

**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  
О.В. Кочубей-Литвине-  
НКО  
(підпис) (ініціали та прізвище)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
Т.Т.Носенко  
(підпис) (ініціали та прізвище)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми Хімічна технологія  
на тему: Удосконалення технології виробництва 2,3-дихлорнафтохінону –1,4

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 16

Капко Вікторія Олександрівна  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник к.т.н., доцент Бахмач Володимир Олександрович  
(прізвище ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти Житнецький І.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент

Пухляк А.Г.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікацій-  
ній роботі немає запозичень із  
праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

**Т.Т.Но-**

**сенко**

“05” травня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

**Капко Вікторія Олександрівна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва

2,3 – дихлорнафтохінону – 1,4

Керівник роботи **Бахмач Володимир Олександрович, к.т.н., доцент**

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “16”березня 2020 р.№ 231 КС

2. Строк подання здобувачем роботи 02 червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи передбачити отримання 2,3 – дихлорнафтохінону – 1,4 шляхом хлорування нафтіонової кислоти. Виробництво потужністю 50 т/рік

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; Розділ I. Аналітичний огляд науково-технічної літератури; Розділ II. Технологічна частина; Розділ III. Техніко-економічне обґрунтування; Розділ IV. Організація контролю якості продукції; Розділ V. Екологічна частина та охорона праці; Висновки; Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розрахунок апарату. Креслення апарату	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	<b>06.05.2020р.</b>	<b>01.06.2020р.</b>

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 05.05.2020 \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	05.05.2020р.	
2	Аналітичний огляд науково-технічної літератури	06.05-11.05.2020р.	
3	Технологічна частина. Розрахунок матеріального балансу отримання 2,3 – дихлорнафтохінону – 1,4.	12.05-25.05.2020р.	
4	Техніко-економічне обґрунтування	26.05-27.05.2020р.	
5	Організація контролю якості продукції	28.05.2020р.	
6	Екологічна частина та охорона праці	29.05.2020р.	
7	Висновки	01.06.2020р.	
8	Список використаної літератури. Реферат	15.05-25.05.2020р.	
9	Графічна частина проекту. Принципова технологічна схема	12.05-19.05.2020р.	
10	Графічна частина проекту. Апаратурно-технологічна схема	20.05-27.05.2020р.	
11	Графічна частина проекту. Креслення апарату (загальний вигляд)	28.05-01.06.2020р.	
12	Передзахист, перевірка на академплагіат, рецензування ДП	03.06.2020р.-10.06.2020р.	

**Здобувач** \_\_\_\_\_

(підпис)

**Капко В.О** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_

(підпис)

**Бахмач В.О** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 87 С., 19 РИС., 19 ТАБЛ., 29 ДЖЕРЕЛ.

У даній кваліфікаційній роботі обґрунтовано технологію отримання 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 шляхом удосконалення технологічного процесу, а саме встановлення додаткового реактора періодичної дії.

На основі науково-технічної літератури наведено загальні відомості про 2,3-дихлорнафтохінон-1,4.

Розраховано матеріальний баланс, згідно якого за рік можна отримати 50 тонн 2,3-дихлорнафтохінона-1,4.

Розраховано реактор періодичної дії. За допомогою розрахунків визначили параметри апарату: висота – 2,870 м, діаметр – 1,800м, висота мішалки – 2,130 м, об'єм апарату – 6,3 м<sup>3</sup>. Відповідно до розрахованих даних матеріального балансу та проведеного підбору обладнання запропоновано апаратурно-технологічну схему виробництва 2,3-дихлорнафтохінона-1,4.

Розраховано техніко-економічну ефективність технології виробництва 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 та показано, що рентабельність даного виробництва складає 12%.

Запропоновано заходи з організації контролю якості речовини.

Наведено заходи з охорони праці на виробництві 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 та обґрунтовано екологічну безпеку запропонованої технології

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** 2,3-ДИХЛОРНАФТОХІНОН-1,4, НАФТОХІНОН, ФУНГІЦИД, ХЛОРУВАННЯ, РЕАКТОР ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ, ФІГОН.

## ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 82 pp., 16 FIG., 18 TABLES, 39 SOURCES.

This qualification work substantiates the technology of obtaining 2,3-dichloronaphthoquinone-1,4 by improving the technological process, namely the installation of an additional batch reactor.

Based on the scientific and technical literature, general information about 2,3-dichloronaphthoquinone-1,4 is given.

The material balance is calculated, according to which 50 tons of 2,3-dichloronaphthoquinone-1,4 can be obtained per year. The selection of the main technological equipment at all stages of the technological process is carried out.

The batch reactor is calculated. The parameters of the device were determined by calculations: height - 2,870 m, diameter - 1,800 m, height of the stirrer - 2,130 m, volume of the device -  $6,3 \text{ m}^3$ . In accordance with the calculated data of the material balance and the selection of equipment, the hardware-technological scheme of production of 2,3-dichloronaphthoquinone-1,4 is proposed.

The technical and economic efficiency of production technology is calculated 2,3-dichloronaphthoquinone-1,4 and it is shown that the profitability of such production is 12%, and the profit is UAH 28,733,51 per 50 tons of products. Measures to organize the quality control of the substance are proposed.

Measures for labor protection at the production of 2,3-dichloronaphthoquinone-1,4 are given and the ecological safety of the proposed technology is substantiated.

**KEY WORDS:** 2,3-DICHLORONAPHTHOQUINONE-1,4, NAFTOCHINONE, FUNGICIDE, CHLORINATION, PERIODIC ACTOR REACTOR, FIGON.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	8
1.1. Основні відомості та властивості хінонів.....	8
1.2. Економічність та вплив на навколишнє середовище.....	12
1.3. Галузі використання нафтохінонів.....	13
1.4. Стан сировинної бази виробництва 2,3 - дихлорнафтохінону-1,4..	16
1.5. Існуючі способи виробництва 2,3-дихлорнафтохінону-1,4.....	18
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	20
2.1. Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	20
2.2. Опис принципової – технологічної схеми виробництва дихлона....	24
2.3. Матеріальний баланс процесу.....	27
2.4. Тепловий баланс процесу.....	38
2.5. Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання.....	49
2.6. Опис удосконаленої апаратурно – технологічної схеми виробництва 2,3 – дихлорнафтохіну - 1,4.....	63
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b> .....	67
<b>РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b> .....	68
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	78
5.1. Охорона праці на підприємстві.....	78
5.2. Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві.....	81
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	83
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	85

					<i>ННІХТ.ХТ-4-16.020.161.005.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Капко В.О</i>			<b>ЗМІСТ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О</i>					<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Реценз.</i>		.				<i>НУХТ,</i>		
<i>Н. Контр.</i>						<i>Каф.ТЖХТХДКЗ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т</i>						

## ВСТУП

Останнім часом у хімічному науковому співтоваристві добре помітна нова хвиля зацікавленості класом хіноїдних сполук. Завдяки своїм унікальним властивостями хінони широко застосовуються в різних галузях науки і техніки – у фармації; сільському господарстві; в молекулярній електроніці, органічних напівпровідників, комунікаційних пристроїв, пристроїв оптичного зберігання даних тощо. Постійне зростання наукового інтересу до похідних 1,4 - нафтохінону викликано їх високою реакційною здатністю і можливістю синтезу на їх основі нових різноманітних сполук з широким спектром біологічної активності.

2,3 – дихлорнафтохінон – 1,4 застосовують як хімічний засіб захисту рослин, напівпродукти синтезу барвників, а також у різних галузях тонкого органічного синтезу.

Незважаючи на те, що властивості хіноїдних сполук досліджують ще з кінця позаминулого століття, є ряд нерозв'язаних питань, які ускладнюють виробництво сполук цього класу.

Виходячи з **актуальності проблеми** розглянемо отримання дихлорнафтохінона; аналізі використання дихлорнафтохінона: в синтезі барвників; як фунгіцид для боротьби захворювання рослин; в галузях тонкого органічного синтезу; для визначення лікарських препаратів.

Виходячи з цього **об'єктом дипломного проекту** було обрано технологію отримання 2,3 – дихлорнафтохінона - 1,4.

**Предметом проекту** є 2,3 – дихлорнафтохінон - 1,4 у вигляді водної суспензії 50%-вого порошку.

**Метою проекту** є удосконалення технології дихлорнафтохінону.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-16.020.161.006.ДП.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Капко В.О</i>			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		<i>Бахмач В.О</i>				6	2
Реценз.					<i>ВСТУП</i>		
Н. Контр.					<i>НУХТ, Каф.ТЖХТХДКЗ</i>		
Затверд.		<i>Носенко Т.Т</i>					

### *Завдання роботи:*

1. На основі вихідних даних та довідкової літератури здійснити аналіз сировинної бази для отримання 2,3 – дихлорнафтохінону – 1,4; властивості хімічної речовини; розкрити дію дихлорнафтохінона, розглянути існуючі технології дихлона.
2. Запропонувати удосконалення технології 2,3 – дихлорнафтохінона – 1,4 для прискорення лінії виробництва.
3. Навести характеристики основної сировини та запропоновано технолог-гію 2,3-дихлорнафтохінона-1,4, розробити його принципову та апаратурно-технологічну схеми, розрахувати матеріальний баланс для даного процесу, виконати підбір основного технологічного обладнання та провести розрахунок апарату.
4. Визначити техніко-економічні показники виробництва 2,3-дихлорна-фтохінон-1,4 потужністю 50 т/рік.
5. Розглянути питання охорони праці на виробництві, зокрема питання токсичності речовин.
6. Навести характеристику екологічної безпеки для підприємства та описати охорону праці на виробництві.

					<i>ВСТУП</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. Основні відомості та властивості хінонів

Хінони - повністю зв'язані циклогексادیєнони і їх анельовані аналоги. Існують два класи хінонів: *пара*-хінони з *пара*-розташуванням карбонільних груп (1,4-хінони) і *орто* – хінони з *орто* – розташуванням карбонільних груп (1,2-хінони).

Завдяки здатності до оборотного відновлення до двоатомних фенолів деякі похідні *пара*-хінонів беруть участь в процесах біологічного окислення в якості коферментів ряду оксидоредуктаз [1].

Відкриття хінонів було наслідком досліджень складу та властивостей речовин, що виділяються з кори хінного дерева *Cinchona L.*, що використовувалася як антималярійний засіб. Хінна кислота, що міститься в корі хінного дерева і в кавових бобах, перетворюється в хінон шляхом дегідратації, окислення. Продукт цієї реакції забарвлений в жовтий колір. Одним з характерних властивостей хінонів є забарвлення. Зазвичай *пара*-хінони пофарбовані в жовтий колір, а *орто*-хінони в помаранчевий і червоний [2].

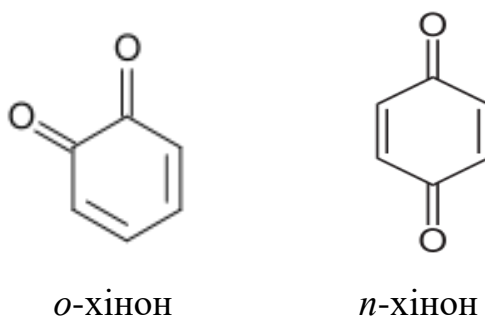
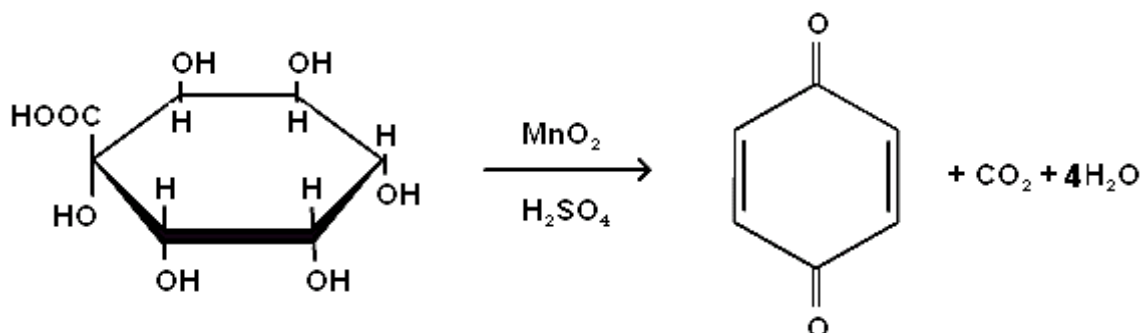


Рис.1.1 Структура молекул *пара*-хінону та *орто*-хінону

					ННІХТ.ХТ-4-16.020.161.008,ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Капко В.О			АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бахмач В.О					8	13
Реценз.						НУХТ, Каф.ТЖХТХДКЗ		
Н. Контр.								
Затверд.		Носенко Т.Т						

Перший представник хінонів був описаний О. А. Воскресенським в його докторській роботі «Міркування про хінну кислоту і відкрите в ній нове тіло хіноїл» (1839 р.), виконаної в лабораторії Юстуса Лібіха під назвою «хіноїл» як продукт окислення хінної кислоти діоксидом марганцю в присутності сірчаної кислоти :



*Рис.1.2.* Структурна формула окиснення хінної кислоти діоксидом марганцю в присутності сірчаної кислоти

Нафтохінони - це клас хінонів, які за своєю структурою є циклічними дікетонами, в молекулах яких кетогрупи входять в систему сполучених подвійних зв'язків, а в основі молекули лежить ядро нафталіну. У молекулах природних нафтохінонів основне хінонове ядро зазвичай містить заміщені групи (найбільш часто метильні, гідрокси- і метокси-групи). У ряді випадків фенольні гідроксигрупи, можуть бути глікозовані (особливо у вищих рослин). Найбільш відомим нафтохіноном є червоний пігмент Шиконін, виявлений у деяких представників сімейства Boraginaceae . Нафтохінони і їх похідні мають велике практичне значення: 1,4-нафтохінон - проміжний продукт в синтезі деяких барвників, каталізатор у виробництві синтетичного каучуку, інгібітор корозії; 2-метил-1,4-нафтохінон - вітамін К3; 2,3-дихлор-1,4-нафтохінон - антибактеріальний препарат [3].

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## 2,3-дихлорнафтохінон-1,4

Емпірична формула:  $C_{10}H_4O_2Cl_2$ ;

Структурна формула:

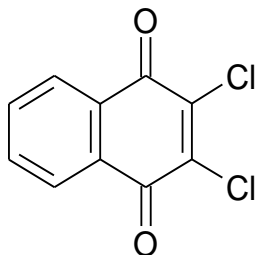


Рис.1.3. Структурна формула 2,3 – дихлорнафтохінон – 1,4

Дихлон (фігон). 2,3-дихлор-1,4-нафтохінон.  $C_{10}H_4O_2Cl_2$ . - фунгіцид, хімічний засіб для боротьби з грибними хворобами рослин. Дихлон активний проти грибних захворювань рослин, захворюваннями плодових дерев, фітофторою картоплі і томатів. Доза препарату 2,5-5 кг/га. Проти хвороб овочевих культур обробляють також насіння (доза 5 г 50% -ного порошку фігону на 1 кг насіння). Фігон середньотоксичний для людини і тварин, подразнює слизові оболонки і шкіру. 2,3 – дихлор-1,4-нафтохінон використовується для спектрофотометричного визначення ацетилцистеїну в лікарських препаратах, напівпродукт в синтезі індантренових барвників [4].

Фізичні властивості дихлон (фігон) наведені у *табл. 1.1*.

*Таблиця 1.1*

### Фізико-хімічні властивості 2,3-дихлорнафтохінон-1,4

Показання	Значення
1	2
Молярна маса (г/моль)	227,05
Густина (кг/м <sup>3</sup> )	1590

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Продовження таблиці 1.1

1	2
Густина (кг/м <sup>3</sup> )	1590
Температура плавлення (°С)	194-197
Температура кипіння (°С)	275
Розчинність:	не розчинний у воді; погано розчинний в ацетоні, бензолі; добре розчиняється в органічних розчинниках
Органолептичні властивості:	жовта кристалічна речовина

Дихлон (фігон). Діюча речовина 2,3-дихлор-1,4-нафтохінон. Кристалічний порошок жовтого кольору зі слабким запахом. Містить 50% діючої речовини. Застосовується у вигляді водних розчинів 0,2-0.4% концентрації. Не змінює свою структуру під дією тепла, світла, кислот, але руйнується лугами [4].

2,3 – дихлорнафтохінон - 1,4 несумісний з динітро- або ртутними препаратами, ДНОК (динітроортокрезол), залізним купоросом, вапном, олійними емульсіями, мінеральними маслами, милом.

Дихлон (фігон) зберігають у сухому складі, температура зберігання від -10°С до +25°С, термін зберігання 48 місяців [5].

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 1.2. Економічність та вплив на навколишнє середовище

Фунгіциди порівняно рідко бувають дуже токсичними. Токсичність фунгіцидів для рослинних організмів залежить від хімічної природи, концентрації або дози препарату, віку рослин, анатомії і морфології їх тканин, особливостей метаболізму, погодних умов і ін. Обробка вегетуючих рослин динітроортокрезолом або нітрафенолом, дозволених до вживання лише в період спокою значно знижує врожайність. При завищених в порівнянні з рекомендованими дозах або концентраціях фунгіциди, наприклад, масляні розчини метафосу, фталана, можуть викликати опіки і відмирання тканин. Деякі фунгіциди забруднюють рослини і їх продукцію, передають їм свій неприємний запах і смак, наприклад, похідні гексахлорану. У малих дозах окремі фунгіциди стимулюють розвиток рослин.

Для теплокровних тварин (і людини) більшість фунгіциди є слабо токсичними — летальна доза (ЛД), при якій гине 50%, від 500 до 11 000 міліграм на 1 кг маси. Роботу з фунгіцидами мають проводитися з дотриманням правил техніки безпеки, при обов'язковому використанні засобів індивідуального захисту – спецодяг, спецвзуття, респіратори і тощо.

Більшість фунгіциди безпечні або малонебезпечні для комах, наприклад для бджіл. Деякі фунгіциди, хлорорганічні з'єднання та інші, відрізняються підвищеною стійкістю в біологічних середовищах, повільно руйнуються, що створює небезпеку їх накопичення в природних умовах, у тому числі в рослинах, а отже, в рослинних продуктах – опускаються залишки 0,05—2 міліграм в 1 кг продукту. Унаслідок своєї універсальності окремі фунгіциди придушують також корисні мікроорганізми, комах, птахів, риб, що при систематичному вживанні може привести до порушення біологічної рівноваги в біоценозах. Щоб уникнути несприятливого впливу фунгіцидів на довкілля, необхідно строго дотримувати правила використання фунгіцидів, особливо дози і термінів обробок. У багатьох країнах використання фунгіцидів регламентується законом [4].

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Дихлон – малотоксичний фунгіцид, відноситься до III класу небезпеки.

Токсична дія.

*Тварини.* При введенні в шлунок для білих щурів ЛД - 190 мг / кг, для морських свинок 400 мг / кг. При гострому отруєнні: адинамія, відмова від їжі, з'єрощення вовни, порушується процес дихання, тремор кінцівок, загибель настає через 1-2 суток з мометну затравки. При впливі доз 50 і 30 мг / кг, що вводяться 5 днів поспіль, частина щурів гине, при дозах 25 мг / кг, що вводяться протягом 10 днів, тварини виживають. Найбільш істотні при повторному і тривалому отруєнні зміна крові: анемізація, ретикулоцитоз, різке збільшення масового коефіцієнта селезінки, виражений гемосидероз в ній і розростання лімфоїдної тканини. Відзначено зниження вмісту загального білка, диспротеїнемія, пригнічення активності зменшення рівня окисно-відновних процесів, падіння рівня вітаміну С в нирках і селезінці, різке зменшення діурезу.

*Людина.* Робочі, які контактують з 2,3-дихлорнафтохінона-1,4, скаржаться на подразнення шкіри, очей, печіння в носоглотці за грудиною, відчуття стиснення в грудях, задишку, кашель. Відзначено випадки контактних дерматитів. Виявлено зниження числа еритроцитів і зменшення змісту SH-груп в сироватці крові [5].

### 1.3. Галузі застосування нафтохінонів

Нафтохінони відіграють важливу роль в органічній та фармацевтичній хімії, і завдяки своїм властивостям вивчені достатньо добре. Вони широко використовуються у медицині, сільському господарстві як фунгіциди, гербіциди, стабілізатори росту і є об'єктом широких досліджень. Речовини, синтезовані на основі похідних 1,4-нафтохінону, проявляють біологічну активність і зарекомендували себе як сполуки, що ефективно можуть застосовуватися у лікуванні розладів функцій головного мозку

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

(церебрального інфаркту, крововиливу головного мозку, атеросклерозу) і мають високу антиоксидантну, цитолітичну та цитостатичну активності [5].

Використання нафтохінонів в промисловості та побуті, використання сировини, що містить нафтохінонові пігменти, в якості барвників має багатовікову історію. На Сході і в Азії екстракти листя хни здавна використовувалися для фарбування волосся і нігтів, а також нанесення візерунків на шкіру [6].

Найдавніше зареєстроване використання хни в косметичних цілях відбувається з Стародавнього Єгипту приблизно 5000 років назад. Сліди хни були знайдені на нігтях мумій, вона згадується в папірусі Еберса (XVI ст. до н.е.). Не дивлячись на розвиток хімічної промисловості та великий асортимент фарб для волосся, хна залишається популярним косметичним засобом. Її використовують не тільки для фарбування волосся, але і для нанесення тимчасових татуювань на тіло [7].

Застосування нафтохінонів як барвників для тканин, вовни також почалося за кілька століть до н.е.. На Далекому Сході і в Східній Азії для фарбування тканини використовували пурпурні пігменти з коренів. В Середній Азії і Кавказі застосовувалися коріння інших представників родини бурачникових, що містять червоні пігменти. В даний час дуже популярний нафтохінон шиконін в Японії і Індії [1].

В зокрема, в Японії шиконін використовується для фарбування ритуальних кімоно, в косметиці, в Індії - як барвник для харчових жирів.

У міжнародній практиці ряду нафтохінонових пігментів присвоєно міжнародний колірної індекс, який наведений у *табл. 1.2*.

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

## Основні нафтохінонові барвники

Міжнародний колірний індекс (C.I.)	Назва барвника	Колір
1	2	3
75480	Натуральний оранжевий 6 (лавсон)	Оранжево - коричневий
75500	Натуральний коричневий 7 (юнгол)	Жовто - коричневий
75490	Натурально жовтий 16 (лапахол)	Жовтий
75535	Токіо фіолетовий	Червоний, пурпурний

Через свою низьку токсичність шиконін і алканін використовуються для забарвлення харчових продуктів, косметики і полімерів. При змішуванні нафтохінонів шиконіну з хітозаном в різних пропорціях і проведення відповідного оброблення був отриманий чорний барвник, придатний для використання в декоративній косметиці [8].

Юглон і плюмбагін раніше використовувалися в якості консервантів для безалкогольних напоїв [7]. Шиконін використовується як консервант в косметичних виробках. Крім того, шиконін володіє захисним і зволожуючу дію, регенерує шкіру. Завдяки цьому він використовується, як активний агент при виготовленні омолоджуючих косметичних засобів, лікувально-профілактичної зубної пасти, дитячого масляного бальзаму [1]. Шиконін абсорбує ультрафіолетові промені, тому його додають в склад косметичних засобів, які чутливі до дії УФ-світла [2].

2,3-дихлор-1,4-нафтохінону – речовина, яка використовується в різних областях народного господарства:

- фунгіцид у сільському господарстві;
- високоактивного альгіцидними препарату для боротьби з цвітінням водойм;
- сировина для виробництва барвників в хімічній промисловості;
- використовується для спектрофотометричного визначення ацетилцистеїну в лікарських препаратах [3].

До країн, в яких розвинене виробництво фігону, відносяться Індія, Китай, Південна Корея, Німеччина. В Україні постачання даної речовини займаються представництво ТОВ НВМП «Антарія», ТОВ «Югсінтез».

#### **1.4. Стан сировинної бази виробництва 2,3 - дихлорнафтохінону-1,4**

Основна сировина для виробництва дихлона :

- нафтіонат;
- сульфанка кислота;
- сульфат (II) заліза;
- хлор;
- кальцинована сода.

Нафтіонати представляють собою солі кислот, аналогічні відповідним ацетат, які краще визначені, але менш корисні. Нафтіонати, як і нафтіонові кислоти добре розчинні в органічних середовищах, таких як фарби. Вони застосовуються в промисловості, включаючи виробництво таких корисних речей: синтетичні миючі засоби, мастильні матеріали, інгібітори корозії, присадки до палив і мастил, консерванти для деревини, інсектициди, фунгіциди, акарициди, змочують агенти, загусники напалму і масляні осушувачі, використовувани при фарбуванні і обробці поверхні деревини.

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Натрій-4-аміно-1-нафталінсульфонатів - це складне хімічна сполука, яка застосовується при виробництві барвників і пігментних компонентів в парфумерної та косметичної промисловості. Поставляється у вигляді кристалів, що має сірий або білий колір. Для розчинення використовується вода (швидкість розчинення залежить від температури), розчинники органічного типу, етиловий спирт [9].

Використання сульфатної кислоти різноманітне. В більшості випадків вона використовується для мінеральних добрив. Частим випадком буває, що на заводі з виробництва сульфатної кислоти додатково виробляють добрива для сільськогосподарства. Також вона виступає каталізатором органічного синтезу, бере участь у створенні інших кислот неорганічної природи і мінеральних солей, мийних засобів, штучних смол, фарбувальних матеріалів та антифризів. Її задіюють при виготовленні фармацевтичних та ветеринарних препаратів, інсектицидів і в різних технічних процесах [10].

Певна кількість цієї сполуки витрачається на фарби, зокрема і друкарські, а також емалі й пігменти. Ця кислота може служити осушувачем газів, сприяти видобутку рідкісних металів (цирконію, осмію, урану, іридію) з руд, задіюватися у виробництві утворювачів диму і вибухівки.

У харчовій промисловості вона зареєстрована як добавка-емульгатор Е-513[11].

Хлор широко застосовується на виробництві, на його основі виготовляють отрутохімікати, розчинники, засоби для дезінфекції та миття, медикаменти. Хлор використовується в кольоровій металургії, у виготовленні пластмас тощо. Також хлор з успіхом застосовується і в побуті для очищення, відбілювання, прання. Завдяки незначним витратам і досить високої ефективності дезінфекції, хлор активно використовується для очищення і знезараження води в плавальних басейнах і питної водопровідної води [12].

Кальцинована сода належить до стратегічних продуктів. Найбільшими споживачами соди є енергетична, металургійна, хімічна та інші галузі

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

промисловості. У хімічній промисловості сода використовується у виробництві каустичної соди хімічними методами, гідрокарбонату натрію, миючих засобів, сполук хрому, сульфідів і фторидів, фосфатів, нітрату натрію, натрієвої селітри для очищення розсолу. Найбільшим споживачем соди є скляна промисловість (сода використовується для виготовлення різних видів скла, піноскла, глазури). У даній промисловості кальцинована сода є основною складовою шихти, яку використовують у виробництві скла.

У харчовій промисловості карбонат натрію використовується як емульгатор (харчова добавка Е-500), регулятор кислотності, розпушувач (використовують в хлібопеченні, у виготовленні кондитерських виробів, для приготування напоїв)[13].

### **1.5. Існуючі способи виробництва 2,3-дихлорнафтохінона-1,4**

У зв'язку з широким використанням 2,3-дихлорнафтохінона фунгіцид у сільському господарстві, сировина для виробництва барвників в хімічній промисловості, використовується для спектрофотометричного визначення ацетицестеїну в лікарських препаратах, сировина для виробництва численних барвників в хімічній промисловості [5].

2,3-Діхлорнафтохінон-1,4 може бути отриманий декількома методами:

- хлоруванням  $\alpha$ -нафтола в присутності сірчаної кислоти і солей заліза;
- хлоруванням нафтіонової кислоти і  $\alpha$ -нафтил-аміну;
- хлоруванням нафтохінона-1,4 або 1-нітронафталіну у водному слабо лужному середовищі;
- хлоруванням 2,3-дихлор-2,3-дигідронафтохінона;
- гідролізом 1,2,3,4-тетрахлор-1,2,3,4-тетрагідронафталіна з подальшим окисненням продукту гідролізу азотною кислотою;
- гідроліз з одночасним окисненням 2,2,3,4,4-пентахлортетралона.

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

На сьогоднішній день найефективнішим методом отримання 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 - це хлоруванням нафтіонової кислоти. Для отримання 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 з нафтіонової кислоти останню розчиняють в 50% -вої сірчаної кислоти, додають невелику кількість сульфату заліза і хлорують при невисокій температурі. Після закінчення хлорування осад фільтрують, промивають водою і сушать.

2,3-Дихлорнафтохінон-1,4 погано розчинний у воді, тому не залежно від способу отримання у водному середовищі він виділяється у вигляді осаду і після фільтрування та сушки надходить для виробництва відповідних препаратів. Внаслідок високої фітонцидності 2,3-дихлорнафтохінон-1,4 використовують в відносно низьких концентраціях (0,05-0,1%) [14].

Головним недоліком даної технології є тривалий процес отримання 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 . Процес утворення дихлорнафтохінона триває 60 годин, після удосконалення 30 годин.

Удосконалення даного технологічного процесу полягає у використанні ще одного реактора для хлорування, щоб прискорити лінію виробництва 2,3-дихлорнафтохінона-1,4. Підсумкова швидкість процесу залежить від швидкості кожної стадії.

Перевагою встановлення двох реакторів для хлорування є:

- підвищення продуктивності;
- зменшення затрат підприємства;
- зменшення витрат сировини;
- підвищення економічних позакників (за їх допомогою оцінюють якість, надійність, ремонтоздатність продукції, технологічність, рівень стандартизації і уніфікації, патентну чистоту в їх зв'язку із затратами).
- зменшення витрат сировини.

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

За допомогою аналізу науково-технічну літератури визначили оптимальну технологію - виробництва 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 з нафтіонової кислоти за допомогою сірчаної кислоти і невелику кількості сульфату заліза, хлорують при невисокій температурі

### 2.1. Характеристика вихідної сировини для виробництва

#### 1. На сіль 1-аміно-4-сульфонафталену (нафтіонат) 73%

Емпірична формула:  $C_{10}H_8NO_3SNa$ ;

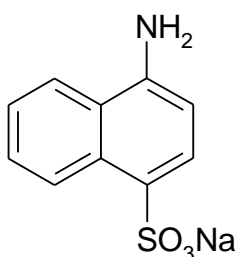


Рис.2.1. Структурна формула нафтіонату

Молекулярна маса: 245 а.о.м.

Фізико-хімічні характеристики: безбарвні або світло-сірі кристали, утворює гідрати. Помірно розчинна у воді, погано в етанолі, діетиловому ефірі[9].

Густина – 1670 кг/м;

Температура плавлення: 280 °С

#### 2. Сульфатна кислота 35%

Емпірична формула:  $H_2SO_4$

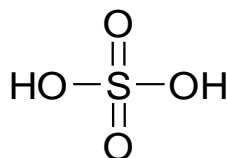


Рис.2.2. Структурна формула сульфатної кислоти

					<i>ННІХТ.ХТ-4-16.020.161.020.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Капко В.О</i>			<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О</i>					20	47
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ,</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Житнецький І.В</i>				<i>Каф.ТЖХТХДКЗ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т</i>						

Молекулярна маса: 98 а.о.м.

Фізико-хімічні характеристики: безбарвна масляниста, дуже в'язка і гігроскопічна рідина, добре розчинна у воді [10].

Густина: 1265 кг/м;

Температура плавлення: 10,4 °С

Температура кипіння: 93,2 °С

Виробництво сірчаної кислоти як надважливого технічного матеріалу посідає лідерські позиції в світі – понад 150 млн тонн на рік. Існують різні способи її отримання, серед яких:

- промисловий, або контактний, що полягає в окисленні сірчистого газу до сірчаного ангідриду;
- нітрозний, або баштовий, суть якого полягає в окисленні сірчистого ангідриду за допомогою NO<sub>2</sub> в присутності води.

Сірчана кислота повинна бути виготовлена відповідно до вимог даного стандарту за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку.

За фізико-хімічними показниками сірчана кислота повинна відповідати нормам ГОСТ 2184-2013. Щодо правил безпеки при використанні сульфатної кислоти, які зазначені у ГОСТ 30333:2009 обов'язково:

- при роботі з препаратом слід використовувати індивідуальні засоби захисту (респіратор, резинові рукавички, захисні окуляри), а також дотримуватись правил особистої гігієни.
- приміщення, в яких проводяться роботи з препаратом, повинні бути обладнані вентиляцією [15].

**3. Сульфат (II) заліза 53%** - білий порошок, добре розчинний у воді, погано розчиняється в етанолі; помірно розчинний в етиленгліколі. Також поширений у формі гептагідрату FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O — ясно-зеленої кристалічної речовини, котра з давніх часів відома під назвами «залізний купорос».

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Емпірична формула:  $\text{FeSO}_4$ ;

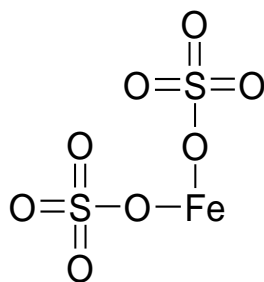


Рис.2.3. Структурна формула сульфат (II) заліза

Молекулярна маса: 152 а.о.м.

Густина: 3650 кг/м<sup>3</sup>;

Температура плавлення: 680°C За фізико-хімічними показниками сульфат (II) заліза повинна відповідати нормам ГОСТ 4148-78. Правила прийому зазначені в ГОСТ 3885-73 [9].

#### 4. Хлор 99,6%

Емпірична формула:  $\text{Cl}_2$  ;

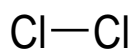


Рис.2.4. Структурна формула хлору

Молекулярна маса: 71 а.о.м.

Фізико-хімічні характеристики: являє собою рідину бурштинового кольору, добре розчиняється у воді.

Густина: 1557 кг/м<sup>3</sup>.

Температура плавлення: -102,4 °C

Температура кипіння: -34 °C

Хлор відноситься до високонебезпечних речовин. Глибоко проникаючи в дихальні шляхи, хлор вражає легеневу тканину і викликає набряк легенів. Хлор викликає гострі дерматити з потіння, почервонінням і набряком [12].

Велику небезпеку для ураженого хлором представляють ускладнення – запалення легенів і порушення з боку серцево-судинної системи. Отримують хлор при електролізі водних розчинів NaCl (рідше інших хлоридів лужних металів) і використанні сталевого катода і діафрагми (діафрагмовий метод),

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

іонообмінної мембрани або ртутного катода (ртутний метод). Невелика кількість хлору одержують попутно при виробництві магнію, кальцію, натрію і літійу електролізом розплавлених хлоридів.

Застосовується хлор при виробництві хлорорганічних з'єднань (вініл-хлориду, дихлоретан, хлорбензолу і ін.), Неорганічних хлоридів, для отримання відбілювачів і дезінфікуючих засобів, для очистки води. Хлор використовується також для хлорування поліметалічних руд з метою отримання титану, ніобію, цирконію.

Гранично допустима концентрація хлору в повітрі робочої зони виробничих приміщенні – 1 мг/м<sup>3</sup> ГОСТ 6718-93 (ISO 2120-72, ISO 2121-72). Технічні умови (2-й клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007).

Щоб виробництво 2,3- дихлорнафтохінона-1,4 якомога кращої якості потрібно звірити показники контролю якості з показниками, що вказані в паспортній серії [16].

#### Характеристика кінцевого продукту

2,3-дихлорнафтохінон-1,4

Емпірична формула: C<sub>10</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;

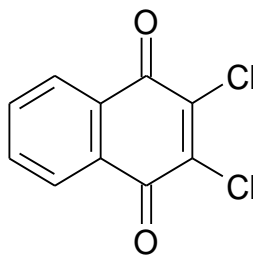


Рис.2.5. Структурна формула 2,3-дихлорнафтохінон-1,4

Фігон, дихлон, 2,3-дихлорнафтохінон-1,4 (C<sub>10</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), фунгіцид, хімічний засіб для боротьби з грибковими хворобами рослин. Застосовується у вигляді водної суспензії 50%-вого порошку для боротьби з пірикуляріозом рису, дірчастій плямистістю сливи, грибними хворобами овочевих і декоративних культур (обробку припиняють за 20 діб до збирання врожаю);

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

доза препарату 2,5-5 кг/га. Проти хвороб овочевих культур обробляють також насіння (доза 5 г 50% -вого порошку фігону на 1 кг насіння). Фігон середньо-токсичний для людини і тварин, подразнює слизові оболонки і шкіру [5].

## **2.2. Опис принципової – технологічної схеми виробництва дихлона**

На рисунку 2.6 наведено принципова-технологічну схему отримання 2,3-дихлорнафтохінону-1,4.

По стадійний опис принципової-технологічної схеми:

### **1. Санітарна підготовка виробництва**

Санітарна підготовка виробництва включає в себе наступні етапи:

- підготовка персоналу;
- підготовка виробничих приміщень;
- підготовка обладнання комунікацій;
- приготування дезінфікуючих розчинів.

Всі ці етапи є невід'ємною частиною підготовки до виробничого процесу.

Обслуговуючий персонал приступає до роботи, попередньо провівши санітарну підготовку виробництва і пройшовши санітарно-гігієнічну обробку.

### **2. Приготування суспензії нафтіонової кислоти**

Приготування суспензії нафтіонової кислоти відбувається в реакторі ідеального змішування протягом п'яти годин при додаванні  $\text{FeSO}_4$ , нафтіонату в 35%-ий розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Оптимальний температурний режим виділяється внаслідок перебігу реакції. Утворення нафтіонової кислоти триває 5 годин при температурі  $60^\circ\text{C}$

### **3. Хлорування**

Утворення неочищеного 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 відбувається у реакторі ідеального змішування, оснащений паровою сорочкою і якірною мішалкою. Процес хлорування проходить при додавання хлору та нафтіонової кислоти (САК) в чотири стадії. На першій стадії протягом 22 годин температура реакційної маси повинна бути менше  $40^\circ\text{C}$ , реакційна маса повинна стати жовтого кольору з температурою плавлення  $100^\circ\text{C}$ .

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

На другій стадії реакційну масу протягом 4 год прогрівають до 60 °С, не перериваючи подачу хлору. Температура плавлення реакційної маси в кінці другої стадії повинна бути 120-130 °С. На третій стадії хлорування ведуть 1 год при 80-85 °С,  $T_{пл} = 150$  °С. Хлорування на четвертій стадії ведеться протягом 1 год при 90-93 °С, температуру забезпечують пуском пари в сорочку апарату. Температура плавлення одержаного продукту повинна бути не менше 182 °С. Загальний процес хлорування триває 30 год, при змінній температурі на кожні стадії.

#### **4. Фільтрація та промивка неочищеного 2,3-дихлорнафтохінона-1,4**

Фільтрація та промивка неочищеного 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 відбувається при подачі гарячої води. Тривалість процесу 5 год при температурі 60-70 °С. Процес відбувається завдяки створення вакууму, який утворюється під фільтрувальною перегородкою.

#### **5. Содове очищення 2,3-дихлорнафтохінону-1,4**

На стадії содового очищення спочатку подається вода потім 5%-ий розчин кальцинованої соди, потім поступово подається напівпродукт. За допомогою цієї стадії позбуваються домішок, сульфатної та хлоридної кислот. Процес відбувається протягом 13 годин при температурі 95 °С

#### **6. Фільтрація та промивка очищеного 2,3-дихлорнафтохінона-1,4**

Фільтрація та промивка очищеного 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 відбувається у нутч-фільтрі з нержавіюча сталь Х9Н10Т, яка є корозійностійкою до агресивних середовищ. Промивання відбувається водою протягом 5 годин.

#### **7. Фасування**

Фасування готової речовини відбувається автоматично, за допомогою фасувальної машини. Дихлон фасується у мішки з поліпропіленового матеріалу вагою 50 кг.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

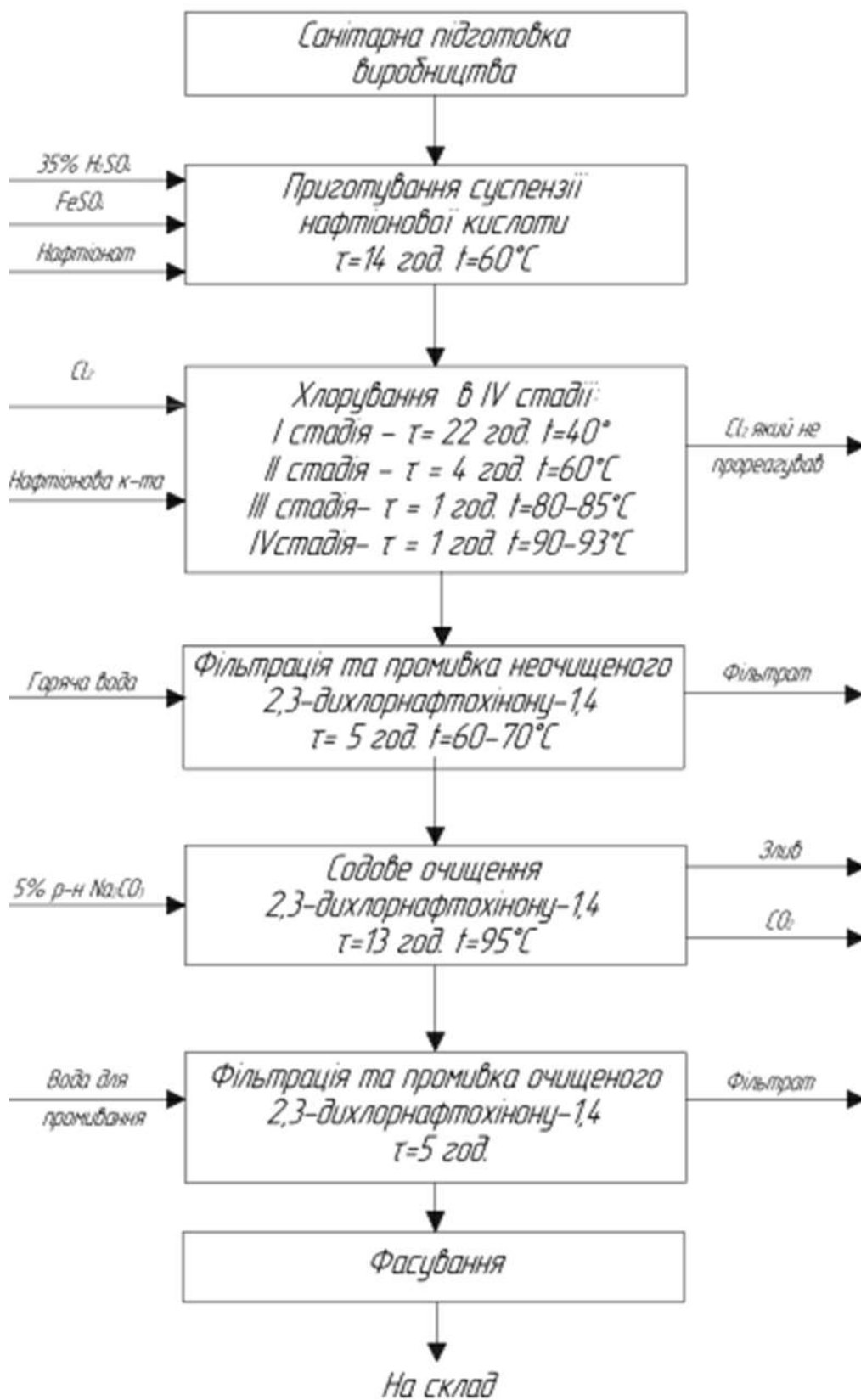


Рис. 2.6. Принципова – технологічна схема виробництва Дихлон

### 2.3. Матеріальний баланс процесу

Розрахунок проводимо на 1 т готового продукту дихлорнафтохінона.

Утворення 2,3-дихлорнафтохінону-1,4 з нафтіонату відповідає такому стехіометричному співвідношенню:

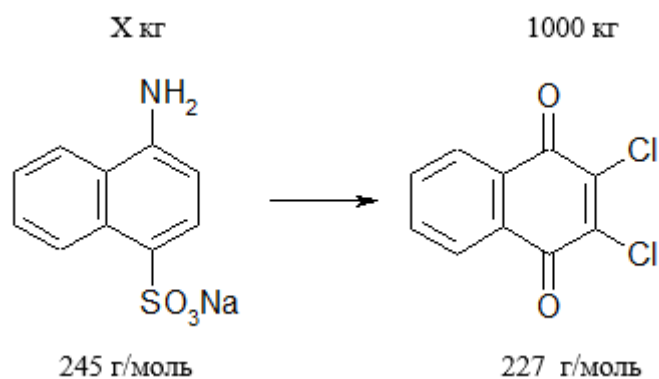


Рис.2.8. Отримання 2,3-дихлорнафтохінону-1,4 з нафтіонату

Витрата нафтіонату на 1 т 2,3-дихлорнафтохінону-1,4 (ДХН):

$$m(\text{нафтіонату}) = \frac{Mr(\text{нафтіонату}) \cdot 1000}{Mr(\text{ДХН})} = \frac{245 \cdot 1000}{227} = 1079,3 \text{ кг}$$

Витрата нафтіонату з урахуванням  $\eta_{\text{заг}}$ :

$$1079,2952 / 0,674 = 1601,3 \text{ кг}$$

Витрата технічного нафтіонату:

$$1601,3282 / 0,73 = 2193,6 \text{ кг}$$

в т.ч. органічні домішки = 592,2 кг

Перерахунковий коефіцієнт від операційного завантаження до завантаження на 1 т дихлорнафтохінону ( ДХН ):

$$K = G_{\text{техн}}/G_{\text{оп}} = 2193,6003 / 131,5 = 16,7$$

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

## Стадія I: Приготування суспензії нафтіонової кислоти

$$\eta_1 = 1$$

Хімізм процесу:

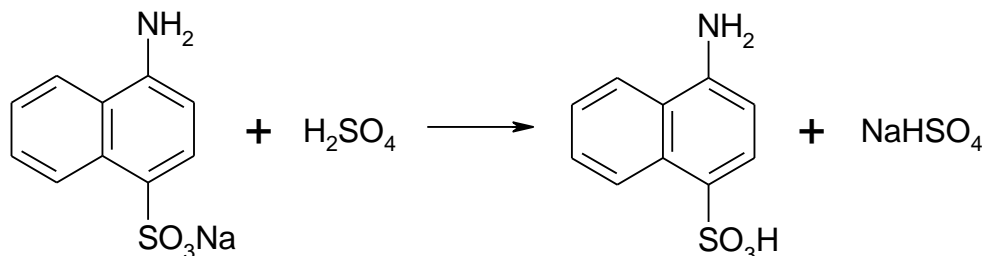


Рис.2.9. Отримання нафтіонової кислоти

Операційні завантаження на цій стадії такі:

$$G = G_{\text{опер}} \times K$$

- 1) Технічний нафтіонат : 2193,6 кг  
в т.ч. органічних домішок 27 %:  $2193,6 \times 0,27 = 592,3$  кг  
чистого нафтіонату – 1601,3 кг
- 2) Технічна  $\text{H}_2\text{SO}_4$  :  $1971,4 \times 16,7 = 32885,7$  кг  
в т.ч. 63%  $\text{H}_2\text{O}$  :  $1971,4 \times 0,63 \times 16,7 = 20718$  кг  
мінеральних домішок 2 %:  $1971,4 \times 0,02 \times 16,7 = 657,7$  кг  
чистої  $\text{H}_2\text{SO}_4$  –  $1971,4 \times 0,35 \times 16,7 = 11509,9$  кг
- 3) Сульфат заліза  $\text{FeSO}_4$  53% :  $17,8 \times 16,7 \times 0,53 = 157,3$  кг  
47% мінеральних домішок:  $17,8 \times 16,7 \times 0,47 = 139,5$  кг

**Вихід:**

- 1) Сульфокислота амінонафталену (САК) -  $1601,3 \times 223 / 245 = 1457,5$  кг
- 2)  $\text{NaHSO}_4$  -  $1601,3 \times 120 / 245 = 784,3$  кг
- 3)  $\text{FeSO}_4$  – 157,3 кг
- 4)  $\text{H}_2\text{O}$  з  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 20717,9 кг

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

5)  $H_2SO_4$  не прореагувало:

$$11509,97 - (1457,6 \times 98 / 223) = 10869,5 \text{ кг}$$

6) Органічні домішки з нафтіонату – 592,2 кг

7) Мінеральні домішки –  $657,7131 + 139,5563 = 797,3 \text{ кг}$

Таблиця 2.1

**Матеріальний баланс стадії I для утворення нафтіонової кислоти**

Прихід				Вихід	
1	2	3		4	5
Сировина	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Маса, кг		Сировина	Маса, кг
		100%	техн.		
Нафтіонат	1670	1601,3	2193,6	Втрати 1%	353,7
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1092	11509,9	32885,7	Нафтіонова к-та (САК)	1457,5
FeSO <sub>4</sub>	3650	157,3	296,9	NaHSO <sub>4</sub>	784,3
Всього	1123		35 376,2	FeSO <sub>4</sub>	157,3
				Орг. домішки	592,2
				Мін. домішки	797,3
				H <sub>2</sub> O	20717,9
				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10869,5
				Всього	35 022,4
<b>Всього</b>			<b>35 376,1</b>	<b>Всього</b>	<b>35 376,1</b>

**Стадія II: Хлорування**

$$\eta_2 = 0,74$$

Хімізм процесу:

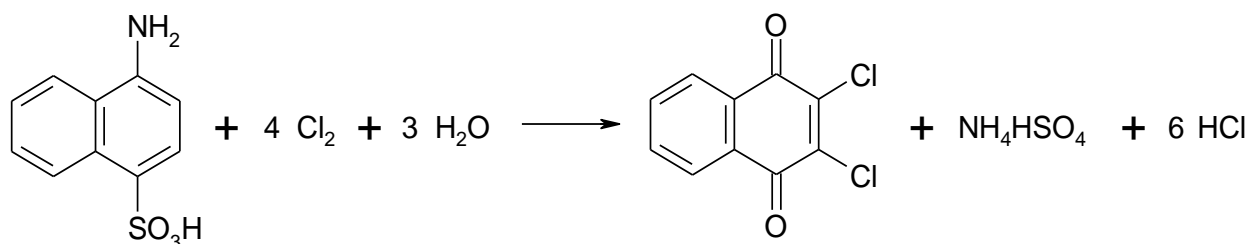


Рис.2.10. Процес хлорування

**Завантажено:**

- 1) САК – 1457,5 кг
- 2)  $\text{Cl}_2$ :  $224,2 \times 0,996 \times 16,6814 = 3725$  кг  
Домішки:  $224,2 \times 0,004 \times 16,6814 = 14,9$  кг
- 3)  $\text{NaHSO}_4$  – 784,3 кг
- 4)  $\text{FeSO}_4$  – 157,3 кг
- 5)  $\text{H}_2\text{O}$  – 20717,9 кг
- 6)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 10869,4 кг
- 7) ОД – 592,3 кг
- 8) МД – 797,3 кг

**Одержано:**В реакторі:

- 1) ДХН:  $1457,6 \times 227 / 223 \times 0,74 = 1097,9$  кг
- 2)  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ :  $1457,6 \times 115 / 223 \times 0,74 = 556,2$  кг
- 3)  $\text{HCl}$ :  $6 \times 1457,6 \times 36,5 / 223 \times 0,74 = 1059,2$  кг
- 4) САК:  $1457,6 - (1097,9229 \times 223 / 227) = 378,9$  кг
- 5)  $\text{H}_2\text{O}$ :  $20717,9 - (3 \times 1097,9229 \times 18 / 227) = 20456,8$  кг
- 6) МД:  $14,9 + 797,3 = 812,2$  кг
- 7) ОД – 592,2 кг
- 8)  $\text{FeSO}_4$  – 157,4 кг
- 9)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 10869,5 кг
- 10)  $\text{NaHSO}_4$  – 784,3 кг

В скрубєрі:

- 1)  $\text{Cl}_2$ , що не прореагував:  $3725 - (4 \times 1097,9 \times 71 / 227) = 2351,3907$  кг

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

**Матеріальний баланс стадії II отриманні неочищеного  
2,3 – дихлорнафтохінона – 1,4**

<i>Прихід</i>		<i>Вихід</i>	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
САК	1 457,6	Втрати 0,74 %	28 942,64
$Cl_2$	3 725,0	ДХН	1 097,9
Домішки з $Cl_2$	14,9	$NH_4HSO_4$	556,2
$NaHSO_4$	784,3	HCl	1 059,2
Нафтіонова к-та (САК)	1 457,5	САК	378,9
$FeSO_4$	157,4	$FeSO_4$	157,4
$H_2O$	20 717,9	$H_2O$	20 456,8
$H_2SO_4$	10 869,4	$H_2SO_4$	10 869,5
ОД	592,3	ОД	592,2
МД	797,3	МД	812,2
		$NaHSO_4$	784,3
Всього, кг	391116,14	Всього, кг	362 173,5
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1093	Густина, кг/м <sup>3</sup>	1150
Об'єм, м <sup>3</sup>	35,77	Об'єм, м <sup>3</sup>	31,97
<b>Всього</b>	<b>391 116,14</b>	<b>Всього</b>	<b>391 116,14</b>

**Стадія III: Фільтрація та промивка неочищеного 2,3-дихлорнафтохінону-1,4**

$$\eta_3 = 0,98$$

**Завантажено:**

- 1) ДХН – 1097,9 кг
- 2)  $NH_4HSO_4$  - 556,2 кг
- 3) HCl - 1059,2 кг
- 4) САК – 378,9 кг
- 5)  $H_2O$  – 20456,8 кг
- 6) МД – 812,2 кг

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 7) ОД – 592,2 кг
- 8) FeSO<sub>4</sub> – 157,4 кг
- 9) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 10869,5 кг
- 10) NaHSO<sub>4</sub> – 784,3 кг
- 11) Гаряча H<sub>2</sub>O – 1000 кг

**Одержано:** (NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub>, NaHSO<sub>4</sub> додані до МД)

Осад:

- 1) ДХН:  $1097,9229 \times 0,98 = 1075,9$  кг
- 2) САК:  $378,9592 \times 0,98 = 371,4$  кг
- 3) H<sub>2</sub>O:  $(20456,7825 + 1000) \times 0,02 = 429,1$  кг
- 4) МД:  $(812,2293 + 556,2164 + 157,3721 + 784,3240) \times 0,02 = 46,2$  кг
- 5) ОД:  $592,2721 \times 0,98 = 580,4$  кг
- 6) HCl:  $1059,2296 \times 0,02 = 21,2$  кг
- 7) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $10869,4478 \times 0,02 = 217,4$  кг

Фільтрат:

- 1) ДХН:  $1097,9229 \times 0,02 = 21,9$  кг
- 2) САК:  $378,9592 \times 0,02 = 7,58$  кг
- 3) H<sub>2</sub>O:  $(20456,7825 + 1000) \times 0,98 = 21027,7$  кг
- 4) МД:  $(812,2293 + 556,2164 + 157,3721 + 784,3240) \times 0,98 = 2263,9$  кг
- 5) ОД:  $592,2721 \times 0,02 = 11,9$  кг
- 6) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $10869,4478 \times 0,98 = 10652$  кг
- 7) HCl:  $1059,2296 \times 0,98 = 1038,04$  кг

Таблиця 2.3

**Матеріальний баланс стадії III : фільтрування неочищеного дихлорнафтохінона**

<i>Прихід</i>		<i>Вихід</i>	
1	2	4	5
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
ДХН	1097,9	Втрати 0,98%	3 700,95
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	556,2	<i>Осад:</i>	
HCl	1059,2	ДХН	1075,96
САК	378,9	САК	371,4

## Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10869,5	H <sub>2</sub> O	429,1
ОД	592,2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	217,4
МД	812,2	ОД	580,4
NaHSO <sub>4</sub>	784,3	Всього, кг	2741,68
Гаряча H <sub>2</sub> O	1000	<i>Фільтрат:</i>	
		ДХН	21,9
		САК	7,6
		НСІ	1038,04
		H <sub>2</sub> O	21027,7
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10652
		ОД	11,8
		МД	2263,9
		ДХН	21,9
Всього, кг	37 764,8	Всього, кг	34 063,85
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1230	Густина, кг/м <sup>3</sup>	1100
Об'єм, м <sup>3</sup>	30,70	Об'єм, м <sup>3</sup>	31,84
<b>Всього</b>	<b>37 764,8</b>	<b>Всього</b>	<b>37 764,8</b>

## Стадія IV: Содове очищення 2,3-дихлорнафтохінону-1,4

$$\eta_4 = 0,948$$

На цій стадії проходять побічні реакції:



**Завантажено:**

- 1) ДХН – 1075,9 кг
- 2) НСІ - 21,2 кг
- 3) САК - 371,4 кг
- 4) H<sub>2</sub>O – 429,2 кг

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

5) МД – 46,2 кг

6) ОД - 580,4

7) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 217,4 кг

8) 5% розчин кальцинованої соди:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3: 34,19 \times 16,6814 \times 0,99 = 564,6 \text{ кг}$$

$$\text{Домішки 1\%: } 34,19 \times 16,6814 = 5,7 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O: } (564,7 + 5,7034) \times 95 / 5 = 10836,4 \text{ кг}$$

### **Одержано:**

#### Суспензія з продуктом:

1) ДХН:  $1075,9 \times 0,9480 = 1020 \text{ кг}$

2) САК:  $371,4 \times 0,9480 = 352 \text{ кг}$

3) H<sub>2</sub>O :  $429,13 \times 0,0520 = 22,3 \text{ кг}$

4) ОД :  $580,4 \times 0,9480 = 550,3 \text{ кг}$

5) МД :  $(46,2 + 5,7034) \times 0,0520 = 2,7 \text{ кг}$

6) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, що не прор. :  $(564,6 - (298,6 \times 106 / 142) - (32,1 \times 106 / ((2 \times 58,5))) ) \times 0,0520 = 16,3 \text{ кг}$

7) H<sub>2</sub>O з соди:  $10836,4 \times 0,0520 = 563,5 \text{ кг}$

8) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> :  $217,4 \times 142 / 98 \times 0,9480 \times 0,0520 = 15,5 \text{ кг}$

9) H<sub>2</sub>O реакц. :  $298,6 \times 18 / 142 \times 0,0520 = 1,96 \text{ кг}$

10) NaCl :  $21,2 \times 58,5 / 36,5 \times 0,9480 \times 0,0520 = 1,8 \text{ кг}$

11) H<sub>2</sub>O реакц. :  $32,2 \times 18 / (2 \times 58,5) \times 0,0520 = 0,25 \text{ кг}$

12) HCl і H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - вважаємо, що повністю потрапляють у зливи.

#### Газова фаза:

$$\text{CO}_2 \text{ (з обох побічних реакцій): } (298,6 \times 44 / 142) + (32,2 \times 44 / (2 \times 58,5)) = 104,6 \text{ кг}$$

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Зливи:

- 1) ДХН:  $1075,9 - 1020 = 55,9502$  кг
- 2) САК:  $371,4 - 352 = 19,3118$  кг
- 3)  $H_2O$  :  $429,1 - 22,3 = 406,8$  кг
- 4) ОД :  $580,4 - 550,3 = 30,2$  кг
- 5) МД :  $(46,2 + 5,7) - 2,7 = 49,2$  кг
- 6)  $Na_2CO_3$ , що не прор.:  $298,6 - 16,3 = 296,3$  кг
- 7)  $H_2O$  з соди:  $10836,4 - 563,5 = 10272,9$  кг
- 8)  $Na_2SO_4$  :  $298,6 - 15,5 = 283$  кг
- 9)  $H_2O$  реакц. :  $298,6 \times 18 / 142 \times 0,9480 = 35,9$  кг
- 10)  $H_2SO_4$ , що не прореаг.:  $217,4 - (298,6 \times 98 / 142) = 11,3$  кг
- 11)  $NaCl$  :  $32,18 - 1,67 = 30,5$  кг
- 12)  $H_2O$  реакц. :  $32,18 \times 18 / (2 \times 58,5) \times 0,9480 = 0,25$  кг
- 13)  $HCl$ , що не прореаг.:  $21,2 - (32,18 \times 36,5 / 58,5) = 1,1$  кг

Таблиця 2.4

**Матеріальний баланс стадії IV: утворення очищеного дихлона**

<i>Прихід</i>		<i>Вихід</i>	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
ДХН	1075,9	Втрати 0,948%	1341,26
HCl	21,1	Суспензія з продуктом:	
САК	371,4	ДХН	1020
$H_2O$	429,2	САК	352
$H_2SO_4$	217,9	ОД	550,3
ОД	580,4	МД	2,7
МД	46,2	$Na_2CO_3$	16,3
$Na_2CO_3$	564,7	NaCl	1,7

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
Н <sub>2</sub> О з соди	10836,4	Вся Н <sub>2</sub> О	588
домішки	5,7	МД	812,2
Всього, кг	14148,4	Всього, кг	2546,52
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1150	Густина, кг/м <sup>3</sup>	1370
Об'єм, м <sup>3</sup>	12,30	Об'єм, м <sup>3</sup>	1,86
		Газова фаза:СО <sub>2</sub>	104,7
		Зливи	11 497,3
Всього, кг	14 148,4	Всього	12 807,14
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1150	Густина, кг/м <sup>3</sup>	1150
Об'єм, м <sup>3</sup>	12,30	Об'єм, м <sup>3</sup>	11,27
<b>Всього</b>	<b>14 148,4</b>	<b>Всього</b>	<b>14 148,4</b>

**Стадія V: Фільтрація та промивка очищеного 2,3-дихлорнафтохінону-1,4**  
 $\eta_5 = 0,98$

Приймаємо вологовміст осаду після фільтрації 50%

**Завантажено:** (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaCl додані до МД)

- 1) ДХН - 1020 кг
- 2) САК - 352 кг
- 3) Н<sub>2</sub>О (+2000 кг для промивки) – 2588 кг
- 4) ОД - 550,3 кг
- 5) МД – 36,1 кг

**Одержано:**

Вологий осад з продуктом:

- 1) ДХН:  $1020 \times 0,98 = 999,6$  кг
- 2) САК:  $352 \times 0,98 = 345$  кг
- 3) ОД :  $550,3 \times 0,98 = 539,2396$  кг
- 4) МД :  $36,8 \times 0,02 = 1,39$  кг
- 5) Н<sub>2</sub>О :  $(999,6 + 345 + 539,2 + 1,4)/0,5 - (999,6 + 345 + 539,2 + 1,4) =$   
 $= 1885,3$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фільтрат:

- 1) ДХН:  $1020 - 999,6 = 20,4$  кг
- 2) САК:  $352 - 345 = 7$  кг
- 3) ОД :  $550,3 - 539,3 = 11$  кг
- 4) МД :  $36,7991 - 1,4 = 34,8$  кг
- 5) Н<sub>2</sub>О :  $2588 - 1885,3 = 702,8$  кг

Таблиця 2.5

**Матеріальний баланс стадії V: фільтрація очищеного  
2, - 3 дихлорнафтохінона – 1,4**

<i>Прихід</i>		<i>Вихід</i>	
1	2	3	4
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
ДХН	1020	Втрати 0,98%	442, 61
САК	352	<i>Вологий осад з продуктом:</i>	
Н <sub>2</sub> О	2588	ДХН	999,6
ОД	550,3	САК	345
МД	36,2	ОД	539,3
		МД	1,4
		Н <sub>2</sub> О	1885,3
		Всього, кг	3770,55
		Густина, кг/м <sup>3</sup>	1600
		Об'єм, м <sup>3</sup>	2,36
		<i>Фільтрат:</i>	
		ДХН	20,4
		САК	7
		ОД	11
		МД	34,8
		Н <sub>2</sub> О	702,8
		Всього, кг	775,96
		Густина, кг/м <sup>3</sup>	1030
		Об'єм, м <sup>3</sup>	0,75
Всього, кг	4 546,5	Всього	4 103,89
Густина, кг/м <sup>3</sup>	1370	Густина, кг/м <sup>3</sup>	1100
Об'єм, м <sup>3</sup>	3,32	Об'єм, м <sup>3</sup>	31,84
<b>Всього</b>	<b>4 546,5</b>	<b>Всього</b>	<b>4 546,5</b>

## Нормовитрати реагентів на 1 тону готової продукції

№ з/п	Назва матеріалів	Концентрація, %	Одиниця виміру	Витрати, кг
1	2	3	4	5
1	Нафтіонат	100	кг	1079,2952
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	≈ 100	кг	11509,9791
3	Cl <sub>2</sub>	100	кг	3725,0035

## 2.4. Тепловий баланс процесу

В даній технології основний процес утворення 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 проходить у реакторі ідеального змішування періодичної дії. Теплові підстадії в апараті:

1 – витримка до 40 °С,  $\tau = 22$  год = 1320 хв,  $\eta_1 = 70$  %;

2 – нагрівання до 60 °С,  $\tau = 4$  год = 240 хв,  $\eta_2 = 10$  %;

3 – нагрівання до 85 °С,  $\tau = 1$  год = 60 хв,  $\eta_3 = 10$  %;

4 – нагрівання до 93 °С,  $\tau = 1$  год = 60 хв,  $\eta_4 = 10$  %;

5 – охолодження до 60 °С,  $\tau = 10$  хв,  $\eta_5 = 0$ ;

6 – охолодження до 25 °С,  $\tau = 15$  хв,  $\eta_6 = 0$ .

**Рівняння теплового балансу :**

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (2.4.1)$$

де  $Q_1$  – тепло, яке вноситься в апарат з вихідними продуктами, кДж;

$Q_2$  – тепло, яке необхідно підвести до реакційної маси апарату з теплоносієм, кДж;

$Q_3$  – тепловий ефект процесу, кДж;

$Q_4$  – тепло, яке міститься в продуктах реакції в кінці теплової підстадії, кДж;

$Q_5$  – тепло, яке витрачається на нагрівання окремих частин апарату, кДж;

$Q_6$  – втрати тепла у навколишнє середовище, кДж.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

## **Розрахунок першої теплової підстадії**

### **1. Розрахунок $Q_1$**

Кількість тепла, яка вноситься в апарат з вихідними продуктами становить:

$$Q_1 = \sum G_i \times C_i \times t_i, \quad (2.4.2)$$

де  $G_i$  – завантаження вихідного продукту на одну операцію;

$C_i$  – теплоємність вихідного продукту, кДж/(кг×К);  $t_i$  – температура вихідного продукту, °С;

$$G_i = GT \times K', \quad (2.4.3)$$

де  $GT$  – маса вихідного продукту на одну тонну готового продукту;

$K'$  – перерахунковий коефіцієнт:

$$K' = K / \alpha, \quad (2.4.4)$$

де  $K = \frac{N}{n}$  ( $N$  – річна потужність виробництва,  $n$  – кількість робочих днів);

$\alpha$  – беремо з технологічних розрахунків;

$$K = 0,1515$$

$$K' = \frac{0,1515}{1,3232} = 0,1145$$

$$G_i \text{ (CAK)} = 1457,5355 \times 0,1145 = 166,8785 \text{ кг}$$

$$G_i \text{ (Cl}_2\text{)} = 3725,0035 \times 0,1145 = 157,2699 \text{ кг}$$

$$C = \frac{\sum C_a \times n}{M}, \quad (2.4.5)$$

де  $C_a$  – атомна теплоємність елементів, які входять до складу молекули, кДж/(г×атом);

$n$  – кількість одноіменних атомів в молекулі сполуки;  $M$  - молекулярна маса сполуки, г.

$$C \text{ (CAK)} = \frac{(11,73 \times 10 + 18,02 \times 9 + 25,14 \times 3 + 33,52 \times 1 + 31,01 \times 1)}{223} = 1,5426$$

кДж/кг×°С

Збільшуємо теплоємність на 10 % :

$$C (\text{ДМАК}) = 1,5426 \times 1,1 = 1,6969 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}.$$

$$C_i \text{ неорг.} = \frac{25,14 \times n}{M} \quad (2.4.6)$$

$$C_i (\text{Cl}_2) = \frac{25,14 \times 2}{71} = 0,7082 \text{ кДж /кг}^\circ\text{С}$$

Температура вихідних речовин  $t_i = 20^\circ\text{С}$ .

$$Q_1 = (166,8785 \times 1,6969 + 157,2699 \times 0,7082) \times 20 = 11704,0864 \text{ кДж}$$

## 2. Розрахунок Q4

Кількість тепла, яке міститься в продуктах реакції в кінці теплової підстадії визначають за формулою:

$$Q_4 = \sum G_i \times C_i \times t_i, \quad (2.4.7)$$

де  $G_i$  – маса продукту, який утвориться на даній тепловій підстадії

;  $C_i$  – теплоємність продукту, кДж/(кг×град);

$t_i$  – температура продукту, °С;

Знаходимо вміст компонентів в кінці даної теплової підстадії:

Оскільки  $\eta_1 = 20\%$ , то компоненти будуть знаходитись в наступних спів-відношеннях:

$$G (\text{САК}) = 0,7 \times G_{\text{опер}} (\text{САК}) = 0,7 \times 1457,5355 \times 0,1145 = 116,8150 \text{ кг}$$

$$G (\text{Cl}_2) = 0,7 \times G_{\text{опер}} (\text{Cl}_2) + G_{\text{надл}} (\text{Cl}_2) = 157,2699 - ((3725,0035 - 2351,3907) \times 0,1145) = 379,3082 \text{ кг}$$

$$G (\text{ДХН}) = 0,1 \times G_{\text{опер}} (\text{ДХН}) = \frac{0,1 \times 157,2699 \times 227}{71} = 50,2821 \text{ кг}$$

$$G (\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 0,1 \times G_{\text{опер}} (\text{NH}_4\text{HSO}_4) = \frac{0,1 \times 157,2699 \times 115}{71} = 25,4733 \text{ кг}$$

$$G (\text{HCl}) = 0,1 \times G_{\text{опер}} (\text{HCl}) = \frac{0,1 \times 157,2699 \times 36,5}{71} = 8,0850 \text{ кг}$$

$$C (\text{ДХН}) = \frac{(11,73 \times 10 \times 18,02 \times 4 + 25,14 \times 2 + 33,52 \times 2)}{227} = 1,3511 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Збільшуємо теплоємність на 10% :

$$C (\text{ДХН}) = 1,3511 \times 1,1 = 1,4862 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$$

$$C (\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 25,14 \times 11 / 115 = 2,4047 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$$

$$C (\text{HCl}) = 25,14 \times 2 / 36,5 = 1,3775 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$$

$$Q_4 = (116,8150 \times 1,6969 + 379,3082 \times 0,7082 + 50,2821 \times 1,4862 + 25,4733 \times \times 2,4047 + 8,0850 \times 1,3775) \times 40 = 24558,4501 \text{ кДж}$$

### 3. Розрахунок $Q_3$

Тепловий ефект процесу визначають за наступною формулою:

$$Q_3 = Q_{\text{хім.р.}} + Q_{\text{ф-х}}, \quad (2.4.8)$$

де  $Q_{\text{хім.р.}}$  – тепловий ефект реакції, кДж;

$Q_{\text{ф-х}}$  – тепловий ефект фізико-хімічних процесів, що супроводжують дану реакцію, кДж.

$$Q_{\text{ф-х}} = 0 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{хім.р.}} = G_{\text{опер}} \times \frac{1000}{M} \times \eta \times q_p \times C, \quad (2.4.10)$$

де  $G_{\text{опер}}$  – маса технічного продукту, який вступає в хімічну взаємодію, кг;

$M$  – молекулярна маса речовини, кг;

$\eta$  – ступінь перетворення вихідного продукту на даній стадії;

$q_p$  – молярний тепловий ефект реакції, кДж/(г-моль);

$C$  – концентрація 100% компонента.

$$q_p = q_{p298} + \Delta C_{p298} (T - 298)$$

$$q_{p298} = \Sigma q_{к298} - \Sigma q_{п298},$$

де  $\Sigma q_{п298}$  – сума тепло-утворення початкових продуктів;  $\Sigma q_{к298}$  – сума теплот утворення кінцевих продуктів.

$$\Delta C_{p298} = \Sigma C_{p298к} - \Sigma C_{p298п},$$

де  $\Sigma C_{p298к}$  – сума питомих теплоємностей кінцевих продуктів;  $\Sigma C_{p298п}$  – сума питомих теплоємностей початкових речовин;

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$C_{p\ 298}(\text{HCl}) = 29,14 \text{ Дж/моль}\times\text{К};$$

$$C_{p\ 298}(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 39,87 \text{ Дж/моль}\times\text{К};$$

$$C_{p\ 298}(\text{ДХН}) = 267,786 \text{ Дж/моль}\times\text{К};$$

$$C_{p\ 298}(\text{САК}) = 278,4 \text{ Дж/моль}\times\text{К};$$

$$C_{p\ 298}(\text{Cl}_2) = 120,5 \text{ Дж/моль}\times\text{К};$$

$$\Delta C_{p\ 298} = (29,14 + 39,87 + 267,786) - (278,4 + 120,5) = - 62,104 \text{ кДж/моль}\times\text{К}$$

$$q_{\text{ут}}(\text{ДХН}) = \Sigma n \times \Delta H_{\text{а}} - \Delta H_{\text{зг}}$$

$$\Delta H_{\text{зг}} = 109,15 \times n' + \Sigma \Delta \times \xi;$$

$$\Delta(\text{Cl}) = - 27,235 \text{ кДж};$$

$$\Delta(\text{подвійний зв'язок}) = - 54,47 \text{ кДж};$$

$$\Delta H_{\text{зг}}(\text{ДХН}) = 109,15 \times 40 + (2 \times (- 54,47) - 2 \times 27,235) = 4284,2950 \text{ кДж};$$

$$q_{\text{ут}}(\text{ДХН}) = 395 \times 10 + 143 \times 4 + 2 \times 23,7 - 4284,2950 = -504,8950 \text{ кДж /моль};$$

$$\Delta H_{\text{зг}}(\text{САК}) = 109,15 \times 40 - 54,47 = 4311,5300 \text{ кДж};$$

$$q_{\text{ут}}(\text{САК}) = 395 \times 10 + 143 \times 9 + 290 + 65,4 - 4311,5300 = 1280,8700 \text{ кДж /моль};$$

$$q_{\text{ут}}(\text{Cl}_2) = - 247 \text{ кДж/моль};$$

$$q_{\text{ут}}(\text{HCl}) = - 92,3 \text{ кДж/моль};$$

$$q_{\text{ут}}(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = - 70,96 \text{ кДж/моль};$$

$$q_{p\ 298} = (- 92,3 - 70,96 - 504,8950) - (- 247 - 1280,8700) = 859,7150 \text{ кДж/моль};$$

$$q_p = 859,7150 + 0,0197(323 - 298) = 860,2075 \text{ кДж}$$

$$Q_3 = Q_p = 166,8785 \times 1000 / 223 \times 860,2075 \times 0,1 \times 1 = 64372,2699 \text{ кДж}$$

#### 4. Розрахунок $Q_5$

Тепло, яке витрачається на нагрівання окремих частин апарату розраховуємо за наступною формулою:

$$Q_5 = G_i \times C_i \times (t_{\text{wk}} - t_{\text{wп}}), \quad (2.4.11)$$

де  $G_i$  – маса окремих частин апарату, кг;

$C_i$  – теплоємність окремих частин апарату (кДж/кг×К);

$t_{\text{wk}}$  – середня кінцева температура окремих частин апарату,

К;  $t_{\text{wп}}$  – середня початкова температура окремих частин апарату, К.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$t_{wk} = \frac{(t'Wk + t''Wk)}{2}, \quad (2.4.12)$$

де  $t'_{wk}$  – температура стінки реактора зі сторони теплоносія, °С;

$t''_{wk}$  – температура стінки реактора зі сторони реакційної маси, °С;

$$t'_{wk} = \frac{t_1 - (K \times (t_1 - t_2))}{\alpha_1}, \quad (2.4.13)$$

$$t''_{wk} = \frac{t_2 + (K \times (t_1 - t_2))}{\alpha_2}, \quad (2.4.14)$$

де  $t_1$  – температура теплоносія,  $t_1 = 70$  °С;

$t_2$  – температура реакційної маси,  $t_2 = 40$  °С;

$\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі від насиченої водяної пари до стінки реактора,  $Вт/м^2 \times К$ , ( $\alpha_1 = 950$   $Вт/м^2 \times К$ );

$\alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінки реактора до реакційної маси, ( $\alpha_2 = 400$   $Вт/м^2 \times К$ );

$K$  – коефіцієнт теплопередачі від насиченої водяної пари до реакційної маси,  $Вт/м^2 \times К$ :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.4.15)$$

де  $\delta$  – товщина стінки реактора, м;  $\delta = 0,14$  м;

$\lambda$  – теплопровідність стінки реактора ( $\lambda_{\text{нерж.стали}} = 17,5$   $Вт/м \times К$ ),

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{950} + \frac{0,14}{17,5} + \frac{1}{400}\right)} = 86,5604 \text{ } Вт/м^2 \times К$$

$$t'_{wk} = 70 - \left(86,5604 \times \frac{(70 - 40)}{950}\right) = 67,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t''_{wk} = 40 + \left(86,5604 \times \frac{(70 - 40)}{400}\right) = 46,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{wk} = \frac{(67,3 + 46,5)}{2} = 56,9 \approx 57 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$G_{\text{апарата}} = 7700 \text{ } кг$$

$$C_{\text{стали}} = 0,5 \text{ } кДж/(кг \times К);$$

$$Q_5 = 7700 \times 0,5 \times (57 - 20) = 142450 \text{ } кДж.$$

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

### 5. Розрахунок $Q_6$

Втрату тепла в навколишнє середовище визначаємо за формулою:

$$Q_6 = \Sigma [ F \times \beta \times (t_k - t_{\text{навк.серед.}}) ] \times \tau, \quad (2.4.16)$$

де  $F$  – поверхня частин апарату, що втрачає тепло,  $\text{м}^2$ ;

$\beta$  - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляції чи апарату в навколишнє середовище,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ ;

$t_k$  – температура зовнішньої стінки теплоізоляції чи апарату,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{навк.серед.}}$  – температура навколишнього середовища,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau$  – тривалість процесу, год.;

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\beta}}, \quad (2.4.17)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт теплопередачі від теплоносія через сорочку та ізоляцію в навколишнє середовище;

$\delta_1$  – товщина стінки сорочки,  $\delta_1 = 0,04$  м;

$\lambda_1$  – теплопровідність стінки сорочки,  $\lambda_1 = 17,5$   $\text{Вт}/\text{м} \times \text{К}$ ;  $\delta_2$  – товщина теплоізоляції,  $\delta_2 = 0,1$  м;  $\lambda_2$  – теплопровідність ізоляції (перліто – цемент),  $\lambda_2 = 0,085$   $\text{Вт}/\text{м} \times \text{К}$ ;

$\beta$  – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні теплоізоляції, ( $10$   $\text{Вт}/\text{м}^2 \times \text{К}$ );

$$K_1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{950} + \frac{0,04}{17,5} + \frac{0,1}{0,085} + \frac{1}{400} + \frac{1}{10}\right)} = 0,78 \text{ Вт}/\text{м}^2 \times \text{К}$$

$$t_3 = \frac{t_1 - (K_1 \times (t_1 - t_{\text{н.с.}}))}{\alpha_1}$$

$$t_4 = \frac{t_3 - (K_1 \times (t_3 - t_{\text{н.с.}}))}{\beta}$$

$$t_5 = \frac{t_{\text{н.с.}} + (K_1 \times (t_1 - t_{\text{н.с.}}))}{\beta}, \quad (2.4.18)$$

$$t_3 = \frac{70 - (0,78 \times (70 - 20))}{950} = 70 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_4 = \frac{70 - (0,78 \times (70 - 20))}{10} = 66,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_5 = \frac{20 + (0,78 \times (70 - 20))}{10} = 23,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\beta_{\text{ізоляц.}} = 9,74 + 0,07(t_5 - t_{\text{н.с.}});$$

$$\beta_{\text{ізоляц.}} = 9,74 + 0,07(23,9 - 20) = 10,01 \text{ Вт/м} \times \text{К};$$

$$Q_6 = 18,5 \times 10,01 \times (23,9 - 20) \times 22 = 15893,6349 \text{ кДж}$$

#### 6. Розрахунок $Q_2$

Розраховуємо кількість тепла, яку необхідно підвести до реакційної маси апарату з теплоносієм, кДж :

$$Q_2 = Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_1 - Q_3, \quad (2.4.19)$$

$$Q_2 = 24558,4501 + 142450,0000 + 15893,6349 - 11704,0864 - 64372,2699 = 106825,7287 \text{ кДж}$$

#### *Розрахунок другої теплової підстадії*

#### 7. Розрахунок $Q_1$

Теплота, що вноситься в апарат на другій підстадії рівна теплоті, яка міститься в продуктах вкінці першої теплової підстадії.

$$Q_1 = 24558,4501 \text{ кДж}$$

#### 8. Розрахунок $Q_4$

Кількість тепла, яке міститься в продуктах реакції в кінці теплової підстадії визначають за формулою:

$$Q_4 = \sum G_i \times C_i \times t_i, \quad (2.4.20)$$

де  $G_i$  – маса продукту, який утвориться на даній тепловій підстадії;

$C_i$  – теплоємність продукту, кДж/(кг $\times$ К);  $t_i$  – температура продукту,  $^\circ\text{C}$ ;

Знаходимо вміст компонентів вкінці даної теплової підстадії:

$$G(\text{Cl}_2) = G_{\text{надл.}}(\text{Cl}_2) = 379,3082 \text{ кг}$$

$$G(\text{ДХН}) = 1 \times G_{\text{опер}}(\text{ДХН}) = 50,2821 \text{ кг}$$

$$G(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 1 \times G_{\text{опер}}(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 25,4733 \text{ кг}$$

$$G(\text{HCl}) = 1 \times G_{\text{опер}}(\text{HCl}) = 8,0850 \text{ кг}$$

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$G (\text{САК}) = 61,6167 \text{ кг}$$

$$Q_4 = (61,6167 \times 1,6969 + 379,3082 \times 0,7082 + 50,2821 \times 1,4862 + 25,4733 \times 2,4047 + 8,0850 \times 1,3775) \times 60 = 25363,7110 \text{ кДж}$$

#### 8. Розрахунок $Q_3$

Тепловий ефект процесу визначають за наступною формулою:

$$Q_3 = Q_p + Q_{\text{ф-х}}, \quad (2.4.21)$$

де  $Q_p$  – тепловий ефект реакції, кДж,

$Q_{\text{ф-х}}$  – тепловий ефект фізико-хімічних процесів, що супроводжують дану реакцію, кДж.

$$Q_{\text{ф-х}} = Q_{\text{вип.}} = 89,12 \times T_{\text{кип}}$$

$$Q_{\text{ф-х}} = 89,12 \times 548 = 48837,76 \text{ кДж}$$

$$Q_p = G_{\text{опер}} \times \left(\frac{1000}{M}\right) \times \eta \times q_p \times C \quad (2.4.22)$$

$$Q_p = 166,8785 \times \frac{1000}{223} \times 860,2075 \times 1 \times 1 \times 0,1 = 64372,2699 \text{ кДж}$$

$$Q_3 = 64372,2699 - 48837,76 = 15534,5099 \text{ кДж}$$

#### 9. Розрахунок $Q_5$

На другій тепловій підстадії апарат працює при сталій температурі (60 °С), тому тепло на нагрівання його частин не витрачається.

$$Q_5 = 0 \text{ кДж}$$

#### 10. Розрахунок $Q_6$

Втрату тепла в навколишнє середовище визначаємо за формулою:

$$Q_6 = \Sigma [ F \times \beta \times (t_k - t_{\text{н.с.}}) ] \times \tau, \quad (2.4.23)$$

$$Q_6 = 18,5 \times 10,01 \times (23,9 - 20) \times 4 = 2888,8860 \text{ кДж}$$

#### 11. Розрахунок $Q_2$

Розраховуємо кількість тепла, яку необхідно підвести до реакційної маси апарату з теплоносієм, кДж :

$$Q_2 = Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_1 - Q_3, \quad (2.4.24)$$

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$Q_2 = 25363,7110 + 0 + 2888,8860 - 24558,4501 - 15534,5099 = -11840,3630 \text{ кДж}$$

### 12. Розрахунок поверхні теплообміну апарату

Для визначення поверхні теплообміну використовують величину максимального теплового навантаження  $Q_2$ . Порівнюючи значення  $Q_2$  обох теплових підстадій, для розрахунків беремо значення  $Q_2$  першої теплової підстадії. Розрахункову поверхню теплообміну апарату визначають з основного рівняння теплопередачі:

$$F_p = \frac{Q_2}{((K \times \Delta t_{\text{сер.}} \times \tau) \times (\frac{1000}{3600}))}, \quad (2.4.25)$$

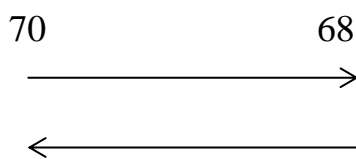
де  $F_p$  – розрахункова поверхня теплообміну,  $\text{м}^2$ ;

$Q_2$  – підведена кількість тепла до апарату, кДж;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі від теплоносія до реакційної маси,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ ,

$\Delta t_{\text{сер}}$  – середня різниця температур між теплоносієм і матеріалом, що нагрівають,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau$  – тривалість нагрівання, год ;

1. Необхідна поверхня теплообміну для нагріву до  $40^{\circ}\text{C}$ :

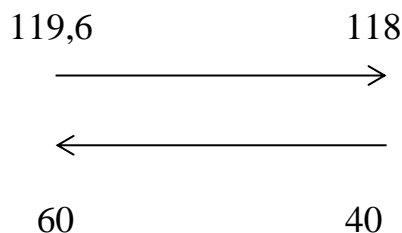


$$\Delta t_M = 30 \quad \Delta t_6 = 48$$

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{(\Delta t_6 + \Delta t_M)}{2} = \frac{48 + 30}{2} = 39^{\circ}\text{C}$$

$$F_p = \frac{106825,7287}{(143,2 \times 39 \times 22)} \times \frac{1000}{3600} = 0,2415 \text{ м}^2$$

2. Необхідна поверхня теплообміну для нагріву до  $60^{\circ}\text{C}$ :



$$\Delta t_M = 59,6$$

$$\Delta t_6 = 78$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{(\Delta t_6 + \Delta t_M)}{2} = \frac{78 + 59,6}{2} = 68,8^\circ \text{C}$$

$$F_p = \frac{26509,6728}{(143,2 \times 68,8 \times 4)} \times \frac{1000}{3600} = 0,0835 \text{ м}^2$$

$F_p < F_d$ . Таким чином теплообмін в апараті забезпечений повністю.

*Розрахунок необхідної кількості теплоносія для нагрівання реакційної маси*

Витрату пари на нагрівання розраховуємо за формулою

$$D = \frac{Q_2}{r}, \quad (2.4.26)$$

де  $D$  – витрата пари, кг;  $Q_2$  – підведена кількість тепла до апарата, кДж;  $r$  – теплота пароутворення, кДж/кг;

$$D = \frac{106825,7287}{2208} = 48,3812 \text{ кг}$$

*Розрахунок необхідної кількості холодоагента для охолодження реакційної маси*

Витрату води на охолодження розраховуємо за формулою:

$$W = Q_2 / C / (t_2 - t_1),$$

де  $W$  – витрата води, кг;

$Q_2$  – підведена кількість тепла до апарата, кДж;

$C$  – теплоємність води, кДж/(кг×град),  $C = 4,19$  кДж/(кг×°C)),

$t_1$  - початкова температура води, °C (  $t_1 = 10$  °C),

$t_2$  - кінцева температура води, °C (  $t_2 = 20$ °C).

$$W = (106825,7287 / 4,19 / 10) = 2549,5401 \text{ кг}$$

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

## 2.5. Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання

Підбір і розрахунок технологічного обладнання виконують відповідно з результатами продуктового розрахунку, приватними діаграмами напрямків технологічної переробки сировини, з урахуванням обраних способів і режимів виробництва, графіком технологічних процесів.

При цьому необхідно керуватися такими основними принципами:

- 1) машини та апарати повинні відповідати сучасному рівню техніки, що базується на новому високопродуктивному прогресивному обладнанні;
- 2) проектувати однотипні машини з аналогічними властивостями і ємністю при обліку поточності технологічного процесу виробництва кінцевого продукту;
- 4) вимагати більшої ефективності і максимального використання продуктивності обладнання;
- 5) налагодити комплексну автоматизацію виробництва і механізацію трудомістких операцій;
- 6) підібрати обладнання, ощадливо витрачає електроенергію, пар, холод, воду;
- 7) проводити циркуляційну мийку та дезінфекцію обладнання;
- 8) забезпечити високу якість і низьку собівартість продукції, що випускається.

Правильний вибір обладнання сприяє планомірної і чіткій роботі всього підприємства [17].

**Хімічний реактор** - агрегат для проведення хімічних реакцій в обсязі від декількох мілілітрів до десятків кубічних метрів (великотоннажне виробництво). У хімічному реакторі перетворюються хімічні речовини.

*Основне завдання роботи реактора* - отримання кінцевого продукту з вихідних компонентів з максимальною ефективністю процесу.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

За принципом організації процесу хімічна реакційна апаратура може бути розділена на три групи:

- реактор безперервної дії;
- реактор періодичної дії;
- реактор напівнеперервної дії.

Існує дві основні моделі ведення реакцій в реакторах:

- реактор ідеального змішування;
- реактор ідеального витіснення.

В даній технології виробництва 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 ми використовуємо реактори періодичної дії, ідеально перемішування.

Реактори ідеального змішування рисунку 2.11. Реактор повного змішування зазвичай забезпечений якимось пристроєм, і характеризується постійністю концентрації реагуючих речовин у повному обсязі реактора в даний момент часу, внаслідок практично миттєвого змішування реагуючих речовин в реакційному обсязі. Тому зміна концентрації реагуючих речовин на вході в реактор носить стрибкоподібний характер. Середня рушійна сила процесу в такому апараті буде менше, ніж в апараті повного витіснення. Реактори цього типу найбільш широко застосовуються для проведення таких процесів, як нітрація, сульфування, нейтралізації, хлорування [18].

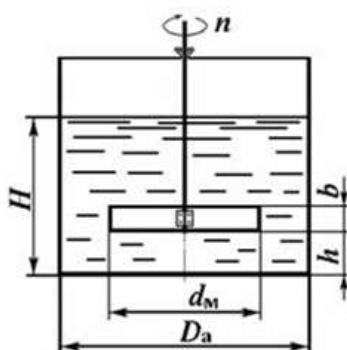


Рис.2.11. Реактори ідеального змішування споряджений лопатевою мішалкою

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

В даній технології для отримання нафтінової кислоти використовується *реактор ідеально перемішування споряджений лопатевою мішалкою*.

За допомогою даних з матеріального балансу об'єм суміші на даному процесі становить  $3,8211 \text{ м}^3$ , беремо до уваги, що коефіцієнт заповнення ф апарату приймаємо 0,65. Тому об'єм апарату повинен становити  $5,8786 \text{ м}^3$  з літературного огляду оберемо реактор об'ємом  $6,3 \text{ м}^3$ . Матеріал – сталь Х9Н10Т [19].

Таблиця 2.7

**Технологічні параметри реактора ( для отримання нафтінової кислоти)**

№	Показник	Значення
1	2	3
1	Об'єм, $\text{м}^3$	6,3
2	Площа, $\text{м}^2$	12,3
3	Діаметр валу у зоні ущільнення, мм	110
4	Діаметр апарату, мм	1800
5	Ширина, мм	2250
6	Висота, мм	2345
7	Потужність електродвигуна, кВт	11
8	Швидкість переміщення валу мішалки, об/хв	100
9	Маса, кг	4900

**Реактор содового очищення ( нейтралізатор)**

*Принцип роботи:* Реакційна маса перемішується рамою мішалкою. Утворену піну збирають водяною парою, яка подається зверху по перфорованій трубі. Неочищений продукт подають у гарячий розчин соди поступово, щоб попередити викидання реакційної маси з нейтралізатора. Після завантаження напівпродукта вміст нейтралізатора кип'ятять до повного видалення вуглекислого або сірчаного газу.

Реактор оснащений паровою сорочкою і партубками.

Виходячи з матеріального балансу для даної стадії потрібен апарат об'ємом  $2,5 \text{ м}^3$ . З літератури вибираємо основні параметри реактора:

$D = 1400 \text{ мм}$ ,  $H = 1990 \text{ мм}$ ,  $F = 6,3 \text{ м}^2$ . Матеріал – сталь Х9Н10Т [19].

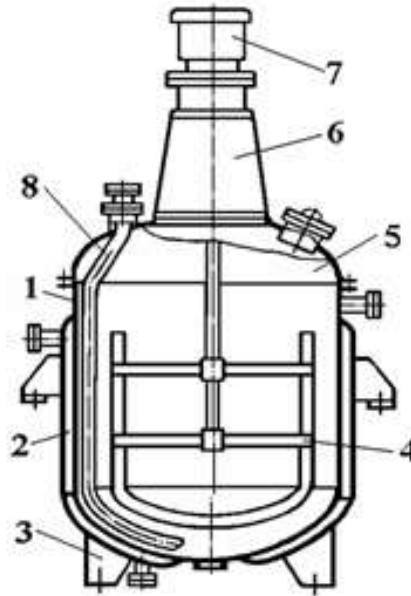


Рис.2.12. Будова реакційного апарату з сорочкою та рамною мішалкою:  
 1 - корпус; 2 - сорочка; 3 - опора; 4 - мішалка рамна; 5 - кришка знімна;  
 6 - редуктор; 7 - електродвигун; 8 - труба для передавлювання середо-  
 вища.

Таблиця 2.8

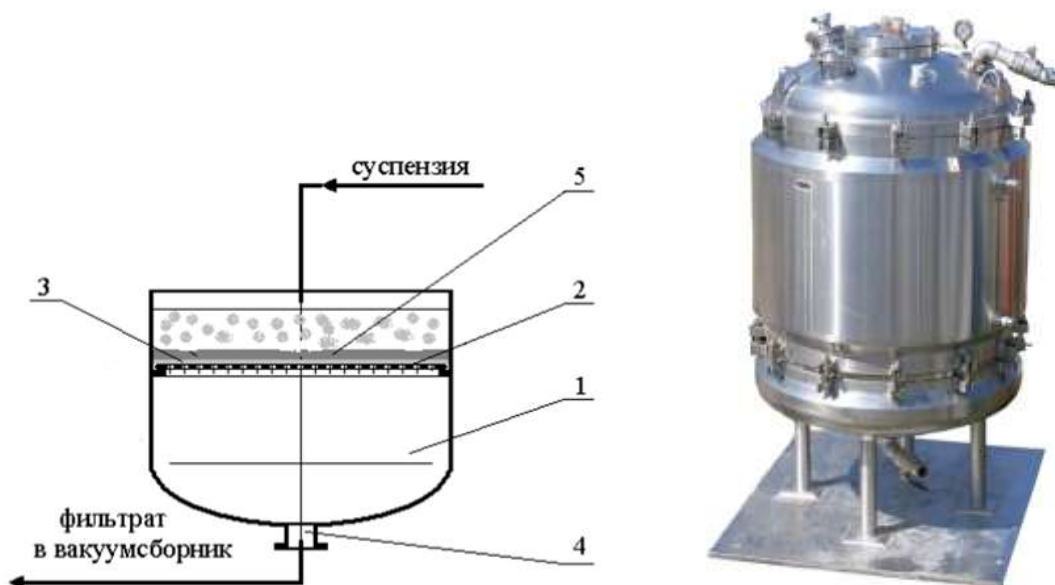
**Технологічні параметри реактора содового очищення**

№	Показник	Значення
1	2	3
1	Об'єм, $\text{м}^3$	2,5
2	Площа, $\text{м}^2$	6,3
3	Діаметр валу у зоні ущільнення, мм	76



Суспензія в нутч-фільтрах подається в порожнину над перегородкою. У друк-фільтрах надлишковий тиск над перегородкою створюється за рахунок нагнітання суспензії насосом або нагнітання стисненого газу компресором в порожнину над перегородкою. Осад накопичується на перегородці до певного рівня (товщини), після чого подачу суспензії припиняють. Осад у міру необхідності промивають, продувають, а потім вивантажують вручну після регенерації фільтрувальної перегородки (або її заміни) цикл повторюють.

В даній технології виробництва ідеально підходить нутч-фільтр під вакуумом. Зважаючи на матеріальний баланс процесу обираємо нутч-фільтр марки НФП-1,4-1400 ПП. Об'єм фільтрату якого становить 1000 [20]. Технологічні параметри наведено в *табл.2.9*.



*Рис.2.13.* Нутч-фільтр, який працює під вакуумом

1 - корпус; 2 - решітка; 3 - фільтрувальна перегородка; 4 – штуцер для відведення фільтрату; 5 – осад.

*Перевагами* нутч-фільтрів є їх простота, якісна промивка осаду.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата





## Розрахунок основних параметрів реактора з якірною мішалкою

Даний апарат періодичної дії, тому має такий формат розрахунку.

Відомо:  $D = 1800$  мм – діаметр апарату;

$H = 2870$  мм – висота апарату;

$z = 2$  – кількість лопатей в якірній мішалці.

Розв'язок: З вище вказаних даних приймаємо:

$\delta = 125$  мм – відстань між корпусом реактора і якірною мішалкою;

$h_4 = 520$  мм – відстань від верхньої корми ємності до рівня речовини;

Розрахунок ведеться за допомогою літературного джерела [22, 23].

Отже, висота речовини в апараті:

$$H_p = 0,75 \times H = 0,75 \times 2870 = 2152,5 \text{ мм} \quad (2.5.1)$$

Висота якірної мішалки:

$$h = H - h_4 - \delta = 2870 - 520 - 125 = 2130 \text{ мм} \quad (2.5.2)$$

Діаметр якірної мішалки:

$$d = D - 2 \times \delta = 1800 - 2 \times 125 = 1550 \text{ мм} = 1,55 \text{ м} \quad (2.5.3)$$

Ширина лопаті:

$$b = 0,007 \times d = 0,007 \times 1550 = 108 \text{ мм} \quad (2.5.4)$$

Радіус мішалки:

$$R_1 = \frac{d}{2} = \frac{1550}{2} = 775 \text{ мм} \quad (2.5.5)$$

$$r_1 = R_1 - b = 775 - 108,5 = 666,5 \text{ мм}$$

Кутова швидкість лопаті:

$$\omega = \frac{(\pi \times n)}{30} = \frac{3,14 \times 59}{30} = 6,17 \text{ 1/с} \quad (2.5.6)$$

Потужність електродвигуна (приводу) мішалки розраховують за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\beta_1 \times \beta_2}{\eta} \times N = \frac{\beta_1 + \beta_2}{\eta} \times K_N \times \rho \times n^3 \times d^5$$
$$N_{\text{дв}} = \frac{2 \times 1,2}{0,95} \times 0,23 \times 1093 \times 0,96^3 \times 1,55^5 = 5 \text{ кВт} \quad (2.5.7)$$

де,  $\beta_1$  - коефіцієнт, що враховує перевантаження двигуна в пусковий момент, зазвичай  $\beta_1 = 2$ ;

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\beta_2$ - коефіцієнт запасу потужності, зазвичай  $\beta_2 = 1,2$ ;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії приводу, зазвичай  $\eta = 0,95$ ;

$K_N$ - корисна потужність двигуна, Вт;

$N$  - критерій потужності;

$\rho$  - щільність перемішуємо середовища, кг / м<sup>3</sup>;

$n$  – частота обертів, с<sup>-1</sup>. Для даного типу реактора з якірною мішалкою частота обертання валу становить 0,96 с<sup>-1</sup>( 59 об/хв).

Входить до рівняння (2.5.7)  $K_N$  критерій потужності розраховується по критеріальним рівнянням, від яких залежить від умов перемішування і конструкції мішалки. У загальному вигляді воно записується наступним чином:

$$K_N = \frac{c}{Re_M^m} = \frac{6,2}{504179^{0,25}} = 0,23 \quad (2.5.8)$$

$$Re_M = \frac{n \times d^2 \times \rho}{\mu} = \frac{0,96 \times 1,55^2 \times 1093}{50 \times 10^{-3}} = 504179 \quad (2.5.9)$$

де,  $Re_M$  - модифікований критерій Рейнольдса, краще перемішування відбувається в турбулентному режимі;

$c$  і  $m$  - постійні величини, що характеризують певні типи мішалок і режими їх роботи, для даного апарату  $c = 6,2$  і  $m = 0,25$ .

Добова потужність виробництва:

$$P_d = \frac{N}{n} = \frac{50}{330} = 0,1515 \quad (2.5.10)$$

де,  $N = 50$  – потужність виробництва, т/рік;

$n = 330$  – кількість робочих днів у році.

Перерахунковий коефіцієнт від завантаження на 1 т готового продукту до добового завантаження:

$$K = P_d / 1 = P_d = 0,1515 \quad \dots (2.5.11)$$

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

При розрахунках на 1 т готового продукту (стадія I):

$$V_D = V_T \times K = 33,37 \times 0,1515 = 5,0561 \text{ м}^3 \quad (2.5.12)$$

де,  $V_T$  – об'єм матеріалів, які переробляються на даній стадії на 1 т готового продукту,  $\text{м}^3$

$V_D$  – об'єм матеріалів, які переробляються на певній стадії впродовж доби,  $\text{м}^3$ .

Об'єм матеріалу на основній стадії виробництва (хлорування нафтіонової кислоти):

$$V_D = V_T \times K = 35,77 \times 0,1515 = 5,4186 \text{ м}^3$$

Приймаємо повний об'єм апарата  $V_a$ :  $6,3 \text{ м}^3$ , коефіцієнт заповнення  $\phi$  апарату приймаємо  $0,65$ .

Визначаємо робочий об'єм апарата  $V_p$ :

$$V_p = V_a \times \phi = 6,3 \times 0,65 = 4,0950 \text{ м}^3$$

Кількість операцій, які проводяться на даній стадії впродовж доби:

$$\alpha = \frac{V_D}{V_p} = \frac{5,4186}{4,0950} = 1,3232 \text{ оп/доба}$$

Кількість операцій, які проводяться в одному апараті впродовж доби:

$$\beta = \frac{24}{\tau} = \frac{24}{30} = 0,8 = \text{оп/доба}$$

Розрахована кількість апаратів:

$$m_p = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{1,3232}{0,8} = 1,6540$$

Приймаємо кількість апаратів  $m = 2$

Таблиця 2.10

### Норми технологічного режиму

№ з/п	Назва операції	Тривалість, год-хв	Маса, кг	Температура, °С
1	2	3	4	5
1	Огляд апарата	0-05		
2	Завантаження реакційної маси з реактор хлорування	0-45	35376,1833	
3	Перемішування	0-05		25-30

Продовження таблиці 2.10

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

1	2	3	4	5
4	Хлорування I стадії	22-00		до 40
5	Хлорування II стадії	4-00		60
6	Хлорування III стадії	1-00		80-85
7	Хлорування IV стадії	1-00		90-93
8	Охолодження і видалення хлору	0-10	2351,3907	60
9	Охолодження	0-15		25-30
10	Аналіз	0-05		
11	Вивантаження на НФ	0-35	36764,7559	
Всього:		30-00 (30 год)		

Реактор для хлорування позначений на рисунку 2.16 під номером 6 і 8 (вони працюють одночасно). Відносяться до реакторів періодичної дії.

В апаратах періодичної дії реагенти завантажуються на початку технологічного циклу. Після певного часу, необхідного для досягання заданого ступеня перетворення, вивантажуються продукти реакції. Вимірювання значень параметрів технологічного процесу відбувається в часі. Склад і властивості реакційної маси також змінюються в часі. Всі технологічні операції, що протікають в апараті періодичної дії, можна розділити на основні і допоміжні. До основних відносяться операції, в результаті яких утворюється новий продукт, змінюється склад системи або її агрегатний стан; до допоміжних – підготовка апарату і його вмісту до основних операцій. Таким чином, апарати періодичної дії характеризуються тим, що транспортні операції (загрузка реагентів і вивантаження продуктів) і основні технологічні операції розділені в часі, тобто основний технологічний процес в апараті періодичного дії переривається допоміжними операціями.

Конструктивним елементом, безпосередньо призначеним для приведення рідини в вимушений рух, служить мішалка. Всі вживані мішалки ділять на швидкохідні і тихохідні. В даному процесі використовується тихохідна мішалка якірною типу. Якірною мішалкою застосовується для перемішування в'язких і важких рідин, припиняє випадання осаду на стіни і днище апарату.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Змішувач-реактор з явірній мiшалкою являє собою ємність з нержавіючої сталі, оснащєну теплоізолюваною сорочкою нагріву, приводом обертання, вузлом ущільнення, валом з рамною мiшалкою і щитом управління. Ємність змішувача має герметичні вузли завантаження та вивантаження. Щит управління обладнаний датчиком-регулятором нагріву, кнопками запуску і зупинки перемішувачого пристрою, кнопкою аварійної зупинки і системою захисту управління двигуна [23].

Переваги:

- можливість проведення реакцій, що вимагають зупинки в певний момент часу;
- можливість проведення складних реакцій;
- однорідність змішування компонентів;
- має достатню механічну стійкість, тому що виготовлений із нержавіючої сталі.

Підсумок розрахунку реактора для хлорування зображений на рис.2.15. Виконавши розрахунки, визначили такі показники,  $D = 1800$  мм – діамет апарату;  $H = 2870$  мм – висота апарату;  $h_4 = 2225$  мм - висота явірної мiшалки;  $n = 0,96 \text{ c}^{-1}$  ( 59 об/хв) – частота обертів;  $V_a = 6,3 \text{ м}^3$  повний об’єм апарату.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

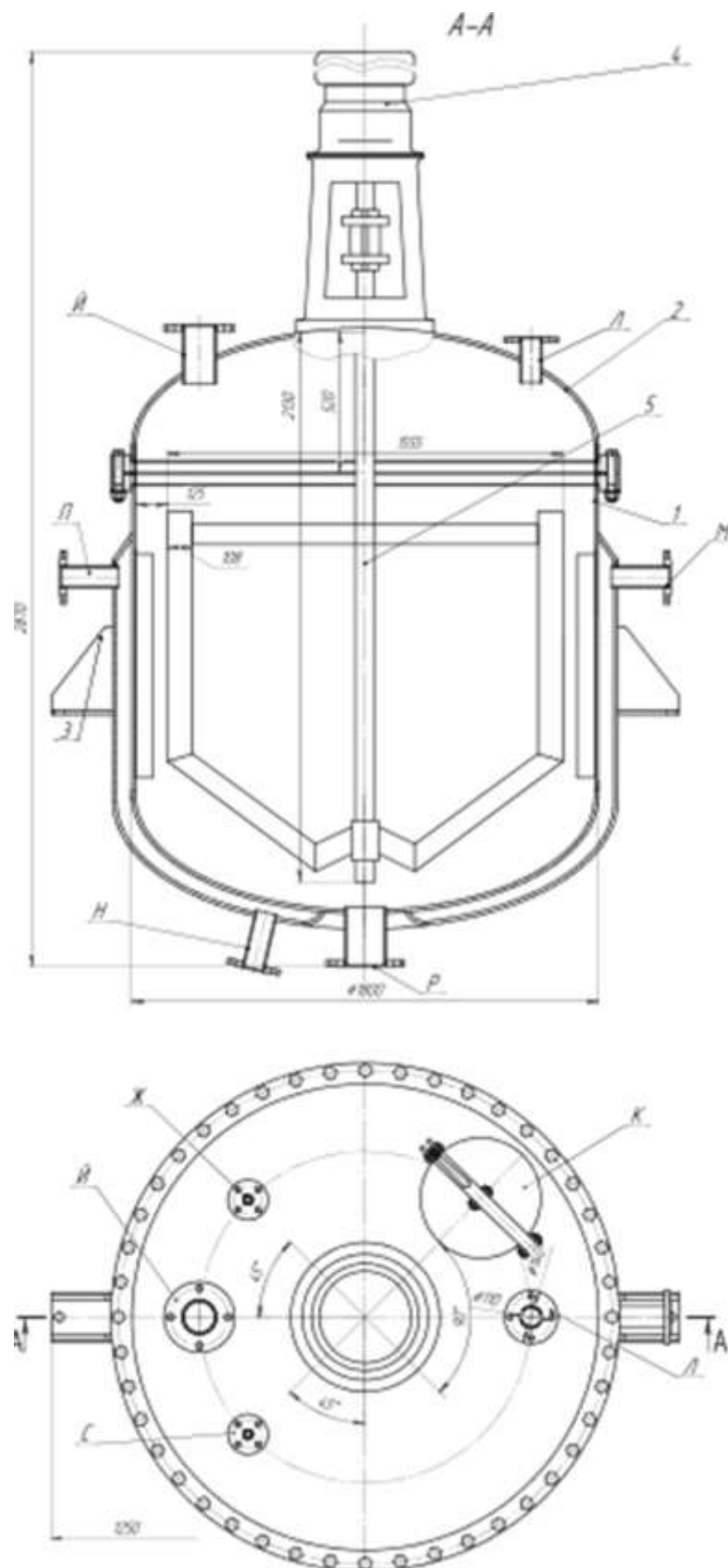


Рис.2.15. Реактор для хлорування з якірною мішалкою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 2.6. Опис удосконаленої апаратурно – технологічної схеми виробництва 2,3 – дихлорнафтохінону-1,4

Удосконалений метод отримання 2,3 – дихлорнафтохінона – 1,4 з нафтіонової кислоти за допомогою сірчаної кислоти і невеликої кількості сульфату заліза, хлорують при невисокій температурі.

В реактор, споряджений лопатевою мішалкою 4, із мірника 3 самопливом завантажують 35%-ий розчин  $H_2SO_4$  масою 32 885,65 кг, яка зберігається в сховищі 1. Через люк вручну при постійному перемішуванні завантажують 53 %-ий розчин  $FeSO_4$ . Масу перемішують до повного розчинення  $FeSO_4$ , після чого вручну завантажують нафтіонат. Масу розмішують до повного розчинення нафтіонату та отримують нафтіонову кислоту, яку перекачують за допомогою насоса відцентрового 5 в реактори для хлорування 6 і 8.

Під час утворення нафтіонової кислоти (САК) оптимальний температурний режим виділяється внаслідок перебігу реакції. Процес відбувається протягом 5 годин..

Реакційну масу ( яка складається САК,  $NaHSO_4$ ,  $FeSO_4$ ,  $H_2SO_4$ , органічних та мінеральних домішок) температура становить 25-30°C поміщають у реактори для хлорування (працюють паралельно, оснащені сорочками та якірними мішалками) . Під час хлорування при постійному перемішуванні починають подачу хлора в реактори. Процес хлорування проводимо з метою отримання неочищеного 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 масою 1097,92 кг.

Хлорування ведуть в чотири стадії. На першій стадії протягом 22 годин температура реакційної маси повинна бути менше 40 °С, реакційна маса повинна стати жовтого кольору з температурою плавлення 100 °С. На другій стадії реакційну масу протягом 4 год прогрівають до 60 °С, не перериваючи подачу хлору. Температура плавлення реакційної маси в кінці другої стадії повинна бути 120-130 °С. На третій стадії хлорування ведуть 1 год при 80-85 °С,  $T_{пл} = 150 °С$ .

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Хлорування на четвертій стадії ведеться протягом 1 год при 90-93°C, температуру забезпечують пуском пари в сорочку апарату. Температура плавлення одержаного продукту повинна бути не менше 182 ° С.

Після закінчення хлорування реакційна маса охолоджується до 60 ° С, хлор, що не прореагував, поглинається. Після видалення хлору, реакційну масу охолоджують до 25-30 ° С, реактори герметизують та стисненим повітрям перекачують реакційну масу на нутч-фільтр 10 на фільтрацію.

Під час фільтрування пасту (в якій міститься 1097,92 кг ДХН) промивають гарячою водою 60-70 ° С, яка подається з лінії, та відтискають протягом 5 год.

На стадії фільтрування та промивання, отримали, що осад (містить 1075,96 кг ДХН) прямує на подальшу обробку, а фільтрат ( ДХН – 21,95 кг) збирають у збірнику 18.

В реактор, оснащений сорочкою та рамною мішалкою 12, завантажують з лінії воду очищену масою 10836,38 кг, контролюючи кількість через лічильник 13. Вручну через люк додають кальциновану соду масою 564,63 кг, вмикають мішалку і перемішують. Віджата паста завантажується за допомогою пневматичного насоса 6 в реактор на стадію очистки в заздалегідь приготований 5%-ий розчин кальцинованої соди. Напівпродукт (ДХН, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, органічних та мінеральних домішок) подають поступово, щоб попередити викидання реакційної маси з нейтралізатора. Коли завантажилась весь напівпродукт вміст нейтралізатора кип'ятять при температурі 95 ° С , за допомогою подачі водяної пари в сорочку реактора, до повного видалення вуглекислого газу. Уже очищену суспензію поступово охолоджують. На даній стадії, очистили напівпродукт від HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Очищення триває протягом 13 годин.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

2,3-Дихлорнафтохінон-1,4 очищений подають на нутч-фільтр на стадію фільтрації кінцевого продукту, яка триває 5 години за допомогою подачі води в нутч-фільт. Фільтрат перекачують у збірнику, а осад (кінцевий продукт у вигляді пасти вологістю 50 %) передають на пакувальний апарат 21.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

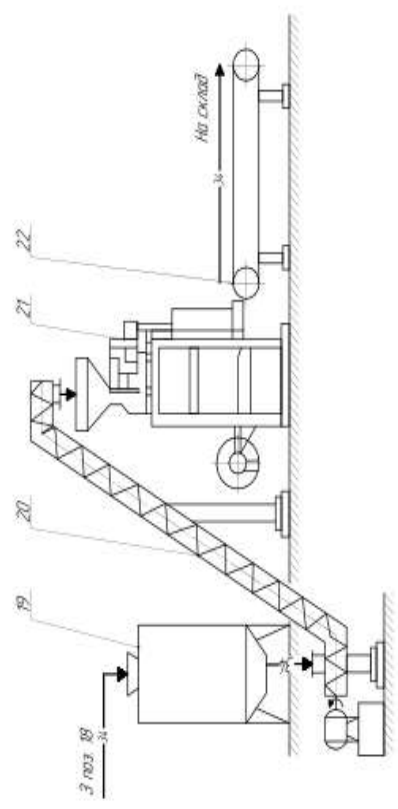
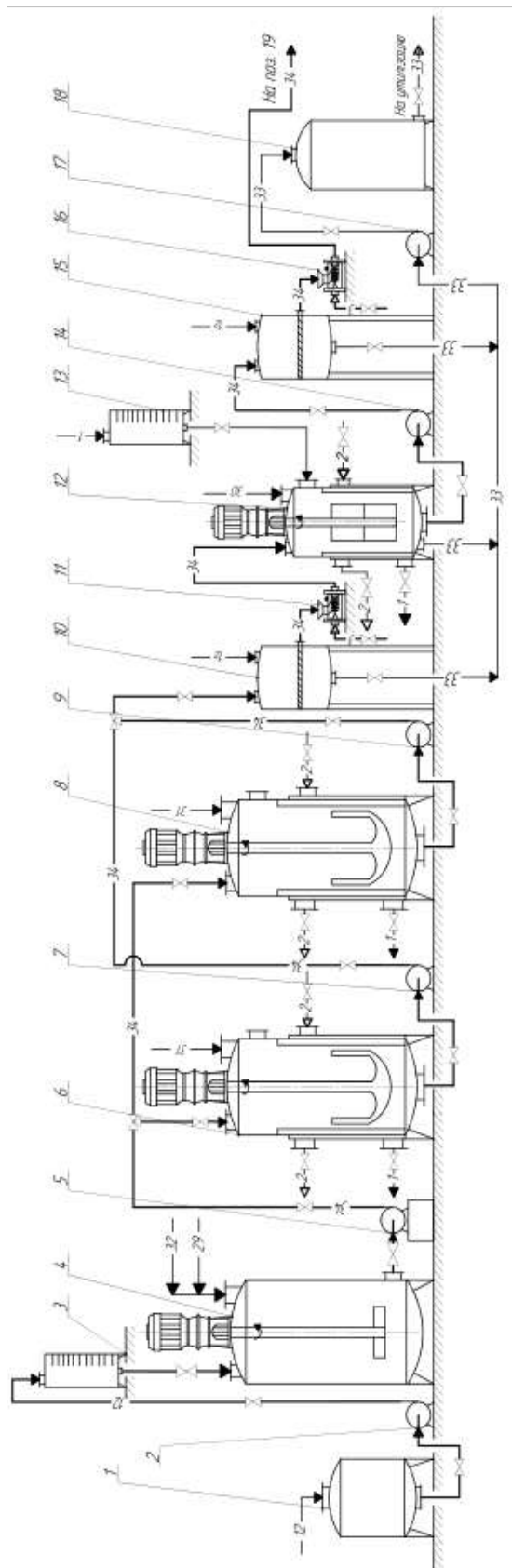


Рис.2.16. Апаратурно – технологічна схема виробництва 2,3 – дихлорнафтохінона - 1,4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### Розрахунок витрат сировини та їх вартості

Розрахунок витрат сировини та їх вартості проводимо на основі норм витрат на річний випуск продукції основної сировини та допоміжних матеріалів. Матеріальні витрати визначаємо на основі запроектованих у матеріальному балансі розхідних коефіцієнтів по сировині і матеріалах та діючих преїскурантних цінах на сировину та матеріали. Транспортно-заготівельні витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали приймаємо у розмірі 4-8% від вартості сировини і матеріалів та залежно від відстані транспортування [24].

Згідно з завданням на дипломне проектування, проведеним розрахункам виробнича потужність 2,3 – дихлорнафтохінон – 1,4 становить 50 т/рік.

Таблиця 3.1

#### Основні сировинні витрати, їх вартість

Речовина	Одиниця вимірювання	Ціна за одиницю, грн.	Норма витрат на річний випуск прод., кг	Сума, тис. грн.
1	2	3	4	5
Нафтіонат	кг	270,00	80066,4100	21617,93
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	кг	40,00	575498,9555	23019,96
Cl <sub>2</sub>	кг	108,00	186250,1752	20115,02
Всього:				64752,91

Таблиця 3.2

#### Допоміжні матеріали, вартість

Матеріал	Одиниця вимірювання	Норма витрат на одиницю*	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річний випуск, тис. грн
1	2	3	4	5
Мішки 50 кг	шт	76	5,00	19
Етикетки	шт	76	1,00	3,8
Всього:				22,8

\* - в кінці V стадії отримано 3770,5453 кг кінцевого продукту ( паста ДХН + домішки)

<b>ННІХТ.ХТ-4-16.020.161.067.ДП.ПЗ</b>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Капко В.О		
Перевір.		Бахмач В.О		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Носенко Т.Т		
<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b>			Літ.    Арк.    Акрушів 67    7	<b>НУХТ, Каф.ТЖХТХДКЗ</b>

## Розрахунок вартості обладнання

Розрахунок вартості обладнання проводять на основі основної характеристики обладнання. Розрахунок вартості обладнання ємнісного типу проводять за формулою:

$$B = 950ЦV^{0,71},$$

де B — вартість апарата, грн;

Ц — ціна 1 кг апарату, грн

V — об'єм апарата, м<sup>3</sup>.

Для апаратів з нержавіючої сталі з теплообмінними пристроями і мішалками Ц = 52,5 грн/кг, з мішалками Ц = 36,6 грн/кг, без теплообмінних пристроїв і мішалок — Ц = 28,5 грн/кг, для апаратів з емальованої сталі вартість відповідно в 3 рази менше, а з конструкційної сталі – в 5 разів менше; ціна апаратури з двошарової сталі – 60% від ціни апаратів з н/ж сталі)[17].

Таблиця 3.3

### Вартість основного ємнісного обладнання

№ з/п	Назва	Об'єм, м <sup>3</sup>	Ціна 1 кг виробу, грн.	К-сть, шт	Вартість, грн.
1	2	3	4	5	6
1	Реактор (утв. нафт. к-ти)	6,3	36,60	1	128450,70
2	Реактор (хлорування)	6,3	36,60	2	256901,40
3	Реактор (содового очищ.)	2,5	28,50	1	51892,65
4	Сховище Сх1	6,3	28,50	1	100023,09
5	Мірник М1	0,63	28,50	1	19502,95
6	Збірник ЗБ1	6,3	9,50	1	33341,03
7	Збірник ЗБ2	2	9,50	1	14763,13
8	Збірник ЗБ3	0,125	28,50	1	6185,50
Всього:					611060,45

Таблиця 3.4

### Вартість іншого обладнання

№ з/п	Назва	Площа, м <sup>2</sup>	К-сть, шт	Вартість, грн.
1	2	3	4	5
1	Нутч-фільтр	0,8	2	50091,78
Всього:				50091,78

										Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ					

Всього основного обладнання:

$$611060,45 + 50091,78 = 661152,23 \text{ грн}$$

Вартість основного та додаткового обладнання (з трансформаторами, вентиляторами тощо):

$$661152,23 \times 0,1 = 66115,22 \text{ грн}$$

Вартість КВП (контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів) становить 10% від вартості основного обладнання:

$$661152,23 \times 0,1 = 66115,22 \text{ грн}$$

$$\text{Вартість всього обладнання} = 661152,23 + 66115,22 + 198345,67 + 290906,98 + 66115,22 = 1282635,33 \text{ грн}$$

### Розрахунок фонду заробітної плати робітників

Для визначення чисельності робітників у відповідності з прийнятим режимом роботи і заводських даних складаємо баланс робочого часу одного робітника:

Таблиця 3.5

### Баланс робочого часу одного робітника

№ п/п	Статті балансу	К-сть днів
1	2	3
1	Календарний фонд часу	365
2	Кількість неробочих днів, в тому числі: святкові - 7 вихідні - 65	72
3	Номінальний фонд робочого часу	293
4	Невиходи на роботу, в тому числі: чергова і додаткова відпустка - 27 тимчасова непрацездатність - 5 виконання державних обов'язків - 1	33
5	Корисний фонд робочого часу	260

Середньомісячний баланс робочого часу станом на 2020 рік становить:

- для нормальних умов – 166,25 год;
- для шкідливих умов – 150 год.

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Штатний розпис основних робітників

Професія	Тарифний розряд	К-сть в зміну	К-сть змін	Явочна чисельність	Тарифна ставка, грн	Премія, %
1	2	3	4	5	6	7
Апаратник реактора (утв.нафт. к-ти)	VI	1	4	5	38,85	30
Апаратник реакторів (хлорування)	V	1	4	5	27,54	30
Апаратник реактора (содов. очищ.)	V	1	4	5	27,54	30
Апаратник нутч-фільтра	IV	2	4	10	21,87	30
Помічники апаратників	III	3	4	15	19,70	30
Всього:						40

Всього змін — 4 (п'ята зміна вихідна).

Додаткові працівники по змінах: начальник зміни – 1, начальник виробництва – 1, технолог виробництва – 1, начальник лабораторії – 1, механік виробництва – 1, інженер КВП – 1, лаборант – 1, слюсар – 1. Всього цехових працівників в день – 8.

Облікова кількість основних робітників:  $40 \times 1,15 = 46$

Облікова кількість допоміжних робітників виробництва:  $8 \times 1,15 = 10$

Облікова кількість усіх робітників виробництва:  $46 + 10 = 56$

Розрахунок фонду заробітної плати основних робітників:

Середня тарифна ставка:

$$\frac{(38,85 \times 5 + 27,54 \times 5 + 27,54 \times 5 + 21,87 \times 10 + 19,70 \times 15)}{40} = 24,60 \text{ грн.}$$

Тарифний фонд заробітної плати:

$$2002 \times 46 \times 24,60 = 2265463,20 \text{ грн.}$$

Доплата за роботу в нічний час:

$$\frac{2265463,20 \times 0,4}{3} = 302061,76 \text{ грн.}$$

					<i>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Доплата за роботу в святкові дні:

$$7 \times 24 \times 24,60 \times 40 = 165312,00 \text{ грн.}$$

Доплата за переробку годин за графіком:

$$104 \times \left( \frac{24,60}{2} \right) \times 40 = 51168,00 \text{ грн.}$$

Доплата до тарифного фонду:

$$302061,76 + 165312,00 + 51168,00 = 518541,76 \text{ грн.}$$

Премія:

$$2265463,20 \times 0,3 = 679638,96 \text{ грн.}$$

Оплата відпусток:

$$((2265463,20 + 518541,76 + 679638,96) / 260) \times 46 = 612798,54 \text{ грн.}$$

Річний фонд заробітної плати:

$$2265463,20 + 518541,76 + 679638,96 + 612798,54 = 4076442,46 \text{ грн.}$$

Внески до соціальних фондів, приймаємо 36% від річного фонду заробітної плати:

$$4314915,34 \times 0,36 = 1467519,29 \text{ грн.}$$

Середньорічна заробітна плата на одного основного робітника:

$$\frac{4076442,46}{46} = 88618,3143 \text{ грн.}$$

Заробітна плата на 1 т продукту:

$$\frac{4076442,46}{50} = 81528,8492 \text{ грн.}$$

Заробітна плата на 1 кг продукту становить 81,53 грн.

Внески до соціальних фондів на 1 т продукту:

$$\frac{4076442,46}{50} \times 0,36 = 29350,39 \text{ грн.}$$

Внесок до соціальних фондів на 1 кг продукту становить 29,35 грн.

									Арк.
									71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ				

## Собівартості продукції

Собівартість продукту складають із затрат на сировину, допоміжні матеріали, утримання і експлуатацію обладнання та зарплату з врахуванням внесків до соціальних фондів.

Таблиця 3.7

### Проектна калькуляція собівартості витрат на продукцію

Статті витрат	Один. вимір.	Норма витрат, кг	Ціна за одиницю, грн.	Витрати на річний випуск, тис грн.
1	2	3	4	5
<i>Основна сировина:</i>				
Нафтіонат	кг	80066,406	270,00	21 617,93
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	кг	575498,928	40,00	23 019,96
Cl <sub>2</sub>	кг	186250,166	108,00	20 115,02
Всього сировина:				64 752,90
<i>Допоміжні матеріали:</i>				
Мішки 50 кг	шт	76	5,00	19
Етикетки	шт	76	1,00	3,8
Всього допоміжні матеріали:				22,8
<b><i>Всього сировинні витрати:</i></b>				<b>64 775,70</b>
Транспортно-заготівельні витрати (4% від суми сиров. витрат)				2 591,03
Заробітна плата виробничих робітників				1, 404 737,58
Внески до соціальних фондів (36% від суми заробітної плати)				5, 05705,53
<b><i>Повні витрати</i></b>				<b>1, 977 809,84</b>
Загальні витрати (20% від суми прямих витрат)				395 561,97
Вартість основного обладнання				1 298,53
<b><i>Виробнича собівартість</i></b>				<b>2, 374 670,34</b>
Адміністративні витрати (18% від виробн. собівартості)				427 440,66
Витрати на збут (3% від виробн. собівартості)				71 240,11
<b><i>Повна собівартість</i></b>				<b>2, 873 351,11</b>

В кінці V стадії матеріального балансу отримано 3 770,55 кг кінцевого продукту, прямі витрати на виробництво становлять 1,977 809,84 грн, з цих даних визначаємо ціну 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 за 50 кг.

Ціна за 50 кг 2, 3 – дихлорнафтохінона – 1,4

$$\frac{1,977\ 809,84}{76} = 26\ 023\text{грн}$$

					Арк.
					72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Ціна за 1 кг 2,3-дихлорнафтохінона:

$$\frac{26\,023}{50} = 520 \text{ грн}$$

Отже, здійснено опрацювання методики визначення техніко-економічних розрахунків проекту виробництва 2,3-дихлорнафтохінон-1,4 потужністю 50 т/рік згідно розрахунків витрат на сировину, цехове обладнання та фонду заробітної плати виробничих працівників. В результаті проведених розрахунків, видно що підприємство є економічно вигідним. Прибуток складає 941 740,8 гривень.

					<i>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</i>	Арк.
						73
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Під контролем якості розуміється перевірка відповідності кількісних або якісних характеристик продукції або процесу, від якого залежить якість продукції, встановленим технічним вимогам.

Контроль якості продукції є складовою частиною виробничого процесу і спрямований на перевірку надійності в процесі її виготовлення, споживання або експлуатації.

Суть контролю якості продукції на підприємстві полягає в отриманні інформації про стан об'єкта і зіставленні отриманих результатів з встановленими вимогами, зафіксованими в кресленнях, стандартах, договорах поставки.

Контроль передбачає перевірку продукції на самому початку виробничого процесу і в період експлуатаційного обслуговування, забезпечуючи в разі відхилення від регламентованих вимог якості, впровадження коригувальних заходів, спрямованих на виробництво продукції належної якості, належне технічне обслуговування під час експлуатації і повне задоволення вимог споживача.

Особливим видом контролю якості є випробування готової продукції - це визначення або дослідження однієї або декількох характеристик продукції під впливом сукупності фізичних, хімічних, природних або експлуатаційних факторів і умов.

Випробування проводяться за відповідними програмами. Залежно від цілей існують такі основні види випробувань:

Попередні випробування - це випробування досвідчених зразків для визначення можливості приймальних випробувань;

					<i>ННІХТ.ХТ-4-16.020.161.074.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Капко В.О</i>			<i>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О</i>					<i>74</i>	<i>4</i>
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ, Каф.ТЖХТХДКЗ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т</i>						

Приймальні випробування - це випробування досвідчених зразків для визначення можливості їх постановки на виробництва;

Приймально-здавальні випробування - це випробування кожного виробу для визначення можливості його поставки замовнику;

Періодичні випробування - це випробування, які проводяться один раз в 3 – 5 років для перевірки стабільності виробництва;

Типові випробування - це випробування серійних виробів після внесення істотних змін в конструкцію або технологію [26].

#### **Процес контролю якості виробництва 2,3-дихлорнафтохінону-1,4:**

##### 1) Купівля

Ретельне дослідження ринку, зрозуміти ціну сировини та продуктивність. Щоб джерело закупівель зрозуміло повністю і повністю гарантувало якість закупівлі сировини.

##### 2) Інспекція

Чотири етапи: відбір проб, попередня обробка зразків, вимірювання та обробка даних.

##### 3) Виробництво

а) Кожен оператор повинен здійснити самоперевірку виробів та скласти відповідні записи інспекції.

б) Інспектори, які працюють на повний робочий день, перевіряють оператор самоаналіз, а також перевіряють та підписують відповідний запис. Повна перевірка відповідає за інспекцію продукту та робить облік даних про перевірку продукції.

##### 4) Перед продажем

Результат тесту можна надати перед продажем [14].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### *Диметиламіновий метод виявлення дихлона*

Дихлон екстрагують з поверхні культур бензолом. При додаванні до бензольного екстракту диметиламіна виникає червоне забарвлення, інтенсивність якої пропорційна концентрації дихлона.

#### *Хід визначення.*

У відповідну скляну банку з кришкою поміщають наважку проби культури 500-1000 г і додають бензол в співвідношенні 1 мл на 2 г зразка. Для розчинення дихлона струшують банку на механічному струшувачі 15 хв. Потім бензол декантирують, сушать над безводним сульфатом натрію 10 хв і фільтрують через паперовий фільтр. Для аналізу використовують близько 0,5 л екстракту. Оскільки дихлон розкладається в розчинах, аналізи повинні бути зроблені в той же день.

У циліндр ємністю 50 мл з притертою пробкою поміщають 38 мл відфільтрованого бензольного екстракту, розбавляють до 40 мл безводних диметиламіном і ретельно перемішують.

Одночасно в інший циліндр поміщають 38 мл екстракту, розбавляють до 40 мл бензолом і ретельно перемішують. Використовуючи бензол, вимірюють світлопоглинання обох забарвлених розчинів при 495 мкм на спектрофотометрі. Виміри повинні бути зроблені в інтервалі від 5 до 20 хв після додавання диметиламіна. Оскільки при екстракції культури в розчинник потрапляють деякі заважають рослинні речовини, при аналізі необроблених зразків при дії диметиламіна виходить слабо-жовта або зеленувата забарвлення, відповідний вміст дихлона в середньому 0,02 мг/кг (з коливаннями від 0,12 до 0,02 мА/кг).

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

*Розрахунок.*

Зміст дихлона в мг/кг (x) обчислюють за формулою:

$$x=2,91(a-b) \quad (4.1)$$

де, a – світлопоглинаючі проби;

b - світлопоглинаючі холостий проби.

При взаємодії дихлона і диметиламіна в ацетоновому розчині виникає специфічна для дихлона оранжеве забарвлення, інтенсивність якої пропорційна його концентрації [25].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Охорона праці на підприємстві

Шкідливі та небезпечні фактори в технологічному процесі виробництва 2,3-дихлорнафтохінон-1,4 виявляються в тому, що використовується сировина і речовини, які є токсичними і можуть викликати захворювання у людей.

Токсичні речовини потрапляють в організм людей через органи дихання при забрудненні повітря, через шлунково – кишечник (ШКТ) тракт внаслідок прийому їжі, при неправильній техніці миття рук, а також при потраплянні їх на шкіру та слизові оболонки. У виробництві 2,3-дихлорнафтохінон-1,4 використовуються такі основні хімічні речовини як: нафтіонат, сульфатна кислота, хлор.

#### Характеристика речовин, які застосовуються в процесі

- **Нафтіонат** - токсикологічні властивості цієї речовини не були повністю досліджені. Потенційний вплив на здоров'я: пил може спричинити механічне подразнення очей, шкіри, ШКТ, дихальних шляхів. ГДК не відома [9];
- **Хлор** – токсичний задушливий газ, сильний ірритант, при попаданні в легені викликає опік легеневої тканини (в результаті утворення в них хлорних кислот), задуху. ГДК 1 мг/м<sup>3</sup> [12];
- **Сульфатна кислота** - їдка речовина. При потраплянні на шкіру викликає сильні опіки. Особливо небезпечне потрапляння в очі. ГДК 1 мг/м<sup>3</sup> [15].

					<i>ННІХТ.ХТ-4-16.020.161.078.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Капко В.О</i>			<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О</i>					78	5
<i>Реценз.</i>						<b>НУХТ, Каф.ТЖХТХДКЗ</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т</i>						

Стосовно обладнання, яке використовується в технологічному процесі, небезпечним є обладнання, яке працює під тиском(сховище для сульфатної кислоти, реактори хлорування, реактор содового очищення). Небезпечними є рухомі частини електродвигунів оскільки створюють шум з високими частотами, шкідливими для здоров'я людей.

### **Засоби захисту працівників від ураження електрострумом**

Застосовуються ізолювальні та вимірювальні штанги, штанги для накладання тимчасових переносних заземлень; діелектричні рукавиці, боти та калоші; гумові килимки, доріжки, підставки; ізолювальні ковпаки та накладки; ізолювальні драбини.

В аварійних режимах роботи передбачено захисне заземлення (навмисне електричне з'єднання з землею або з її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, котрі можуть опинитися під напругою), занулення(навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, котрі можуть опинитися під напругою).

Все обладнання, яке працює від електричного струму підключене до мережі 220 В.

### **Система механічної вентиляції**

У виробничому приміщенні передбачено припливно-витяжна система вентиляції із загальним припливом в робочу зону та місцевою витяжною шкідливих речовин з місць утворення. У робочих зонах, де виділяється значна кількість шкідливих газів, парів, пилу витяжка на 10% більша, ніж приплив, щоб шкідливі речовини не витіснялися у суміжні приміщення з меншою шкідливістю.

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		79

## Пожежна профілактика

### *Вихідні і кінцеві речовини щодо їх пожежонебезпечності*

- Сульфатна кислота - Ткип: 330° С. Концентрована кислота викликає самозаймання горючих речовин. Не можна гасити водою. Засіб гасіння – піна повітряно-механічна.
- Хлор - Ткип: -34,6° С, Тспал: 101,0° С. Засоби гасіння: розпилена вода, піна. Обов'язково використовувати протигази при гасінні пожеж з вмістом хлору в горючих елементах.
- Нафтіонат - Не можна гасити водою. Засіб гасіння – піна повітряно-механічна.

### *Заходи та засоби пожежогасіння*

Під час пожеж на проектованому виробництві наявні:

- технологічні апарати, комунікації і ємкості з горючими речовинами, які створюють загрозу вибуху і розтікання горючих рідин, а також хімічні речовин, що плавляться;
- можливість факельного горіння газів чи речовин, що витікають з апаратів і комунікацій, що знаходяться під тиском (хлор);
- можливість утворення токсичних газів і пари, токсичних продуктів термічного розкладання матеріалів;
- речовини, для гасіння яких необхідні спеціальні засоби.

### *Первинні засоби пожежогасіння*

В цій роботі передбачено наступні засоби пожежогасіння:

- вогнегасник повітряно-пінний ВПП– 10;
- пісок сухий, чистий, просіяний;
- брезент чи азбестове полотно;
- протипожежний інвентар ( відра, багри, сокири, лопати тощо) [27].

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

## 5.2. Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві

Методами охорони навколишнього середовища від забруднення відходами виробництва називається комплекс технічних і організаційних заходів, які дозволяють зменшити або повністю виключити викиди в біосферу як матеріальних, так і енергетичних забруднюючих речовин.

До теперішнього часу універсальних методів, які дозволяють повністю вирішити проблему боротьби з забрудненнями, поки, на жаль, не існує. Найбільш ефективним як правило вважається поєднання декількох методів охорони навколишнього середовища, які чітко підібрані стосовно того чи іншого конкретного випадку.

Зниження рівнів енергетичних забруднень досягається використанням засобів захисту, які забезпечують їх часткову локалізацію.

Це досягається екрануванням джерел шуму, електромагнітних полів і іонізуючих випромінювань, поглинанням шуму, динамічним гасінням вібрацій. Більш ефективна локалізація забруднень досягається ізоляцією і герметизацією їх джерел. Для герметизації використовують спеціальні камери, боксів які поміщається технологічне обладнання.

Очищення викидів в повітряний басейн і скидів у водойми полягає у звільненні викидів і скидів від містяться в них забруднюючих речовин з метою зниження їх концентрації до рівня, при якому біосфері не буде наноситися шкоди. Виділені в про процесі очищення забруднюючі речовини знешкоджуються хімічним або термічним способом або піддаються похованню.

Залежно від кількості відходів, їх фізико-хімічних властивостей і необхідного ступеня очищення застосовуються різні методи очищення: механічні, хімічні, біохімічні, фізико-хімічні, фізичні та термічні.

Для даного виробництва найефективнішим є використовувати двох методів очищення механічний і хімічні методи .

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механічні методи використовують для очищення викидів в атмосферу і стічних вод за допомогою спеціальних споруд і пристроїв гравітаційного, відцентрового і інерційного типів (осаджувальних камер, пасток, відстійників циклонів), а також контактних фільтрів. Ці методи застосовують головним чином для попереднього очищення від грубодисперсних домішок (виняток становлять контактні фільтри, що застосовуються як для грубої, так і для тонкої очистки).

При хімічних методах очищення до відходів додаються різні реагенти, які вступають у взаємодію з тими чи іншими домішками. В результаті хімічних реакцій утворюються нові сполуки, вже не роблять токсичної дії на навколишнє середовище. Реагентна обробка відходів викликає в них також структурні зміни (коагуляція), інтенсифікують процес очищення.

Знешкодження газів, що утворюються під час виробництва, відбувається за допомогою пористих фільтрів заснована на процесі фільтрації газу через пористу перегородку. При цьому тверді частинки затримуються, а газ повністю проходить крізь перегородку. Фільтруючі перегородки, як правило, складаються з волокнистих або зернистих елементів [28].

Виробництво 2,3-дихлонафтохінона-1,4 застосовує найефективніші заходи для мінімального масштабу негативного впливу на навколишнє середовище.

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

## ВИСНОВКИ

1. На основі вихідних даних та довідкової літератури здійснено аналіз сировинної бази для отримання 2,3 – дихлорнафтохінону – 1,4; властивості хімічної речовини; розкрити дію дихлорнафтохінона, розглянути існуючі технології дихлона.

2. Запропоновано удосконалення технології 2,3-дихлорнафтохінона-1,4, а саме становлення реактора періодичної дії, щоб прискорити лінію виробництва на 30 годин.

3. Наведено характеристики основної сировини та запропоновано удосконалену технологію виробництва 2,3-дихлорнафтохінона-1,4, розроблено його принципову та апаратурно-технологічну схеми, розраховано матеріальний баланс для даного процесу, виконано підбір основного технологічного обладнання та проведено розрахунок реактора періодичної дії (для утворення неочищеного 2,3-дихлорнафтохінона-1,4). Виконавши розрахунки, визначили такі показники:  $D = 1800$  мм – діаметр апарату;  $H = 2870$  мм – висота апарату;  $h_4 = 2225$  мм - висота якірної мішалки;  $n = 0,96 \text{ с}^{-1}$  (59 об/хв) – частота обертів;  $V_a = 6,3 \text{ м}^3$  повний об'єм апарата.

4. Визначено техніко-економічні показники виробництва 2,3-дихлорнафтохінон-1,4 потужністю 50 т/рік, розраховано витрати на сировину, обладнання та заробітну плату працівників. Представлено проектну калькуляцію собівартості витрат на цільову продукцію. Встановлено, що рентабельність даної технології становить 12 %.

					<i>ННХТ.ХТ-4-16.020.161.083.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Капко В.О</i>			<b>ВИСНОВКИ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О</i>					83	2
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ, Каф.ТЖХТХДКЗ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т</i>						

5. Розглянуто питання охорони праці на виробництві, зокрема питання токсичності речовин, які застосовуються в процесі, заходи з питань техніки безпеки, санітарно-гігієнічні заходи, пожежо- та вибухонебезпеки.
6. Наведено характеристику екологічної безпеки для підприємства та описано охорону праці на пропонуваному виробництві.

					<i>ВИСНОВКИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Овчинников Ю. А. Биоорганическая химия / Ю. А. 14. Овчинников. – 1987. – С. 123.
2. Хиноны и их производные. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://farmf.ru/lekicii/lekciya-18-xinony-i-ix-proizvodnye/>.
3. Нафтиламиносульфокислоты [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/2803.html/>.
4. Кадыров Ч. Ш. Фунгициды / Ч. Ш. Кадыров, Н. Д. Лившиц, С. А. Хасанов. – 1980: "Фан", 1980. – 160 с.
5. Голышин Н. М. Фунгициды / Н. М. Голышин. – Москва: "Колос", 1993. – 319 с
6. Королюк Е. А. Красильные растения / Е. А. Королюк. // Химия растений. – 2003. – С. 101.
7. Зилфикаров И. Н. Природные нафтохиноны / И. Н. Зилфикаров, Ж. В. Дайронас., 2011. – 252 с.
8. Романова А. С. Хиноны высших растений как возможные лечебные средства / А.С. Романова, А.И. Баньковський, А.В. Патудин. // Фармацевтика. – 1997.
9. Зубрицька Л. В. Органічна хімія / Л. В. Зубрицька, І. Б. Бойчук, Н. А. Тодосійчук. – Київ: «Медицина», 2018. – 80 с.
10. Кошель П. П. А. Серная кислота / П. А. Кошель П.. // Химия. – 2006.
11. Санітарні правила і норми по застосуванню харчових добавок [Електронний ресурс] // <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96>
12. Терентьева Е. А. Неорганические синтезы / Е. А. Терентьева. – Москва, 1951. – 354 с.
13. Зайцев И.Д. Производство соды / И.Д. Зайцев, Г.А. Ткач, Н.Д. Стоев. – М.: Химия, 1986. – 312 с.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-16.020.161.085.ДП.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Капко В.О</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О</i>				85	3
<i>Реценз.</i>					<i>НУХТ,</i>		
<i>Н. Контр.</i>					<i>Каф.ТЖХТХДКЗ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т</i>					

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

14. Патент RU 278665 A1 Способ получения 2,3-дихлорнафтохінона-1,4 / Гудзенко В.И., Мельник Ю.П., Тихонова Г.П.; патентообладатель Невинномысское производственное объединение "Азот".-№ 1138744; заявл. 27.02.1967; опубл. 21.08.1970
15. Паспорт безпечності хімічної продукції. Загальні вимоги: ДСТУ 30333. – [Чинний від 2009-10-15]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 12 с. – (Національний стандарт України).
16. Хлор жидкий. Технические условия: Общие требования: ГОСТ 6718-93. – [Введения 1995-07-03]. – М.: Издательство стандартов, 1995. – 45 с.
17. Сидоров, Ю.І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості / Ю.І. Сидоров, В.І. Чуєшов, В.П. Новіков; Кафедра промислової фармації Національного фармацевтичного університету. – Вінниця: Нова книга, 2009. – 818 с.
18. Альперт Л. З. Основы проектирования химических установок/Л.З. Альперт. – Москва: Высшая школа, 1989. – 304 с.
19. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати хіміко – фармацевтичної промисловості / Ю. І. Сидоров, В. І. Чуєшов, В. П. Новіков. – Вінниця: Нова книга, 2009. – 903 с.
20. Дубинін, А.І. Процеси і апарати хімічної технології: Навчальний посібник / А.І. Дубинін, Р.І. Гаврилів, І.О. Гузьова; за ред. проф. А.І. Дубиніна. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 360 с.
21. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред. проф. І.Ф. Малежека. – К.: НУХТ, 2003. – 400 с. 22. Щенникова О.Б. Расчет и выбор оборудования химико-фармацевтической промышленности / О. Б. Щенникова – Санкт-Петербург: СПХФА, 2004. – С. 108.

					<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

23. Инженерная химия. Химические реакторы: Учебное пособие для студентов всех форм обучения. / Г. Л.Олиференко, А. Н. Зарубина, Ю. Н. Жилин, А.Н. Иванкин.–Москва:ФГБОУ ВО МГУЛ, 2016. – 140 с.

24. Семенов, Г. А. Дипломне проектування з економіки підприємства :навч. посіб. / Г. А. Семенов, М. Г. Пивоваров, А. Г. Семенов. — К. : Центр уч.літ., 2007. — 124 с.

25. Карумидзе С.А. Основы химической защиты растений / А. Карумидзе. – Москва: Сельхозизд, 1960. – 272 с.

26. Контроль якості продукції [Електронний ресурс]. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://buklib.net/books/36017/>.

27. Рябова И. В. Пожарная опасность веществ и материалов применяемых в химической пром-сти/ И.В. Рябова. – Москва: Химия, 1970. – 336 с.

28. Борщев В.Я. Экологическая безопасность промышленных объектов : учебное пособие для бакалавров дневного и заочного отделений по направлению «Техносферная безопасность»/В. Я. Борщев. – Тамбов: ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 127 с.

29. 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

					<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		