

**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-Литвиненко
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2020 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Т.Т.Носенко
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2020р.

**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 нітрату натрію Е 251

Виконав: здобувач ІV курсу, групи 16

Плеханова Анастасія Обрадівна
(прізвище ,ім'я по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Бойчук Тетяна Михайлівна к.х.н., доцент
(прізвище ,ім'я по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Житнецький І. В.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент Бичко І.Б.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2020р.

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.Носенко

“05” травня 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Плеханова Анастасія Обрадівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва нітрату натрію E251

керівник роботи **Бойчук Тетяна Михайлівна** **к.х.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 потужність підприємства до 1000кг за добу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ; Розділ І. Аналітичний огляд науково-технічної літератури; Розділ ІІ.

Технологічна частина; Розділ ІІІ. Техніко-економічне обґрунтування; Розділ ІV.

Організація контролю якості продукції; Розділ V. Екологічна частина та

охорона праці; Висновки; Список використаної літератури; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	06.05.2020р.	01.06.2020р.

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 виробництва нітрату натрію.	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)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Плеханова А.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Бойчук Т.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 100 С., 14 РИС., 31 ТАБЛ., 28 ДЖЕРЕЛ.

У даному дипломному проекті проведено розробку удосконаленої технології отримання харчової добавки нітрату натрію шляхом додавання новітнього обладнання очистки запиленого повітря та стадії рекуперації вторинних енергетичних ресурсів.

Проаналізовано стан сировинної бази та охарактеризовано нітрат натрію. Описано вимоги до якості харчової добавки та методи її оцінки.

Розроблено принципово–технологічну схему отримання нітрату натрію методом поглинання оксидів аміаку лугами . Розраховано матеріальний баланс згідно якого за добу з 248,3 кг аміаку, 670,1 кг лугу та 703,6 нітратної кислоти можна отримати 1000 кг цільового продукту. Згідно матеріального балансу проведено підбір обладнання та запропоновано апаратуно-технологічна схему.

Розраховані основні техніко-економічні показники виробництва. Розглянуто основні небезпечні фактори на виробництві. Проаналізовано екологічні аспекти та запропоновано способи зменшення навантаження на довкілля, а саме шляхи очистки повітря та повторного використання ресурсів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НІТРАТ НАТРІЮ, ХАРЧОВА ДОБАВКА, НІТРИТ НАТРІЮ, АМІАК, НАТРІЄВА СЕЛІТРА, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ОХОРОНА ПРАЦІ, РОЗРАХУНКИ.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 100 P., 14 FIG., 31 TABLES, 28 SOURCES.

In this diploma project the development of an advanced technology for obtaining a food additive of sodium nitrate by adding the latest equipment for purification of dusty air and the stage of recovery of secondary energy resources.

The state of the raw material base was analyzed and sodium nitrate was characterized. The requirements for the quality of food additives and methods of their evaluation are described.

A basic-technological scheme for the production of sodium nitrate by the method of absorption of ammonia oxides by alkalis has been developed. The material balance is calculated according to which 1000 kg of the target product can be obtained per day from 248.3 kg of ammonia, 670.1 kg of alkali and 703.6 nitric acid. According to the material balance, the equipment was selected and an apart-technological scheme was proposed.

The main technical and economic indicators of production are calculated. The main dangerous factors in production are considered. Environmental aspects are analyzed and ways to reduce the burden on the environment are proposed, namely ways of air purification and reuse of resources.

KEY WORDS: SODIUM NITRATE, FOOD ADDITIVE, SODIUM NITRITE, AMMONIA, SODIUM NITRATE, EQUIPMENT, MATERIAL BALANCE, OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1. Основні відомості про нітрат натрію.....	8
1.2. Фізико – хімічні властивості	11
1.3. Застосування, вплив на організм людини та сировинна база.....	12
1.4. Існуючі способи виробництва нітрату натрію.....	15
1.5. Вузькі місця та шляхи удосконалення технології.....	19
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	22
2.1. Характеристика сировини.....	22
2.2. Хімічна технологія отримання нітрату натрію.....	25
2.3. Опис принципово-технологічної схеми.....	26
2.4. Розрахунок матеріального балансу.....	29
2.5. Підбір основного обладнання.....	39
2.6. Розрахунок основного обладнання.....	46
2.7. Опис апаратурно-технологічної схеми.....	68
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	73
3.1. Розрахунок капітальних витрат.....	73
3.2. Розрахунок чисельності працюючих та фонду оплати праці.....	75
3.3. Розрахунок вартості сировини, основних та допоміжних матеріалів.....	77
3.4. Розрахунок палива і енергії на технологічні цілі.....	78
3.5. Розрахунок відрахувань на соціальні заходи.....	78
3.6. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування.....	78
3.7. Розрахунок собівартості та економічної ефективності проекту	79

					ННІ ХТ.4-16.020.161.006.ДП.ПЗ					
					ЗМІСТ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Плеханова А.О</i>					4	100		
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>								
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сабадаш Н.І.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>								
						НУХТ. Каф. ТЖХТДКЗ				

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	81
4.1. Показники якості та безпечності нітрату натрію.....	82
4.2. Методи контролю якості на виробництві.....	79
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	87
5.1. Характеристика основних викидів виробництва.....	87
5.2. Вимоги з охорони праці до організації робочих місць.....	88
5.3. Загальні вимоги з охорони праці до технологічних процесів.....	91
5.4. Вимоги з охорони праці під час виробництва натрій нітрату.....	93
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	98

					ЗМІСТ	Стр.
						5
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Харчові добавки – це хімічні речовини і природні сполуки, які зазвичай не застосовуються в якості харчового продукту або звичайного компоненту їжі, вони спеціально додаються в харчовий продукт з технологічних міркувань на різних етапах виробництва, зберігання, транспортування з метою покращення чи полегшення виробничого процесу чи окремих стадій, збільшення стійкості продукту до різноманітних видів пошкоджень, збереження структури і зовнішнього вигляду або спеціального змінення його органолептичних властивостей [1].

Нітрати- природні сполуки обміну всіх рослин, так само як сульфати, карбонати, хлориди. Нітрати життєво необхідні рослинам- без них неможливий нормальний ріст та розвиток. Близько 80% нітратів надходить саме з рослинної сировини. Неконтрольоване споживання азотних добрив призвело до необмеженого рівня їх у продуктах.

Харчові добавки нітрати та нітрити можуть виступати як в ролі консервантів, так і в ролі стабілізаторів кольору у продуктах харчування. Також вони представляють основну сировину для виробництва найрізноманітніших хімічних продуктів, що мають вельми важливе значення в сільському господарстві, медицині та оборонній справі.

Застосування солей азотної кислоти настільки різноманітне, що навіть з короткого перерахування найбільш важливих областей, де ці солі застосовуються, видно, яке величезне значення мають нітрати в наш час[2]. Внаслідок цього є актуальним не тільки використання нітратів у харчових продуктах, а і постійний контроль за їх вмістом.

Об'єктом дослідження було обрано технологію отримання нітрату натрію абсорбцією оксидів азоту лугами.

					ННІХТ.4-16.020.161.008.ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плеханова А.О			ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бойчук Т.М.					6	100
Реценз.								
Н. Контр.		Сабадаш Н.І.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						
						НУХТ. Каф. ТЖХТДКЗ		

Предметом дослідження було обрано нітрат натрію як харчову добавку з широким асортиментом застосування.

Завдання дослідження :

- підбір та опрацювання даних літературних джерел, щодо нітрату натрію, як харчової добавки та технології її отримання;
- опис та удосконалення технологічної схеми отримання нітрату з аміачно-повітряної суміші методом абсорбції газів;
- матеріальний розрахунок технологічного процесу;
- підбір та розрахунок основного обладнан

Метою розробки є удосконалення технології виробництва нітрату натрію E 251

					ВСТУП	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Основні відомості про нітрат натрію

Харчова добавка – речовина, яка зазвичай не вважається харчовим продуктом або його складником, але додається до харчового продукту з технологічною метою в процесі виробництва та у результаті стає невід’ємною частиною продукту (термін не включає забруднюючі речовини, пестициди або речовини, додані до харчових продуктів для поліпшення їх поживних властивостей).

Консерванти – харчові добавки, які подовжують (збільшують) терміни придатності харчових продуктів, захищаючи їх від псування, спричиненого мікроорганізмами. Додавання консервантів забезпечує стерильність продукту впродовж певного часу за умови, що не буде повторного забруднення.

Не допускається використання консервантів у виробництві таких харчових продуктів: молока, борошна, хліба (крім розфасованого і упакованого для тривалого зберігання), свіжого м’яса, а також у виробництві продуктів дієтичного та дитячого харчування і харчових продуктів, що позначаються як “натуральні” або “свіжі”. Консерванти можна умовно розділити на власне консерванти і речовини, що володіють консервуючою дією. Дія перших спрямована безпосередньо на клітини мікроорганізмів (уповільнення ферментативних процесів, синтезу білка, руйнування клітинних мембран тощо), інші негативно впливають на мікроорганізми, в основному, за рахунок зниження рН середовища, активності води або концентрації кисню. Кожен консервант проявляє антимікробну активність тільки відносно частини збудників псування харчових продуктів, тобто має свій спектр дії. Тому, намагаються підібрати консерванти широкого спектру дії. Найбільш широкого застосування набули кислоти і деякі їх солі (Е 211), нітрити (Е 249, Е 250),

					<i>ННІХТ.4-16.020.161.010.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Плеханова А.О.</i>			АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					8	100
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ. Каф. ТЖХТДКЗ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сабадаш Н.І.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

нітрати (E 251, E 252), нізин (E 234). Хімічні консерванти за походженням поділяють на мінеральні і органічні (рис.1.1.) .Нітрати відносяться до мінеральних [1].

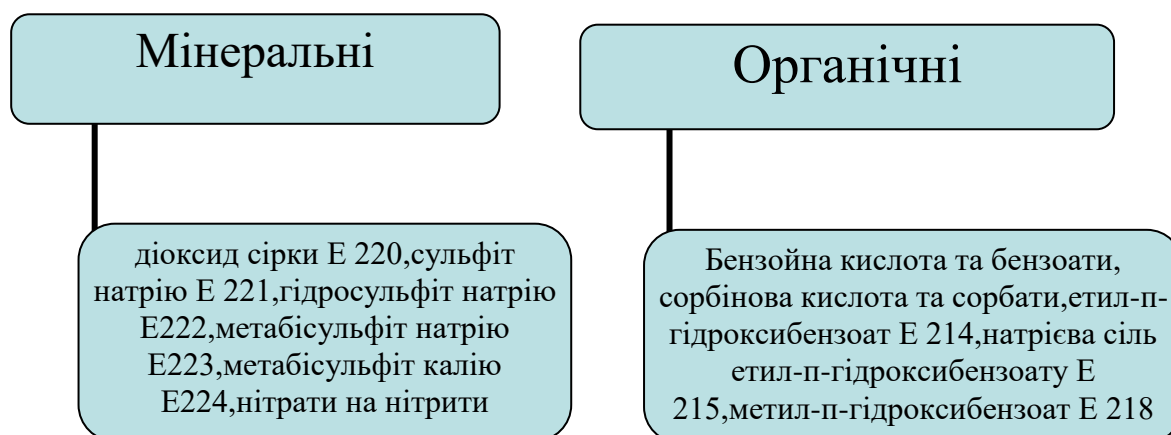
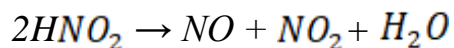
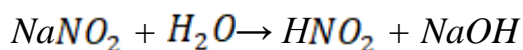


Рис. 1.1. Класифікація консервантів

Нітрати та нітрити можуть використовуватись як в ролі консервантів, так і в ролі фіксаторів кольору, а саме фіксаторів міоглобіну у м'ясопродуктах.

Фіксатори (стабілізатори) забарвлення належать до загальної групи речовин, які коректують колір харчових продуктів. Головна мета їх застосування (технологічна функція) полягає у збереженні існуючого забарвлення або його підсилення. Зміна забарвлення харчових продуктів може відбуватися в результаті впливу температури, дії кисню, кислот або основ, окисно-відновних реакцій, процесів гідролізу, конденсації, полімеризації та інших, що у цілому впливає на будову барвника. За хімічною природою стабілізатори забарвлення є різними сполуками як органічної, так і неорганічної природи. Наприклад, нітрити лужних металів застосовуються для збереження червоного кольору м'ясними виробами після засолення та термічної обробки. Одночасно такі нітрити виконують функції консервантів, оскільки гальмують розвиток небажаних мікроорганізмів.

Принцип дії нітритів (фіксаторів забарвлення) полягає у перебігу таких основних реакцій:



Так, утворена з $NaNO_2$ нітритна кислота розкладається до відповідних оксидів азоту. Оксид азоту(II) взаємодіє з міоглобіном (білком м'язової тканини, який складається з одного поліпептиду та порфіринового пігменту (гему) - надає м'ясу червоний колір) і гемоглобіном (білком крові, який аналогічний за будовою до міоглобіну і містить чотири поліпептиди) з утворенням відповідних нітрозопохідних MbNO і HbNO рожево-червоного забарвлення. Одночасно відбуваються інші реакції, в результаті яких утворюється метміоглобін (міоглобін, в якому атом феруму окиснений до +3 сіро-коричневого кольору. Під дією таких відновників як цистеїн, глутатин, ензими на зразок нітрито-редуктази та інших, метміоглобін відновлюється до міоглобіну, який під дією NO перетворюється в нітрозоміоглобін. Надалі при температурній обробці (60-70°C) нітрозоміоглобін і нітрозогемоглобін перетворюються до нітрозогемохромогену яскраво-червоного кольору, в молекулі якого міститься дві N=O-групи, сполучених із атомом феруму(II). Це і обумовлює збереження відповідного червоного забарвлення м'ясними виробами.

Аналогічно діють нітрати натрію, калію, кальцію $MeNO_3$, які під дією ензиму нітратредуктази відновлюються до відповідних нітритів. З цією метою до м'ясного продукту додають сахарозу - поживне середовище для мікроорганізмів (денітрофікуючих бактерій), які продукують нітратредуктазу[4].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

Нітрати

Систематична назва — триоксонітрат (V)-іон. Нітрати розподіляються на нітрати металів — солі нітратної кислоти та нітрати органічні — похідні нітратної кислоти із загальною формулою $R-ONO_2$ (етери, змішані ангідриди тощо). Нітрат-іон має будову плоского трикутника ($ONO=120^\circ$), що зумовлено sp^2 -гібридизацією атомних орбіталей атома N та сильною делокалізацією його неподільної електронної пари. Графічно це зображається таким чином(рис. 1.2) [3].

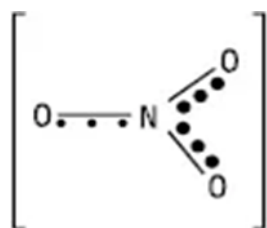


Рис. 1.2. Будова нітрат-іону

1.2. Фізико – хімічні властивості

Нітрат натрію являє собою кристалічну тверду речовину білого кольору, іноді з жовтуватим або сірим відтінком. Температура плавлення- 308°C . Добре розчинний в воді, а погано в спирті[5]. Нітрат натрію $NaNO_3$ (натрієва селітра) являє собою безбарвні, прозорі кристали, що мають щільність $2,257 \text{ г / см}^3$. Розчинність нітрату натрію у воді (в г/ 100 г H_2O): при 0°C -70,7; 20°C -88; 120°C -213; 180°C -383. Температура кипіння насиченого розчину при 736 мм рт. ст. дорівнює 119°C [6].

При нагріванні вище 380°C він виділяє спочатку кисень, переходячи в нітрит натрію; подальше нагрівання призводить до утворення суміші газів: кисню, азоту та NO_2 . Насичений розчин нітрату натрію кипить при 119°C та замерзає при $-18,5^\circ\text{C}$ [2].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3. Застосування, вплив на організм людини та сировинна база

Застосування

Нітрат натрію - цінне добриво, що містить 16,47% азоту. Це фізіологічно лужне добриво, тому застосування його найбільш доцільно на кислих ґрунтах. Нітрат натрію знаходить також застосування в харчовій, скляній та металообробній промисловості, входить до складу вибухових речовин, ракетного палива та піротехнічних сумішей[6].

Самі нітрати в концентраціях, зазвичай використовуваних у виробництві харчових продуктів, неефективні проти мікробів і безпечні для людини і тварин - їх консервуюча дія обмежується зниженням активності води і бактерицидною дією утворених з них нітритів. Це перетворення відбувається в харчових продуктах тільки під дією бактерій. Для активізації мікроорганізмів при посолі селітрою часто одночасно додають цукор (поживна речовина для бактерій). Нітрити проявляють в м'ясопродуктах антимікробну активність, а також сприяють виникненню характерною забарвлення і специфічного аромату. Вони можуть використовуватися в сухому вигляді або у вигляді розчину. При сухому засолі м'ясо натирають сумішшю селітри, кухонної солі і цукру, при мокрому - м'ясо поміщають в розсіл, що складається з тих же компонентів.

У м'ясних продуктах нітрат натрію надає той же дію, що і нітритна посолочна суміш, хоча чинне кількість нітриту тут важче регулювати. Тому в ряді країн нітрати в м'ясопродуктах заборонені, а дозволені тільки нітрити.

У сирах нітрат або утворюється з нього нітрит пригнічує певні види бактерій родів *Clostridium* та *Coli*, запобігаючи таким чином пізніше спучування, тобто тріщини і розриви кіл твердого сиру. Нітрат натрію або калію додають до молока в концентрації 0,01-0,02%. Більш високі концентрації небажані, тому що вони можуть викликати зміну забарвлення сиру.

Нітрат натрію по ГОСТ 4168-79 «Реактиви. Натрій азотнокислий. Технічні умови» внесений до переліку сировини в ГОСТ 9165-59 «Консервы

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

мясные. Ветчина. Технические условия», ГОСТ 9167-76 «Консервы мясные. Бекон копченый пастеризованный ломтиками. Технические условия», ГОСТ 9936-76 «Консервы мясные. Завтрак туриста. Технические условия», ГОСТ 10149-62 «Консервы мясные «Свинина жирная. Технические условия», ГОСТ 12296-66 «Консервы мясные. Колбасный фарш отдельный. Технические условия», ГОСТ 12600- «Колбасы сирокоченые, поставляемые для экспорта. Технические условия», ГОСТ 16131-86 «Колбасі сирокоченые. Технические условия», ГОСТ 16290-86 «Колбасы варено-копченые.Технические условия», ГОСТ 16351-86 «Колбасы полукопченые. Технические условия» ,ГОСТ 23670-79 «Колбасы вареные, сосиски и сардельки, хлеба мясные. Технические условия» [5].

Вплив на організм людини

Метаболізм та токсичність

Самі нітрати стерпні у великій кількості: 60% виводиться з сечею, близько 5% потрапляють в слину. Ризик для здоров'я представляють тільки утворені з них шляхом (мікробіологічного) відновлення нітриту або токсичні і канцерогенні продукти взаємодії нітритів з вторинними амінами і нітроаміни. Кількість нітратів, які застосовуються в якості харчових добавок, незначна в порівнянні з кількістю нітратів, що потрапляють в організм разом з рослинами (неправильно удобреними) і питною водою. У тонкому кишківнику та слабокислому середовищі шлунка грудних дітей нітрати можуть частково відновлюватися до нітритів, що пояснює велику чутливість грудних дітей до нітратів.

Нітратна інтоксикація має механізм: порушення процесів окисного фосфорилування. Результатом є високий рівень метгемоглобіну в крові, розвиток ціанозу.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

Гігієнічні норми

ДДН 5 мг / кг ваги тіла в день, в дитячому харчуванні використовувати не рекомендується . Небезпеки по ГН-98: ГДК в повітрі робочої зони 5 мг / м³, клас небезпеки 3; ГДК в воді 45,0 мг / л, клас небезпеки по воді 3. Дозволений в 19 стандартах на харчові продукти в якості консерванту: варена шинка в кількості до 500 мг / кг; різні сорти сиру до 50 мг / кг. У Росії дозволений в якості консерванту і фіксатора кольору (забарвлення) в ковбаси і м'ясні продукти солоні, варені, копчені, консерви м'ясні в кількості до 250 мг / кг індивідуально або в комбінації з нітратом калію в перерахунку на нітрат натрію (залишкові кількості); в сири тверді, напівтверді, м'які; аналоги сирів на молочній основі, продукти з гусячої печінки в кількості до 50 мг / кг індивідуально або в комбінації з нітратом калію в перерахунку на нітрат натрію (залишкові кількості); в оселедця, кільку солону і в маринаді в кількості до 200 мг / кг (як $NaNO_2$, включаючи утворюється нітрит) індивідуально або в комбінації з нітратом калію в перерахунку на нітрат натрію (залишкові кількості) [5].

Сировинна база

Сировиною для виробництва нітратів є нітратна кислота та аміак. Нітратна кислота належить до найважливіших мінеральних кислот. За обсягом виробництва вона займає друге місце після сульфатної.

Безводна нітратна кислота (HNO_3) за нормальних умов - безбарвна масляниста рідина, що димить на повітрі. Її густина за 15°C дорівнює 1,52 г/см³, температура замерзання становить – -41°C, а кипіння - 86°C. З водою нітратна кислота змішується в будь-яких співвідношеннях. Максимальну температуру кипіння 121,9°C має водний розчин нітратної кислоти з концентрацією 68,4% HNO_3 , що відповідає складу азеотропної суміші.

Нітратна кислота є сильним окисником, тому більшість металів (за винятком Pt, Rh, Ir, Au) окиснюються нею до оксидів, які здебільшого

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

розчиняються у кислоті з утворенням відповідних солей. Залізо окиснюється розведеною нітратною кислотою, а в концентрованій на його поверхні утворюється тоненька, але дуже щільна оксидна плівка, яка захищає метал від подальшого розчинення - відбувається пасивація металу. Безводна нітратна кислота або в суміші із сульфатною є сильним нітруючим агентом.

Продукційна нітратна кислота поділяється на розведену (слабку) та концентровану.

Нітратна кислота використовується в багатьох галузях народного господарства та техніки. Близько 40% від обсягів її виробництва витрачається для одержання азотних і складних мінеральних добрив. Використовується вона в технологіях вибухових речовин, синтетичних барвників, нітролаків, пластичних мас, лікарських синтетичних засобів та інших продуктів. Вона також застосовується як окисник або компонент окисника ракетного палива.

Традиційною сировиною для одержання HNO_3 є аміак, повітря та вода. Прямий синтез азоту (II) оксиду із компонентів повітря в електродугових плазмотронах становить значний інтерес. Але дуже високі питомі енерговитрати є гальмом для промислового застосування цього методу фіксації атмосферного азоту[7].

1.4. Існуючі способи виробництва нітрату натрію

Нітрат натрію добувають з природних покладів і виробляють заводськими способами. В СРСР були природні родовища нітрату натрію в Середній Азії, на Кавказі, в Криму, проте вони не мали промислового значення [6].

Походження нітратів в основному біогенне: утворюються внаслідок гниття органічних решток за участю нітробактерій. Вважають, що вони могли переноситись із підвищених ділянок до місць сучасної локалізації тимчасовими водними потоками і там нагромаджуватись.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

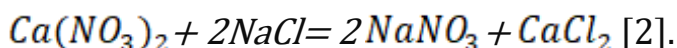
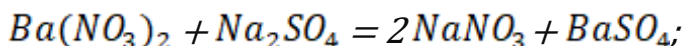
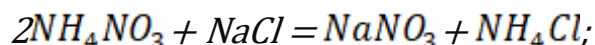
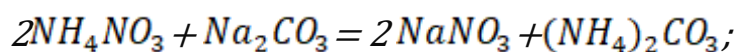
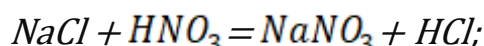
Натрієва (чилійська) селітра NaNO_3 . Назва походить від країни, де знайдені найбільші поклади цього мінералу. Хімічний склад %: Na_2O — 36,5, N_2O_5 — 63,5. Вміст азоту становить 16,47%.

Походження екзогенне. Утворюється на територіях країн зі спекотним кліматом внаслідок біохімічного розкладання (окиснення) органічних сполук, які містять азот, переважно гуано (послід) птахів.

Натрієва селітра залягає у вигляді зернистих мас, сольових кірок, вицвітів. Найбільші поклади натрієвої селітри знаходяться в Чилі. Породи, що містять селітру, розміщені на глибині від 1 до 10 м. Асоціюється з галітом, содою, гіпсом та їхніми солями. Добування селітри здійснюється протитечійним гарячим вилуговуванням і подальшою кристалізацією при охолодженні майже насиченого розчину. Одержуваний продукт містить 94-96% NaNO_3 і домішки інших солей. Більш чисту (рафіновану) селітру, яка містить 99-99,5% NaNO_3 отримують перекристалізацією.

Харчову добавку нітрат натрію виробляють декількома способами:

- поглинання оксидів азоту лужними розчинами з подальшим перетворенням утвореного нітриту натрію;
- обмінна реакція $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ або NH_4NO_3 з NaCl або Na_2SO_4 ;
- інші способи отримання нітрату натрію, більшість з яких не використовується в промисловості:

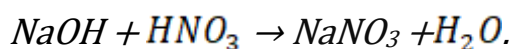
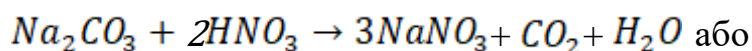


Домішки: хлориди, нітрити [5].

*Поглинання оксидів азоту лужними розчинами
з подальшим окисненням утвореного нітриту натрію*

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

Синтетична натрієва селітра може бути отримана безпосередньо нейтралізацією азотної кислоти кальцинованою або каустичною содою за рівнянням:

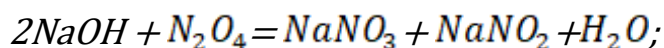
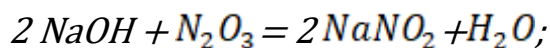
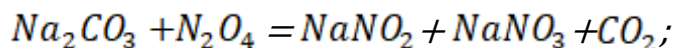
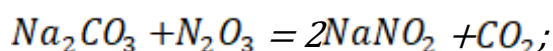


Отримані таким шляхом розчини натрієвої селітри фільтрують, упарюють, кристалізують і після відділення маточників сушать готовий продукт.

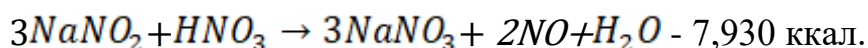
Однак отримання натрієвої селітри прямим синтезом азотної кислоти на луг порівняно рідко застосовується, так як цей спосіб є мало рентабельним.

У промисловості широко поширений спосіб отримання синтетичної натрієвої селітри шляхом утилізації хвостових нітрозних газів, що виділяються при виробництві азотної кислоти.

Хвостові нітрозні гази, розбавлені повітрям, поглинаються лугами за реакціями:



Отримані нітрит-нітратні розчини піддаються інверсії, тобто обробці азотною кислотою, для перетворення нітритів в нітрати, що можна описати сумарно наступною реакцією:



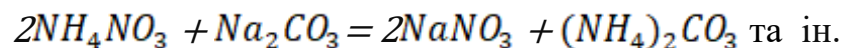
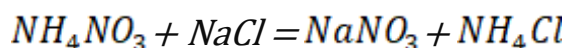
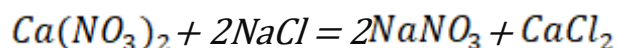
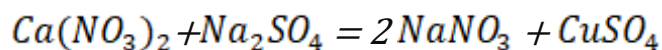
Утворений розчин натрієвої селітри концентрують випаровуванням і далі кристалізують сіль з подальшою перекристалізацією (для отримання більш чистого продукту)[2].

Конверсійний спосіб отримання

Нітрат натрію може бути отриманий методами обмінного розкладу

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

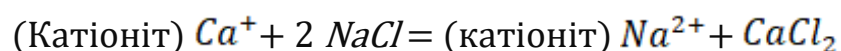
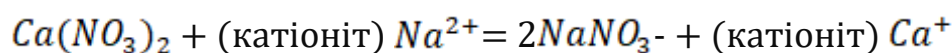
за наступними реакціями:



Процес отримання натрієвої (або калієвої) селітри методом катіонного обміну складається з трьох основних стадій:

- 1) отримання розчину $Ca(NO_3)_2$;
- 2) катіонний обмін і регенерація катіоніту (обмін іонів Ca на іони Na);
- 3) випарювання розчину $NaNO_3$, кристалізація солі, центрифугування, сушка та упаковка.

Реакції, що протікають в перших двох стадіях процесу, можуть бути схематично виражені наступними рівняннями:



При цьому відбувається безперервне чергування процесів конверсії кальцієвої селітри і регенерації катіоніту кальцію розчинами хлориду натрію (або хлориду калію).

Проміжними стадіями цього процесу є: промивка водою катіоніту, випарювання і кристалізація конвертованих розчинів. Описаний метод знайшов промислове застосування в Норвегії. Розчини кальцієвої селітри пропускають через ряд катіонообмінників, в які завантажений цеоліт (природний мінерал типу польового шпату). Для регенерації цеоліту використовують морську воду. Утворений розчин натрієвої селітри концентрують випаровуванням і далі кристалізують сіль з подальшою перекристалізацією (для отримання більш чистого продукту).[6] Згідно ГОСТ 828-77 нітрат натрію випускають двох сортів (табл.1.1).

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Сорти нітрату натрію

Показники	Вищий	1 сорт
Вміст, %		
$NaNO_3$ (на суху речовину), не менше	99,8	99,5
H_2O , не більше	0,5	1,0
Нерозчинних у воді речовин, не більше	0,03	0,04
Хлоридів(на $NaCl$), не більше	0,15	0,5
Окислювальних речовин(на $NaNO_2$), не більше	0,01	0,015

Нітрат натрію упаковують в чотирьох- і п'ятишарові паперові ламіновані мішки; п'яти і шестишарові бітуміровані мішки, внутрішній, дотичний з продуктом шар паперу повинен бути непросоченим; поліетиленові відкриті і поліетиленові клапанні мішки[8].

1.5. «Вузькі» місьця та шляхи удосконалення технології

Азотна промисловість, в тому числі виробництво неорганічних солей, є однією з великих споживачів знесолоної води. Їх виробництво пов'язане з застосуванням різних реагентів - органічних і неорганічних, які часто стають компонентами високомінералізованих стічних вод, для очищення яких з метою оздоровлення навколишнього середовища, витрачаються значні кошти.

В екологічному та економічному відношенні найбільш прогресивною є розробка безвідходних технологій отримання цільового продукту.

Відомі способи отримання нітрит-нітратних солей включають в себе стадію упарювання вихідних розчинів для концентрування видобутих

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

компонентів, використовуючи різні типи випарних апаратів. Процеси розпарювання в перерахованих апаратах відбуваються з певним недоліком: з втратою цільового продукту і виникненням великого обсягу стічних вод. З упарюваного розчину в паровому просторі випарного апарату відбувається відділення (сепарація) вторинного (сокового) пару. Спостерігається винесення частинок рідини з цільовим продуктом, в результаті механічного захоплення частинок рідини парою.

Віднесення призводить до втрати продукту, розчиненого в краплях розчину. При використанні вторинної пари в наступних корпусах конденсат сокового пару також забруднюється розчищеною речовиною і стає непридатним для споживання паровими котлами.

Відпрацьований конденсат вторинної пари направляють на біохімічну очистку (БХО), що вимагає великих витрат електроенергії на перекачку та реагентів (метилового спирту) для проведення процесів нітрифікації і денітрифікації.

В запропонованому способі отримання нітрит-нітратних солей очищенням конденсату вторинної пари на зворотноосмотичній мембранній установці дозволило ефективно відокремити від нього солі, що уносяться технологічною парою в процесі упарювання розчинів, з отриманням пермеата і концентрату. Також даний метод дозволив повернути концентрат в цикл отримання солей на стадію концентрування.

Переваги даного способу :

- мінімізація втрати солей;
- збільшення виходу кристалічних нітрит-нітратних солей;
- зниження споживання хімічно очищеної або частково демінералізованої води і пари;
- зменшення витрат та відповідно зменшення вартості готової продукції;

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

- виключення скидання солей в замкнуту систему водного господарства підприємства[28].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика сировини

Сировиною для отримання натрієвої селітри служать каустична сода (ГОСТ 55064-2012), кальцинована сода (ГОСТ 5100-85), 40-58% азотна кислота, аміак та повітря [2].

Натрію гідроксид

Гідроксид натрію Е524 — біла чи майже біла розплавлена маса або у вигляді маленьких кульок, пластівців та інших форм, що містить суму лугів у межах 97,0–100% у перерахунку на NaOH. Гідроксид натрію — твердий та ламкий з кристалічним зломом; у воді і під дією кисню швидко абсорбує вуглекислий газ та воду.

Молекулярна маса- 40,00 г/моль.

Отримують електролізом розчинів кам'яної солі натрію хлориду (галіту) з одночасним отриманням водню та хлору. На аноді (за рахунок розкладання галіту) виділяється хлор, а на катоді (за рахунок розкладання води) водень, які виводяться із системи окремо. При цьому прикатодна зона збагачується розчином натрію гідроксиду, який упарюють до отримання 42–50% NaOH відповідно до стандарту. Розчин декантують, а готовий продукт передають на склад або на стадію упарювання для отримання твердого продукту .

Властивості:

- рН \approx 12,0 (0,05% водний розчин); рН \approx 13,0 (0,5% водний розчин); рН \approx 14,0 (5% водний розчин).
- Температура плавлення — 318 °С.
- Практично нерозчинний у етері; при 20 °С розчинний у гліцерині, 95% етиловому спирті (1:7,2), метанолі (1:4,2), воді при 20 °С (1:0,9), при 100 °С (1:0,3).

					ННІХТ.4-16.020.161.024.ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Плеханова А.О			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бойчук Т.М.					22	100
Реценз.		Житнецький І.В.				НУХТ. Каф. ТЖХТДКЗ		
Н. Контр.		Сабадаш Н.І.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Широко використовується у фармацевтичних препаратах як буферний агент для надання розчинам відповідного рН, а також для отримання солей при реакції зі слабкими кислотами. У харчовій промисловості використовується як регулятор кислотності, каталізатор та як засіб для зняття шкірки з плодів.

Зберігається у повітронепроникному неметалічному контейнері у прохолодному, сухому місці. При контакті з киснем натрій гідроксид швидко абсорбує вологу й розріджується [9].

Натрію карбонат

Карбонат натрію (кальцинована сода) - неорганічна сполука, натрієва сіль вугільної кислоти з хімічною формулою Na_2CO_3 . Безбарвні кристали або білий порошок, добре розчинний у воді. Молекулярна маса-106 г/моль.

До початку ХІХ ст. карбонат натрію отримували переважно з золи декотрих морських водоростей, прибрежних і солончакових рослин шляхом перекристалізації відносно малорозчинного $NaHCO_3$ з лугу. У промисловості в основному отримують з хлориду натрію за методом Солве.

Температура плавлення 854 °С, розкладу 1000 °С. Нерозчинний в ацетоні, і сірковуглеці, малорозчинний в етанолі, добре розчинний в гліцерині і воді. Густина- 2,53 г/см³ (при 20 °С). У водному розчині карбонат натрію гідролізується, що забезпечує лужну реакцію середовища. Безводна форма гігроскопічна.

Використовують у скляному виробництві; миловарінні і виробництві пральних і чистящих порошків; емалей, для отримання ультрамарину. Також він застосовується для пом'якшення води парових котлів і взагалі зменшення жорсткості води, для знежирення металів і десульфатізації доменного чавуну. У харчовій промисловості карбонати натрію зареєстровані в якості харчової добавки Е500, регулятора кислотності, розпушувача, що перешкоджає злежуванню. Карбонат натрію (кальцинована сода, Na_2CO_3) має код 500i, гідрокарбонат натрію (харчова сода, $NaHCO_3$) - 500ii, їх суміш - 500iii [10].

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

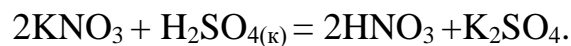
Нітратна кислота

Азотна кислота (HNO_3) — безбарвна рідина. Є однією з найсильніших кислот. Технічна HNO_3 (61–68%), розведена HNO_3 (54–60%), димуча HNO_3 (86–99,5%). Нітратна кислота з масовою часткою HNO_3 65% називають концентрованою.

Молекулярна маса- 63 г/моль.

Температура кипіння-84 °С; температура замерзання (–41,6) °С. Має густину 1,52 г/см³ і вже при кімнатній температурі під дією світла частково розкладається з утворенням NO_2 , що зумовлює її жовте забарвлення.

Нітратну кислоту (98%) у лабораторних умовах одержують кип'ятінням нітратів калію або натрію з концентрованою сульфатною кислотою:



У техніці кислоту одержують окисненням аміаку до нітроген (II) оксиду за наявності каталізатора (сітка зі сплаву платини з родієм), нітроген (II) оксиду — до нітроген (IV) оксиду, який потім розчиняють у гарячій воді за наявності кисню повітря.

У розведених водних розчинах вона повністю дисоційована на іони: $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^+$. З хімічної точки зору HNO_3 є сильним окисником. Вона окиснює більшість металів і неметалів. Неметали при її дії окиснюються в оксигеновмісні кислоти .

Пари HNO_3 , які містять NO_2 , N_2O_5 , подразнюють дихальні шляхи, викликають руйнування зубів, кон'юнктивіти, а також ураження рогівки ока. ГДК у повітрі — 0,4 мг/м³. Багато органічних матеріалів (солома, тирса, одяг), облиті концентрованою кислотою, спалахують; спирт, скипидар — вибухають. Тому робота з концентрованою HNO_3 потребує особливої обережності. При потраплянні її крапель на шкіру утворюються опіки у вигляді жовтих плям — продуктів нітрування речовин білкової природи, які містять бензольні кільця.

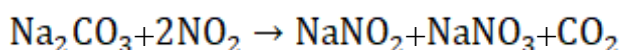
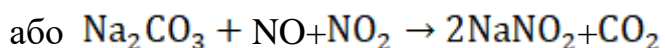
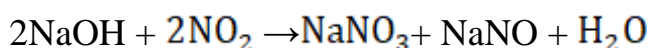
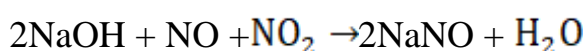
					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

У медичній практиці застосовують чисту кислоту HNO_3 якої становить 32–33% для лікування деяких захворювань шкіри, а також деякі солі як в'язучі та антисептичні речовини при захворюваннях ШКТ. Аргентум нітрат (AgNO_3) з білками утворює нерозчинні альбумінати, пригнічує ферментативні системи, через що знижує життєдіяльність багатьох мікробів. При невисоких концентраціях аргентум нітрат чинить в'язучу та протизапальну дію, а при більш високих — припалює тканини і виявляє бактерицидну активність. Органічні нітрати широко застосовують як ЛП найчастіше для лікування ішемічної хвороби серця [11].

2.2. Хімічна технологія отримання нітрату натрію

Аміачно-повітряна суміш надходить в контактний апарат . Утворені в апараті нітрозні гази охолоджують в котлі-утилізаторі з до $240\text{-}270^\circ\text{C}$ і направляють в абсорбційну вежу 1 ступеню , де оксиди азоту охолоджуються і частково поглинаються розчинами соди з утворенням розчину нітриту та нітрату натрію. Циркуляцію нітрит-нітратних розчинів в вежі забезпечують насосом до тих пір поки в розчині не щалиниться 3-5 г/л вільного гідроксиду натрію. Фізичне і реакційне тепло процесу відводиться холодильником. Продукційний розчини видають з вежі і направляють на переробку в кристалічні продукти нітрат натрію і нітрит натрію[8].

При абсорбції оксидів азоту лугами протікають наступні реакції:

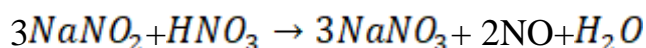


Отримані в результаті лужної абсорбції нітрозних газів розчини (нітрит-нітратні луги) переробляють в нітрат натрію. Співвідношення між нітратом і нітритом натрію в одержуваних лугах залежить від температури і ступеня

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

окислення нітрозних газів. Приблизний склад «сирих» нітрит-нітратних розчинів (після лужного поглинання) 250-400 г/л $NaNO_2$; 50-80 г/л $NaNO_3$; 3-5 г/л $NaHCO_3$ і Na_2CO_3 ; 2-4 г/л $NaCl$; 850-820 г/л H_2O .

Відфільтрований на план-фільтрі розчин надходить в інверсійну колону, в якій відбувається перетворення (інверсія) нітриту в нітрат натрію під дією азотної кислоти:



Утворені в результаті інверсії оксиди азоту видаляються з розчину нагнітаючим в колону повітрям і направляються на переробку в абсорбційне відділення. Після закінчення процесу інверсії розчин нейтралізують содовим розчином. Знову отриманий розчин, який має 40-50% $NaNO_2$ та температуру 40-60°C, направляють на випарювання.

Для випарювання розчинів натрієвої селітри зазвичай застосовують двокорпусну вакуум-випарну установку. Тут отримують суспензію, в якій вміст $NaNO_3$ становить - 70%, при цьому в розчині міститься 62% $NaNO_3$, решта солі знаходиться в підвішеному стані у вигляді кристалів. Ця суспензія з випарного апарату надходить в вакуум-кристалізатор, в якому при охолодженні від 90-93 °С до 40-45 °С відбувається подальша кристалізація солі. Кристали $NaNO_3$ відокремлюють від розчину в центрифугі і висушують в сушильному барабані. Маточний розчин з центрифуги приєднують до інвертованого розчину, який направляється на випарювання.

Для отримання 1 т натрієвої селітри (100% $NaNO_3$) витрачають: 0,455 т азотної кислоти (100%), 0,03 т соди, 2,5 т пара (8 ат), 65 м³ води, 120 кВт/год електроенергії. В якості відходу виробництва отримують (на 1 т $NaNO_3$) 0,38 т оксидів азоту (в перерахунку на HNO_3), які направляються на абсорбцію[6].

2.3. Опис принципово-технологічної схеми

Допоміжна стадія підготовки сировини

На стадії підготовки сировини відбувається

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

- очищення повітря та аміаку та їх змішування.
- підігрівання аміачно-повітряної суміші(АПС).

1. Контактне окиснення АПС

Готова аміачно-повітряна суміш проходить на стадію контактного окиснення згідно рисунку 2.1. Процес відбувається при температурі 800°C, нормального атмосферного тиску та платинових сіток у якості каталізатора.

2. Охолодження нітрозних газів

Утворений нітрозний газ проходить стадію охолодження до температури 240-270°C. Охолодження відбувається пермаатом, хімічно чистою водою, утвореною після стадії зворотного осмосу конденсату вторинної пари.

3. Абсорбція

Далі газ направляється на абсорбцію, а саме часткове поглинання гідроксидом натрію з утворенням нітрит-нітратного розчину. Під час процесу відбувається циркуляція розчину з охолодженням. Процес проходить за температури 40-45°C. Вміст солей у розчині після стадії складає близько 40%.

4. Підігрівання

Нітрит-нітратний розчин підігрівається до температури 80-85°C .

5. Фільтрування

Підігрітий розчин фільтрується від механічних домішок при температурі 75°C.

6. Інверсія розчину

Відбувається процес інверсії, перетворення сполук нітриту у нітрат під дією 58%-ої нітратної кислоти та температури 80-90°C. На цій стадії утворюються оксиди азоту, які направляються назад на стадію абсорбції.

7. Нейтралізація

По закінченню розчин нейтралізують кальцинованою содою до рН 8-10 задля повного перетворення нітратної кислоти. Після нейтралізації вміст нітрату натрію у розчині складає 40%.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

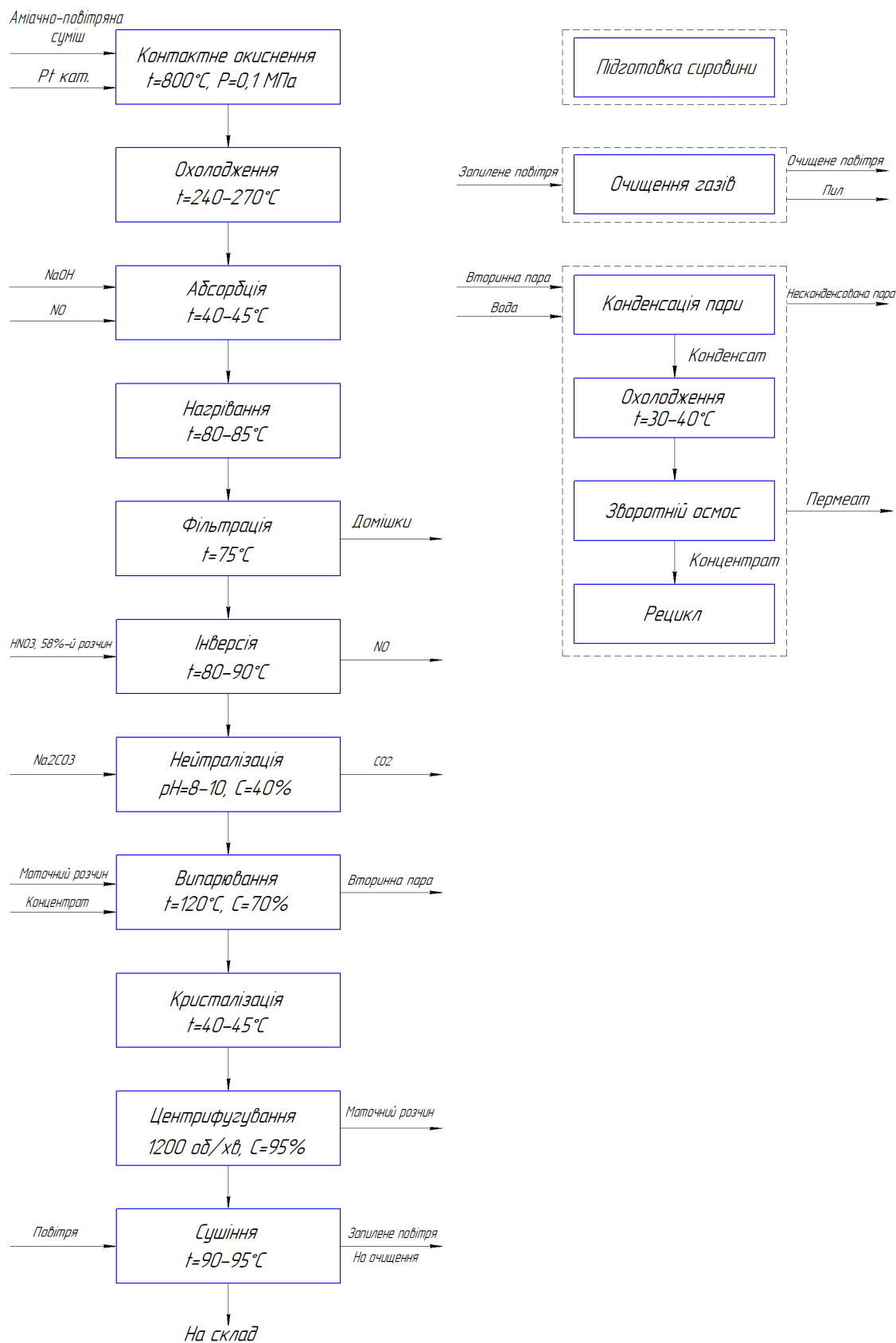


Рис. 2.1. Принципово-технологічна схема

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			28

8. Випарювання

Наступним процесом є випарювання отриманого розчину (40% NaNO_3) за температури 120°C . Після випарювання вміст нітрату натрію вже у суспензії близько 70%. Утворена вторинна пара подається на допоміжні стадії: конденсацію, охолодження, зворотній осмос та рецикл.

9. Кристалізація

Далі суспензія (70% NaNO_3) переходить на стадію кристалізації за температури $40-45^\circ\text{C}$.

10. Центрифугування

Після процесу кристалізації суспензія подається на центрифугування. На цій стадії відбувається відділення маточного розчину від кристалів NaNO_3 при 1200 обертів за хвилину. Маточний розчин звідси повертається на стадію випарювання, а кристалічний продукт проходить на стадію сушіння.

11. Сушіння

Кристали надходять на стадію сушіння за температури $90-95^\circ\text{C}$. Сушіння відбувається гарячим повітрям. Зі стадії запилене повітря надходить на допоміжну стадію очищення.

2.4. Розрахунок матеріального балансу

Молекулярні маси всіх компонентів виробництва:

- $M_r(\text{NH}_3) = 17$ г/моль
- $M_r(\text{O}_2) = 32$ г/моль
- $M_r(\text{NO}_2) = 46$ г/моль
- $M_r(\text{NO}) = 30$ г/моль
- $M_r(\text{HNO}_3) = 63$ г/моль
- $M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$ г/моль
- $M_r(\text{NaOH}) = 40$ г/моль
- $M_r(\text{NaNO}_2) = 69$ г/моль
- $M_r(\text{NaNO}_3) = 85$ г/моль

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

- $M_r(H_2O)=18$ г/моль
- $M_r(CO_2)=44$ г/моль

Розрахунок ведемо на 8 стадій: контактне окиснення АПС, абсорбція нітрозних газів, інверсія нітрит-нітратних розчинів, донейтралізація нітратної кислоти, випарювання, кристалізація, центрифугування та сушіння. Матеріальний баланс розраховуємо на 1000 кг виробленого нітрату натрію.

Матеріальний баланс стадії контактного окиснення



Кількість моль утворених речовин складає $n(NO)=8376,8$ моль,
 $n(NO_2)=8376,8$ моль

1. Визначаємо кількість молів аміаку NH_3

$$n(NH_3) = x / n(NO) = 4/2$$

$$n(NH_3) = 16\,753,6 \text{ моль}$$

2. Визначаємо масу аміаку NH_3

$$m(NH_3) = M_r(NH_3) * n(NH_3)$$

$$m(NH_3) = 17 * 16\,753,6 / 1000 = 284,8 \text{ кг}$$

3. Визначаємо кількість молів O_2

$$n(O_2) = x / n(NO) = 6/2$$

$$n(O_2) = 25\,130,4 \text{ моль}$$

4. Визначаємо масу O_2

$$m(O_2) = M_r(O_2) * n(O_2)$$

$$m(O_2) = 32 * 25\,130,4 / 1000 = 804,2 \text{ кг}$$

5. Визначаємо кількість молів H_2O

$$n(H_2O) = x / n(NO) = 6/2$$

$$n(H_2O) = 25\,130,4 \text{ моль}$$

6. Визначаємо масу H_2O

$$m(H_2O) = M_r(H_2O) * n(H_2O)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

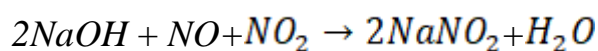
$$m(\text{H}_2\text{O})=18*27\ 673,8 /1000=452,3 \text{ кг}$$

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс стадії контактного окиснення

Прихід			Витрати		
Речовина	%	Маса, кг	Речовина	%	Маса, кг
NH_3	26	284,8	NO	23	251,4
O_2	74	804,2	NO_2	35,4	385,3
			H_2O	41,6	452,3
Разом	100	1089	Разом	100	1089

Матеріальний баланс стадії абсорбції



Маса утвореного нітрит-нітратного розчину складає 1156 кг.

1. Визначаємо кількість молів NaNO_2

$$n(\text{NaNO}_2) = m(\text{NaNO}_2) * 1000 / Mr(\text{NaNO}_2)$$

$$n(\text{NaNO}_2) = 16\ 753,6 \text{ моль}$$

2. Визначаємо кількість молів NaOH

$$n(\text{NaOH}) = x / n(\text{NaNO}_2) = 1/1$$

$$n(\text{NaOH}) = 16\ 753,6 \text{ моль}$$

3. Визначаємо масу NaOH

$$m(\text{NaOH}) = Mr(\text{NaOH}) * n(\text{NaOH})$$

$$m(\text{NaOH}) = 40 * 16\ 753,6 / 1000 = 670,1 \text{ кг}$$

4. Визначаємо кількість молів NO_2

$$n(\text{NO}_2) = x / n(\text{NaNO}_2) = 1/2$$

$$n(\text{NO}_2) = 8376,8 \text{ моль}$$

5. Визначаємо масу NO_2

$$m(\text{NO}_2) = Mr(\text{NO}_2) * n(\text{NO}_2)$$

$$m(\text{NO}_2) = 46 \cdot 8376,8 / 1000 = 385,3 \text{ кг}$$

6. Визначаємо кількість молів NO

$$n(\text{NO}) = x / n(\text{NaNO}_2) = 1/2$$

$$n(\text{NO}) = 8376,8 \text{ моль}$$

7. Визначаємо масу NO

$$m(\text{NO}) = M_r(\text{NO}) \cdot n(\text{NO})$$

$$m(\text{NO}) = 30 \cdot 8376,8 / 1000 = 251,3 \text{ кг}$$

8. Визначаємо кількість молів H_2O

$$n(\text{H}_2\text{O}) = x / n(\text{NaNO}_2) = 1/2$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 8376,8 \text{ моль}$$

9. Визначаємо масу H_2O

$$m(\text{H}_2\text{O}) = M_r(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})$$

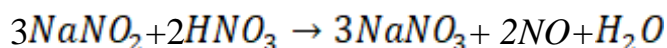
$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 8376,8 / 1000 = 150,8 \text{ кг}$$

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс стадії абсорбції

Прихід			Витрати		
Речовина	%	Маса, кг	Речовина	%	Маса, кг
NO	19,2	251,4	NaNO_2	88,4	1156
NO_2	29,5	385,3	H_2O	9,6	124,7
NaOH	51,3	670,1	Втрати	2	26,1
Разом	100	1306,8	Разом	100	1306,8

Матеріальний баланс стадії інверсії



Маса утвореного NaNO_3 складає 1424,1 кг.

1. Визначаємо кількість молів NaNO_3

$$n(\text{NaNO}_3) = m(\text{NaNO}_3) \cdot 1000 / M_r(\text{NaNO}_3)$$

$$n(\text{NaNO}_3)=16\,754,1 \text{ моль}$$

2. Визначаємо кількість молів HNO_3

$$n(\text{HNO}_3) = x / n(\text{NaNO}_3) = 2/3$$

$$n(\text{HNO}_3)=11\,169,4 \text{ моль}$$

3. Визначаємо масу HNO_3

$$m(\text{HNO}_3)=M_r(\text{HNO}_3) * n(\text{HNO}_3)$$

$$m(\text{HNO}_3)= 63*11\,169,4 /1000 = 703,6 \text{ кг}$$

4. Визначаємо кількість молів NaNO_2

$$n(\text{NaNO}_2) = x / n(\text{NaNO}_3) = 1/1$$

$$n(\text{NaNO}_2)=16\,754,1 \text{ моль}$$

5. Визначаємо масу NaNO_2

$$m(\text{NaNO}_2)=M_r(\text{NaNO}_2) * n(\text{NaNO}_2)$$

$$m(\text{NaNO}_2)= 69*18\,450,5/1000 = 1156 \text{ кг}$$

6. Визначаємо кількість молів NO

$$n(\text{NO}) = x / n(\text{NaNO}_3) = 2/3$$

$$n(\text{NO})= 11\,169,4 \text{ моль}$$

7. Визначаємо масу NO

$$m(\text{NO})=M_r(\text{NO}) * n(\text{NO})$$

$$m(\text{NO})= 30*11\,169,4/1000 = 335 \text{ кг}$$

8. Визначаємо кількість молів H_2O

$$n(\text{H}_2\text{O}) = x / n(\text{HNO}_3) = 1/2$$

$$n(\text{H}_2\text{O})=5584,7 \text{ моль}$$

9. Визначаємо масу H_2O

$$m(\text{H}_2\text{O})=M_r(\text{H}_2\text{O}) * n(\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{H}_2\text{O})= 18* 5584,7/1000 = 100,5 \text{ кг}$$

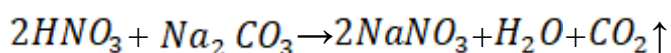
					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

Матеріальний баланс стадії інверсії

Прихід			Витрати		
Речовина	%	Маса, кг	Речовина	%	Маса, кг
$NaNO_2$	62,2	1156	$NaNO_3$	76,5	1424,1
HNO_3	37,8	703,6	• HNO_3 1,5%		
			NO	18	335
			H_2O	4,5	100,5
			Втрати	1	20,5
Разом	100	1859,6	Разом	100	1859,6

Матеріальний баланс стадії нейтралізації

З утвореного на стадії інверсії розчину $NaNO_3$ 1,5% HNO_3 (21,4 кг) проходять стадію донейтралізації.



1. Визначаємо кількість молів HNO_3

$$n(HNO_3) = m(HNO_3) \cdot 1000 / Mr(HNO_3)$$

$$n(NaNO_3) = 339,7 \text{ моль}$$

2. Визначаємо кількість молів Na_2CO_3

$$n(Na_2CO_3) = x / n(HNO_3) = 1/2$$

$$n(Na_2CO_3) = 169,85 \text{ моль}$$

3. Визначаємо масу Na_2CO_3

$$m(Na_2CO_3) = Mr(Na_2CO_3) \cdot n(Na_2CO_3)$$

$$m(Na_2CO_3) = 106 \cdot 169,85 / 1000 = 18 \text{ кг}$$

4. Визначаємо кількість молів $NaNO_3$

$$n(NaNO_3) = x / n(NaNO_3) = 1/1$$

$$n(NaNO_3) = 339,7 \text{ моль}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

5. Визначаємо масу $NaNO_3$

$$m(NaNO_3) = Mr(NaNO_3) \cdot n(NaNO_3)$$

$$m(NaNO_3) = 85 \cdot 339,7 / 1000 = 28,9 \text{ кг}$$

6. Визначаємо кількість молів H_2O

$$n(H_2O) = x / n(HNO_3) = 1/2$$

$$n(H_2O) = 169,85 \text{ моль}$$

7. Визначаємо масу H_2O

$$m(H_2O) = Mr(H_2O) \cdot n(H_2O)$$

$$m(H_2O) = 18 \cdot 169,85 / 1000 = 3 \text{ кг}$$

8. Визначаємо кількість молів CO_2

$$n(CO_2) = x / n(HNO_3) = 1/2$$

$$n(CO_2) = 169,85 \text{ моль}$$

9. Визначаємо масу CO_2

$$m(CO_2) = Mr(CO_2) \cdot n(CO_2)$$

$$m(CO_2) = 44 \cdot 169,85 / 1000 = 7,5 \text{ кг}$$

Таблиця 2.4

Матеріальний баланс стадії донеїтралізації

Прихід			Витрати		
Речовина	%	Маса, кг	Речовина	%	Маса, кг
$NaNO_3$			$NaNO_3$	73,4	28,9
• HNO_3 1,5%	54,2	21,4	H_2O	5,8	2,2
Na_2CO_3	45,8	18	CO_2	18,8	7,5
			Втрати	2	0,8
Разом	100	39,4	Разом	100	39,4

Матеріальний баланс стадії випарювання

На випарювання надходить водний розчин $NaNO_3$, утворений після інверсії та нейтралізації інвертованого розчину. Наприкінці випарювання отримуємо суспензію з вмістом $NaNO_3$ 70%. Маса суспензії складає 1336,2 кг.

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс стадії випарювання

Прихід			Витрати		
Речовина	%	Маса, кг	Речовина	%	Маса, кг
<i>Розчин $NaNO_3$</i>		1453	<i>Суспензія</i>		
<i>Концентрат конденсату</i>		120,1	• <u>Кристали</u>	16,6	314
<i>Маточний розчин</i>		235,7	• <u>Водний розчин</u>	53,5	1022,2
<i>Підскуберна рідина</i>		100	<i>Підскуберна рідина</i>		
			$NaNO_3$ 46,5%		
			H_2O 30 %		
			<i>Пара</i>	27,2	520
			<i>Втрати</i>	2,7	52,6
Разом	100	1908,8	Разом	100	1908,8

Матеріальний баланс стадії кристалізації

На стадії кристалізації збільшується кількість кристалів солі $NaNO_3$ з 23,5 до 80% .

Маса суспензії -1336,2 кг.

1. Визначимо масу кристалів $NaNO_3$ в початковій суспензії

1336,2 кг - 100%

X кг - 23,5%

$X = 1336,2 * 23,5 / 100 = 314$ кг

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	<i>Стр.</i>
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

2. Визначимо масу водного розчину до кристалізації

$$1336,2 - 314 = 1022,2 \text{ кг}$$

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс стадії кристалізації

Прихід			Витрати		
Речовина	%	Маса, кг	Речовина	%	Маса, кг
<i>Суспензія</i>			<i>Суспензія</i>		
• <i>Кристали</i>	23,5	314	• <i>Кристали</i>	78,4	1047,6
• <i>NaNO₃ 23,5%</i>			• <i>NaNO₃</i>		
• <i>Водний розчин</i>	76,5	1022,2	• <i>Водний розчин</i>	19,6	261,9
• <i>NaNO₃ 46,5%</i>					
• <i>H₂O 30%</i>			<i>Втрати</i>	2	26,7
Разом	100	1336,2	Разом	100	1336,2

Матеріальний баланс стадії центрифугування

На стадію центрифугування надходить суспензія, яка складається з 20% розчину не прореагувавших речовин та 80% солі. Центрифуга в свою чергу розділяє суспензію на кристалічний продукт та маточний розчин, який повертається на стадію випарювання. Маса всієї суспензії-1309,5 кг.

1. Визначаємо масу маточного розчину, який треба відділити від кристалів

$$1309,5 \text{ кг} \quad - \quad 100\%$$

$$X \text{ кг} \quad - \quad 20\%$$

$$X = 1309,5 * 20 / 100 = 261,9 \text{ кг}$$

2. Визначаємо масу кристалічного продукту

$$1309,5 - 261,9 = 1047,6 \text{ кг}$$

Матеріальний баланс стадії центрифугування

Прихід			Витрати		
Речовина	%	Маса, кг	Речовина	%	Маса, кг
<i>Суспензія</i>			<i>Кристалічний продукт</i>	80	1047,6
• <i>Кристали $NaNO_3$</i>	80	1047,6	<i>$NaNO_3$</i>		
• <i>Водний розчин</i>	20	261,9	<i>Маточний розчин</i>	18	235,7
			<i>Втрати</i>	2	26,2
Разом	100	1309,5	Разом	100	1309,5

Матеріальний баланс стадії сушіння

На стадію сушіння приходить кристалічний продукт з вмістом вологи 5%, що не відповідає вимогам ГОСТу. Тому видаливши з продукту всю воду, ми отримуємо 1000 кг готового нітрату натрію.

1. Визначаємо масу води, яка міститься у продукті до висушування

1000 - 105%

X - 5%

$$X = 1000 * 5 / 105 = 47,6 \text{ кг}$$

Матеріальний баланс стадії сушіння

Прихід			Витрати		
Речовина	%	Маса, кг	Речовина	%	Маса, кг
<i>Кристалічний продукт $NaNO_3$</i>			<i>Кристалічний $NaNO_3$ (100%)</i>	95	1000
• <i>сіль $NaNO_3$</i>	95	1000	<i>Пара вологи</i>	5	47,6
• <i>волога</i>	5	47,6			

Разом	100	1047,6	Разом	100	1020
-------	-----	--------	-------	-----	------

2.5. Підбір основного обладнання

Комбінований апарат для очищення повітря

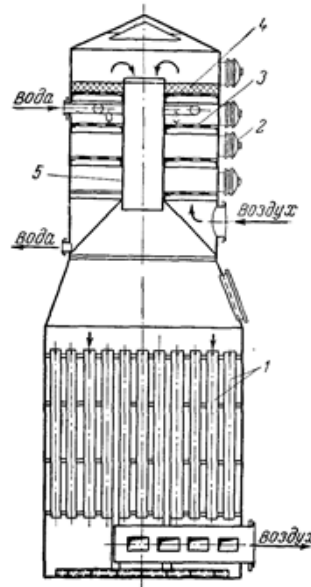


Рис. 2.2. Комбінований апарат для очищення повітря

На рис. 2.2 представлений комбінований апарат для очищення повітря від газоподібних домішок і механічних забруднень. Верхня частина апарату є скруббером з насадкою, що складається з трьох сітчастих тарілок, зрошуваних водою. Проходячи через тарілки, повітря звільняється від розчинних у воді газів висока ступінь очищення повітря досягається завдяки пінному режиму роботи тарілок.

Верхня (четверта) тарілка забезпечена насадкою з кілець Рашига і служить для уловлювання бризок, які відносяться повітрям. У нижній частині апаратури розташовані елементи тканевого фільтра, в яких вловлюються тверді частинки забруднень, які залишилися в очищуваному повітрі.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

Фільтр для очищення аміаку

У середині циліндричного корпусу (з вуглецевої сталі) діаметром 1600 мм і висотою 2250 мм розташовано 15 секцій - осередків на алюмінії. Осередки обтягнуті бавовняної замшею. Їх загальна фільтруюча поверхню дорівнює 50 м^2 . Навантаження по газоподібному аміаку становить $60-80 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$ [15].

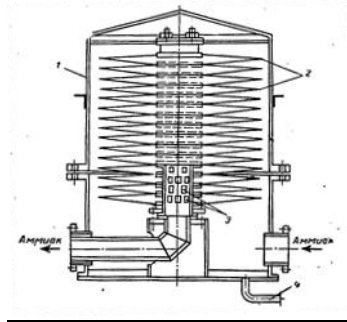


Рис. 2.3. Фільтр для очищення аміаку

Котел-утилізатор

Котел-утилізатор (рис. 2.5) складається з двох газових камер і середньої теплообмінної частини. Камери футеровані кислототривкою цеглою. Корпус котла зварений з вуглецевої листової сталі товщиною 14 мм. Жароміцні кип'ятильні труби (412 шт.) діаметром $44 * 3$, мм також виконуються з вуглецевої сталі. Товщина трубних решіток 30 мм. Поверхня теплопередачі 330 м^2 . По трубах проходять нітрозні гази; міжтрубний простір - водяна частина котла. Робочий тиск пари становить 10-12 атм, температура нітрозних газів на виході з котла повинна бути не нижче $150 - 160 \text{ }^\circ\text{C}$ [15].

Загальна довжина котла-утилізатора 7427 мм, діаметром 1600мм, довжина трубної частини 5000мм. Корпус виготовлений зі сталі товщиною 14мм.

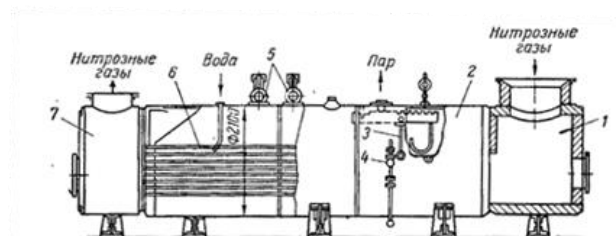


Рис. 2.4. Котел-утилізатор

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

Комбінований контактний апарат

На рис. 2.4 представлений контактний апарат з верхньою подачею аміачно-повітряної суміші, що працює під атмосферним тиском. Апарат є частиною комбінованого агрегату, що складається з картонного фільтра, власне конвертора і котла-утилізатора.

Паперовий фільтр, розташований над верхньою конічною частиною апарату (діаметри конуса 3 і 0,85 м, висота 1,5 м), складається з ряду касет, через які проходить газова суміш. Через вікна вона надходить у внутрішній циліндр і далі - у вхідний конус конвертора.

У місці переходу конуса 5 в циліндричну частину конвертора розташована решітка 4 діаметром 2,9 м, що служить для рівномірного розподілу потоку газової суміші, що надходить на каталізаторні сітки 3. Це сприяє рівномірному навантаженню каталізатора і вирівнюванню температури по всій поверхні сітки і, в кінцевому рахунку, підвищенню ступеня конверсії аміаку.

По периферії циліндричної частини апарату між ґратами 4 і каталізаторними сітками 3 розташовані чотири оглядові вікна, штуцери для розпалювання, для взяття проб газу на вміст аміаку і для приєднання манометра.

Робочий діаметр каталізаторних сіток 2,8 м; вони спираються на колосники, нижче яких знаходиться шар 2 металевих кілець Рашига (товщина шару 250 мм). При наявності такого шару, що виконує роль зворотного теплового акумулятора, полегшується розпал апарату після короткочасної зупинки. Крім того, в шарі кілець-можуть затримуватися найбільші частки платини, які потім збирають.

Нижня частина апарату футерована жаростійкою цеглою і приєднана безпосередньо до верхньої частини котла-утилізатора.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

Контактні апарати обладнані відповідними контрольно-вимірjuвальними приладами, винесеними на один загальний щит управління. Кількість поступаючих в апарат повітря і аміаку контролюється спеціальними діафрагмовими приладами, встановленими на підвідних трубопроводах. Температура вимірюється термопарою. Зміна температури в контактному апараті (в залежності від зміни змісту аміаку в газовій суміші) реєструється фотоелементом. Вміст аміаку в суміші визначається працюючим безперервно газоаналізатором.

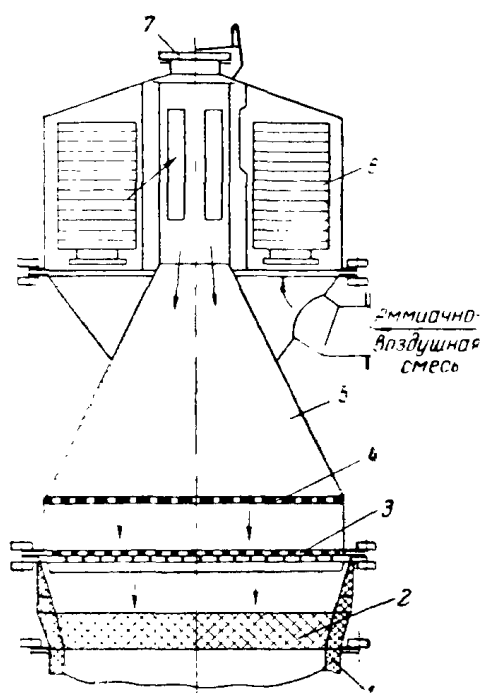


Рис. 2.5. Комбінований контактний апарат

1-нижня частина апарату; 2-шар металічних кілець; 3-каталізаторні сітки; 4-розподільча решітка; 5-верхня конічна частина апарату; 6-картонний фільтр; 7-клапан.

Абсорбційна колона

На рис. 2.6 зображена абсорбційна колона лужного поглинання.

Колони лужного поглинання окислів азоту виготовляються зазвичай з листової вуглецевої сталі без футерування або з футеровкою з керамічних плит. Кришки колон, що контактують з нітрозними газами, роблять з кислототривкої

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

сталі [12]. Абсорбційна башня має діаметр 7м, висоту 30м; насадка-сідла Інталокс, висота насадки 18,5 м [13].

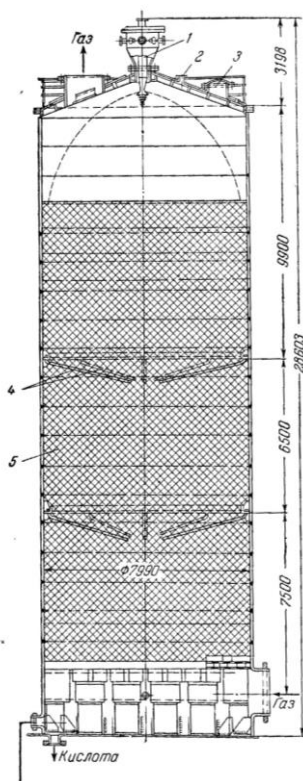


Рис. 2.6. Абсорбційна колона лужного поглинання
Двухкорпусна випарна установка

Установка (рис. 2.7) використовує разом з свіжою парою і вторинну. Тільки перший корпус працює працює на свіжому парі, інші - на вторинній. Установка працює с примусовою циркуляцію по прямоточній системі. Прямоточна система разом зі своїми перевагами має недолік по теплопередачі. Зі зростанням концентрації від одного корпусу до іншого зменшується коефіцієнт теплопередачі. Тиск також зменшується від першого корпусу. Випарні апарати складаються з таких основних частин: гріюча камера, сепаратор, циркуляційний насос з електроприводом та циркуляційної труби.

В такому випарному апараті циркуляція розчину протікає за схемою: сепаратор-цирку- ляційна труба-насос-гріюча камера-сепаратор.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

Випарний апарат- вертикальний, з примусовою циркуляцією, винесеною грійучою камерою та зоною кипіння виготовлений з вуглецевої сталі. Висота грійучої камери 18,62 м, діаметр 1,4 м; труби довжиною 5 м , діаметром 38*2 мм. Діаметр циркуляційної труби 0,8 м , сепаратора 2,4 м [13].

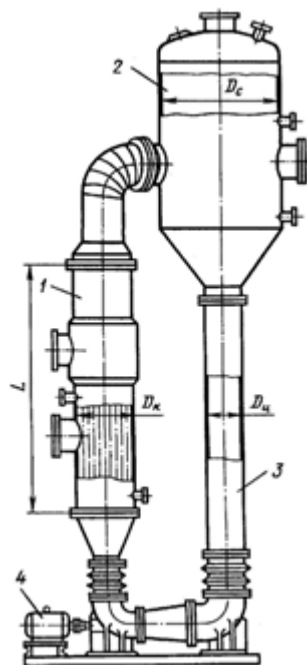


Рис. 2.7. Випарний апарат

1-грійуча камера; 2-сепаратор; 3-циркуляційна труба; 4- насос.

Центрифуга

Модель: 1/2 ФГП631К-01 (рис. 2.8)

Призначена для поділу концентрованих суспензій, які добре фільтруються, з крупно- і середньо-кристалічною фазою, що швидко втрачає плинність, з вмістом твердої фази близько 50%. Використовується також для розділення суспензій з середньобразивною твердою фазою, що складається з кристалічних речовин (нітрат натрію, мідний купорос, сульфат міді, алюмінієвий галун), аморфних продуктів і коротково-локнистих матеріалів.

Особливістю даної центрифуги є компактність, простота в обслуговуванні, безперервний технологічний процес, високий ступінь фільтрації, можливість промивання осаду, висока продуктивність, можливість

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

установки в автоматичних лініях і обслуговування безперервних технологічних процесах.



Рис. 2.8. Центрифуга 1/2 ФГП631К-01

Таблиця 2.9.

Технічні характеристики

<i>Показник</i>	<i>Одиниці виміру</i>	<i>Характеристика</i>
Спільна робоча довжина	мм	425
Найбільше число обертів	об/хв	1200
Номінальна ширина отвору сита	мм	0,25
Продуктивність	л/хв	200
Тип електродвигуна	-	4А132М4
Потужність	кВт	11
Габаритні розміри		
• довжина	мм	2280
• ширина	мм	1795
• висота	мм	2870

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

2.6. Розрахунок основного обладнання

Ведемо розрахунок двухкорпусної вакуум-випарної установки.

2.6.1. Матеріальний розрахунок

1. Визначення загальної кількості випареного розчинника

Загальну кількість випареного розчинника знаходимо з рівняння матеріального балансу випарної установки визначають [25]:

$$W = G_{\text{п}} (1 - X_{\text{п}} / X_{\text{к}}) \quad (2.1)$$

$$G_{\text{п}} = G_{\text{к}} + W, \quad (2.2)$$

де W – кількість випареного розчинника, кг/с; $G_{\text{п}}$ – продуктивність установки за вихідним розчином, кг/с; $X_{\text{п}}$ і $X_{\text{к}}$ – початкова і кінцева концентрації розчину, мас.% $G_{\text{к}}$ – кількість упареного розчину, кг/с.

$$W = 0,02209(1 - 40/70) = 0,00946 \text{ кг/с}$$

$$G_{\text{к}} = G_{\text{п}} - W \quad (2.3)$$

$$G_{\text{к}} = 0,02209 - 0,00946 = 0,01263 \text{ кг/с}$$

2. Попередній розподіл випареного розчинника по корпусах

У першому наближенні на підставі практичних даних приймаємо, що продуктивність установки за випареним розчинником розподіляється між корпусами установки відповідно до співвідношення [17]:

$$W_1 : W_2 = 1,0 : 1,1 \quad (2.4)$$

Тоді кількість випареної води:

$$\text{в першому корпусі} \quad W_1 = 0,00946 \cdot 1,0 / (1,0 + 1,1) = 0,00450 \text{ кг/с}$$

$$\text{в другому корпусі} \quad W_2 = 0,00946 \cdot 1,1 / (1,0 + 1,1) = 0,00496 \text{ кг/с}$$

3. Визначення концентрацій упареного розчину по корпусах

Концентрацію розчину після випарювання розчинника в кожному корпусі визначаємо з рівняння матеріального балансу [25]:

$$X_1 = G_{\text{п}} \cdot X_{\text{п}} / (G_{\text{п}} - W_1) \text{ – для першого корпусу} \quad (2.5)$$

$$X_2 = G_{\text{п}} \cdot X_{\text{п}} / (G_{\text{п}} - W_1 - W_2) \text{ – для другого корпусу} \quad (2.6)$$

$$X_1 = 0,02209 \cdot 40 / (0,02209 - 0,00450) = 50,2 \%$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$X_2=0,02209 \cdot 40 / (0,02209 - 0,00450 - 0,00495) = 70 \%$$

2.6.2. Тепловий розрахунок

1. Визначення температур кипіння розчиннику по корпусам

Загальний перепад тисків в установці [19]:

$$\Delta P_{\text{заг}} = P_{\text{гп}} - P_{\text{бк}} \quad (2.7)$$

де $P_{\text{гп}} = 0,6$ МПа – тиск гріючої пари у першому корпусі; $P_{\text{бк}} = 0,08$ МПа – тиск вторинної пари останнього корпусу.

$$\Delta P_{\text{заг}} = 0,6 - 0,08 = 0,52 \text{ МПа.}$$

У першому наближенні загальний перепад тисків розподіляється між корпусами порівну:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{заг}} / n, \quad (2.8)$$

де n – кількість корпусів, $n=2$.

$$\Delta P = 0,26 \text{ МПа}$$

Тоді тиски гріючої пари у корпусах становлять:

$$P_1 = P_{\text{гп}} - \Delta P \quad (2.9)$$

$$P_1 = 0,6 - 0,26 = 0,34 \text{ МПа}$$

$$P_2 = P_1 - \Delta P \quad (2.10)$$

$$P_2 = 0,34 - 0,26 = 0,08 \text{ МПа}$$

За тисками парів знаходимо їх температури і ентальпії [17]:

Таблиця 2.10

Властивості насиченої водяної пари залежно від тиску

Тиск, МПа	Температура, $t_r, ^\circ\text{C}$	Ентальпія пари, $I_p,$ кДж/кг	Ентальпія рідини, $I_r,$ кДж/кг	Теплота конденсації пари, $r,$ кДж/кг
0,6	158,8	2768	671	2093
0,34	133,3	2735,6	575,8	2157
0,08	93	2663	389,7	2278

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Гідродинамічна депресія обумовлена втратою тиску пари на подолання гідравлічних опорів трубопроводів при переході з корпусу в корпус. Звичайно гідродинамічна депресія приймається $\Delta''' = 1,0-1,5$ град. У даному випадку для кожного корпусу приймається рівною $\Delta'''=1,00$. Тоді температури вторинної пари у корпусах складатимуть [17]:

Таблиця 2.11

Властивості насиченої водяної пари залежно від температури

Температура, t, °С	Тиск, МПа	Ентальпія пари, I _п , кДж/кг	Ентальпія рідини, I _р , кДж/кг	Теплота конденсації пари, r ₁ , кДж/кг
t _{вп1} =133,3+1=134,3	0,34	2732	565,2	2167
t _{вп2} =93+1=94	0,08	2669,2	393,9	2275,4

Сума гідравлічних депресій :

$$\sum \Delta''' = \Delta'''_1 + \Delta'''_2 = 2, \quad (2.11)$$

2. Визначення гідростатичної депресії.

Тиск у середньому шарі киплячого розчину P_{сеп} кожного корпусу визначається за рівнянням [17]:

$$P_{сеп} = P_{вт} + \rho_p \cdot g \cdot H \cdot (1 - \epsilon) / 2 \quad (2.12)$$

де P_{вт} – тиск вторинної пари, Па; ρ_p – густина розчину при кінцевій температурі і концентрації, кг/м³; g=9,81 м/с² – гравітаційна стала; H- висота труби, м; ρ_v – густина води при температурі кипіння, кг/м³.

Для вибору значення H необхідно орієнтовно оцінити поверхню теплопередачі випарного апарата F_{ор}. При кипінні водних розчинів можна прийняти питомих теплове навантаження апаратів із вимушеною циркуляцією q = 40 000 – 80 000 Вт/м² [16] , тоді орієнтовна поверхня теплопередачі першого корпусу дорівнює:

$$F_{op}=Q/q=W_1 \cdot r_1/q, \quad (2.13)$$

де де r_1 – теплота пароутворення вторинної пари першого корпусу

$$F_{op1}=0,00450 \cdot 2157000/40\,000=0,24266 \text{ м}^2$$

При бульбашковому (ядерному) режимі кипіння паронаповнення складає $\varepsilon = 0,4 \dots 0,6$, приймаємо $\varepsilon = 0,5$. Густина водних розчинів при температурі 70°C і відповідних концентраціях у корпусах відповідно дорівнює [18]:

$$\rho_1=1373 \text{ кг/м}^3 \text{ – густина розчину в 1 корпусі}$$

$$\rho_2=1545 \text{ кг/м}^3 \text{ – густина розчину в 2 корпусі}$$

Тиск в середньому шарі кип'ятильних трубкорпусів:

$$P_{1сep}=0,34 + 1373 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot 0,5/2 \cdot 10^6=0,36 \text{ МПа}$$

$$P_{2сep}=0,08+1545 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot 0,5/2 \cdot 10^6=0,10 \text{ МПа}$$

Цим тискам відповідають наступні температури кипіння і теплоти пароутворення пари в середньому шарі корпусу [17].

Таблиця 2.12

Температури кипіння, теплоти пароутворення пари в середньому шарі

Тиск, МПа	Температура кипіння, °C	Теплота пароутворення, кДж/кг
$P_{1сep}=0,36$	135,9	2155
$P_{2сep}=0,10$	98,5	2265

Гідростатична депресія по корпусах за рахунок гідростатичного стовпа рідини складе:

$$\Delta''_i = t_{сep1} - T_{вт1}, \quad (2.14)$$

$$\Delta''_1=135,9- 134,3 = 1,6 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\Delta''_i = t_{сep2} - T_{вт2}, \quad (2.15)$$

$$\Delta''_2=98,5- 94 = 4,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Сума гідростатичних депресій в установці складе:

$$\Sigma\Delta'' = \Delta''_1 + \Delta''_2, \quad (2.16)$$

$$\Sigma\Delta'' = 1,6+4,5 = 6,1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

3. Визначення температурної депресії [17]:

Таблиця 2.13

Температурна депресія по корпусам при атмосферному тиску

Корпус	Концентрація NaNO ₃ , %	Температура кипіння, °C	Депресія, °C
1	50,2	110,5	10,5
2	70	120,1	20,1

Температурна депресія по корпусам з урахуванням тиску в них [19]:

$$\Delta'_i = 16,2 \cdot T^2 \cdot \Delta'_{\text{атм}} / r, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.17)$$

де T – температура парів в середньому шарі кип'ятильних труб, К;

r – теплота випарення води при даному тиску P_{ср}, Дж/кг;

$\Delta'_{\text{атм}}$ – температурна депресія при атмосферному тиску, °C.

$$\Delta'_{i1} = 1,62 \cdot 10^{-2} (273 + 135,9)^2 / 2155 \cdot 10,5 = 13,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta'_{i2} = 1,62 \cdot 10^{-2} (273 + 98,5)^2 / 2265 \cdot 20,1 = 19,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Сума температурних депресій :

$$\sum \Delta'_i = 13,2 + 19,8 = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Загальна сума температурних втрат складе [19] :

$$\Sigma \Delta = \Sigma \Delta' + \Sigma \Delta'' + \Sigma \Delta''', \quad (2.18)$$

$$\Sigma \Delta = 33 + 6,1 + 2 = 41,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура кипіння розчинів по корпусам [19]:

$$t_{\text{кип}} = t_{\text{вп}} + \Delta'_i + \Delta''_i + \Delta'''_i, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.19)$$

$$t_{\text{кип1}} = 133,3 + 13,2 + 1,6 + 1 = 149,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{кип2}} = 93 + 19,8 + 4,5 + 1 = 118,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. Визначення корисної різниці температур

Загальна різниця температур в установці [19]:

$$\Delta t_{\text{зар}} = t_{r1} - t_{\text{бк}}; \quad (2.20)$$

$$\Delta t_{\text{зар}} = 158,8 - 93 = 65,8$$

Загальна корисна різниця температур складе [19]:

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$\Sigma \Delta t_k = \Delta t_{\text{зар}} - \Sigma \Delta, \quad (2.21)$$

$$\Sigma \Delta t_k = 65,8 - 41,1 = 24,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Корисні різниці температур по корпусам[19]:

$$t_{\text{кор1}} = t_{\Gamma 1} - t_{\text{к1}} \quad (2.22)$$

$$t_{\text{кор1}} = 158,8 - 149,1 = 9,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{кор2}} = t_{\Gamma 2} - t_{\text{к2}} \quad (2.23)$$

$$t_{\text{кор2}} = 133,3 - 118,3 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тоді:

$$\Sigma \Delta t_k = \Delta t_{\text{к1}} + \Delta t_{\text{к2}} \quad (2.24)$$

$$\Sigma \Delta t_k = 9,7 + 15 = 24,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. Визначення теплових навантажень апаратів і витрат гріючої пари у корпусах

$$Q_1 = D \cdot (I_{\Gamma 1} - i_{\text{к1}}) = 1,03 [G_{\text{п}} c_{\text{вих}} (t_{\text{к1}} - t_{\text{п}}) + W_1 (I_{\text{вт1}} - c_{\text{в}} t_{\text{к1}})] + Q_{\text{конц1}}, \quad (2.25)$$

$$Q_2 = W_1 \cdot (I_{\Gamma 2} - i_{\text{к2}}) = 1,03 [(G_{\text{п}} - W_1) \cdot c_{\text{к1}} (t_{\text{к2}} - t_{\text{к1}}) + W_2 (I_{\text{вт2}} - c_{\text{в}} \cdot t_{\text{к2}})] + Q_{\text{конц2}}, \quad (2.26)$$

$$W = W_1 + W_2, \quad (2.27)$$

де D – витрата гріючої пари у першому корпусі, кг/с; $I_{\Gamma 1}$, $I_{\Gamma 2}$, – ентальпії гріючої пари у корпусах, Дж/кг; $i_{\text{к1}}$, $i_{\text{к2}}$ – ентальпії конденсату гріючої пари у корпусах, Дж/кг; 1,03 – коефіцієнт, що враховує 3% втрати тепла в навколишнє середовище; $G_{\text{п}}$ – витрата вихідного розчину, кг/с; $c_{\text{вих}}$ – теплоємність вихідного розчину, Дж/кг·К, $c_{\text{к1}}$ – теплоємність розчину у першому корпусі [16].

Теплоємність c для розчину з концентрацією більше ніж 20% розраховується за формулою:

$$c_{\text{вих}} = c_{\text{в}} \cdot (1 - X_{\text{вих}}) + c_{\text{п}} \cdot X_{\text{вих}} \quad (2.28)$$

$$c_{\text{к1}} = c_{\text{в}} \cdot (1 - X_1) + c_{\text{п}} \cdot X_1, \quad (2.29)$$

де $c_{\text{в}}$ – теплоємність води, $c_{\text{в}} = 4,19$ кДж/кг·К; $c_{\text{п}}$ – питома теплоємність твердої розчиненої речовини, яка знаходиться на основі питомих теплоємностей елементів за формулою[17]:

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$c_{\Pi} = c_{Na} + c_N + 3c_O / M_{NaNO_3} \quad (2.30)$$

де c_{Na} , c_N , c_O – атомні теплоємності відповідно елементів; M_{NaNO_3} – молекулярна маса $NaNO_3$, $M_{NaNO_3} = 94,99$ г/моль.

$$c_{\Pi} = 26 + 33,5 + 3 \cdot 25,1 / 84,99 = 1,586 \text{ кДж/кг} = 1586 \text{ Дж/кг}$$

$$c_{\text{вих}} = 4190 \cdot (1 - 0,4) + 1586 \cdot 0,4 = 3148,4 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К},$$

$$c_{k1} = 4190 \cdot (1 - 0,502) + 1586 \cdot 0,502 = 2882,8 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}.$$

Визначення температури вихідного розчину, що надходить у перший корпус:

$$t_{\Pi} = t_{k1} - \Delta_{\Pi} \quad (2.31)$$

де t_{k1} – температури кипіння розчину у першому корпусі, °С; Δ_{Π} – температурна депресія початкового розчину, $\Delta_{\Pi} = 2$ °С [16].

$$t_{\Pi} = 149,1 - 2 = 147,1 \text{ °С}$$

Теплота концентрування $Q_{\text{конц}}$, Дж/кг.

$$Q_{\text{конц}} = G_{\text{сух}} \cdot \Delta q, \quad (2.32)$$

де $G_{\text{сух}}$ – кількість сухого $NaNO_3$;

$$G_{\text{сух}} = G_{\Pi} \cdot X_{\Pi} / 100 \quad (2.33)$$

де Δq – інтегральна теплота розчинення, Дж/кг, $\Delta q = 27,2$ Дж/кг ; X_{Π} – початкова концентрація розчину, %.

$$G_{\text{сух}} = 0,02209 \cdot 40 / 100 = 0,008836 \text{ кг/с}.$$

Підставивши отримані результати в формулу, одержимо:

$$Q_{\text{конц}} = 0,008836 \cdot 27,2 = 0,24 \text{ Вт}$$

Порівняємо теплоту концентрування з теплом, затраченим на випарювання води в другому корпусі:

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2, \quad (2.34)$$

де r_2 – теплота конденсації пари другого корпусу, Дж/кг К;

$$Q_2 = 0,00496 \cdot 2157 \cdot 10^3 = 10\,698 \text{ Вт}.$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

Це набагато більше, ніж теплота концентрування, тому в рівняннях теплового балансу теплоту концентрування можна не враховувати [16].

$$Q_1 = D \cdot (I_{Г1} - I_{к1}) = 1,03 [G_{п} \cdot c_{вих} \cdot (t_{к1} - t_{п}) + W_1 (I_{вт1} - c_{к1} \cdot t_{к1})] \quad (2.35)$$

$$Q_1 = D \cdot (2768 \cdot 10^3 - 565,2 \cdot 10^3) = 1,03 \cdot [0,02209 \cdot 3,1484 \cdot 10^3 \cdot (149,1 - 147,1) + W_1 (2732 \cdot 10^3 - 4,19 \cdot 10^3 \cdot 153,8)]$$

$$Q_2 = W_1 \cdot (I_{Г2} - i_{к2}) = 1,03 [(G_{п} - W_1) \cdot c_{к1} \cdot (t_{к2} - t_{к1}) + W_2 (I_{вт2} - c_{в} \cdot t_{к2})], \quad (2.36)$$

$$Q_2 = W_1 \cdot (2735,6 \cdot 10^3 - 393,9 \cdot 10^3) = 1,03 [(0,02209 - W_1) \cdot 2,882 \cdot 10^3 \cdot (118,3 - 149,1) + W_2 (2669,2 \cdot 10^3 - 4,19 \cdot 10^3 \cdot 118,3)],$$

$$0,00946 = W_1 + W_2$$

$$W_1 = 0,0041 \text{ кг/с} \quad W_2 = 0,00536 \text{ кг/с} \quad D = 0,0045 \text{ кг/с}$$

$$Q_1 = 0,0045 \cdot 2202,8 \cdot 10^3 = 9,91 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 0,0041 \cdot 2341,7 \cdot 10^3 = 9,6 \text{ кВт}$$

6. Визначення коефіцієнтів теплопередачі

Вибираємо конструкційний матеріал, стійкий у середовищі розчину NaNO_3 в інтервалі зміни концентрації від 40 до 70 % і температур від 110 до 160 °С. В цих умовах хімічно стійкою є сталь марки X18H10T; її теплопровідність $\lambda = 16,4$, Вт/(м·К) [15].

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо за рівнянням :

$$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.37)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від пари, що конденсується, до стінки, Вт/м² · К; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до киплячого розчину, Вт/м² · К; $\sum \frac{\delta}{\lambda}$ – сума термічних опорів стінки і забруднень, м² · К/Вт [17].

Приймаємо, що сумарний термічний супротив дорівнює термічному супротиву стінки $\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} (r_1)$ та накипу $\frac{\delta_{н}}{\lambda_{н}} (r_2)$ та дорівнює 1/5800 [16].

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$\Sigma \frac{\delta}{\lambda} = r_1 + \frac{\delta}{\lambda} + r_2 \quad (2.38)$$

$$\Sigma \frac{\delta}{\lambda} = 0,002/16,4 + 0,0005/3,05 = 4,66 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

а. Коефіцієнт тепловіддачі від пари, що конденсується, до стінки

Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації водяної пари на пучку вертикальних труб визначаємо за формулою [17],

$$\alpha_1 = 1,12 \lambda_1 \left(\frac{\rho_1 * r_1 * g}{\mu_1 * H} \right)^{1/3} * q^{-1/3} \quad (2.39)$$

де r_1 – теплота конденсації гріючої пари, $r_1 = 2093$ кДж/кг. λ_1, ρ_1, μ_1 – теплопровідність, густина і в'язкість води при температурі конденсації пари $t_{r1} = 158,8^\circ\text{C}$. $\lambda_1 = 0,683$ Вт/м·К; $\rho_1 = 908,8$ кг/м³; $\mu_1 = 0,1758 \cdot 10^{-3}$ Па·с [17].

$$\alpha_1 = 1,12 * 0,683 \left(\frac{908^2 * 2093 * 10^3 * 9,81}{0,1758 * 10^{-3} * 6} \right)^{1/3} * q^{-1/3}$$

$$\alpha_1 = 1,70385 * 10^5 * q^{-\frac{1}{3}} = A * q^{-\frac{1}{3}}$$

б.2. Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до киплячого розчину

$$\alpha_2 = b \left(\frac{\lambda_2^2 * \rho_2}{\mu_2 * \sigma * T_k} \right)^{1/3} * q^{\frac{2}{3}} = B * q^{0,67} \quad (2.4)$$

де λ_2, ρ_2, μ_2 – теплопровідність, густина і в'язкість розчину при концентрації $X_1 = 50,2\%$ і температурі $t_{k1} = 149,1$ °С; $\rho_2 = 1277$ кг/м³, $\mu_2 = 0,530 \cdot 10^{-3}$ Па·с, $\lambda_2 = 0,6645$ Вт/м·К [18]; σ – поверхневий натяг розчину при концентрації $X_1 = 50,2\%$ і температурі $t_{k1} = 149,1^\circ\text{C}$; $\sigma_1 = 79,8 \cdot 10^{-3}$ Н/м [17].

$$T_k = T_0 + t_{k1} = 273 + 149,1 = 421,1 \text{ К}, \quad (2.41)$$

Коефіцієнт b дорівнює ($\rho_n = 2,78$ кг/м³) [17]:

$$b = 0,075 + 0,75 * \left(\frac{\rho_n}{\rho_p - \rho_n} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.42)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$b = 0,075 + 0,75 * \left(\frac{2,7}{1273 - 2,7} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,0873$$

$$\alpha_1 = 0,0873 \left(\frac{0,6645^2 * 1277}{0,530 * 10^{-3} * 79,8 * 10^{-3} * 426,8} \right)^{\frac{1}{3}} * q^{\frac{2}{3}} = 2,65 * q^{0,67}$$

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{1,7038 * 10^5} q^{-\frac{1}{3}} + 4,66 * 10^{-4} + \frac{1}{2,65} * q^{0,67}}$$

З основного рівняння теплопередачі і рівняння адитивності термічних опорів випливає, що

$$\frac{1}{K} = \frac{\Delta t_{\text{кор}}}{q} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (2.43)$$

Позначивши питомий тепловий потік у першому корпусі $Y_1=f(q)$, одержимо рівняння відносно невідомого питомого теплового потоку в першому корпусі:

$$Y = f(q) = \frac{1}{A} q^{4/3} + \left(\sum \frac{\delta}{\lambda} \right) q + \frac{1}{B} q^{0,33} - \Delta t_{\text{кор}} \quad (2.44)$$

Питомий тепловий потік у першому корпусі визначається з виразу:

$$q_l = K_l \cdot \Delta t_{kl}, \quad (2.45)$$

де $\Delta t_{kl} = 9,7 \text{ }^\circ\text{C}$ – корисна різниця температур у першому корпусі.

Тоді:

$$Y_1 = [1/(1,7038 \cdot 10^5)] \cdot 10^{-5} \cdot q^{1,33} + 4,66 \cdot 10^{-4} \cdot q + (1/2,65) \cdot q^{0,33} - 9,7. \quad (2.46)$$

Задаємося деякими значеннями питомого теплового навантаження, підставляємо їх в отримане вище рівняння і визначаємо відповідні значення Y :

– при $q = 10000 \text{ Вт/м}^2$:

$$[1/(1,7038 \cdot 10^5)] \cdot 10^{-5} \cdot q^{1,33} = 0,5869 \cdot 10^{-5} \cdot 10000^{1,33} = 1,22$$

$$4,66 \cdot 10^{-4} \cdot q = 4,66 \cdot 10^{-4} \cdot 10000 = 4,66$$

$$(1/2,65) \cdot q^{0,33} = 0,3671 \cdot 10000^{0,33} = 7,9$$

$$Y_1 = 1,22 + 4,66 + 7,9 - 9,7 = 4,08.$$

– при $q = 20000 \text{ Вт/м}^2$:

$$[1/(1,7038 \cdot 10^5)] \cdot 10^{-5} \cdot q^{1,33} = 0,5869 \cdot 10^{-5} \cdot 20000^{1,33} = 3,08$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$4,66 \cdot 10^{-4} \cdot q = 4,66 \cdot 10^{-4} \cdot 20000 = 9,32$$

$$(1/2,65) \cdot q^{0,33} = 0,3671 \cdot 20000^{0,33} = 9,91$$

$$Y_1 = 3,08 + 9,32 + 9,91 - 9,7 = 12,61 [26].$$

Таблиця 2.14

Залежність величини Y від питомого теплового навантаження в першому корпусі

q , Вт/м	Y
10 000	4,08
20 000	12,61

За отриманими даними (табл. 2.14) будемо графік залежності величини Y від питомого теплового навантаження q . Після з'єднання двох точок отримуємо лінію, яка перетинає вісь теплового навантаження q .

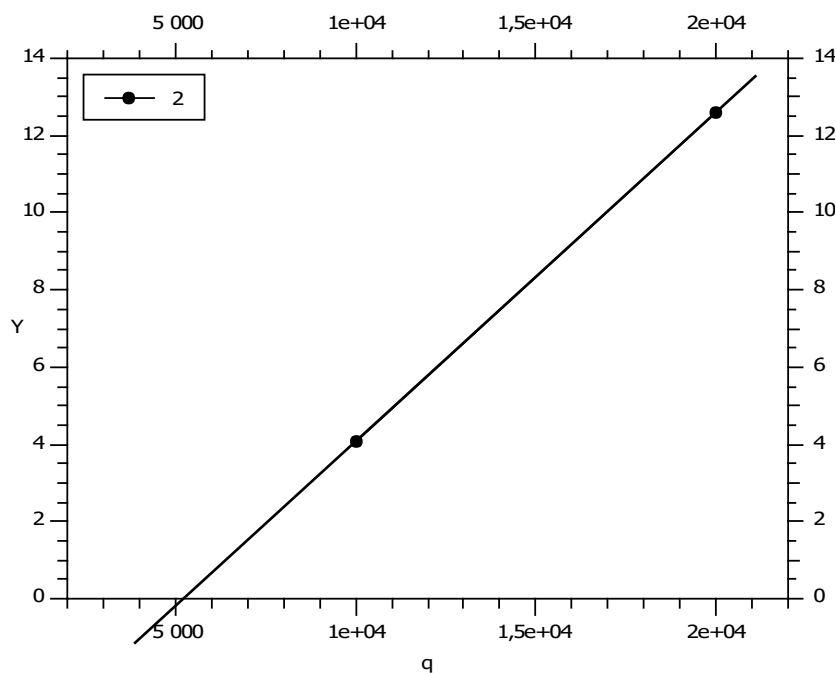


Рис.2.9. Графік залежності Y_1 від питомого теплового навантаження q_1

Точка перетину вісі теплового навантаження q з лінією на графіку визначає питоме теплове навантаження в першому корпусі. Таким чином питоме теплове навантаження в першому корпусі складе: $q_1 = 5050$ Вт/м²[26].

Коефіцієнт теплопередачі в першому корпусі складе:

$$K_1 = \frac{q_1}{\Delta t_{к1}} \quad (2.47)$$

$$K_1 = \frac{5050}{9,7} = 520,6 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Визначення коефіцієнта теплопередачі в другому корпусі

Коефіцієнт тепловіддачі від пари, що конденсується, до стінки

Фізичні властивості конденсату гріючої пари другого корпусу: температура гріючої пари, $t_{r2} = 133,3 \text{ }^\circ\text{C}$; r – теплота конденсації гріючої пари, $r = 2157 \text{ кДж/кг}$; λ_1 , ρ_1 , μ_1 – теплопровідність, густина і в'язкість конденсату (води) в другому корпусі при температурі конденсації пари $t_{r2}=133,3 \text{ }^\circ\text{C}$. $\rho_1=932 \text{ кг/м}^3$; $\mu_1=0,220 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\lambda_1=0,686 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ [17].

З формули знаходимо коефіцієнт тепловіддачі при конденсації водяної пари на пучку вертикальних труб у другому корпусі:

$$\alpha_1 = 1,12 * 0,686 \left(\frac{932^2 * 2157 * 10^3 * 9,81}{0,220 * 10^{-3} * 6} \right)^{\frac{1}{3}} * q^{-\frac{1}{3}} = 1,63 * 10^5 * q^{-\frac{1}{3}}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до киплячого розчину

Фізичні властивості розчину в другому корпусі:

концентрація розчину $X_2=70\%$; λ_2 , ρ_2 , μ_2 – теплопровідність, густина і в'язкість розчину при концентрації $X_2=70\%$ і температурі $t_{к2}=118,3 \text{ }^\circ\text{C}$; $\rho_2 = 1462,6 \text{ кг/м}^3$; $\mu_2 = 1,4 \cdot 10^{-3}$; $\lambda_2=0,629 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ [18]; σ_2 – поверхневий натяг розчину при концентрації $X_1=70\%$ і температурі $t_{к2}=128 \text{ }^\circ\text{C}$; ; $\sigma_2 = 67,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$; $\rho_{п}=1,78 \text{ кг/м}^3$ (при тиску $P_2=0,34$) [17].

$$T_{к2}=T_0+t_{к2}, \quad (2.48)$$

$$T_{к2}=273+118,3=391,3.$$

Знаходимо коефіцієнт b :

$$b = 0,075 + 0,75 * \left(\frac{\rho_{п}}{\rho_{р} - \rho_{п}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.49)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$b = 0,075 + 0,75 * \left(\frac{1,78}{1462,6 - 1,78} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,083$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі від стінки до киплячого розчину в другому корпусі:

$$\alpha_2 = 0,083 \left(\frac{0,629^2 * 1462,6}{1,4 * 10^{-3} * 67,8 * 10^{-3} * 391,3} \right)^{\frac{1}{3}} * q^{\frac{2}{3}} = 2 * q^{0,67}$$

Згідно з рівнянням визначаємо коефіцієнт теплопередачі в другому корпусі визначаємо:

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{1,63 * 10^5} q^{-\frac{1}{3}} + 4,66 * 10^{-4} + \frac{1}{2} * q^{0,67}}$$

Питоме теплове навантаження в другому корпусі визначаються за виразом:

$$q_2 = K_2 \cdot \Delta t_{k2}, \quad (2.50)$$

де $\Delta t_{k2} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ – корисна різниця температур між паром і киплячим розчином в другому корпусі, тоді :

$$Y = 0,61 \cdot 10^{-5} \cdot q^{1,33} + 4,66 \cdot 10^{-4} q + 0,5 \cdot q^{0,33} - 15. \quad (2.51)$$

Задаємося деякими значеннями питомого теплового навантаження, підставляємо їх в отримане вище рівняння і визначаємо відповідні значення Y:

– при $q = 30000 \text{ Вт/м}^2$:

$$0,61 \cdot 10^{-5} \cdot 30000^{1,33} = 5,49$$

$$4,66 \cdot 10^{-4} \cdot 30000 = 13,98$$

$$0,5 \cdot 30000^{0,33} = 15,01$$

$$Y_2 = 5,49 + 13,98 + 15,01 - 15 = 19,48$$

– при $q = 50000 \text{ Вт/м}^2$:

$$0,61 \cdot 10^{-5} \cdot 50000^{1,33} = 10,83$$

$$4,66 \cdot 10^{-4} \cdot 50000 = 23,3$$

$$0,5 \cdot 50000^{0,33} = 17,8$$

$$Y_2 = 10,83 + 23,3 + 17,8 - 15 = 36,93 \text{ [26].}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

Отримані значення заносимо в таблицю 2.15.

Таблиця 2.15

Залежність величини Y від питомого теплового навантаження в другому корпусі

q , Вт/м	Y
30 000	19,48
50 000	36,93

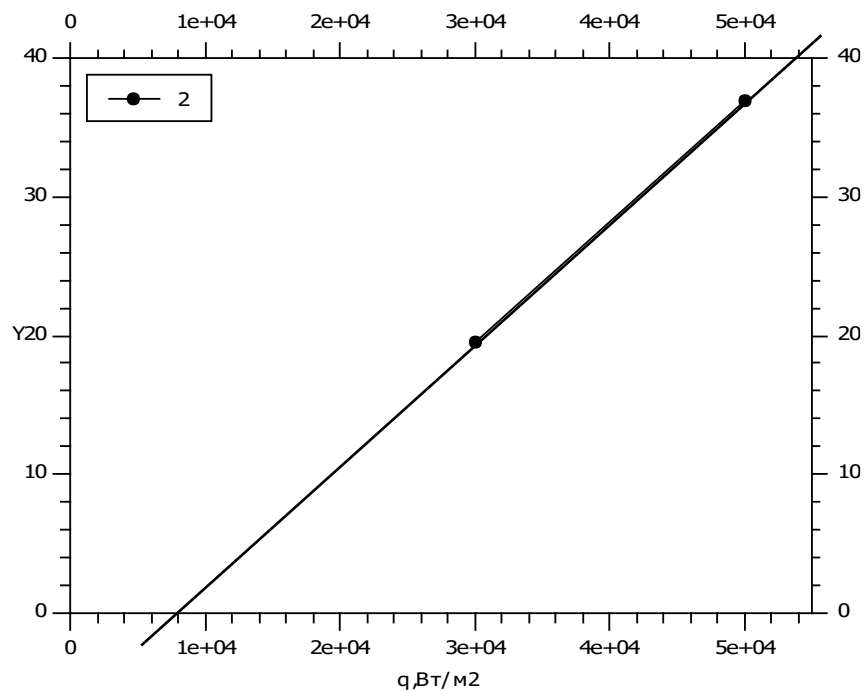


Рис.2.10. Графік залежності Y_2 від питомого теплового навантаження q_2

Точка перетину вісі теплового навантаження q з лінією на графіку визначає питоме теплове навантаження в другому корпусі. Таким чином питоме теплове навантаження в першому корпусі складе: $q_2 = 7950 \text{ Вт/м}^2$ [26].

Коефіцієнт теплопередачі в першому корпусі складе:

$$K_2 = \frac{q_2}{\Delta t_{K2}} \quad (2.52)$$

$$K_2 = \frac{7950}{15} = 530 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

7. Розподіл корисної різниці температур по корпусах

Розподіл корисної різниці робимо з умови рівної поверхні нагрівання в корпусах за формулою[19]:

$$\Delta t_{к(i)} = \Sigma \Delta t_i \frac{\frac{Q_i}{K_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{K_i}} \quad (2.53)$$

– для першого корпусу:

$$\Delta t_{к1} = 24,7 \frac{\frac{9,91}{520,6}}{\frac{9,91}{520,6} + \frac{9,6}{530}} = 12,7^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{к2} = 24,7 \frac{\frac{9,6}{530}}{\frac{9,91}{520,6} + \frac{9,6}{530}} = 12^\circ\text{C}$$

Тоді сумарна корисна різниця складе:

$$\Sigma \Delta t_{к} = \Delta t_{к1} + \Delta t_{к2}, \quad (2.54)$$

$$\Sigma \Delta t_{к} = 12,7 + 12 = 24,7^\circ\text{C}$$

Параметри розчинів і пари по корпусах наведені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

Параметри розчинів і пари по корпусах

Параметр	1	2	Конденсатор
Продуктивність за випареною водою, W, кг/с	0,00450	0,00496	
Концентрація розчину, X мас. %	50,2	70	
Тиск гріючої пари, P МПа	0,6	0,34	0,08
Температура гріючої пари, t°С	158,8	133,3	93
Температурні втрати, ΣΔ, °С	13,2	19,8	
Температури кипіння розчинів, t°С	149,1	118,3	
Корисна різниця температур, Δtк °	12,7	12	
Витрата гріючої пари, D, кг/с	0,0047		

Коефіцієнт теплопередачі, $K, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	520,6	530	
Кількість переданого тепла, $Q, \text{кВт}$	9,91	9,6	

8. Визначення поверхні теплопередачі в корпусах

Поверхню теплопередачі визначаємо з рівняння теплопередачі за формулою [19]:

$$F = \frac{Q}{K * \Delta t_k} \quad (2.55)$$

Тоді поверхня теплопередачі в корпусах складатиме:

$$F_1 = \frac{9,91 * 10^3}{520,6 * 12,7} = 1,5 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{9,6 * 10^3}{530 * 12} = 1,5 \text{ м}^2$$

За Держстандартом 11984-81 вибираємо випарний апарат із вимушеною циркуляцією і винесеною нагрівальною камерою, тип 2, виконання 1 з поверхнею теплопередачі $F=25 \text{ м}^2$, висотою трубок $H=6 \text{ м}$, діаметром нагрівальної камери $D=400 \text{ мм}$, діаметром сепаратора $D_1 = 1000 \text{ мм}$, діаметром циркуляційної труби $D_{\text{ц}}=200 \text{ мм}$ і діаметром кип'ятильних трубок $d = 38 \times 2 \text{ мм}$.

Складаємо тепловий баланс підігрівача:

$$Q_{\text{п}} = G_{\text{п}}(I_{\text{п}} - I_{\text{к}}) = G_{\text{п}} \cdot c_{\text{вих}}(t_{\text{сер1}} - t_{\text{п}}). \quad (2.56)$$

Гріючу пару використовуємо з тими ж параметрами, що й у першому корпусі:

- $t_{\text{г.п}} = 158,58 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура гріючої пари в 1 корпусі;
- $I_{\text{п1}} = 2768 \text{ кДж/кг}$ – ентальпія гріючої пари в 1 корпусі;
- $I_{\text{к1}} = 671 \text{ кДж/кг}$ – ентальпії конденсату гріючої пари 1 корпусу;
- $c_{\text{вих}} = 3148,4 \text{ Дж/кг}$ – теплоємність розчину;
- $t_{\text{п}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ – початкова температура розчину;
- $t_{\text{сер1}} = 135,9 \text{ }^\circ\text{C}$ – середня температура кипіння в 1 корпусі.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$G_{\text{підігр.}} = \frac{G_{\text{п}} c_{\text{вих}} (t_{\text{к}} - t_{\text{п}}) * 1,03}{I_{\text{п}} - I_{\text{к}}} \quad (2.57)$$

$$G_{\text{підігр.}} = \frac{0,02209 * 3,15 * (149,1 - 70) * 1,03}{2768 - 671} = 0,0026 \text{ кг/с} \quad (2.58)$$

2.6.3. Конструктивний розрахунок

1. Визначення кількості кип'ятильних труб у випарному апараті

$$n = \frac{F}{\pi * d_{\text{сер}} * l} \quad (2.59)$$

$$n = \frac{25}{3,14 * 0,034 * 6} = 39 \text{ шт}$$

де $d_{\text{сер}}$ – середній діаметр трубки, 38×2 мм; $l = H$ – висота трубок, $l = 6$ м [19].

Число труб по діагоналі шестикутника складе:

$$b = 2 \sqrt{\frac{n - 1}{3} + 0,25} \quad (2.60)$$

$$b = 2 \sqrt{\frac{39 - 1}{3} + 0,25} = 7 \text{ шт}$$

2. Внутрішній діаметр гріючої камери другого корпусу при розміщенні труб по вершинам рівносторонніх трикутників

$$D_{\text{к}} = \sqrt{1,27 \cdot \sin \alpha \cdot t^2 \cdot n / \varphi} \quad (2.61)$$

де $\sin \alpha = \sin 60^\circ = 0,866$; $t = 1,25 \cdot d_3$ – шаг між трубами, м; $\varphi = 0,8$ – коефіцієнт використання трубної ґратки; n – кількість труб [19].

$$t = 1,25 \cdot 0,038 = 0,0475 \text{ м}$$

$$D_{\text{к}} = \sqrt{1,27 \cdot 0,866 \cdot 0,0475^2 \cdot 39 / 0,8} = 0,347 \text{ м}$$

Приймаємо $D_{\text{к}} = 0,425$ м.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

3. Визначення внутрішнього діаметру циркуляційної труби [19]:

$$D_{ц} = \sqrt{(0,9 \div 1,5) \cdot d_{вн}^2 \cdot n} \quad (2.62)$$

$$D_{ц} = \sqrt{1 \cdot 0,034^2 \cdot 39} = 0,212 \text{ м}$$

4. Визначення діаметра сепараційного простору

Напруга парового простору, що допускається складе:

$$W' = f_1 \cdot f_2 \cdot W'_{ат} \quad (2.63)$$

де f_1 – коефіцієнт, який залежить від тиску; при тиску $P_1=0,8$ МПа $f_1=4,5$; f_2 – коефіцієнт, який залежить від рівня розчину над точкою введення парорідинної суміші в сепаратор, при $H_{ж} = 0,2$ $f_2 = 0,51$; $W'_{ат}$ – напруга парового простору для розчинів, що киплять при $P=0,1$ МПа, $W'_{ат} = 1000$ кг/м³ · год [19].

Тоді вираз набуває вигляду

$$W' = 4,5 \cdot 0,51 \cdot 1000 = 2295 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{год}$$

$$\text{або } W' = 0,6375 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{с.}$$

Обсяг парового простору визначаємо згідно з виразом:

$$V_c = \frac{W_1}{W} \quad (2.64)$$

де W_1 – кількість вторинної пари першого корпусу, $W_1=0,00450$ кг/с.

$$V_c = \frac{0,00450}{0,6375} = 0,007 \text{ м}^3$$

Припустима швидкість пари в сепараторі $\omega_{п} = 5$ м/с, тоді діаметр обичайки сепаратора складе [19]:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot W_1 V_{п}}{\pi \cdot \omega_{п}}} \quad (2.65)$$

де $V_{п}$ – питомий об'єм вторинної пари при $T_{вт1}=134,3^{\circ}\text{C}$, $V_{п}=0,598$ м³/кг.

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00450 \cdot 0,598}{3,14 \cdot 5}} = 0,026 \text{ м}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

Згідно ГОСТ 11987-81 приймаємо діаметр сепараційного простору $D_c = 0,900$ м.

Уточнюємо швидкість пари в сепараторі [19]:

$$\omega_{\text{п}} = \sqrt{\frac{W_1 * V_{\text{п}}}{0,785 * D_c^2}} \quad (2.66)$$

$$\omega_{\text{п}} = \sqrt{\frac{0,0045 * 0,598}{0,785 * 0,9^2}} = 2 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса для пари [19]:

$$Re = \frac{w_{\text{п}} * d_{\text{к}} * \rho_{\text{п}}}{\mu_{\text{п}}} \quad (2.67)$$

де $\mu_{\text{п}}$ – динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі $t_{\text{вт1}}=134,3^{\circ}\text{C}$, $\mu_{\text{п}} = 0,014 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $d_{\text{к}}$ – діаметр краплі рідини, приймаємо $d_{\text{к}} = 0,0006$ м.; $\rho_{\text{п}}$ – густина пари при температурі $t_{\text{вт1}}=134,3^{\circ}\text{C}$, $\rho_{\text{п}} = 1,688$ кг/м³ [17].

$$Re = \frac{2 * 0,0006 * 1,688}{0,014 * 10^{-3}} = 144,68$$

При $Re < 500$ коефіцієнт опору [20]:

$$\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad (2.68)$$

$$\xi = \frac{18,5}{144,68^{0,6}} = 0,93$$

Швидкість витання краплі складе:

$$w_{\text{внт}} = \sqrt{\frac{4 * 9,81(\rho_{\text{р}} - \rho_{\text{п}}) * d_{\text{к}}}{3 * \xi * \rho_{\text{п}}}} \quad (2.69)$$

де $\rho_{\text{р}}$ – густина розчину у другому корпусі при $X=70\%$ і $t_{\text{р2}}=133,3^{\circ}\text{C}$; $\rho_{\text{п}}$ – густина пари при $t_{\text{р2}}=133,30^{\circ}\text{C}$, $\rho_{\text{п}} = 1,62$ кг/м³ [18].

$$w_{\text{внт}} = \sqrt{\frac{4 * 9,81(1545 - 1,62) * 0,0006}{3 * 0,93 * 1,62}} = 2,715 \text{ м/с}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

Швидкість руху пари менше швидкості витання краплі, отже відділення крапель розчину від пари в сепараторі забезпечена [19].

4. *Визначення висоти сепараційного простору*[19]:

$$H_c = 4V_c / (\pi D_c^2) \quad (2.70)$$

$$H_c = 4 * 0,007 / (3,14 * 0,9^2) = 0,0109 \text{ м}$$

Приймаємо висоту сепараційного простору $H_c = 1 \text{ м}$ [24].

В результаті виконаних розрахунків отримані наступні розміри випарного апарата:

Діаметр гріючої камери $D_k = 425 \text{ мм}$;

Діаметр сепаратора $D_1 = 900 \text{ мм}$;

Діаметр циркуляційної труби $D_{ц} = 212 \text{ мм}$;

Діаметр кип'ятильних трубок $d = 38 \times 2 \text{ мм}$;

Довжина кип'ятильних трубок $L = 6 \text{ м}$;

Кількість трубок $n = 39$.

6. *Визначення діаметрів штуцерів*

Діаметри штуцерів для підведення та відведення теплоносіїв визначаємо з рівняння витрати відповідно до формули :

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\rho \omega}} \quad (2.71)$$

де G – витрата теплоносія, кг/с ; ρ – густина теплоносія, кг/м^3 ;
 ω – швидкість руху теплоносія в штуцері, м/с [19].

6.1. *Діаметр штуцера для підведення гріючої пари*

де $G_{п}$ – витрата гріючої пари, $G_{п} = D = 0,0047 \text{ кг/с}$; $\rho_{п}$ – густина гріючої пари, $\rho_{п} = 3,04 \text{ кг/м}^3$, при тиску $P_1 = 0,6 \text{ МПа}$; $\omega_{п}$ – швидкість руху гріючої пари у штуцері приймаємо, $\omega_{п} = 20 \text{ м/с}$ [17].

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0,0047}{3,14 * 3,04 * 20}} = 0,001 \text{ м}$$

6.2. *Діаметр штуцера для відведення конденсату гріючої пари*

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\pi \rho_k \omega_k}} \quad (2.72)$$

Швидкість руху конденсату в штуцері приймаємо $\omega = 0,5$ м/с. Густина конденсату $\rho = 908,2$ кг/м³ при температурі конденсації пари $t_{r1}=158,8$ °С [17].

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0,0047}{3,14 * 908,2 * 0,5}} = 0,0036 \text{ м}$$

6.3. *Діаметр штуцера підводу розчину на випарювання:*

$$d_3 = \sqrt{\frac{4G_{\text{пр}}}{\pi \rho_{\text{пр}} \omega_{\text{пр}}}} \quad (2.73)$$

де $G_{\text{пр}}$ – продуктивність випарної установки, $G_{\text{пр}}=0,02209$ кг/с; $\rho_{\text{пр}}$ – густина вихідного розчину з концентрацією $X=40\%$ при температурі $t=70^\circ\text{C}$ [18]; $\omega_{\text{пр}}$ – швидкість руху розчину в штуцері приймаємо $\omega_{\text{пр}} = 0,5$ м/с [17].

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 * 0,02209}{3,14 * 1275 * 0,5}} = 0,006 \text{ м}$$

6.4. *Діаметр штуцера для відведення упареного розчину:*

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 * (G_{\text{п}} - W_1)}{3,14 * \rho_k * \omega_1}} \quad (2.74)$$

де $G_{\text{п}}$ – продуктивність випарної установки, $G=0,02209$ кг/с; W_1 – продуктивність випарної установки за 1 корпусом, $W_1=0,00450$ кг/с; ρ_k – густина конденсату при температурі конденсації пари $t_{r1}=158,8$ °С, $\rho = 908,2$ кг/м³; ω – швидкість руху розчину в штуцері, $\omega = 0,5$ м/с [17].

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 * (0,02209 - 0,00450)}{3,14 * 908,2 * 0,5}} = 0,007 \text{ м}$$

6.5. *Діаметр штуцера для виходу вторинної пари*

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$d_5 = \sqrt{\frac{4 * W_1}{3,14 * \rho_{BT} * \omega_{BT}}} \quad (2.75)$$

де W_1 – продуктивність випарної установки за 1 корпусом, $W_1=0,00450$ кг/с; ω_{BT} – швидкість руху вторинної пари у штуцері, $\omega_{BT} = 20$ м/с; ρ_{BT} – густина вторинної пари, $\rho_{BT}=1,78$ кг/м³ $P_{BT1}=0,34$ МПа [17].

$$d_5 = \sqrt{\frac{4 * 0,00450}{3,14 * 1,78 * 20}} = 0,012 \text{ м}$$

На основі визначених діаметрів обираємо стандартні діаметри штуцерів $d_1 = 150$ мм; $d_2 = 32$ мм; $d_3 = 50$ мм; $d_4 = 40$ мм; $d_5 = 200$ мм. [24]

7. Вибір днища апарата

Днище нагрівальної камери приймаємо конічним невідбортованим за ГОСТ 12620-78, з внутрішнім базовим діаметром 426 мм. [21] . Ескіз днища наведений на рис. 2.11, а з'єднувальні розміри в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17.

Характеристики днища

Розміри, мм			F, м ²	V, м ³	Маса, кг
D _з	h _з	S			
426	369	4	0,27	0,017	8,8

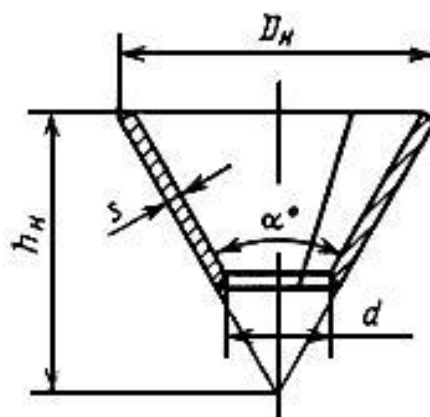


Рис. 2.11. Конічне необортоване днище з зовнішніми базовими розмірами

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

8. Вибір фланців до штуцерів

За умовними діаметрами штуцерів за Держстандартом 1255-67 підбираються до них фланці сталеві плоскі, приварні зі сполучним виступом і їх з'єднувальні розміри заносимо в таблицю 2.18. Ескіз фланця наведений на рис. 2.12 [27].

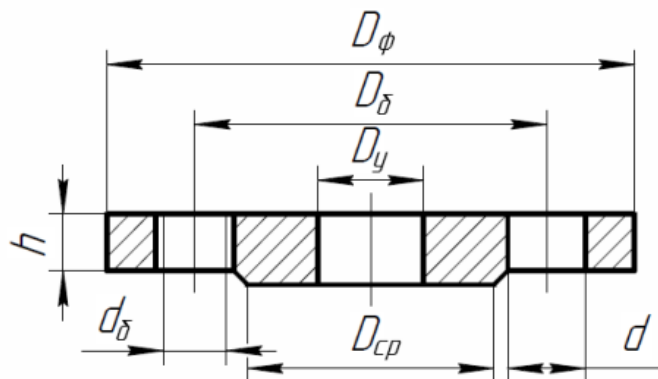


Рис. 2.12. Ескіз фланця

Таблиця 2.18.

Характеристики фланців, сталевих, плоских, приварних, зі сполучним виступом

R _y , Мпа	d _y , мм	d _з , мм	D _φ , мм	D _б , мм	D ₁ , мм	Болти		ГОСТ 1255-67	
						d _б ,мм	z,шт	h,мм	M,кг
0,6	32	38	120	90	70	12	4	13	1,01
0,6	40	45	130	100	80	12	4	13	1,21
0,6	50	57	140	110	90	12	4	13	1,33
0,6	150	159	260	225	202	16	8	17	4,39

2.7. Опис апаратурно-технологічної схеми

Повітря із атмосфери по трубопроводу 3 потрапляє у комбінований апарат для очищення повітря 2, який зрошується водою 1. Аміак із газгольдера

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

по трубопроводу **11** потрапляє у тканинний фільтр для очищення **1**. Після чого аміак та повітря, змішуючись утворюють аміачно-повітряну суміш **28**.

АПС заходить у вентилятор **3**, який направляє суміш у кожухотрубний теплообмінник **4**. У теплообміннику суміш нагрівається і далі подається по трубопроводу **28** на картонний фільтр **5**. Після фільтру суміш подається у контактний апарат з платиновим каталізатором **6**. У апараті відбувається окиснення АПС до нітрозних газів при температурі 800°C та атмосферного тиску.

Далі нітрозні гази по трубопроводу **29** направляються у котел-утилізатор **7**, який зрошується хімічно чистою водою **43** від позиції **34**. У апараті відбувається охолодження газів до температури $240\text{-}270^{\circ}\text{C}$. Пара, яка виникає, відводиться з апарату трубопроводом **2** до позиції **25**.

Охолоджені нітрозні гази **29** направляються у абсорбційну колону **8** для лужного поглинання, куди трубопроводом **47** направляється гідроксид натрію. У апараті відбувається циркуляція та охолодження розчину через насос **9** та теплообмінник **10**. Утворений нітрит-нітратний розчин **32** насосом **11** направляється у збірник **12**.

Далі нітрит-нітратний розчин **32** через насос **13** подається на підігрів у теплообмінник **14**, нагрівання розчину в якому відбувається за рахунок подачі гарячої пари **2**. Після чого розчин подається на план-фільтр **15**, у якому підтримується вакуум за допомогою насоса **16**. Потім фільтрат **33** направляється у збірник відфільтрованого розчину **17**. Зі збірника насосом **18** фільтрат подається у інверсійну колону **19** для перетворення нітрита в нітрат під дією азотної кислоти **12**. Оксиди азоту, які утворюються, **30** видаляються та направляються у абсорбційну колону **8** для повторення циклу. Для обігріву інверсійної колони **18** та перемішування розчину використовується гаряча пара **2** та повітря **3**. Після закінчення інверсії розчин нейтралізують кальцинованою содою **31** у нейтралізаторі **20** до рН 8-10. Вуглекислий газ **44**, який при цьому

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

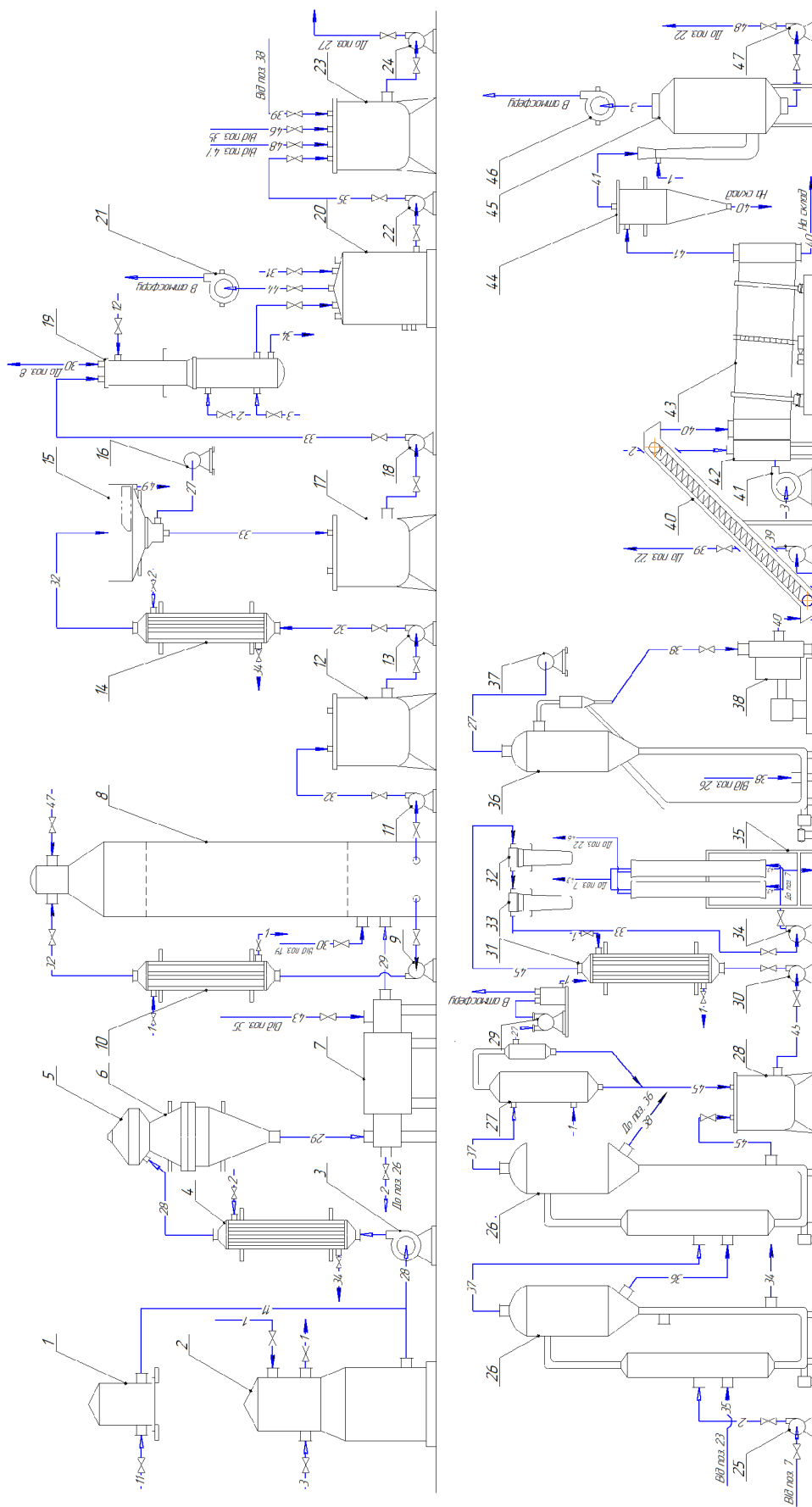


Рис.2.12. Апаратурно-технологічна схема

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Стр.
70

видувається вентилятором **21** у атмосферу. Після чого нейтралізований розчин **35** подається насосом **22** до збірника інвертованого розчину **23**.

Насосом **24** нейтралізований розчин **35** подається у випарний апарат **26**, де випарюється до концентрації нітрату 70%. Також у апарат насосом **25** подається пара відпозиції **7**. Конденсат відводиться трубопроводом **34**. Трубопроводом **37** вторинна пара та упарений розчин **36** подаються у наступний корпус випарного апарату **26**. утворюється

Вторинна пара трубопроводом **37** подається у барометричний конденсатор **27**, до якого під'єднується вода **1**. Пара конденсується і надходить трубопроводом **35** у збірник конденсату **28**. Тиск у апараті підтримується за допомогою вакуум-насоса **29**.

Конденсат зі збірника насосом **30** подається у теплообмінник **31**, де охолоджується до 30°C. Далі трубопроводом **45** конденсат подається на картриджні фільтри **32** та **33**, де очищається від часток розміром в 15 та 5 мікрон відповідно. Після фільтрування фільтрат трубопроводом **33** за допомогою насоса **34** подається в установку зворотнього осмосу **35**. Звідси концентрат **46** направляється до позиції **23** для рециклу. Від установки пермеат трубопроводом **43** направляється до котла-утилізатора **7** для зрошування установки.

Після випарювання отримана суспензія **38** подається до кристалізатора **36**. Кристалізація відбувається за температури 40-45°C. Після кристалізатора суспензія подається у центрифугу **38**, де розділяється на маточний розчин **39** та кристали нітрату натрію **40**. Насосом **39** маточний розчин подається у збірник **22** для подальшого випарювання. Нітрат натрію **40** елеватором **40** подається у сушильний барабан **43**. У середину барабану подається вентилятором **41** повітря **3** через калорифер **42**, обігріваний паром **2**. Сушиться нітрат при температурі 90-95°C. Після сушіння нітрат натрію **40** подається на склад. Запилене повітря **41** подається у циклон **44** для вловлювання мікрокристалів солі, які

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

трубопроводом **40** також податися на склад. З циклону повітря потрапляє у скубер Вентурі **45** , зрошуваний водою **1**. У апараті відбувається очищення запиленого повітря **41**. Очищене повітря **3** вентилятором **46** відводиться у атмосферу. А утворений розчин підскуберна рідина **48** насосом **47** знову на випарювання

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1. Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати-довгострокові витрати, що амортизуються впродовж часу згідно з правилами податкового управління. Прибуток покриває ці витрати. Склад витрат потрібен для правильного формування ціни продукції.

Витрати на придбання і монтаж обладнання з урахуванням митного збору визначаються по митним преїскурантам, в яких вказуються оптові ціни на обладнання із урахуванням вартості монтажу, транспортно-заготівельних та складських витрат.

Таблиця 3.1.

Витрати виробництва

№	Назва устаткування	Кількість, шт.	Оптова ціна за 1 шт., тис. грн.	Витрати на придбання устаткування, тис. грн.	Транспортні витрати, тис. грн.	Витрати на монтаж, тис. грн.	Первісна вартість, тис. грн.
1	Вакуум-випарний апарат	2	40.000	80.000	3.400	3.600	87.000
2	Тканинний фільтр	1	5.000	5.000	0.300	0.500	5.800
3	Апарат очистки повітря	1	10.000	10.000	0.700	0.800	11.500
4	Вентилятор	4	4.500	18.000	1.200	0.800	20.000
5	Кожухотрубний теплообмінник	4	18.000	72.000	1.500	1.800	75.300
6	Контактний апарат	1	45.000	45.000	1.800	1.800	48.600

ННІХТ.4-16.020.161.075.ДП.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ
ОБҐРУНТУВАННЯ

Літ.	Арк.	Акрушів
73	100	100

НУХТ. Каф. ТЖХТДКЗ

Продовження таблиці 3.1.

7	Котел-утилізатор	1	25.000	25.000	1.000	0.800	26.800
8	Абсорбційна колона	1	75.000	75.000	3.500	3.500	82.000
9	Насос	10	5.000	50.000	3.000	3.000	56.000
10	Вакуум-насос	3	7.000	21.000	1.200	1.600	23.800
11	План-фільтр	1	15.000	15.000	0.800	1.000	16.800
12	Збірник	4	9.000	36.000	3.000	3.000	42.000
13	Інверсійна колона	1	20.000	20.000	1.000	1.000	22.000
14	Донейтралізатор	1	14.000	14.000	0.800	0.800	15.600
15	Барометричний конденсатор	1	12.000	12.000	1.000	0.800	13.800
16	Установка зворотнього осмосу	1	45.000	45.000	1.200	0.800	47.000
17	Вакуум-кристалізатор	1	25.000	25.000	1.500	1.700	28.200
18	Центрифуга	1	12.000	12.000	1.500	1.500	15.000
19	Елеватор	1	30.000	30.000	2.200	1.800	34.000
20	Калорифер	1	4.000	4.000	0.800	0.700	5.500
21	Сушільний барабан	1	35.000	35.000	3.000	3.000	41.000
22	Циклон	1	12.000	12.000	1.000	1.200	14.200
23	Скубер Вентурі	1	25.000	25.000	2.000	2.200	29.200
Разом						761 100 тис. грн.	

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ	Стр.
						74
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткові витрати на трубопроводи, автоматизацію та інше устаткування приймаємо в розмірі 15% від первісної вартості устаткувань:

$$761\,100 * 0.15 = 114\,165 \text{ грн}$$

Сума первісної вартості і додаткових витрат(КВП):

$$K_{\text{заг}} = 875\,265 \text{ грн}$$

3.2. Розрахунок чисельності працюючих та фонду оплати праці

Добова потужність цеху по виробництву нітрату натрію становить 1 т на добу. Цех працює по 3 зміни на добу(4 бригади).

Розрахунок чисельності та фонду заробітної плати робітників основного та допоміжного виробництва.

Таблиця 3.2.

Баланс робочого часу одного робітника

№	Елементи часу	Кількість днів
1	2	3
1	Календарний фонд роботи на сезон	365
	Святкові та вихідні дні	92
	Невиходи на роботу	13
3	Ефективний фонд часу одного робітника на сезон, днів	260
4	Середня тривалість робочого дня, год	8
5	Ефективний фонд часу одного робітника на рік, год	2080

Загальний фонд заробітної плати становитиме:

$$ЗП=(11\,000+(4*9500)+(7*9000)+(8*7300)+(20*6000))*12=3\,484\,800 \text{ грн}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

Річна заробітня плата

Посада	Чисельність	Заробітня плата, грн/міс
Директор	1	11 000
<i>Ведучі спеціалісти:</i>		
Головний інженер	1	
Головний бухгалтер	1	
Головний енергетик	1	9500
Головний технолог	1	
Всього:	4	
<i>Керівники структурних підрозділів:</i>		
Керівник виробничого цеху	2	
Начальник складового приміщення	1	9000
Керівник відділу підготовки сировини	1	
Керівник контролю якості	1	
Керівник відділу екологічної безпеки	1	
Керівник відділу охорони праці	7	
Всього:		
<i>Фахівці з вищою освітою:</i>	4	
Інженер-технолог	4	7300
Інженер-механік		
Всього:	8	

Робітники	8	
Вантажники	6	6000
Прибиральники	6	
Всього	20	

3.3. Розрахунок вартості сировини, основних та допоміжних матеріалів

Таблиця 3.4.

Розрахунок вартості сировини та допоміжних матеріалів на річний обсяг виробництва продукції

Вид сировини та основних матеріалів	Норми витрат на річний обсяг виробництва, т	Вартість 1 (тони) сировини, тис. грн.	Витрати на річний обсяг виробництва, тис. грн.
Сировина та основні матеріали			
Аміак	103,952	30,000	3 118 560
Гідроксид натрію	244,586	55,000	13 452 230
Нітратна кислота	256,814	40,000	10 272 560
Карбонат натрію	6,57	30,000	197 100
Допоміжні матеріали			
Платиновий каталізатор	13,14 г	0,700	9 198
Мішки	15,330 тис шт	0,007	107 310
Разом:			27 156 958 грн.

3.4. Розрахунок палива і енергії на технологічні цілі

Таблиця 3.5.

Розрахунок потреби та вартості енерговитрат

Вид енергії	Одиниця виміру	Норма витрат енергоресурсів на 1 т	Витрати на річний обсяг	Вартість, грн	
				одиниці ресурсу	на річний обсяг
Електроенергія	кВт	320	116 800	0,0015	175 200
Вода	м ³	200	73 000	0,02	1 460 000
Разом:				1 635 200 грн	

3.5. Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи приймаємо 22% від загального фонду заробітної плати:

$$3\,484\,800 * 0,22 = 766\,656 \text{ грн.}$$

Загальний фонд заробітної плати із соціальним відрахуванням:

$$3\,484\,800 + 766\,656 = 4\,251\,456 \text{ грн.}$$

3.6. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

Таблиця 3.6.

Розрахунок амортизаційних нарахувань та витрат на поточний та капітальні ремонти

Вид основних фондів	Амортизація		Витрати на ремонти		Витрати разом, тис. грн.
	%	Сума, грн	%	Сума, грн	
Машини і обладнання	15	131 290	5	43 763	175 053
Всього					175 053 грн

3.7. Розрахунок собівартості продукту та економічної ефективності проекту

Таблиця 3.7.

Витрати на виробництво та реалізацію продукції

№	Витрати	Сума, грн.
1	Сировина, основні та допоміжні матеріали	27 156 958
2	Транспортно-заготівельні витрати (5% сировини)	1 357 848
3	Енерговитрати	1 635 200
4	Заробітна плата	3 484 800
5	Відрахування на соціальні заходи	766 656
6	Витрати на утримання, експлуатацію обладнання	43 763
7	Амортизація	131 290
Виробнича собівартість		34 576 515

Загальновиробничі витрати (1,5 % до виробничої собівартості):

$34\,576\,515 * 0,015 = 518\,647,73$ грн

Позавиробничі витрати (0,2% до виробничої собівартості):

$34\,576\,515 * 0,002 = 69\,153$ грн.

Розрахунок економічної ефективності проекту

Витрати на вироблення продукції за рік:

$34\,576\,515 + 518\,647,73 + 69\,153 = 35\,164\,315,7$ грн.

Витрати на 1 т продукції: $35\,164\,315,7 / 365 = 96\,340,6$ грн.

Ціна 1 т продукції: $96\,340,6 * 1,4 = 134\,876,8$ грн.

Прибуток = $(134\,876,8 - 96\,340,6) * 365 = 14\,065\,713$ грн

Таким чином, в результаті проведених розрахунків, видно що підприємство є економічно вигідним.

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

Рентабельність рахується за формулою:

$$P_n = (\Pi_n - 100) / C_n \quad (3.1)$$

де Π_n - відносний прибуток на 1000 кг продукції, грн/од; C_n - загальна собівартість на 1000 кг продукції, грн.

$$P_n = (38\,536,2 - 100) / 96\,340,6 = 39,7\%$$

Таблиця 3.9.

Показники економічної ефективності

Показники	Одиниці виміру	Значення показника
Обсяг виробництва	т	365
Чисельність персоналу	особи	40
Капітальні витрати	грн	875 265
Ціна за 1 тону продукції	грн	134 876,8
Собівартість 1 тони продукції	грн	96 340,6
Прибуток	грн	14 065 713
Рентабельність	%	39,7

За фізико-хімічними показниками ГОСТ 34098-2017 «Добавки пищевые. Натрия нитрат E251» харчовий нітрат натрію повинен відповідати вимогам зазначеним в таблиці 4.2 [22].

Таблиця 4.2

Фізико-хімічні показники якості нітрату натрію

Показник	Характеристика (значення) показника
Тест на натрій-іони	Витримує випробування
Тест на нітрат-іони	Витримує випробування
Масова частка втрат при висушуванні, %	Не більше 2
Масова частка нітритів, мг/кг	Не більше 30
рН водного розчину нітрату натрію масовою часткою 5%, од. рН	5,5-8,3

4.2. Методи контролю якості на виробництві

Відбір та підготовка проб

Для складання сумарної проби харчового нітрату натрію з різних місць кожної пакувальної одиниці відбирають миттеві проби з використанням пробовідбірника (щупа), занурюючи його не менше ніж на 3/4 глибини. Рекомендована маса сумарної проби повинна бути не менше 300 г. Миттеві проби поміщають в суху чисту скляну або полімерну ємність і ретельно перемішують.

Підготовлену сумарну пробу ділять на дві рівні частини, які поміщають в чисті сухі, щільно закриті скляні або полімерні ємності.

Ємність з першою частиною сумарної проби направляють в лабораторію для проведення аналізів.

Ємність з другою частиною проби опечатують, пломбують і зберігають для повторного контролю в разі виникнення розбіжностей в оцінці якості та безпеки харчового нітрату натрію.

Рекомендований термін зберігання проби при температурі від 18 ° С до 25 ° С і відносній вологості не вище 70% - два роки.

Визначення органолептичних показників

Метод заснований на органолептичній оцінці зовнішнього вигляду і кольору харчового нітрату натрію.

При проведенні випробувань повинні бути дотримані наступні умови:

- температура оточуючого повітря від 18 ° С до 25 ° С;
- відносна вологість повітря від 40% до 75%.

Всі випробування слід проводити у витяжній шафі.

До проведення аналізів допускаються фахівці, які вивчили методику та пройшли навчання роботі з приладами і інструктаж з техніки безпеки.

Зовнішній вигляд і колір харчового нітрату натрію визначають переглядом аналізованої проби масою не більше 50 г, вміщеної на аркуш білого паперу чи скляні панелі, при розсіяному денному світлі або освітленні люмінесцентними лампами.

Тест на натрій-іони

Метод заснований на якісному визначенні натрій-іонів по реакції з ацетатом цинк-уранила або по фарбуванню полум'я в жовтий колір.

Спосіб 1. Аналізовану пробу харчового нітрату натрію масою від 0,5 до 1,0 г розчиняють в 50 см³ дистильованої води. До 5 см³ розчину додають для підкислення 1- 2 см³ розчину оцтової кислоти, фільтрують, потім додають 1 см³ ацетату цинк-уранила. Поява жовтого кристалічного осаду потрійної солі ацетату натрію-цинк-уранила підтверджує присутність в розчині іонів натрію.

Спосіб 2. Платиновий дріт нагрівають у полум'ї пальника і швидко вносять в аналізовану пробу харчового нітрату натрію. Потім кристали, які

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

прилипли до розпеченого дроту обережно сплавляють в полум'я пальника, опускають в концентровану соляну кислоту і знову поміщають в полум'я. Забарвлення безбарвного полум'я в жовтий колір вказує на присутність в пробі іонів натрію.

Тест на нітрат-іони

Метод заснований на якісному визначенні нітрат-іонів за появою бурого забарвлення розчину при реакції відновлення солями заліза (II) нітратів до окису азоту, яка з надлишком солей заліза (II) утворює нестійке комплексне з'єднання коричневого кольору (спосіб 1) або по утворенню коричнево-червоних парів оксидів азоту при реакції з металеву міддю в кислому середовищі (спосіб 2), а також по відсутності знебарвлення розчину перманганату калію, підкисленого сірчаною кислотою, для відмінності від нітрит-іонів (спосіб 3).

Визначення масової частки втрат при висушуванні

Метод заснований на гравіметричного визначення втрат при висушуванні харчового нітрату натрію при температурі 105 ° С протягом 4 год.

У підготовлений стаканчик вносять від 1 до 2 г аналізованої проби харчового нітрату натрію, стаканчик закривають кришкою і зважують із записом результату до третього десяткового знаку. Пробу розподіляють рівномірним шаром постукуванням по стаканчику і сушать у відкритому стаканчику разом з кришкою в сушильній шафі при температурі (105 ± 2) ° С протягом 4 год. Після цього стаканчик швидко закривають кришкою, охолоджують в ексикаторі 40 хв і зважують із записом результату до третього десяткового знаку.

Масову частку втрат при висушуванні харчового нітрату натрію X , %, обчислюють за формулою

$$X_1 = (m - m_1) 100 / m - m_2$$

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		84

де m - маса стаканчика з пробєю до висушування, г; m_1 , - маса стаканчика з пробєю після висушування, г; 100 - коефіцієнт перерахунку результату в відсотки; m_2 - маса сухого стаканчика, г.

Визначення масової частки основної речовини

Метод 1 (арбітражний)

Метод заснований на гравіметричному визначенні сірчаноокислого натрію, що утворюється при обробці харчового нітрату натрію сірчаною кислотою, і подальшому прожаренні залишку при температурі від 600 ° С до 700 ° С.

Масову частку основної речовини визначають на висушеній основі аналізованої проби харчового нітрату натрію. Діапазон вимірювань масової частки основної речовини гравіметричним методом становить від 95,0% до 99,8% сухої речовини.

Метод 2

Метод заснований на відновленні нітратного азоту до амонійного сплавом Деварда в присутності гідроксиду натрію, з подальшим відгоном аміаку з лужного розчину в розчин сірчаної кислоти та титруванням надлишку кислоти розчином гідроксиду натрію в присутності змішаного індикатора.

Масову частку основної речовини визначають на висушеній основі аналізованої проби харчового нітрату натрію. Діапазон вимірюваної масової частки основної речовини титрометричним методом становить від 96,0% до 99,7% сухої речовини.

Визначення масової частки нітритів

Метод заснований на визначенні масової частки нітритів за інтенсивністю рожевого забарвлення комплексної азосполуки, що утворюється при взаємодії нітритів, присутніх в харчовому нітраті натрію, з сульфаніламідом і N-(1-нафтіл)-етілендіаміна дигідрохлориду у водному середовищі, фотометричним методом при довжині хвилі 540 нм.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		85

Масову частку нітритів визначають на висушеній основі аналізованої проби. Діапазон вимірювань масової частки нітритів в харчовому нітрат натрію фотометричним методом становить від 15 до 55 млн⁻¹ (мг/кг).

Визначення рН водного розчину харчової нітрату натрію масовою часткою 5%

Метод заснований на визначенні показників активності іонів водню (рН) розчину харчового нітрату натрію масовою часткою 5% за допомогою рН-метра зі скляним електродом.

У приготовлений розчин аналізованої проби харчового нітрату натрію занурюють електроди рН-метра і вимірюють рН розчину при температурі 20 +/- 2 ° С [22].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Стр.
						86
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Характеристика шкідливих викидів виробництва

Більшість підприємств азотної промисловості перероблює горючі та токсичні речовини. При порушенні режиму роботи в цих підприємствах, а також при виникненні різних аварій та несправностей можливе попадання в робоче середовище та зону обслуговування обладнання на відкритих площадках більшої кількості пожежо, вибухонебезпечних та токсичних речовин у вигляді газів та пилу, що в ряді випадків призводить до виникнення вибухів, пожегів та отруєння працівників[8].

Хімічна промисловість є потужним джерелом забруднення атмосферного повітря, водойм, ґрунтів та інших компонентів навколишнього природного середовища газоподібними, рідкими і твердими відходами виробництва. Кількість викидів шкідливих речовин не повинна в атмосферу не повинна перевищувати норм, вказаних у таблиці 5.1. При неможливості забезпечення необхідного ступеня очистки газів від шкідливих домішок висота їх вибросу повинна вибиратися з таким розрахунком, щоб виконувалося розсіювання шкідливих речовин до граничних допустимих концентрацій. Для захисту повітря населених місцевостей від шкідливих виробничих викидів встановлені санітарно-захисні зони (мінімальні відстані від населених місць до підприємства).

Актуальною проблемою на сучасному етапі розвитку суспільства є проблема утворення та утилізації небезпечних відходів, зниження кількості відходів, зменшення їх токсичності, використання та складування – ці питання вимагають прийняття невідкладних рішень

					ННІХТ.4-16.020.161.089.ДП.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Плеханова А.О.			ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Бойчук Т.М.					87	100
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		Сабадаш Н.І.						
<i>Затверд.</i>		Носенко Т.Т.						
						НУХТ. Каф. ТЖХТДКЗ		

Гранично допустимі концентрації основних речовин

Речовина	Гранична допустима концентрація			Ширина санітарно-захисної зони, м	
	у повітрі виробничих приміщень, мг/м ³	у атмосферному повітрі населених місцевостей, мг/м ³			у воді водоемів
		максимальна разова	середньодоба		
Аміак	20	0,2	0,2	2,0	500
Азотна кислота	5	0,4	-	Не допускається	1000
NaNO ₃	-	-	-	-	500
Оксиди азоту	5 (у перерахунку у на Na ₂ O ₅)	0,085 (в перерахунку на NO ₂)		-	1000

5.2. Вимоги з охорони праці до організації робочих місць

Робочі місця необхідно розташовувати поза зоною переміщення механізмів, готового продукту, руху вантажів. Також робочі місця та проходи працівники повинні утримувати в чистоті і порядку. Загромадження робочої зони та проходів забороняється.

Робочі місця з обслуговування устаткування, які знаходяться на висоті 1,3 м і вище від підлоги, необхідно обладнати на стаціонарних площадках із застосуванням огорожень та сходів (драбин).

На робочих місцях повинні знаходитись інструкції з ведення технологічних процесів та обслуговування обладнання в обсязі посадових обов'язків, інструкції з питань охорони праці за професіями та видами робіт, інструкції з пожежної безпеки [23].

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		88

Переміщення працівників у приміщеннях (цехах) дозволяється тільки передбаченими для цього проходами, перехідними містками, драбинами і майданчиками. Перелазити через конвеєри, трубопроводи та інші пристрої забороняється.

Пульты керування обладнанням необхідно розміщувати на висоті 1,0-1,6 м над рівнем підлоги робочого місця під час виконання робіт стоячи та на висоті 0,6-1,2 м під час виконання робіт сидячи.

Конструкція пульта керування повинна виключати можливість випадкового вмикання або вимикання устаткування. Кнопки аварійного вимикання повинні виступати над панеллю.

Рівень шуму на робочих місцях повинен відповідати нормам, встановленим ДСН 3.3.6.037-99. У разі використання обладнання з підвищеним рівнем шуму необхідно застосовувати засоби колективного та індивідуального захисту органів слуху.

Рівень вібрації на робочих місцях повинен відповідати нормам, встановленим ДСН 3.3.6.039-99.

Працівники, що виконують роботу в умовах впливу локальної вібрації, повинні бути додатково забезпечені засобами захисту рук», а для захисту від впливу загальної виробничої вібрації - спеціальним взуттям.

Виробничі цехи необхідно обладнувати робочим, аварійним та евакуаційним освітленням. Приміщення, в яких обладнано постійні робочі місця працівників, повинні мати природне і штучне освітлення (загальне, місцеве або комбіноване).

Аварійне освітлення повинне забезпечувати на робочих місцях у виробничих приміщеннях освітленість не менше 2 лк. Мінімальна освітленість на підлозі основних проходів та на сходах при евакуаційному освітленні повинна бути не менше 0,5 лк, а на відкритих майданчиках - не менше 0,2 лк.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		89

Світильники повинні бути обладнані захисною арматурою та захищені від проникнення в них пилу. Освітлювальну арматуру і лампи всіх видів освітлення необхідно очищати 2-4 рази на місяць залежно від вмісту пилу в повітрі робочої зони виробничого приміщення. Контроль освітленості необхідно проводити не рідше 1 разу на рік.

Працівників необхідно сповіщати про запуск устаткування після вимушеного зупинення одночасно світловими і звуковими або словесними сигналами.

Роботодавець повинен забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту .

Також роботодавець повинен забезпечувати працівників, зайнятих на роботах із шкідливими речовинами, протигазами або респіраторами залежно від класу небезпеки речовин, наявних у повітрі робочої зони. На всі протигаз картки обліку, в які внесено: дати видачі, огляду та чергової перевірки, кому виданий, місце зберігання. На сумці протигаз повинна бути бирка з написами назви підрозділу, прізвища та ініціалів працівника, його табельного номера, марки фільтрувальної коробки або фільтра, розміру шолом-маски. Термін експлуатації фільтрувальних коробок не повинен перевищувати граничних строків.

Роботодавець повинен організовувати проведення перевірок протигазів на герметичність не рідше одного разу на 3 місяці і періодично направляти до спеціалізованих установ для перевірки та перезарядки в терміни, встановлені інструкціями з експлуатації протигазів.

Працівники під час виконання робіт у відділеннях газогенераторів, конверсії та компресії виробництва аміаку повинні мати при собі фільтрувальні протигаз.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		90

Роботодавець повинен забезпечити працівників, які виконують роботи, пов'язані з можливістю ураження очей пилом аміачної селітри або іншого твердого продукту, захисними окулярами .

Працівники виробництва натрій нітрату повинні бути забезпечені гумовими рукавичками, бавовняними костюмами з кислотозахисним просоченням, спеціальним взуттям та захисними окулярами відповідно. Після закінчення роботи працівники повинні вимити руки в рукавичках, зняти їх і вимити руки ще раз.

Роботодавець повинен забезпечити працівників, що обслуговують електроустановки, електрозахисними засобами (прилади релейного захисту, фільтри високочастотного захисту, стаціонарні, переносні та знімні екранувальні пристрої і захисні індивідуальні екранувальні комплекти одягу, електровимірювальні штанги та кліщі, ізолювальні штанги, покажчики напруги та інструмент з ізолювальними руків'ями) .

5.3. Загальні вимоги з охорони праці до технологічних процесів

На кожний технологічний процес повинен бути розроблений технологічний регламент, затверджений роботодавцем.

Організація виробничих процесів, пов'язаних з використанням шкідливих небезпечних речовин та обладнання підвищеної небезпеки, повинна виключати можливість контактування працівників з цими речовинами.

У цехах, де можливі неорганізовані викиди аміаку, діоксиду азоту і нітратної кислоти, аміачної і натрієвої селітри та утворення вибухових сумішей (виробництво аміаку, нітратної кислоти та карбаміду), необхідно встановлювати газоаналізатори із системою оповіщення для систематичного контролю складу повітря в робочих зонах і автоматичну систему пожежогасіння.

Забороняється експлуатувати технологічне обладнання за несправних систем протипожежного та протиаварійного захисту.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		91

Забороняється вводити в експлуатацію виробництва (цехи), а також технологічне обладнання до пуску споруд (установок) з очищення викидів в атмосферу та збирання, очищення і знешкодження стічних вод виробництва.

Необхідний повітрообмін під час аварій повинен бути забезпечений спільною роботою систем основної (загальнообмінної і місцевої) та аварійної вентиляції.

Аварійна вентиляція повинна включатися автоматично в разі спрацювання встановлених у приміщенні сигналізаторів довибухових концентрацій або системи автоматичного протиаварійного захисту, зблокованої з газоаналізаторами, у разі перевищення ГДК вибухонебезпечних парів і газів шкідливих речовин.

У разі виникнення аварійної ситуації автоматизоване управління технологічними процесами повинно забезпечувати відключення всієї лінії.

Повернення технологічної лінії до робочого стану після спрацювання системи протиаварійного автоматичного захисту повинно виконуватися обслуговувальним персоналом за інструкцією про порядок включення системи автоматичного протиаварійного захисту.

Забороняється рециркуляція повітря під час виробництва натрій нітрату.

У приміщеннях виробництва нітратної кислоти, селітри, де можливі опіки кислотами, повинні бути встановлені раковини з кранами проточної води, підключені до водопроводу, та посудини з нейтралізуючим розчином.

Для відбору проб розчину, плаву та конденсату необхідно використовувати спеціальні пробовідбірні пристрої або інші пристосування, які виключають можливість розливу або виділення шкідливих небезпечних речовин у повітря робочої зони. Відбір проб необхідно здійснювати в безпечних та зручних для обслуговування місцях, розташованих не вище 1,1 м від підлоги виробничого приміщення.

У разі аварійних ситуацій (порушення герметичності обладнання і викидів шкідливих речовин у повітря робочої зони) необхідно по

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		92

гучномовному зв'язку негайно оповіщати працівників про викид шкідливих небезпечних речовин у повітря робочої зони і необхідність використання протигазів.

5.4. Вимоги з охорони праці під час виробництва натрій нітрату

Вентиляційна система, яка використовується для відсмоктування з абсорбційних колон нітрозних газів, повинна бути герметичною і забезпечувати швидкість проходження газів, встановлену технологічним регламентом процесу, що здійснюється (одержання натрій нітрату або натрій нітриту).

Під час інверсії одержаного натрій нітриту необхідно контролювати температуру, надлишок нітратної кислоти та швидкість перемішування реакційної суміші повітрям. Оксиди азоту з повітрям необхідно подавати на перероблення в абсорбційне відділення цеху розведеної нітратної кислоти.

Біля центрифуги для відокремлення азотовмісних сполук натрію від рідини необхідно встановлювати кран з холодною водою та кран на трубопровід парового конденсату для промивання натрій нітрату холодною водою, а натрій нітриту - паровим конденсатом для видалення іонів хлору.

Просочені розчинами натрієвої селітри органічні речовини (матерія, дерево, папір, мішки) горять дуже інтенсивно. Тому поводитися з вогнем у виробничих приміщеннях, де виробляється натрієва селітра, потрібно вкрай обережно. У приміщеннях не повинно бути ніяких горючих матеріалів.

Будівлі для зберігання натрієвої селітри можуть бути із дерев'яних конструкцій за умови виключення безпосереднього контакту деревини з добривом. На кожному відсіку складу повинна бути вказана назва продукту, що зберігається. Забороняється використовувати деревну тирсу для видалення вологи з підлоги складів.

Соду для нейтралізації нітрит-нітратних газів під час отримання натрій нітриту необхідно вводити в реактор після абсорбційної башти. До нейтралізації нітрит-нітратних лугів за підвищеної температури з них необхідно видалити домішки магній та кальцій бікарбонатів.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		93

Роботи з натрій нітритом необхідно проводити в приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією із кратністю обміну, встановленою проектом.

Повинен бути виключений прямий контакт працівників з натрій нітратом та його розчинами і має бути організовано регулярний контроль за вмістом натрій нітриту в повітрі робочої зони.

Максимально допустима концентрація окислів азоту у виробничих приміщеннях повинна бути не вище 0,005 мг / л. Контроль шкідливих речовин в повітрі робочої зони виробництва харчового нітрату натрію повинна проводити виробнича лабораторія підприємства.

Натрій нітрит необхідно зберігати в окремому відсіку складу з дверима, які необхідно замикати та пломбувати. На дверях відсіку складу повинен бути нанесений попереджувальний знак «Отруйна речовина» відповідно до технічного регламенту знаків безпеки.

При виготовленні і фасуванні харчового нітрату натрію повинні дотримуватися загальні вимоги пожежної безпеки відповідно до ГОСТ 12.1.004 і повинні бути в наявності засоби пожежогасіння . При виникненні пожежі його слід гасити великою кількістю води, вогнегасниками типу ОП-3, ВП-5 або ОВП-10. азотом, сухим ліском, азбестовим покривалом.

Натрій нітрит необхідно розфасовувати в пакування не більше 50 кг.

При попаданні на шкіру азотної кислоти необхідно негайно те місце, куди потрапила кислота, промити відразу великою кількістю води, змастити вазеліном і перев'язати.

Харчовий нітрат натрію діє дратівливо на органи дихання, слизові оболонки і шкірні покриви. При попаданні всередину організму змінює склад крові, утворюючи метгемоглобін.

При отруєнні оксидами азоту потрібно негайно вийти на свіже повітря, випити молока і протягом 3-5 хв. вдихати кисень. Після цього слід відправитися в пункт швидкої допомоги.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		94

Їдкий натр і його розчини при попаданні на шкіру виробляють дуже небезпечні опіки. Там, де можуть бути пролиті лугу потрібно працювати виключно обережно; несправність спец одягу, особливо взуття, неприпустима.

При попаданні їдкого лугу на шкіру необхідно негайно насухо стерти його сухою ганчіркою: потім уражене місце про мити водою, змастити вазеліном і зав'язати.

Розчини NaNO_3 , будь-яких концентрацій і сама сіль для шкіри людини не є небезпечними, проте вони небезпечні в пожежному відношенні.

У всіх виробничих приміщеннях повинна бути аптечка долікарської допомоги.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Стр.
						95
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Проведено літературний пошук даних стосовно хімії та технології виробництва харчового нітрату натрію. Охарактеризовано фізико-хімічні властивості нітрату натрію, сфери його застосування та вплив на організм людини.
2. Удосконалено технологію виробництва нітрату натрію шляхом конденсації вторинної пари після процесу випарювання та заміни апарату для очищення запиленого повітря після висушування на більш новий . Також, була описана принципово- та апаратурно-технологічні схеми виробництва солі з аміачно-повітряної суміші . Ретельно розглянуті всі стадії процесу.
3. Проведені розрахунки матеріального балансу основних стадій виробництва нітрату натрію на 1000 кг цільового продукту. Для виробництва потрібно 284,8 кг аміаку, 703,6 кг нітратної кислоти, 670,1 кг гідроксиду натрію та 18 кг карбонату натрію. Підібрано основне обладнання.
4. Розраховано ряд техніко-економічних показників виробництва, у тому числі й очікувана собівартість виробництва. випуску 365 т харчового нітрату натрію. Прибуток за рік становить 15 234 352 грн. Рентабельність складає 39,7%.
5. Проведено технологічний розрахунок двухкорпусної вакуум-випарної установки та обрано обладнання, яке відповідає потужності запропонованого виробництва, а саме 1908,8 кг. Габаритні розміри одного з корпусів : висота установки -10,5м, висота кип'ятильних труб-6м, діаметр сепаратора-0,9 м, діаметр гріючої камери-0,425 м, діаметр циркуляційної труби-0,212м.

					<i>ННІХТ.4-16.020.161.098.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Плеханова А..</i>			ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					96	100
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ. Каф. ТЖХТДКЗ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сабадаш Н.І.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

6. Також були описані заходи для забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці при проведенні виробництва та основні шкідливі викиди виробництва в атмосферу.

					ВИСНОВКИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		97

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шидловська, О.Б. Харчові та дієтичні добавки, прянощі та приправи : конспект лекцій для студ. освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 “Харчові технології” денної та заочної форм навчання / О.Б. Шидловська, О.В. Арпуль, О.М. Тищенко. – К.: НУХТ, 2017. – 299 с.
2. Миниович, М. А. Соли азотной кислоты (нитраты) - М. : Госхимиздат, 1946. - 192 с .
3. . Нитрати / Фармацевтична енциклопедія – Режим доступа: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1251/nitrati>
4. Ластухін, Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості: навч. посібник./ Ю.О. Ластухін. – Львів : Центр Європи, 2009. - 836 с.
5. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки: энциклопедия. — 2-е изд., - СПб: ГИОРД, 2004 – 808 с.
6. Позин, М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот): підруч./ М.Е. Позин - ч. 2, изд. 4-е, испр. - Л. : Химия, 1974 - 768 с.
7. Яворський, В. Т. Загальна хімічна технологія: підруч. / В. Т Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук. - Львів: Видавництво Національного університету – Л.: "Львівська політехніка", 2005. - 552 с.
8. Мельников, Е.Я. Справочник азотчика 2-е издание, переработанное. — М.: Химия, 1987. — 464 с.
9. Натрію гідроксид/ Фармацевтична енциклопедія - Режим доступа: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1192/natriyu-gidroksid>
10. Химическая энциклопедия: в 5 т. / Кнунянц И. Л.. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1992. — Т. 3— 639 с.

					<i>ННІХТ.4-16.020.161.100.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Плеханова А..</i>			СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					98	100
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ. Каф. ТЖХТДКЗ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сабадаш Н.І.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

11. Химическая энциклопедия: в 5 т. Т.1: А-Дарзана/Редкол.: Кнунянц И. Л. и др. – М.: Сов. энцикл. , 1988. – 623 с
12. Соколовский, А. А. Технология минеральных удобрений и кислот: учеб. пособие / А. А. Соколовский, Е. В. Яшке. – М.: Химия, 1971. — 456с.
13. Миниович, М.А. Соли азотистой кислоты. Нитриты : учеб. пособие/ М.А. Миниович, В.М Миниович. – М.: Химия, 1979. — 168 с.
14. Фотинич, И.Д. Производство азотных удобрений : учеб. пособие/ И.Д. Фотинич - М. : Госхимиздат, 1956.
15. Воробьева Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств / Г. Я. Воробьева. – Москва: Химия, 1967. – 844 с.
16. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию/Ю. И. Дытнерский.–Москва: Химия, 1991. – 496 с.
17. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
18. Зайцев И.Д., Асеев Т.Г. Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных неорганических веществ. – М.: Химия, 1988. – 416 с.
19. Иоффе И.А. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 345 с.
20. Чорнобильський І.М. Випарні установки. – К.: Вища шк., 1970. – 244 с.
21. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1981. – 381 с
22. ГОСТ 34098-2017. Добавки пищевые. Натрия нитрат Е251.Технические условия.-Введ. С 01.07.2018 г.-Москва,2017.-23 с.
23. Березуцького, В. В.Основи охорони праці. Навчальний посібник / За ред. проф. В.В.Березуцького. — Х.: 2005р. —225 с.
24. Выпарные трубчатые стальные аппараты общего назначения : каталог.- Москва: Цинтихимнефтемаш, 1965 -24 с.
25. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – Москва: Химия, 1971. – 783 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	98
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з розділу «Розрахунок багатокорпусної випарної установки» з курсу «Основні процеси та апарати хімічної технології» для студентів IV–V курсів усіх форм навчання / укл.: Смірнова О.С., Черемисінова А.О., Рябік П.В. – Д.: ДВНЗ УДХТУ, 2014. – 51 с.
27. ГОСТ 1255-1967 Фланцы с соединительным выступом стальные плоские приварные.-Введен 1.01.1969 г.-Москва,1969.-12 с.
28. Пат. 2314256 Российская Федерация, МПК C01D 9/06 C01B 21/50. Способ получения нитрит-нитратных солей/ Янковский Н.А., Степанов В.А., Родионов Ю.М. Репухов Ю.В.; заявитель патентообладатель ОАО «КОНЦЕРН СТИРОЛ».-№2006110462/15; заявл.31.03.2006; опубл. 10.01.2008 Бюл. № 1.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Стр.
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		100