



# 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

“09” квітня 2021 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Калініченка Богдана Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва монофосфату калію

керівник роботи Фесич Ігор Володимирович, к.х.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “08”квітня 2021 р.№ 236- КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи потужність виробництва становить 600 кг/добу  
(продуктивність лінії виробництва монофосфату калію складає 25 кг/год).

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

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина.	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	<b>11.05.2021р.</b>	<b>...2021р.</b>

7. Дата видачі завдання 09.04.2021

## 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 та теплового балансу. Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання.	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 проекту. Принципова технологічна схема	26.04-10.05.2021р.	
10	Графічна частина проекту. Апаратурно-технологічна схема	26.04-10.05.2021р.	
11	Графічна частина проекту. Креслення апарату (загальний вигляд)	11.05-25.05.2021р.	
12	Перевірка на академплагіат, передзахист, , рецензування ДП	25.05.2021р.- 01.06.2021р.	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Калініченко Б.В.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Фесич І.В.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: 64 С., 9 РИС., 21 ТАБЛ., 28 ДЖЕРЕЛ.

У даній кваліфікаційній роботі наведено удосконалену технологію виробництва монофосфату калію. Робота складається із вступу, п'ятих розділів та висновку.

У вступі наведено актуальність, предмет та об'єкт дослідження, сформувано мету і завдання роботи, що полягають в удосконаленні технології виробництва монофосфату калію.

В першому розділі наведено аналіз науково-технічної літератури з фізико-хімічних властивостей, використання Е 340 і методів отримання монофосфату калію.

В другому розділі наведено характеристику вихідної сировини для виробництва монофосфату калію, розраховано матеріальний і тепловий баланси, наведено принципову технологічну та апаратурно-технологічну схеми та їх опис, здійснено підбір обладнання та розрахунок реактора з якірною мішалкою.

В третьому розділі наведено основні економічні показники для початку виробництва монофосфату калію та очікуваний дохід з його реалізації.

В четвертому розділі наведено основні методи аналізу готового продукту.

В п'ятому розділі наведено рекомендації, щодо охорони праці та навколишнього середовища.

У висновках узагальнено і наведено результати досліджень.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ХАРЧОВА ДОБАВКА Е 340(І), ДИГІДРОФОСФАТ КАЛІЮ, МОНОФОСФАТ КАЛІЮ, МЕТОДИ ОТРИМАННЯ, ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ, ПРИНЦИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, АПАРАТУРНО - ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА.

## **ABSTRACT**

**EXPLANATORY NOTE: 64 S., 9 FIG., 21 TABLES, 28 SOURCES.**

This qualification work presents an improved technology for the production of potassium monophosphate. The work consists of an introduction, five chapters and a conclusion.

The introduction presents the relevance, subject and object of research, formed the purpose and objectives of the work, which is to improve the technology of production of potassium monophosphate.

The first section presents an analysis of the scientific and technical literature on physicochemical properties, the use of E 340 and methods for producing potassium monophosphate.

The second section describes the raw materials for the production of potassium monophosphate, calculated material and thermal balances, provides basic technological and instrumental-technological schemes and their description, selected equipment and calculated the reactor with anchor stirrer.

The third section presents the main economic indicators for the start of production of potassium monophosphate and the expected income from its sale.

The fourth section presents the main methods of analysis of the finished product.

The fifth section provides recommendations on occupational safety and the environment.

The conclusions summarize and present the results of research.

**KEY WORDS: FOOD ADDITIVE E 340(I), POTASSIUM DYHYDROPHOSPHATE, POTASSIUM MONOPHOSPHATE, METHODS OF OBTAINING, SELECTION OF EQUIPMENT, PRINCIPLE OF TREATMENT**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд науково-технічної літератури.....	10
1.1 Загальні відомості про антиоксиданти.....	10
1.2 Фізико-хімічні властивості фосфатів калію.....	11
1.3 Використання фосфатів калію.....	13
1.3.1 Використання $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .....	13
1.3.2 Використання $\text{K}_2\text{HPO}_4$ .....	14
1.3.3 Використання $\text{K}_3\text{PO}_4$ .....	14
1.3.4 Гігієнічні норми використання фосфатів калію.....	14
1.4 Методи отримання монофосфату калію.....	16
1.4.1 Методи, засновані на взаємодії фосфорної кислоти з калієвмісними компонентами .....	16
1.4.1.1 Метод з використанням хлориду калію.....	16
1.4.1.2 Метод з використанням карбонату калію.....	16
1.4.1.3 Метод з використанням гідроксиду калію.....	17
1.4.2 Іонообмінні методи.....	17
1.4.3 Конверсійні методи.....	18
РОЗДІЛ 2. Технологічна частина.....	20
2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва монофосфату калію.....	20
2.1.1 Характеристика фосфатної кислоти.....	20
2.1.2 Характеристика гідроксиду калію.....	21
2.2 Принципово-технологічна схема удосконаленого виробництва монофосфату калію та її опис.....	22
2.3 Розрахунок матеріального балансу виробництва монофосфату калію.....	24

*ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ*

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Калініченко Б.В.			<i>ЗМІСТ</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Разраб.		Фесич І.В.					6	64
Провер.						<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Реценз.								
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Утверд.		Носенко Т.Т.						

2.4 Розрахунок теплового балансу виробництва монофосфату калію.....	29
2.5 Підбір обладнання.....	33
2.6 Розрахунок реактора з якірною мішалкою.....	39
2.7 Апаратурно-технологічна схема удосконаленого виробництва монофосфату калію та її опис.....	42
РОЗДІЛ 3. Техніко-економічне обґрунтування.....	45
РОЗДІЛ 4. Організація контролю якості продукції.....	50
РОЗДІЛ 5. Екологічна частина та охорона праці.....	55
5.1 Фактори, що характеризують охорону навколишнього середовища..	55
5.2 Охорона праці.....	55
5.3 Заходи для забезпечення температури і освітлення.....	58
5.4 Заходи пожежної безпеки.....	59
ВИСНОВКИ.....	61
ЛІТЕРАТУРА.....	62

						Арк.
						7
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Виготовлення харчових продуктів в промислових масштабах призвело до того, що хімічні добавки стали частиною нашого щоденного раціону.

Монофосфат калію це суміш калійних солей і ефірів фосфорної кислоти. Суміш володіє не тільки антиокислювальною здатністю, але і властивостями, характерними для фіксаторів забарвлення, синергістів антиоксидантів, волого утримуючих агентів, стабілізаторів, регуляторів кислотності і емульгаторів.

Як і багато інших фосфатів, ця речовина здатна регулювати кислотність продуктів, стабілізувати їх забарвлення і консистенцію, утримувати вологу.

Все це дозволяє застосовувати її при виготовленні продуктів харчування, список яких аналогічний фосфатів натрію (Е 339). У нього входять багато молочних, м'ясних та рибних продуктів, дитяче харчування, хлібобулочні, макаронні та кондитерські вироби, алкогольні та безалкогольні напої, деякі продукти з овочів і фруктів, соуси, різноманітні сухі концентрати, бульйони, сніданки та інше. [1]

Оскільки дана харчова добавка має широке застосування в різних сферах виробництв, є актуальним дослідження та удосконалення технології її виробництва.

**Предмет дослідження.** Харчова добавка монофосфат калію Е 340(і).

**Об'єкт дослідження.** Технологія отримання монофосфату калію.

**Мета роботи.** На основі огляду науково-технічної літератури проаналізувати методи виробництва монофосфату калію та удосконалити технологію його виробництва.

**Завдання роботи.**

1. Знайти більш вигідний спосіб виробництва монофосфату калію.

*ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ*

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разраб.		Калініченко Б.В.			<i>ВСТУП</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Провер.		Фесич І.В.					8	64
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Утверд.		Носенко Т.Т.						

2. Розробити принципову технологічну схему виробництва монофосфату калію.
3. Розрахувати матеріальний і тепловий баланси виробництва монофосфату калію.
4. Розробити та описати апаратурно-технологічну схему виробництва монофосфату калію.
5. Виконати підбір та розрахунок основного обладнання.
6. Описати вплив технології на навколишнє середовище та охорону праці на виробництві.
7. Узагальнити результати дослідження, написати висновки.

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

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Загальні відомості про антиоксиданти

Антиоксиданти — це сполуки різної природи, що усувають або гальмують вільнорадикальне окиснення органічних речовин киснем повітря.

За походженням антиоксиданти поділяють на природні (біоантиокисники) і синтетичні. За механізмом дії розрізняють антиоксиданти та синергісти, тобто речовини, які підсилюють дію справжніх антиоксидантів, самотійно не впливаючи на інтенсивність процесів окиснення, і сполуки зі змішаними властивостями.

До біоантиокисників належать: ферментні антиоксиданти — каталаза і пероксидаза, а також глутатіон-редуктаза і супероксиддисмутаза; макромолекулярні неферментативні компоненти: білок — трансферин та ін. білки які здатні зв'язувати іони заліза (гемопексин, гаптоглобін, церулоплазмін); низькомолекулярні речовини (тироксин, стероїдні гормони, убіхінон, вітаміни А, Е, D, флавоноїди та аскорбінова кислота).

З синтетичних антиоксидантів у промисловості застосовують сполуки фенольної природи (бутилоксіанізол, бутилокситолуол-іонол), сполуки сірки, нафтоли, в першу чергу амінітіоли і 3-оксипіридини. В наш час вже синтезовано більшість природних амінокислот (токоферол, похідні галової кислоти). Деякі біоантиокисники отримують методом генної інженерії (препарат рекомбінантної супероксиддисмутази), з еритроцитів людини (ерисод) або великої рогатої худоби (пероксинорм). [2]

*ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ЛЗ*

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разраб.		Калініченко Б.В.			<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Провер.		Фесич І.В.					10	64
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Утверд.		Носенко Т.Т.						

Механізм дії найбільш поширених антиоксидантів базується в розриві реакційних ланцюгів: молекули антиоксиданту діють на активні радикали з перетворенням їх на малоактивні. Також окислення сповільнюється у присутності речовин, що руйнують гідроперекиси. В такому випадку знижується швидкість утворення вільних радикалів. Навіть в невеликій кількості (0,01-0,001%) антиоксиданти зменшують швидкість окислення, тому їх додають в невеликих кількостях.

Найпоширенішими антиоксидантами є аскорбінова кислота (Е 300), аскорбат натрію (Е 301), лимонна кислота (Е 330) і лецитин (Е 322).

Основними ознаками для застосування антиоксидантів є активація процесів вільнорадикального окислення, поряд з якими відбуваються різні патології, однак, доказів ефективності антиоксидантів при цих процесах, заснованих на результатах клінічних досліджень, мало. Вибір препаратів та їх показання і протипоказання вимагають подальших досліджень.

Універсального антиокислювача не існує. Ефективність застосування антиоксиданту залежить від властивостей конкретного продукту і самого антиоксиданту. Застосування індивідуальних антиокислювачів не дозволяє повністю захистити харчові продукти від псування. Тому найчастіше одночасно використовують кілька антиокислювачів, взаємно підсилюючих дію один одного (явище синергізму). [3]

Антиоксиданти зберігають жири та продукти які їх містять від прогіркання, захищають овочі, фрукти та продукти їх переробки від потемніння, сповільнюють ферментативне окислення вина, пива і безалкогольних напоїв. Антиоксиданти не можуть компенсувати низьку якість сировини, грубе порушення правил промислової санітарії і технологічних режимів. Якщо концентрація пероксидів або вільних кислот в продукті вище норми, або якщо змінились смак, запах чи колір продукту, то застосування антиоксидантів не несе ніякого ефекту. [4]

## 1.2 Фізико-хімічні властивості фосфатів калію

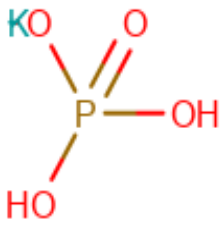
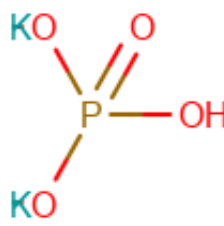
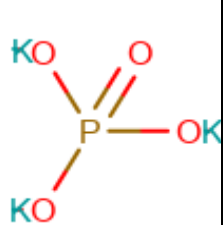
					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Фосфати калію представляють собою гігроскопічні або слабо гігроскопічні речовини, добре розчинні у воді і нерозчинні в етанолі. Фосфати калію підтримують кислотність середовища нейтральним (рН=7).

Фізико-хімічні властивості харчової добавки Е 340 наведені в таблиці 1.1. [5]

Таблиця 1.1

**Фізико-хімічні властивості фосфатів калію**

Показник	Е 340(i)	Е 340(ii)	Е 340(iii)
Молекулярна формула	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$\text{K}_2\text{HPO}_4$	$\text{K}_3\text{PO}_4$
Структурна формула			
Розчинність	Добре розчинні у воді. Не розчинні в спирті.		
Зовнішній вигляд	порошок, кристали або гранули	кристали або гранули	
Колір	білий		
Запах	без запаху		
Молярна маса, г/моль	136.086	174.17	212.26
Густина, г/см <sup>3</sup>	2.338	2.44	2.564
Температура плавлення, °С	252.6	282	1640
Вміст основної речовини, %	98	98	97

Продовження таблиці 1.1			
Вміст P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	51-53	40.3-41.5	30.5-33
Допустима добова доза (ДДД), мг/кг маси тіла людини	70		

### 1.3 Використання фосфатів калію

#### 1.3.1 Використання KН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub>

Додається до пекарських порошків, дріжджів як розпушувач; поряд з іншими фосфатами застосовується у виробництві плавлених сирів. Використовується також як стабілізатор сухого молока та вершків. Використовується при приготуванні рідких дріжджів і житніх заквасок як джерело мінерального живлення.

Для відновлення сольової (іонної) рівноваги, необхідної для термостабільності молока, що піддається нагріванню, до нього додають солі-стабілізатори, в якості яких можуть виступати фосфати, які пов'язують іони кальцію. Додається в інстантні пектини як регулятор кислотності.

Також використовується як пом'якшувач води, компонент для добрив і рідких миючих засобів.

Застосування монофосфату калію як добрива:

Монокалійфосфат - це одне з найбільш концентрованих фосфорно-калійних добрив. Повністю водорозчинне, має високий рівень засвоєння рослинами. Підвищує врожайність і якість плодів і овочів внаслідок збільшення вмісту цукрів і вітамінів, покращує перезимівлю декоративних дерев і кущів.

Використовується в системах крапельного поливу, для підживлення овочевих, плодових, декоративних культур, виноградників на всіх типах ґрунтів і субстратів.

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		13

Масова частка фосфору ( $P_2O_5$  - 52%; P - 23%) і калію ( $K_2O$  - 34%; K - 28%) є високою. Тому добриво також застосовується для виробництва рідких і твердих сумішей мінеральних добрив.

Застосування добрива підвищує стійкість рослин до ураження грибковими хворобами.

Калій дигідрофосфат не можна змішувати з препаратами, що містять кальцій і магній. [1,6]

### **1.3.2 Використання $K_2HPO_4$**

Використовується при приготуванні рідких дріжджів і житніх заквасок як джерело мінерального живлення. Поряд з іншими фосфатами застосовується у виробництві плавлених сирів. Використовується також як стабілізатор сухого молока та вершків, запобігає кристалізації згущеного молока.

Також використовується як комплексне мінеральне добриво та компонент лікарських засобів, антифризів, живильне середовище для вирощування цвілевих грибів, які продукують пеніциліни і як реагент для приготування буферних розчинів. [1,6]

### **1.3.3 Використання $K_3PO_4$**

Широко застосовується як компонент рідких миючих засобів для пом'якшення води, інгібітор корозії та в засобах проти накипу і як компонент електролітів в виробництві каучуків.

У харчовій промисловості застосовується рідко. Іноді додається в інстантні пектини як регулятор кислотності. Також застосовується у виробництві каучуку.

### **1.3.4 Гігієнічні норми використання фосфатів калію**

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

Фосфати калію Е 340 дозволені до використання в якості стабілізатора, емульгатора, загущувача, текстуратора, сполучного агенту, поліпшувача борошна і хліба.

В кількості до 100 мг/кг додається до попередньо обсмаженої картоплі.

В кількості до 500 мг/кг додається до спеціалізованих напоїв для спортсменів, штучно мінералізованих безалкогольних напоїв.

В кількості до 800 мг/кг додається до виробів з фруктів, глазуrowаних фруктів.

В кількості до 1 г/кг додається до молока стерилізованого, молока концентрованого з вмістом сухих речовин менше 28%, морозива (крім молочного і вершкового), фруктового льоду, рибного фаршу «сурімі», лікеро-горілчанних виробів, консервів з ракоподібних.

В кількості до 1.5 г/кг додається до молока концентрованого з вмістом сухих речовин більше 28%.

В кількості до 2 г/кг додається до сирів молодих, напоїв на молочній основі шоколадних і ячмінних, масел кисло-вершкових, макаронних виробів, сидру (яблучний та грушевий), сухих і трав'яних чаїв.

В кількості до 2.5 г/кг додається до молока сухого та сухого знежиреного.

В кількості до 3 г/кг додається до десертів, в тому числі на молочній основі (морозиво), супів і бульйонів (концентрати), сиропів ароматизованих для молочних коктейлів, морозива, сиропів для млинців, пасок.

В кількості до 4 г/кг додається до глазури для м'ясних і овочевих продуктів.

В кількості до 5 г/кг додається до м'ясних продуктів, продуктів з морожених ракоподібних, мороженого рибного фаршу і виробу з нього.

В кількості до 7 г/кг додається до десертів, сухих сумішей порошкоподібних.

В кількості до 10 г/кг додається до цукрової пудри, продуктів яєчних сухих (меланж, білок, жовток), солі і солезамінників. [4]

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

## 1.4 Методи отримання монофосфату калію

Методи отримання  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  діляться на:

1. Методи, засновані на взаємодії фосфорної кислоти з калієвмісними компонентами.
2. Іонообмінні.
3. Конверсійні. [7]

### 1.4.1 Методи, засновані на взаємодії фосфорної кислоти з калієвмісними компонентами

#### 1.4.1.1 Метод з використанням хлориду калію

Даний спосіб отримання монокалійфосфату, включає розкладання хлориду калію фосфорною кислотою при підвищеній температурі з подальшою кристалізацією продукту з отриманої суміші. Утворений хлористий водень вловлюють у вигляді соляної кислоти. Для проведення процесу до калійної солі додають надлишок фосфорної кислоти і нагрівають до  $250^\circ\text{C}$ . Для переведення отриманого продукту в монокалійфосфат і нейтралізації вільної фосфорної кислоти необхідно додавати карбонат калію або гідроксид калію. Ці сполуки калію відносно дорогі і застосування їх у виробництві добрив не є доцільним, а для отримання харчових добавок потрібно застосовувати термічну фосфорну кислоту.

Недоліками є складність технологічного процесу (висока температура, уловлення хлору, яке потребує корозієстійку апаратуру), а також застосування дорогих компонентів. [8]

#### 1.4.1.2 Метод з використанням карбонату калію

Даний спосіб отримання монокалійфосфату, включає нейтралізацію з'єднання калію фосфорною кислотою при підвищеній температурі з подальшою кристалізацією продукту, в якості з'єднання калію беруть карбонат калію, нейтралізують його екстракційною фосфорною кислотою до рН 3.5-4.5

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

при 80-89<sup>0</sup>С , отриману суміш розділяють фільтрацією при 70 - 80<sup>0</sup>С, осад що випав виводять з процесу, а з розчину кристалізують продукт при охолодженні його до 15-20<sup>0</sup>С.

Перевагами даного способу є використання дешевої сировини, невисоких температур і доволі просте обладнання. [9]

#### **1.4.1.3 Метод з використанням гідроксиду калію**

Даний спосіб включає обробку ортофосфорної кислоти з'єднанням калію при підвищеній температурі з подальшою кристалізацією продукту. За цим способом термічну фосфорну кислоту обробляють 45%-ним розчином гідроксиду калію. Температура реакційної суміші 90-95<sup>0</sup>С, рН суміші 5,85-6,0. Далі проводять кристалізацію з насиченого розчину при 80-85<sup>0</sup>С при рН 5,8-6,0. Після цього продукт сушать протягом 24 годин. Продукт отримують у вигляді білих кристалів.

Недоліками є високі втрати продукту із-за високої температури кристалізації, так як при цій температурі монокалійфосфат володіє високою розчинністю, і використання дорогих компонентів. [10]

#### **1.4.2 Іонообмінні методи**

Спосіб отримання розчинних безхлорних калійних добрив, представляє собою циклічний процес, який включає в себе проведення в кожному циклі послідовності операцій, іонообмінних реакцій, які проводяться в одній або декількох іонообмінних колонах з використанням однакового для всіх стадій катіоніту, який знаходиться в іонній формі перед початком кожної операції. Кожна операція включає обробку катіоніту розчином, який є вихідною речовиною вказаного циклічного процесу для даної операції, отримання продукту даної операції і переведення катіоніту в іншу іонну форму для чергової операції із вказаною послідовністю, при цьому одна з операцій включає в себе обробку катіоніту, який перед початком операції знаходиться

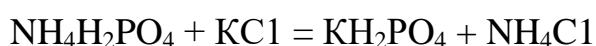
					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	Арк.
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

в Na-формі, розчином хлориду калію в якості першої вихідної речовини вказаного циклічного процесу.

Переведення катіоніту в К-форму і отримання розчину хлориду калію, відрізняється тим, що в якості катіоніту, однакового для всіх операцій в циклі, використовують слабо кислотний катіоніт, після згаданої операції, яка включає в себе обробку катіоніту розчином хлориду калію, здійснюють операцію з участю в якості другої вихідної речовини вказаного циклічного процесу розчину безхлорної кисневмісної кислоти, яка включає обробку цим розчином отриманого в попередній операції катіоніту в К-формі, переведення його в Н-форму і отримання суспензії, яка вміщує цільовий продукт у вигляді калієвої солі вказаної безхлорної кисневмісної кислоти. Далі проводять операцію з участю додаткової вихідної сировини вказаного циклічного процесу у вигляді розчину гідроксиду натрію або кальцинованої соди, якими обробляють отриманий в попередній операції катіоніт в Н-формі, переводячи його в Na-формі для першої із перерахованих операцій і створюючи тим самим можливість циклічного продовження вказаного процесу. [11]

### 1.4.3 Конверсійні методи

Конверсійні методи засновані на реакції обміну між фосфорно-кислими і калієвмісними солями, зокрема, між дигідрофосфатом амонію і хлоридом калію за наступною схемою:



Значна різниця в розчинності утворюваних солей забезпечує можливість подальшого виділення цільового продукту на стадії охолодження і кристалізації. Однак широкого промислового застосування для отримання безхлорних водорозчинних добрив конверсійні методи до теперішнього часу не отримали.

Основною причиною цього, на думку авторів, є невирішеність низки технічних проблем, а саме: низький вихід цільового продукту; утворення

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

побічних продуктів конверсійних розчинів, що містять в якості основних компонентів хлорид амонію, а також продукти конверсії; наявність в цільовому продукті при використанні в якості вихідних компонентів технічних солей і кислот (амофос, ЕФК, флотаційний (галургічний) хлорид калію), значної кількості нерозчинних у воді домішок (сполук заліза, алюмінію), що не дозволяє використовувати ці добрива в системах крапельного харчування. [12]

**Висновок:**

На підставі аналізу науково-технічної літератури, а саме методів виробництва дигідрофосфату калію Е 340(i), обрано метод, заснований на взаємодії фосфорної кислоти з калієвмісною сировиною. Сировиною обрано гідроксид калію. Удосконаленням даного методу є менша ціна на сировину, відсутність виділення вуглекислого газу та втрат сировини на утворення добрива, більший вихід продукту і відсутність відходів.

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

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика сировини для виробництва монофосфату калію

Для виробництва харчових монофосфатів калію використовують таку сировину:

- Ортофосфатна кислота по ГОСТ 10678;
- Гідроксид калію по ГОСТ 24363-80. [6]

#### 2.1.1 Характеристика ортофосфатної кислоти

Ортофосфатна кислота - неорганічна сполука, досить слабка кислота. У харчовій промисловості використовується в якості регулятора кислотності і має маркування Е 338.

Хімічна формула ортофосфатної кислоти –  $H_3PO_4$ . За своїми фізичними властивостями в чистому вигляді є гігроскопічними безбарвними кристалами. При температурі вище  $42^{\circ}C$  ортофосфорна кислота починає плавитись, перетворюючись на в'язку безбарвну рідину.

Добавка Е 338 дуже добре розчиняється у воді і зазвичай використовується у вигляді 85%-го водного розчину. У такому вигляді фосфорна кислота являє собою безбарвну сироподібну рідину. Кислота не володіє запахом і також добре розчиняється в багатьох розчинниках, наприклад етанолі. [13]

Показники якості ортофосфатної кислоти наведені в таблиці 2.1 [14]

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Калініченко Б.В.			<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Провер.		Фесич І.В.					20	64
Конс.		Житнецький І.В.						
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Утверд.		Носенко Т.Т.						
						<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		

## Показники якості ортофосфатної кислоти

Показник	Норма
Молекулярна маса, г/моль	97.995
Густина, г/см <sup>3</sup>	1.88
Температура плавлення, °С	42.4
Масова частка ортофосфатної кислоти (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ), не менше, %	73
Масова частка хлоридів (Cl), не більше, %	0.005
Масова частка сульфатів (SO <sub>4</sub> ), не більше, %	0.01
Масова частка нітратів (NO <sub>3</sub> ), не більше, %	0.0003
Масова частка заліза (Fe), не більше, %	0.005
Масова частка важких металів (Pb), не більше, %	0.0005
Масова частка миш'яку (As), не більше, %	0.0001
Масова частка відновлюючих речовин в перерахунку на H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , не більше, %	0.1

## 2.1.2 Характеристика гідроксиду калію

Гідроксид калію, з хімічною формулою KOH - тверда кристалічна маса білого кольору у вигляді паличок, пластинок або безформних шматочків. Розпливається на повітрі. Дуже гігроскопічний: поглинає вуглецю діоксид та воду з повітря, перетворюючись на калію карбонат. Є нетоксичною речовиною при вживанні у невеликих концентраціях. Концентровані розчини при контакті зі шкірою та слизовими оболонками викликають тяжкі опіки; при пероральному та інгаляційному прийомі є токсичними. Водні розчини руйнують скло, а розплави — порцеляну. Широко використовують у фармацевтичній, косметичній та харчовій промисловості. Входить до складу фармацевтичних препаратів як регулятор рН. Також використовують для отримання рідкого мила, мерсеризованої бавовни, сполук К, як компонент лужних акумуляторів. [15]

Показники якості гідроксиду калію наведені в таблиці 2.2 [16]

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

## Показники якості КОН

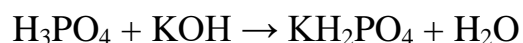
Показник	Норма
Масова частка гідроксиду калію (KOH), не менше, %	86
Масова частка вуглекислого калію (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ), не більше, %	0.6
Масова частка хлоридів (Cl), не більше, %	0.002
Масова частка сульфатів (SO <sub>4</sub> ), не більше, %	0.0005
Масова частка силікатної кислоти (SiO <sub>2</sub> ), не більше, %	0.002
Масова частка фосфатів (PO <sub>4</sub> ), не більше, %	0.0002
Масова частка загального азоту (N), не більше, %	0.0005
Масова частка важких металів (Ag), не більше, %	0.0005
Масова частка заліза (Fe), не більше, %	0.0005
Масова частка алюмінію (Al), не більше, %	0.0001
Масова частка кальцію (Ca), не більше, %	0.001

## 2.2 Принципова технологічна схема удосконаленого виробництва монофосфату калію та її опис

Технологія виробництва дигідрофосфату калію з використанням в якості сировини гідроксиду калію полягає в послідовному виконанні наступних стадій:

- Нейтралізація
- Кристалізація
- Фільтрування
- Сушіння
- Охолодження

Процес описується такою хімічною реакцією:



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

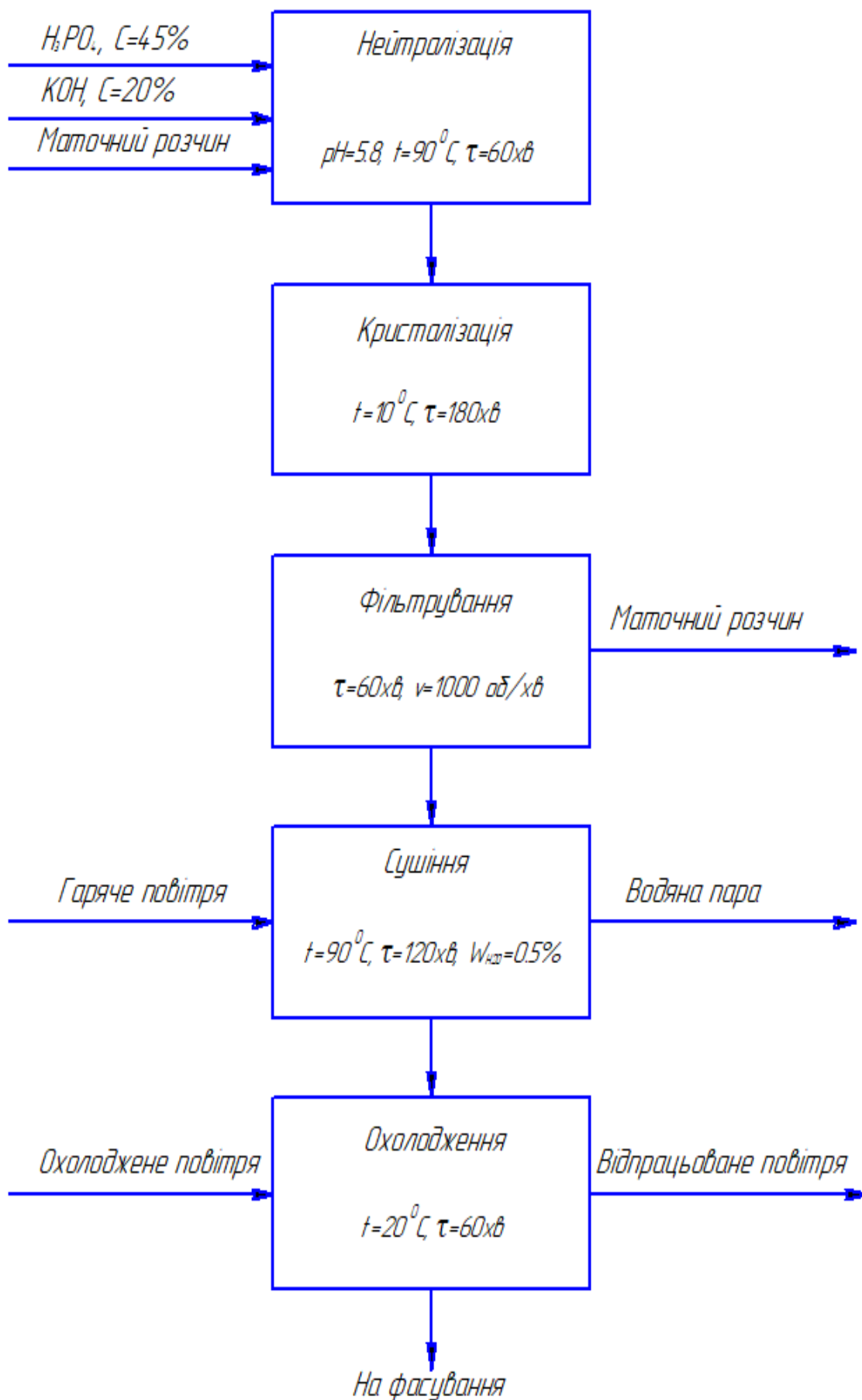


Рис. 2.1 Принципова технологічна схема виробництва дигідрофосфату калію

### *Стадія нейтралізації*

Метою даної стадії є утворення дигідрофосфату калію.

В реактор вноситься розчин фосфорної кислоти і нагрівається до 90<sup>0</sup>С. Потім при постійному перемішуванні поступово вноситься розчин гідроксиду калію протягом 60 хв. При цьому відбувається зміна рН до 5.8.

### *Стадія кристалізації*

Метою даної стадії є кристалізація розчину з утворенням кристалів дигідрофосфату калію.

Розчин подають в кристалізатор, через 20 хвилин в сорочку вводять холодну воду і при температурі 10<sup>0</sup>С утворюється кристалічна суспензія дигідрофосфату калію. Стадія триває три години.

### *Стадія фільтрування*

Метою даної стадії є відфільтрування маточного розчину і отримання кристалів монокалійфосфату.

Отримані кристали видаляють з розчину фільтруванням в центрифугі протягом шістдесяти хвилин.

### *Стадія сушіння*

Метою даної стадії є видалення вологи з кристалів  $\text{K}\text{H}_2\text{P}\text{O}_4$ .

Кристали сушать за температури 90<sup>0</sup>С, до вмісту вологи в кристалах 0.5%. Процес сушіння триває дві години.

### *Стадія охолодження*

Метою даної стадії є охолодження висушених кристалів для подальшого відправлення на склад. Кристали охолоджують до 20<sup>0</sup>С протягом однієї години і далі відправляють на склад.

## **2.3 Розрахунок матеріального балансу виробництва монофосфату калію**

Будь який процес виробництва залежить від закону збереження маси: маса вихідних продуктів процесу повинна дорівнювати масі його кінцевих продуктів.

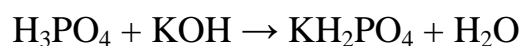
					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						24
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\sum G \text{ вихідні} = \sum G \text{ кінцеві},$$

де  $\sum G$  вихідні - сума мас вихідних продуктів процесу;  $\sum G$  кінцеві - сума мас кінцевих продуктів процесу в тих же одиницях виміру. [17]

Втрати на кожній стадії складають 0.5-1%.

*I. Матеріальний баланс стадії нейтралізації*



$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 136 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль.}$$

Для утворення дигідрофосфату калію 1 моль фосфатної кислоти взаємодіють з 1 моль карбонату калію. Маса взятого розчину фосфатної кислоти (45%):

$$\frac{98 * 2.68 * 0.876}{45} * 100 = 511.3 \text{ кг}$$

Маса гідроксиду калію (20%):

$$\frac{56 * 2.68 * 0.876}{20} * 100 = 657.4 \text{ кг}$$

Маса утвореного  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ :

$$136 * 1 * 2.68 * 0.876 = 319.3 \text{ кг}$$

Маса утвореної води:

$$18 * 1 * 2.68 * 0.876 = 42.3 \text{ кг}$$

Маса води:

$$42.3 + 525.9 + 281.2 = 849.4 \text{ кг}$$

Втрати 0.5%

$$\frac{1168.7}{100} * 0.5 = 5.8 \text{ кг}$$

В таблиці 2.3 наведено матеріальний баланс стадії нейтралізації.

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

**Матеріальний баланс стадії нейтралізації**

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) 45%-ий розчин Н <sub>3</sub> РО <sub>4</sub>	511.3	1) Вода була	803.1
• Н <sub>3</sub> РО <sub>4</sub>	230.1	3) КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub>	317.7
• Вода	281.2	5) Вода утворена	42.1
2) 20%-ий розчин КОН	657.4	6) Втрати	5.8
• КОН	131.5		
• Вода	525.9		
<b>ВСЬОГО</b>	<b>1168.7</b>	<b>ВСЬОГО</b>	<b>1168.7</b>

*II. Матеріальний баланс стадії кристалізації*

Розчинність КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub> при 90<sup>0</sup>С – 83.5, а при 10<sup>0</sup>С – 18.6. Різниця розчинності:

$$83.5 - 18.6 = 64.9$$

Маса кристалів КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub>

$$\frac{317.7}{100} \times 64.9 = 206.2 \text{ кг}$$

Маса КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub> в надосадовій рідині

$$317.7 - 206.2 = 111.5 \text{ кг}$$

Втрати (1%)

$$\frac{1163.1}{100} \times 1 = 11.7 \text{ кг}$$

В таблиці 2.4 наведено матеріальний баланс стадії кристалізації.

**Матеріальний баланс стадії кристалізації**

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) Вода	845.4	1) Надосадова рідина	947.3
2) КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub>	317.7	• Вода	836.9
		• КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub>	110.4
		2) Осад	204.1
		• КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub>	204.1
		3) Втрати	11.7

ВСЬОГО	1163.1	ВСЬОГО	1163.1
--------	--------	--------	--------

*III. Матеріальний баланс стадії фільтрування*

Вологість отриманого після фільтрування осаду (5%)

$$\frac{204.1}{1 - 0.05} \times 0.05 = 10.7 \text{ кг}$$

Залишок води в маточному розчині

$$836.9 - 10.7 = 826.2 \text{ кг}$$

Втрати (0.5%)

$$\frac{1151.4}{100} \times 0.5 = 5.8 \text{ кг}$$

В таблиці 2.5 наведено матеріальний баланс стадії фільтрування.

Таблиця 2.5

**Матеріальний баланс стадії фільтрування**

<b>Прихід</b>		<b>Витрати</b>	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) Надосадова рідина	947.3	1) Маточний розчин	931.9
• Вода	836.9	• Вода	822.1
• $\text{KH}_2\text{PO}_4$	110.4	• $\text{KH}_2\text{PO}_4$	109.8
2) Осад	204.1	2) Осад	213.7
• $\text{KH}_2\text{PO}_4$	204.1	• $\text{KH}_2\text{PO}_4$	203.1
		• Вода	10.6
		3) Втрати	5.8
ВСЬОГО	1151.4	ВСЬОГО	1151.4

*IV. Матеріальний баланс стадії сушіння*

Вологість кристалів після сушіння (0.5%)

$$\frac{203.1}{1 - 0.005} \times 0.005 = 1.0 \text{ кг}$$

Залишок води у вигляді водяної пари

$$10.6 - 1.0 = 9.6 \text{ кг}$$

Втрати (1%)

$$\frac{213.7}{100} \times 1 = 2.1 \text{ кг}$$

В таблиці 2.6 наведено матеріальний баланс стадії сушіння.

Таблиця 2.6

### Матеріальний баланс стадії сушіння

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
1) $\text{KH}_2\text{PO}_4$	203.1	1) Водяна пара	9.5
2) Вода	10.6	2) Продукт	202.1
		• $\text{KH}_2\text{PO}_4$	201.1
		• Вода	1.0
		3) Втрати	2.1
<b>ВСЬОГО</b>	<b>213.7</b>	<b>ВСЬОГО</b>	<b>213.7</b>

V. Матеріальний баланс стадії охолодження

Втрати (1%)

$$\frac{202.1}{100} \times 1 = 2.1 \text{ кг}$$

В таблиці 2.7 наведено матеріальний баланс стадії нейтралізації.

Таблиця 2.7

### Матеріальний баланс стадії охолодження

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) Продукт	202.1	1) Продукт	200
• $\text{KH}_2\text{PO}_4$	201.1	• $\text{KH}_2\text{PO}_4$	199.1
• Вода	1.0	• Вода	0.9
		2) Втрати	2.1
<b>ВСЬОГО</b>	<b>202.1</b>	<b>ВСЬОГО</b>	<b>202.1</b>

Коефіцієнт перерахунку для виходу продукту в 200 кг:

$$\frac{200}{228.4} = 0.876$$

Продуктивність всієї лінії при тривалості процесу - 8 годин

$$\frac{200}{8} = 25 \text{ кг/год}$$

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

Зведений матеріальний баланс наведений в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

**Матеріальний баланс виробництва 200 кг монофосфату калію**

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1) 45%-ий розчин $H_3PO_4$	511.3	1) Вода	822.8
• $H_3PO_4$	230.1	2) $KH_2PO_4$ (харч.)	199.1
• Вода	281.2	3) $KH_2PO_4$ (розч.)	109.8
2) 20%-ий розчин КОН	657.4	4) Водяна пара	9.5
• КОН	131.5	5) Втрати	27.5
• Вода	525.9		
<b>ВСЬОГО</b>	<b>1168.7</b>	<b>ВСЬОГО</b>	<b>1168.7</b>

**2.4 Розрахунок теплового балансу виробництва монофосфату калію**

Розрахунок теплового балансу проводиться по стадії сушіння

*Вихідні дані:*

1. Продуктивність сушарки по вологому матеріалу:  $G_1=100$  кг/год
2. Питома теплоємність вологого матеріалу:  $c_{в.м.}= 690$  Дж/(кг× °С)
3. Питома теплоємність абсолютно сухого матеріалу:  $c_{с.м.}=720$  Дж/(кг× °С)
4. Вміст води в продукті:
  - початковий:  $w_1=5\%$
  - кінцевий :  $w_2=0.5\%$
5. Температура продукту, що надходить в сушильну камеру:  $\theta_1=10^\circ C$
6. Температура сухого продукту, що виходить із сушильної камери:  $\theta_2=90^\circ C$
7. Температура зовнішнього повітря:  $t_0=20^\circ C$
8. Температура повітря на вході в калорифер:  $t_1=110^\circ C$
9. Температура відпрацьованого повітря:  $t_2=100^\circ C$
10. Відносна вологість свіжого повітря :  $f_0=60\%$

Для розрахунку теплового балансу необхідно знайти масову витрату видаленої вологи і абсолютну витрату повітря в сушарці, для цього рахують матеріальний розрахунок сушіння.

Масова витрата видаленої вологи ( $W$ ):

$$W = G_1 \times \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} = 100 \times \frac{5 - 0.5}{100 - 0.5} = 4.52 \text{ кг/год} = 0.0013 \text{ кг/с}$$

Продуктивність сушарки по сухому продукту ( $G_2$ ):

$$G_2 = G_1 \times \frac{100 - W_1}{100 - W_2} = 100 \times \frac{100 - 5}{100 - 0.5} = 95.48 \text{ кг/год} = 0,027 \text{ кг/с}$$

Використовуючи 1-х діаграму Рамзіна (рис.2.2) для вологого повітря, визначаємо початковий ( $x_0$ ) і кінцевий ( $x_1$ ) вологовміст повітря, а також характерні ентальпії. На перетині ліній знаходимо точку  $A$ , що характеризує початковий стан зовнішнього повітря. З точки  $A$ , опустивши перпендикуляр на вісь  $x$ , знаходимо значення  $x_0=0,014$  кг/кг сухого повітря. Через точку  $A$  проходить лінія постійної ентальпії (ізоентальпа)  $I_0=13$  кДж/кг. З точки  $A$ , піднявшись по перпендикуляру до перетину з ізотермою  $t_1=110^\circ\text{C}$ , знаходимо точку  $B$ , що характеризує стан повітря на виході із калорифера перед подачею в сушильну камеру. Від точки  $B$  рухаємося вниз по ізоентальпі  $I_1=28$  кДж/кг до перетину з ізотермою  $100^\circ\text{C}$ , отримавши точку  $C$ . З точки  $C$ , опустивши перпендикуляр на вісь  $x$ , знаходимо значення  $x_1=0,034$  пари/кг сухого повітря.

[18]

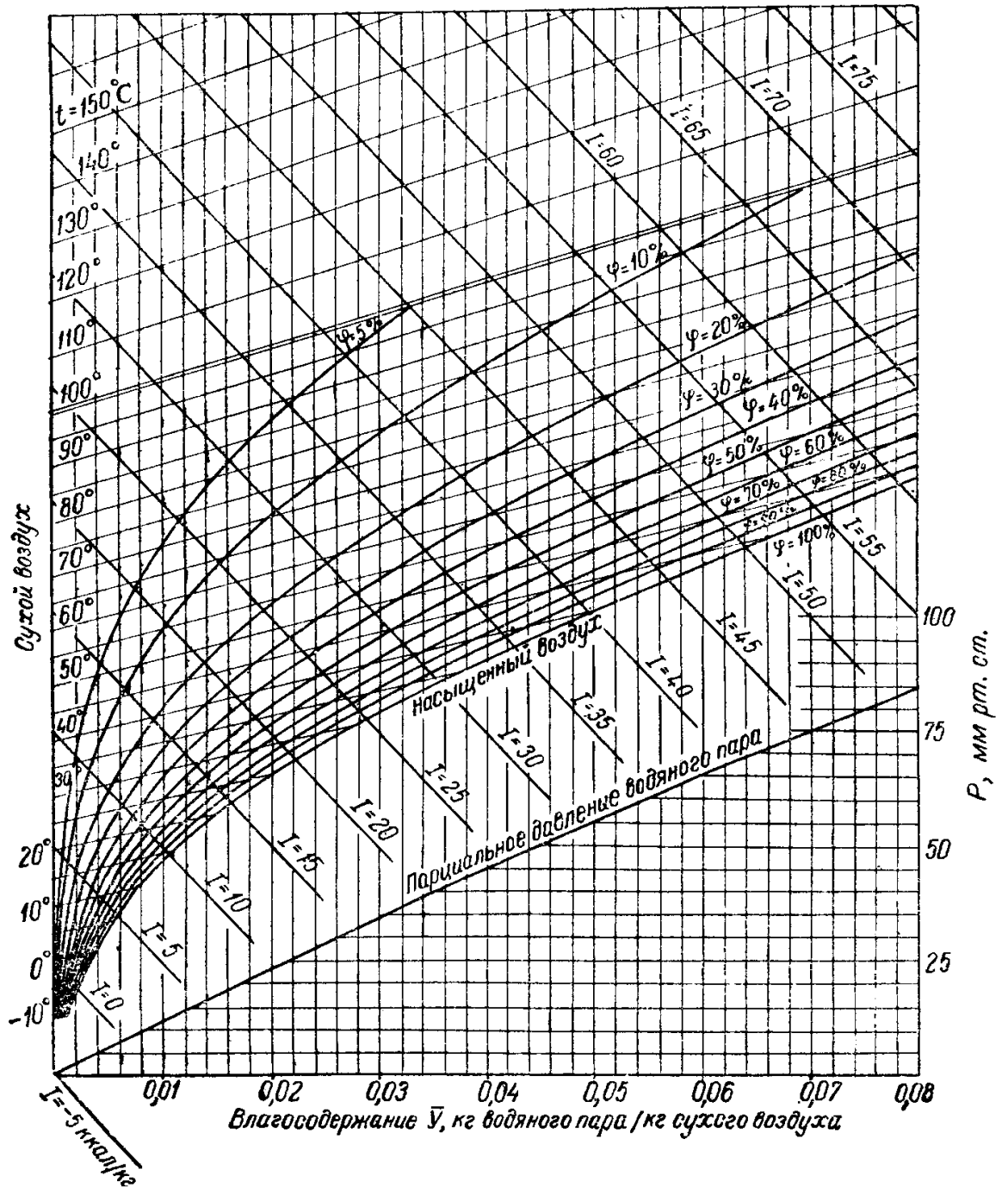


Рис. 2.2 Діаграма Рамзіна

Розраховуємо теоретичну абсолютну витрату повітря в сушарці:

$$l_0 = \frac{1}{x_1 - x_0} = \frac{1}{0,034 - 0,014} = 50 \text{ кг/с}$$

$$L = l_0 \times W = 50 \times 0,0013 = 0,065 \text{ кг/с} = 234 \text{ кг/год}$$

Складаємо рівняння теплового балансу для сушильної камери:

$$L \times I_1 + G_1 \times c_1 \times \theta_1 = L \times I_2 + G_2 \times c_2 \times \theta_2 + Q_{\text{п}},$$

де  $\theta_1$  – температура продукту, що надходить в сушильну камеру

ЗМН	Арк	№ докум	Підпис	Дата

$\theta_2$  – температура продукту, що надходить в сушильну камеру

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

$$Q_{\text{п}} = 0,05 \times L \times I_1 = 0,05 \times 0,065 \times 28 = 0,091 \text{ кДж}$$

Визначаємо значення теплоємностей для волого та сухого продукту:

$$c_1 = 0,69 \text{ кДж/(кг} \times \text{°C)}; c_2 = 0,72 \text{ кДж/(кг} \times \text{°C)}.$$

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

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

$$G_2 \times c_2 \times \theta_2 - G_1 \times c_1 \times \theta_1 + Q_{\text{п}} = \Sigma Q$$

$$\Delta = \frac{\Sigma Q}{W}$$

$$\Delta = l \times (I_2 - I_1),$$

де  $\Sigma Q$ - алгебраїчна сума абсолютних теплот в сушильній камері, кДж.

$\Delta$ - теплова поправка на дійсний (реальний) сушильний процес, кДж/кг.

Розраховуємо  $\Sigma Q$ :

$$\Sigma Q = G_2 \times c_2 \times \theta_2 - G_1 \times c_1 \times \theta_1 + Q_{\text{п}}$$

$$\Sigma Q = 0,027 \times 0,72 \times 90 - 0,028 \times 0,69 \times 10 + 0,423 = 1,1334 \text{ кДж}$$

Розраховуємо теплову поправку  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{\Sigma Q}{W} = \frac{1,1334}{0,0013} = 871,8 \text{ кДж/кг}$$

Визначаємо  $I_2$ :

$$I_2 = I_1 + \Delta / l_0 = 28 + (871,8 / 50) = 45,4 \text{ кДж/кг}$$

Коригуємо витрату повітря на дійсний сушильний процес.

Знаходимо точку  $C_1$  на перетині ізоентальпи  $I_2$  і ізотерми  $t_2$ . З'єднуємо прямою точки В і  $C_1$ . Маємо ламану лінію  $ABC_1$ , що характеризує дійсний сушильний процес. З точки  $C_1$ , опустивши перпендикуляр на вісь  $x$ ,

визначаємо дійсний вологовміст повітря на виході з сушильної камери  $x_2=0,032$  кг/кг.

Тоді дійсна питома витрата повітря визначається:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} = \frac{1}{0,032 - 0,014} = 56 \text{ кг/с}$$

Розраховуємо дійсну абсолютну витрату повітря в сушарці.

$$L = l \cdot W = 56 \cdot 0,0013 = 0,0728 \text{ кг/с} = 262 \text{ кг/год}$$

## 2.5 Підбір обладнання

Лінія виробництва дигідрофосфату калію включає в себе такі апарати: емальований реактор з якірною мішалкою, мембранні насоси, підвісна центрифуга, охолоджувальний кристалізатор, конвеєр, шнековий конвеєр, конвеєрна сушарка, конвеєр-охолоджувач, збірники.

Емальований реактор з якірною мішалкою СЕРН 1.6 призначений для роботи з агресивними рідинами в малотоннажному виробництві представлений на рис. 2.3. Робоче середовище в корпусі апарату - нейтральна, пожежонебезпечна, вибухонебезпечна або токсична рідина, емульсія, газорідинна суміш або суспензія з масовою часткою твердої фази не більше 30%. Робоче середовище в сорочці або змійовику - водопровідна вода або оборотна вода, розсіл, конденсат, насичена водяна пара або високотемпературний органічний теплоносій з температурою від мінус 30 до плюс 300 ° С. Ущільнення сальникове або торцеве (для особливо токсичних середовищ). Комплектується вентилем з подовженим слідом, яке дозволяє повністю усунути застійну зону в штуцері нижнього випуску. Мішалка і інші внутрішні пристрої можуть бути виготовлені з кислотостійких сталей, корозійностійких сталей (12X18H10T, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T). [19]

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

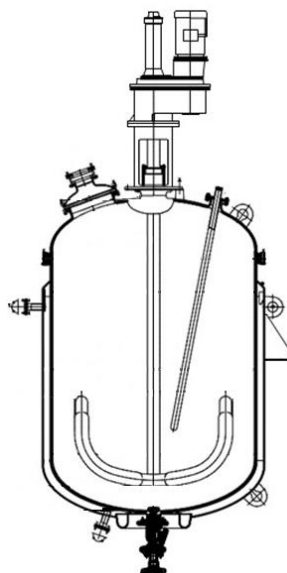


Рис. 2.3 Реактор СЕРН 1.6

Основні технічні характеристики реактору представлені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

**Технічні характеристики СЕРН 1.6**

Характеристика	Значення
Робочий об'єм, м <sup>3</sup>	1.6
Об'єм сорочки, м <sup>3</sup>	0.222
Маса апарату, кг	1760
Тип приводу	В140-3.0-50-2П
Марка електродвигуна	АИМ100 S4
Потужність електродвигуна	3.0
Частота обертання, об/хв	50
Тиск в корпусі, атм	3
Тиск в сорочці, атм	6
Ширина, мм	1300
Висота, мм	3370
Довжина, мм	1600

Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата

Підвісні центрифуги з верхнім приводом і нижнім вивантаженням осаду (Рис. 2.4) широко застосовують в хімічній та в інших споріднених галузях промисловості, а також у виробництві цукру - піску як надійні швидкодіючі машини, малочутливі до нерівномірного завантаження ротора суспензією та такі, що мають велику динамічну стійкість. У центрифугах осад зрізається ножом при зниженій частоті обертання ротора, внаслідок чого практично виключається подрібнення кристалів осаду. Загальною конструктивною ознакою підвісних центрифуг є вертикальне розташування осі ротора. [20]

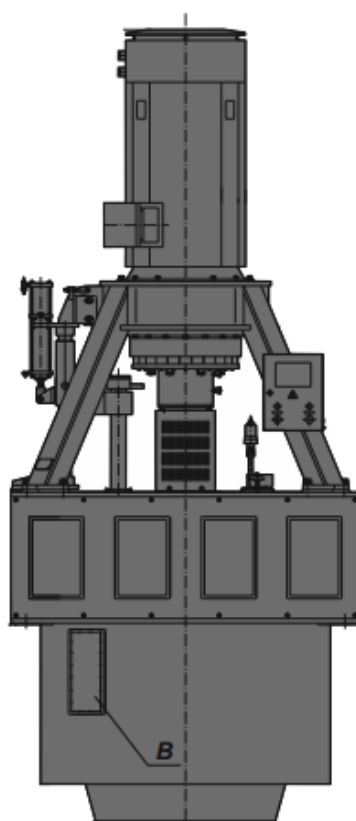


Рис. 2.4 Підвісна центрифуга ФПН-1541Л-01

Основні технічні характеристики центрифуги наведені в таблиці 2.10

Таблиця 2.10

**Технічні характеристики ФПН-1251Л-07**

Характеристика	ФПН-1541Л-01
Діаметр ротора внутрішній, мм	1540

## Продовження таблиці 2.10

Висота ротора внутрішня, мм	1170
Робочий об'єм ротора, дм <sup>3</sup>	964
Максимальна маса завантажувального продукту, кг	1500
Частота обертів двигуна і ротора, с <sup>-1</sup> (об/хв)	16.7 (1000)
Тривалість циклу мінімальна, хв	2.7
Фактор розділення	860
Маса центрифуги, кг	7810
Коефіцієнт динамічності	4
Час аварійної зупинки, с	60
Висота, мм	5500

Охолоджувальними кристалізаторами (Рис. 2.5) називають апарати і пристрої, у яких кристалізація проходить у результаті зниження температури при охолодженні концентрованих розчинів. При такому охолодженні концентрований розчин спочатку стає пересиченим, а потім, у міру зниження розчинності, з нього випадає кристалічний осад у вигляді зерен певного розміру і форми. Для підтримки зростаючих кристалів і часток у зваженому стані, забезпечення умов їх подальшого укрупнення в сучасних охолоджувальних кристалізаторах застосовують різного типу перемішувальні пристрої – для малотоннажних виробництв зазвичай використовують мішалки якірного типу.

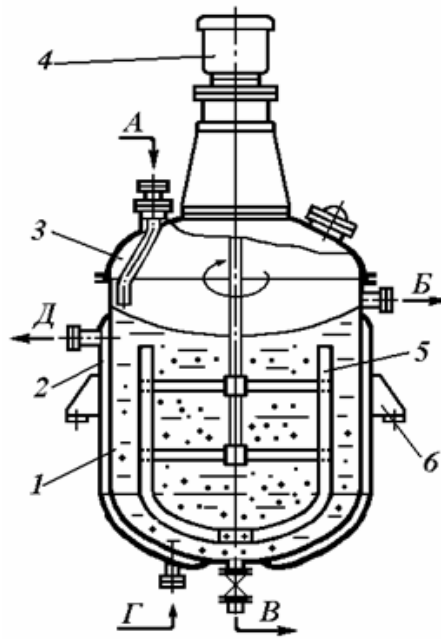


Рис. 2.5 Ємнісний кристалізатор охолоджувального типу з сорочкою і мішалкою: А - подача розчину; Б - відведення розчину; В - відведення кристалічної суспензії; Г - подача холодоносія; Д - відведення холодоносія; 1 - корпус; 2 - охолоджувальна сорочка; 3 - кришка; 4 - привід мішалки; 5 - мішалка; 6 - лапа-опора.

Технічні характеристики кристалізатора наведені в таблиці 2.11

Таблиця 2.11

### Технічні характеристики кристалізатора

Характеристика	Кристалізатор
Робочий об'єм, м <sup>3</sup>	1.6
Внутрішній діаметр корпусу, мм	1400
Температура в корпусі, °С	-20-100
Температура в сорочці, °С	-20-100
Довжина, мм	1600
Ширина, мм	1300
Висота, мм	3130
Маса, кг	1000

Стрічкова сушарка УСК (Рис. 2.6) призначена для зменшення вологості продуктів харчової промисловості, а також паливних брикетів та іншої продукції. Найчастіше використовується для сушки олійних і зернових

культур, в процесі їх підготовки до тривалого зберігання. Даний вид обладнання є ефективним для всіх видів сипучих продуктів, включаючи борошно і цукор.

Робота стрічкової сушарки заснована на ефективному прогріванні гарячим повітрям завантаженої продукції, яка переміщується по конвеєрній стрічці через тунельну конструкцію, в якій розташовані трубчасті електронагрівачі (ТЕН). При цьому, температурний режим може регулюватися оператором або бути постійним. Весь процес сушіння здійснюється на двох ґратчастих поверхнях. На першій відбувається попереднє нагрівання і підсушування, на другий - заключна стадія досушування до кондиційного рівня вологості. [21]



Рис. 2.6 УСК

Основні характеристики УСК наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

### Технічні характеристики УСК

Характеристика	УСК
Продуктивність, кг/год	100-150
Кількість ярусів (стрічок)	5
Ширина стрічки, мм	1200
Нагрівачі елементи, шт	55
Потужність 1 нагрівачого елементу, кВт	0.6
Температура сушіння, °С	50-70
Висота, мм	1840
Довжина, мм	10100

Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата

Конвеєр-охолоджувач КСО-4000/1.2 (Рис. 2.7) призначений для охолодження смаженого насіння, арахісу та інших продуктів. Охолодження відбувається за рахунок видалення гарячого повітря з продукту з одночасним очищенням від легких домішок. Після сушіння продукт подається в бункер конвеєра охолоджувача. Продукт переміщається по конвеєру зі швидкістю, заданою оператором. Товщина шару встановлюється за допомогою шибера. Потужність витяжної системи регулюється за допомогою заслінки, розташованої на вході в радіальний вентилятор («равлик»). [22]



Рис. 2.7 КСО-4000/1.2

Основні технічні характеристики КСО-4000/1.2 наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

### Технічні характеристики КСО-4000/1.2

Характеристика	КСО-4000/1.2
Продуктивність, кг/год	200-300
Напруга, В	380
Потужність, кВт/год	до 8
Маса, кг	До 500
Довжина, мм	4400
Ширина, мм	2950
Висота, мм	3400

### 2.6 Розрахунок реактора з якірною мішалкою

Загальний вигляд реактора наведений на рис. 2.8.

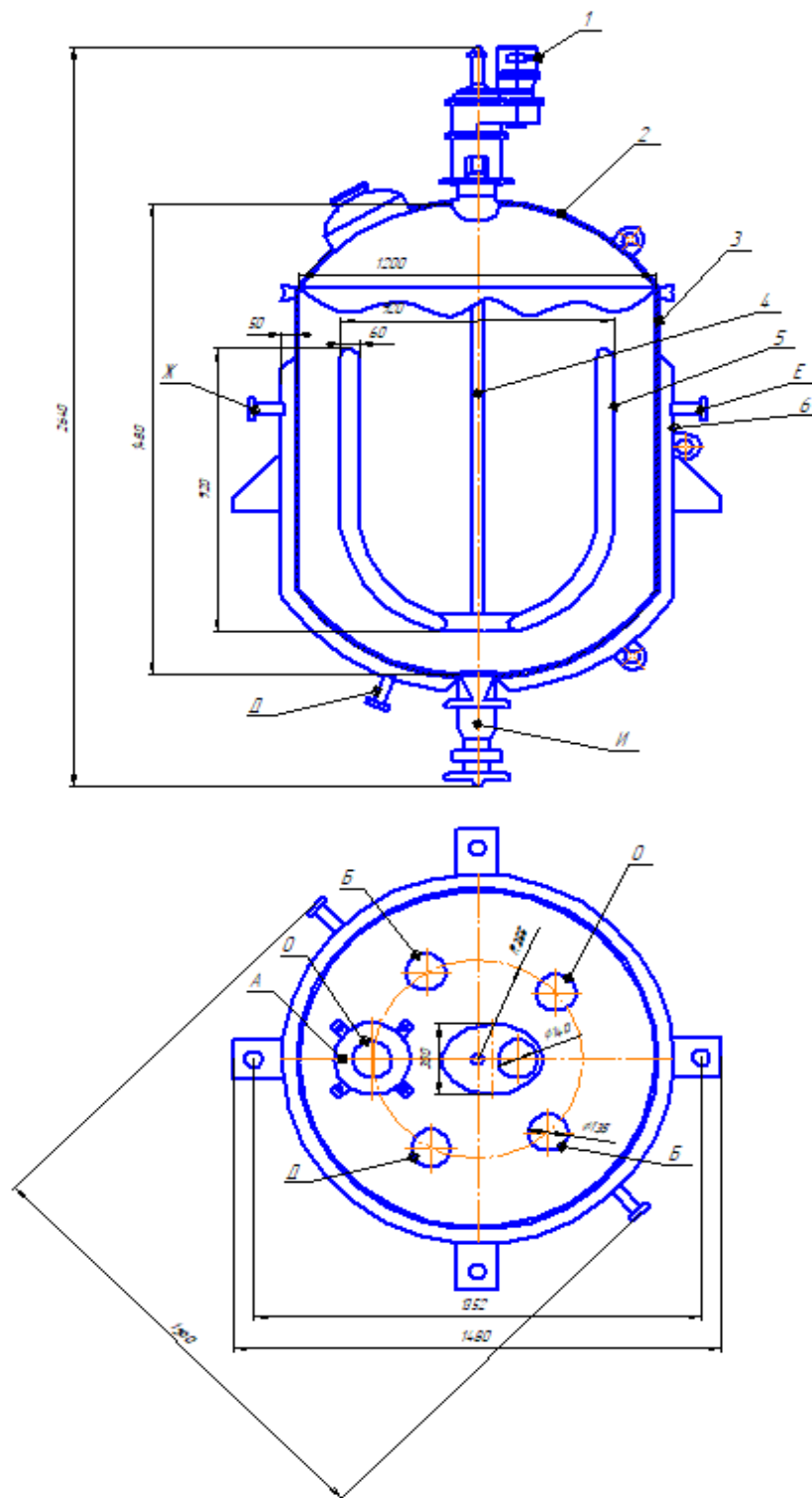


Рис. 2.8 Реактор з якірною мішалкою. Загальний вигляд  
*Конструктивний розрахунок [23]*

1. Робочий об'єм середовища згідно матеріального балансу:

$$V_p = 0.992 \text{ м}^3$$

2. Повний об'єм апарату (приймаємо коефіцієнт заповнення 0.75):

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		40

$$V_{\Pi} = \frac{V_p}{K_3} = \frac{0.992}{0.75} = 1.323 \text{ м}^3$$

3. Найближче номінальне значення об'єму = 1.6 м<sup>3</sup>. Дійсний коефіцієнт заповнення:

$$K_3 = \frac{V_p}{V_{\Pi}} = \frac{0.992}{1.600} = 0.62$$

4. Діаметр апарату приймаємо 1200 мм. Площа внутрішньої поверхні днища  $F_{\text{дн}} = 1.66 \text{ м}^2$ .

5. Об'єм циліндричної частини днища:

$$V_{\text{ц}} = V_p - V_{\text{дн}} = 0.992 - 0.255 = 0.74 \text{ м}^3$$

6. Висота циліндричної частини:

$$H_{\text{ц}} = \frac{4V_{\text{ц}}}{\pi D^2} = \frac{4 * 0.74}{\pi * 1.2^2} = 0.65 \text{ м}$$

7. Висота рівня рідини в реакторі:

$$H_p = \frac{4(V_p - V_{\text{дн}})}{\pi D} + h_1 + h_b = \frac{4 * (0.992 - 0.255)}{\pi * 1.2} + 0.025 + 0.3 = 1.11 \text{ м}$$

8. Висота реактора за співвідношенням для якірної мішалки:

$$\frac{H_p}{H} = 0.75$$

$$H = \frac{H_p}{0.75} = \frac{1.11}{0.75} = 1.48 \text{ м}$$

9. Висота лопатей мішалки:

$$h = H * 0.6 = 1.48 * 0.6 = 0.89 \text{ м}$$

10. Діаметр робочого органа:

$$d_M = \frac{D}{1.3} = \frac{1.2}{1.3} = 0.92 \text{ м}$$

11. Ширина лопаті:

$$b = d_M * 0.07 = 0.92 * 0.07 = 0.06 \text{ м}$$

12. Відстань від лопаті до стінки реактора:

$$\delta = \frac{D - d_M}{2} = \frac{1.2 - 0.92}{2} = 0.14 \text{ м}$$

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

### Енергетичний розрахунок

1. Частота обертів якірної мішалки приймаємо 50 об/хв.
2. Коефіцієнт, що враховує заповнення ємності перемішувальною рідиною:

$$k_1 = \frac{H_p}{D} = \frac{1.11}{1.2} = 0.93$$

3. Коефіцієнт, що враховує збільшення потужності при пуску, або підвищенні опору середовища в процесі перемішування приймаємо  $k_2=1$ .
4. Коефіцієнт корисної дії приводу приймаємо  $\eta=0.85$ .
5. Критерій Рейнольдса:

$$Re_B = \frac{n * d_M^2 * \rho}{\mu} = \frac{0.83 * 0.92^2 * 1180}{4} = 207$$

6. Для якірної мішалки з  $Re_B=10^2-3*10^5$  критеріальне рівняння має наступний вигляд ( $C=12$  для мішалок з двома лопатями):

$$K_N = C * Re_B^{0.77} * \left(\frac{h}{d}\right) = 12 * 207^{0.77} * \left(\frac{0.89}{0.92}\right) = 705$$

7. Потужність, що витрачається на перемішування:

$$N = K_N * \mu * n^2 * d^3 = 705 * 4 * 0.83^2 * 0.92^3 = 1513 \text{ Вт} = 1.51 \text{ кВт}$$

8. Потужність, що витрачається в сальнику:

$$\begin{aligned} N_c &= 9.84 * (P + 0.98 * 10^5) * f * l * n * d_B^2 \\ &= 9.84 * (25 * 10^5 + 0.98 * 10^5) * 0.2 * 0.16 * 0.83 * 0.04^2 = 1086 \text{ Вт} \\ &= 1.1 \text{ кВт} \end{aligned}$$

9. Потужність електродвигуна приводу:

$$N_{ед} = \frac{k_1 * k_2 * N + N_c}{\eta} = \frac{1.05 * 1 * 1.51 + 1.1}{0.85} = 3.2 \text{ кВт}$$

## 2.7 Апаратурно-технологічна схема удосконаленого виробництва монофосфату калію та її опис

Апаратурно–технологічна схема для отримання дигідрофосфату калію наведена на рис. 2.9.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		42

Ортофосфатну кислоту (С=45%) спускають в реактор **1**, після чого реактор підігрівають вводючи в сорочку реактора водяну пару до 90<sup>0</sup>С. Туди ж при постійному перемішуванні подають розчин гідроксиду калію (С=20%). Реакція триває одну годину, в результаті відбувається зміна рН до 5.8, після чого отриманий розчин по мембранним насосам **2**, подається до збірника **3** і з збірника по насосам **4** в кристалізатор **5**. Розчин витримують 20 хвилин після чого в сорочку кристалізатора вноситься холодна вода для зміни температури до 10<sup>0</sup>С. Розчин кристалізується протягом трьох годин при постійному перемішуванні, утворена кристалічна суспензія по мембранним насосам **6**, подається в збірник **7**, а потім по мембранним насосам **8** до центрифуги **9** на фільтрування. Фільтрування триває одну годину, кристали дигідрофосфату калію по конвеєру **10**, прямують до конвеєрної сушарки **11**, а маточний розчин відправляють в реактор **1** для повторної реакції. Сушіння гарячим повітрям (90<sup>0</sup>С) триває дві години, після чого висушені кристали дигідрофосфату калію, з вмістом вологи 0.5%, подають на охолодження, за допомогою шнекового транспортера **12**, в конвеєрний охолоджувач **13**, а водяну пару виводять в атмосферу. Проходячи через конвеєр-охолоджувач протягом години кристали охолоджуються холодним повітрям до 20<sup>0</sup>С. Готовий продукт відправляється на фасування. Відпрацьоване повітря відводиться до атмосфери вентиляцією конвеєра-охолоджувача.

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

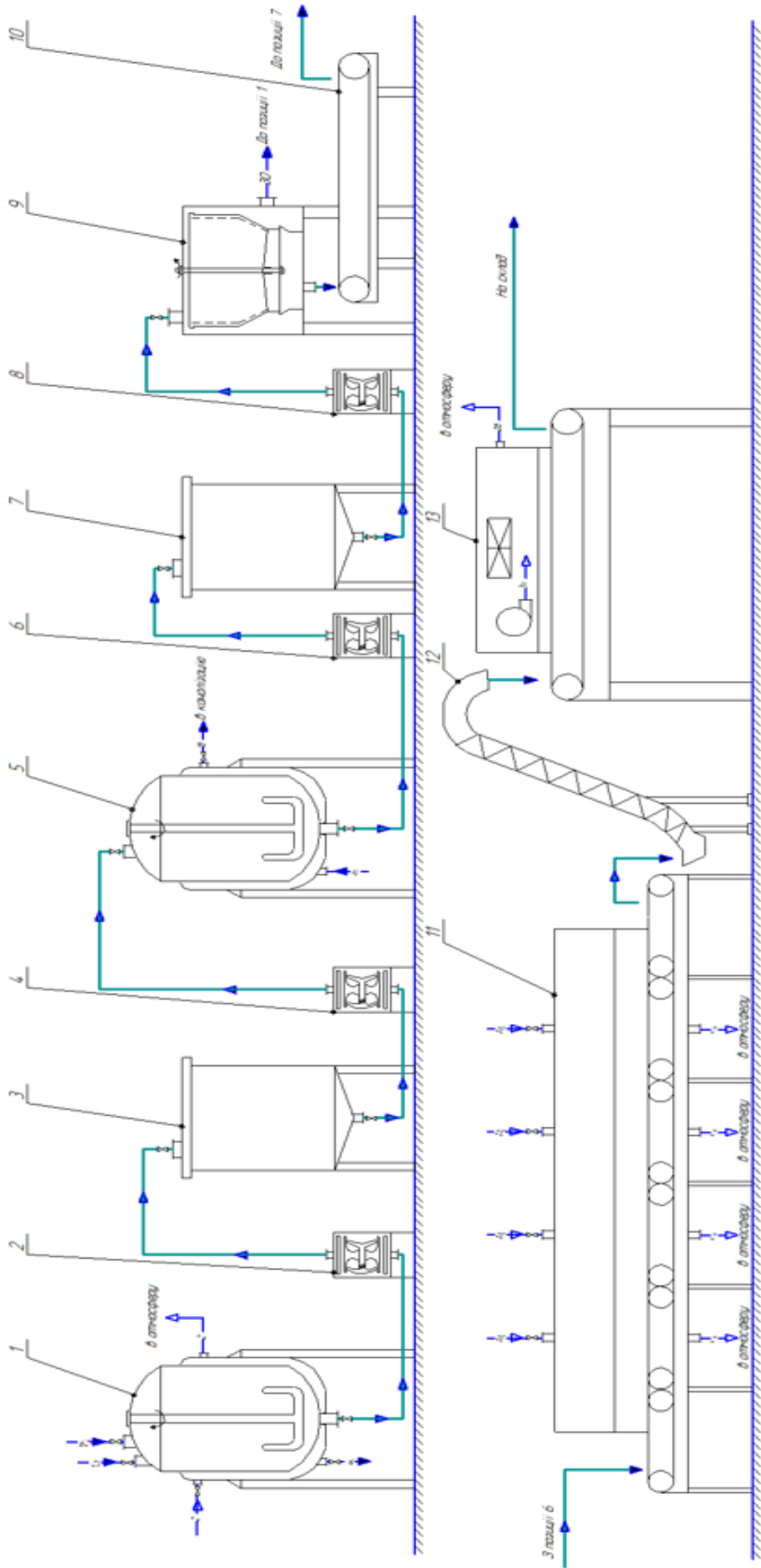


Рис. 2.9 Апаратурно-технологічна схема виробництва монофосфату кальцію

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

### РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для визначення доцільності виробництва потрібно розрахувати калькуляцію собівартості виробництва монофосфату калію.

Потреба в сировині та основних матеріалах на 200 кг виробництва монофосфату калію наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

#### Потреба у сировині на 200 кг виробництва монофосфату калію

Сировина	Одиниці виміру	Норма витрат на 200 кг продукту, кг	Ціна 1 кг сировини, грн	Сума, грн
Вода дистильована	кг	807.1	5	4035.5
Фосфорна кислота	кг	230.1	50	11505
Гідроксид калію	кг	131.5	40	5260
Всього	-	-	-	20800.5

Отже витрати на сировину складають 20800.5 грн на 200 кг продукту.

Транспортно – заготівельні витрати приймаємо 7% від загальної суми, що складають 1456 грн. Тож всього витрати на сировину становлять 22256.5 грн на 200 кг продукту.

Монофосфат калію будемо випускати в мішках по 25 кг., тобто на 200 кг припадає 8 мішків.

Витрати на таропакувальні матеріали наведені в табл. 3.2.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Калініченко Б.В.			<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Провер.		Фесич І.В.					<b>45</b>	<b>64</b>
Н. Контр.		Подобій О.В.				<b>НУХТ Каф. ТЖХТ</b>		
Утверд.		Носенко Т.Т.						

**Витрати для таропакувальних матеріалів на виготовлення  
монофосфату калію**

Сировина та матеріали	Одиниця виміру	Норми витрат, шт	Ціна одиниці грн /од	Сума, грн
Мішки	шт	8	3	24
Зав'язувальна стрічка	м	4	3,5	14
Етикетка	шт	8	0,5	4
Всього	-	-	-	42

Отже витрати на таропакувальні матеріали на 200 монофосфату калію складуть 42 грн. Транспортні витрати на таропакувальні матеріали приймаємо 7 % і складають 2.9 грн на 200 кг. Всього витрати становлять 44.9 грн на 200 кг.

Енерговитрати на 200 кг монофосфату калію становлять 800 кВт. Ціна 1 кВт електроенергії складає 1.68 грн. Тоді вартість електроенергії складе 1344 грн.

Фактичний обсяг виробництва складає 480 кг на добу. Тоді річний обсяг виробництва – 118560 кг.

Основна заробітна плата працівників. За одну добу випускається 600 кг продукту. Тривалість однієї зміни 8 годин, а кількість робочих днів в 2021 році складає 247. Підприємство працює цілодобово в 3 зміни (1 – з 6 до 14, 2 – з 14 до 22, 3 – з 22 до 6). За роботу в нічну зміну існує доплата у вигляді 25% годинної ставки за кожну годину. Мінімальна зарплата в 2021 році – 6000 грн. Тоді зарплата працівника 1-го розряду для 1-2 зміни:

$$\frac{6000}{160} = 37.5 \text{ грн/год}$$

Зарплата працівника 2-го розряду для 1-2 зміни:

					<i>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</i>			Арк.
							46	
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата				

$$37.5 * 1.09 = 40.88 \text{ грн/год}$$

Зарплата працівника 4-го розряду для 1-2 зміни:

$$37.5 * 1.27 = 47.63 \text{ грн/год}$$

Зарплата працівника 8-го розряду для 1-2 зміни:

$$37.5 * 1.64 = 61.50 \text{ грн/год}$$

Зарплата працівника 1-го розряду для 3 зміни:

$$37.5 * 1.25 = 46.87 \text{ грн/год}$$

Зарплата працівника 2-го розряду для 3 зміни:

$$40.88 * 1.25 = 51.10 \text{ грн/год}$$

Зарплата працівника 4-го розряду для 3 зміни:

$$47.63 * 1.25 = 59.54 \text{ грн/год}$$

Зарплата працівника 8-го розряду для 3 зміни:

$$61.50 * 1.25 = 76.88 \text{ грн/год}$$

Основна заробітна плата працівників наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

### Основна заробітна плата працівників

Посада	К-сть	Розряд	К-сть годин в день	Заробітна плата за зміну 1 працівника	Заробітна плата за зміну всіх працівників
Інженер-технолог	1	8	8	492	492
Апаратник 1 зміна	5	4	8	381	1905
2 зміна	5	4	8	381	1905
3 зміна	5	4	8	476	2380
Оператор лінії 1 зміна	2	2	8	327	654

## Продовження таблиці 3.2

2 зміна	2	2	8	327	654
3 зміна	2	2	8	409	818
Підсобний робітник 1 зміна	3	1	8	300	900
2 зміна	3	1	8	300	900
3 зміна	3	1	8	375	1125
Всього	31	-	-	-	11733

Отже, за добу потрібно виплатити 11733 грн працівникам. Нагорода за успіхи і за працю понад норм складає 30% і дорівнює 3520 грн. Єдиний соціальний внесок 22% - 2581 грн.

Витрати на утримання та обслуговування обладнання складають 100% від заробітної плати – 11733 грн. Витрати на підготовку та освоєння виробництва складають 10% від ОЗП – 1173 грн. Загальновиробничі витрати 200% від ОЗП – 23466 грн.

Виробнича собівартість (ВС):

$$22256.5 * 3 + 44.9 * 3 + 11733 + 2581 + 3520 + 11733 + 1173 + 23466 = 121110 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати 1.5% від ВС:

$$121110 * 0.015 = 1817 \text{ грн.}$$

Витрати на збут 2% від ВС:

$$121110 * 0.02 = 2422 \text{ грн.}$$

Інші операційні витрати 1.0% від ВС:

$$121110 * 0.01 = 1211 \text{ грн.}$$

Повні витрати:

$$121110 + 1817 + 2422 + 1211 = 126560 \text{ грн.}$$

									Арк.
									48
ЗМН	Арк	№ докум	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ				

Повні витрати за рік:

$$126560 * 247 = 31260320 \text{ грн.}$$

Рентабельність 10%, тому прибуток:

$$31260320 * 0.1 = 3126032 \text{ грн.}$$

Загальна сума без ПДВ:

$$31260320 + 3126032 = 34386352 \text{ грн.}$$

ПДВ – 20%:

$$34386352 * 0.2 = 6877270 \text{ грн.}$$

Загальна сума з ПДВ:

$$34386352 + 6877270 = 41263622 \text{ грн.}$$

Вартість 1 кг монофосфату калію:

$$\frac{41263622}{600 * 247} = 27.8 \text{ грн.}$$

Середня вартість харчового монофосфату калію складає 25-62 грн/кг.

					<i>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</i>	Арк.
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<b>49</b>

## РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Монофосфат калію має бути виготовлений згідно до вимог стандарту ГОСТ 31687-2012 за технологічним регламентом. [6]

За фізико-хімічними показниками харчовий монофосфат калію має відповідати вимогам наведеним в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

### Фізико-хімічні показники монофосфату калію

Показник	Характеристика
Тест на калій-йон	Витримує випробування
Тест на фосфат-йон	Витримує випробування
Тест на вміст оксиду фосфору (V), масова частка безводної форми, %	51-53
Масова частка нерозчинних в воді сполук, %	0.20
pH 1%-го розчину	4.2-4.7
Масова частка витрат при сушінні, не більше, %	2.0

Для відповідності всіх показників проводять наступні методи аналізу.

#### *Правила відбору проби*

Для складання сумарної проби харчових монофосфатів калію з різних місць кожної пакувальної одиниці відбирають миттєві проби. Маса миттєвої проби повинна бути не більше 100 г.

Маса миттєвої проби і число миттєвих проб від кожної пакувальної одиниці, яка потрапила у вибірку, повинні бути однаковими.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разраб.		Калініченко Б.В.			<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Провер.		Фесич І.В.					50	64
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Утверд.		Носенко Т.Т.						

Миттєві проби відбирають за допомогою пробовідбірників або металевих трубок, виготовлених з матеріалу, що не реагує з продуктом занурюючи пробовідбірник в продукт не менш ніж на 75% глибини.

Для отримання сумарної проби миттєві проби поміщають в суху чисту скляну або поліетиленову ємність і ретельно перемішують. Маса сумарної проби повинна бути не менше 500 г.

#### *Органолептичні показники*

Метод заснований на органолептичному визначенні зовнішнього вигляду, кольору і запаху.

Зовнішній вигляд і колір монофосфату калію визначають переглядом наважки проби масою 50 г, вміщеній на аркуш білого паперу або на скляну пластинку, при розсіяному денному світлі або освітленні люмінесцентними лампами типу ЛД.

Для визначення запаху готують розчин масовою часткою 2%. Для цього розчиняють наважку масою 2 г в 98 см<sup>3</sup> дистильованої води в склянці місткістю 250 см<sup>3</sup>. Чистий, без стороннього запаху стаканчик заповнюють на 100 см<sup>3</sup> приготованим розчином. Стаканчик закривають кришкою і витримують протягом 1 год при температурі повітря (20 ± 5)°С.

Запах визначають органолептично на рівні краю стаканчика відразу ж після відкриття кришки.

#### *Тест на калій-йон*

Метод заснований на якісному визначенні калій-іонів.

Наважку проби масою від 1,0 до 1,5 г розчиняють в 100 см<sup>3</sup> дистильованої води. До 2 см<sup>3</sup> приготованого розчину додають піпеткою 1 см<sup>3</sup> розчину винної кислоти з масовою часткою 20%, 1 см<sup>3</sup> розчину оцтовокислого натрію з масовою часткою 5%, 0,5 см<sup>3</sup> етилового ректифікованого спирту (95%) і струшують. Поступове утворення білого кристалічного осаду підтверджує присутність в розчині іонів калію.

#### *Тест на фосфат-йони*

Метод заснований на якісному визначенні фосфат-іонів.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						51
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Наважку проби масою від 1,0 до 1,5 г розчиняють в 100 см<sup>3</sup> дистильованої води. До 5 см<sup>3</sup> розчину додають піпеткою від 1 до 2 см<sup>3</sup> концентрованої азотної кислоти, 5 см<sup>3</sup> розчину молібденкислого амонію і нагрівають. Утворення осаду яскравого світло-жовтого кольору свідчить про наявність іонів фосфору.

*Визначення масової частки основної речовини*

Метод заснований на потенціометричному титруванні розчину монофосфату калію з рН від 4.4 до 9.2.

Попередньо висушену пробу масою 4 г із записом результату зважування до третього десяткового знака поміщають в стакан місткістю 150 см<sup>3</sup>, розчиняють в 50 см<sup>3</sup> дистильованої води і титрують з бюретки при перемішуванні розчину магнітною мішалкою розчином гідроксиду натрію до рН 9,2. Вимірювання рН проводять при температурі (20,0 ± 0,5)°С на рН-метрі відповідно до інструкції до приладу.

Масову частку основного компоненту рахують за формулою:

$$X = \frac{V \cdot M \cdot 100}{m}, \text{ де}$$

V – об'єм гідроксиду натрію на титрування до рН – 9.2.

M – 0.1360 г.

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки.

m – маса наважки проби.

*Визначення масової частки оксиду фосфору (V)*

Метод заснований на екстракції монофосфату калію у вигляді фосфорно-молібденового амонію сумішшю органічних розчинників і подальшому фотометричному вимірюванні оптичної щільності розчинів.

Попередньо висушену пробу масою від 0,07 до 0,08 г із записом результату зважування до четвертого десяткового знака розчиняють в дистильованій воді при температурі (20 ± 1)°С в мірній колбі місткістю 500 см<sup>3</sup>, доводять до мітки і перемішують. Піпеткою відбирають 10 см<sup>3</sup> отриманого розчину в мірну колбу місткістю 100 см<sup>3</sup>.

					<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>	Арк.
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		52

Вимірювання оптичної щільності розчину, що аналізується проводять в кюветах з товщиною поглинаючого світло шару 10 мм при довжині хвилі 630 нм.

Масу монофосфату калію в аліквотній частині в перерахунку на оксид фосфору (V) визначають за градувальним графіком. Формула:

$$X = \frac{m1 \cdot 500 \cdot 25 \cdot 100}{1000 \cdot 10 \cdot 5m} * \frac{m1 \cdot 25}{m}, \text{ де}$$

$m1$  - Масу монофосфату калію в аліквотній частині в перерахунку на оксид фосфору (V) за градувальним графіком, мг.

500 – місткість мірної колби, см<sup>3</sup>.

25 – об'єм суміші розчинників, см<sup>3</sup>.

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки.

1000 – коефіцієнт перерахунку із міліграм в грами.

10 – об'єм розчину монофосфату калію, см<sup>3</sup>.

5 – аліквотна частина органічного шару.

$m$  – маса наважки проби.

#### *Визначення масової частки нерозчинних у воді сполук*

Метод заснований на розчиненні монофосфату калію у воді при певних умовах і визначенні масової частки нерозчинних у воді речовин.

Наважку проби масою 10 г із записом результату зважування до четвертого десяткового знака поміщають в стакан місткістю 250 см<sup>3</sup> і розчиняють в 100 см<sup>3</sup> гарячої дистильованої води. Потім розчин фільтрують через фільтруючий тигель, попередньо висушений до постійної маси (різниця між останніми двома зважуваннями не повинна перевищувати 0,0005 г). Нерозчинний залишок на фільтрі промивають гарячою водою, висушують в сушильній шафі при температурі від 100°C до 110°C протягом 2 год, охолоджують в ексікаторі і зважують. Формула:

$$X = \frac{(m1 - m2) \cdot 100}{m}, \text{ де}$$

$m1$  – маса фільтрувального тигля з осадом після сушіння, г.

$m2$  – маса фільтрувального тигля, г.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		53

$m$  – маса наважки, г.

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки.

#### *Визначення рН 1%-го водного розчину монофосфату калію*

Метод заснований на визначенні рН на рН-метрі зі скляним електродом.

Наважку проби масою 1,0 г поміщають в стакан місткістю 250 см<sup>3</sup> і розчиняють в 100 см<sup>3</sup> гарячої дистильованої води, яка не містить вуглекислого газу, ретельно перемішують, занурюють електроди рН-метра в розчин і вимірюють рН розчину при  $(20.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ .

#### *Масова частка втрат при сушінні*

Метод заснований на здатності монофосфату калію, поміщеного в сушильну шафу, звільнитися від летких речовин при температурі 105°C. Масову частку втрат визначають по різниці в масі наважки монофосфату калію до і після висушування.

Чистий порожній стаканчик для зважування сушать разом з кришкою у відкритому вигляді при температурі від 100°C до 105°C в сушильній шафі до постійної маси.

Наважку проби масою від 1 до 2 г із записом результату зважування до третього десяткового знака поміщають у відкритому вигляді разом з кришкою в сушильну шафу і сушать при температурі 105°C протягом 4 год. Після цього стаканчик швидко закривають кришкою, охолоджують в ексикаторі до кімнатної температури і зважують. Формула:

$$X = \frac{(m-m_1)*100}{m-m_2}, \text{ де}$$

$m$  – маса сухого стаканчику з наважкою до сушіння, г.

$m_1$  – маса стаканчику з наважкою після сушіння, г.

$m_2$  – маса сухого стаканчику, г.

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки.

					<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ</b> <b>ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>	Арк.
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		<b>54</b>

## РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Фактори, що характеризують охорону навколишнього середовища

Основними факторами охорони навколишнього середовища у виробництві монофосфату калію є:

- Питоме споживання енергоресурсів;
- Забруднення повітря (пил).

Виробництво монофосфату калію з гідроксиду калію порівняно з карбонатом калію характеризується високою чистотою продукту і вищою екологічністю. Це зумовлено відсутністю викидів вуглекислого газу внаслідок реакції і повторним використанням маточного розчину.

Загальна характеристика дії на навколишнє середовище. Продукт має слабо-кислу реакцію та може викликати зміну рН середовища.

Шляхи дії на навколишнє середовище виникають внаслідок: при порушенні правил техніки безпеки на виробництві, при транспортуванні і зберіганні. Також у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

### 5.2. Охорона праці

Технологія хімічних виробництв майже завжди супроводжується високими температурою і тиском та є вибухо- і пожежонебезпечними. Речовини, які використовують, і напівпродукти, що потрапляють в робочу зону, часто шкідливі і високотоксичні. Тому є сенс зробити аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які можуть виникати під час реалізації технологічного процесу виробництва монофосфату калію та визначити заходи, які гарантують безпечні і нешкідливі умови та високу продуктивність праці.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Калініченко Б.В.			<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Провер.		Фесич І.В.					55	64
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Утверд.		Носенко Т.Т.						

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є: незадовільний мікроклімат (температура, вологість і вентиляція повітря, інфрачервоне або ультрафіолетове випромінювання) в приміщенні; небезпечні випромінювання іонізуючі; барометричний тиск; постійні поля електричні і випромінювання; високий рівень промислових шумів та вібрацій; недостатнє природне або технічне освітлення в робочих приміщеннях. [24]

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які зустрічаються під час технологічного процесу, наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

### Характеристика негативних виробничих факторів

Фактори	Нормативні посилання	Ризики	Наслідки
Понижена температура	Норми мікроклімату приміщень ДСН 3.3.6.042-99	Переохолодження і застуда	Бронхіт і пневмонія
Підвищена температура	Норми мікроклімату приміщень ДСН 3.3.6.042-99	Негативний вплив на здоров'я людини	Втрата свідомості, судинні хвороби
Високий рівень шуму	Норми шуму, інфра- та ультразвук ДСН 3.3.6.037-99	Погіршення слуху і нервової системи	Стійкі порушення слуху, глухота

## Продовження таблиці 5.1

Високий рівень ультразвуку	Норми шуму, інфра- та ультразвуку ДСН 3.3.6.037-99	Негативний вплив на здоров'я людини	Порушення нервової, судинно-серцевої, ендокринної систем, слуху і вестибулярного апарату
Низька освітленість	ДБН В.2.5-28:2018 Освітлення штучне і природне	Зниження продуктивності внаслідок втоми очей	Порушення роботи органів зору і ризик помилкових дій
Підвищена освітленість	ДБН В.2.5-28:2018 Освітлення штучне і природне	Зниження продуктивності внаслідок втоми очей	Головний біль, засліплення, різуча біль в очах
Високий рівень статичної електрики	Наказ від 25.07.2006 № 258 Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів	Негативний вплив на здоров'я людини	Розлади нервової та судинно-серцевої систем
Висока напруга в електричній мережі	НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок.	Пошкодження внаслідок термічної, електролітичної та біологічної дії	Опіки, перегрівання судин і нервів



## Продовження таблиці 5.2

Па середня важкість	Теплий	17-23	75	0.3
	Холодний	18-27	65	0.2-0.4

Заходи для підтримки відповідних метеорологічних умов:

1. Теплоізоляція обладнання.
2. Вентиляція і опалення.
3. Герметизація обладнання.
4. Автоматизація процесів.

У світлий час природне освітлення, а у нічний – штучне. Характеристика освітлення наведена в табл. 5.3. [27]

Таблиця 5.3

**Характеристика виробничого освітлення**

Зорова робота	Розряд зорової роботи	Природне освітлення		Штучне освітлення		
		Вид	$e_n$ , %	Вид	$E_{min}$ , лк	Тип світильника
Середньої точності	IVв (контраст-середній, фон-середній)	Суміщене комбіноване	0.9 2.4	Загальне	200	Дугові ртутні лампи ДРЛ-250, ГсРМ-250

**5.4. Заходи пожежної безпеки**

Випадки пожежі і вибухів можуть відбуватись внаслідок наступних дій:

1. Відкритий вогонь та паління на робочому місці;
2. Знаходження легкозаймистих матеріалів близько до джерел тепла;
3. Порушення правил пожежної безпеки;
4. Несправність обладнання, коротке замикання та ін.

Заходи пожежної безпеки регламентуються ДСТУ 2272-2006, системами запобігання пожежі і протипожежного захисту.

Заходи, які забезпечують протипожежний захист:

1. Використання пристроїв для повідомлення про пожежу (пожежна сигналізація, телефонний зв'язок і т.д.);
2. Використання засобів пожежогасіння (зовнішній і внутрішній водопроводи);
3. Використання первинних засобів гасіння пожежі;
4. Використання автоматичних відключень апаратів та комунікацій;
5. Використання автоматичних засобів пожежогасіння (спринклерних). [28]

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

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано науково-технічну літературу і розглянуто методи отримання монофосфату калію і обрано спосіб виробництва при якому в якості калієвмісної сировини використовується гідроксид калію.

2. Розроблено принципову технологічну схему виробництва монофосфату калію, в якій 511.3 кг розчину фосфатної кислоти взаємодіють з 657.4 кг розчину гідроксиду калію. Пораховано тепловий баланс стадії сушіння 213.7 кг кристалів монофосфату калію. Продуктивність цеху виробництва монофосфату калію складає 600 кг/добу.

3. На основі принципової технологічної схеми розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва монофосфату калію.

4. Проведено розрахунок основних характеристик реактора під 1168.7 кг вхідної сировини. Габаритні розміри: діаметр – 1200 мм, висота – 1480 мм, висота мішалки – 890 мм, товщина лопатей – 60 мм, діаметр лопатей – 920 мм.

5. Розраховано ряд економічних показників, в тому числі очікувану ціну за 1 кг продукту – 27.8 грн, яка значно нижча за середню ціну на ринку 25-62 грн/кг.

6. Показано, що заміна карбонату калію на гідроксид калію дозволяє створити безвідходне і екологічно чисте виробництво.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Калініченко Б.В.			<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Провер.</i>		Фесич І.В.					<b>61</b>	<b>64</b>
<i>Н. Контр.</i>		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Утверд.</i>		Носенко Т.Т.						

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сарафанова Л. А. Пищевые добавки: Энциклопедия. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб: ГИОРД, 2004. - 808 с. ISBN 5-901065-79-4 (с. 638 - 641)
2. Фармацевтична енциклопедія / голова ред. ради та автор передмови В. П. Черних ; Нац. фармац. ун-т України. — 2-ге вид., переробл. і доповн. — Київ : МОРІОН, 2010. — 1632 с., 16 арк. іл. — 2 000 екз. — ББК 52.8Я-20. — УДК 615(031). — ISBN 978-966-2066-34-0.
3. «Клиническая фармакология антиоксидантов» // Оковитый С. В. // Клиническая фармакология. Избранные лекции.- М.:ГЭОТАР-Медиа, 2009.- 602 с
4. Л. А. Сарафанова Применение пищевых добавок Технические рекомендации 6-е издание, исправленное и дополненное Санкт-Петербург ГИОРД 2005
5. Ластухін Ю.А. Пищевые добавки. Е-коды. Строение. Получения. Свойства. Учеб. пособие.- Львов: Центр Европы, 2009. - 836 с. ISBN 978-966-7022-83-9 (с. 681 - 684)
6. ГОСТ 31687-2012 Добавки пищевые. Калия фосфаты Е 340. Общие технические условия (с Изменением N 1, с Поправкой)
7. О.Б. Дормешкин Безотходный технологический процесс получения бесхлорного водорастворимого комплексного удобрения на основе фосфата калия – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2014.
8. В.Ваггман "Фосфорная кислота, фосфаты и фосфорные удобрения". /Под ред. А.И. Шерешевского.- М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1967, с. 392 -394
9. Патент РФN2105713, МПК С01 В25/30, опуб. 27.02.98, Бюл. N 6.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Калініченко Б.В.			<i>ЛІТЕРАТУРА</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Провер.		Фесич І.В.					<b>62</b>	<b>64</b>
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Утверд.		Носенко Т.Т.						

10. Патент СССР №1782935, С 01 В 25/30, БИ №47, 1992 г.
11. Архипов У.А., Лутпиллаев Ф., Гафурова М.Л., Амирова Л.Н. Получение удобрения из хлористого калия и фосфорной кислоты ионообменным методом // Доклады АН УзССР. 1978. № 5. С. 28-29.
12. Равич М.И., Попова З.В. Поле твердых растворов фосфатов калия и аммония в водной взаимной системе  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{KCl} \leftrightarrow \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{Cl}$  при  $0^\circ\text{C}$  // ИСФХА. 1941. Т. 14. С. 373-386.
13. Букколини Н. В. Фосфорная кислота // Химическая энциклопедия : в 5 т. / Гл. ред. Н. С. Зефирова. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. — Т. 5: Триптофан—Ятрохимия. — С. 153–156. — 783 с.
14. ГОСТ 10678-76 Кислота ортофосфорная термическая. Технические условия (с Изменениями N 1-6).
15. Державна Фармакопея України. — Х., 2001. — Доп. 1. — 2004; Химическая энциклопедия: В 5 т.: Т. 2 / Редкол.: И.Л. Кнунянц (гл.ред.) и др. — М., 1990; Handbook of Pharmaceutical Excipients / Edited by Raymond C. Rowe, Paul J. Shesky, Sain C. Owen — London–Chicago, 2006.
16. ГОСТ 24363-80 Калия гидроксид. Технические условия.
17. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навчання [Електронний ресурс] / уклад. О.Г. Макаренко, І.В. Житнецький - К.: НУХТ, 2015. - 21 с.
18. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування / Малежик І.Ф., Марценюк О.С., Мельник Л.М. та ін.]..–Київ, 2012. – 543 с.
19. Каталог оборудований: Реакторы эмалированные с перемешивающим устройством [электронный ресурс] // Завод химического машиностроения «Красный октябрь». – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <https://tdredoctober.com/catalog/vertikalnye-mehanicheskie-meshalki/jakornaja-meshalka-v16-m3.html>.

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

20. Каталог оборудований: Подвесная центрифуга [електронний ресурс] // Машиностроительный завод СНПО. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://snpo.ua/ru/produkts/tsentrifugi/tsentrifugi-podvesnye/>.
21. Каталог оборудований: Конвейерная сушилка [електронний ресурс] // Завод промышленного оборудования «Ландау». – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://landau.in.ua/sushilka-sushka-konvejernaya-lentochnaya>.
22. Каталог оборудования: Охладитель конвейерный [ Електронний ресурс ] // Производственная компания Лидия. – 2005. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.lidia.com.ua/details/ohladitel\\_konvejernyj\\_kso-3000\\_0\\_6\\_kso-4000\\_1\\_2.html?product=oborudovanie\\_dlya\\_semechek](http://www.lidia.com.ua/details/ohladitel_konvejernyj_kso-3000_0_6_kso-4000_1_2.html?product=oborudovanie_dlya_semechek).
23. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. / - 2004. – 288с.
24. НАПБ. Б.03.002 - 2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. - Діє з 03.12.2007.
25. ГОСТ 30333-2007 Паспорт безопасности. Фосфорная кислота.
26. ГОСТ 30333-2007 Паспорт безопасности. Гидроксид калия.
27. Природне і штучне освітлення : ДБН В.1.1-7-02-2006. [Введ. в дію 06.10.2006]. – К. : Держстандарт України, 2006. – 23 с. (Національний стандарт України).
28. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 2272:2006 . [Введ. в дію 01.07.2007]. – К. : Держстандарт України, 2006. – 13 с. (Національний стандарт України).