

**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) (ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми Хімічна технологія  
на тему: Удосконалення технології отримання фосфатів натрію

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 4

\_\_\_\_\_ Короткевич Анастасія Вадимівна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Сабадаш Наталія Іванівна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Житнецький І.В. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Пасічний В.М. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній

ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЖХТ

Т.Т. Носенко

“\_05\_” \_\_травня\_\_ 2021 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Короткевич Анастасії Вадимівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання фосфатів натрію  
керівник роботи Сабадаш Наталія Іванівна к.т.н., доцент

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “08”квітня 2021 року № 236-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи передбачити отримання натрій фосфатів взаємодією екстракційної фосфорної кислоти з натрій карбонатом та натрій гідроксидом.  
Маса вихідного продукту становить 1 т

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) зміст;  
вступ; опис властивостей об'єктів дослідження; аналіз існуючих технологій  
виробництва і їх вплив на навколишнє середовище; особливості технологічних,  
організаційних, економічних або інших систем; стан сировинної бази,  
характеристики продукції, техніко-економічні показники; характеристика  
вихідної сировини і опис технології; матеріальні розрахунки; підбір  
технологічного обладнання та розрахунок основного обладнання  
(конструктивний, енергетичний, тепловий); опис апаратурно-технологічної  
схеми; розрахунок теплового балансу; енергозбереження, автоматизації,  
економічні обґрунтування, економічні розрахунки; показники якості та  
безпеки отриманих продуктів та організація системи контролю якості на  
запроектованому виробництві; система екологічного управління (охорона  
довкілля); безпека життєдіяльності (охорона праці); висновки; список  
використаної літератури

## 5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	11.05.2021 р.	25.05.2021р.

7. Дата видачі завдання 09.04.2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	12.04.2021р.	
2	Аналітичний огляд науково-технічної літератури	14.04-25.04.2021р.	
3	Технологічна частина. Розрахунок матеріального балансу отримання тринатрійфосфату	26.04-25.05.2021р.	
4	Техніко-економічне обґрунтування	11.05-16.05.2021р.	
5	Організація контролю якості продукції	17.05-19.05.2021р.	
6	Екологічна частина та охорона праці	20.05.-23.05.2021р.	
7	Висновки	24.05.2021р.	
8	Список використаної літератури. Реферат	12.04.-25.05.2021р.	
9	Графічна частина проєкту. Принципова технологічна схема	26.04-10.05.2021р.	
10	Графічна частина проєкту. Апаратурно-технологічна схема	26.04-10.05.2021р.	
11	Графічна частина проєкту. Креслення апарату (загальний вигляд)	11.05-25.05.2021р.	
12	Передзахист, перевірка на академплагіат, рецензування ДП	25.05.2021р.- 01.06.2021р.	

Здобувач

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Короткевич А.В.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

**Сабадаш Н.І.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 66 С., 17 РИС., 20 ТАБЛ., 25 ДЖЕРЕЛ.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто удосконалення технології виробництва натрійфосфатів. Дана кваліфікаційна робота складається з вступу, п'яти розділів та висновків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраного напрямку досліджень, сформульовано мету та задачі досліджень.

У **першому розділі** здійснено аналіз науково-технічної літератури закордонних та вітчизняних видань з технології виробництва фосфатів натрію, їх фізико-хімічних властивостей та основних галузей застосування. Представлено хімізм процесу отримання моно-, ди- та тринатрійфосфатів.

У **другому розділі** наведено опис сировинної бази, виконано підбір основного технологічного обладнання, на основі якого були розроблені принципова та апаратурно-технологічна схеми отримання тринатрійфосфату. Складено матеріальний баланс виробництва. Також проведено розрахунок нейтралізатора, за допомогою яких виконано його креслення.

У **третьому розділі** здійснено розрахунок всіх витрат при виробництві 1 т/добу, після чого проведено розрахунок витрат на рік.

У **четвертому розділі** наведено методи аналізу якості. Визначення органолептичних та фізико-хімічних властивостей.

У **п'ятому розділі** коротко описано охорону праці на підприємстві. Наведені заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві.

У **висновках** наведено результати виконаного проекту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ХАРЧОВА ДОБАВКА, ОРТОФОСФАТ НАТРІЮ, ТРИНАТРІЙФОСФАТ, Е339, ПРИНЦИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС, АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ.

## ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 66 C., 17 FIG., 20 TABLES, 25 SOURCES.

In this qualification work the improvement of sodium phosphate production technology is considered. This qualification work consists of an introduction, five sections and conclusions.

**The introduction** substantiates the relevance of the chosen direction of research, formulates the purpose and objectives of research.

**The first section** analyzes the scientific and technical literature of foreign and domestic publications on the technology of production of sodium phosphates, their physical and chemical properties and main applications.

**The second section** describes the raw material base, performed the selection of hardware, on the basis of which the basic and hardware-technological schemes for the production of trisodium phosphate were developed. The material balance of production is made. The calculation of the enameled reactor with a two-bladed stirrer was also performed, with the help of which its drawing was performed.

**In the third section**, the calculation of all costs in the production of 1000 kg / day, and then calculated the cost per year.

**The fourth section** presents methods of quality analysis. Determination of organoleptic and physicochemical properties.

**The fifth section** briefly describes labor protection in the enterprise. Measures for environmental protection at work are given.

**The conclusions** show the results of the project.

KEYWORDS: FOOD SUPPLEMENT, SODIUM ORTHOPHOSPHATE, TRINATRIUM PHOSPHATE, E339, PRINCIPLE TECHNOLOGICAL SCHEME, MATERIAL BALANCE, HEAT BALANCE, HARDWARE AND TECHNOLOGICAL SCHEME, SELECTION OF EQUIPMENT, ECONOMY, IMPROVEMENT.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	10
1.1. Загальні відомості про ортофосфати натрію .....	10
1.2. Фізико-хімічні властивості натрій фосфатів E-339 .....	13
1.3. Застосування натрій фосфатів E-339 .....	15
1.4. Безпека використання в харчовій промисловості .....	16
1.5. Аналіз технології та хімізм отримання фосфатів натрію E-339.....	17
1.5.1. Отримання фосфатів натрію з термічної фосфорної кислоти ..	17
1.5.2. Виробництво дигідрогенфосфату натрію з суперфосфату .....	17
1.5.3. Виробництво натрій фосфату з екстракційної фосфорної кислоти .....	18
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	21
2.1. Характеристика сировини .....	21
2.2. Розроблення принципової технологічної схеми .....	22
2.3. Розрахунок матеріального балансу виробництва .....	25
2.4. Розрахунок теплового балансу виробництва .....	31
2.5. Підбір основного технологічного обладнання.....	33
2.6. Конструктивний розрахунок емальованого реактору з дволопатевою мішалкою.....	42
2.7. Розроблення апаратурно-технологічної схеми виробництва .....	46
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	48

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Короткевич А.В.</i>			<i>ЗМІСТ</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		<i>Сабадаш Н.І.</i>					6	66
Реценз.						<i>НУХТ,</i>		
Н. Контр.		<i>Подобій О.В.</i>				<i>Каф.ТЖХТ</i>		
Затверд.		<i>Носенко Т.Т.</i>						

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	53
4.1. Методи аналізу якості .....	53
4.2. Визначення органолептичних властивостей .....	53
4.3. Визначення фізико-хімічних властивостей.....	54
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ .....	56
5.1. Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві тринатрійфосфату.....	56
5.2. Охорона праці на підприємстві.....	58
5.2.1. Вимоги безпеки роботи з тринатрійфосфатом.....	61
ВИСНОВКИ .....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	64

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

## ВСТУП

Нині важко уявити широкий асортимент продуктів харчування без використання харчових добавок.

Харчові добавки – це речовини, що використовують в технологічних цілях додаючи у харчові продукти в процесі виробництва для надання їм бажаних властивостей, наприклад певного кольору(барвники), аромату(ароматизатори), тривалості зберігання (консерванти), смаку та консистенції, тощо.

Основними цілями введення харчових добавок є:

- удосконалення технології підготовки, переробки харчової сировини, виготовлення, фасування, транспортування і зберігання продуктів харчування (добавки, які при цьому застосовують не повинні маскувати наслідки псування)
- збереження природних якостей харчового продукту;
- поліпшення органолептичних властивостей харчових продуктів і збільшення їх стабільності при зберіганні.

Одними із найважливіших харчових добавок є антиоксиданти.

*Антиоксиданти (антиокиснювачі, інгібітори окиснення)* – це речовини, які сповільнюють процес окиснення харчових продуктів і тим самим збільшують термін їх придатності[1].

За функціональною дією вони безпосередньо реагують з молекулярним киснем, не допускаючи його до взаємодії з харчовим продуктом, припиняють процес окиснення, розщеплюють утворенні при цьому в сполуках пероксидні зв'язки.

Ортофосфати натрію, відомі як харчова добавка Е-339.

**Метою роботи** є удосконалення технології промислового способу отримання тринатрійфосфату, шляхом використання екстракційної фосфорної кислоти (ЕФК) замість термічної фосфорної кислоти (ТФК).

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.008.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Короткевич А.В.			<i>ВСТУП</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сабадаш Н.І.					8	66
Реценз.						<i>НУХТ, Каф.ТЖХТ</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

**Об'єктом дослідження** є тринатрійфосфат.

**Предметом дослідження** є технологія виробництва фосфатів натрію.

**Завдання:**

1. Здійснити огляд та аналіз науково-технічної літератури з метою вивчення фізико-хімічних характеристик ортофосфатів натрію та сфери їх застосування.
2. Ознайомитися з сучасними методами одержання моно-, ди- та тринатрійфосфату.
3. Охарактеризувати сировину і допоміжні матеріали, що використовують в процесі отримання харчової добавки тринатрійфосфату.
4. Удосконалити принципову технологічну схему виробництва.
5. Провести розрахунок матеріального та теплового балансів виробництва.
6. На основі складеного матеріального балансу виконати підбір обладнання.
7. Виконати креслення та розрахунки одного з основних апаратів виробництва.
8. Удосконалити апаратурно-технологічну схему виробництва тринатрійфосфату.
9. Навести показники якості та безпечності отриманої продукції.
10. Описати екологічну безпечність об'єкта, що розробляється, та охорону праці на виробництві.
11. Зробити висновки з оцінкою одержаних результатів.

					<i>ВСТУП</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. Загальні відомості про ортофосфати натрію

Ортофосфат натрію - речовина, яка вступає до класифікаційної таблиці харчових добавок під маркувальним шифром E339 (штучно одержана). Натрію фосфати (E-339) – це фосфорна сіль натрію. Існують одно- (E-339(i)), дво- (E-339(ii)) і тризаміщенні (E-339(iii)) фосфорнокислі натрієві солі.

Ортофосфат натрію E-339 зберігає продукти від прогрівання, зберігає колір при термообробці надає продуктам м'яку, ніжну структуру.

Така речовина має декілька корисних властивостей:

- Емульгатор
- Регулятор рівня кислотності
- Стабілізатор молочних продуктів
- Вологоутримуючий агент
- Фіксатор консистенції
- Фіксатор зеленого кольору
- Посилює дію антиоксидантів

*Емульгатори* – це речовини, які дають можливість або полегшують отримання емульсії та їх стабільність [2]. Емульсії являють собою колоїдні системи з двох або більше фаз, що не змішуються, з розвинутою поверхнею розділу між ними. В харчовій промисловості найчастіше зустрічаються емульсії, які складаються з води та олії(масла). Якщо дисперсною фазою являється масло, а дисперсійним середовищем є вода, то така емульсія відноситься до типу «олія у воді» (O/B) та називається прямою. Наприклад, майонез. В іншому випадку емульсія типу «вода в олії» (B/O) називається зворотною. Типовим прикладом є маргарин [1].

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Короткевич А.В.			<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сабадаш Н.І.					10	66
Реценз.						<i>НУХТ, Каф.ТЖХТ</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Емульгатор прискорює утворення і стабілізує тип емульсій, в дисперсійному середовищі якого він найкраще розчинний.

Емульгатори мають багатосторонню дію. Вони відповідають за взаємне розподілення двох незмішуваних фаз, за консистенцію харчового продукту, його пластичні властивості та в'язкості [3].

*Антиоксиданти (антиокиснювачі, інгібітори окиснення)* – це речовини, які сповільнюють процес окиснення харчових продуктів і тим самим збільшують термін їх придатності [1]. За функціональною дією вони повинні безпосередньо реагувати з молекулярним киснем, не допускаючи його до взаємодії з харчовим продуктом, припиняти процес окиснення, розщеплювати утворення при цьому в сполуках пероксидні зв'язки.

Внаслідок спонтанного окиснення жировмісні інгредієнти харчових продуктів гіркнуть; овочі та фрукти – темніють; вина, пиво та безалкогольні напої – прокисають. У процесі самоокиснення руйнуються вітаміни, окислюються і розщеплюються ліпіди, жирні кислоти, жироподібні речовини, внаслідок чого утворюються продукти окислення зі специфічним запахом і смаком. Продукти окислення шкідливо впливають на організм людини, вони можуть бути токсичними [3].

Окислення жирів, олій – складний процес, який відбувається за радикально-ланцюговим механізмом.

Продуктами початкового окислення є пероксиди та гідропероксиди. Це первинні продукти окислення. Внаслідок складних перетворень цих продуктів утворюються вторинні продукти окислення: спирти, альдегіди, кетони, кислоти та їх похідні.

Дія більшості антиоксидантів ґрунтується на їх здатності утворювати малоактивні радикали, перериваючи тим самим ланцюгові реакції окислення.

Фіксатори кольору зберігають природній колір харчових продуктів при їх переробці та зберіганні або сповільнюють небажані зміни в забарвленні. Зміну кольору харчового продукту при переробці та зберіганні можуть викликати

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

кисень, окисно-відновні процеси, гідроліз, полімерізація та інші хімічні реакції, а також дія ферментів.

Рослинні харчові продукти, які містять хлорофіл, при переробці схильні до вимивання зеленого забарвлення [1].

*Регулятори кислотності* – речовини, які змінюють або регулюють кислотність або лужність харчових продуктів.

Харчові монофосфати натрію розділяють на ортофосфати натрію [4]:

Таблиця 1.1.

### Класифікація ортофосфатів натрію

Е-код та назва харчового монофосфату натрію	хімічна назва	Формула	Молекулярна маса
E339(i) ортофосфат натрію 1-заміщений	Натрій фосфорнокислий 1-заміщений	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ (безводний)	119,98
	Натрій фосфорнокислий 1-заміщений 1-водний	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (моногідрат)	138
	Натрій фосфорнокислий 1-заміщений 2-водний	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (дигідрат)	156,01
E339(ii) ортофосфат натрію 2-заміщений	Натрій фосфорнокислий 2-заміщений	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$ (безводний)	141,98
	Натрій фосфорнокислий 2-заміщений 2-водний	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (дигідрат)	177,99
	Натрій фосфорнокислий 2-заміщений 7-водний	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (гептагідрат)	268,06
	Натрій фосфорнокислий 2-заміщений 12-водний	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (додекагідрат)	358,14
E339(iii) ортофосфат натрію 3-заміщений	Натрій фосфорнокислий 3-заміщений	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ (безводний)	163,94
	Натрій фосфорнокислий 3-заміщений 0,5-водний	$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (полугідрат)	172,95
	Натрій фосфорнокислий 3-заміщений 1-водний	$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (моногідрат)	181,12
	Натрій фосфорнокислий 3-заміщений 12-водний	$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (додекагідратгідрат)	380,12

## 1.2. Фізико-хімічні властивості натрій фосфатів E-339

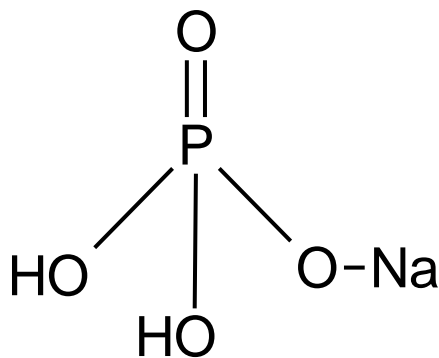
E-339 (ортофосфати натрію) – харчова добавка, використовується в якості регулятора кислотності, емульгатору, стабілізатору, вологоутримуючого агенту. Крім цього ця добавка фіксує колір продуктів та підсилює дію антиоксидантів.

В харчовій промисловості добавка E339 може використовуватися в таких продуктах, як хлібобулочні та кондитерські вироби (розпушувач тіста), безалкогольні напої, молочна продукція (в тому числі сухе молоко та сухі вершки), супи, пасти, соуси, сири, м'ясні та рибні вироби, продукти швидкого приготування і т.д.

**Фосфати натрію** - натрієві солі фосфатної кислоти. Фосфатна кислота з натрієм утворює солі з різним ступенем заміщення атомів водню. У харчовій промисловості розрізняють:

### E-339(i) ортофосфат натрію однозаміщений (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>):

Ортофосфат натрію однозаміщений E-339(i) існує у вигляді безводної форми, моно- та дигідрату[3].

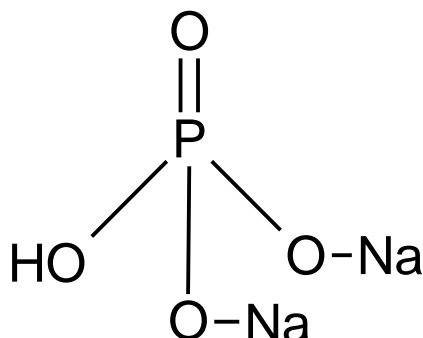


**Рис.1.1** Безводний дигідрофосфат натрію

Білі кристали, порошок або гранули з темп. плав. 100°C для моногідрату, які добре розчиняються у (59,9 г / 100г при 0 °C для моногідрату); не розчиняється в етанолі, діетиловому етері, хлороформі. рН 1%-го розчину – 4,1-5, 0.Втрати при висушуванні становлять не більше 2,0% для безводного, 15,0% для моногідрату і 25% для дигідрату (60 °C протягом 1 години) [3].

### **E-339(ii) ортофосфат натрію двозаміщений (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>):**

Ортофосфат натрію двозаміщений (E339ii) існує у вигляді безводної форми, а також у вигляді гідратів (ди-, гепта- і додека-), переважно додекагідрату [5].

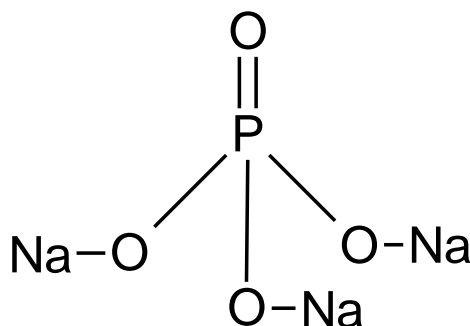


**Рис. 1.2** Безводний гідрофосфат натрію

Це білі гігроскопічні кристали, порошок або гранули, які добре розчиняються у (87,4 г / 100г при 34 °С для додекагідрату); не розчиняється в етанолі. рН 1%-го розчину – 8,4-9,6. Втрати при висушуванні становлять не більше 5,0% для безводного, 22,0% для дигідрату, 50% для гептагідрату, 61,0% для додекагідрату (40 °С протягом 3 години) [3].

### **E-339(iii) ортофосфат натрію тризаміщений (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>):**

Тринатрійфосфат існує у вигляді безводної форми, а також у вигляді гідратованої форми (семі-, моно-, гекса-, окта-, дека- і додека-), переважно додекагідрату [5].



**Рис.1.3** Безводний тринатрійфосфат

Білі кристали, порошок або гранули з темп. плав. 75°С для додекагідрату, які добре розчиняються у (12,1 г / 100г при 20 °С для безводного); не розчиняється в етанолі. рН 1%-го розчину становить 11,5-12,5. Втрати при

прокалюванні – не більше 2,0% для безводного, 11,0% для моногідрату і 45,0%-58,0% для додекагідрату (120 °С протягом 2 години) [3].

### **1.3. Застосування натрій фосфатів E-339**

Спочатку ортофосфати натрію широко застосовувалися в хімічній промисловості, будучи невід'ємною частиною всіляких миючих засобів. Однак нерозчинний осад, що утворюється у воді після закінчення хімічної реакції зазначив що, добавка E-339 перетворюється в джерело серйозних екологічних проблем. Саме з цієї причини багато країн світу сьогодні відмовилися від додавання ортофосфатів натрію в миючі засоби, проте в харчовій промисловості дана речовина як і раніше використовується досить активно [6].

Натрію ортофосфати визнані безпечною харчовою добавкою.

Вони використовуються в харчовій промисловості, як емульгатори, стабілізатори консистенції, зв'язуючі агенти, регулятори кислотності.

E-339 ефективно фіксує зелений колір, застосовують для обробки зелених овочів перед термічною обробкою. Вона підтримує оптимальну для збереження забарвлення кислотність середовища (рН 6,8 – 7,0). Її також додають в молочні продукти для підвищення їх стійкості до нагрівання. У складі м'ясного та рибного фаршу харчова добавка E339 утримує вологу, перешкоджає окисленню жирів і робить готову продукцію більш сочнішою.

Монофосфат добре розпушує тісто при виробництві хлібобулочних виробів. Дифосфат виконує функцію емульгатору при згущенні молока, пастеризації сирів [6]. Тринатрійфосфат використовують у якості солі-плавника у виробництві плавлених сирів.

Також фосфати натрію застосовують в: медицині (в складі послаблюючих і антацидних засобів), металургії (знежирення металів, запобігання корозії), побутова хімія (миючі засоби, препарати для пом'якшення води та видалення накипу, відбілювач), сільське господарство (виготовлення добрив, в складі кормів для тварин).

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Ортофосфати натрію є однією з ряду харчових добавок, яка показала деякі переваги для спортивних результатів. Для ергогенних цілей фосфат натрію додають перорально у формі капсул у дозі 3-5 г/добу протягом періоду від 3 до 6 діб. Повідомлялося, що при застосуванні добавки фосфату натрію спостерігається ряд змін, що підвищують ефективність фізичних вправ, які включають аеробну здатність, підвищену пікову потужність, підвищений анаеробний поріг та покращену реакцію міокарда та серцево-судинної системи на фізичні вправи [7].

Змішані фосфати використовують в комунальних системах водопідготовки, як частина програм боротьби з накипом та корозії, оскільки ці сполуки зв'язують карбонат кальцію, залізо, магній і марганець[8].

Оскільки різноманіття сфер застосування ортофосфатів натрію дуже широке, відповідно і попит на них значно великий.

#### **1.4. Безпека використання в харчовій промисловості**

Натрій фосфорнокислий (фосфорний) відноситься до **IV класу** небезпеки (малонебезпечні речовини ГОСТ 12.1.007) і володіє високим ступенем чистоти. З масовими природними компонентами його структурна формула містить шкідливі хімічно синтезовані сполуки.

При щоденному вживанні не більше 70 мг на 1 кг маси тіла вважається безпечним для здоров'я. За рахунок абсорбції води з кишківника натрій фосфати здатні викликати зневоднення, порушення роботи нирок, збільшення рівня електролітів в крові. Дослідження, проведені на тваринах, показали, що харчова добавка E339 перешкоджає нормальному засвоєнню кальцію та вимиває його з емалі та кісток.

Дигідрофосфат натрію в звичайних умовах неотруйний. ЛД50 на мишах близько 5660 мг/кг. ГДК – 10 мг/дм<sup>3</sup> [3].

Виходячи з того, що потреба в фосфатах дорослої людини становить близько 1150 мг/добу, немає нічого поганого при використанні сполук фосфату натрію для виробництва продуктів харчування.

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

## 1.5. Аналіз технології та хімізм отримання фосфатів натрію Е-339

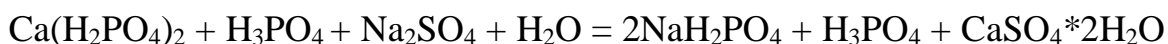
Розроблено і використовуються також способи виробництва чистих солей з фосфорної кислоти, отриманої сірко-кислим методом, а також з суперфосфату.

### 1.5.1. Отримання фосфатів натрію з термічної фосфорної кислоти

Мононатрійфосфат отримують нейтралізацією 25% -ої фосфорної кислоти розчином кальційованої соди. Домішки, що виділилися фільтрують, розчин випарюють до щільності 1,5 г/см<sup>3</sup> і кристалізують  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . З більш концентрованих розчинів може бути викристалізований  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . При використанні кислоти, що містить більше 40%  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , рекомендують компоненти подавати в нейтралізатор поперемінно. Спочатку нейтралізацією кислоти содою отримують розчин  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , в який потім вносять надлишок  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , після чого додають необхідну кількість кислоти. Нейтралізацію проводять при 85-95°. Для видалення іонів  $\text{SO}_4^{2-}$  з екстракційної (сирої) фосфорної кислоти запропоновано додавати до неї кальцій вмісні речовини ( $\text{CaO}$ ,  $\text{CaCO}_3$ , подвійний суперфосфат) і провести подальше катіонування кислоти. Нейтралізацією содою або поташом кислоти, очищеної від сульфат-іонів, можна отримати концентровані розчини фосфатів натрію. Для отримання безводної солі мононатрійфосфат повинен бути нагрітий до 100°C. Розчин мононатрійфосфат можна гранулювати в розпилювальній сушарці [9].

### 1.5.2. Виробництво дигідрогенфосфату натрію з суперфосфату

Отримання дигідрогенфосфату натрію з суперфосфату засновано на обробці його розчином сульфату натрію. При цьому в рідкій фазі утворюється мононатрійфосфат:



Кислий розчин мононатрійфосфат відфільтровують від нерозчинного залишку суперфосфату та від знову утвореного сульфата кальцію після чого переробляють, як описано вище [9].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Динатрійфосфат отримують нейтралізацією фосфорної кислоти в дві стадії: спочатку кальцинованою содою до динатрійфосфата, а потім їдким натром до тринатрійфосфата:



При виробництві динатрійфосфата для повного розкладу соди використовують невеликий надлишок фосфорної кислоти, який нейтралізується потім маточним розчином. Реактори нагрівають паром до 98°C – 100°C. Розчин динатрійфосфат після відокремлення осаду, який виділився в процесі його отримання, переробляють на кристалічний динатрійфосфат.

Для отримання тринатрійфосфат розчин динатрійфосфату нейтралізують їдким натром, знову відфільтровують та спрямовують на кристалізацію. За рахунок тепла нейтралізації температура розчину підіймається до 112°C. Якщо початкова фосфорна кислота мала концентрацію 25 – 29% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (екстракційна), розчини ди- або тринатрійфосфата до кристалізації із них солі, попередньо випарюють охолодженням. При застосуванні (≈ 45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) термічної фосфорної кислоти розчини не випарюють. Після охолодження нейтралізованих розчинів до ≈30°C ди- або тринатрійфосфат кристалізують у вигляді 12-водних кристалогідратів (додекагідрат). Їх відділяють на центрифугах та висушують. Додекагідрат динатрійфосфата плавиться в особистій кристалізаційній воді при 60°C, а тринатрійфосфат при 75°C. Це ускладнює сушіння продукту без виділення кристалізаційної води. Для зменшення злежування тринатрійфосфата додатково охолоджують повітрям в шнеках або в обертаючих барабанах [10].

### 1.5.3. Виробництво натрій фосфату з екстракційної фосфорної кислоти

Екстракційну фосфорну кислота знесульфовуємо CaO протягом 30-60 хвилин. З реактора знесульфування пульпа подається в відстійник-згущувач, де вона згущається, після чого розчин фільтрують. Фільтрат (чиста ЕФК) перекачують в реактор-нейтралізатор, де її нейтралізують карбонатом натрію при температурі 60-80°C протягом 30-60 хв. Фільтрують від шламу.

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

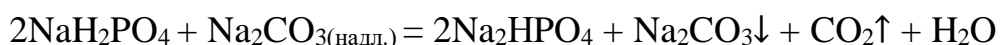


Розчин дигідрофосфату натрію подають у випарник, де випарюють при температурі 110-120°C. Розчин охолоджується в кристалізаторі, до температури, що забезпечує кристалізацію кристалогідратів із заданою кількістю молекул води:

- безводного  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  – 58-60°C,
- моногідрата  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – 41-43°C,
- дигідрата  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 20-25°C.

Далі кристали відділяємо на вакуум-фільтрі та висушують при температурі 30-40°C.

При отриманні гідрофосфату і фосфату натрію розчин дигідрофосфат натрію донейтралізують : для отримання гідрофосфата натрію – карбонат натрію, для отримання фосфат натрію – гідроксид натрію. Температура нейтралізації – 60-80°C, протягом 15-30 хв. Фільтрують від шламу.



Розчин випарюють до відповідних концентрацій:

- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 49-52%,
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 40-43%,
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – 27-30%.

Випарений розчин охолоджується в кристалізаторі, до температури, що забезпечує кристалізацію кристалогідратів із заданою кількістю молекул води:

- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 48-51°C,
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 35-38°C,
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – 20-23°C.

Далі кристали відділяємо на вакуум-фільтрі та висушують при температурі 30-40°C.

Концентрація розчину фосфат натрію корегується до концентрацій, що забезпечують отримання після охолодження кристалогідратів із заданою кількістю молекул води:

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

- декагідрат  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  – 36-39%,
- додекагідрата  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – 20-25%.

Випарений розчин охолоджується в кристалізаторі, до температури, що забезпечує кристалізацію:

- декагідрат  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  – 25-30°C,
- додекагідрата  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – 15-20°C.

Далі кристали відділяємо на вакуум-фільтрі та висушують при температурі 30-40°C [10].

### **Висновок до розділу 1:**

За літературними даними було розглянуто загальні відомості, фізико-хімічні властивості, сфери застосування, безпека використання та методи отримання натрій фосфатів. Було виявлено, що отримання ортофосфатів натрію з екстракційної фосфорної кислоти (ЕФК) є найоптимальнішим, оскільки такий метод є простим та економічно вигідним.

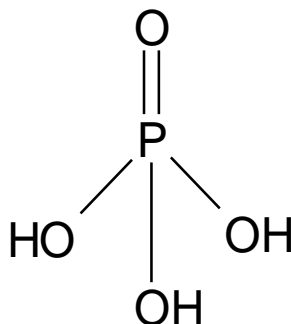
					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Характеристика сировини

У даному курсовому проєкті запропоновано технологічну схему періодичної дії для виробництва дигідрофосфату натрію. В якості сировини було обрано чисту екстракційну фосфорну кислоту (ЕФК) та карбонат натрію.

**Екстракційна фосфорна кислота (ЕФК)** – ортофосфорна кислота, отримана екстракційним методом. Молекулярна маса 98г/моль, молекулярна формула  $H_3PO_4$  ( $P_2O_5 \cdot 3H_2O$ ) з вмістом в ній 72,4%  $P_2O_5$ . На зовнішній вигляд це білі кристали або безбарвна в'язка рідина, що має густину 1,88 г/см<sup>3</sup> з температурою плавлення 42,4 °С та володіє дуже доброю розчинністю у воді – 548 г /100 г  $H_2O$  (20 °С) і у водному розчині є кислотою середньої сили [11].



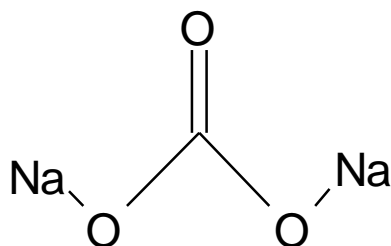
**Рис.2.1** Структурна формула ортофосфорної кислоти

Виробництво тринатрійфосфату базується на фосфорній кислоті. Оскільки виробництво термічної фосфорної кислоти (ТФК) є дорогокоштуючим та безперервно скорочується, замість неї в технології кваліфікованих марок харчових та реактивних кислот використовують більш дешевшу, очищену екстракційну фосфорну кислоту (ЕФК). Собівартість ТФК приблизно втричі дорожче ніж вартість очищеної ЕФК [10].

**Натрій карбонат (кальцинована сода)** – неорганічне з'єднання, натрієва сіль вуглекислої кислоти з хімічною формулою  $Na_2CO_3$ , яка має молярну масу

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Короткевич А.В.			<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сабадаш Н.І.					21	66
Реценз.						<i>НУХТ, Каф.ТЖХТ</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

106 г/моль. Безбарвні кристали або білий порошок, розчинний у воді 21,8г/100г води (20 °С) [12].



**Рис. 2.2** Структурна формула натрій карбонату

**Натрію гідроксид** - біла чи майже біла розплавлена маса або у вигляді маленьких кульок, пластівців та інших форм. Має такі властивості: рН  $\approx$ 12,0 (0,05% водний розчин); рН  $\approx$ 13,0 (0,5% водний розчин); рН  $\approx$ 14,0 (5% водний розчин); Тпл — 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) [13].

## 2.2. Розроблення принципової технологічної схеми

Наведено послідовний опис технологічних операцій для виробництва фосфату натрію:

### 1. Нейтралізація (утворення $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ).

На першій стадії проходить нейтралізація ЕФК (з конц. 40% ) натрій карбонатом при співвідношенні  $\text{H}_3\text{PO}_4$ :  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2:1$  за температури 80 °С протягом 60 хвилин. При нейтралізації виділяється вуглекислий газ, який збирається для подальшого використання на інших виробництвах.

### 2. Охолодження.

Розчин з реактора подається до центрифуги через теплообмінник типу «труба в трубі», в якому він охолоджується до 20 °С.

### 3. Центрифугування.

На цій стадії відділяється розчин мононатрійфосфату від натрій карбонату, що не прореагував та випав в осад. Вже протягом 15 хвилин маємо чистий розчин

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

дигідрофосфату натрію. Осад натрій карбонату йде на очищення після чого знову використовується на стадії нейтралізації.

#### **4. Донеітралізація (утворення $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ).**

Фільтрат, що отримали після стадії центрифугування нейтралізують натрій гідроксидом (з конц. 40% ) при співвідношенні  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ :  $\text{NaOH}$ = 1:2 за температури 80 °С протягом 30 хвилин.

#### **5. Концентрування.**

Розчин, що отримали випарюємо за тиску 0,08 МПа та температури 80 °С до концентрації розчину 39%. Це забезпечить отримання після охолодження кристалів декагідрату тринатрійфосфату. Отримана волога внаслідок концентрації розчину збирається у збірнику для води, яка використовується надалі у виробництвах.

#### **6. Кристалізація.**

Після концентрування розчин охолоджують в кристалізаторі зі швидкістю 4 °С/год. Кристалізація відбувається в інтервалі температур з 60 °С до 25 °С. Тривалість процесу – 8,75 годин. За рахунок охолодження перенасиченого розчину утворюються центри кристалізації, на яких ростуть кристали завдяки низькій швидкості охолодження. В результаті чого забезпечується кристалізація крупних, добре фільтрувальних кристалів.

#### **7. Центрифугування.**

Розчин з кристалами подається до центрифуги, яка відділяє їх від рідкої фази протягом 25 хвилин. Фільтрат, що отримали відправляється на очищення та подається в збірник для води, яка використовується надалі у виробництвах.

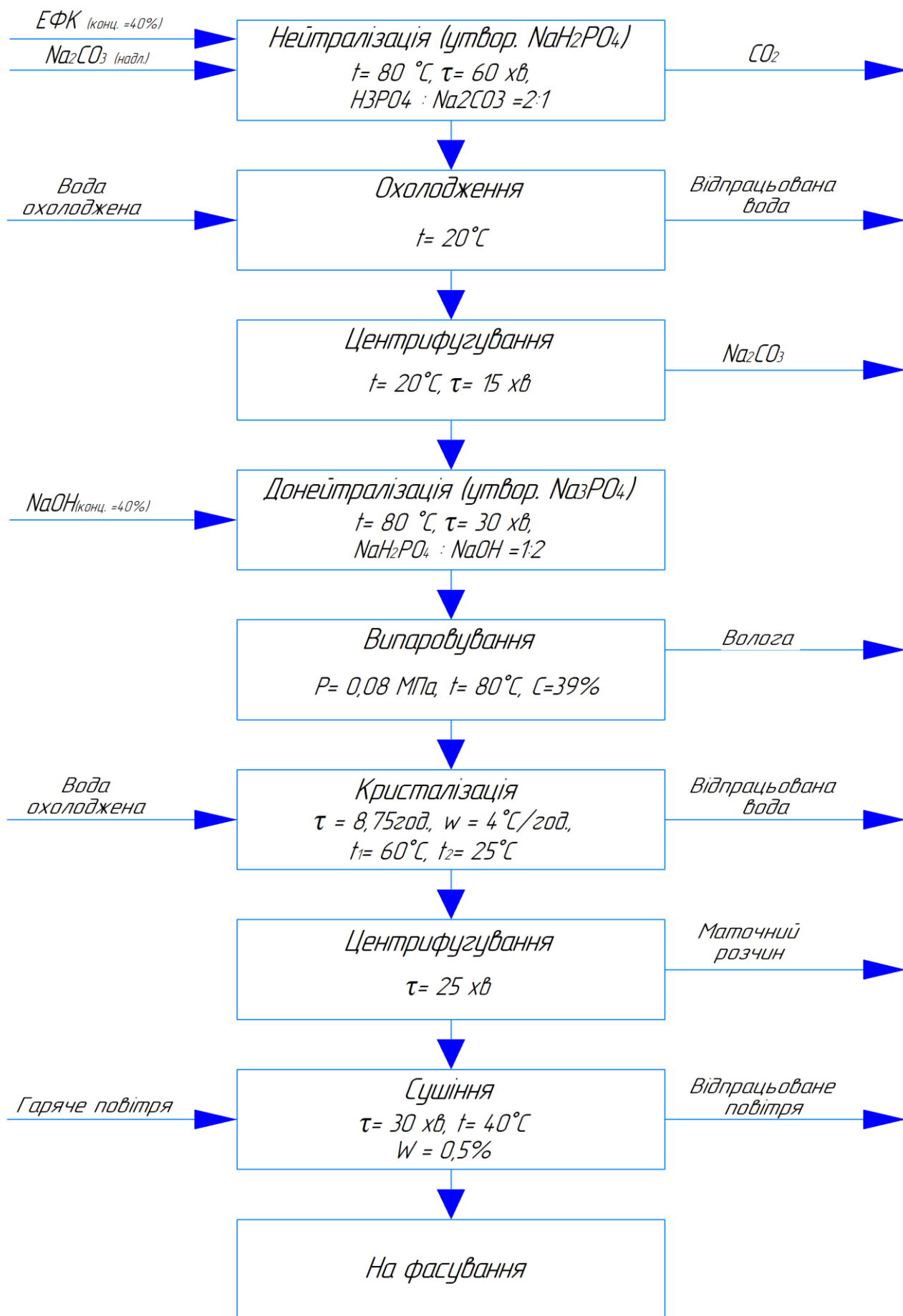
#### **8. Сушіння.**

Висушуємо кристали за температури 40 °С до вологості 0,5%. Після чого вони відправляються на фасування. Волога, яка була видалена відводиться разом з гарячим повітрям.

#### **9. Фасування.**

На рисунку 2.3 наведена принципова технологічна схема виробництва тринатрійфосфату.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рис. 2.3** Принципова технологічна схема виробництва тринатрійфосфату

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

### 2.3. Розрахунок матеріального балансу виробництва

Розрахунок проводиться на 1 т/добу готової продукції фосфату натрію. Для його виробництва потрібно: ортофосфорна кислота (40%), що нейтралізується карбонатом натрію та натрію гідроксид, який бере участь в стадії донетралізації мононатрій фосфату. При виробництві потужністю 1 т/добу потрібно: ортофосфорна кислота концентрацією 40% - 1064,15 кг, в якій  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – 425,66 кг та  $\text{H}_2\text{O}$  – 638,49 кг; натрій карбонат (в надлишку) – 240 кг; натрій гідроксид концентрацією 40% - 1914,83, в якому  $\text{NaOH}$  – 765,93 кг,  $\text{H}_2\text{O}$  – 1148,9 кг.

Молярні маси речовин:

- $M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98$  г/моль
- $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$  г/моль
- $M(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 120$  г/моль
- $M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164$  г/моль
- $M(\text{NaOH}) = 40$  г/моль
- $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$  г/моль
- $M(\text{CO}_2) = 44$  г/моль

Рівняння реакції нейтралізації фосфорної кислоти:



За рівнянням реакції бачимо, що для утворення дигідрофосфату натрію взаємодіє 2 моль ортофосфорної кислоти з 1 моль карбонатом натрію. Співвідношення  $\text{H}_3\text{PO}_4$ :  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2:1$ . З чого випливає, що ортофосфорної кислоти взято в недостатці.

40%-ї ортофосфорної кислоти взято 1579,03 кг, з яких  $\text{H}_3\text{PO}_4(100\%)$  – 631,61 кг та  $\text{H}_2\text{O}$  – 947,42 кг;

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{631,61}{98} = 6,445 \text{ кмоль}$$

Натрій карбонат взятий в надлишку 240 кг.

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{370}{106} = 3,49 \text{ кмоль}$$

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

Реакція триває до тих пір, поки не закінчиться кислота. Щоб утворилося 2 моль  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  потрібно 2 моль  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

$$6,445 \text{ кмоль} = 6,445 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 120 \times 6,445 = 773,4 \text{ кг}$$

Маса непрореагованого  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \left(3,49 - \frac{6,445}{2}\right) \times 106 = 28,42 \text{ кг}$$

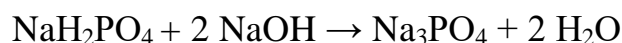
Маса утвореного вуглекислого газу  $\text{CO}_2$ :

$$m(\text{CO}_2) = \frac{6,445}{2} \times 44 = 141,79 \text{ кг}$$

Маса утвореної води  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{6,445}{2} \times 18 = 58 \text{ кг}$$

Рівняння реакції донейтралізації дигідрофосфату натрію гідроксидом натрію:



За рівнянням реакції бачимо, що для утворення тринатрійфосфату взаємодіє 1 моль дигідрофосфату натрію з 2 моль гідроксидом натрію. Співвідношення  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 : \text{NaOH} = 1:2$ .

Дигідрофосфату натрію на стадію надходить 757,92 кг;

$$n(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = \frac{757,92}{120} = 6,316 \text{ кмоль}$$

Натрій гідроксид взятий відповідно до співвідношення 505,28 кг.

$$n(\text{NaOH}) = \frac{505,28}{40} = 12,632 \text{ кмоль}$$

Щоб утворилося 1 моль  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  потрібно 1 моль  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ .

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$6,316 \text{ кмоль} = 6,316 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 164 \times 6,316 = 1035,8 \text{ кг}$$

Маса утвореної води  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 6,316 \times 18 = 227,42 \text{ кг}$$

В таблиці 2.1 наведено матеріальний баланс стадії нейтралізації.

Таблиця 2.1.

### Матеріальний баланс стадії нейтралізації

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) $\text{H}_3\text{PO}_4$ (40% -й розчин)	1579,03	1) Вода, що була	947,42
2) $\text{Na}_2\text{CO}_3$	370	2) $\text{Na}_2\text{CO}_3$	28,42
		3) $\text{NaH}_2\text{PO}_4$	773,4
		4) $\text{CO}_2$	141,79
		5) $\text{H}_2\text{O}$	58
<b>Всього</b>	<b>1949,03</b>	<b>Всього</b>	<b>1949,03</b>

Оскільки на стадії охолодження втрати мінімальні, тому ми їх не враховуємо.

Таблиця 2.2.

### Матеріальний баланс стадії охолодження

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) $\text{NaH}_2\text{PO}_4$	773,4	1) $\text{NaH}_2\text{PO}_4$	773,4
2) $\text{Na}_2\text{CO}_3$	28,42	2) $\text{H}_2\text{O}$	28,42
3) $\text{H}_2\text{O}$	1005,42	3) $\text{Na}_2\text{CO}_3$	1005,42
<b>Всього</b>	<b>1807,24</b>	<b>Всього</b>	<b>1807,24</b>

Розраховуючи стадію центрифугування необхідно врахувати, що втрати на даній стадії складають 2%.

Таблиця 2.3.

**Матеріальний баланс стадії центрифугування**

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) $\text{NaH}_2\text{PO}_4$	773,4	1) $\text{NaH}_2\text{PO}_4$	757,92
2) $\text{Na}_2\text{CO}_3$	28,42	2) $\text{H}_2\text{O}$	985,31
3) $\text{H}_2\text{O}$	1005,42	3) $\text{Na}_2\text{CO}_3$	27,85
		5) <b>Втрати (2%)</b>	36,16
<b>Всього</b>	<b>1807,24</b>	<b>Всього</b>	<b>1807,24</b>

Таблиця 2.4.

**Матеріальний баланс стадії донейтралізації**

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) $\text{NaH}_2\text{PO}_4$	757,92	1) Вода, що була	1743,22
2) $\text{H}_2\text{O}$	985,31	2) $\text{Na}_3\text{PO}_4$	1035,79
3) $\text{NaOH}$ (40%-й розчин)	1263,2	3) $\text{H}_2\text{O}$	227,42
<b>Всього</b>	<b>3006,43</b>	<b>Всього</b>	<b>3006,43</b>

При розрахунку стадії концентрування необхідно визначити кількість води, що залишиться в розчині та розрахувати втрати, що становлять 1%.

Таблиця 2.5.

**Матеріальний баланс стадії концентрування**

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4

1	2	3	4
1) Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1035,79	1) Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (39%-й р-н)	2629,31
2) H <sub>2</sub> O	2022,92	2) H <sub>2</sub> O	398,81
		3) Втрати (1%)	30,59
<b>Всього</b>	3058,71	<b>Всього</b>	3058,71

Розраховуючи стадію кристалізації враховуємо втрати, які складають 1%.

Таблиця 2.6.

### Матеріальний баланс стадії кристалізації

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (39%-й розчин)	2629,31	1) Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1015,18
		2) Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (5%-й розчин)	1587,84
		3) Втрати (1%)	26,29
<b>Всього</b>	2629,31	<b>Всього</b>	2629,31

Розраховуючи стадію фільтрування необхідно врахувати втрати, що становлять 1%.

Таблиця 2.7.

### Матеріальний баланс стадії центрифугування

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1015,18	1) Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (99%-й р-н)	1015,18
2) H <sub>2</sub> O	1587,84	2) H <sub>2</sub> O	1561,81
		3) Втрати (1%)	26,03
<b>Всього</b>	2603,02	<b>Всього</b>	2603,02

При розрахунку стадії сушіння втрати цільового продукту складають 0,5%.

Таблиця 2.8.

### Матеріальний баланс стадії сушіння

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ (99%-й р-н)	1015,18	1) $\text{Na}_3\text{PO}_4$ (декагідрат)	1000
		2) $\text{H}_2\text{O}$	10,1
		3) Втрати (0,5%)	5,08
<b>Всього</b>	<b>1015,18</b>	<b>Всього</b>	<b>1015,18</b>

Рахуємо матеріальний баланс загалом:

#### Стаття приходу на виробництво:

1)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (40%-й розчин) = 1064,15 кг

2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  = 240 кг

3)  $\text{NaOH}$  (40%-й розчин) = 1914,83 кг

#### Стаття витрат всього виробництва:

1)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (декагідрат) = 1 т

2)  $\text{CO}_2$  = 94,6 кг

3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  = 9,6 кг

4) Сумарна кількість води:

$$\sum m(\text{H}_2\text{O}) = 358,81 + 10,1 = 408,96 \text{ кг}$$

5) Сумарна кількість витрат:

$$\sum(\text{Втрати}) = 13,21 + 11,96 + 30,9 + 30,59 + 26,29 + 26,03 + 5,08 = 144,06 \text{ кг}$$

Заносимо ці дані до таблиці 2.9:

Таблиця 2.9.

### Зведена таблиця матеріального балансу всього виробництва

Стаття приходу		Стаття витрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4

1	2	3	4
1) $H_3PO_4$ (40%-й розчин)	1579,03	1) $Na_3PO_4$ (декагідрат)	1000
2) $Na_2CO_3$	370	2) $CO_2$	141,79
3) $NaOH$ (40%-й розчин)	1263,2	3) $Na_2CO_3$	28,42
		4) $Na_3PO_4$ (5%-й розчин)	1529,05
		5) $H_2O$	368,91
		5) <b>Втрати</b>	144,06
<b>Всього</b>	3212,23	<b>Всього</b>	3212,23

#### 2.4. Розрахунок теплового балансу виробництва

Для розрахунку теплового балансу була обрана стадія випарювання продукту.

Метою розрахунку є знаходження витрати концентрованого розчину, гріючої пари, визначення температурного режиму установки, витрати вторинних пари на підігрівання початкового розчину в підігрівачі, витрати охолоджуючої води в конденсаторі.

##### Вихідні дані:

Продуктивність установки за вихідним розчином:  $G_{\text{п}} = 103,58$  кг/год;

Кількість випареного розчинника:  $W = 398,8$  кг;

Температура розчину початкова:  $t_{\text{н}} = 80^{\circ}\text{C}$  ;

Температура вторинної пари:  $t_{\text{к}} = 110^{\circ}\text{C}$ ;

Температура гріючої пари:  $t_{\text{г.п.}} = 120^{\circ}\text{C}$ ;

Тепловміст гріючої пари:  $I_{\text{г.п.}} = 2711$  кДж/кг;

Тепловміст вторинної пари:  $I_{\text{в.т.}} = 2687$  кДж/кг;

Теплоємність розчину:  $c_{\text{п}} = 1877$  кДж/кг;

Теплоємність концентрованого розчину:  $c_{\text{к}} = 2234$  кДж/кг;

Надходження тепла в апарат:

- з гріючою парою:

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

$$Q_{г.п.} = D * I_{г.п.}$$

$$Q_{г.п.} = D * 2711 * 10^3 = D * 2711000 \text{ Вт};$$

$$Q_{г.п.} = 2,34 * 2711 * 10^3 = 6443740 \text{ Вт};$$

- з початковим розчином:

$$Q_{п.р.} = G_{п.} * c_{п.} * t_{п.}$$

$$Q_{п.р.} = 103,58 * 1877 * 80 = 1555357 \text{ Вт}$$

Витрати тепла в апараті:

- з вторинною парою:

$$Q_{вт.п.} = W * I_{вт.}$$

$$Q_{вт.п.} = 75,63 * 2704 = 204503 \text{ Вт}$$

- з концентрованим розчином:

$$Q_{к.р.} = (G_{п.} - W) * c_{к.} * t_{к.}$$

$$Q_{к.р.} = (103,58 - 75,63) * 2234 * 110 = 6868433 \text{ Вт}$$

- з конденсатом гріючої пари:

$$Q_{к.} = D * c_{к.} * \theta_{к.}$$

$$Q_{к.} = D * 2234 * 120 = D * 268080 \text{ Вт}$$

$$Q_{к.} = 2,34 * 2234 * 120 = 627307 \text{ Вт}$$

- втрати тепла в навколишнє середовище приймаємо 3% від загальної кількості надходження тепла:

$$Q_{вт.} = 0,03(Q_{г.п.} + Q_{п.р.})$$

$$Q_{вт.} = 0,03(D * 2711000 + 1555357) \text{ Вт}$$

$$Q_{вт.} = 0,03(2,34 * 2711000 + 1555357) = 236972 \text{ Вт}$$

Складаємо тепловий баланс і зводимо в табл. 2.10:

$$Q_{г.п.} + Q_{п.р.} = Q_{вт.п.} + Q_{к.р.} + Q_{к.} + Q_{вт.}$$

$$D * 2711000 + 1555357 = 204503 + 6868433 + D * 268080 + 0,03(D * 2711000),$$

звідки знаходимо витрату гріючої пари  $D = 2,34 \text{ кг/год}$ ;

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Зведена таблиця теплового балансу стадії випарювання

Надходження тепла	Вт	Витрата тепла	Вт
1)З гріючою парою $Q_{г.п.}$	6443740	1)З вторинною парою $Q_{вт.п.}$	204503
2)З початковим розчинником $Q_{п.р.}$	1555357	2)З концентрованим розчином $Q_{к.р.}$	6868433
		3)З конденсатом гріючої пари $Q_k$	627307
		4)Втрати	236972
<b>Всього</b>	7999097	<b>Всього</b>	7937215

Розходження балансу:

$$\Delta = \frac{7999097 - 7937215}{7999097} * 100 = 0,77\%, \text{ що не перевищує } 5\%.$$

## 2.5. Підбір основного технологічного обладнання

### Реактор емальований з лопатевою мішалкою

Хімічний реактор – це спеціальний апарат, головним призначенням якого є проведення цілого ряду хімічних процесів. Використання такого обладнання в наші дні є найбільш затребуваним в хімічній, фармацевтичній, нафтохімічній, харчовій, а також безлічі інших галузей сучасної промисловості [14].

Апарат (реактор) емальований з лопатевою мішалкою – це спеціальний вертикальний циліндричний посуд, що має два приварених або ж рознімних днища, а також встановлені усередині своєї конструкції змішувач лопатевого типу. В якості спеціального приводу в таких апаратах застосовується мотор-редуктор.

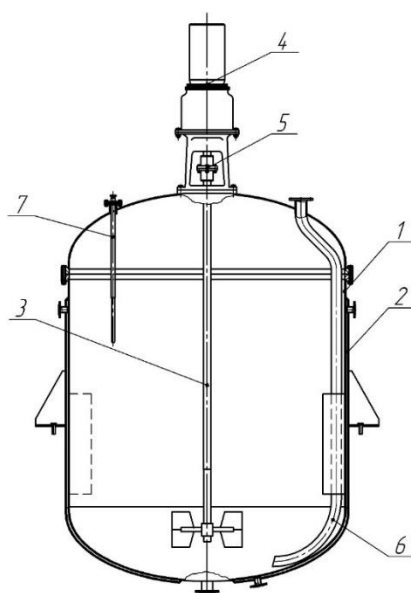
Лопатеві мішалки найпростіші за конструкцією. Це плоскі лопаті, встановленні на валу (вертикальному або горизонтальному) під кутом або

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

перпендикулярно до напрямку руху. Кількість лопатей та їх конфігурація може бути різною і визначається конструкцією апарату і властивостями продукту. Лопаті можуть бути згруповані в виді рам, і мати складну конфігурацію руху. Лопатеві мішалки використовують для перемішування малов'язких рідин [14].

Перемішування в реакторах відбувається за рахунок багаторазового відносного руху елементів об'єму рідини, що викликаний обертанням мішалки.

Реактор складається з окремих конструктивних елементів (рисунок 2.4): посудини 1, теплообмінної сорочки 2, перемішуючого пристрою 3, приводу перемішуючого пристрою 4. Вал перемішуючого пристрою і вал приводу з'єднується муфтою 5.



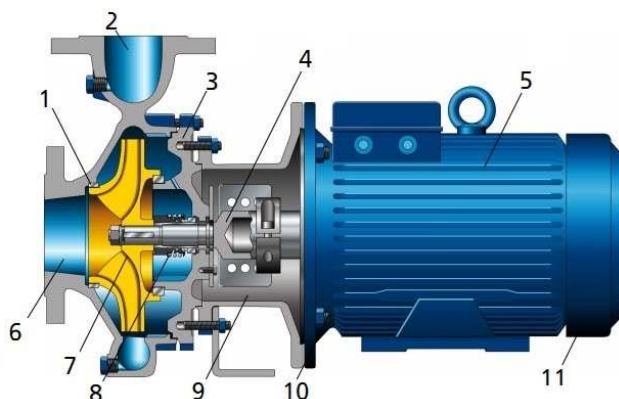
**Рис. 2.4** Реактор з лопатевою мішалкою

В реакторі можуть встановлюватися також, труба передавлювання 6, гільза термометра 7, пристрої для вимірювання рівня рідини, тощо.

### **Відцентровий одноступінчастий насос**

Одноступінчастий відцентровий насос – різновид відцентрового насоса, що широко застосовуються для перекачування води, рідин з підвищеною хімічною активністю, суспензій, емульсій в багатьох галузях промисловості. У насоса такого типу - одна сходинка, тобто одне робоче колесо. Одноступінчастий насос може мати одно- або двостороннє підведення рідини до Імпелери. За рахунок обертання робочого колеса рідина, що входить в насос, виходить з нього з

збільшилася швидкістю і підвищеним тиском. Конструктивно вони поділяються на горизонтальні і вертикальні одноступінчаті відцентрові насоси. Останні мають вертикальне робоче положення і створюють підвищений тиск на виході в порівнянні з горизонтальними. Одноступеневі відцентрові насоси застосовуються для міського водопостачання, в промисловому і сільському водному господарстві, для зрошення полів, перекачки нафтопродуктів, авіаційного палива, і ін.



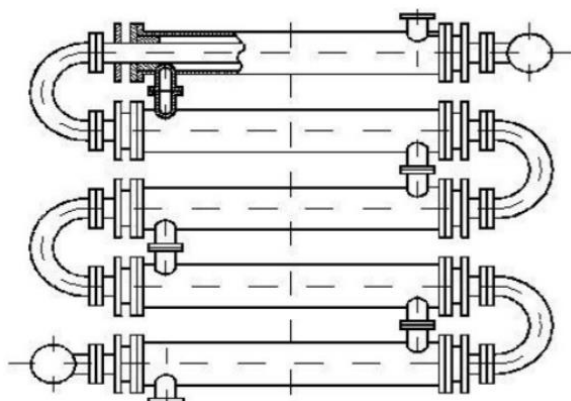
**Рис. 2.5** Одноступінчастий відцентровий насос

1 – дросельна щілина; 2 – напірний патрубок; 3 – кришка корпусу; 4 – вал;  
5 – корпус двигуна; 6 – всмоктуючий патрубок; 7 – робоче колесо; 8 – ущільнення  
вала; 9 – піддон приводу; 10,11 – підшипники качання;

### **Теплообмінник типу «труба в трубі»**

Теплообмінник типу «труба в трубі» складається з кількох послідовно з'єднаних елементів, утворених двома концентрично розміщеними трубами. Один теплоносій рухається у внутрішніх трубах, а другий – у кільцевому зазорі між внутрішніми і зовнішніми трубами. Внутрішні труби окремих елементів з'єднані послідовно колінами, а зовнішні патрубками. Завдяки невеликому поперечному перерізу в теплообмінниках «труба в трубі» досягають високих швидкостей руху теплоносіїв і високої інтенсивності теплообміну. Проте ці теплообмінники дуже громіздкі та металомісткі. Тому їх використовують лише

при малих об'ємних витратах теплоносія і незначних поверхнях теплообміну [15].



**Рис. 2.6** Теплообмінник типу «труба в трубі»

### **Центрифуга декантер**

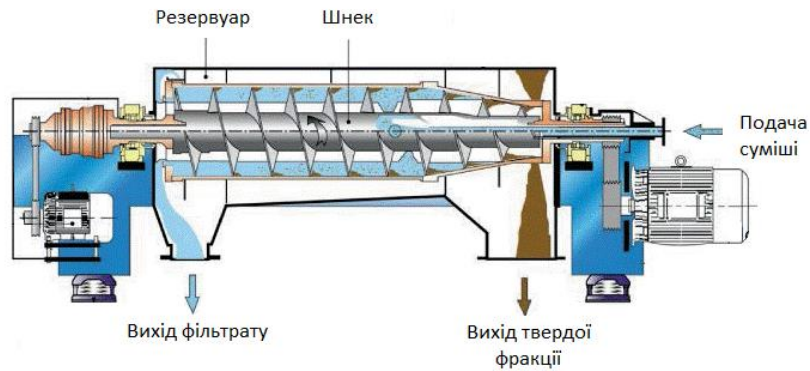
Центрифуги використовують в різних галузях промисловості для розділення неоднорідних систем. Принцип заснований на впливі відцентрової сили на неоднорідну систему, що складається з двох або більше фаз - суспензію (рідина-тверда речовина), емульсію (рідина-рідина), аерозолі (газ-тверда речовина або газ-рідина).

Декантер (центрифуга для двофазного поділу) застосовується для згущення і зневоднення осадів, що утворюються в різних стадіях очищення.

Спеціальні конструктивні особливості шнека в декантері створюють в конічній частини додатковий ефект пресування. Кращі результати поділу досягаються за рахунок максимального часу перебування твердої речовини всередині барабана.

По осі декантеру розташовується впускна труба, через яку осад подається у вхідну камеру шнека. Далі шлам через розподільні отвори в корпусі шнека потрапляє в барабан [16].

Конусно-циліндричний барабан обертається з числом обертів, що обирається залежно від характеру виконуваної завдання. Тверді частки осаду під дією відцентрових сил осідають на внутрішній поверхні барабана.



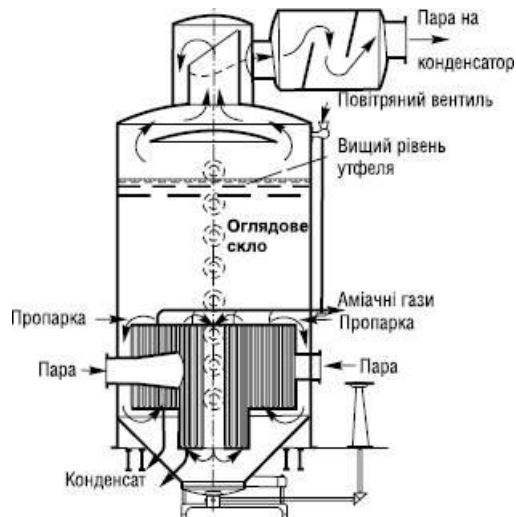
**Рис. 2.7** Центрифуга декантер

### **Вакуум-випарна установка**

Мета випарювання - концентрування нелетких сухих речовин згущуємої рідини шляхом видалення з неї частину води випаровуванням. При випарюванні співвідношення між окремими компонентами рідини зберігається. Рухомою силою випарювання є різниця температур теплоносія (гріє пара) і кипіння концентруємого продукту.

Для нагрівання рідини до температури кипіння використовують водяну пару, яку називають гріючою або первинною на відміну від вторинної пари, що утворюється з випарюємого продукту. Випарювання відбувається при кипінні, тобто в умовах, коли тиск пари під продуктом дорівнює тиску в робочому об'ємі апарату (корпусу) вакуум-випарної установки.

Випарювання проводять при надлишковому тиску і під вакуумом. При надлишковому тиску вторинний пар має високу температуру, що дозволяє використовувати його для нагрівання в різних теплообмінних апаратах, що працюють під меншим тиском. У цьому випадку підвищується ефективність випарної установки, однак підвищення температури і тиску вторинної пари збільшує витрату гріючої пари і вартість установки [17].

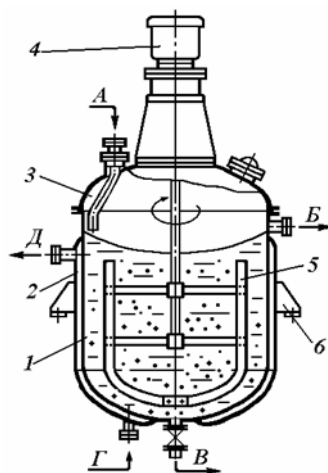


**Рис. 2.8** Вакуум-випарний апарат

### **Об'ємний кристалізатор охолоджувального типу**

Цей тип кристалізаторів одержав найбільше поширення в промисловості. Найпростішим об'ємним кристалізатором періодичної дії є апарат із сорочкою і мішалкою (рисунок 2.9).

Щоб уникнути інтенсивної інкрустації внутрішньої поверхні апарата, різниця температур розчину й охолодженої води повинна бути невелика [ 8-10 °С (281—283 К)]. З цією метою охолоджену воду в сорочку 2 подають після заповнення корпусу 1 апарата розчином і утворення перших зародків кристалів. Після закінчення процесу кристалізації суспензію, що утворилася, вивантажують і розділяють на фільтрах або центрифугах з одержанням кристалічної речовини і виділенням маточного розчину.



**Рис. 2.9** Об'ємний кристалізатор охолоджувального типу з сорочкою і мішалкою

А - подача розчину; Б - відведення розчину; В - відведення кристалічної суспензії; Г - подача холодоносія; Д - відведення холодоносія; 1 - корпус; 2 - охолоджувальна сорочка; 3 - кришка; 4 - привід мішалки; 5 - мішалка; 6 - лапа-опора [18].

### **Мембранний пневматичний насос**

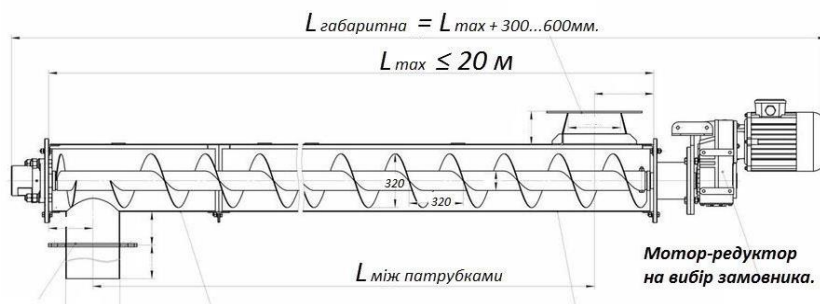
Мембранні пневматичні насоси застосовуються для дбайливого і безпечного перекачування нейтральних і агресивних рідин, що наділені таким властивостями, як: висока в'язкість, вміст твердих і абразивних включень, вибухонебезпечність, токсичність і висока хімічна активність.



**Рис.2.10** Мембранний пневматичний насос

### **Шнековий транспортер**

Гвинтовий конвеєр, шнековий конвеєр, шнековий (гвинтовий) транспортер або просто шнек — шнекова машина, різновид конвеєра, у якому вантаж переміщується волочінням уздовж нерухомого жолоба лопатями обертового гвинта.

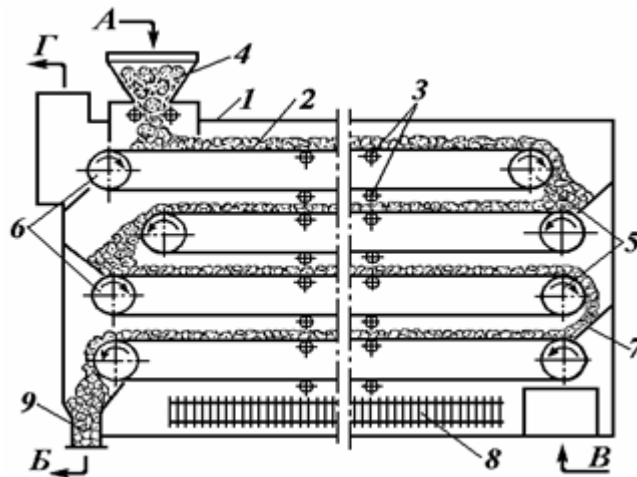


**Рис. 2.11** Шнековий транспортер

## Багатострічкова сушарка

Основною частиною стрічкової сушарки (рисунок 2.11) є горизонтальна нескінченна стрічка 2, яка рухається в камері 1. Матеріал поступає з одного кінця стрічки і скидається у висушеному вигляді з іншого її кінця. Стрічка натягнута між провідною зірочкою 5 і відомою зірочкою 6, що служить для натягнення стрічки. Стрічки виготовляють суцільними (з тканини) або сітчастими (з металевої сітки).

Сушарка звичайно розділяється на декілька зон (у даній сушарці їх три), в кожній з яких встановлений вентилятор для створення циркуляції повітря. У сушарках з суцільною стрічкою нагріте повітря рухається над шаром матеріалу, протитечією його руху. У сушарках з сітчастою стрічкою повітря проходить перпендикулярно площини стрічки - вгору або вниз. При такому поперечному продуванні шар матеріалу краще розпушується, що прискорює його сушку.



**Рис. 2.12** Багатострічкова сушарка

1 – корпус сушарки; 2 – нескінченна стрічка – транспортер; 3 – опорні ролики; 4 – бункер завантажувальний; 5 – барабан ведучий; 6 – барабан ведений; 7 – стінка розділова; 8 – парові калорифери; 9 – бункер вивантажувальний; Потіки: А – вологий матеріал; Б – висушений матеріал; В – повітря свіже; Г – повітря відпрацьоване [19].

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

## Апаратне обладнання виробництва тринатрійфосфату

№	Апарат	Марка	Продуктивність	К-ть
1	Реактор емальований з лопатевою мішалкою	АИМ100 S4	Об'єм: 1,6 м <sup>3</sup> ; 50 об/хв;	1
2	Реактор емальований з лопатевою мішалкою	АИМ100 S4	Об'єм: 2,5 м <sup>3</sup> ; 50 об/хв;	1
3	Відцентровий одноступінчатий насос	NM 65/12A/B	До: 2000л/хв	5
4	Центрифуга (декантер)	ДАКТ 5	5 м <sup>3</sup> /год	2
5	Вакуум-випарний апарат	МЗС-320	Місткість: 3м <sup>3</sup> Тиск: 0,08-0,085 МПа	1
6	Кристалізатор об'ємного типу з мішалкою	АИМ100 S4	3 мішалкою об'ємом: 2,5 м <sup>3</sup>	1
7	Мембранний- пневматичний насос	NDP – 50	620 л/хв	1
8	Теплообмінник типу «труба в трубі»	ST SECESPOL	–	1
9	Шнековий транспортер	–	–	1
10	Багато стрічкова сушарка	ПКС-20	500 кг/год	1
11	Стрічковий транспортер	–	–	1

## 2.6. Конструктивний розрахунок емальованого реактору з дволопатевою мішалкою

Конструктивний розрахунок реактора полягає в визначенні розмірів апарата та його конструктивних елементів [18].

Таблиця 2.12

### Основні технічні дані реакторів з еліптичними кришками (ГОСТ 6533-78)

Номинальний об'єм $V_n$ , м <sup>3</sup>	Діаметр апарата $D$ , мм	Площа поверхні теплообміну рубашки $F_p$ , м <sup>2</sup>	Площа поверхні теплообміну $F_3$ , м <sup>2</sup>		Діаметр вала мішалки $d_v$ , мм	Висота рівня рідини $H_p$ , м	
			1-й ряд	2-й ряд		$\varphi=0,75$	$\varphi=0,5$
1	2	3	4	5	6	7	8
0,1	500	0,7	-	-	40	0,42	0,29
0,16	600	0,9				0,47	0,33
0,25	700	1,3				0,5	0,38
0,4	800	1,9				0,66	0,46
0,63	1000	2,5			40; 50; 65	0,68	0,48
1,0	1200	3,4			2,8	50; 65	0,76
1,25		4,4	-	50; 65; 80	0,93	0,65	
1,6		5,8			1,16	0,81	
2,0		1400	6,5		3,5	1,09	0,77
2,5	7,8		-		1,33	0,93	
3,2	1600	8,5	5,2	9,5	65; 80	1,33	0,93
4,0		11,3	-	-	1,63	1,11	
5,0	1800	12,0	4,9	9,1	65; 80; 95	1,63	1,13
6,3		14,8	11,5	20,7		2,01	1,39
8,0	2000	17,0	-	-		2,08	1,44
10,0	2200	20,0	12,4	22,9	80; 95	2,16	1,50
12,5	2400	21,0	-	-	80; 95; 110	2,27	1,58
16	2400	25,5	13,4	24,6		2,86	1,97
20	2600	33,5	-	-		3,04	2,10
25	2800	38,0	12,8	24,9	95; 110;	3,28	2,26
32	3000	39,0	12,8	24,9	130	3,64	2,51

40	3200	54,0	-	-		4,00	2,76
50	3000	69,7	12,8	24,9		5,57	3,79
63	3200	82,8	-	-		6,14	4,18

**Вхідні дані:**

Номинальний об'єм реактора:  $2,5 \text{ м}^3$ ;

Робочий об'єм середовища:  $V_P = 2,2 \text{ м}^3$ ;

Діаметр ємності:  $D = 1400 \text{ мм}$ ;

Кількість лопатей в мішалці:  $z_1 = 2$ ;

Частота обертання:  $n = 50 \text{ об/хв} = 0,833 \text{ с}^{-1}$ ;

Густина середовища в апараті:  $\rho = 1261,6 \text{ кг/м}^3$ ;

Тиск в апараті:  $p = 3 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ ;

Температура в апараті:  $80^\circ\text{C}$ ;

**Розрахунок:**

Для вхідних речовин було обрано реактор з дволопатевою мішалкою.

Діаметр робочого органу:

$$d/D = 0,7;$$

$$d = 1400 * 0,7 = 980 \text{ мм};$$

Отримане значення округлюємо до стандартного:  $d = 1000 \text{ мм}$ ;

Висота лопаті:

$$h/d = 0,2;$$

$$h = 1000 * 0,2 = 200 \text{ мм};$$

Висота елемента лопаті:

$$h_1/d = 0,3;$$

$$h_1 = 1000 * 0,3 = 300 \text{ мм};$$

Ширина перегородок:

$$b/d = 0,008;$$

$$b = 1000 * 0,008 = 8 \text{ мм};$$

Кутова швидкість обертання робочого органу:

$$\omega = 3 \text{ м/с};$$

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

Висота рівня рідини:

$$H_p = (2(V_p - V_{\text{дн}}) / \pi D) + h_1 + h_b, \text{ м}$$

$$H_p = (2(2,2 - 0,421) / 3,14 * 1,4) + 0,04 + 0,35 = 1,2 \text{ м};$$

Критерій потужності для дволопатевої мішалки:

$$Re_b = 10^6;$$

$$K_N = 2,21 Re_b^{0,86} (D/d)^{1,1} (h/d)^{0,3} (H_p/d)^{0,6}$$

$$K_N = 2,21 (10^6)^{0,86} * 1,4^{1,1} * 0,2^{0,3} * 1,2^{0,6} = 318379,9;$$

В'язкість перемішувального середовища:

$$\mu = (n * d^2 * \rho) / Re_b, \text{ Н*с/м}^2$$

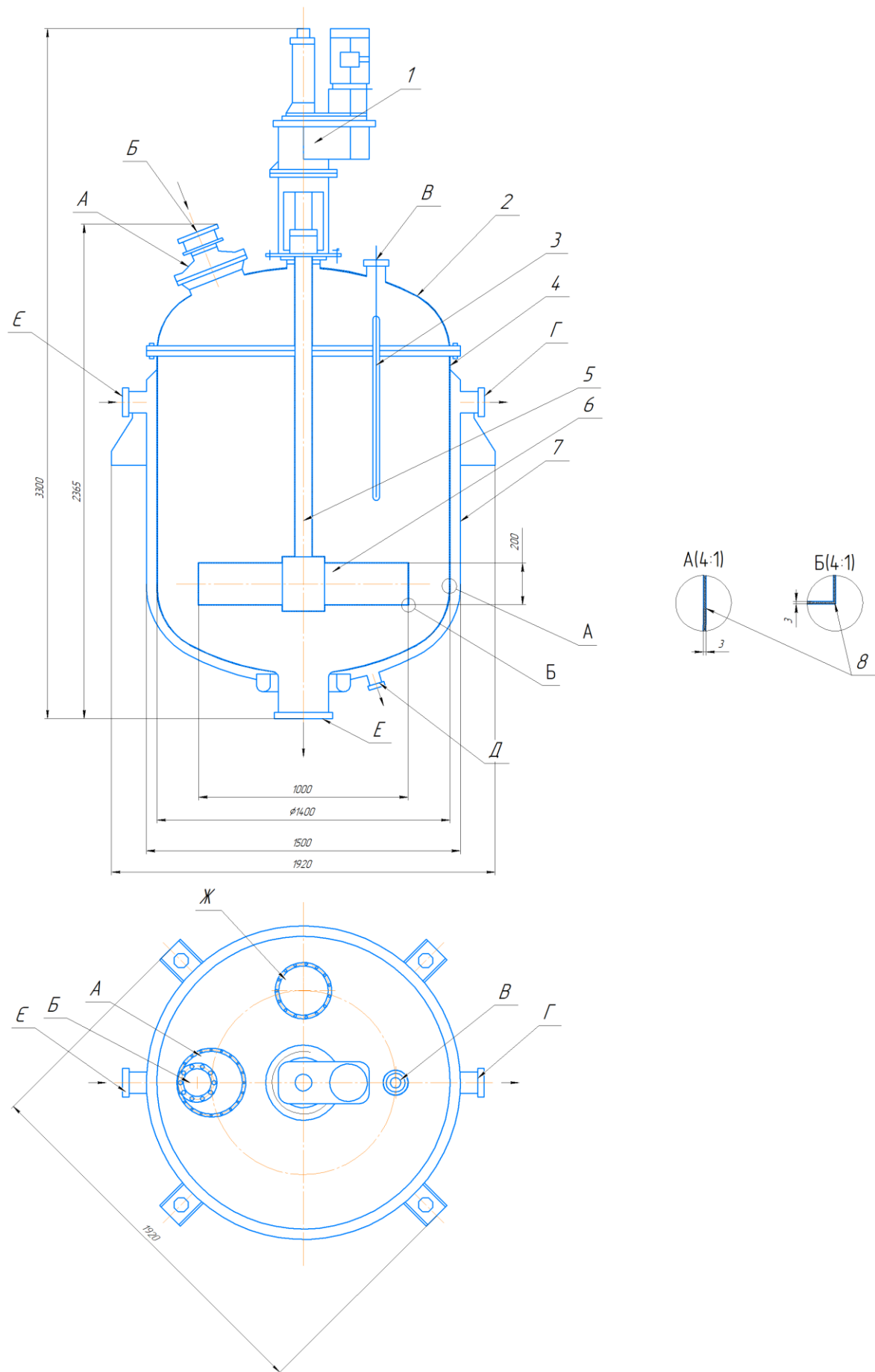
$$\mu = (0,833 * 1^2 * 1261,6) / 10^6 = 0,00105 \text{ Н*с/м}^2;$$

Потужність, що затрачується на перемішування:

$$N = K_N * \mu * n^2 * d^3, \text{ Вт}$$

$$N = 318379,9 * 0,00105 * 0,833^2 * 1^3 = 231,97 \text{ Вт};$$

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



**Рис. 2.13** Емальований реактор з дволопатевою мішалкою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

45

## 2.7. Розроблення апаратурно-технологічної схеми виробництва

Апаратурно-технологічна схема виробництва тринатрійфосфату представлена на рисунку 2.14.

Очищена ЕФК подається в реактор-нейтралізатор **1**, де вона нейтралізується за температури 80°C карбонатом натрію, що береться в надлишку. Тривалість процесу – 60 хвилин.

Розчин дигідрофосфату натрію за допомогою консольного одноступінчастого насосу **2** направляється через теплообмінник **3** до центрифуги **4**, де за температури 20°C протягом 15 хвилин відфільтровується натрій карбонат, що не прореагував. Після чого розчин насосом **5** подається до нейтралізатору **6**, де нейтралізується натрію гідроксидом у співвідношенні 1:2 за температури 80 °C протягом 15-30 хвилин утворюючи розчин тринатрійфосфату.

Нейтралізований розчин насосом **7** подається до вакуум-випарного апарату **8**, де випарюється за тиску 0,08МПа та температури 80°C до концентрації декагідрату  $\text{Na}_3\text{PO}_4 - 39\%$  .

Розчин фосфату натрію концентрацією 39% подається насосом **9** до кристалізатору **10**, де охолоджується в зі швидкістю 4°C / год. до температури, що забезпечує кристалізацію декагідрату:  $10\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Na}_3\text{PO}_4 - 25^\circ\text{C}$ . При цьому забезпечується кристалізація великих кристалів, що добре фільтруються. Отриманий розчин з кристалами направляють мембранним-пневматичним насосом **11** до центрифуги **12** та відфільтровують протягом 45 хвилин. Після чого кристали фосфату натрію потрапляють на шнековий транспортер **13**, яким подаються у багато-стрічкову сушарку **14**, де висушуються прогрітим повітрям 40°C до вологості 0,5%. Після чого з сушарки подаються на стрічковий транспортер **15**, який подає чистий продукт на фасування.

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



### РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Розраховуючи собівартість виробництва визначається доцільність цього процесу.

Таблиця 3.1

#### Потреба в сировині на 1т виробництва

Сировина та матеріали	Одиниця виміру	Норми витрат на 1 т	Ціна одиниці сировини, грн/кг	Сума, грн/1 т
Натрію гідроксид 40%	кг	1914,83	35	67019
Екстракційна фосфорна кислота 40%	кг	1064,15	20	21283
Натрій карбонат	кг	240	30	7200
Всього				95502

Згідно таблиці, витрати на сировину для виготовлення 1 т/добу становлять 95502 грн.

Транспортно-заготівельні витрати на сировину приймаємо в розмірі 5%:

$$95502 * 0,05 = 4775,1 \text{ грн на 1 т;}$$

Звідси, всього витрати становлять:

$$95502 + 4775,1 = 100277,1 \text{ грн;}$$

Енерговитрати на виробництво тринатрійфосфат масою 1 т:

Таблиця 3.2

#### Вартість втрат енергоресурсів на 1 т виробництва

Сировина та матеріали	Одиниця вимірювання	Норми витрат на 1 т продукції	Ціна за одиницю ресурсу, кг	Вартість ресурсу, грн
Електроенергія	кВт	45	17,3	778,5
Водяна пара	м <sup>3</sup>	110	8,55	940
Всього				1718,5

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Короткевич А.В.			<i>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сабадаш Н.І.					48	66
Реценз.						<i>НУХТ, Каф.ТЖХТ</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Фактичний обсяг виробництва:

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{доб}} * K_{\text{вик}},$$

де  $K_{\text{вик}}$  – коефіцієнт використання потужності (нормативне значення 0,8).

Тоді фактичний добовий обсяг виробництва тринатрійфосфату:

$$P_{\text{факт}} = 1000 * 0,8 = 800;$$

Звідси, річний обсяг виробництва:

$$O = P_{\text{факт}} * K_{\text{др}},$$

де  $K_{\text{др}}$  - кількість діб роботи лінії.

Отже, річний обсяг виробництва тринатрійфосфату:

$$O = 800 * 251 = 200800 \text{кг.}$$

Після чого розраховуємо основну заробітну плату (ЗП) працівників. Тривалість зміни 12 год. Кількість робочих днів 251, підприємство працює без вихідних та свят. Тарифні ставки для працівників 2-5 тарифних розрядів розраховують множенням ставки працівника 1-го тарифного розряду (4 173/160 = 26,08 грн/год) на відповідний тарифний коефіцієнт. Тарифний коефіцієнт працівника IV розряду складає 1,27, а II - 1,09 (таблиця 3.3):

Таблиця 3.3

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

Посада	Кількість	Розряд	Заробітна плата за годину	Робочих годин на добу	Сума за рік, грн
Інженер-технолог	1	IV	38,86	8	113471,2
Апаратник	1	IV	38,86	8	113471,2
Підсобний робітник	2	II	28,43	10	103769,5
Оператор лінії	1	II	28,43	10	103769,5
Всього	5	-	-	-	434481,4
На 1 т прод.	-	-	-	-	1190,36

Отже, основна заробітна плата робітників за рік складає 434481,4 грн.

Витрати по даній статті складуть 1190,36грн/1 т.

Додаткову заробітну плату приймаємо як 30 % від основної заробітної плати.

Єдиний соціальний внесок (ЄСФ) приймаємо як 22 % від основної заробітної плати.

Таблиця 3.4

#### Додаткова заробітна плата та відрахування до ЄСФ

Показник	Відсоток, %	Сума, грн/1 т
Додаткова ЗП	30% від ОЗП	357,11
Загальний фонд ЗП (ОЗП+ДЗП), грн	–	1547,47
Відрахування до ЄСФ	22% від (ОЗП+ДЗП)	340,44

Отже, витрати на додаткову заробітну плату становлять 357,11 грн/1 т, а сума відрахувань до ЄСФ – 340,44 грн/1 т.

Витрати на утримання та обслуговування обладнання приймаємо у розмірі 200 % від основної заробітної плати:

$$1190,36 * 2 = 2380,72 \text{ грн/1 т;}$$

Розраховуємо витрати по статті «Витрати пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва продукції». Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 10 % від ОЗП:

$$1190,36 * 0,1 = 119,04 \text{ грн/1 т;}$$

Загальновиробничі витрати приймаємо в розмірі 300 % від ОЗП робітників:

$$1190,36 * 3 = 3571,08 \text{ грн/1 т;}$$

Виробнича собівартість становить: 109954,35 грн.

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

$$109954,35 * 0,025 = 2748,86 \text{ грн/1 т;}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Розраховуємо витрати на збут як 3 % від виробничої собівартості:

$$109954,35 * 0,03 = 3298,63 \text{ грн/1 т;}$$

Інші операційні витрати розраховуємо як 1 % від виробничої собівартості:

$$109954,35 * 0,01 = 1099,54 \text{ грн/1 т;}$$

Отже, повні витрати на виробництво тринатрійфосфату становлять:

$$117101,38 \text{ грн/1 т;}$$

Розрахунок випускної ціни:

Таблиця 3.5

### Витрати на виробництво

Показник	Сума, грн
Повні витрати, грн	1171013,8
Рентабельність, 10%	117101,38
Прибуток, грн	24396,25
Загалом без ПДВ, грн	130112,64
ПДВ 20%	26022,53
Загалом з урахуванням ПДВ, грн	156135,17

Оскільки тринатрійфосфат буде продаватися в якості різних форм без випуску можна розрахувати вартість 1 кілограму:

$$156135,17 / 1000 = 156,4 \text{ грн;}$$

Пропонована добавка відноситься до продукції масового попиту, спрямована на покупців різних напрямків її використання. Харчовий стабілізатор не може застосовуватися в процесі виробництва товарів побутової хімії через її важку розчинність. Так що основна сфера його використання - виробництво продуктів харчування.

Речовину вводять в рецептуру для полегшення виробничого процесу (збивання, рівномірний розподіл компонентів, створення і збереження заданої текстури). Добавка збільшує масу виробу завдяки доброї поглинальної

					<i>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

властивості води, покращує зовнішній вигляд завдяки фіксації кольору та посилює дію антиоксидантів у виробках.

Враховуючи ринок потреб та попиту і затрати з доставки товару - виробництва вищеперерахованої продукції, а власне харчовий стабілізатор, є необхідним і відповідає відмінній якості і помірній ціні собівартості.

Також дана добавка використовується в емульсійних кремах, вона являється емульгатором - речовини, які допомагають утворенню стабільних емульсій.

					<i>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

### 4.1. Методи аналізу якості

Для контролю якості тринатрійфосфат відбирають 2% одиниць продукції, але не менш ніж три при малих партіях. Для контролю якості тринатрійфосфат, призначеного для роздрібною торгівлі, відбирають 3% одиниць транспортної тари, але не менш ніж три при малих партіях [20].

Для контролю якості тринатрійфосфату, що знаходиться в русі, проби відбирають з транспортуючої стрічки механічним або ручним способом з періодом відбору, що забезпечує отримання маси точкової проби на менш 0,5 кг від 10 т продукту.

За фізико-хімічними показниками тринатрійфосфат повинен відповідати нормам, вказаним у таблиці 4.1 [20].

Таблиця 4.1

#### Фізико-хімічних показників тринатрійфосфату

Найменування показника	Норма
Зовнішній вигляд	Білі кристали, порошок або гранули, що здатні до злежування.
Масова частка загального P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %, не менше	18,5
pH 1%-го водного розчину	11,5-12,5
Масова частка нерозчинного у воді залишку, %, не менше	0,03

### 4.2. Визначення органолептичних властивостей

Загальний вигляд тринатрійфосфат визначають візуально.

Білі кристали, порошок або гранули, що здатні до злежування. Не мають запаху.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Короткевич А.В.			<i>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сабадаш Н.І.					53	66
Реценз.						<i>НУХТ,</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>Каф.ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

### 4.3. Визначення фізико-хімічних властивостей

Білі кристали, порошок або гранули з темп. плав. 75°C для додекагідрату, які добре розчиняються у (12,1 г / 100г при 20 °C для безводного); не розчиняється в етанолі. рН 1%-го розчину становить 11,5-12,5. Втрати при прокалюванні – не більше 2,0% для безводного, 11,0% для моногідрату і 45,0%-58,0% для додекагідрату (120 °C протягом 2 години) [20].

#### 1. Визначення масової долі загального P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Проведення аналізу.

5г тринатрійфосфату зважують, результат зважування в грамах записують з точністю до третього знаку після коми. Наважку розчиняють у воді в мірній колбі місткістю 250 см<sup>3</sup>. Об'єм розчину доводять до мітки водою та перемішують – розчин 1.

Для визначення беруть дві аліквотні частини по 25 см<sup>3</sup> в конічній колбі місткістю 250 см<sup>3</sup> та приливають по 50 см<sup>3</sup> води.

До однієї аліквотної частини додають 0,5 см<sup>3</sup> бромкрезолового зеленого та титрують розчином соляної кислоти до рН 4,4, порівнюючи колір з буферним розчином (V<sub>1</sub>, м<sup>3</sup>).

До другої аліквотної частини додають V<sub>1</sub>, м<sup>3</sup>, соляної кислоти, нагрівають розчин до кипіння, кип'ятять 3-5 хвилин, охолоджують, додають 1-2 краплини тимолфталеїна та титрують розчином гідроксиду натрію до появи блакитного підфарбування (V<sub>2</sub>, см<sup>3</sup>).

Обробка результатів.

Масову долю загального P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (X) у відсотках знаходять за формулою:

$$X = (V_2 * 0,007097 * 250 * 100) / (V * m),$$

де V<sub>2</sub> – об'єм розчину гідроксиду натрію конц. с(NaOH)=0,1 моль/дм<sup>3</sup>, використаний на титрування, см<sup>3</sup>;

0,007097 – маса P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, відповідна 1 см<sup>3</sup> розчину натрію фосфорнокислого, г;

V – об'єм розчину 1, взятого для визначення, см<sup>3</sup>.

m – маса наважки, г.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

За результат аналізу приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень, допускається відрізнєння між котрими не повинно перевищувати 0,4% [20].

## **2. Визначєння рН 1%-го водного розчину**

Проведєння аналізу.

1 г тринатрійфосфату зважують, результат зважування в грамах записують з точністю до третього десяткового знаку. Наважку розчиняють у воді в мірній колбі місткістю 100 см<sup>3</sup>. Вимірюють рН отриманого розчину за допомогою рН-метра.

Обробка результатів.

Тринатрійфосфат вважають відповідним даним стандартом, якщо рН 1% -го розчину має значєння 11,5-12,5.

За результат аналізу приймають середнє арифметичне результатів трьох паралельних визначень, допустимі розбіжності між якими не повинно перевищувати 0,05 рН [20].

## **3. Визначєння масової долі нерозчинного у воді залишку**

Проведєння аналізу.

10 г тринатрійфосфату зважують, результат зважування в грамах записують з точністю до другого десяткового знаку. Наважку розчиняють в 300 см<sup>3</sup> води. Розчин кип'ятять протягом 10 хв і фільтрують через скляний фільтруючий тигель типу ТФ-40-ПОР16ХС, висушений при (105 ± 3) °С і зважений з точністю до четвертого десяткового знаку.

Осад промивають гарячою водою до зникнення реакції за фенолфталеїном, сушать тигель з осадом при температурі (105 ± 3) °С до постійної маси, охолоджують в ексикаторі і зважують з точністю до четвертого десяткового знаку.

Продукт вважають відповідним вимогам цього стандарту, якщо маса осаду не буде перевищувати 0,0030 г [20].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

## РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві тринатрійфосфату

Охорона природного навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини - невід'ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

Щоб досягти мінімального негативного впливу на навколишнє середовище, взаємодія процесів виробництва постійно посилюється. Комплекс заходів у кожній компанії розроблений та прийнятий різний. Це залежить від цілого ряду показників, а саме: спеціалізації, наявності і характеристики згубних чинників, географічних особливостей місцевості.

*Екологічна безпека* – це стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я населення.

При виробництві харчового тринатрійфосфату забороняється застосування компонентів, які можуть зашкоджувати здоров'ю людини, а також чинити негативний вплив на екологію в цілому.

Система НАССР встановлює вимоги щодо гранично допустимих рівнів шкідливих хімічних сполук. Аудит мінімізації відходів виробництва (ISO 14000) визначає варіанти зменшення маси відходів, витрату стічних вод та концентрацію в них пріоритетних забруднюючих речовин.

Контрольні заходи щодо хімічних небезпечних чинників можуть включати:

- контроль джерел постачання, тобто встановлення технічних умов на сировину та інгредієнти і сертифікація постачальників, яка є

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Короткевич А.В.			<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сабадаш Н.І.					56	66
Реценз.						<i>НУХТ,</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>Каф.ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

підтвердженням відсутності шкідливих хімікатів або допустимих рівнів їхнього вмісту в продукції, що ними постачається;

- технічний контроль, тобто контроль рецептур, належне використання і контроль харчових добавок та рівнів їхнього вмісту;
- належне ізолювання нехарчових хімікатів під час зберігання та застосування;

Викиди в атмосферу речовин, яким притаманна згубна дія, здійснюються через системи витяжної вентиляції після очистки на вбудованих фільтрах різних марок [25].

Підприємства водопостачання та водовідведення забезпечують організації питною водою та разом з цим здійснюють відведення стоків з каналізаційних об'єктів за межі міських територій. Згідно зі ст. 62 Господарського кодексу України. Основні витрати води йдуть на мийку обладнання технологічного процесу, які містять незначні залишки сировини для отримання тринатрійфосфату.

Спуск у міську каналізаційну мережу стічних вод, що містять шкідливі речовини, дозволяється за умови, якщо після змішування з основною масою стоків концентрації в них шкідливих речовин не перевищують встановлених норм. У міську каналізацію не приймають без попередньої очистки виробничі стічні води, що містять жири, масла, смоли, бензин, нафтопродукти й інші речовини в концентраціях, що перешкоджають процесу біологічної очистки і скиду у водойми.

Тому на підприємстві повинна існувати замкнута система очистки води, то такі витрати підприємства відносяться на собівартість основної виготовленої продукції даним підприємством.

Для цього складається кошторис по допоміжному виробництву (відділення очистки стічних вод) підприємства, який згодом буде врахований у собівартості продукції підприємства.

Тринатрійфосфат пожежо- та вибухобезпечний, володіє лужними властивостями, за ступенем впливу на організм відноситься до речовин 2-го класу небезпеки.

Його упаковують у чотирьох-, п'ятишарові паперові мішки, поліетиленові мішки, паперові мішки з внутрішнім шаром, що дублюються резінобітумной сумішшю.

Тринатрійфосфат транспортують усіма видами транспорту критих транспортних засобах. Залізницею продукт транспортують вагонними відправками у критих вагонах. При перевезенні річковим транспортом використовують спеціальні контейнери. Його зберігають у закритих, неопалюваних складських приміщеннях. Гарантійний термін зберігання продукту - 1 рік з дня виготовлення.

## **5.2. Охорона праці на підприємстві**

*Охорона праці* – наука, яка належить до комплексу наукових дисциплін, що мають спільну мету - сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню впливу на людину несприятливих чинників виробничого середовища, збереженню здоров'я працівників, підходячи до цієї мети з різних сторін і на різних рівнях. Визначення охорони праці, встановлене Законом України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ.

Перед прийняттям на роботу нового працівника, роботодавець обов'язково інформує його про умови праці, вказує всі фактори, які б могли чинити згубну дію на здоров'я. Також всі працівники за рахунок роботодавця проходять інструктаж, навчання та набувають навичок щодо методики безпечної праці. За власні кошти роботодавець проводить організацію усіх видів медогляду персоналу [21].

В ході виробничого процесу відбувається взаємодія людей з оточуючим їх виробничим середовищем. Тому для збереження здоров'я персоналу слід забезпечувати чистоту повітря і нормальних умов у робочій зоні приміщення. Дуже рідко склад повітря є сприятливим, тому що в ньому містяться різні речовини згубної дії, які потрапляють туди під час технологічних процесів [22].

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Від рідких розчинників, бензину виділяються пари, а гази - в процесі зварювання, термообробки металів. Пил утворюється під час подрібнення, просіювання, транспортуванні, розфасовуванні; дим - у результаті згорання топлива. Шкідливі речовини потрапляють до людського організму переважно через дихальну систему, належать до небезпечних факторів виробництва.

Відповідно санітарних норм усі виробничі і допоміжні приміщення повинні вентилюватися, на підприємстві обов'язкова присутня система вентиляції (природна та механічна).

Крім виробничих цехів, на харчових підприємствах важливе місце займають лабораторії, в яких проводиться контроль якості готової продукції. Персонал виробничих приміщень та лабораторій забезпечений спеціальним одягом, спеціальним взуттям, захисними окулярами та іншими засобами захисту.

Підлога на робочих місцях має бути рівною, теплою, щільною та стійкою до ударів, мати неслизьку та зручну для очистки поверхню; бути стійкою до дії хімічних речовин і не вбирати їх.

Підвищений рівень шуму це один з негативних факторів виробничого середовища. Шум на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих рівнів згідно ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Тривалий вплив інтенсивного шуму (вище 80 ДБА) на слух приводить до його часткової або повної втрати. Таким чином, зменшення рівня шуму до допустимих величин і поліпшення шумового клімату в цілому - використовують матеріали, які забезпечують звукоізоляцію та звукопоглинання. До них можна віднести стіни, металеві перекриття, перегородки із товстого скла, залізобетону. Засоби індивідуального захисту дозволяють знизити рівні звукового тиску на 7-45 дБ. Вони розподіляються на вкладиші у вигляді тампонів, протишумові навушники, шлеми та каски [23].

Виробниче випромінювання: ультрафіолетове, іонізуюче, електромагнітне та лазерне несе неабиякий ризик здоров'ю працівників. Для того, щоб зменшити негативний вплив, робоче місце відділяють від осередку випромінювання, ізолюють джерело за допомогою спеціальних екранів та камер, застосовують

прилади дистанційного керування, використовують засоби індивідуального захисту.

На кожному підприємстві присутні електричні установки та електропроводи. Необхідний та врахований захист від враження людини електричним струмом, як при нормальній роботі, так і в разі можливої аварії. Досягнення позитивних змін в динаміці електротравматизму потребує удосконалення нормативної бази з питань електробезпеки, дотримання вимог безпеки при розробці електроустановок, їх спорудженні та експлуатації, підвищення рівня навчання електротехнічного персоналу, всього населення щодо розуміння небезпеки ураження електричним струмом, безпечного поведіння при виконанні робіт в електроустановках та при користуванні ними. Для захисту людини від ураження електричним струмом необхідні попередження. Саме ізоляція струмовідних частин забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок, зменшує струм через людину при доторканні до неізольованих струмовідних частин в електроустановках, що живляться від ізольованої від землі мережі.

ГОСТ 12.1.009176 виділяє певні види ізоляції. Для забезпечення пожежної безпеки в 1993 р. Було прийнято Закон України “Про пожежну безпеку”, а в 1995 р. - “Правила пожежної безпеки в Україні”. Положення, які наведені в цих документах повинні виконувати усі організації, установи та підприємства без винятку. Відповідно до ГОСТ 12.1.004191 пожежна безпека об’єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протилежного захисту і системою організаційно-технічних заходів [22, 23].

Показники пожежної небезпеки: температура спалаху, займання та самозаймання, концентраційні та температурні межі займання, швидкість розповсюдження полум’я та вигорання, коефіцієнт димоутворення.

Усі працівники під час прийняття на роботу і щорічно за місцем роботи проходять інструктажі з питань пожежної безпеки відповідно до чинних нормативів. Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ПРАЦІ</i>	

небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (1 раз на 3 роки) проходять навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки. У лабораторії завжди присутні первинні засоби пожежогасіння, до яких належать вогнегасники, коробки із сухим піском, пожежні покривала, виготовлені із негорючого теплоізоляційного матеріалу про пожежну безпеку: [24].

Негативні наслідки для організму людини є вібрація - вид механічного впливу. Причиною появи вібрації є неврівноважені сили та ударні процеси в діючих механізмах. У результаті впливу вібрації виникають нервово судинні розлади, ураження кісткової, суглобної й інших систем організму. Нормативні значення вібрації встановлені згідно з ДСН 3.3.6.039199 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

Заходи колективного та індивідуального захисту від вібрацій: понизити вібрацію в осередку її виникнення або зменшити її характеристики на шляху проходження від джерела; забезпечити організаційно-технічні та лікувально-профілактичні дії.

Для забезпечення захисту працівника від впливу високочастотної місцевої вібрації, використовують засоби в залежності від місця його взаємодії із об'єктом, а саме засоби для рук (віброізолюючі рукавиці), для ніг (спецвзуття та коврики), для тіла (спецкостюми, пояси), які мають пружні прокладки, що захищають працівника від впливу високочастотної місцевої вібрації [21].

### **5.2.1. Вимоги безпеки роботи з тринатрійфосфатом**

*Тринатрійфосфат* - використовується у енергетиці; целюлозно-паперової промисловості; харчової промисловості; при виробництві синтетичних миючих та чистячих засобів; як ПАР у виробництві цементів та при бурінні свердловин; у бурових розчинах у складі комплексної полімерної добавки до низькосортним глин та порошків; а також для технічних цілей (промивка технологічного обладнання, знежирення поверхонь та інших) у багатьох галузях промисловості.

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ПРАЦІ</i>	

Тринатрійфосфат пожежо- та вибухобезпечний, володіє лужними властивостями, викликає важкі опіки шкіри та пошкодження очей. За ступенем впливу на організм відноситься до речовин 8-го класу небезпеки за ООН [20].

Таблиця 5.1

### Вимоги безпеки тринатрійфосфату

<b>Основні властивості та види небезпеки</b>	
Основні властивості	Луски або кристали, здатні злежуватись. Продукт має лужні властивості.
Вибухо- та пожежонебезпека	Пожежо- та вибухобезпечний.
Небезпека для людини	Пил викликає подразнення слизових оболонок очей і верхніх дихальних шляхів, а також шкірних покривів типу дерматитів та екзем.
Засоби індивідуального захисту	Бавовняний або суконний костюм, спецвзуття, рукавиці, респіратор типу ШБ-1 «Лепесток», захисні окуляри.
<b>Необхідні дії в аварійних ситуаціях</b>	
Загального характеру	Видалити сторонніх. Ізолювати небезпечну зону у радіусі не менш 50 м. У небезпечну зону входити в захисних засобах. Потерпілим надати першу медичну допомогу.
При витокі розливі та розсипу	Розсип зібрати, затарити та використовувати за призначенням.
При пожежі	Не горить. Плавиться при 70 °С.
Нейтралізація	Розсип зібрати у герметичну тару та будуть використані за призначенням або видалити на звалище побутових та промислових відходів.
Заходи першої допомоги	Свіже повітря. Шкіру та слизові рясно промити водою. В очі – розчин альбуніду 30%-го. При попаданні всередину промити шлунок через зонд водою.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз вітчизняної та закордонної науково-технічної літератури стосовно хімії і технології виробництва ортофосфатів натрію. Виявлено, що фосфати натрію мають широкий спектр застосування.
2. Розглянуто хімізм процесу отримання моно-, ди- та тринатрійфосфат.
3. Удосконалено технологію отримання тринатрійфосфату використанням екстракційної фосфорної кислоти (ЕФК) замість термічної фосфорної кислоти (ТФК), що скоротило витрати на сировину майже вдвічі.
4. Встановлення реактору для донейтралізації мононатрійфосфату надало змогу виробляти моно-, ди- та тринатрійфосфати на одному виробництві.
5. Складено матеріальний та тепловий баланси виробництва тринатрійфосфату потужністю 1 т/добу.
6. Розраховано ряд техніко-економічних показників виробництва, у тому числі й очікувана собівартість виробництва. Ціна за 1 кг тринатрійфосфату становить 156,4 грн. Рентабельність – 10%.
7. Запропоновано шляхи вирішення питань екологічної небезпеки під час виробництва, які полягають у регенерації відходів а саме: натрій карбонату, який проходить очищення та знову подається на стадію нейтралізації; води, що випаровується та відфільтровується.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Короткевич А.В.			<i>ВИСНОВКИ</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сабадаш Н.І.				63	66	
Реценз.						<i>НУХТ,</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>Каф.ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Харчові добавки: тексти лекцій для студентів спеціальності 181 "Харчові технології" / Уклад.: Гуменюк О.Л. – Чернігів: ЧНТУ, 2019. – 109 с.
2. Подобій О.В. Хімія та технологія харчових добавок: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія», денної та заочної форм навчання/О.В.Подобій. – К.: НУХТ, 2019.
3. Сарафанова Л. А. Пищевые добавки: Энциклопедия. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб: ГИОРД, 2004. - 808 с. ISBN 5-901065-79-4 (с. 47).
4. ГОСТ 31725-2012 Добавки пищевые. Натрия фосфаты E339. Общие технические условия (с Изменением N 1, с Поправкой).
5. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості. Навч. посібник.- Львів: Центр Європи, 2009. - 836 с. ISBN 978-966-7022-83-9 (с. 678 - 681).
6. Фосфати натрію E-339. Вплив на організм [Електронний ресурс]: <https://kakproginka.ru/pro-vse/20831-ortofosfati-natriju-e339-vpliv-na-organizm.html>
7. Christopher L. Buck, Karen E. Wallman, Brian Dawson, Kym J. Guelfi. Sodium Phosphate as an Ergogenic Aid. 2013; (1):2-3.
8. Willhite, C. C. Ball G. L. and Bhat V. S. Emergency do not consume/do not use concentrations for blended phosphates in drinking water. Human and Experimental Toxicology. 2013; (3):241-259.
9. Тринатрий фосфат [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://msd.com.ua/tehnologiya-mineralnyx-solej-udo-brenij-pesticidov-promyshlennyx-so-lej-okislov-i-kislot/proizvodstvo-fosfatov-natriya/>

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.006.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Короткевич А.В.			<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сабадаш Н.І.					64	66
Реценз.						<i>НУХТ,</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>Каф.ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

10. Кочетков С.П., Смирнов Н.Н., Ильин А.П. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты: монография / ГОУВПО Иван. гос. хим.-технолог. ун-т. Иваново, 2007. 9с.
11. ГОСТ 6552-80 Кислота ортофосфорная. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)
12. ГОСТ 83-79 Реактивы. Натрий углекислый. Технические условия (с Изменениями N 1, 2).
13. ГОСТ 4328-77 Натрия гидроксид. Технические условия.
14. Реакторы эмалированные с перемешивающим устройством. ТД «Красный Октябрь». [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://tdredoctober.com/catalog/vertikalnye-mehanicheskie-meshalki/>
15. Процеси і апарати харчових виробництв / за ред. І.Ф. Малезика, Л.В. Зоткіна, П.М. Немирович, О.В. Саввова. – К. : НУХТ, 2002.
16. Центрифуги (декантеры). АО «ДАКТ-Инжиниринг». [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://dakt.com/produkcija/centrifugi/>
17. Вакуум-випарна установка. ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод». [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.kmbp.com.ua/produksiya/rishennia-dlia-molochnoi-promyslovosti/vakuum-viparni-ustanovki/vakuum-vyparna-ustanovka>
18. Процеси і апарати біотехнологічних виробництв: Метод. рекомендації до вивчення дисципліни, виконання курсових і контрольних робіт для студ. напряму 6.051401 "Біотехнологія" ден. та заоч. форм навч. /Уклад.: Зав'ялов В.Л., Зоткіна Л.В., Немирович П.М., Бодров В.С., Запорожець Ю.В., Попова Н.В., Мисюра Т.Г. – К.: НУХТ, 2012. – 111 с.
19. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина III. Заключні процеси. — Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2019. — 220 с.

					<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. ГОСТ 201-76 Тринатрийфосфат. Технические условия.
21. Ткачук, К. Н. Основи охорони праці: підруч. / К. Н. Ткачука, М. О. Халімовського. - К.: Основа, 2003. - 472 с.
22. М. Кисельов. Екологія // Філософський енциклопедичний словник / В. І. Шинкарук (голова редколегії) та ін. ; Л. В. Озадовська, Н. П. Поліщук (наукові редактори) ; І. О. Покаржевська (художнє оформлення). — Київ : Абрис, 2002. — 742 с. — 1000 екз.
23. В. Грицик, Ю. Канарський, Екологія довкілля. Охорона природи : навчальний посібник для студентів вузів — К. : Кондор, 2009. — 290 с.
24. Закон України: від 15 листопада 1997 р. № 618/97-ВР, від 18 листопада 1997 р. № 642/97-ВР] // Відомості Верховної Ради України. - 1997. - 16с.
25. Пістун І. П та ін. Охорона праці (Законодавство. Організація роботи): навчальний посібник / Пістун І. П., Березовецька О. Г., Трунова І. О. — Львів: Тріада плюс, 2010. — 648 с.

					<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		