 2.5

#### Матеріальний баланс стадії фільтрування

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	170,8	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	170,65
$\text{CaCl}_2$	210,9	маточний розчин $\text{CaCl}_2$	210,9
		<i>втрати</i>	0,15
<i>Всього</i>	<i>381,7</i>	<i>Разом</i>	<i>381,7</i>

### 4) Матеріальний баланс стадії промивання

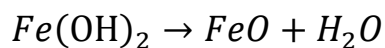
Осад  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  промивається водою на протязі 4 годин.

## Матеріальний баланс стадії промивання

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Fe(OH) <sub>2</sub>	170,65	Fe(OH) <sub>2</sub>	170,6
H <sub>2</sub> O	150	відпрацьована H <sub>2</sub> O	150
		<i>втрати</i>	0,5
<i>Всього</i>	<i>320,65</i>	<i>Разом</i>	<i>320,65</i>

## 5) Стадія розкладання

На цій стадії виходить безпосередньо чорний пігмент ферум оксиду. На стадії розкладання розчин підігрівається глухою парою до температури 170 °С. На протязі 5-8 годин Fe(OH)<sub>2</sub> перетворюється у FeO за такою реакцією:



$$m_{Fe(OH)_2} = 170,6 \text{ кг}$$

$$\nu_{Fe(OH)_2} = \frac{m}{M} = \frac{170,6}{89,9} = 1,9 \text{ моль}$$

$$\text{Кількість молів } H_2O = 1,9 \text{ моль}$$

$$m_{H_2O} = 1,9 * 18 = 32,4 \text{ кг}$$

$$\text{Кількість молів } FeO = 1,9 \text{ моль}$$

$$m_{\text{FeO}} = 1,9 * 71,8 = 136,4 \text{ кг}$$

Таблиця 2.7

**Матеріальний баланс стадії розкладання**

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	170,6	FeO	136,4
		H <sub>2</sub> O	32,4
		<i>втрати</i>	1,78
<i>Всього</i>	<i>170,6</i>	<i>Разом</i>	<i>170,6</i>

б) Матеріальний баланс стадії сушіння

На стадії сушіння пігмен FeO висушується на протязі 5 годин за температури 80-90 °С.

Таблиця 2.8

**Матеріальний баланс стадії сушіння**

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
FeO	136,4	FeO	103,5

Продовження таблиці 2.8

		водяна пара	32,2
		<i>втрати</i>	0,3
<i>Всього</i>	<i>136,4</i>	<i>Разом</i>	<i>136,4</i>

## 7) Матеріальний баланс стадії подрібнення

На стадії подрібнення пігмент FeO за допомогою роликово-кільцевого млину подрібнюється до діаметру часток 0,0025мм.

Таблиця 2.9

**Матеріальний баланс стадії подрібнення**

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
FeO	103,5	FeO	103
		<i>втрати</i>	0,5
<i>Всього</i>	<i>103,5</i>	<i>Разом</i>	<i>103,5</i>

## 8) Матеріальний баланс стадії просіювання

На стадії просіювання пігмент FeO просіюється, через сита, частки з діаметром 0,0025мм проходять даль, а більші – йдуть на повторне подрібнення.

## Матеріальний баланс стадії просіювання

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
FeO	103	FeO	100
		<i>на повторне подрібнення</i>	3
Всього	103	Разом	103

## 2.4 Підбір основного технологічного обладнання

Вибираємо оптимальне технологічне обладнання згідно розрахованого матеріального балансу та апаратурно-технологічної схеми.

**Конічний відстійник** має вигляд конусу з резервуаром. Місткість може бути 300 м<sup>2</sup> і більше. Виробляється з аркушу металу, залізобетону, кріпиться на колонах.

Суспензія проходить по жолобу, надходить у відстійник і, через вирву зі кільцем, потрапляє у конус. Під час проходження цього процесу рідина виходить через жолоб, а зважені частки осідають на дно корпусу. Накопичений осад виводять через трубу, що розміщена внизу корпусу. Патрубок з'єднує напірний трубопровід і конус для промивання апарату, якщо він засмічується осадами.

Конічний відстійник, куди потрапляє осад де пігмент відділяється від металічного заліза і промивається. в них досягається рівномірна щільність осаду, є можливість регулювання її шляхом зміни продуктивності, забезпечується більш ефективно зневоднення осаду внаслідок легкого

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		33

збовтування його мішалкою. Робота таких відстійників може бути повністю автоматизована. До недоліків цих апаратів можна віднести їх громіздкість.

Зовнішній вигляд конічного відстійника наведено на рис. 2.2., технічні характеристики наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

**Технічна характеристика конічного відстійника ЦТК 3000л**

Матеріал	Висота, м	Загальний об'єм, л	Робочий об'єм, л	Ширина, м	Кут конусу
1	2	3	4	5	6
AISI 304	4000	3600	3000	1550	60

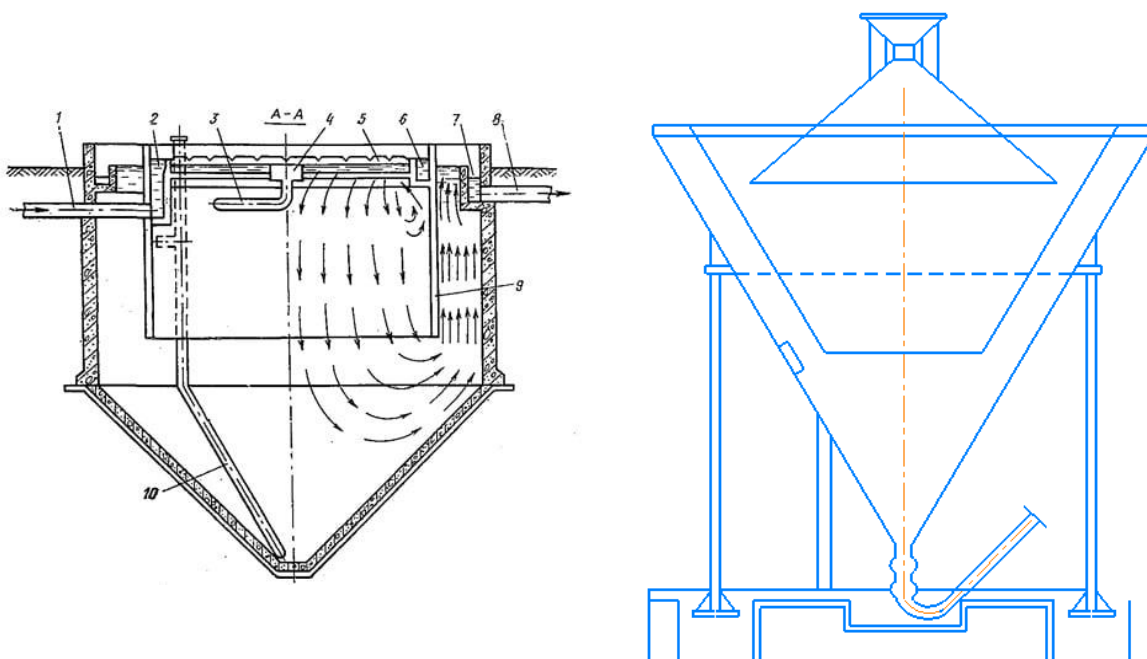


Рис 2.2 Конічний відстійник

**Сталеві футеровані баки.** Металеві ємності підвладні корозії та можуть негативно впливати на речовину, що знаходиться всередині. Для цього робиться футеровка полімерними матеріалами, у нашому випадку сталеві баки футеровані кислототривкими плитками.

Сталеві футеровані баки служать нам для остаточного промивання і декантації.

Зовнішній вигляд сталевих футерованих баків зображений на рис. 2.3, технічні характеристики наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

**Технічна характеристика сталевих баків**

Матеріал	Висота, м	Об'єм, л	Маса, т	Товщина стінок, мм	Діаметр, м
1	2	3	4	5	6
AISI 304	7	50	10	10	3,2

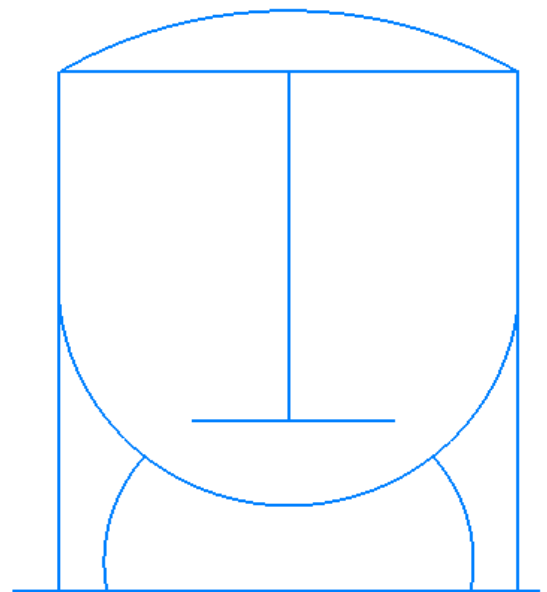


Рис. 2.3 Сталеві футеровані баки

**Вакуумний насос для порошків.** Складається з корпусу, ротора, лопатей, трубок, регульованого вінта.

Принцип роботи вакуумного насоса полягає у витісненні газу з камери з метою утворення безповітряного простору.

Зовнішній вигляд вакуумного насосу для порошків зображений на рис. 2.4, технічні характеристики наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

**Технічні характеристики вакуумного насосу**

Параметр	Модель	
	GNCP-40A	GNCP-20A
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Максимальна ємність, м <sup>3</sup>	40	20
Розмір входу і виходу, дюйм	4	3
Максимальна відстань всмоктування, м	50	
Максимальна відстань розряду, м	1000	500
Максимальна місткість твердих часток, %	80	
Максимальний розмір твердих тіл, мм	75	50
Вага, кг	875	320
Довжина, мм	1690	1357
Ширина, мм	1400	916
Довгота, мм	1989	1253

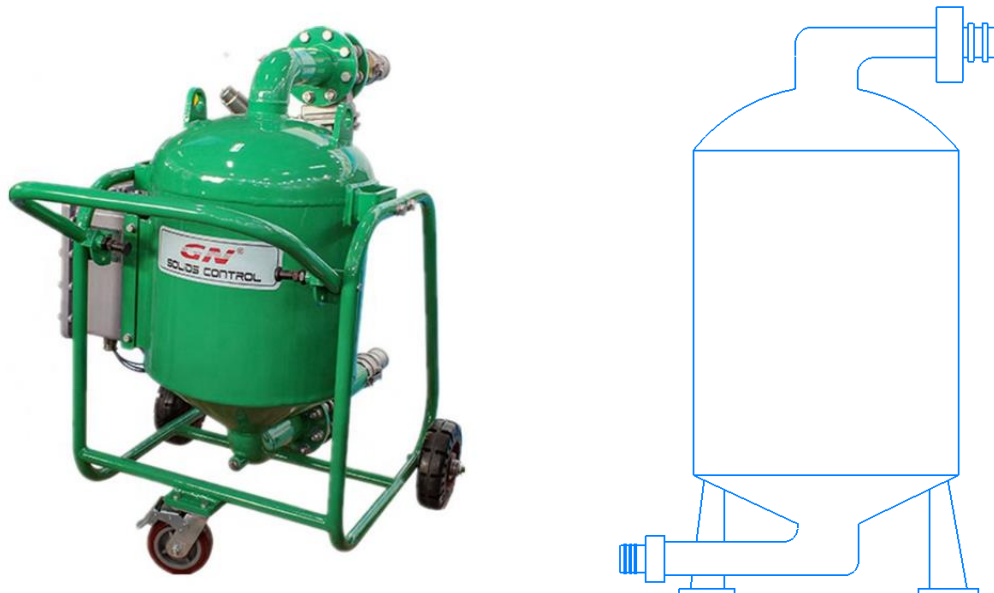


Рис. 2.4 Вакуумний насос для порошків

**Барабанні вакуум-фільтри** складаються з барабану, порожнистого цапфу, розподільної головки, ванни, змішувача, приводу, труб та вертикальної перегородки.

Робота вакуум-фільтра відбувається в дві фази: при знаходженні в суспензії частини поверхні, що фільтрує барабана відбувається фаза накопичення осаду, при виході цієї ділянки з ванни відбувається просушка осаду повітрям. Знімання осаду проводиться в кінці фази просушування стисненим повітрям і ножем.

Барабанні вакуум-фільтри, де одержану масу фільтрують після промивання. Також їх використовують для зневоднення. Ці барабани прості у своїй конструкції та експлуатації, можливо регулювати зони набору. До недоліків відноситься їх громіздкість та тривалий час фільтрування.

Зовнішній вигляд барабанних вакуум-фільтрів зображений на рис. 2.5, технічні характеристики наведені в таблиці 2.14.

## Технічні параметри барабаних вакуум-фільтрів

Модель	Площа фільтрації м <sup>2</sup>	Розміри барабану, мм	Швидкість обертання барабану, об/хв	Продуктивність, т/год	Вага, кг
1	2	3	4	5	6
GYW-3	3	φ1600x700	0,5-2	6-9	3270
GYW-12	12	φ2000x2000		33-65	5420

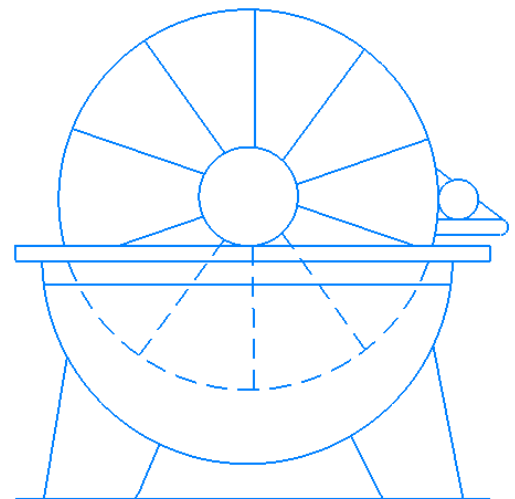


Рис 2.5 Барабанні вакуум-фільтри

**Стрічкова сушарка** складається з корпусу, стрічки-транспортю, опорних роликів, завантажувального бункеру, ведучого та веденого барабану, розподільної стінки, парових калориферів та вивантажувального бункеру.

Повітря втягується через масу матеріалу й таким чином притискається до транспортної стрічки, цим збільшується ефективність сушіння, а також такий принцип роботи запобігає втратам матеріалу через вентилятори та здування.

Застосовуються для крупногрудкових, волокнистих, пастоподібних та сипучих матеріалів.

Керування проходить через термінал PLC. Системою передбачене й дистанційне управління, на той випадок, якщо термінал підключено до інтернет мережі. Може працювати автоматично, без будь-якого нагляду. Через повільну роботу деталі практично не зношуються.

Одержану пасту з вмістом вологи 35% сушать у сушарці.

Зовнішній вигляд стрічкової сушарки зображений на рис. 2.6, технічні характеристики наведені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15

### Технічні характеристика стрічкової сушарки

Кількість секцій	Продуктивність, л/год	Число обертів про/хв	Маса, кг	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м
1	2	3	4	5	6	7
11	3,5	1440	55200	24725	7190	4693

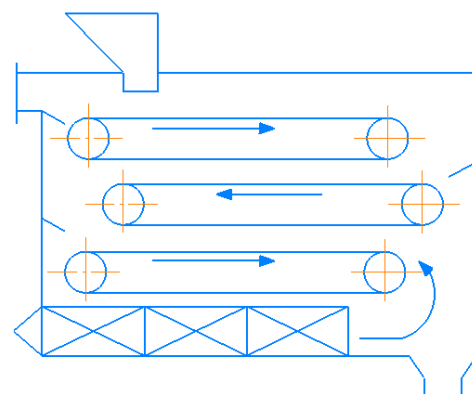


Рис. 2.6 Стрічкова сушарка

**Спіральний транспортер** призначений для транспортування та подачі у бункер сипучих компонентів. Складається з електродвигуна, редуктора, жолоба, підвісного підшипника, шнеку, завантажувального та розвантажувального патрубку.

Продукт транспортується за допомогою гнучкої спіралі, обертання якої змушує сировину рухатись всередині круглої труби до місця вивантаження.

Пігмент проходить через спіральний транспортер У спіральних транспортерів проста конструкція, не утворюють шум, мають мінімальні енергетичні витрати.

Зовнішній вигляд спірального транспортеру наведено на рис. 2.7, технічні характеристики наведені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

### Технічна характеристика спірального транспортеру ЗТ-1

Електроживлення, В/Гц	Споживання електроенергії, кВт/год	Ширина, мм	Висота, мм	Вага, кг	Тип транспортної стрічки	Об'єм накопичувального бункера, л
1	2	3	4	5	6	7
380/50	0,5	240	3000	160	ПХВ	100

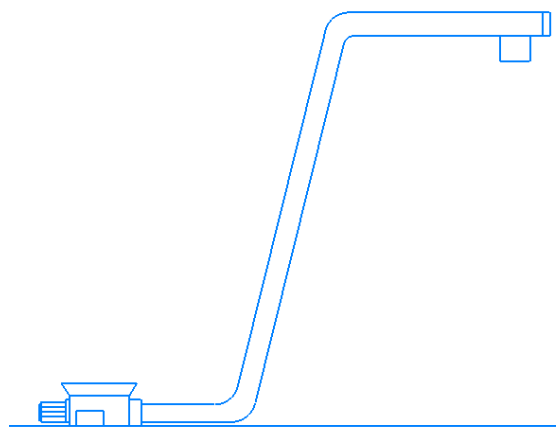


Рис. 2.7 Спіральний транспортер

**Бункер-склад** – металевий бункер для зберігання сипучих матеріалів.

Використовуються для зберігання сировини, або проміжного накопичення матеріалу у виробничому циклі. Складається з корпусу та кінцевого механізму для вивантаження матеріалу. Сировина потрапляє в

бункер за допомогою транспортеру безперервної чи періодичної дії через отвір у кришці.

Бункер-склад де речовина зберігається перед подачею до роликотильцевого млину.

Зовнішній вигляд бункер-складу наведено на рис.2.8, технічні характеристики наведені в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17

### Технічна характеристика бункер-складу

Показник	Об'єм бункера			
	3м <sup>3</sup>	6м <sup>3</sup>	10м <sup>3</sup>	16м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
<b>Габарити:</b> довжина, ширина, висота, мм	2018	3718	5438	4117
	2008	2008	2008	4212
	3370	3370	3370	3786
<b>Вага, кг</b>	1010	1620	2250	3010

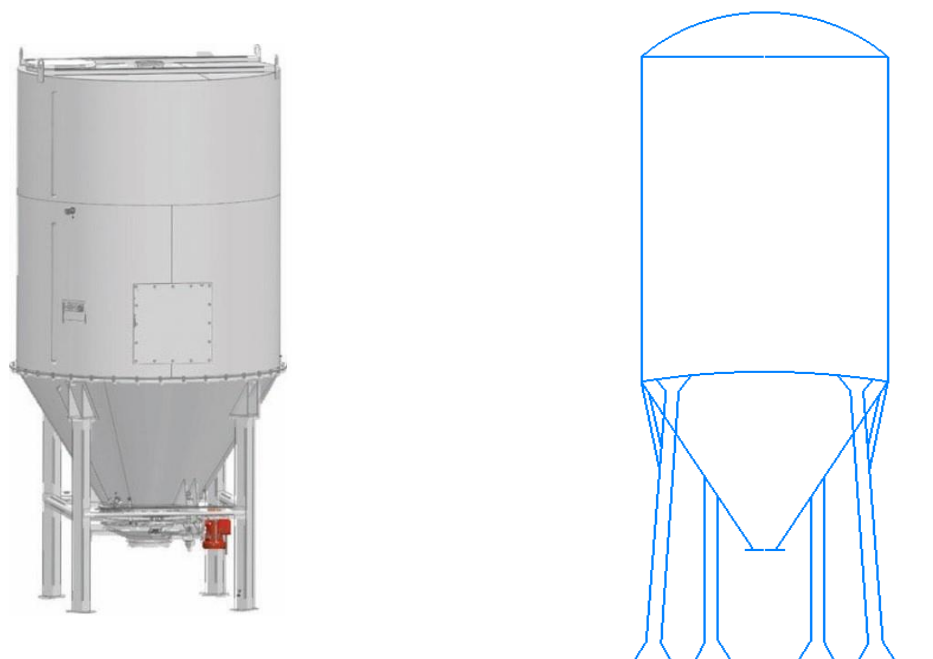


Рисунок 2.8 Бункер-склад

**Ролико-кільцевий млин** призначений для подрібнення м'яких матеріалів та матеріалів середньої міцності, які схильні до налипання на робочих поверхнях. Складається з корпусу, роликів, розмельного кільця, приводу, важелю, кільця, пружин, гвинтів, живильної воронки.

Зовнішній вигляд ролико-кільцевого млину наведено на рис.2.9, технічні характеристики наведені в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18

**Технічна характеристика ролико-кільцевого млину**

Параметр	Показник
1	2
Модель	Котигорошко-2
Довжина, мм	700
Ширина, мм	600
Висота, мм	1700
Вага, кг	150

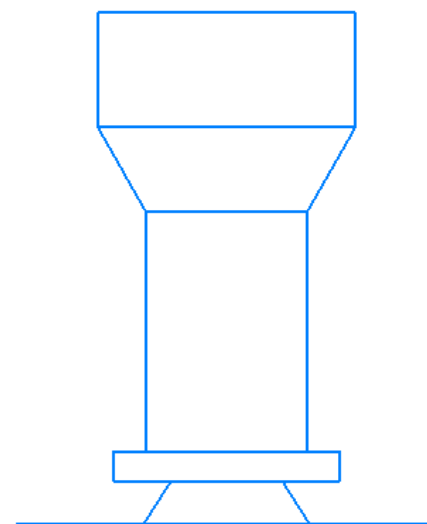


Рис. 2.9 Роликово-кільцевий млин

**Машина для просіювання металевих порошків.** Призначений для просіювання, сортування та фільтрування сипучих матеріалів.

Головне завдання – просіяти порошок з частками необхідного діаметру.

Зовнішній вигляд машини для просіювання металевих порошоків наведено на рис. 2.10, технічні характеристики наведено в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19

**Технічна характеристика машини для просіювання металевих порошоків**

Параметр	Показник
1	2
Діаметр	1600мм
Площа (м <sup>2</sup> )	1,86
Розмір сітки	0,0028-12мм
Потужність	3 кВт
Матеріал	нержавіюча, або м'яка сталь

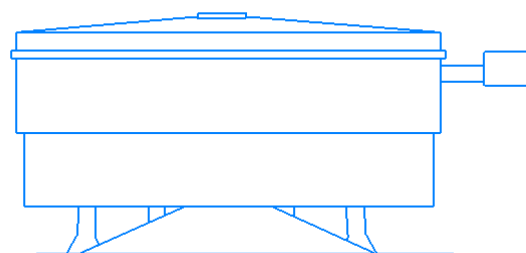


Рис.2.10 Машина для просіювання металевих порошоків

**Шнековий транспортер**, апарат безперервної дії. Використовується для транспортування сипких матеріалів. Складається з електродвигуна, редуктора, жолоба, підвісного підшипника, шнеку, завантажувального та розвантажувального патрубку.

Продукт транспортується за допомогою гнучкої спіралі, обертання якої змушує сировину рухатись всередині круглої труби до місця вивантаження.

Пігмент проходить через спіральний транспортер У спіральних транспортерів проста конструкція, не утворюють шум, мають мінімальні енергетичні витрати.

Зовнішній вигляд шнекового транспортеру наведено на рис. 2.11, технічні характеристики наведені в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20

**Технічна характеристика шнекового транспортеру AgroHelix D**

Параметр	Показник
1	2
Продуктивність, т/год	55
Довжина, м	6
Діаметр шнеку, мм	300
Частота обертів об, хв	300
Товщина стінки зовнішньої труби, мм	1,5



Рис. 2.11 Шнековий транспортер

**Пакувально-фасувальна машина.** Призначений для пакування у сформований пакет сипких матеріалів.

Головне завдання – максимально автоматизувати виробництво. Складається з корпусу, бункеру, вагового дозатору, бункер-накопичувач, механізму для подачі пакетів, операційного конвеєру, конвеєру готової продукції.

Зовнішній вигляд пакувально-фасувальної машини наведено на рис. 2.12, технічні характеристики наведені в таблиці 2.21.

Таблиця 2.21

**Технічна характеристика пакувально-фасувальної машини**

Параметр	Показник
1	2
Продуктивність, уп/хв	60
Вид продукції	сипучі матеріали
Маса, кг	500
Ширина, мм	1300
Довжина, мм	1800
Висота, мм	2500

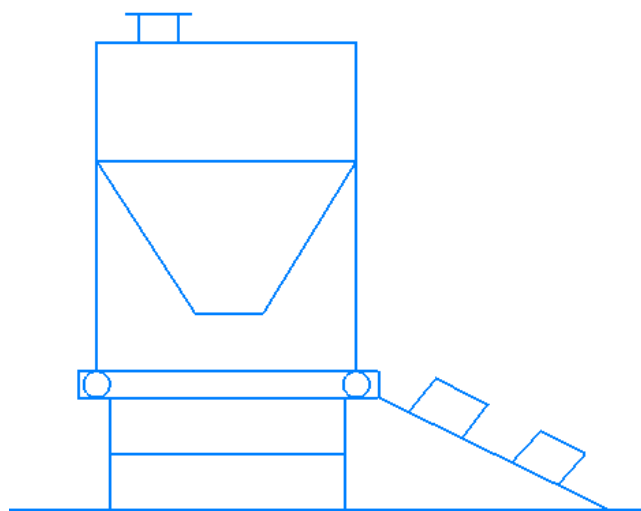


Рис. 2.12 Пакувально-фасувальна машина

**Реактор для змішування** призначений для рівномірного змішування, нагрівання або охолодження рідких, в'язких, пастоподібних продуктів. Всі компоненти мають бути виготовлені з харчової нержавіючої сталі.

Складається з котла з нержавіючої сталі, з'ємної рамної мішалки, люка, вентиля, патрубками для завантаження сировини.

Зовнішній вигляд реактора для змішування наведено на рис. 2.13, технічні характеристики наведені в таблиці 2.22.

Таблиця 2.22

**Технічна характеристика реактора для змішування**

Параметр	Показник моделі 1	Показник моделі 2
1	2	3
Загальний об'єм ємності, дм <sup>3</sup>	50	120
Швидкість обертання мішалки, об/хв	24-30	24-30
Температура в робочій ємності	90	90
Габаритні розміри, м	0,65*0,65*1,1	0,8*0,75*1,45



Рис. 2.13 Реактор для змішування

**2.5 Розрахунок реактора для змішування**

Розрахунок проводиться з метою дізнатись габарити апарату, який використовується для проведення стадії підготовки розчину. В апарат завантажуються 2000 кг сировини.

Визначаємо об'єм апарату за формулою:

$$V = \frac{V_p}{\varphi_{\text{зап}}}$$

де  $V_p$  – об'єм розчину

$\varphi_{\text{зап}}$  – коефіцієнт запасу = 0,7

$$V = \frac{2000}{0,7} = 2800 \text{ л}$$

Отримане значення округлюємо до стандартного. Отримуємо об'єм мішалки  $V=2,8 \text{ м}^3$

Лопатева мішалка має стандартні об'єми які визначаються як:

$$\frac{D}{d_m} = 1,4 \dots 1,7$$

де  $d_m$  – діаметр мішалки.

Приймаємо  $\frac{D}{d_m} = 1,6$ , значить діаметр буде дорівнювати:

$$d_m = \frac{1400}{1,6} = 875 \text{ мм}$$

Швидкість дволопатевої мішалки становить  $w=1,5-3 \text{ м/с}$ . Приймаємо  $w=2 \text{ м/с}$ . Розраховуємо обертання валу мішалки по формулі:

$$n = \frac{\omega}{\pi} * d_m = \frac{2}{3,1415} * 1,5 = 0,95 \text{ с}^{-1}$$

$$\rho = 997 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 0,014 \text{ Н с/м}^2$$

Розраховуємо значення критерія Рейнольдса:

$$Re = \frac{n * d_m * \rho}{\mu} = \frac{0,95 * 0,8^2 * 997}{0,014} = 43298$$

Для мішалки без перегородок з двома горизонтальними лопатями критерій потужності розраховується за формулою:

$$K_N = 1,09 * Re_B^{0,91} \left( \frac{D}{d_m} \right)^{0,31} = 1,09 * 43298^{0,91} \left( \frac{1400}{875} \right)^{0,31} = 20944 \text{ Вт}$$

Розраховуємо потужність, яка витрачається на перемішування за формулою:

$$N = K_N * \mu * n^2 * d_m^3 = 20944 * 0,014 * 0,95^2 * 0,8^3 = 1354 \text{ Вт}$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		47

Розраховуємо потужність, яка витрачається на тертя в сальнику за формулою:

$$N_c = 9,84(p + 0,98 * 10^5) * f_m * l_c * n * d_B^2$$

де  $p$  – надмірний тиск в апараті  $p = 108241$  Па,

$f_m$  – коефіцієнт тертя набивки сальника  $f_m = 0,2$ ,

$l_c$  – довжина набивки сальника, м,

$d_B$  – діаметр вала мішалки, м,

$n$  – частота обертання робочого органа, об/с.

$$l_c = 4 * d_B = 4 * 0,065 = 0,26 \text{ м}$$

$$N_c = 9,84(108241 + 98000) * 0,2 * 0,26 * 0,95 * 0,065^2 = 423,6 \text{ Вт}$$

Розраховуємо потужність електродвигуна приводу за формулою:

$$N_{ед} = \frac{k_1 * k_2 * N + N_c}{\eta}$$

$\eta$  – к.к.д. приводу,  $\eta = 0,9$

$k_1$  – коефіцієнт, який враховує заповнення ємності перемішувальною рідиною

$k_2$  – коефіцієнт, який враховує зріст потужності при запуску, або при перемішуванні збільшення опору середовища, зазвичай сприймається як  $k_2 = 1$ .

$$k_1 = \frac{H_p}{D} = \frac{1,33}{1,4} = 0,95$$

де  $H_p$  – висота рідини в посуді, м,

$D$  – діаметр посуду, м.

$$N_{дв} = \frac{0,95 * 1 * 1354 + 423,6}{0,9} = 1899 \text{ Вт} = 1,8 \text{ кВт}$$

Розраховуємо загальну висоту реактора за формулою:

$$H = H_p * \varphi = 1330 * 0,7 = 1900$$

Провівши розрахунок дволопатевої мішалки ми визначили потужність електродвигуна, яка складає  $N_{дв} = 1,8$  кВт

Згідно проведених розрахунків нижче, на рисунку 2.14 виконано креслення апарату.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	рк.
						48
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		

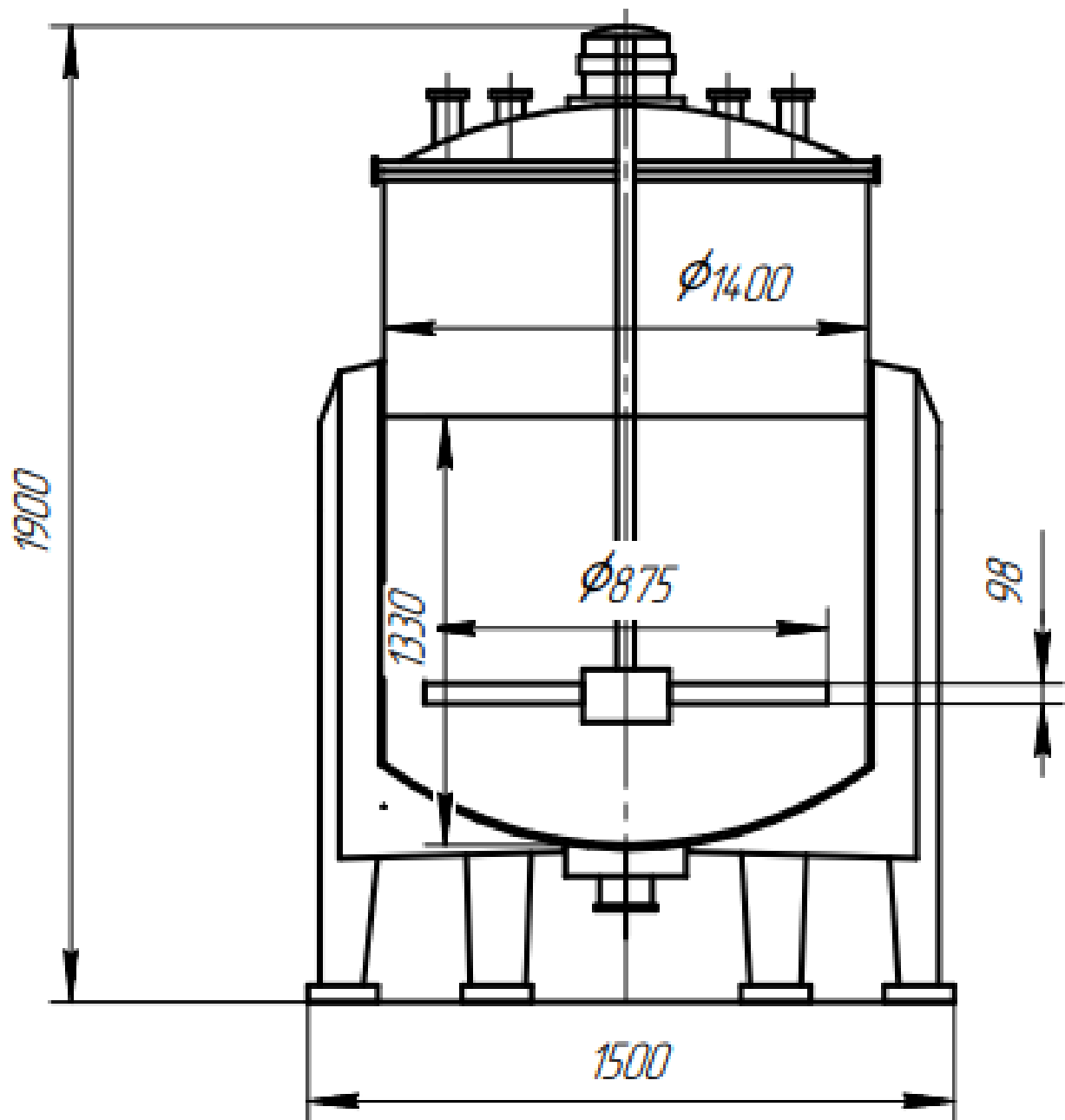


Рис. 2.14 Реактор для змішування дволопатевий

мн.	рк.	докум.	дпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

рк.

49

## 2.6. Опис апаратурно-технологічної схеми

На рисунку 2.15 зображена апаратурно-технологічна схема.

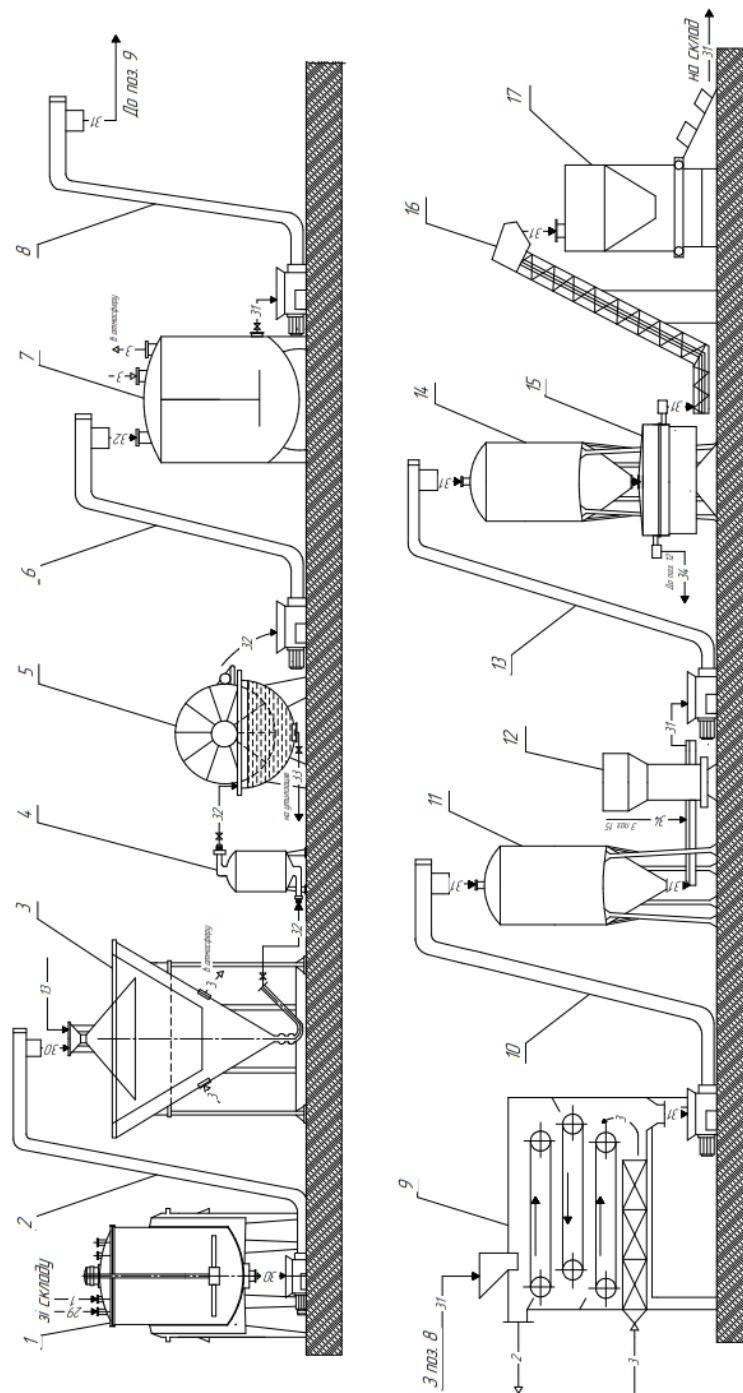


Рис. 2.15 Апаратурно-технологічна схема виробництва чорного пігменту ферум оксиду

мн.	рк.	докум.	опис	Дата
-----	-----	--------	------	------

У дволопатебий реактор для змішування **1** завантажується  $\text{FeCl}_2$  (20-25%), воду для розведення  $\text{FeCl}_2$  до концентрації 5%. Далі суміш розчин  $\text{FeCl}_2$  5% подається у конічний відстійник **3** за допомогою спірального транспортера **2** де продувається сильними струмом повітря (20-28 м<sup>3</sup>/год). Додається  $\text{Ca(OH)}_2$  Отримуємо  $\text{Fe(OH)}_2$ . Осад транспортується у барабанно-вакуумний фільтр **5** за допомогою вакуумного насосу **4**. В барабанно-вакуумному фільтрі  $\text{Fe(OH)}_2$  проходить фільтрацію при тиску 0,03-0,05 МПа на протязі 4 годин. Відходить маточний розчин  $\text{CaCl}_2$  на утилізацію. В цьому ж апараті осад  $\text{Fe(OH)}_2$  проходить стадію промивання водою. Далі  $\text{Fe(OH)}_2$  транспортується у сталевий футерований бак **7** 50 мл з кислотоупорними плитками за допомогою спірального транспортеру **6**. У футерованому баку під дією глухої пари  $\text{Fe(OH)}_2$  перетворюється у  $\text{FeO}$  на протязі 4-6 годин за температури 170 °С. В баках присутні гумовані мішалки, повітряний барботер та паровий змійовик. Одержаний пігмент  $\text{FeO}$  з вмістом вологи 35% транспортується до стрічкової сушарки **9** за допомогою спірального транспортеру **8**. У стрічковій сушарці пігмент висушується на протязі 5 годин за температурою 70-80 °С, в атмосферу виходить водяна пара. За допомогою спірального транспортера **10**  $\text{FeO}$  завантажується в бункер-склад **11**. З бункер-складу пігмент подається до ролико-кільцевого млину **12** де  $\text{FeO}$  подрібнюється до розмірів часток діаметром 0,0025мм. Звідти пігмент знову подається до бункер-складу **14** за допомогою спірального транспортеру **13**. З бункер складу пігмент потрапляє до машини для просіювання металевих порошоків **15** де частки діаметром 0,0025мм просіюються і надходять далі за допомогою шнекового транспортеру **16** до пакувально-фасувального апарату **17** звідки упакований в мішки пігмент відходить на склад [2].

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		51

### РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для того, щоб визначити за якою ціною ми будемо продавати виробляемий пігмент – необхідно провести розрахунок собівартості. Також у цьому розрахунку будуть визначені суми вкладів, заробітні плати, можливий прибуток. Для проведення розрахунку спираємось на такі критерії:

- Фонд заробітної плати
- Кількість працівників, які приймають участь у нормальному функціонуванні підприємства
- Основні фонди – вартість апаратури, яка закріплена на підприємстві і зберігає свій початковий вигляд і потребують технічного обслуговування. Їх вартість покривається вартістю на готовий продукт.
- Оборотні фонди – речовини, які використовуються для виробництва у повній мірі та потребують оновлення. Їх вартість повністю покривається вартістю на готовий продукт.

Таблиця 3.1

#### Вартість основних фондів

№	Назва устаткування	Кількість, шт.	Ціна за шт., грн.	Витрати на купівлю і устаткування, грн.	Транспортні витрати, грн.	Витрати на монтаж, грн.	Кінцева вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Конічний відстійник	1	27.000	27.000	750	600	28.350
2	Футеровані баки	1	50.000	50.000	2000	900	52.900

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.052.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кузєванова А.О.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.				52	
Н. Контр.		Подобій О.В.			НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.					
<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b>							



## Вартість оборотних фондів

Стаття витрат	Сума грн/рік
1	2
Ферум хлорид	190.000
Гідрооксид кальцію	450.000
Вода технічна	50.000
Вода дистильована	200.000
Мастильні речовини і тд.	70.000
Загальна сума	960.000

Загальна вартість оборотних фондів складає 960 тисяч гривень.

**Розрахунок річної потужності виробництва**

Виробництво чорного пігменту ферум оксиду є безперервним, тому завод не виробляє продукцію лише 2 дні новорічних свят. Персонал працює у 3 зміни. Виробництво працює 363 доби на рік.

Річна потужність складає:

$$1 * 363 = 363 \text{ тони на рік}$$

Коефіцієнт виробництва приймаємо в значенні 0,8

Річний обсяг виробництва становить:

$$363 * 0,8 * 363 = 105415,2 \text{ тони}$$

**Розрахунок кількості працівників**

Наше підприємство відноситься до виробництв зі шкідливими умовами праці, тому робоча зміна триває 7,2 годин.

Чисельність робітників з погодинною оплатою праці:

$$Ч_r = K_3 * \frac{K}{B}$$

де  $Ч_r$  – кількість робітників, які працюють за погодинною системою оплати,  $K_3$  – загальна кількість робітників перебуваючих на зміні,  $K$  – кількість

змін на підприємстві протягом року, Б – баланс робочого часу робітника на рік у днях.

$$Ч_{\Gamma} = 363 * \frac{363}{7,2} = 3102 \text{ чоловік}$$

Таблиця 3.3

**Фонд заробітної плати**

Категорія працюючих	Кількість людей, чол	Річний фонд оплати праці, тис. грн
1	2	3
Адміністративно-управлінський персонал:		
Директор	1	30 000
Заступник директора	1	20 000
Керівник контролю якості	3	18 000
Керівник по роботі з персоналом	2	16 000
Начальник складу	1	17 000
<i>Всього:</i>	8	
Головні спеціалісти		
Головний бухгалтер	1	15 000
Головний інженер	2	
Головний технолог	2	
<i>Всього</i>	5	

Продовження таблиці 3.3

1	2	3
Робітники допоміжного виробництва		
Прибиральник	2	5 000
Водій	2	7 000
Вантажник	2	6 000
<i>Всього</i>	6	
Робітники основного виробництва		
Лаборант	7	10 000
Старший лаборант	5	12 000
Інженер-технолог	3	13 500
Інженер-механік	3	13 500
<i>Всього</i>	18	
<i>Всього</i>		475 000

Соціальні виплати складають 22% від суми заробітної плати, значить:

$$475000 * 0,22 = 104500 \text{ тис. грн}$$

Загальний фонд заробітної плати на рік складає 475 тисячі грн щомісяця, 5 700 000 грн за рік.

**Поточні витрати на устаткування**

Таблиця 3.4

**Амортизаційні нарахування та витрати на ремонтні роботи**

Вид основних фонів	Амортизація		Витрати на ремонтні роботи		Витрати разом, грн
	%	Сума, грн	%	Сума, грн	
1	2	3	4	5	6
Машини і обладнання	10	150	5	70	220
<i>Всього</i>	<i>220 000</i>				

Таблиця 3.5

**Зведені витрати на виробництво та реалізацію продукції**

№	Тип витрати	Сума, грн
1	2	3
1	Сировина	960 000
2	Транспортні та підготовчі витрати (5% від витрат на сировин)	48 000
3	Заробітна плата	475 000
4	Відрахування на соціальні заходи	104 500
5	Енерговитрати	6 500
6	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання (5% від витрат на обладнання)	52496
7	Амортизація та витрати на ремонтні роботи	220 000
	<i>Всього</i>	<i>1 866 496</i>

Собівартість виробництва складає 1 мільйон 866 тисяч 496 гривень.

*Позавиробничі витрати (0,1% до виробничої вартості):*

$$1866496 * 0,001 = 1 \text{ тисяча } 867 \text{ грн}$$

*Загальновиробничі витрати (0,7% до виробничої вартості):*

$$1866496 * 0,007 = 13 \text{ тисяч } 65 \text{ грн}$$

### **Ефективність розрахованого проекту**

За цим показником ми визначимо, наскільки розроблене виробництво є рентабельним. Визначається співвідношенням економічного результату до сум витрат.

Собівартість продукції:

$$СВ = 220000 + 960000 + 5700000 = 6880000 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок доходу за рік:

$$\begin{aligned} Ц &= ПСВ + ПРН(20\%) + ПДВ(20\%) = 1751000 + 350200 + \\ &350200 = 2451400 \text{ грн/т} \end{aligned}$$

ПСВ – собівартість продукції (сума всіх витрат)

ПРН – нормований прибуток

ПДВ – податок на додану вартість

Розрахунок рентабельності:

$$R = \frac{\Pi}{СВ} * 100 = \frac{2451400}{6880000} * 100 = 15\%$$

Капіталовкладення:

$$К = ОФ + ОБз = 475000 + 960000 + 5700000 = 7135000 \text{ грн.}$$

Розраховуємо період, за який капіталовкладення окупляться:

$$T_{\text{пов}} = \frac{К}{\Pi} = \frac{7135000}{2451400} = 2,9 \text{ року}$$

Розраховуємо коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{1}{T_{\text{пов}}} = \frac{1}{2,9} = 0,34$$

Зробивши розрахунок ефективності розрахованого проекту можемо зробити висновок, що підприємство є прибутковим і рентабельним. Капіталовкладення складають 7 мільйонів 135 тисячі грн. Собівартість 1 кг

									рк.
									58
мн.	рк.	докум.	опис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ				

пігменту складає 180 грн. На ринку представлені різні ціни, від 16 грн з кілограм до 500 грн/кг. Повернення цих вкладів станеться через 2,9 років. Рентабельність становить 15%.

					<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕОБГРУНТУВАННЯ</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	дпис	Дата		59

## РОЗДІЛ ІV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

### 4.1 Показники якості ферум оксиду

Пігменти мають відповідати вимогам, які зазначені у «ISO 1248 2006 Iron oxide pigments. Specifications and methods of test» та «ГОСТ 18172-80 Пігмент жовтий залізоокисний. Технічні умови.»

Згідно зазначеного стандарту ферум оксид мають відповідати таким вимогам, що зазначені у таблиці 6.1 та таблиці 6.2.

Таблиця 4.1

#### Вимоги до пігменту ферум оксиду

Найменування показника	Норма
1	2
Масова частка загальної кількості заліза, визначена у пігменті після сушіння при 105 градус, %	70-95
Масова частка розчинної речовини у воді, %	1
Масова частка водорозчинних хлоридів (Cl <sup>-</sup> ) і сульфатів (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), %	Не визначається
Масова частка залишку у ситі, %	0,01-1
Кислотність, або лужність водного розчину екстракту	20
Наявність хромату свинцю	Не виявлено
Масова частка кальцію(Ca), виражений як кальцій оксид (CaO), %	0,3-5

					ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.060.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кузєванова А.О.			<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.					60	
Н. Контр.		Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

<b>1</b>	<b>2</b>
Наявність органічних барвників	Не визначається

Таблиця 4.2

## Органолептичні показники якості ферум оксиду

Формула	Зовнішній вигляд	Колір	Запах
1	2	3	4
FeO	Порошок	Чорний	Відсутній запах
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> • H <sub>2</sub> O	Порошок	Зелений	Відсутній запах
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Порошок	Червоний	Відсутній запах
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Порошок	Коричневий	Відсутній запах
α-FeOOH	Порошок	Жовтий	Відсутній запах
γ -FeOOH	Порошок	Помаранчевий	Відсутній запах

## 4.2 Контроль якості ферум оксиду

Відбір проб для контролю порошкоподібних пігментів беруть з будь-якої точки маси. Проводиться ця дія за допомогою пробовідбірника, який занурюється у масу вертикально, або горизонтально. Маса середньої відібраної проби має складати 500г.

При відкриванні упаковки пігменту для взяття проб, необхідно користуватись апаратурою, яка не буде викликати іскроутворення.

Пробовідбірники мають бути виготовлені з матеріалів, які не будуть утворювати іскор, та не накопичують статевий струм [21].

#### *Органолептичні показники*

Даний метод заснований на визначенні органолептичних показників ферум оксиду, таких як колір, запах та зовнішній вигляд.

Колір відібраного пігменту визначають візуально, відносно двох затверджених зразків. Попередньо порошок пігменту перетворюють у пасту шляхом його змішування з 0,3-0,4 см<sup>3</sup> лляної олії. У разі виникнення розбіжностей зі зразками для контролю використовується інструментальний метод.

Інструментальний метод проводять за допомогою таких приладів як «Райдуга», «Спектрон» чи «Пульсар». 3 грами порошку пігменту змішуємо з 0,3-0,4 см<sup>3</sup> лляної олії. Як зразок для порівняння беруться два чорних пігменти іншої марки, підготовлених тим самим методом. Результатом є середнє арифметичне результатів двох паралельних проб. Абсолютна розбіжність між ними має не перебільшувати 1,5.

#### *Тест на оліємісткість*

Метод заснований на додаванні до пігменту лляної олії та постійному перемішуванні маси скляною паличкою до утворення однорідної маси. Визначається скільки олії витратилось до утворення пасти.

Береться 5 грам пігменту (з максимальною похибкою 0,01 грам) і поміщують у чашку. За допомогою бюретки у чашку по 4-5 краплям додається лляна олія. Після кожної краплі продукт перемішується скляною паличкою. Олія додається до тих пір, поки маса не почне збиратись у окремі грудки. Після цього олія подається по одній краплі і після кожної маса перемішується скляною паличкою. Олія додається до отримання однорідної пасти, вона не повинна кришитись та розтікаться. Загальний час проведення перемішування складає 20-25 хвилин [23].

#### *Тест на покривистість*

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	рк.
						62
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		

Метод заснований на нанесенні слоїв пасти пігменту на скляну поверхню до тих пір, доки контури контрастної чорно-білої поверхні не зникнуть. Метод призначений для визначення покривної здатності у пігментів на не висушених поверхнях.

2 грами пігменту (з максимальною похибкою 0,01 грам ) розтирають з 4-5 грамами лляної оліфи згідно ГОСТ 7931-76. Пігмент розтирають з оліфою на плиті за допомогою куранта. Скляну поверхню, підготовлену за ГОСТ 8832-76 зважують і наносять на неї 1-2 шару пасти. Далі скло прикладають до контрастної чорно-білої поверхні і, при розсіяному денному світлі, перевіряють просвіт білих полів. Якщо полі видно – на скляну поверхню наносяться ще декілька шарів пігменту, доки повністю не зникне різниця між чорними та білими полями. Після того, як крізь скляну поверхню не видно полів її зважують, сушать і знову зважують [24].

#### *Тест на відносну фарбуючу здатність*

Метод заснований на візуальному порівнянні інтенсивності кольору пасти досліджуваного пігменту і контрольного зразку.

Для приготування досліджуваного зразку беремо 0,603 грами пігменту і змішуємо з 1,12 см<sup>3</sup> лляної олії. Для приготування контрольного зразку беруть 0,600 грам пасти пігменту. Досліджувану та контрольну пасту наносять на скляну пластину за допомогою шпателя, або аплікатора. Дотичні смужки, ширина приблизно 25мм, довжина не менше 40мм.

Колір та насиченість смужок порівнюють візуально при розсіяному денному світлі через пластинку і на поверхні пластинки одразу ж після нанесення. Якщо інтенсивність однакова – фарбуючу здатність дослідного зразка вважають достатньою. Якщо інтенсивність різна – готують нову дослідну пасту, але тепер підбирають кількість пігменту так, щоб фарбуюча здатність рівнялась контрольному зразку [25].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	рк.
						63
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		

## РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Основні властивості застосованої сировини

#### *Ферум хлорид*

Фізико-хімічні властивості: сіль з прозорими кристаликами, які жовтіють при контакті з повітрям. Хімічна формула  $FeCl_2$ . У вигляді кристалогідрату має зелений колір. Температура плавлення – 674 °С. Добре розчинна у холодній воді, хлоридній кислоті, етанолі, ацетоні. В окисно-відновних реакціях виявляє відновлюючі властивості.

Отруйна речовина. За NFPA 704 має категорію 3 по шкоді для здоров'я. Може викликати алергічну реакцію. Необхідно уникати контакту з очами, шкірою та вдихання парів. Небезпечний при ковтанні. Може викликати серйозні пошкодження очей. При роботі працівник обов'язково повинен носити окуляри. При потраплянні в очі негайно промити водою. Для захисту шкіри працівник повинен працювати в захисному костюмі. Обов'язково в рукавицях. Для захисту органів дихання необхідно вдягати маску і працювати під витяжкою.

Зберігати потрібно поодаль від продуктів харчування. Приміщення, в якому зберігається речовина повинно добре провітрюватись [46].

#### *Гідрооксид кальцію*

Фізико-хімічні властивості: дрібні кристали білого кольору. Хімічна формула  $Ca(OH)_2$ . Сильний луг, мало розчинний у воді, проте дуже енергійно з нею реагує з виділенням великої кількості тепла. При нагріванні до температури 580 °С розпадається на кальцій оксид і воду. Температура плавлення 2627 °С .

Горючий. Для тушіння використовувати сухий порошок, піну, або вогнегасник  $CO_2$ . За NFPA 704 має категорію 3 по шкоді для здоров'я. Їдкий

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.064.КР.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кузєванова А.О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>				64	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>			<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b> НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>					

для шкіри. При потраплянні на шкіру негайно промити водою. Викликає пошкодження очей. При потраплянні в очі негайно промити водою. При роботі з речовиною обов'язково працювати в захисному костюмі. Необхідно працювати в рукавицях. Для безпеки органів дихання потрібно працювати в масці. При вдиханні потерпівшого негайно винести на свіже повітря і залишити в комфортному стані для дихання. При потраплянні в організм випити велику кількість води, ні в якому разі не можна викликати рвоту.

Речовину зберігати в сухому приміщенні. Не допускається контакт з повітрям та вологою при зберіганні. Зберігати поодаль від кислот, великою кількості горючих речовин [47].

### *Вода*

Фізико-хімічні: прозора рідка речовина без смаку і запаху. При температурі 20 °С знаходиться у «нормальному» рідкому стані. Являється розчинником (полярним) для безлічі хімічних сполук. Добре проводить звук, погано проводить тепло.

## **5.2 Заходи з охорони навколишнього середовища**

Будь-яке виробництво викидає у навколишню середу відходи, які шкодять планеті. Зазвичай промислові об'єкти зливають відходи у воду, або спалюють, роблячи при цьому великий викид CO<sub>2</sub> в атмосферу [20]. Брудне повітря досить погано впливає на самопочуття людей, які проживають поряд з підприємством, а також на працівників. До забруднюючих факторів відноситься не тільки викиди підприємства, а й автомобілі, які забезпечують поставки сировини. Багато підприємств нехтують установкою фільтрів, які б фільтрували викиди в атмосферу і економлять на цьому гроші. Підприємства повинні підпорядковуватись закону України про охорону навколишнього природнього середовища №41 [45].

Для того, щоб забезпечити санітарний контроль, визначати ефективність роботи апаратів для очищення газових викидів в атмосферу та стічних вод передбачається:

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	опис	Дата		65

- Контроль за кількістю стічних вод, які потрапляють у каналізацію
- Контроль за кількістю газів, які викидаються в атмосферу
- Встановлення сигналізації на максимальний вміст полу у газових відходах
- Аналіз та контроль складу пилу
- Аналіз та контроль стічних вод, також контроль у підземних резервуарах

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	<small>рк.</small>
<small>мн.</small>	<small>рк.</small>	<small>докум.</small>	<small>дпис</small>	<small>Дата</small>		<b>66</b>

## РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Основні види небезпек

Згідно з законом України № 345-VI охорона праці – це система з економічних, технічних, правових, профілактичних заходів, які спрямовані на забезпечення та покращення умов праці людей під час трудової діяльності. Працівники мають право на речі індивідуального захисту, пільги та компенсації, відпустки та вихідні дні, відшкодування шкоди в разі пошкодження здоров'я або смерті, своєчасну виплату заробітної плати [43].

Робота на виробництві характеризується такими небезпеками:

- пожежа – за наявністю горючих матеріалів і речовин на виробництві;
- вибухи – за наявністю речовин та сполук здатних до вибуху при певній концентрації;
- отруєння газом – за наявністю газів з токсичними, або задушливими компонентами;
- електричні опіки – за можливості отримати ураження електричним струмом;
- термічні опіки – за можливості отримати ураження високою температурою, або контакту з гарячою поверхнею;
- хімічні опіки – за можливості отримати ураження хімічними речовинами;
- механічні травми – за можливості отримати ураження рухомими машинами, або механізмами;
- небезпека при можливості потрапити під автомобіль у час пересування територією підприємства;
- небезпека при роботі на висоті, експлуатації обладнання з високим тиском, а також виконання робіт за небезпечних умов [7].

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.067.КР.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кузєванова А.О.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					<i>Аркушів</i>
							67
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>			<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b> <i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>					

Основні причини за яких трапляється нещасні випадки. При усуненні цих проблем і дотримання правил безпеки можна уникнути травм і зробити роботу безпечною [10].

- недотримання порядку проведення роботи;
- недотримання вимог охорони праці, інструкції та пожежної безпеки;
- недотримання правил безпеки щодо справності обладнання, або інструментів;
- нераціональна організація виробництва;
- погане навчання чи проведення інструктажу з техніки безпеки;
- недотримання трудової, або виробничої дисципліни;

Небезпечними місцями на території підприємства є:

- залізничні колії;
- склади з паливними та олійними матеріалами, або хімічними речовинами;
- підземні коридори, колодці, траншеї;
- територія сховищ рідкого аміаку;
- комунікації між цехами на естакадах.

Кожний об'єкт праці потребує розроблення інструкцій з охорони праці, санітарної, виробничої та пожежної безпеки. В цих інструкціях зазначені:

- 1) Правила безпечної експлуатації обладнання і установок
- 2) Небезпечні дії під час технологічного процесу за виконання яких може статися нещасний випадок. У разі виникнення аварійного стану там же зазначені правила поведінки та необхідні дії.
- 3) Правила та інструкції як використовувати обладнання під час його завантаження, під час технологічного процесу, у разі необхідних чи аварійних зупинок, у разі необхідності відправлення обладнання на ремонт, а також підготовки апарату до запуску та початку технологічного процесу.
- 4) Правила поведінки у разі виникнення аварійних ситуацій, дії для надання першої допомоги.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	дпис	Дата		68

Інструкція – це нормативний акт, в якому перераховані правила безпеки та охорони праці, дотримання яких є обов’язковим під час виконання певних робіт уповноваженими працівниками у призначених для цього приміщеннях. Також необхідно дотримуватись інструкцій на будь-яких місцях де йде виконання робіт, або виконують службові обов’язки [19].

Інструкції поділяють на:

- державні міжгалузеві нормативні акти з охорони праці;
- зразкові інструкції;
- інструкції, що діють на підприємстві, в організації.

Інструкція має містити такі розділи:

1. Загальні положення.
2. Вимоги безпеки перед початком робіт.
3. Вимоги безпеки під час роботи.
4. Вимоги безпеки по закінченні робіт.

## **6.2 Освітлення робочих приміщень**

Для комфортної і безпечної роботи працівники мають знаходитись у добре освітленому приміщенні. Освітлення має бути природнім. Яке забезпечують вікна на підприємстві, а також штучним, яке забезпечують лампи. Освітлення має відповідати ДБН В.2.5-28:2018. «Природне і штучне освітлення».

У випадку якщо людина працює з поганим освітленням то є ризик пошкодження зору, втрати концентрації та уваги, швидкої втоми працівника.

Необхідно слідкувати за чистотою вікон та ламп. Вікна бажано протирати не менше разу на місяць у випадку прозорого покриття. У випадку непрозорих вікон які пофарбовані білою фарбою, або завішені папером прибирання робиться по мірі забруднення.

На виробництві були застосовані люмінесцентні лампи, адже вони забезпечують гарне освітлення приміщення, мають «холодне» світло У порівнянні з розжарюваними лампами, які мають «м’яке» світло,

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	дпис	Дата		69

люмінесцентні лампи мають високу світловіддачу, будуть більш вигіднішими з економічної точки зору, адже потребують менших витрат електроенергії.

Важливо вчасно замінювати лампочки, адже блимання світла завдають шкоди організму. Працівник швидше втомлюється та починає погано себе почувати. Як наслідок знижується працездатність людини. У випадку занадто активного блимання світла людина може втратити змогу орієнтуватись у просторі, якщо працівник має схильність до епілептичних випадків – таке блимання може призвести до судоми та втрати свідомості.

Підприємство має вести журнал по відпрацьованим та утилізованим люмінесцентним лампам, адже ті мають у своєму складі ртуть, що є небезпечною речовиною[29].

### 6.3 Заходи безпеки для працівників

При виробництві будь-якої продукції на хімічному підприємстві у працівників є ризик завдати шкоди для організму. Для того, щоб цього запобігти необхідно притримуватись таких правил [27]:

1. Працівники зобов'язані носити спеціальну уніформу під час роботи на виробництві. Необхідно уникати контакту голої шкіри з ферум оксидом. Тому уніформа складається з рукавичок, шапочки, захисного костюму, спеціального робочого взуття, окулярів, маски.
2. У випадку забруднення уніформи – працівник зобов'язаний якомога скоріше змінити її на чисту.
3. Працівники зобов'язані дотримуватись правил гігієни, ретельно мити руки після зміни.
4. Ні в якому разі не можна забирати одяг забруднений ферум оксидом додому. Його пранням мають займатись люди, які проінформовані про небезпеку взаємодії з речовиною.
5. На виробничих ділянках обов'язково має бути інформація про небезпеку та попередження. Обов'язково має проводитись інструктаж, працівник має бути ознайомлений зі шкодою ферум оксиду і його впливом на організм.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	дпис	Дата		70

6. Приміщення має бути оснащено витяжками та вентиляціями. Якщо під час роботи витяжка не використовується – працівник зобов'язаний працювати в масці.
7. Робоча зона має бути оснащена фонтанчиками для екстреного промивання очей, а також для внутрішнього використання працівниками.
8. Якщо є ризик, або підозра потрапляння ферум оксиду на шкіру – необхідно прийняти аварійний душ.
9. У випадку безпосереднього контакту шкіри з оксидом заліза працівники зобов'язані негайно ретельно умитись та прийняти аварійний душ для видалення хімічної речовини з тіла.
10. Заборонено вживання харчових продуктів в місці виробництва оксиду заліза, або на місцях його зберігання, так як речовину можна проковтнути.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	рк.
мн.	рк.	докум.	дпис	Дата		71

## ВИСНОВКИ

1. Було опрацьовано різноманітні науково-технічні літературні джерела щодо технології виробництва чорного пігменту ферум оксиду. Розглянуто існуючі способи технології лінії виробництва оксиду залізного чорного пігменту. Наведені характеристики застосованої сировини. Наведені галузі застосування ферум оксиду та його фізико-хімічні властивості.
2. Розроблено принципову схему, проведено розрахунок матеріального балансу, проведено підбір основного обладнання для виробництва чорного пігменту ферум оксиду потужністю 100 кг/доба.
3. Спроектовано технологічну схему виробництва чорного пігменту оксиду заліза. Розраховано основний апарат – реактор для змішування дволопатевої. Його висота склала 1900 мм, ширина 1500 мм, діаметр апарату 1400 мм, діаметр мішалки 875 мм.
4. Розраховані показники економічної ефективності підприємства з виробництва чорного пігменту ферум оксиду: собівартість 1 кг пігменту складає 180 грн., повернення капіталовкладень займе 2,9 роки, рентабельність підприємства складає 15%.
5. Наведені методи контролю якості отриманої продукції згідно з «ISO 1248 2006 Iron oxide pigments. Specifications and methods of test», яким має відповідати виробляемий пігмент.
6. Розглянуті шкідливі фактори на виробництві, запропоновані заходи щодо забезпечення охорони праці, безпеки працівників та екологічної безпеки виробництва.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.072.КР.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кузєванова А.О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>				72	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>			<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>					

**ВИСНОВКИ**

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гриньова Д.В., Якуба О.Р., Обозна М.В. Харчові та дієтичні добавки: Конспект лекцій. Суми, 2015. 66 с.
2. Василенко І.А., Півоваров О.А. Залізооксидні пігменти. Синтез, модифікування, використання у різних галузях науки і техніки: Монографія / Дніпропетровськ: Акцент ПП, 2016. с. 217
3. І.А. Василенко, Є.В. Чупринов, А.В. Іванченко Зелені технології у промисловості: Монографія / Дніпро: Акцент ПП, 2019. 366 с.
4. Способ получения железоксидных пигментов: пат. 2017117657 № 2656047С1 росія; заявлн. 23.05.2017; опубл. 30.05.2018. Бюл № 16. 9с.
5. Peter Mischke, Thomas Brock, Michael Groteklaes European Coatings Handbook: 2 edition Vincentz Network, 2010. 400 p.
6. ГОСТ 19487— 74 ПИГМЕНТЫ И НАПОЛНИТЕЛИ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ. Термины и определения. Чинний від. 1973-01-01.
7. . ГОСТ 9262-77 КАЛЬЦИЯ ГИДРООКИСЬ. Технические условия. Чинний від 1978-01-01
8. ГОСТ 4147-74 ЖЕЛЕЗО (III) ХЛОРИД 6-ВОДНЫЙ. Технические условия. Чинний від 1975-07-01
9. ISO 1248 2006 Iron oxide piments. Specifications and methods of test. Чинний від 2006-09-15.
10. Основи охорони праці: Підручник. 21 видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук та ін. К.: Основа, 2006. 448 с.
11. Е. Ф. Беленький, И. В. Рискин. Химия и технология пигментов. Государственное научно-техническое издательство химической литературы. Ленинград 1960. 470с.
12. Ю.О. Ластухін. Харчові добавки. Е коди. Будова. Одержання. Властивості: навч. посібник. Львів: Центр Європи, 2009. 835с.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.073.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кузєванова А.О.			<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.					73	
						<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

13. Iron Oxides: From Nature to Applications 1 edition edited by Damien Faivre. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA 2016. 560 p.
14. 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.
15. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» денної форми навчання [Електроний ресурс] / уклад. О.Г. Макаренко, І.В. Житнецький – К.: НУХТ, 2015. – 21 с.
16. U. Schwertmann, R. M. Cornell Iron Oxides in the Laboratory 2 edition. WILEY-VCH Verlag GmbH 2000. 188 p.
17. Gunter Vuxbaum, Gerhard Pfaff Industrial Inorganic Pigments 3 edition: G. Vuxbaum and G. Pfaff 2005. 214 p.
18. Damien Faivre Iron Oxides From Nature to Applications Edition: G. Vuxbaum and G. Pfaff 2016 .598 p.
19. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці: підручник К.: Центр учбової літератури, 2009. 264 с.
20. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища 3 видання: навч. посібник, випр. і доп. К: Т-во «Знання», КОО, 2004 – 309с.
21. ГОСТ 18172-80 Пигмент желтый железоксисный. Технические условия. Дійсний від 1981-01-01.
22. ГОСТ 9980.2-86 Материалы лакокрасочные. Отбор проб для испытаний. Дійсний від 1987-01-01
23. ГОСТ 21119.8-75 Общие методы испытаний пигментов и наполнителей. Определение маслостойкости. Дійсний від 1977-01-01
24. ГОСТ 8784-75 МАТЕРИАЛЫ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ. Методы определения укрывистости. Дійсний від 01.01.76.

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		74

- 25.ГОСТ 16872-78 Пигменты неорганические Методы определения относительной красящей способности (или эквивалентной красящей способности) и цвета в разбеле цветных пигментов. Дійсний від 1980-01-01
- 26.Ружинська Л.І. Проектування реакторів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв. Навч. посібник/ Укладачі: Л.І. Ружинська, І А Буртна, В.М.Поводзинський, В.Ю. Шибецький: К.: НТУУ «КПІ», 2014. 130 с.
- 27.New Jersey Department Of Health and Senior Services – Hazardous Substance Fact Sheet – Iron Oxide, 2007 – бр.
- 28.Gabriele Aquilina and others Safety and efficacy of iron oxide black, red and yellow for all animal species: EFSA FEEDAP Pane, 2006. 16р.
- 29.Стеблюк М.І. Цивільна оборона. 3-е видання: підручник, перероб. і доп. К. Знання, 2004. 490с.
- 30.Экономика химической промышленности / Под ред. В.Л. Клименко. Л: Химия, 1990. 290с.
- 31.Розрахунки обладнання підприємств харчової і переробної промисловості: // Мирончук В . Г , Орлов Л . О , Українець А . І . та ін . Вінниця , 2004 – 286 с.
- 32.ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання
- 33.Гігієнічні вимоги до проектування обладнання [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. спец. 7.05050313 "Обладнання переробних і харчових виробництв" ден. і заочн. форм навчання / Уклад.: Чепелюк О. О.: К.: Нац. ун-т харч. технологій, 2013. Режим доступу: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/36.20.pdf>
- 34.Доліна Л.Ф. Сучасна техніка і технології для очистки стічних вод від солей та важких металів: Монографія. Дн-вск: Континент, 2008. 254 с.
- 35.Кучерук І.М., Дущенко В.П. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика: навчальний посібник. К.: Вища школа, 1991. 463 с.
- 36.Hunger K., Schmidt M.U. Industrial Organic Pigments: Production, Crystal Structures, Properties, Applications. Weinheim, Germany: Wiley-VCH; 4th edition, 2019. 804 Pages. ISBN: 978-3-527-32608-2

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		75

37. Pfaff G., Buxbaum G. Industrial Inorganic Pigments. Weinheim, Germany: Wiley-VCH; 3th edition, 2005. 315 Pages. ISBN: 978-3-527-30363-2
38. Christie R.M. Colour Chemistry. Cambridge, UK: Royal Society Of Chemistry; 2nd edition, 2015. 372 Pages. ISBN: 978-1-84973-328-1
39. Сокольський Г.В., Мірошников О.М., Подобій О.В. Фізична хімія. Лабораторний практикум. К.: НУХТ, 2015. 101 с.
40. Precipitation and Crystallization of Pigments: Handbook of Industrial Crystallization. Vicum L., Mazzotti M., Igglund M.; In A. Myerson, D. Erdemir, A. Lee (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2019. pp. 479-512
41. Данилюк Н.В., Заторський Р.А., Шийчук А.О., Татарчук Т.Р. Експрес-метод колориметричного визначення іонів Fe(III) у воді за допомогою смартфона: RGB-аналіз цифрових зображень. Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». 2021. №72. С. 18-22.
42. Богомолів, О. В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств : навч. посіб. / О. В. Богомолів, П. В. Гурський, В. П. Богомолів. Х. : Еспада, 2005. 432 с.
43. Про охорону праці: закон за станом на 2.09.2002. Голос України від 24.11.1992. № 49.
44. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2016. 137с.
45. Про охорону навколишнього природного середовища: закон за станом на 03.12.2020. Голос України від 26.06.1991. № 41.
46. Safety data sheet. Ferrous chloride solution. Ver 10. Dated from 12.06.2002 9 p.
47. Safety data sheet for Ca(OH)<sub>2</sub>. Ver. 5. Prepared in accordance with Annex II of the REACH Regulation. Dated from 3.05.2019. 14 p.

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.А
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		76