

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут харчових технологій  
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та  
косметичних засобів  
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та  
косметичних засобів**

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

О.В. Кочубей-Литвиненко

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

Т.Т.Носенко

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Хімічна технологія

на тему: Удосконалення технології виробництва яблучної кислоти Е296

Виконав: здобувач ІV курсу, групи 15

Катеринич Людмила Русланівна

(прізвище ,ім'я по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Радзівська Ірина Геронтіївна

(прізвище ,ім'я по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

Житнецький І. В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

Мельник О. П.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ - 2020р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально- науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь **бакалавр**

Спеціальність **161 Хімічні технології та інженерія**

(код і назва)

Освітньо-професійна програма **Хімічна технологія**

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ТЖХТ

**Т.Т.Носенко**

“05” травня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

**Катеринич Людмила Русланівна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Удосконалення технології виробництва яблучної кислоти E296**

керівник роботи **Радзівська Ірина Геронтіївна** **к.т.н., доцент**,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем роботи **02 червня 2020 р.**

3. Вихідні дані **потужність підприємства до 1500кг за цикл**

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>06.05.2020р.</b>	<b>01.06.2020р.</b>

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

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Катеринич Л. Р.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Радзієвська І. Г.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 81 С., 10 РИС., 27 ТАБЛ., 39 ДЖЕРЕЛ.

Темою кваліфікаційної роботи бакалавра є удосконалення технології виробництва яблучної кислоти E296. Обґрунтовано вибір оптимальної технології отримання яблучної кислоти розглянуто шляхи її удосконалення.

Запропоновано принципово-технологічну схему технології отримання яблучної кислоти.

Розраховано матеріальний баланс, згідно якого за цикл з 1500 кг малеїнового ангідриду можемо отримати 750 кг кислоти. Проведено підбір основного технологічного обладнання за всіма стадіями технологічного процесу. Розраховано барабану сушарку. Згідно розрахунків довжина барабану 2,7 м діаметр – 0,6 м. Відповідно до розрахованих даних матеріального балансу та проведеного підбору обладнання запропоновано апаратурно-технологічну схему виробництва яблучної кислоти гідратацією малеїнової кислоти.

Розраховано техніко-економічну ефективність технології виробництва кислоти та показано, що рентабельність такого виробництва складає 45,8%, а прибуток 253741,08 грн на 750 кг виробленої продукції. Запропоновано заходи з організації контролю якості яблучної кислоти відповідно до нормативних документів.

Запропоновані заходи з охорони праці на виробництві яблучної кислоти та заходи з охорони довкілля та обґрунтовано екологічну безпеку запропонованої технології.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЯБЛУЧНА КИСЛОТА, МАЛЕЇНОВИЙ АНГІДРИД, МАЛЕЇНОВА КИСЛОТА, ТЕХНОЛОГІЯ, СХЕМА, УДОСКОНАЛЕННЯ, ОТРИМАННЯ.

## **ABSTRACT**

**EXPLANATORY NOTE: 81 S., 10 FIG., 27 TABLES, 39 SOURCES.**

The topic of the bachelor's qualification work is the improvement of the technology of malic acid production E296. The choice of the optimal technology for obtaining malic acid is substantiated and the ways of its improvement are considered.

The basic technological scheme of the technology of obtaining malic acid is offered.

The material balance is calculated, according to which for a cycle of 1500 kg of maleic anhydride we can get 750 kg of acid. The selection of the main technological equipment at all stages of the technological process is carried out. Calculated drum dryer. According to the calculations, the length of the drum is 2.7 m, the diameter is 0.6 m. According to the calculated data of the material balance and the selected equipment, the hardware-technological scheme of malic acid production by maleic acid hydration is proposed.

The technical and economic efficiency of the technology of acid production is calculated and it is shown that the profitability of such production is 45.8%, and the profit is 253741.08 UAH per 750 kg of output. Measures to organize quality control of malic acid in accordance with regulations are proposed.

Measures for labor protection in the production of malic acid and measures for environmental protection are proposed and the ecological safety of the proposed technology is substantiated.

**KEY WORDS: APRIC ACID, MALEIC ANHYDRIDE, MALEIC ACID, TECHNOLOGY, SCHEME, IMPROVEMENT, OBTAINMENT.**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ I. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. 9	9
1.1. Харчові добавки, що уповільнюють мікробіологічні та окислювальне псування харчової сировини і готових продуктів .....	9
1.2. Загальна характеристика яблучної кислоти, як харчової добавки .....	13
1.3. Історія відкриття яблучної кислоти.....	16
1.4. Застосування яблучної кислоти.....	17
1.5. Відомі способи отримання яблучної кислоти.....	18
РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	21
2.1. Характеристика сировини для виробництва яблучної кислоти.....	21
2.2. Принципова технологічна схема та її опис .....	23
2.3. Матеріальний баланс процесу .....	28
2.4. Розрахунок теплового балансу на III стадії кристалізації.....	36
2.5. Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання.....	39
2.6. Розрахунок барабанної сушарки .....	47
2.7. Апаратурно-технологічна схема.....	51
РОЗДІЛ III. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....	555
3.1. Розрахунок економічного балансу .....	55
РОЗДІЛ IV. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ .....	64
4.1. Контроль якості готової продукції.....	64
РОЗДІЛ V. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ .....	69
5.1. Завдання в галузі охорони праці.....	69
5.2. Аналіз пожежної безпеки;.....	69
5.3. Освітлення та повітря робочої зони .....	71
5.4. Захист від шуму, ультразвуку, інфразвуку та вібрації .....	72
5.5. Охорона навколишнього середовища .....	75
ВИСНОВКИ .....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	78

<b>ННІХТ.4-15.020. 161.006. ДП.ПЗ</b>							
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			
Розраб		Катеринич Л. Р.			Літера	Арк	Аркушів
Пров		Радзієвська І. Г.				6	81
Н. Контр.					<b>ЗМІСТ</b>		
Затв.		Носенко Т.Т.			<b>НУХТ. Каф. ТЖХТ</b>		

## ВСТУП

Харчові добавки - це природні сполуки або хімічні речовини, які самостійно, зазвичай, не споживаються, але у обмежених кількостях спеціально вводяться до складу інших продуктів харчування.

Яблучну кислоту - називають органічну або синтетичну речовину, що має властивості консерванту. У міжнародній класифікації зареєстрована, як харчова добавка з індексом E296.

Консерванти речовини, які збільшують термін зберігання харчових продуктів або запобігають псуванню сировини в процесі їх виготовлення та зберігання внаслідок захисту від мікроорганізмів [1].

Яблучна кислота має вид безбарвних прозорих кристалів, без запаху, з кислим смаком. Речовина добре розчинна в воді, етиловому спирті, має температуру плавлення 100 °С.

Натуральна яблучна кислота знаходиться в кислих рослинах і плодах, її вперше отримав хімік зі Швеції Карл Шеєле в 1785 році в результаті дослідів з незрілими яблуками.

Вона є домінуючою кислотою в складі зерняткових і кісточкових плодів. У кислих сортах яблук яблучна кислота становить понад 90% загальної кислотності, в черешні і вишні її концентрація досягає 85-90%, в сливах (залежно від сорту) - від 35 до 90% [3].

На сьогоднішній день яблучну кислоту одержують хімічним шляхом - за допомогою гідратації малеїновий кислоти.

E296 абсолютно безпечна для людського організму. Її часто додають в різні продукти харчування. Також дана речовина використовують в косметології.

Найчастіше E296 додають в випічку, кондитерські вироби, соки і газовані напої, виноматеріали. Яблучна кислота також застосовується в

					<b>ННІХТ.4-15.020. 161. 007. ДП.ПЗ</b>		
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			
Розраб		Катеринич Л. Р.				Літера	Арк
Пров		Радзієвська І. Г.					Аркушів
							7 81
Н. Коитр.					<b>ВСТУП</b>		
Затв.		Носенко Т.Т.			<b>НУХТ. Каф. ТЖХТ</b>		

косметології а медицині, як підсилювач смаку деяких лікарських препаратів. Вона здатна покращувати обмінні процеси і кровообіг.

Незважаючи на те, що E296 вважається нешкідливою для здоров'я, не слід захоплюватися продуктами, що містять яблучну кислоту, це може порушити нормальне функціонування травної системи. Кислота в чистому вигляді небезпечна - може викликати опіки слизової оболонки носоглотки і гортані, шкірних покривів. Добова норма вживання E296 офіційно не встановлена.

**Об'єкт дослідження** - харчова добавка E296 яблучна кислота.

**Предметом дослідження** є хімічна технологія отримання яблучної кислоти.

**Мета роботи** - вивчити та удосконалити технологію отримання яблучної кислоти, підібрати комплект сучасного обладнання, що дозволяє отримати продукт високої якості.

**Завдання роботи :**

1. Підбір та опрацювання літературних джерел.
2. Вивчити існуючі технології отримання яблучної кислоти.
3. Удосконалення технології виробництва яблучної кислоти гідратацією малеїнової кислоти.
4. Розрахунок апарату.
5. Підбір основного обладнання.

					ВСТУП	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ І. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. Харчові добавки, що уповільнюють мікробіологічні та окислювальне псування харчової сировини і готових продуктів

З тих пір, як людина перейшла до осілого способу життя, у неї з'явилася потреба зберігати продукти харчування. Спочатку це робилося за допомогою вогню та диму, потім використовувалися сіль, оцет; зараз арсенал речовин, що сприяють збільшенню термінів придатності харчових продуктів, включає великі класи харчових добавок: консерванти, антиокислювачі, антиоксиданти, стабілізатори, вологоутримуючі агенти.

Ці речовини захищають продукти від різних видів псування: мікробіологічного, окиснювальної, зміни консистенції фізико-хімічних властивостей, втрати харчової цінності, погіршення органолептичних характеристик [1].

Псування харчової сировини і готових продуктів є результатом складних фізико-хімічних і мікробіологічних процесів: окислювальних, гідролітичних, розвитку мікробіальної флори. Вони тісно пов'язані між собою, можливість і швидкість їх проходження визначаються багатьма факторами: складом і станом харчових систем, рН середовища, вологістю, особливостями технології зберігання і переробки сировини активністю ферментів, наявністю в тваринному і рослинному сировину антиокислювальних антимікробних, консервуючих речовин [2].

Псування харчових продуктів призводить до накопичення шкідливих і небезпечних для здоров'я людини сполук, різкого скорочення термінів зберігання. У підсумку продукт стає непридатним до вживання [2].

*Антиокислювачі* захищають жири та жиромісткі продукти від прогіркання, оберігають, овочі, фрукти та продукти їх переробки від

					<b>ННІХТ.4-15.020. 161.009. ДП.ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розраб.		Катеринич Л. Р.			<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Літера	Арк	Аркушів
Пров.		Радзівєвська І. Г.					9	81
Н. Контр.		Подобій О.В.				<b>НУХТ. Каф. ТЖХТ</b>		
Затв.		Носенко Т.Т.						

потемніння, уповільнюють ферментативне окиснення вина, безалкогольних напоїв і пива [3].

При тривалому зберіганні жирів знижується їх якість, а це призводить до зниження сорту (в деяких випадках харчові жири переводять в категорію технічних) і пов'язана з цим матеріальна шкода. Терміни холодильного зберігання мороженого м'яса в першу чергу залежать від окиснення жирів. Окиснення жиру часто впливає на якість тривалого зберігання копчених ковбасних виробів, шпику, а також сухого м'яса і концентрованих кормів, які містять жир.

Однак значно раніше, ще задовго до того, як окиснення може бути виявлено органолептичним методом, починає знижуватися харчова цінність жирів. Оскільки найлегше всього дії повітря піддаються ненасичені складові частини жирів, то в першу чергу починають окислюватися життєво необхідні для організму людини і тварин поліненасичені жирні кислоти [4].

Необхідною умовою ефективного застосування антиокиснювачів є забезпечення їх повного розчинення або диспергування в продукті. Так як кількість, яка додається в продукт антиокиснювачів дуже мало, ефективність їх застосування принципово залежить від методів внесення їх в продукт. Їх вводять в жир у вигляді концентрованого розчину в невелику його частину [1].

Розрізняють натуральні і штучні антиокислювачі. І ті, і інші отримують синтетичним шляхом, але перші знайдені в природі, а другі ні [3].

До антиокислювачів відносяться: E314 гваякова смола, E317 ізоаскорбат калію, E318 ізоаскорбат кальцію, E321 бутилгідрокситолуол, E220 діоксид сірки, E221 сульфід натрію, E223 піросульфід натрію, E225 сульфід калію, E227 гідросульфід кальцію [4].

*Антиоксидантами* називаються вітаміни, мінерали та інші поживні речовини, що захищають і відновлюють клітини після впливу вільних радикалів. Речовини - антиоксиданти здатні уповільнити патологічних процесів, завдяки своїм протиокислювальним властивостям. Вони

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшують надмірний вміст активного кисню, приводячи в норму практично всі системи і органи людського організму.

Речовини з антиоксидантними властивостями у великій кількості містяться в продуктах природного походження. Головні з них: вітаміни А, С, Е, мідь, цинк, селен, поліфеноли. При цьому важливо знати, в яких продуктах багато антиоксидантів і якими бувають ці речовини [5].

*Вологоутримувачі (вологоутримуючі агенти)* - це речовини з гігроскопічними властивостями, яю здаті регулювати кількість води в харчових продуктах, запобігаючи там самим їхньому псуванню внаслідок процесів висихання, черствіння тощо. Ефективність вологоутримувачів збільшується із збільшенням їхньої гігроскопічності (здатності поглинати воду). До найважливіших вологоутримуючих агентів належать цукроподібні речовини (глюкоза, сахароза, сорбітол), гідроколоїди (пектинові речовини, агар, альгінатна кислота), гліцерол, а також деякі солі органічних і мінеральних кислот [1].

*Захисні гази* - це речовини, які захищають харчові продукти від негатавної дії оточуючого середовища, першочергово від дії кисню. У наш час харчові продукти або їхня сировина зберігаються переважно у відповідній тарі в атмосфері інертних газів. З цією метою як пакувальний матеріал використовують газонепроникні плівки. Неупаковані харчові продукти можна зберігати у відповідній атмосфері в танках, бункерах інших сховищах. Наприклад, E941\* Азот, E939\* Гелій [1].

*Консерванти* - харчові добавки, які підвищують термін зберігання продуктів, захищаючи їх від псування, що викликається бактеріями, дріжджами і цвіллю. За допомогою додавання консервантів в їжу, можна добитися уповільнення або повного запобігання процесів розвитку мікроорганізмів і відповідно продовжити збереження продуктів.

Ефективність використання консервантів залежить від їх концентрації, природи і кислотності середовища.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Консерванти вбивають бактерії і таким чином подовжують терміни придатності харчових продуктів. Від вживання в їжу консервантів людина не гине, бо має велику масу, а також тому що консерванти частково руйнуються в шлунку під впливом соляної кислоти [5].

### **Консерванти**

Хімічні методи консервування базуються на додаванні до продуктів певних речовин, які пригнічують розвиток мікроорганізмів. Ці речовини називають консервантами.

Консерванти – речовини, які здатні збільшувати строк зберігання харчових продуктів шляхом захисту їх від мікробіологічного псування [6].

Консерванти умовно можна розділити на дві групи: власне консерванти і речовини володіють консервуючою дією. Дія власне консервантів направлено безпосередньо на клітини мікроорганізмів.

Речовини, що володіють консервуючою дією, впливають на мікроби, зарахунок зниження рН середовища, активності води і концентрації кисню. Кожен консервант має свій спектр дії. Тому спільне використання декількох консервантів і поєднання їх з фізичними способами консервування (нагріванням, сушінням, охолодженням і т.д.) є більш ефективним [7].

*Властивості консервантів.* Консерванти використовуються вже кілька тисячоліть. Найдавніші натуральні консерванти це сіль, оцет, вино, спирт, мед,. В даний час при виробництві продуктів частіше використовуються консерванти синтетичного походження, так як вони мають більшою ефективністю і більш низьку вартість. Відповідно до європейських стандартів, група добавок-консервантів має маркування від E200 до E299 [6].

На цей час найбільш використаними консервантами є: кухонна сіль, етиловий спирт, оцтова кислота (E 260), сірчана (E 220), сорбінова (E 200), бензойна (E 210) кислоти та деякі їх солі (E 202, E 203, E 211, E 221...E 228, E261...E 263), вуглекислий газ (E 290), нітроти (E 249, E 250), нітрати (E 251, E 252), низин (E 234), яблучна кислота (E296). Цукор концентрації більше 50% також проявляє антимікробну дію [7].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

E200 сорбінова кислота - безбарвні кристали,  $t_{пл.} = 134\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Міститься в соці горобини. Консервант активно використовується практично у всіх галузях харчової промисловості.

E210 Бензойна кислота - безбарвні кристали,  $t_{пл.} = 122,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Консервант застосовують у виробництві барвників, лікарських і запашних речовин, в медицині, як зовнішній засіб протимікробної і фунгіцидної дії. Викликає ракові пухлини, алергічні реакції.

E211 Бензоат натрію застосовують у виробництві повидла, мармеладу, меланжу (кондитерське виробництво), плодово-ягідних соків, кільки, кетової ікри, напівфабрикатів [6].

E296 Яблучна кислота природного походження застосовується при виготовленні фруктових вод і кондитерських виробів. Також застосовується в медицині і косметиці. Консервант не рекомендується використовувати в дитячому харчуванні [5].

*Вимоги до консервантів.* У будь-якій цивілізованій країні до консервантів, які застосовують в харчовій промисловості, висувають такі вимоги;

- бути нешкідливими для організму людини (в обсязі дози яка вноситься) або легко видалятися з продукту перед його вживанням в їжу;
- не знижувати харчової цінності продуктів і не надавати їм стороннього, небажаного присмаку і запаху;
- бути ефективними в невеликих кількостях;
- не вступати в хімічну реакцію з матеріалами, з яких виготовлені обладнання або тара [6].

## **1.2. Загальна характеристика яблучної кислоти, як харчової добавки**

*Інші назви:* гідроксибурштинова кислота, гідроксиянтарна кислота, 2-гідроксибутандіова кислота, malic acid, hydroxybutanedioic acid, hydroxysuccinic acid.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

*Будова.* Малатна кислота належить до гідроксипохідних двоосновних насичених кислот. Молекула цієї кислоти має хіральний атом вуглецю і може існувати у вигляді енантіомерів D,L-форми, або відповідного рацемату D,L. Нативна малатна кислота є D,L-рацематом, а організмом людини засвоюється тільки L-кислота.

*Хімічна назва:* 2-гідроксибутандіова кислота.

*Структурна формула:* на рисунку 1.1. зображена структурна формула яблучної кислоти

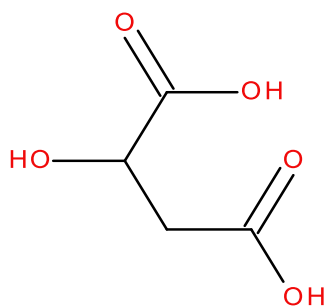


Рис. 1.1. Яблучна кислота

*Фізико-хімічні властивості.* D L -малатна кислота - безбарвний кристалічний порошок з температурою плавлення 130,8°C, а D- і L-енантіомери з температурою плавлення 100°C. Рацемат добре розчиняється у воді (55,8 г/100 г при 20°C), в етанолі (45,5 г/100 мл при 20°C); не розчиняється у вуглеводнях та їхніх галогенопохідних. рН становить 2,3 для 1% водного розчину. Значення  $pK_{a1}$  - 3,4 і  $pK_{a2}$  ~ 5,13 при 25°C (H<sub>2</sub>O).

*Джерело.* Природна L-малатна кислота міститься у всіх клітинах живих організмів у вигляді малату як проміжний продукт метаболічних циклів трикарбонових кислот, а також гліоксилатного при глюконеогенезі. Вона визначає кислий смак недозрілих фруктів, деяких сортів молодого вина, у вигляді кальцієві солі міститься в табаку. Наприклад, її вміст у недозрілих яблуках становить до 70% від суми всіх кислот [1].

*Гігієнічні норми.* ДСП не обмежена, D-кислота заборонена для використання в продуктах для грудних дітей. Небезпеки по ГН-98 відсутні.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Codex: дозволена в 22 стандартах на харчові продукти в якості регулятора кислотності GMP.

*Вплив на організм людини.* Харчова добавка E296, дозволена для використання в харчовій промисловості і повністю безпечна для вживання в їжу. Однак все залежить від обсягу змісту яблучної кислоти в складі продуктів харчування. Яблучна кислота вважається важливим продуктом проміжній ланці обміну речовин людини, сприяє поліпшенню тону, допомагає людям які страждають від гіпертонії, позитивно впливає: на засвоєння лікарських препаратів, печінку і нирки, захищає еритроцити від впливу деякі ліків, особливо - протиракових.

*Метаболізм і токсичність.* В організмі людини D-енантіомер рацемічної малатної кислоти під дією ензимів лактат рацемаз перетворюється в L- ізомер, який легко засвоюється [5].

*Добування.* Одержують D,L-малатну кислоту методом кислотної гідратації фумарової або малеїнової кислоти ,малеїнового ангідриду, при довготривалому нагріванні (150°C-200°C) під тиском.

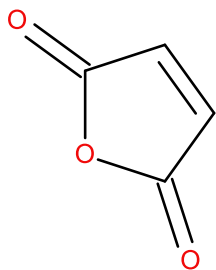


Рисунок 1.2 Структурна формула малеїнового ангідриду

В таблиці 1.1 наведена специфікації яблучної кислоти

Таблиця 1.1  
Специфікації

Показник	FNP 5/7	FCC IV	ТУ 9199031- 00334557- 99*
1	2	3	4

1	2	3	4
Вміст яблучної кислоти,%	Не більше 99,0	99,0-100,5	Не більше 99,0
Температура плавлення,°С	-	-	127-130
Фумарова кислота % не більше	1,0	1,0	1,0
Малеїнова кислота%не більше	0,05	0,05	0,05
Сульфатна зола% не більше	0,1	0,1	0,1
Втрати при сушці% не більше	-	0,1	-
Питоме обертання $[\alpha]_D^{25}$ ,град.	-	0,10...+0,10	-
As/Pb,мг/кг,не більше	-/2	-/10	3/10

*Ринок.* В Україні є підприємства та компанії, які формують ринок імпортованих кислот на територію нашої країни. Такі підприємства основному працюють з постачальниками органічних кислот з Китаю. Адже Китай на рівні зі США є лідером з виробництва кислот.

### 1.3. Історія відкриття яблучної кислоти

Яблучну кислоту було вперше виділено з яблучного соку шведським хіміком Карлом Вільгельмом Шееле у 1785 р. [8].

Шееле просто називав це «кислотою яблук» або як французькою кислотою.

Через два роки, у 1787 році, Лавоазьє та його співробітники у своєму знаменитому спогаді про хімічну номенклатуру запропонували альтернативну назву *acide malique*, від латинського *malum* чи яблука, і це врешті було англійовано, як яблучна кислота [9].

У 1834 р. Французький хімік Теофіл Жуль Пелуза відганяв яблучну кислоту і виділив серед отриманих продуктів зневоднення дві нові кислоти з однаковим складом, але дуже різними властивостями. За пропозицією Ампера, Пелуза запропонував назви які в кінцевому підсумку були англійовані як малеїнова та парамалеїнова кислоти. Пізніше того ж року

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

французький хімік Горацій Демарсей опублікував коротку записку, вказуючи, що і склад, і властивості парамалеїнової кислоти Пелуза були ідентичними тим, як кислота, виділена двома роками раніше німецьким хіміком [8].

На знак визнання цього факту Вінклер назвав своє нове з'єднання фумарова кислота. Зараз ми знаємо, що малеїнова кислота Пелуза та фумарова кислота Вінклера є прикладом цис та транс-ізомерії і що вони, завдяки роботі Ванфа Гоффа та Вісліцена, відіграють важливу роль у розвитку сучасної стереохімії в остання чверть 19 століття [10].

У 1858 році французький хімік Віктор Дессайн відкрив ще третю кислоту з яблучної кислоти шляхом її окиснення хромовою кислотою, яку він визначив як можливий ізомер. Щоб акцентувати увагу як на цьому взаємозв'язку, так і на його синтезованої з яблучної кислоти, Дессайн запропонував назву *acide malonique*, яка згодом була англійована, як малонова кислота. Таким чином, назви всіх трьох кислот у кінцевому підсумку походять від латинського слова яблуко [8].

#### **1.4. Застосування яблучної кислоти**

Яблучна кислота і її солі - малати амонію, натрію, калію і кальцію - володіють менш кислим смаком в порівнянні з лимонною і винною, що визначає їх вибіркове застосування пивобезалкогольному виробництві в кондитерському [3].

Харчова добавка E296, як безпечний регулятор кислотності і ефективний антиоксидант широко використовується у виноробстві. У суслі яблучна кислота в процесі бродіння виділяє діоксид сірки. В результаті вино набуває гармонійного м'який смак і рівний колір. Яблучна кислота додається в різні напої для поліпшення смаку або як консервант.

Добавку E296 можна зустріти в наших улюблених газованих або негазованих напоях, в тому числі не містять цукор. Її використовують, як добавку в холодний чай, фруктові ароматизовані напої, алкогольний сидр і

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

вино. Яблучну кислоту іноді додають у фруктові-молочні ароматизовані коктейлі для посилення фруктового аромату.

Харчова яблучна кислота дозволена в наступних продуктах: ананасовий сік, безалкогольні напої, до 3 г / л; консервовані овочі, до 10 г на 1 літр маринаду; джеми, мармелад, желе; очищену картоплю (як захист від потемніння); цукерки карамельні, до 20 г/ кг; консервовані фрукти до 5 г/ кг; морозиво; кисломолочні продукти; багато популярних сортів горілки.

*Інші сфери застосування:*

*Фармакологія.* Застосування яблучної кислоти також є у фармакології де вона використовується в якості компонента у проносних та відхаркувальних препаратах. Входить до складу засобів, що поліпшують перистальтику кишечника. Використовується в протівірусних препаратах [11].

*Косметична галузь.*

Косметологія використовує яблучну кислоту як речовину, що володіє очисними, зволожуючими, антиоксидантними, в'язучими, стимулюючими і протизапальними властивостями. Додають в зубні пастки, антивікові і відбілюючі креми, пілінги, маски, лаки для волосся як сильнодіючу фруктову кислоту[11].

*Побутова хімія.* Миючі засоби, препарати для боротьби з іржею.

*Текстильна промисловість.* Відбілювання натуральних і синтетичних тканин.

### **1.5. Відомі способи отримання яблучної кислоти**

1. Раніше L-яблучну кислоту виділяли з рослинної сировини: фруктових соків, відходів листя бавовнику. В даний час L-кислота може бути отриманий з звичайної аспарагінової (аміноянтарної) кислоти або аспарагіну при дії азотистої кислоти, а також відновленням L-винної кислоти при 130° С. Недоліком всіх цих методів є те, що яблучна кислота виходить у вигляді рацематів і не має харчової кваліфікації.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2. Яблучну кислоту можна, отримувати методом промислової ферментації, шляхом спільного культивування на глюкозовмістких середовищах мікроорганізмів, синтезують фумарову, а з неї яблучну кислоту.

3. Існує ферментативний спосіб отримання яблучної кислоти, що представляє одностадійну реакцію гідратації фумарової кислоти. Цей процес каталізує фумаратгідратазу, або фумарази. Недоліком цих методів є те, що активність ферменту падає з кожним циклом, тому їх необхідно стабілізувати [12].

4. Яблучну кислоту синтезують омиленням 4,4,4-трихлор-3-оксималярної кислоти, окисненням фурфуролу перекисом водню. В останньому способі продуктом реакції поряд з яблучною кислотою є малеїнова і бурштинова. У зв'язку з труднощами поділу продуктів реакції даний спосіб є малоперспективний.

5. Найбільший інтерес для виробництва яблучної кислоти в промислових масштабах представляє процес гідратації малеїнової кислоти.

Найбільший вихід при цьому забезпечує використання каталізаторів: сполука хрому, вольфрамової кислоти, сполуки алюмінію. Істотним недоліком згаданих способів є необхідність ретельного очищення цільового продукту - яблучної кислоти, що є обов'язковою за умови для харчових призначення. Однак очищення яблучної кислоти від домішок, наприклад, на колонах з іонообмінними смолами, значно здорожує продукт.

Ще однією проблемою, яка виникає в процесі гідратації малеїнової кислоти, є висока корозійна здатність останньої. Дана проблема частково усунута в способі, яким гідратацію малеїнової кислоти проводять у присутності сірчаної кислоти в освинцьованому апараті. Захисна дія сірчаної кислоти заснований на утворенні плівки сульфату свинцю, що запобігає від руйнування. Разом з тим, здійснення синтезу в освинцьованому апараті, в якому цільовий продукт знаходиться в контакті з солями свинцю, ставить під сумнів можливість його використання в харчовій технології.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Недоліком даного способу і установки по виробництву яблучної кислоти є необхідність складного, трудомісткого очищення яблучної кислоти від шкідливих, токсичних домішок, проблематичність використання одержуваної яблучної кислоти в харчових цілях, труднощі, що виникають у зв'язку з корозією апаратури.

Отже, використаний метод є удосконаленим методом виробництва яблучної кислоти шляхом гідратації малеїнової кислоти. Спосіб забезпечує високий ступень чистоти добавки та створює передумови для її застосування в харчовій промисловості, а також вирішує проблему корозії обладнання.

Описані переваги стають можливими через застосування удосконаленого методу виробництва яблучної кислоти, який передбачає гідратацію малеїнової кислоти, при її нагріванні і експозиції реакційної маси в умовах надлишкового тиску з наступним відділенням розчину і очищенням яблучної кислоти.

Метод реалізується наступним чином. Нагрівають малеїнову кислоту до температури 145 - 155°C при надлишковому тиску з введенням гострої водяної пари, витримують реакційну масу протягом 20 годин, відокремлюють розчин яблучної кислоти шляхом центрифугування, очищують його в дві стадії при упарюванні з проміжним центрифугуванням для виділення домішок фумарової і малеїнової кислот.

При гідратації малеїнової кислоти витримку реакційної маси здійснюють протягом 19 - 21 годин. При цьому перед відділенням розчину яблучної кислоти реакційну суміш витримують при 20 - 25°C протягом 0,5 - 15 годин для кристалізації і відділення фумарової кислоти.

Очищення розчину яблучної кислоти проводять шляхом упарювання: на першому етапі до густини розчину не більше 1,26 г/см<sup>3</sup> (при 50°C), на другому етапі до густини не більше 1,31/см<sup>3</sup> (при 50 °C). Після очищення розчин яблучної кислоти витримують протягом 10 - 12 годин для остаточної кристалізації яблучної кислоти [13].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО – ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Характеристика сировини для виробництва яблучної кислоти

Для виробництва харчової яблучної кислоти використовують наступну сировину:

- малеїновий ангідрид
- вода [14].

За фізико-хімічними показниками технічний малеїновий ангідрид повинен відповідати нормам, зазначеним у таблиці 2.1[15].

Таблиця 2.1

#### Фізико-хімічні показники технічного малеїнового ангідриду

М	
Найменування показників	Норми(згідно ГОСТ 11153 – 53.)
1. Зовнішній вигляд	Кристалічний продукт білого кольору
2. Масова частка суми малеїнового ангідрида і вільних кислот, %, не менше	99,7
3. Температура кристалізації, °С, не нижче	52,3
4. Масова частка золи, %, не більше	0,001

Малеїновий ангідрид - тверда речовина з різким запахом, що складається з безбарвних ромбічних кристалів. Обмежено розчинний в ацетоні, бензолі, ксилолі, етилацетаті, хлороформі, толуолі. Інші назви: ангідрид малеїнової кислоти, 2,5-фурандіон.

Малеїновий ангідрид (МА) - це багатофункціональний базовий хімікат, який застосовується практично у всіх галузях промислової хімії. Зокрема, близько 57% обсягу світового виробництва малеїнового ангідриду застосовується для отримання ненасичених полієфірних смол.

Його використовують також для синтезу фумарової і яблучної кислот,

					<b>ННІХТ.4-15.020. 161.021.ДП.ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Літера	Арк	Аркушів
Розроб.	Катеринич Л. Р.						21	81
Пров.	Радзієвська І. Г.							
Консульт.	Житнецький І.							
Н. Контр.	Подобій О. В.							
Затв.	Носенко Т. Т.					<b>НУХТ. Каф. ТЖХТ</b>		

бурштинової кислоти, тетрагідрофталевого ангідриду, замітника цукру - аспартама, регуляторів росту рослин, дефоліантів, інсектицидів, фунгіцидів, як модифікатор алкідних смол.

Малеїновий ангідрид також застосовується у виробництві вінілових сополімерів, які знаходять застосування в таких областях, як виробництво технічних термопластів [16].

Приміщення, де проводять роботу з продуктом, має бути обладнано загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією, повинна бути забезпечена герметизація трубопроводів і апаратури, механізована упаковка [15].

Промислові способи отримання малеїнового ангідриду:

- 1) Парофазне каталітичне окислення бензолу повітрям над стаціонарним оксидним ванадіймолібденовим каталізатором;
- 2) Парофазне окислення н-бутану над стаціонарним або псевдозрідженим оксидним ванадійфосфорним каталізатором. Цей метод економічно краще бензольного.

*Вода.* Вода широко використовується в хімічній промисловості, рідкісним винятком є процеси, в яких вода не бере участь. В одних випадках вода слугує сировиною і реагентом, які безпосередньо беруть участь в основних хімічних реакціях, а в інших – вода вживається як розчинник, теплоносієм або охолоджувач, а також для інших різноманітних фізичних операцій [15].

Розвиток хімічної промисловості викликає величезне зростання потреби у воді (сучасні хімічні підприємства витрачають велику кількість води, яка вимірюється мільйонами кубічних метрів на добу).

Очевидно, що використання у виробництві лише свіжої води є економічно невигідним. Крім того, скидання таких значних обсягів використаної води у природні водойми потребувало б величезних очисних споруд, а скидання неочищених стоків призводило б до різкого погіршення якості природних вод. Тому з метою економії витрат води часто

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосовують так звану оборотну воду, тобто використану і повернуту у виробничий цикл.

Однак повністю залишити потоки води у виробництві неможливо, бо існують технологічні втрати внаслідок випаровування води, із вологими шламами тощо.

Джерелом промислового водопостачання є природні води. Відповідно, до якості води ставлять суворі вимоги, допустимі домішки регламентуються ДСТУ. Якість води визначається її фізичними, хімічними та бактеріологічними показниками, зокрема, такими найважливішими, як вміст завислих частинок, загальний вміст солей, твердість, прозорість, окиснюваність, кислотність або лужність води, колір, запах, смак, вміст розчинених газів, зміни при зберіганні, а також бактеріальна забрудненість [17].

За хімічними та органолептичним показниками вода повина відповідати нормам, зазначеним у таблиці 2.2.

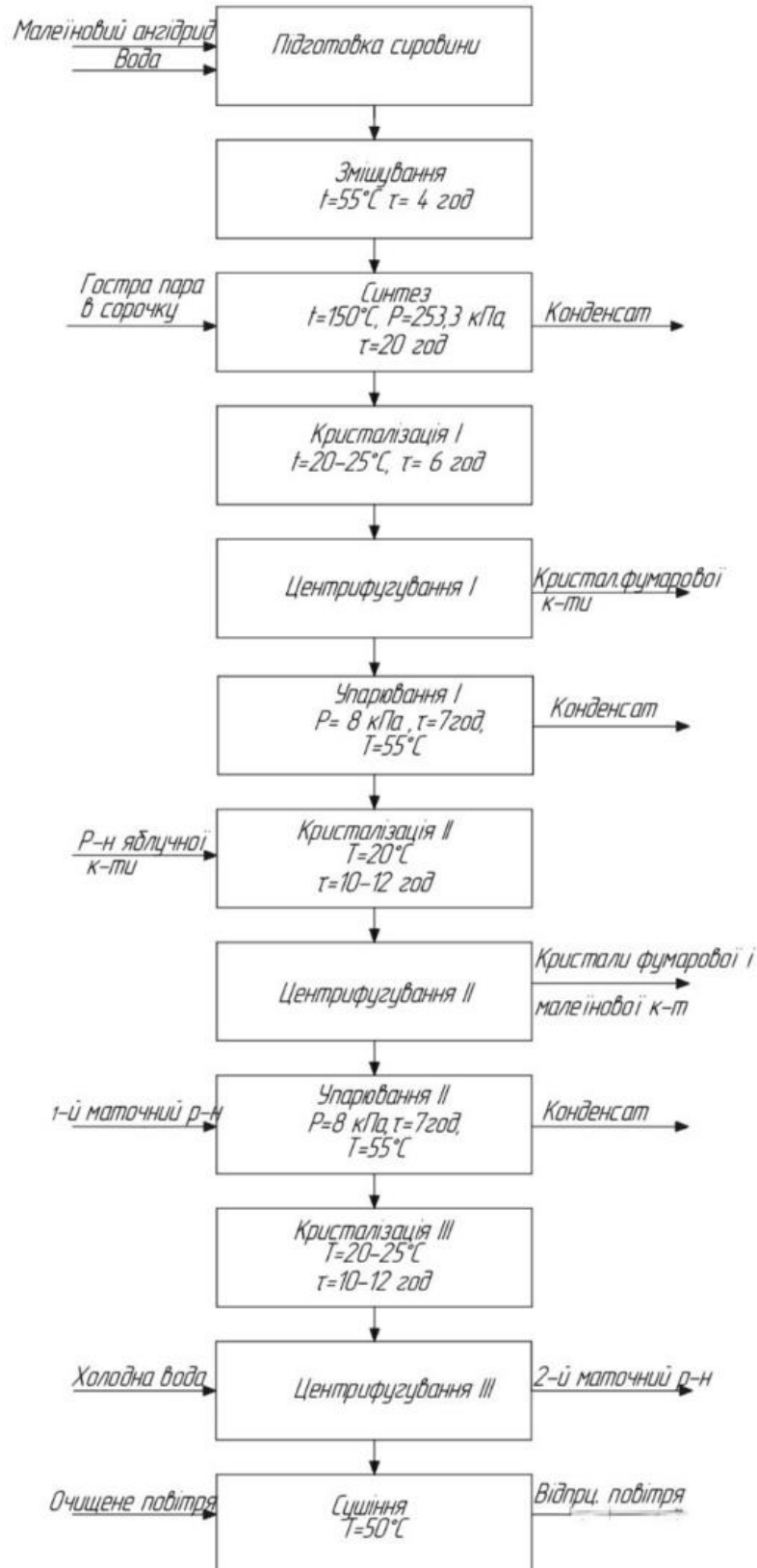
Таблиця 2.2

**Хімічні та органолептичні показники якості води**

Ч. ч.	Назва показника	Одиниці вимірювання	Норматив не більше ніж (згідно ДСТУ 7525:2014)	
			Вода систем централізованого питного водопостачання	Вода систем централізованого питного водопостачання
1	Запах за 20°C	Бали	2	0
2	Смак і присмак	Бали	2	0
3	Кольоровість	Градуси	20	5
4	Каламутність	НОК	1	0,5
5	Жорсткість загальна	Ммоль/дм <sup>3</sup>	7	1,5-7
6	pH	Одиниці pH	6,5-8,5	6,5-8,5

**2.2. Принципова технологічна схема та її опис**

На Рисунку 2.1 наведено принципово-технологічну схему виробництва яблучної кислоти



**Рисункок 2.1 Принципово-технологічна схема виробництва яблучної кИСЛОТИ**

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

### *1. Підготовка малеїнового ангідриду і води.*

При виконанні операції підготовки малеїнового ангідриду необхідно строго дотримуватися санітарно-гігієнічних вимог для того, щоб виключити додаткове забруднення мікрофлорою і запобігти забрудненню продукту.

Малеїновий ангідрид необхідно зберігати в сухих, чистих, добре вентиляованих приміщеннях при температурі не вище 15 °С і відносній вологості повітря не більше 75%.

Перед надходженням на виробництво сировину звільняють від тари, просівають і фільтрують, пропускають через магніти для уловлювання металевих домішок, зважують і транспортують.

Підготовка води для виробничих процесів буває дуже різною в залежності від наявності домішок у воді і вимог виробництва. Вимоги виробництва виражаються в тому, щоб вода не утримувала шкідливих для реакції речовин, не викликала корозію апаратури, не утворювала накипу, шламу. Основними операціями водопідготовки являються: очищення від зважених домішок і зм'якшення, у деяких випадках нейтралізація, знесолення, дегазація і знезаражування. Фільтрується вода звичайно через шар піску і гравію.

Для дозування малеїнового ангідриду і води використовуємо ваговий спосіб дозування, який заснований на вимірюванні ваги продукту і відмірювання його за даним критерієм з використанням стандартних величин ваги - кілограм і грам. Отже, відважуємо 1500 кг малеїнового ангідриду і стільки ж води.

### *2. Змішування*

1500 кг малеїнового ангідриду змішують в з 1500л води, нагрівають до 55°С і витримують протягом 4 год до утворення малеїнової кислоти.

### *3. Синтез*

Для завершення реакцію утворення малеїнової кислоти в сорочку реактора подають гострий пар, піднімаючи температуру малеїнової кислоти

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до 150°C і створюючи надмірний тиск в реакторі 253,3125 кПа. Реакційну масу витримують в зазначених умовах протягом 20 годин.

#### *4.Кристалізація (I стадія)*

Процес кристалізації відбувається протягом 6 годин охолоджують до 20-25°C, після чого витримують при даній температурі 1 годину.

При зниженні температури нижче температури кристалізації утворюються кристали фумарової кислоти

#### *5.Центрифугування (I стадія)*

Метою центрифугування розчину яблучної кислоти є відокремлення його від кристалів фумарової кислоти на центрифугу, при цьому отримують розчин яблучної кислоти з незначними домішками фумарової і малеїнової кислот.

#### *6.Упарювання (I стадія)*

Розчин яблучної упарюють протягом 7 годин. Тиск у випарному апараті близько 79993,2 Па. Випарювання ведеться, при температурі 55°C доки густина розчину яблучної кислоти не буде 1,26 г / см<sup>3</sup>.

#### *7.Кристалізація (II стадія)*

Упарений розчин охолоджують до 20°C протягом 10 - 12 годин.

#### *8.Центрифугування (II стадія)*

Кристали,які випали фумарової і малеїнової кислоти відділяють на центрифугу.

#### *9.Упарювання (II стадія)*

Маточний розчин на другому етапі упарюють до густини 1,30 г / см<sup>3</sup>. На другому етапі зберігається той самий режим що і на першому упарюванні, а саме у вакуумі 79932,2 Па при температурі 55°C протягом 7 годин.

#### *10.Кристалізація (III стадія)*

Розчин кислоти подають на кристалізацію, де він охолоджується холодною водою до 20-25°C. За рахунок різниці розчинності кислоти випадають кристали. Розчинність яблучної кислоти у воді при 75°C

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становить 60 г/ 100 г води, а при 20°C розчинність різко знижується до 5 г/ 100 г води. Упаренний розчин охолоджують протягом 10-12 годин.

### *11. Центрифугування (III стадія)*

Метою процесу є відділення яблучної кислоти, яка викристалізувалася від маточного розчину на центрифугі. Кристали осаджуються під дією відцентрових сил. Частота обертання центрифуги 6000 об/ хв.

Роботу ведуть в наступній послідовності:

- центрифугу приводять в рух, і при частоті обертання близько 5 об/с з реактора заливають суспензію кристалів яблучної кислоти;
- частоту обертання ротора збільшують до 16 об/с. Відбувається відділення маточного розчину від кристалів яблучної кислоти;
- через 1-1,5 хвилини від початку роботи, коли маточний розчин перестане витікати, кристали промивають водою з температурою 35°C, до повного освітлення рідини;
- ротор зупиняють, відкривають кришку і вручну вивантажують кристали яблучної кислоти.

Вологість кристалів становить 21,5%

### *12. Сушіння*

Після центрифугування отримуємо вологі кристали. Метою сушіння є видалення вологи з кристалів. Кінцева вологість 1,5 %

Для забезпечення цього яблучну кислоту сушать в умовах, що забезпечують видалення поверхневої вологи і збереження кристалізаційної води, для чого використовують барабанні сушарки, в яких кристали висушують повітрям при температурі при 50°C [13].

### *13. Зберігання та упакування*

Після сушіння кристали кислоти охолоджують, просіюють і упаковують. Яблучнк випускають в упакованому вигляді, для реалізації через роздрібну торгівлю кислоту фасують по 10-100 г в пакети з поліетиленової плівки або етикетувальної паперу, ламінованої поліетиленом, або пачки з паперу.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3. Матеріальний баланс процесу

Розрахунок матеріального балансу процесу виробництва яблучної кислоти підпорядковується закону:

маса вихідних продуктів процесу повинна дорівнювати масі його кінцевих продуктів за формулою 2.1.

$$\Sigma G_{\text{вихідні}} = \Sigma G_{\text{кінцеві}} \quad (2.1)$$

де  $\Sigma G$  вихідні - сума ваг (мас) вихідних продуктів процесу;

$\Sigma G$  кінцеві - сума ваг (мас) кінцевих продуктів процесу в тих же одиницях виміру. Розрахунок проводимо на 1500 кг малеїнового ангідриду і 1500 кг води. Ця кількість сировини дозволяє нам отримати продуктивність виробництва 750 кг/цикл [18].

Вихідні дані:

Продуктивність виробництва яблучної кислоти 750кг/цикл

Витрати на кожній стадії становлять 1-2 %

1.Стадії синтезу

Кількість малеїнового ангідриду що не прореагував складає 1,1%.

Тоді:

$$m(\text{малеїнового ангідриду}) = 3000 \cdot 0,011 = 33 \text{ (кг)}$$

У таблиці 2.2 наведено матеріальний баланс стадії синтезу малеїнової кислоти.

Таблиця 2.2

#### Матеріальний баланс на стадії синтезу

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Малеїновий ангідрид	1500	Малеїнова кислота	2935
Вода	1500	Малеїновий ангідрид	33
		Вода	30
		Втрати	2
<b>Сума</b>	<b>3000</b>	<b>Сума</b>	<b>3000</b>

2. Перша стадія кристалізації

Процес кристалізації відбувається при зниженні температури. Охолоджують до 20-25С і витримують при цій температурі 5-15 год, при цьому випадають кристали фумарової кислоти. Маса кристалів фумарової кислоти в розчині яблучної кислоти становить 2930 кг.

Отже отримуємо такі дані (таблиця 2.3):

Таблиця 2.3

### Матеріальний баланс на I стадії кристалізації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Малеїнова кислота	2935	Розчин яблучної к-ти з кристалами фумарової к-ти	2930
		Втрати	5
<b>Сума</b>	<b>2935</b>	<b>Сума</b>	<b>2935</b>

### 3. Друга стадія центрифугування

На цій стадії розчин яблучної кислоти відокремлюють від кристалів фумарової кислоти, при цьому отримують розчин яблучної кислоти з незначними домішками фумарової (2%) і малеїнової (1,5%) кислот. Масова частка кристалів фумарової кислоти становить 30,8 %.

Тоді:

$$m(\text{кристалів фумарової кислоти}) = 2930 \cdot 0,308 = 902,4(\text{кг})$$

$$m(\text{дом. фумарової кислоти}) = 2015 \cdot 0,02 = 40,3(\text{кг})$$

$$m(\text{дом. малеїнової кислоти}) = 2015 \cdot 0,015 = 30,2(\text{кг})$$

Отримуємо такі дані кількісних змін під час відділення кристалів фумарової кислоти від кристалізату (таблиця 2.4):

Таблиця 2.4

### Матеріальний баланс на I стадії центрифугування

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Розчин яблучної кислоти з кристалами фумарової	2930	Кристали фумарової кислоти	902,4
		Розчин яблучної кислоти з домішками фумарової і малеїнової кислот, де :	2015
		Фумарова кислота	40,3
		Малеїнова кислота	30,2
		Втрати	12,6
<b>Сума</b>	<b>2930</b>	<b>Сума</b>	<b>2930</b>

#### 4. Стадія першого упарювання

Під час першого упарювання яблучної кислоти, випаровується води 15% ,тоді розрахуємо об'єм води що випаровалася:

$$V(H_2O) = \frac{2015 \cdot 15}{100} = 302,3(\text{кг})$$

Отже, отримуємо такі дані (таблиця 2.5)

Таблиця 2.5

#### Матеріальний баланс на стадії 1-го упарювання

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Яблучна кислота з домішками	2015	Яблучна кислота $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$	1715
		Вода	302,3
		Втрати	2,3
<b>Сума</b>	<b>2015</b>	<b>Сума</b>	<b>2015</b>

#### 5. Друга стадія кристалізації

Отже отримуємо такі дані (таблиця 2.6):

## Матеріальний баланс на II стадії кристалізації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Розчин яблучної к-ти $\rho=1,26 \text{ г/см}^3$	1715	Розчин яблучної к-ти з кристалами фумарової і малеїнової кислот	1712
		<b>Втрати</b>	3
<b>Сума</b>	1715	<b>Сума</b>	1712

## 6. Друга стадія центрифугування

Під час цього процесу відділяють від суміші, яка пройшла кристалізацію, кристали малеїнової та фумарової кислоти(2.19).

$$m \text{ (малеїнової к-ти, що виділили)} = 1712 \cdot 0.05 = 85,6(\text{кг})$$

$$m \text{ (фумарової к-ти, що виділили)} = 1712 \cdot 0.009 = 66,77(\text{кг})$$

$$m \text{ (фумарової к-ти, що виділили)} + m \text{ (малеїнової к-ти, що виділили)} = 85,6 + 66,77 = 152,37(\text{кг})$$

Отримуємо такі дані кількісних змін під час відділення маточного розчину від кристалізату (таблиця 2.7):

Таблиця 2.7

## Матеріальний баланс на II стадії центрифугування

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Розчин яблучної кислоти з кристалами фумарової і малеїнової кислоти	1712	Маточний розчин	1555
		Кристали фумарової к-ти	66,77
		Кристали малеїнової к-ти	85,6
		<b>Втрати</b>	4,63
<b>Сума</b>	1712	<b>Сума</b>	1712

### 7. Друга стадія упарювання

Під час другого упарювання яблучної кислоти, випаровується води 32,2% ,тоді розрахуємо об'єм води що випаровався:

$$V(H_2O) = \frac{1555 \cdot 32.2}{100} = 500(\text{кг})$$

Отже отримуємо такі дані (таблиця 2.8)

Таблиця 2.8

### Матеріальний баланс на II стадії упарювання

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1-й маточний розчин	1555	Розчин яблучної к-ти $\rho=1,3 \text{ г/см}^3$	1045
		Вода	500
		Втрати	10
<b>Сума</b>	<b>1555</b>	<b>Сума</b>	<b>1555</b>

### 8.Третя стадія кристалізації

Отриманий очищений концентрований розчин яблучної кислоти витримують протягом 10-12 год з поступовим охолодженням до 20-25°C в реакторі-кристалізаторі. Під час цього процесу утворюється 1040 утфелю.

Отже отримуємо такі дані (таблиця 2.9):

Таблиця 2.9

### Матеріальний баланс на III стадії кристалізації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Яблучна кислота $\rho=1,3 \text{ г/см}^3$	1045	Утфель (кристали яблучної кислоти та маточний розчин)	1040
		Втрати	5
<b>Сума</b>	<b>1045</b>	<b>Сума</b>	<b>1045</b>

### 9.Третя стадія центрифугування

Під час цього процесу відділяють від суміші, яка пройшла кристалізацію, маточний розчин – 28,9%

$m$  (маточного розчину , що виділили) =  $1040 \cdot 0,289 = 300,56$  (кг).

Отримуємо такі дані кількісних змін під час відділення маточного розчину від кристалізату (таблиця 2.10):

Таблиця 2.10

### Матеріальний баланс на III стадії центрифугування

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Утфель (кристали яблучної кислоти та маточний розчин)	1040	Кристали яблучної кислоти	925
Вода	200	2-й маточний розчин	300,56
		Втрати	14,44
<b>Сума</b>	<b>1240</b>	<b>Сума</b>	<b>1240</b>

#### 10. Стадія сушіння

На стадію сушіння надійшло 815 кг. Під час цього процесу для отримання продукту хорошої якості, який відповідав би ГОСТ 32748-2014 Добавки пищевые. Кислота яблочная E296. Технические условия, необхідно видалити зайву вологу – 19% .

Дана умову можна виконати за допомогою :

$m$  (вологи, що видаляють) =  $925 \cdot 0,19 = 175$ (кг)

Зміни кількісного складу високонцентрованого розчину цукру-сирцю під час сушіння наведено (таблиця 2.11).

Таблиця 2.11

### Матеріальний баланс стадії сушіння

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Кристали яблучної кислоти	925	Кристали яблучної кислоти	750
		Волога	175
		Втрати	5
<b>Сума</b>	<b>925</b>	<b>Сума</b>	<b>925</b>

Результати розрахунків матеріального балансу процесу виробництва яблучної кислоти наведено в табл. 2.12.

Таблиця 2.12

**Матеріальний баланс виробництва яблучної кислоти**

Витрачено		Отримано	
Назви сировини та продуктів	К-ть.кг	Назва к- го продукту відходів та витрат	К-ть, кг
1	2	3	4
<b>Стадія синтез</b>			
Малеїновий ангідрид	1500	Малеїнова к-та	2935
Вода	1500	Вода	30
		Малеїновий ангідрид	33
		Втрати	2
<i>Всього</i>	3000	Залишок	2935
<b>Перша стадія кристалізації</b>			
Малеїнова кислота	2935	Розчин яблучної к-ти з кристалами фумарової к-ти	2930
		Втрати	5
<i>Всього</i>	2935	Залишок	2930
<b>Друга стадія центрифугування</b>			
	2930	Кристали фумарової кислоти	902,4
		Розчин яблучної кислоти з домішками фумарової і малеїнової кислот, де :	2015
		Фумарова кислота	40,3
		Малеїнова кислота	30,2
		Втрати	12,6
<i>Всього</i>	2930	<i>Залишок</i>	2015

1	2	3	4
<b>Стадія першого упарювання</b>			
Яблучна кислота з домішками	2015	Яблучна кислота $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$	1715
		Вода	302,3
		Втрати	2,3
<i>Всього</i>	2015	<b>Залишок</b>	2015
<b>Друга стадія кристалізації</b>			
Розчин яблучної к-ти $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$	1715	Розчин яблучної к-ти з кристалами фумарової і малеїнової кислот	1712
		<b>Втрати</b>	3
<i>Всього</i>	1715	<b>Залишок</b>	1712
<b>Друга стадія центрифугування</b>			
Розчин яблучної к-ти з кристалами фумарової і малеїнової кислот	1712	Маточний розчин	1555
		Кристали фумарової к-ти	66,77
		Кристали малеїнової к-ти	85,6
		<b>Втрати</b>	4,63
		<b>Залишок</b>	1555
<b>Друга стадія упарювання</b>			
Маточний розчин	1555	Розчин яблучної к-ти $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$	1045
		Вода	500
		Втрати	10
<i>Всього</i>	1555	<b>Залишок</b>	1045
<b>Третя стадія кристалізації</b>			
Розчин яблучної к-ти $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$	1045	Утфель (кристали яблучної кислоти та маточний розчин)	1040
		Втрати	5
<i>Всього</i>	1045	<b>Залишок</b>	1040
<b>Третя стадія центрифугування</b>			

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1	2	3	4
Утфель (кристали яблучної кислоти та маточний розчин)	1040	Кристали яблучної кислоти	925
Вода	200	2-й маточний розчин	300,56
		Втрати	14,44
<i>Всього</i>	1040	<b>Залишок</b>	925
<b>Стадія сушіння</b>			
Кристали яблучної кислоти	925	Кристали яблучної кислоти	750
		Волога	175
		Втрати	5
<i>Всього</i>	925	<b>Сума</b>	925

Отримані розрахунки свідчать про те, що продукт, який отримують за запропонованим методом відповідає вимогам, ГОСТ 32748-2014 [19].

#### 2.4. Розрахунок теплового балансу на III стадії кристалізації

Враховуючи те, що кристалізація в даній технології є однією з ключових стадій виробництва, необхідно розрахувати тепловий баланс процесу кристалізації.

Метою теплового розрахунку є перевірка правильності вибору кристалізатору і визначення витрат охолоджуючого компоненту.

Вихідні дані:

- холодний теплоносій – охолоджена вода,
- початкова температура холодного теплоносія –  $t_{e1} = 10^{\circ}\text{C}$ ,
- кінцева температура холодного теплоносія –  $t_{e2} = 15,^{\circ}\text{C}$
- початкова температура продукту –  $t_3' = 50^{\circ}\text{C}$ ,
- кінцева температура продукту –  $t_3 = 20^{\circ}\text{C}$ .

**Рівняння теплового балансу процесу кристалізації має вигляд:**

$$Q = Q_p + Q_n \quad (2.2)$$

де  $Q_p$  – кількість теплоти, яку потрібно відвести з кристалізатора,  $Q_n$  – кількість теплових втрат у навколишнє середовище.

**Розрахуємо коефіцієнт теплопередачі від розчину до охолоджуючої**

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**води через стінку кристалізатора:**

$$k_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.3)$$

$\frac{\delta}{\lambda}$  – термічний опір стінки;  $\delta_1$  – товщина стінки;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності стінки.

**Середня різниця температур:**

$$\Delta t_{\delta} = t_3 - t_{e1} = 20 - 10 = 10 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_m = t_3 - t_{e2} = 20 - 15 = 5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\delta} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}, \Delta t_m = 5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

З огляду на те що  $\frac{\Delta t_b}{\Delta t_m} = \frac{10}{5} = 2$ , визначаємо середню логарифмічну

**різницю:**

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_b}{\ln \frac{\Delta t_b}{\Delta t_m}} = \frac{10-5}{\ln \frac{10}{5}} = 8 \quad (2.4)$$

**Середня температура охолоджуючої води:**

$$t_{\delta} = t_3 - \Delta t_{cp} = 20 - 8 = 12 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.5)$$

**Розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі від розчину до внутрішньої поверхні кристалізатора:**

$$\alpha = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_p}{d_m} \quad (2.6)$$

**Критерій Нусельта має вигляд:**

$$Nu_1 = C \cdot Re_{\text{від}}^m \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{ст}}\right)^{0,14} \cdot \left(\frac{D}{d_m}\right)^{-1} = 0,36 \cdot 257451^{0,67} \cdot 7,02^{0,33} \cdot \left(\frac{1004}{1306}\right)^{0,14} \cdot \left(\frac{0,6}{0,5}\right)^{-1} = 232 \quad (2.7)$$

Для апаратів з сорочкою  $C = 0,36$ ,  $m = 0,67$ .

Необхідні фізичні величини :

$\mu = 1004 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$  – динамічний коефіцієнт в'язкості розчину;

$\mu_{ст} = 1306 \cdot 10^{-6} \text{ П}\cdot\text{с}$  – динамічний коефіцієнт в'язкості розчину при температурі стінки;

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Pr = 7,02$  – критерій Прандтля;

$d_m = 0,5 \text{ м}$  – діаметр кола, що описується мішалкою;

$n = 1,05 \frac{\text{об}}{\text{с}}$  – частота обертання перемішуючого пристрою.

Отже, коефіцієнт тепловіддачі від розчину до внутрішньої поверхні кристалізатора:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_p}{d_m} = \frac{2320 \cdot 0,599}{0,5} = 2779 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.8)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні корпусу до охолоджуючої води:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_e}{l} \quad (2.9)$$

Тепловіддача в циліндричній сорочці проходить в умовах вільної конвекції, тому формула для розрахунку коефіцієнту тепловіддачі буде мати вигляд:

$$Nu_2 = C \cdot (Gr \cdot Pr)^2 \quad (2.10)$$

**Критерій Грасгофа:**

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\nu_e^2} \cdot \beta_e \cdot (t_{e2} - t_{e1}) = \frac{9,81 \cdot (0,8)^3}{(1,306 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0,70 \cdot 10^{-4} \cdot (15 - 10) = 1,028 \cdot 10^9 \quad (2.11)$$

де  $\nu_e = 1,306 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ .

$$\beta_e = 0,70 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}.$$

**Критерій Прандтля  $Pr = 7,02$ .**

$$C = 0,15, m = 0,33, \text{ так як добуток } Gr \cdot Pr = 1,028 \cdot 10^9 \cdot 7,02 = 7,21 \cdot 10^9 > 10^9$$

$$Nu_2 = 0,15 (Gr \cdot Pr)^{0,33} = 0,15 \cdot (7,21 \cdot 10^9)^{0,33} = 268 \quad (2.12)$$

Тоді коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні корпусу до води, що охолоджує, матиме вигляд:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_e}{l} = \frac{268 \cdot 59,9 \cdot 10^{-2}}{0,8} = 201 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.13)$$

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

де  $\lambda_6 = 59,9 \cdot 10^{-2} \frac{Вт}{м \cdot К}$ ;  $l = 0,8 м$  – висота сорочки.

**Тоді підставивши усі числові значення, розрахуємо коефіцієнт теплопередачі:**

$$k_F = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_1}} = 179 \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad (2.14)$$

де  $\lambda = 40 \frac{Вт}{м \cdot К}$  - теплопровідність стінки плоскої стінки, матеріал титан [3];  $\delta = 0,01 м$  – товщина стінки.

**Тоді кількість теплоти, яка отримана в результаті проходження процесу, становитиме:**

$$Q_p = q \cdot \frac{W_3}{M_3} = \frac{4994 \cdot 1}{1,038} = 48163,8 Вт \quad (2.15)$$

**Розрахуємо поверхню теплообміну, яка необхідна для ведення процесу:**

$$f_n = \frac{Q_p}{k_F \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{48163,8}{179 \cdot 8} = 33,6 м^2 \quad (2.16)$$

**Зробимо перерахунок кількості теплоти, враховуючи реальну поверхню теплообміну:**

$$Q_p = k_n \cdot f_p \cdot \Delta t = 179 \cdot 0,9 \cdot 8 = 1288,8 Вт \quad (2.17)$$

**Витрати теплоти в навколишнє середовище дорівнюватимуть:**

$$Q_n = k_n \cdot f_p \cdot \Delta t_{cp} = 7,6 \cdot 33,6 \cdot 0,8 = 204,3 Вт \quad (2.18)$$

**Отже, кількість теплоти  $Q$ , яку необхідно відводити буде дорівнювати:**

$$Q = Q_p + Q_n = 1288,8 + 202,3 = 1491,1 Вт \quad (2.19)$$

**Витрати води для охолодження розчину:**

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_{B2} - t_{B1})} = \frac{1491,1}{4190 \cdot (15 - 10)} = 0,07 \frac{кг}{с} \quad (2.20)$$

Отже, на кристалізацію розчину затрачається 0,07 кг/с води.

## **2. 5. Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання**

1. Реактор змішувач призначений для змішування рідких, сипучих речовин з турбіною мішалкою.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спосіб перемішування: перемішування вихідних компонентів здійснюється ротором, швидкість обертання якого близько 3000 об / хв., І нагнітає гвинтом, розміщених на одному валу. До місця обертання втягується перемішують маса, яка після обертового ротора з силою проштовхується через отвори статора.

У такому процесі в реакторі не утворюються «мертві» зони ». Вся маса рівномірно і швидко перемішується. Наприклад, щоб перемішати рідкі вихідні компоненти з в'язкими (КМЦ, камеді) в реакторі з якірної, рамної або шнекової традиційними мішалками і отримати при цьому однорідну масу потрібно не менше 8 годин. У реакторі РЗР-3000 цей же процес триває всього лише 15-20 хвилин. [20].

Зображений на рисунку 2.2

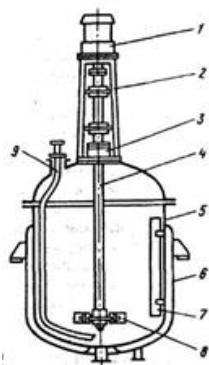


Рис.2.2. Реактор змішувач

1 - привід; 2 - стійка приводу; 3 - ущільнення; 4 - вал; 5-корпус; 6 - сорочка; 7 - відбивна перегородка; 8 - мішалка; 9 – труба

Таблиця 2.13

**Технічна характеристика РЗР-3000**

Характеристика	Значення
<b>1</b>	<b>2</b>
Тип підігріву	Електричний
Потужність	Від 4кВт
Потужність електродвигуна	3кВт
Максимальна температура підігріву вихідних компонентів	90-95°С
Допустимий тиск в реакторі	2атм
Спосіб вивантаження продукції	Через нижній вентиль

1	2
Можлива висота підйому вивантажуваної продукції	До 4м
Матеріал внутрішньої стінки реактора	Титан
Температура замерзання теплоносія	До - 30°C
Температура замерзання теплоносія	До 30°C

**2.Центрифуга.** Центрифуги ФГН-2001К-01 та 2ОГН-2201У-03 призначені для розділення суспензій з середньо і дрібнозернистої розчинної твердою фазою.

На Рисунку 2.3 зображено схему центрифуги та фото ФГН-2001К-01

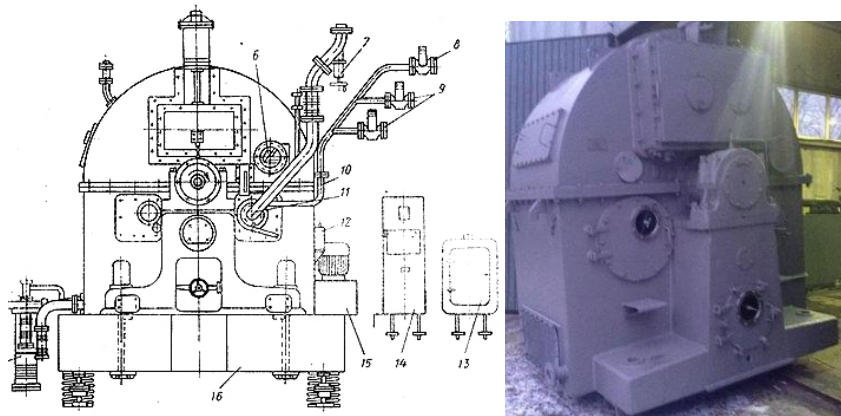


Рис.2.3 Схема центрифуги та фото ФГН-2001К-01

**Особливості:**

Центрифуги виготовляються в негерметизовані виконанні.

Конструктивною особливістю центрифуг є розташування ротора між двома опорами. Станина – розємна по осі вала.

Деталі, дотичні з обробляємо продуктом, виготовлені з сталей:

12Х18Н10Т -ФГН-2001К-01,

10Х17Н13М3Т - ФГН-2001К-02.

**Переваги центрифуг ФГН :**

- Універсальність, можливість обробки широкого діапазону суспензій.
- Невибагливість і простота в експлуатації, які забезпечуються завдяки надійній конструкції пристроїв цього типу.
- Можливість вбудовування в автоматичні системи очищення.
- Всі стадії процесу відділення твердої фази і фільтрації можуть проходити в автоматичному режимі з заданими параметрами.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- При цьому забезпечується постійна швидкість обертання ротора.
- Можливість експлуатації в приміщеннях з високим класом вибухонебезпечності.
- Можливість експлуатації при підвищеній вологості.
- Фільтруючі центрифуги забезпечують високу якість очищення твердої фракції.
- Висока продуктивність [21].

Таблиця 2.14

**Технічні характеристики центрифуги ФГН-2001К-01 та 2ОГН-2201У-03**

Характеристика	Значення	
	ФГН-2001К-01	2ОГН-2201У-03
1	2	3
Максимально допустима загрузка	1700	4320
Фактор розділення	610	646
Потужність, кВт	75	132
Напруга, В	380	380
Габаритні розміри, мм:		
Довжина	4140	6450
Висота	4660	5115
Ширина	4550	4690
Маса:		
Безпосередньо центрифуги	12200	22130
Установки центрифуги (з віброізолюючий пристроєм)	17230	28420
Внутрішній діаметр ротору, мм	2000	2200
Довжина ротору, мм	950	
Частота обертання ротору, об/хв	740	725

**3. Барабанна сушарка** – призначена для сушіння кристалічних матеріалів.

На Рисунку 2.4 зображено сушарка барабанного типу

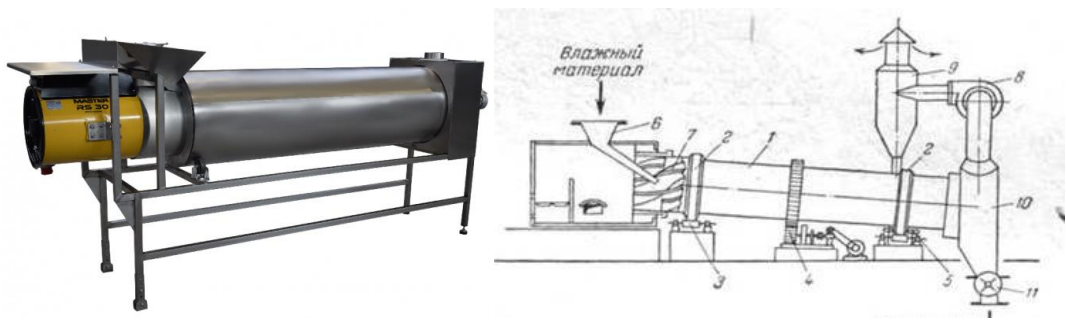


Рис.2.4 Сушарка барабанного типу

1 - барабан; 2 - бандажі; 3 - опорні ролики; 4 - передача; 5 - опорно-наполегливі ролики; 6 - живильник; 7 - лопаті; 8 - вентилятор; 9 - циклон; 10 - розвантажувальна камера; 11 - розвантажувальний пристрій

*Принцип роботи* сушарки барабанного типу. Продукт потрапляє в сушарку через невеликий бункер, і гаряче повітря впорскується прямо в барабан. Принцип сушіння простий і ефективний. При обертанні барабана продукт перемішується, що прискорює сушку, і просувається уздовж барабана на вихід. Завдяки потоку повітря і обертанню барабан поступово висихає. На виході барабана продукт безперервно висипається через розвантажувальну воронку. Звільнена волога з продукту виноситься в атмосферу [22].

Таблиця 2.15

**Технічна характеристика барабанна сушарка АВМ 2700**

Характеристика	Значення
Барабан (діаметр х довжина) мм	600 х 2700
Швидкість обертання до об/хв	10
Потужність нагріву кВт	30
Об'єм барабану	80
Розміри,мм	1550 х4050 х800
Теплоносій	Підігріте повітря
Частота обертання барабану	3-8 хв <sup>-1</sup>
Швидкість руху повітря	2-3 м/с

**4.Вакуум-випарна установка** – являє собою герметичну циліндричну ємність з нержавіючої харчової сталі, оснащена пристроєм,з

приводом, теплової сорочкою з теплоносієм. Розрідження в вакуум випарній установці створюється за допомогою вакуум – насоса [23].

Проаналізувавши моделі вакуум-випарни установок, було обрано вакуум-випарну установку МЗС-320, що зображена на рисунку 2.5

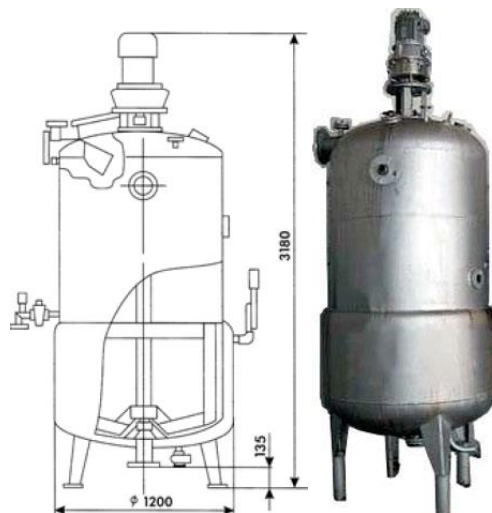


Рис.2.5 Вакуум-випарний апарат МЗС-320

**Будова і принцип роботи:** Складається з корпусу з паровою сорочкою, кришки, приводу, мішалки, пастки і електроустаткування. Корпус у вигляді ємності разом з паровою сорочкою утворює парову камеру. На сферичній кришці змонтований привід в складі електродвигуна і редуктора. До кришки кріпитися пастка для уловлювання найбільш великих часток продукту, що бура вторинним паром.

Продукт перемішується мішалкою вертикальним валом з лопатами, нагрівається в паровій камері із запобіжним клапаном і манометром. У нижній частині днища апарату - патрубок для відведення конденсату. Апарат розвантажується через спускний патрубок з корковим краном, має три вікна для огляду внутрішньої поверхні і спостереження за робочим процесом, кран для взяття проб.

Всі частини, що контактують з продуктом, виготовлені з нержавіючого титану [24].

Таблиця 2.16

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## Технічна характеристика вакуум-випарного апарату МЗС-320

Характеристика	Значення
Тиск в корпусі робочий, МПа (мм.рт.ст.)	0,085 (640)
Тиск впаровій сорочці, МПа (мм.рт.ст.)	0,4(4)
Площа поверхні нагріву, м <sup>2</sup>	3,66
Встановлена потужність, кВт	3
Потужність приводу мішалки, кВт	3
Габаритні розміри ( ДхШхВ), мм	2840x1275x1750
Маса, кг	1700

5. *Кристалізатор охолоджувального типу* - апарат, у якому кристалізація проходить у результаті зниження температури при охолодженні концентрованих розчинів. При такому охолодженні концентрований розчин спочатку стає перенасиченим, 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 перемішуючі пристрої [25].

На рисунку 2. 6 Зображений вибраний кристалізатор FG-3000

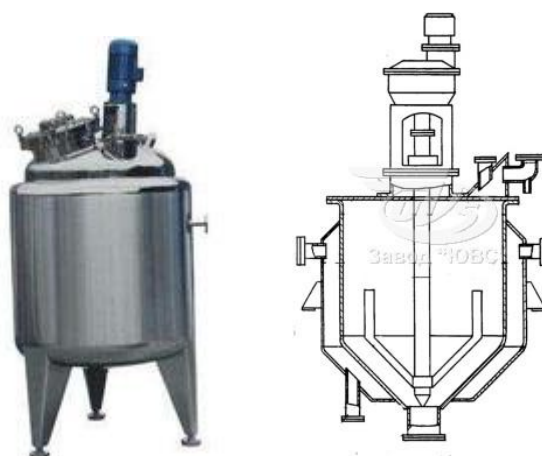


Рис. 2.6 Кристалізатор FG-3000

### Будова та принцип роботи

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Резервуар складається з корпусу, мішалки, приводу, пристрої мийного, кришки, крана, термометра скляного.

Резервуар являє собою тристінну циліндричну посудину, встановлений вертикально на опорах. Встановлюється резервуар на трьох розташованих по колу опорах і кріпиться фундаментними болтами. План розташування отворів під фундаментні болти.

Резервуар має кришку, що складається з двох половин, одна з яких легко піднімається і опускається вручну. При підйомі кришка через кінцевий вимикач відключає привід мішалки.

Мішалка має лопатеву конструкцію і встановлена під невеликим кутом.

Привід мішалки є мотор-редуктор.

Під внутрішньої ванній розміщена паророзподільних головка, до якої через трубопровід підводиться пар. Патрубок для зливу води з виведений вниз. До нього приєднані вентиль і трубопровід подачі холодної води [26].

Таблиця 2.17

### Технічна характеристика кристалізатора FG-3000

Характеристика	Значення
1	2
Тиск в корпусі робочий, МПа (мм.рт.ст.)	≤0,2
Тиск сорочці, МПа (мм.рт.ст.)	≤0,3
Об'єм, т	3
Встановлена потужність, кВт	5,5
Габаритні розміри, мм	
Діаметр	1800
Висота	3600
Напруга, В	220/380
Маса, кг	1900

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## Продуктивність і кількість одиниць обладнання

№ п/п	Найменування обладнання	Тип, марка	Потужність, об'єм	Кількість	Габаритні розміри, мм		
					довжина	висота	ширина
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Реактор-змішувач	РЗР	3200 кг	2	1600	1410	2000
2	Відцентровий насос	ЦНС 300-600	3200м <sup>3</sup> /ГОД		1295	835	862
3	Реактор синтез	BLS	3000кг	1	3500	1410	2000
4	Вакуум - випарний апарат	МЗС-320	2000 л	1	2840	1275	1750
5	Центрифуга	ФГН-2001К-01	1700 кг	1	4140	4660	4550
6	Збірник	РН-2	350 кг	2	1912	1580	1200
7	Кристалізатор	FG-3000	3т	3	4950	2130	2280
8	Центрифуга	2ОГН-2201У-03	4320		6450	5115	4690
9	Шнековий транспортер	ZD NORMIT	4 т/ГОД	1	3000	1000	3500
10	Барабана сушарка	АВМ 2700 (355 00600)	800кг/год	1	4050	1550	800

## 2.6. Розрахунок барабанної сушарки

Враховуючи що однією з основних стадії є сушіння, обираємо для технологічного розрахунку барабанну сушарку.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Сушильний агент – повітря, так як недопустиме засмічення продукту.

Схема руху сушильного агента і матеріалу в сушарці протитечійна.

Переваги:

- енергоефективна;
- легкість конструкції;

Недоліки:

- велика металоємність;
- шумність.

Барабанна сушарка, зображена на рисунку 2.7

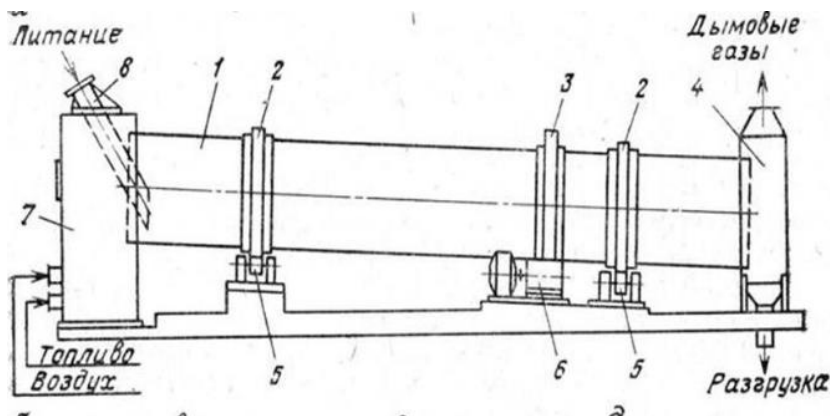


Рис.2.7 Барабанна сушарка

Барабанна сушарка складається із зварного барабана 1 з укріпленими на його зовнішній поверхні двома бандажами 2 та вінцевої шестерні 3.

Барабан встановлюють бандажами на опорні ролики 5.

Обертання барабану передається від привода 6, що складається з електродвигуна, редуктора і приводної шестерні, що перебуває в зачепленні з вінцевої шестірнею.

До верхнього торця барабана примикають топка 7 зі змішувальною камерою і завантажувальний пристрій 8, а до нижнього - розвантажувальна камера 4 для вивантаження висушеного матеріалу і відведення димових газів [27].

**Дано:**

Початкова вологість матеріалу, %,  $\omega_1=20,5$

Кінцева вологість матеріалу, %,  $\omega_2=1,5$

Насипна густина,  $\text{кг/м}^3$ ,  $\rho_n=625$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Розраховуємо аналітичним методом.

Продуктивність по сирому матеріалі  $G_1=925$  кг/год

Продуктивність по висушеному матеріалі розраховуємо за формулою 2.21

$$G_2 = G_1 \frac{100-\omega_1}{100-\omega_2} \quad (2.21)$$

$$G_2 = 925 \frac{100-20,5}{100-1,5} = 747 \text{ кг/год}$$

де  $\omega_1, \omega_2$ -відповідно вологість матеріалу до і після сушіння, %

Кількість випаруваної води визначаємо за формулою 2.22

$$W = G_1 - G_2 \quad (2.22)$$

$$W = 20,5 - 1,5 = 19\%$$

Час сушіння матеріалу в розраховуємо за рівнянням 2.23 , хв,

$$\tau = 120 \frac{\beta \rho_n}{A} \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{200 - (\omega_1 + \omega_2)} \quad (2.23)$$

де,  $\beta$  - коефіцієнт заповнення барабана,  $\beta=0,05$ ;

$\rho_n$  - насипна густина, кг/м<sup>3</sup>, 625 кг/м<sup>3</sup>;

A – напруження об'єму барабана по волозі, 8,8 кг/м<sup>3</sup>год [28].

$$\tau = 120 \frac{0,05 \cdot 625}{8,8} \cdot \frac{20,5 - 1,5}{200 - (20,5 + 1,5)} = 45$$

Об'єм барабана розраховуємо за формулою 2.24

$$V_6 = \frac{\pi D_6}{4} \cdot L_6 \quad (2.24)$$

де  $D_6, L_6$  – відповідно діаметр і довжина барабана, м;

Розрахуємо  $D_6$  за формулою 2.25

$$D_6 = 0,0188 \sqrt{\frac{V}{(1-\beta)v}} \quad (2.25)$$

де,  $v$  - швидкість повітря в барабані, м/с, 1 м/с;

V- об'ємна витрата вологого повітря, м<sup>3</sup>, 972 м<sup>3</sup>;

$$D_6 = 0,0188 \sqrt{\frac{972}{(1-0,05)1}} = 0,6 \text{ м}$$

З формули 2.26 знайдемо  $L_6$

$$L_6 = \frac{V_6 \cdot 4}{\pi (D_6)^2} = \frac{0,78 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,6^2} = 2,7 \text{ м} \quad (2.26)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відношення довжини барабана до його діаметру становить  $L_6/D_6=4,6$ , що відповідає нормам [28].

Визначимо об'єм матеріалу, який проходить через барабан,  $m^3$ , за формулою 2.27

$$G_{cp} = (G_{cp} + G_{cp})/2 \quad (2.27)$$

$$G_{cp}=(747+925)=836 \text{ кг/год}$$

Визначаємо швидкість витання частинок за формулою 2.28

$$V_{\text{вит}} = \frac{\mu_{cp}}{d\rho_{cp}} \left( \frac{Ar}{18+0,575\sqrt{Ar}} \right) \quad (2.28)$$

де  $d$  – найменший діаметр частинок матеріалу, м, 0,2 мм;

$\mu_{cp}$ ,  $\rho_{cp}$  – відповідно в'язкість в густина сушильного агента за середньої температури, 0,00101 Н·с/м<sup>2</sup>, 1,06 кг/см<sup>3</sup>[28].

$Ar$  – критерій Архімеда для газового середовища, який розрахуємо за формулою 2.29

$$Ar = \frac{gd^3\rho_{ch}\rho_{cp}}{\mu_{cp}^2} \quad (2.29)$$

де  $\rho_{ch}$  – густина частинок матеріалу кг/м<sup>3</sup>, 1,45 кг/м<sup>3</sup>

$$Ar = \frac{9,8 \cdot 0,2^3 \cdot 1,45 \cdot 1,06}{0,00101^2} = 120000 \text{ Н}$$

$$V_{\text{вит}} = \frac{0,00101}{0,2 \cdot 1,06} \left( \frac{120000}{18+0,575\sqrt{120000}} \right) = 2,65 \text{ м/с}$$

Частота обертання барабана,  $\text{хв}^{-1}$ , розрахуємо за формулою 2.30

$$n = \frac{mkL_6}{\tau D_6 tg\alpha} \quad (2.30)$$

де  $m$ ,  $k$  – коефіцієнти, що залежать відповідно від типу насадки барабана і характеру руху продукту і сушильного агента в сушарці, 0,6 та  $k=1,6$  [28].

$$n = \frac{0,6 \cdot 1,6 \cdot 2,7}{45 \cdot 0,6 \cdot tg2} = 3,2 \text{ об/хв}^{-1}$$

Потужність, яка потрібна для обертання барабана [28]

$$N = 0,078d_b^3 \cdot L_6 \cdot \rho_H \cdot \sigma \cdot n \quad (2.13)$$

де  $\rho_H$ - середня насипна густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$\sigma$ - коефіцієнт потужності, що залежить від типу насадки і коефіцієнта заповнення барабана матеріалом  $\beta$ ,  $\sigma=0,17$

$n$ - частота обертання барабана.  $3,2 \text{ хв}^{-1}$

$$N = 0,078(0,6)^3 \cdot 2,7 \cdot 625 \cdot 0,38 \cdot 3,2 = 34 \text{ кВт}$$

### 2.7. Апаратурно-технологічна схема

На Рисунку 2.8 наведено апаратурно-технологічну схему виробництва яблучної кислоти

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

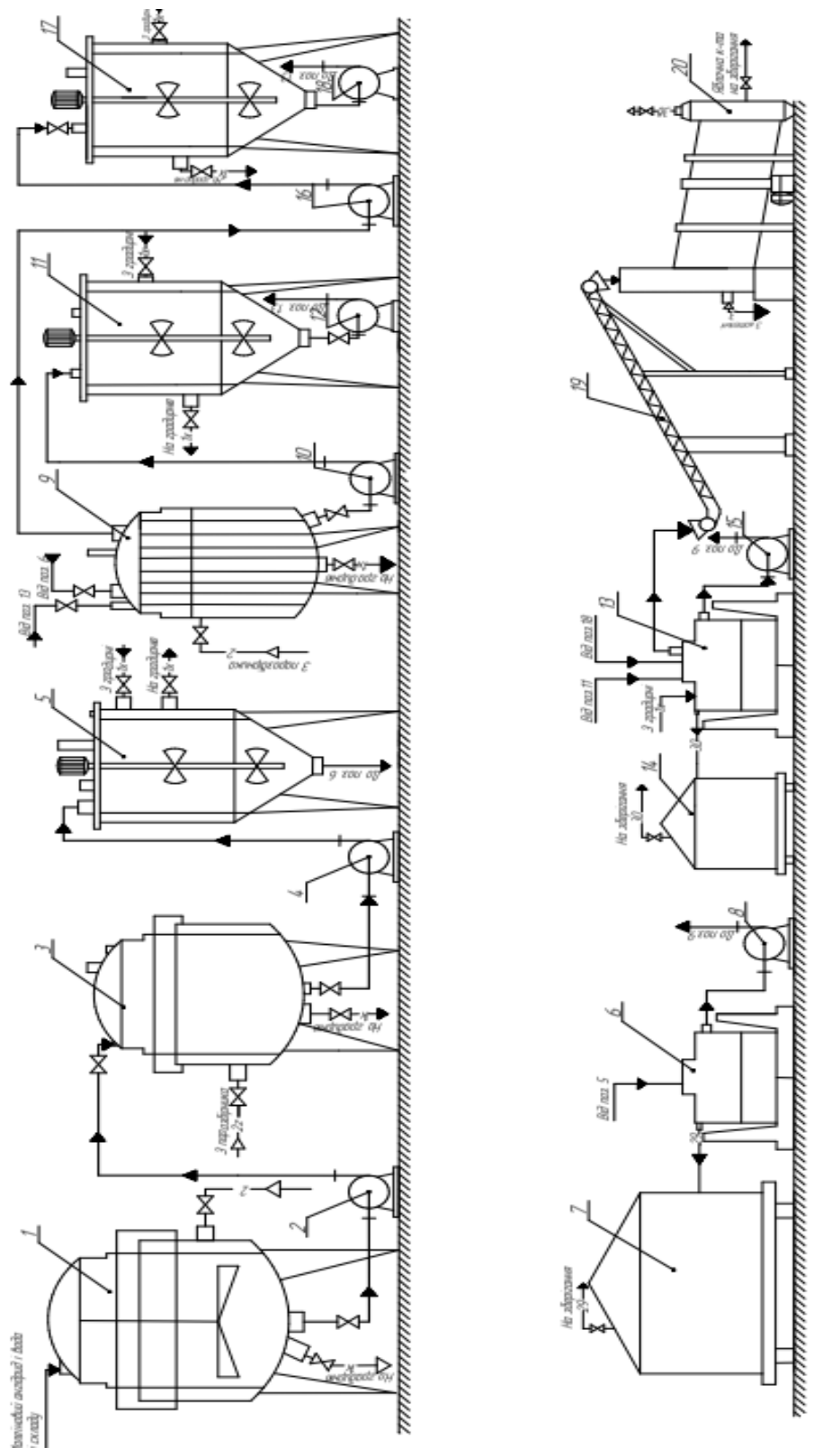


Рис. 2.8 Апаратурно-технологічна схема виробництва яблучної кислоти

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Опис апаратурно-технологічної схеми виробництва яблучної кислоти

Для одержання яблучної кислоти в реактор-змішувач **1** подають 1500 кг малеїнового ангідриду і воду за гідромодуля 1:1 кількість малеїнового ангідриду необхідного для завершення реакції становить 1500 кг .

Одержаний розчин витримують в реакторі – змішувачі **1** при повільному перемішуванні до утворення малеїнової кислоти.

Одержану малеїнову кислоту перевантажують в реактор синтезу **3** за допомогою насоса **2** для завершення реакції при температурі 150°C.

Потім її передавлюють в реактор кристалізатор охолоджувального типу **5**, за допомогою насоса **4**. При зниженні температури нижче температури кристалізації утворюються кристали фумарової кислоти, які відділяються на центрифугі **6**. Застосовують центрифуги з ручним вивантаженням осаду.

Після центрифугування фумарову кислоту, направляють у збірник **7** та виводять з виробництва, а відокремлений розчин яблучної кислоти передають в випарний апарат **9** на перший етап упарювання.

Перше упарювання проводять під вакуумом. Упарений до густини 1,26 г/см<sup>3</sup> розчин яблучної кислоти переводять в реактор-кристалізатор **11**, з використанням насоса **10**. При охолодженні до 20°C в реакторі кристалізаторі утворюються кристали малеїнової і фумарової кислоти, які відокремлюють на центрифугі **12** та збирають у збірники **13** .

Маточний розчин після центрифугування відправляють у випарний апарат **9** на другий етап упарювання. за допомогою насосу **15**. Друге випарювання проводять у вакуум-апараті. Упарюють розчин до густини 1,3 г/см<sup>3</sup> .

Розчин яблучної кислоти охолоджують в реакторі-кристалізаторі **17**, що оснащений періодичною мішалкою.

Яблучну кислоту, яка викристалізувалася відокремлюють від маточника на центрифугі **13**, яку перекачали насосом **18**.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одержані при центрифугуванні кристали яблучної кислоти через шнековий транспортер **19** потрапляють в барабану сушарку **20**, де висушуються до стандартної вологості готового продукту.

Вихід яблучної кислоти становить 750 кг при завантаженні 3000 кг сировини.

Готову товарну яблучну кислоту відправляють на зберігання.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## РОЗДІЛ ІІІ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 3.1. Розрахунок економічного балансу

Розрахунок собівартості 1 кг продукції по статтям калькуляції собівартості.

Витрати, пов'язані з виробництвом і збутом (реалізацією) продукції групуються за статтями:

- 1) сировина та матеріали;
- 2) покупні комплектуючі вироби, напівфабрикати, роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств та організацій;
- 3) паливо й енергія на технологічні цілі;
- 4) зворотні відходи (вираховуються);
- 5) основна заробітна плата;
- 6) додаткова заробітна плата;
- 7) відрахування на соціальне страхування;
- 8) витрати пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва продукції;
- 9) відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення та інші спеціальні витрати;
- 10) витрати на утримання та експлуатацію обладнання;
- 11) загально виробничі витрати;
- 12) загальногосподарські витрати;
- 13) витрати в наслідок технічного неминучого браку;
- 14) попутна продукція ( вираховується);
- 15) інші виробничі витрати;
- 16) позавиробничі ( комерційні витрати) [29].

*1. Розраховуємо витрати по статті «Сировина та основні матеріали»*

					<b>ННІХТ.4-15.020. 161.055.ДП.ПЗ</b>				
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					
Розраб		Катеринич Л. Р.			<b>ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ</b>		Літера	Арк	Аркушів
Пров		Радзівєвська І. Г.						55	81
Н. Контр.		Подобій О.В.					<b>НУХТ. Каф. ТЖХТ</b>		
Затв.		Носенко Т.Т.							

До статті калькуляції “Сировина та матеріали” включається вартість сировини та матеріалів, що використовується в процесі виробництва продукції для забезпечення нормального технологічного процесу. Ці витрати включаються безпосередньо до собівартості окремих видів продукції.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.1

Таблиця 3.1

**Яблучна кислота E296**

Найменування компонентів	Норма витрат на 750 кг продукції, кг	Ціна 1 кг сировини, грн. / кг	Вартість сировини та основних матеріалів, грн
Малеїновий ангідрид	1500	38,00	57000
Вода демінералізована	1500	3,00	4500
Всього			61500

Розраховуємо транспортні витрати по доставці сировини та основних матеріалів.

Транспортні витрати по доставці сировини та основних матеріалів приймаємо у розмірі 5% від їх вартості:

$$61500 \times 0,05 = 3075 \text{ грн/кг}$$

Всього витрат по статті:

$$61500 + 3075 = 64575$$

2. *Розраховуємо витрати по статті «Напівфабрикати власного виробництва».*

При виробництві харчової добавки по цій статті витрати відсутні.

3. *Розраховуємо витрати по статті «Допоміжні та таропакувальні матеріали».*

До статті калькуляції "Допоміжні і таропакувальні матеріали" відносять вартість матеріалів, які, не будучи складовою частиною продукції, що виробляється, присутні в її виготовленні або використовуються в процесі виробництва готової продукції для забезпечення нормального технологічного процесу. Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.2

## Допоміжні та таропакувальні матеріали

№ п/п	Сировина	Од. вим.	Норми витрат сировини на 750 кг продукції	Вартість одиниці сировини, грн.	Вартість сировини на 750 продукції, грн
1	Пакет	шт.	30	8	240
	Всього				240

Розраховуємо транспортні витрати по доставці допоміжних та таропакувальних матеріалів:

$$240 \times 0,05 = 12 \text{ грн}$$

Всього витрат по статті:

$$240 + 12 = 252 \text{ грн}$$

4. *Розраховуємо витрати по статті «Покупні напівфабрикати, роботи і послуги виробничого характеру сторонніх організацій».*

При виробництві харчової добавки витрати по цій статті відсутні.

5. *Розраховуємо витрати по статті «Паливо та енергія на технологічні потреби»*

До статті “Паливо та енергія на технологічні потреби ” відносяться витрати на всі види палива і енергії (як одержані від сторонніх підприємств та організацій, так і виготовлені самим підприємством), які використовуються безпосередньо в процесі виробництва продукції.

Кількість та вартість палива на технологічні цілі визначаються на основі об’єму виробництва, норм витрат умовного палива на одиницю продукції і цін на паливо. Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.3

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

### Паливо та енергія на технологічні потреби

№ п/п	Назва сировини	Од. вим.	Норми витрат сировини на 750 кг продукції	Вартість одиниці сировини, грн	Вартість сировини на 750 кг продукції, грн.
1	Пара	ГкаЛ	600	178,00	106800
2	Вода	м <sup>3</sup>	989	2	1978
3	Електроенерг	кВт	15500	1,70	26350
	Всього				135128

Всього витрат по статті: 135128грн

#### 6. Розраховуємо витрати по статті «Зворотні відходи»

При виробництві харчові добавки витрати по цій статті відсутні.

#### 7. Розраховуємо витрати по статті «Основна заробітна плата робітників»[29].

До статті “Основна заробітна плата” відносяться витрати на виплату основної заробітної плати, обчисленої згідно з прийнятими підприємством системи оплати праці, у вигляді тарифних ставок (окладів) і відрядних розцінок для робітників, зайнятих виробництвом продукції.

Для цього розраховуємо ефективний річний фонд робочого часу одного робітника. Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.4

Таблиця 3.4

#### Розрахунок річного ефективного фонду робочого часу одного робітника(дні)

Календарний фонд	365
Святкові дні	10
Вхідні дні	104
Номінальний фонд робочого часу	251
Поточні відпустки	24
Неявки за хвороб	3
Декретна відпустка	2
Відпустки у зв'язку з навчанням	1
Неявки з дозволу адміністрації	0,5
Прогули	0,1
Виконання громадських та державних обов'язків	0,1
Ефективний фонд робочого часу	220
Тривалість робочої зміни	8
Річний фонд робочого часу одного робітника	1760

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Тривалість зміни 8 годин робочого часу.

Річний ефективний фонд робочого часу одного робітника – 1760 год/рік.

Розрахунки витрат по статті 7 "Основна заробітна плата робітників" зводимо до таблиці.

Потрібна чисельність робітників складає 4 робітника за зміну для здійснення процесу виробництва харчової добавки. Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.5

Таблиця 3.5

### Основна заробітна плата робітників

№ п/п	Посада робітника	Розряд	Кількість робітників	Годинна тарифна ставка, грн.	Ефективний фонд робочого часу, год.	Річний тарифний фонд заробітної плати, грн.
1	Наладчик	4	1	11,57	1760	20363,2
2	Оператор лінії	4	1	11,57	1760	20363,2
3	Фасувальник	4	2	11,57	1760	40726,4
	Всього		8			81452,8

Розраховуємо основну заробітну плату робітників за 750 кг готової продукції.

Робітники працюють в одну зміну.

Продуктивність підприємства 750 кг/цикл, річна продуктивність :

Визначаємо річний обсяг виробництва:

$$220 \times 750 = 165000 \text{ кг/рік}$$

Витрати по статті 7 «Основна заробітна плата робітників» на 750кг готової продукції становлять:  $81452,8 / 165000 = 0,493$  грн./кг

8. Розрахуємо витрати по статті «Додаткова заробітна плата робітників»

До статті калькуляції відносяться витрати на виплати виробничому персоналу підприємства додаткової заробітної плати, нарахованої за працю понад встановлені норми, за трудові успіхи та винахідливість,

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за особливі умови праці. Вона включає в себе доплати, надбавки, гарантійні та компенсаційні виплати, передбачені законодавством, премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій.

Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 25-40 % від фонду основної заробітної плати.

Витрати по цій статті на 1 кг готової продукції складають:  $0,493 \times 0,30 = 0,148$  грн/кг

*9. Розрахуємо витрати по статті «Відрахування на соціальне страхування».*

До статті входять відрахування на обов'язкове державне соціальне страхування, відрахування на державне (обов'язкове) пенсійне страхування (до Пенсійного фонду), відрахування до Фонду на обов'язкове соціальне страхування на випадок безробіття та до інших Фондів згідно Законодавства України.

Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 41,42% від суми основної та додаткової заробітних плат.

Витрати по цій статті на 750 кг готової продукції складають:

$(0,493 + 0,148) \times 0,4142 = 0,265$  грн./кг

*10. Розрахуємо витрати по статті «Витрати пов'язані з підготовкою і освоєнням нових видів продукції».*

До даної статті калькуляції належать підвищені витрати на виробництво нових видів продукції в період їх освоєння, а також витрати, пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва продукції, не призначеної для серійного та масового виробництва, на освоєння нового обладнання, на винахідництво і раціоналізацію.

Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 5 % від фонду основної заробітної плати [29].

Витрати по цій статті складають:  $0,493 \times 0,05 = 0,024$  грн./кг

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*11. Розрахуємо витрати по статті «Витрати на утримання та експлуатацію обладнання»*

До статті калькуляції "Витрати на утримання й експлуатацію машин та обладнання" належать витрати на утримання і ремонт виробничого обладнання і робочих місць, засобів цехового транспорту, амортизацію обладнання й транспортних засобів та інше.

Витрати на утримання й експлуатацію машин та обладнання в кожному цеху стосуються тільки тих видів продукції (робіт, послуг), які виготовляються в цьому цеху й розподіляються за видами продукції (робіт, послуг) пропорційно до суми основної заробітної плати основних робітників.

Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 140 -160 % від фонду основної заробітної плати.  $0,493 \times 1,40 = 0,69$  грн./кг

*12. Розрахуємо витрати по статті «Загальновиробничі витрати».*

До статті калькуляції "Загальновиробничі витрати" належать витрати на обслуговування цехів і управління ними.

Загальна величина витрат на утримання й експлуатацію машин та обладнання, а також загальновиробничих витрат підприємства в цілому є сумою відповідних витрат цехів основного виробництва. Ці самі витрати допоміжних цехів включаються до собівартості продукції підприємства через собівартість робіт і послуг, що виконуються допоміжними цехами для основного виробництва [29].

Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 200 % від фонду основної заробітної плати.

Витрати по цій статті складають:  $0,493 \times 2,00 = 0,99$  грн. /кг

**Цехова собівартість** складає:

$61500 + 252 + 135128 + 0,493 + 0,148 + 0,265 + 0,024 + 0,69 + 0,99 =$   
грн/кг=196882,61

*13. Розрахуємо витрати по статті «Адміністративні витрати»*

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До статті калькуляції "Адміністративні витрати" належать витрати на загальне обслуговування і управління підприємством.

Адміністративні витрати складаються загалом по підприємству.

Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 300% від фонду основної заробітної плати.

Витрати по цій статті складають:  $0,493 \times 3,00 = 1,48$  грн./кг

*14. Розрахунок витрат по статті «Попутна продукція»*

Не виконується, так як при виробництві готової продукції попутної продукції немає.

*15. Розрахуємо витрати по статті «Витрати на збут»*

Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 2,4 % від виробничої собівартості.

$196882,61 \times 0,024 = 4725,18$  грн/кг

*16. Розрахуємо витрати по статті «Інші операційні витрати»*

Витрати по цій статті приймаємо у розмірі 0,5% від виробничої собівартості.

$196882,61 \times 0,05 = 9844,13$  грн/кг

Результати розрахунку зводимо в таблицю 3.6

*Таблиця 3.6*

**Розрахунок собівартості виробництва 750 кг яблучної кислоти**

**E296**

№ п/п	Стаття собівартості	Сума витрат, грн/кг
1	2	3
1	Сировина і основні матеріали	61500
2	Напівфабрикати власного виробництва	-
3	Допоміжні та таропакувальні матеріали	252
4	Покупні напівфабрикати, роботи та послуги виробничого характеру сторонніх виробництв та організацій	-
5	Паливо та енергія на технологічні потреби	135128
6	Зворотні відходи	-
7	Основна заробітна плата робітників	0,49
8	Додаткова заробітна плата робітників	0,148

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9	Відрахування на соціальне страхування	0,265
10	Витрати пов'язані з підготовкою і освоєнням нових видів продукції	0,024
11	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	0,69 грн
1	2	3
12	Загальновиробничі витрати	0,99
	Цехова собівартість	196882,61
13	Адміністративні витрати	1,48
14	Попутна продукція	-
15	Витрати на збут	4725,18
16	Інші витрати	9844,13
17	Повна собівартість	253741,08

Вартість 1 кг одержаного продукту відповідно буде дорівнювати:

$$\text{Спр} = 253741,08 / 750 = 338,32 \text{ грн}$$

$$338,32 \cdot 0,75 = 84,58$$

$$338,32 + 84,58 = 422,99$$

На сьогоднішній день середня ринкова ціна 1 кг яблучної кислоти складає 280 грн. З розрахунку на це рентабельність виробництва складатиме:

$$P = (280 - 422,99 / 290) \times 100 \% = 45,8\%$$

## РОЗДІЛ IV. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

### 4.1. Контроль якості готової продукції

Харчова добавка E296 являє собою DL-яблучну кислоту.

Харчова яблучна кислота добре розчиняється у воді і легко розчинна в етанолі.

За органолептичними показниками харчова яблучна кислота повинна відповідати вимогам, зазначеним в таблиці 4.1 [14].

Таблиця 4.1

#### Органолептичні показники

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд, колір	Кристалічний білий порошок або гранули
Запах	Без запаху
Примітка - допускається відтінок за кольором	

За фізико-хімічними показниками харчова яблучна кислота повинна відповідати вимогам, зазначеним в таблиці 4.2 [14].

Таблиця 4.2

#### Фізико-хімічні показники

Найменування показника	Характеристика (значення) показника
<b>1</b>	<b>2</b>
Масова частка основної речовини, %, не менше	99,0 *
Температура плавлення, ° С	Від 127 до 132 включ.
Масова частка фумарової кислоти, %, не більше	1,0
Масова частка малеїновий кислоти, %, не більше	0,05
Тест на Малатья	Витримує випробування
* Відповідно до [1] або нормативними правовими актами, що діють на території держави, яка прийняла стандарт.	

					<b>ННІХТ.4-15.020. 161. 064.ДП.ПЗ</b>					
Змн.	Арк.		Підпис	Дата	<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>					
Розраб	Катеринич Л. Р.							Літера	Арк	Аркушів
Пров	Радзієвська І. Г.								64	81
Н. Контр.	Подобій О.							<b>НУХТ. Каф. ТЖХТ</b>		
Затв.	Носенко Т. Т.									

## Упаковка

1. Харчову яблучну кислоту упаковують в продуктиві мішки з мішечних тканин по ГОСТ 30090, відкриті паперові мішки марки НМ і ПМ по нормативному документу, що діє на території держави, яка прийняла стандарт, ящики з гофрованого картону для харчових продуктів по ГОСТ 13511. Всередину продуктивих мішків з мішечних тканин, паперових мішків марки НМ, ящиків з гофрованого картону повинні вставлятися мішки-вкладиші з ГОСТ 19360 з поліетиленової нестабілізованої плівки марки Н і товщиною не менше 0,08 мм по ГОСТ 10354.

Тип і розміри мішків, граничну масу упаковуваної харчової яблучної кислоти встановлює виробник.

2. Полімерні мішки-вкладиші після їх заповнення заварюють або зав'язують шпагатом з луб'яних волокон по ГОСТ 17308 або двониточним полірованим шпагатом по документу, відповідно до якого він виготовлений, так, щоб була забезпечена герметичність упаковки.

3. Верхні шви тканинних і паперових мішків повинні бути зашиті машинним способом лляними нитками по ГОСТ 14961 або іншими нитками, що забезпечують механічну міцність шва.

4 Допускається застосування інших видів упаковки, що забезпечують збереження харчової яблучної кислоти при зберіганні і транспортуванні і виготовлених з матеріалів, які відповідають вимогам, встановленим або нормативними правовими актами, що діють на території держави, яка прийняла стандарт [14].

### *Правила приймання*

1. Харчову яблучну кислоту приймають партіями. Партією вважають кількість харчової яблучної кислоти одного найменування, отримане за один технологічний цикл, в однаковій упаковці, вироблене одним виробником за одним документом, що супроводжується документацією, що забезпечує простежуваність продукції.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Для перевірки відповідності харчової яблучної кислоти вимогам даного стандарту проводять приймально-здавальні випробування за якістю упаковки, правильності нанесення маркування, маси нетто, органолептичними і фізико-хімічними показниками та періодичні випробування за показниками, які забезпечують безпеку.

3. При проведенні приймально-здавальних випробувань застосовують одноступінчатий вибірковий план при нормальному контролі, спеціальному рівні. Контроль якості упаковки і правильності маркування проводять зовнішнім оглядом усіх пакувальних одиниць, що потрапили у вибірку.

4. Контроль маси нетто харчової яблучної кислоти в кожній пакувальній одиниці, попала у вибірку, проводять по різниці маси брутто і маси пакувальної одиниці, звільненої від вмісту [14].

5. Якщо число пакувальних одиниць у вибірці, що не відповідають вимогам щодо якості упаковки, правильності маркування і масі нетто харчової яблучної кислоти, більше або дорівнює бракувальному числу контроль проводять на подвоєному обсязі вибірки від цієї ж партії. Партію приймають, якщо виконуються умови.

6. При отриманні незадовільних результатів за органолептичними та фізико-хімічними показниками хоча б по одному показнику проводять повторні випробування за цим показником на подвоєній обсязі вибірки від цієї ж партії. Результати повторних випробувань є остаточними і поширюються на всю партію. При повторному отриманні незадовільних результатів випробувань партію бракують.

7. Органолептичні і фізико-хімічні показники харчової яблучної кислоти в пошкодженій упаковці перевіряють окремо. Результати випробувань поширюють тільки на харчову яблучну кислоту в цій упаковці.

8. Порядок і періодичність контролю показників, що забезпечують безпеку (вміст миш'яку, свинцю, ртуті), встановлює виробник в програмі виробничого контролю S-4, прийнятному рівні якості AQL, рівному 6,5 [14].

#### *Методи контролю*

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### *Визначення масової частки основної речовини*

Метод заснований на нейтралізації кислоти розчином гідроксиду натрію в присутності фенолфталеїну.

Абсолютне значення різниці між результатами двох паралельних визначень, отриманими в умовах відтворюваності при ГОСТ 32748-2014 Додатки харчові. Кислота яблучна E296. Технічні умови  $P = 95\%$ , не перевищує межі відтворюваності ГОСТ 32748-2014 Додатки харчові. Кислота яблучна E296. Технічні умови  $R = \pm 0,40\%$ .

Межі абсолютної похибки визначення масової частки яблучної кислоти  $\pm 0,2\%$  при ГОСТ 32748-2014 Додатки харчові. Кислота яблучна E296. Технічні умови  $P = 95\%$ .

### *Визначення масових часток малеїнової і фумарової кислот полярографічним методом*

Метод заснований на різній здатності ненасичених карбонових кислот відновлюватися на ртутному катоді при електролізі. Зміна потенціалу ртутно-крапельного електрода в залежності від проходить через розчин електричного струму реєструється у вигляді вольтамперних кривих, які називаються полярограмами [14].

Абсолютне значення різниці між результатами двох паралельних визначень, отриманими в умовах відтворюваності при ГОСТ 32748-2014 Додатки харчові. Кислота яблучна E296. Технічні умови  $P = 95\%$ , не перевищує межі відтворюваності ГОСТ 32748-2014 Додатки харчові. Кислота яблучна E296. Технічні умови  $R = 0,0040\%$ .

Межі абсолютної похибки визначень суми масової частки малеїнової і фумарової кислот  $\pm 0,002\%$  при ГОСТ 32748-2014 Додатки харчові. Кислота яблучна E296. Технічні умови  $P = 95\%$ .

### *Тест на Малатя*

Метод заснований на утворенні забарвленої азосполуки в результаті реакції азотування яблучної кислоти з сульфаніловою кислотою, нітритом натрію в лужному середовищі.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Яблучна кислота витримує випробування на вміст Малаття, якщо розчин забарвлюється в червоний колір [14].

*Транспортування і зберігання*

1 . Харчову яблучну кислоту перевозять в критичних транспортних засобах усіма видами транспорту відповідно до правил транспортування вантажів, що діють на відповідних видах транспорту.

2. Харчову яблучну кислоту зберігають в упаковці виробника в сухих опалюваних складських приміщеннях на дерев'яних стелажах чи піддонах при температурі від 10°C до 25 °C і відносній вологості повітря не більше 70%.

3. Термін придатності встановлює виробник.

Рекомендований термін придатності харчової яблучної кислоти - два роки з дня виготовлення[14].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

## РОЗДІЛ V. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Завдання в галузі охорони праці

Відповідно до закону України “Про охорону праці” охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарногігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров’я і працездатності людини в процесі праці.

Основні функції й завдання керування охороною праці

Основні функції керування охороною праці: організація й координація робіт, облік показників стану умов і безпеки праці, аналіз та оцінка стану умов і безпеки праці, планування й фінансування робіт, контроль за функціонуванням системи керування охороною праці, стимулювання працівників.

Основні завдання керування охороною праці: навчання працівників безпечним методам праці й пропаганда питань з охорони праці; забезпечення безпеки технологічних процесів, виробничого устаткування, будинків і споруд; забезпечення працівників засобами індивідуального захисту; забезпечення оптимальних режимів праці й відпочинку працівників; нормалізація санітарно-гігієнічних умов праці; професійний відбір працівників за професіями; організація лікувально-профілактичного обслуговування працівників; удосконалення нормативної бази питань з охорони праці [30].

### 5.2. Аналіз пожежної безпеки

Пожежа – неконтрольований процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і навколишнього природного середовища

					<b>ННІХТ.4-15.020. 161. 069.ДП.ПЗ</b>		
Змн.	Арк.		Підпис	Дата			
Розраб		Катеринич Л. Р.			Літера	Арк	Архивів
Пров		Радзівєвська І. Г.				69	81
Н. Контр.		Подобій О. В.			<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.</b>		
Затв.		Носенко Т. Т.					

Уражальні чинники пожежі – підвищена температура (екстремальний нагрів) середовища, теплове випромінювання, дим, токсичні продукти згоряння, знижена концентрація кисню в повітрі – можуть призвести до опіків, отруєння леткими продуктами згоряння, травмування чи загибелі людей, матеріальних збитків, погіршення стану довкілля.

Основні причини виникнення пожеж на підприємствах:

- 1) порушення правил улаштування та експлуатації електроустаткування;
- 2) необережне поводження з вогнем;
- 3) підпали;

***Пожежну безпеку забезпечують такі основні компоненти виробництва:***

- технічна система, яка передбачає надійність обладнання, використання безпечних технологій, визначає обсяг вибухопожежонебезпечних речовин, проектні рішення, впровадження систем виявлення та гасіння пожеж, розміщення обладнання тощо;
- персонал, його підготовка, забезпечення регламентами та правилами роботи;
- система управління.

Для гасіння пожеж на підприємстві застосовують стаціонарні водяні установки автоматичного пожежогасіння.

Ця установка складається з мережі трубопроводів, запасних резервуарів, насосної станції, водозбірних споруд. На трасах трубопроводів як зовнішньої, так і внутрішньої мережі змонтовано пожежні крани, до яких приєднують рукави з брандспойтами.

У приміщеннях, де зберігаються горючі матеріали, споруджують спринклерні або дренчерні установки. Це система трубопроводів, що розташовані під стелею приміщення і обладнані зрошувальною системою.

Спринклерна установка завжди заповнена водою під тиском 0,4 МПа. Спринклерні зрошувачі вмикаються автоматично, якщо у приміщенні виникає пожежа і температура підвищується до граничної межі. Всі

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зрошувальні головки мають спеціальний легкоплавкий замок, який, нагріваючись до температури (72, 93, 141 °С) плавиться і відкриває отвір, з якого вода у вигляді зрошувального факела подається до зони горіння.

Спринклерні установки обладнані також сигнальним пристроєм для виклику пожежної команди.

Дренчерна установка подібна до спринклерної, але має зрошувальні головки відкритого типу. Дренчерна установка вмикається вручну або за допомогою автоматичного пристрою.

На даному виробництві використовують такий тип вогнегасників: хімічно-пінний (ВП-9ММ), який відзначається високою ефективністю дії [31].

### **5.3. Освітлення та повітря робочої зони**

Повітря робочої зони залежно від хімічного складу, фізичних властивостей, наявності забруднюючих чинників може бути сприятливим, несприятливим або небезпечним.

Сприятливим повітряне середовище в робочій зоні буває тоді, коли воно має відповідну чистоту, нормальні хімічні показники та нормальний мікроклімат.

Основні заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату:

- удосконалення технологічних процесів та устаткування (впровадження нових технологій, які не пов'язані з проведенням робіт в умовах інтенсивного нагріву дозволить зменшити виділення тепла у виробничі приміщення);
- раціональне розміщення технологічного устаткування (найкращим є розміщення обладнання, що виділяє тепло, в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках);
- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами;
- раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря;
- раціоналізація режимів праці та відпочинку;
- застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів;

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

• використання засобів індивідуального захисту (спецодяг повинен бути повітро- та вологопроникним, мати зручний крій; для роботи в екстремальних умовах застосовують спеціальні костюми з металізованої тканини; для захисту очей – окуляри; обличчя – маски з прозорим екраном) [32].

Залежно від джерел світла *освітлення* може бути природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу;

Штучним, що створюється електричними джерелами світла, та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Основним нормативним документом, відповідно до якого здійснюється нормування освітлення в нашій країні є ДБН В.2.5–28–2006.

Для створення сприятливих умов зорової роботи освітлення робочих приміщень повинне задовольняти таким умовам:

- рівень освітленості робочих поверхонь має відповідати гігієнічним нормам для даного виду роботи;

- мають бути забезпечені рівномірність та часова стабільність рівня освітленості у приміщенні, відсутність різких контрастів між освітленістю робочої поверхні та навколишнього простору, відсутність на робочій поверхні різких тіней (особливо рухомих); у полі зору предмета не повинен створюватися сліпучий блиск;

- штучне світло, що використовується на підприємствах, за своїм спектральним складом має наближатися до природного;

- не створювати небезпечних та шкідливих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпеку ураження струмом, пожежо та вибухонебезпечність);

- бути надійним, простим в експлуатації та економічним [33].

#### **5.4. Захист від шуму, ультразвуку, інфразвуку та вібрації**

*Шум*

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Інтенсивний виробничий шум є одним з основних шкідливих факторів сучасних виробництв[34].

Тривала дія інтенсивного шуму призводить до швидкої стомлюваності, емоційної нестійкості, ослаблення уваги, вираженого комплексу дратівливої слабкості, головного болю, запаморочень. Дані явища знижують працездатність людини, призводять до помилок у своїй діяльності [35-36].

Часто знизити шум до допустимих значень загальнотехнічними методами неекономічно або практично неможливо, основними заходами для запобігання професійних захворювань працюючих стає, застосування засобів індивідуального захисту, найбільш поширеними серед яких є протишумні навушники. вони забезпечують надійний захист, гігієнічні і зручні в застосуванні. Коли працівники задоволені умовами праці, створюється позитивна робоча атмосфера, яка в підсумку веде до підвищення економічної ефективності діяльності роботодавця. Вимоги до допустимих рівнів інфразвуку на робочих визначаються в "Санітарних нормах виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку" (ДСН 3.3.6.037-99).

Джерелами інфразвуку є виробниче устаткування, в якому генеруються інфразвукові коливання для виконання технологічного процесу, а також обладнання, при використанні якого інфразвук виникає як супровідний фактор. ДСН 3.3.6.037-99 визначає допустимі рівні звукового тиску для робочих місць вимірюваного інфразвуку у третьоктавних смугах з середньгеометричними частотами. Так, для середньгеометричних частот 2, 4, 8 та 10 Гц рівень звукового тиску не повинен перевищувати 105 дБ [37].

Найбільш ефективним і практично єдиним засобом боротьби з інфразвуком є зниження його в джерелі. При виборі конструкцій перевага повинна віддаватися малогабаритним машинам великої твердості, тому що в конструкціях із плоскими поверхнями великої площі і малої твердості створюються умови для генерації інфразвуку. Боротьбу з інфразвуком у

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

джерелі виникнення необхідно вести в напрямку зміни режиму роботи технологічного устаткування - збільшення його швидкодійності [38].

### *Ультразвук*

Ультразвук широко використовуються в промисловості.

Джерелами таких коливань є генератори, які працюють в діапазоні частот від 12 до 22 кГц. Його вплив спостерігається на віддалі 25-50 м від обладнання.

Ультразвук викликає функціональні порушення нервової системи, головний біль, зміни кров'яного тиску та складу і властивостей крові, зумовлює втрату слухової чутливості, підвищену втомлюваність.

За способом передачі від джерела до людини ультразвук поділяють на: повітряний (передається через повітря) та контактний (передається на руки людини, що працює через тверде чи рідинне середовище).

За спектром ультразвук поділяють на: низькочастотний, який передається людині повітряним чи контактним шляхом та високочастотний (передаються людині контактним шляхом).

Для унеможливлення впливу контактного ультразвуку роботи з коливними середовищами необхідно проводити при вимкненому джерелі ультразвуку або використовувати спец. інструменти, що мають еластичне покриття. Як засоби індивідуального захисту використовують протишумові навушники та двошарові гумові рукавички [32].

### *Вібрації*

**Вібрація** – механічне коливання пружних тіл при низьких частотах (3-100 Гц) з великими амплітудами (0,5-0,003 мм). Фізично вібрація характеризується частотою, амплітудою, швидкістю, прискоренням. Ці ж параметри враховуються для гігієнічної оцінки вібрацій.

У автоматизованих виробництвах засобом боротьби є дистанційне керування (виключає контакт) відповідним технологічним процесом. А у неавтоматизованих виробництвах використовують такі засоби та заходи:

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Зниження вібрації в джерелах їх виникнень:  
підвищення точності опрацювання деталей;  
оптимізація технологічного процесу;  
поліпшення балансування.

2. Відстройка від режимів резонансу (збільшення жорсткості системи);

вібродемпфірування (пружинні віброізолятори).

Поліпшення організації праці вібронебезпечних процесів:

загальна кількість робочого часу в контакті з віброобладнанням не повинна перевищувати зміни;

одноразова дія не повинна перевищувати для локальної - 20 хвилин, для загальної - 40 хвилин.

До лікувально - профілактичних заходів відносяться: масаж; заходи, що загально укріплюють організм; гідропродцедури. Вібрація має властивість кумуляції (накопичення в організмі) [39].

### **5.5. Охорона навколишнього середовища**

У процесі виробництва харчової добавки захист навколишнього середовища від тимчасових впливів технологічного процесу забезпечується наступними заходами:

- максимально можлива герметизація технологічного устаткування, арматури, трубопроводів, транспортної тари;
- застосування закритих ємкостей для сировини і напівпродуктів;
- очистка забруднених стоків від промивки обладнання та після санітарної підготовки приміщень, у цеху нейтралізації й очистки промислових стічних вод, без попередньої очистки зливаються у каналізацію;
- у процесі експлуатації устаткування максимально виключене пилоутворення;
- спрямування твердих горючих відходів на установку термічного знешкодження відходів виробництва для спалення;

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пристрій місцевих відсмоктувачів (пилососів) у місцях підвищеного пилоутворення з наступною передачею на циклон для поглинання та очистки відпрацьованого повітря;
- поглинання пилу продукту рукавними фільтрами на сушарці «Глатт».

Системи вентиляції, опалення та кондиціонування повітря у комплексі з технологічними заходами щодо зменшення шкідливих виробничих речовин разом з архітектурно-планувальними та конструктивними рішеннями будівель і приміщень забезпечують метеорологічні умови і концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень відповідно до нормативних вимог.

Для забезпечення чистоти повітря у приміщеннях використовують вентиляцію. За допомогою вентиляції видаляється забруднене або нагріте повітря та подається свіже. Механічна вентиляція переміщення повітря у приміщенні здійснюється вентиляторами. Використовується загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція, тобто зміна повітря здійснюється у всьому приміщенні.

До основних елементів даної вентиляції відносяться вентилятори, повітропроводи, а також прилади для обробки повітря: калорифери для нагріву та фільтри для очистки [31].

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

1.Проведено літературний пошук даних стосовно хімії та технології отримання виробництва харчової яблучної кислоти – E296. Проаналізовано фізико – хімічні властивості, вплив на організм людини, сфери застосування.

2.Показано, що виробництво яблучної кислоти гідратацією малеїнової кислоти є доцільним і економічно вигідним, гарантує виробництво яблучної кислоти високого ступеня чистоти, та застосування її в харчовій промисловості, а також вирішення проблем частої зміни обладнання в зв'язку з його корозією.

3.Проаналізовано та удосконалено технологію отримання яблучної кислоти з малеїнової кислоти, розраховано матеріальний, тепловий, економічний баланс, запропоновано принципово – технологічну та апаратурно – технологічну схеми. зроблений підбір обладнання, та проведено розрахунок барабанної сушарки, як одного з основного обладнання виробництва яблучної кислоти.

					<b>ННІХТ.4-15.020. 161. 077. ДП.ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розраб</i>		<i>Катеринич Л. Р.</i>			<b>ВИСНОВКИ</b>	<i>Літера</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Пров</i>		<i>Радзієвська І. Г.</i>					77	81
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О. В.</i>				<b>НУХТ. Каф. ТЖХТ</b>		
<i>Затв.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сарафанова Л.А. Пищевые добавки: Энциклопедия. – СПб.: ГИОРД, 2004. –808 с.
2. Нечаев А. П. Пищевая химия / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова.- СПб.: ГИОРД, 2003. – 640 с.
3. Тюрина Л.Е. Пищевые добавки: учеб. пособие / Л.Е. Тюрина, Н.А. Табаков; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2008. – 92 с.
4. Применение химических консервантов, антиокислителей, стабилизаторов и ионообменных смол / [Ю. Н. Лясковская, В. П. Крылова, В. И. Воловинская та ін.]. – Москва: Пищевая промышленность, 1967. – 183 с.
5. Ластухін Ю. О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості. Навч. посібник.- Львів: Центр Європи, 2009. - 836 с.
6. Савочкина И. В. Пищевые добавки, применяемые в общественном питании учебное пособие / И. В. Савочкина. – Брянск: Мичуринский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2015. – 128 с.
7. Євлаш В. В. Харчові добавки короткі конспекти лекцій / В. В. Євлаш, І. М. Гурікова. – Харків: Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2013. – 73 с.
8. Jensen W. B. Malic, Maleic and Malonic Acid / W. B. Jensen. // University of Cincinnati Cincinnati. – 2007. – P. 1–2.
9. Méthode de nomenclature chimique / L.. Guyton de Morveau, A. Lavoisier, C. Berthollet, C. Fourcroy. – Paris: Cuchet, 1878. – 150 p.
10. See the translations in G. M. Richardson, Ed., The Foundations of Stereo Chemistry; Memoirs by Pasteur, van't Hoff, Le Bel, and Wislicenus, American Book Co: New York, NY, 1901.
11. Дослідження процесу виділення кислот з відходів виробництва плодово-ягідних напоїв / А. С.Анацький, Л. А. Шквиренко, В. Ю.Трішина, В. Ю.

					<b>ННІХТ.4-15.020. 161.078. ДП.ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		Літера	Арк	Аркушів
Розраб		Катеринич Л. Р.			<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>		78	81
Пров		Радзівєвська І. Г.						
Н. Контр.		Подобій О. В.						
Затв.		Носенко Т.Т.						
						<b>НУХТ. Каф. ТЖХТ</b>		

Четверикова. // Хімічні технології. Біотехнології. – 2017. – С. 101–105.

12. Факеева С. А. Характеристика яблочной кислоты и основные способы её получения / С. А. Факеева. // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. – 2017. – №16. – С. 1–7.

13. Патент Способ производства яблочной кислоты и установка для его осуществления / С. А. Геворкян, Г. А. Егиазарян, А. А. Агабабов, Т. Г. Лебедева., 2013.

14. ГОСТ 32748-2014 Добавки пищевые. Кислота яблочная E296. Технические условия. [Чинний від 2016-01-01].М.: Стандартинформ, 2015. 30 с. (Межгосударственный стандарт).

15.ГОСТ 11153 – 53. Ангидрид малеиновый технический. Технические условия (С изменениями № 1, 2).[ Срок действия с 01.07.76 до 01.07.95] М.: Издательство стандартов, 1993. 10 с. (Межгосударственный стандарт).

16. Молдавский Б. Л. Малеиновый ангидрид и малеиновая кислота / Б. Л. Молдавский, Ю. Д. Кернос. – Москва: Химия, 1976. – 84 с.

17. Скар І. В. Методичні вказівки до самостійної роботи «Сировина, вода та енергія в хімічній промисловості» з дисципліни «Загальна хімічна технологія» призначені для студентів університету всіх спеціальностей денної форми навчання / І. В. Скар, А. О. Костинюк, А. А. Чернишов. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2013. – 34 с.

18. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання /уклад.: О.Г Макаренко, О.В Подобій, Т.М. Бойчук та ін. – К.: НУХТ, 2020. – 66 с.

19. 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.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						79

20. Реакторы - смесители РЗР- 500 РЗР- 1000 РЗР- 2000 РЗР- 3000 з роторно- выхревым способом перемешивания: веб- сайт. URL: [http://fitohimfarm.com.ua/ru/mashinostroitel'naja\\_produkcija.html](http://fitohimfarm.com.ua/ru/mashinostroitel'naja_produkcija.html) (дата звернення: 26. 05. 2020 ).
21. Центрифуги ФГН: веб- сайт. URL: <https://www.centsys.ru/> (дата звернення: 26. 05. 2020 ).
22. Барабанная сушила (конвекционная) АВМ: веб- сайт. URL: <https://normit.ru/product/item/sushilka-barabannaya-konvektsionnaya-abm> (дата звернення: 26. 05. 2020 ).
23. Вакуум - выпарная установка веб- сайт. URL: [http://www.agro-mash.ru/260308\\_vak\\_vyp\\_yst.html](http://www.agro-mash.ru/260308_vak_vyp_yst.html) (дата звернення: 23. 05. 2020 ).
24. Вакуум-выпарной аппарат, МЗС-320 веб- сайт. URL: [https://www.equipnet.ru/equip/equip\\_62072.html](https://www.equipnet.ru/equip/equip_62072.html) (дата звернення: 23. 05. 2020 )
25. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв / [М. В. Стасевич, А. О. Милянч, І. О. Гузьова та ін.]. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 408 с.
26. Кристаллизатор Г2-ОТ2 веб- сайт. URL: [https://moltechsnab.ru/kristallizator\\_g2-ot2-a](https://moltechsnab.ru/kristallizator_g2-ot2-a) (дата звернення: 23. 05. 2020 ).
27. Аналіз способів підготовки палива та спалюванням у котлах теплових електричних станцій веб-сайт. URL: <http://masters.donntu.org/2013/fmf/taranenko/diss/indexu.htm> (дата звернення: 23. 05. 2020).
28. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: Навч. посіб. / За ред. проф. І.Ф. Малежика. — К.: НУХТ, 2012. — 543 с.
29. Економіка підприємства харчової промисловості / [А. О. Заїнчковський, Г. М. Решетюк, Г. А. Болдуй та ін.]. – Київ: Урожай, 1998. – 272 с.
30. Охорона праці в галузі. Методичні рекомендації та контрольні завдання для студентів заочної форми навчання спеціалістів та магістрів специфічних категорій соціальних наук і бізнеса та права / С.І. Чеберячко, Ю.І. Чеберячко,

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

О.О. Яворська, О.В. Столбченко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 50 с.].

31. Пожежна безпека веб- сайт. URL: <https://studfile.net/preview/5010344/page:3/> (дата звернення: 22. 05. 2020).

32. Безпека життєдіяльності та охорона праці / [П. С. Атаманчук, Р. М. Білик, В. В. Мендерецький та ін.]. – Кам'янець-Подільський: Друк-Сервіс, 2017. – 108 с.

33. Рекомендації щодо організації гасіння пожеж підрозділами МНС на промислових об'єктах підвищеної небезпеки з наявності небезпечних хімічних речовин: наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 22.09. 2011. № 1017. *Офіційний вісник України*. 2011. № 20. 30 с.

34. Актуальные проблемы науки и техники – 2016: сб. статей, докл. и выступлений IX Междунар.науч.-практ. конф. молодых ученых — Уфа: «Нефтегазовое дело», 2016. Т. 2. – 326 с

35. 4. Измерова Н.Ф., Кириллова В.Ф. Гигиена труда. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 592 с.

36. Михайлов Л.А. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов вузов; 4-е изд. – М.: Академия, 2012. - 272 с.

37. Охорона праці під час виготовлення та монтажу будівель і споруд з металевих конструкцій / [В. В. Сафонов, Л. М. Діденко, В. В. Стрежикуров та ін.]. – Київ: Основа, 2004. – 384 с.

38. Ультразвук и инфразвук веб- сайт. URL: <https://avcentr.prom.ua/a26449-ultrazvuk-infrazvuk.html> (дата звернення: 21. 05. 2020).

39. Параметри вібрації веб- сайт. URL: <https://studfile.net/preview/7416313/page:2/> (дата звернення: 22. 05. 2020).

Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						81