

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

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

«До захисту в ЕК»
Директор інституту
_____ О.В. Кочубей-Литвиненко
(підпис) (ініціали та прізвище)

« ___ » _____ 2021 р.

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

« ___ » _____ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Хімічна технологія

на тему: Удосконалення технології отримання сахарину

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 4

Нелюбіна Олександра Олексіївна
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

Керівник Подобій Олена Валеріївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____ (підпис)

Консультанти Житнецький І.В.
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Рецензент Бондаренко С.П.
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Т.Т.Носенко

“09” квітня 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Нелюбіної Олександри Олексіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання сахарину

керівник роботи Подобій Олена Валеріївна, к.т.н., доцент

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи потужність виробництва становить 2000 кг/добу

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	11.05.2021р.	01.06.2021р.

7. Дата видачі завдання 09.04.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач

_____ (підпис)

Нелюбіна О.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Подобій О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 96 С., 21 РИС., 20 ТАБЛ., 45 ДЖЕРЕЛ.

Темою кваліфікаційної роботи бакалавра є удосконалення технології отримання сахарину.

Обґрунтовано вибір оптимальної технології отримання сахарину та розглянуто шляхи її удосконалення, що полягають у введенні другого етапу очищення даного продукту. Запропоновано принципову технологічну схему отримання сахарину.

Розраховано матеріальний баланс, згідно якого за зміну отримуємо 2000 кг сахарину. Проведено підбір основного технологічного обладнання за всіма стадіями технологічного процесу. Розраховано реактор з рамною мішалкою, в якому проходить основний процес – окиснення. Згідно розрахунків апарат має висоту – 8,3 м, діаметр – 3,2 м; рамна мішалка здійснює 24 об./хв. і має висоту – 5 м та діаметр – 2,5 м. Відповідно до розрахованих даних матеріального балансу та проведеного підбору основного технологічного обладнання запропоновано апаратурно-технологічну схему виробництва сахарину.

Розраховано техніко-економічну ефективність технології виробництва сахарину та показано, що рентабельність даного виробництва складає 10 %, а прибуток – 17789826,5 грн на 2000 кг виробленої продукції. Запропоновано заходи з організації контролю якості вихідної сировини та сахарину відповідно до нормативних документів.

Запропоновані заходи з охорони праці та охорони довкілля на виробництві сахарину, а також обґрунтовано екологічну безпеку запропонованої технології.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: САХАРИН, УДОСКОНАЛЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, АПАРАТУРНА СХЕМА, РЕАКТОР З РАМНОЮ МІШАЛКОЮ, ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ХАРЧОВА ДОБАВКА, ПІДСОЛОДЖУВАЧ.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 96 P., 21 FIG., 20 TABL., 45 SOURCES.

The topic of the bachelor's qualification work is the improvement of the technology for obtaining saccharin.

The choice of the optimal technology for obtaining saccharin is justified and the ways of its improvement, consisting in the introduction of a second stage of purification of this product, are considered. Also, there was offered a principle-technological scheme of technology for obtaining saccharin.

There has been calculated the material balance, according to which we get 2000 kg of saccharin per shift. The selection of the main technological equipment for all stages of the technological process has been carried out. Has been calculated a reactor with a frame stirrer, where the main process – which is oxidation – takes place. According to the calculations, the height of the reactor is 8,3 m, diameter – 3,2 m; the frame stirrer makes 24 rev/min and has a height of 5 m and diameter of 2,5 m. According to the calculated data of the material balance and the selection of equipment, there has been offered hardware and process flowchart of the production of saccharin.

Has been calculated the technical and economic efficiency of technology of saccharin's production and has been showed that the profitability of this production is 10 %, and the profits totals in 17789826,5 hrn per 2000 kg of products. Also, there have been proposed the measures to organize quality control of raw materials and saccharin in accordance with regulatory documents.

Have been offered the measures for the protection of labor and the environment in the production of saccharin, as well as has been justified the environmental safety of the proposed technology.

KEYWORDS: SACCHARIN, IMPROVEMENT, PROCESS FLOWCHART, HARDWARE FLOWCHART, REACTOR WITH FRAME STIRRER, ECONOMICS, WORK SAFETY, ECOLOGICAL SAFETY, FOOD ADDITIVE, SWEETENERS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1 Властивості харчової добавки E954.....	10
1.1.1 Фізико-хімічні властивості сахарину.....	10
1.1.2 Канцерогенність сахарину.....	11
1.2 Економічність та вплив на навколишнє середовище.....	12
1.3 Галузі використання сахарину.....	13
1.4 Кількісне визначення добавки E954 в продуктах харчування.....	14
1.5 Стан сировинної бази.....	15
1.6 Технології отримання сахарину.....	16
1.6.1 Метод Фальберга і Рамсена.....	16
1.6.2 Метод В.К. Матвєєва.....	17
1.6.3 Електролітичний метод.....	18
1.6.4 Метод компанії Maumee Chemical.....	18
1.7 Шляхи удосконалення технології отримання сахарину.....	19
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	20
2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	20
2.2 Опис принципової технологічної схеми.....	24
2.3 Матеріальний розрахунок.....	28
2.4 Тепловий розрахунок.....	43
2.5 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання.....	46
2.5.1 Підбір обладнання.....	46
2.5.2 Розрахунок реактора з рамною мішалкою.....	56
2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	62
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	66

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нелюбіна О.О.</i>			ЗМІСТ	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркунів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Подобій О.В.</i>					6	96
<i>Н.контр.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>			НУХТ Каф. ТЖХТ			
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	72
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	77
5.1 Охорона праці на підприємстві.....	77
5.1.1 Основні вимоги з охорони праці.....	77
5.1.1.1 Засоби індивідуального захисту на підприємстві.....	78
5.1.1.2 Заходи безпеки від виробничих шумів, вібрацій технологічного обладнання, ураження електричним струмом та випромінювань.....	79
5.1.1.3 Заходи із забезпечення нормативного мікроклімату та чистоти повітря.....	80
5.1.2 Пожежна безпека.....	82
5.1.3 Шкідливі речовини та їх нормування.....	83
5.2 Охорона навколишнього середовища на виробництві.....	89
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	93

ВСТУП

Відомо, що ріст числа багатьох захворювань – серцево-судинної системи, ожиріння, карієсу та інших, безпосередньо пов'язаний із підвищеним споживанням вуглеводів. Вуглеводи цукристих кондитерських виробів швидко піддаються дії травних ферментів, інтенсивно всмоктуються, внаслідок чого виникають коливання рівня глюкози у крові. Проблему раціонального харчування можна вирішити шляхом застосування підсолоджувачів, що не впливають на глікемічну криву та не містять калорій. Окрім харчової промисловості, підсолоджувачі є широко використовуваними речовинами для створення косметичних засобів по догляду за гігієною рота, також їх вводять у фармацевтичні препарати з метою надання їм приємного солодкого смаку.

Сахарин, відомий як харчова добавка E954, дозволена Об'єднаною експертною комісією з харчових добавок (JECFA) Всесвітньої організації охорони здоров'я та Науковим комітетом з харчових продуктів Європейського союзу для використання в якості підсолоджувача. Сахарин використовують більш ніж в 90 країнах, у тому числі в Україні. Даний підсолоджувач має великий спектр застосування у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості.

Отже, **актуальною є проблема** створення нових методів отримання сахарину та вдосконалення вже існуючих, з метою одержання продукту високої якості та ступеня чистоти, який можна використовувати для отримання низькокалорійних продуктів, а також вводити в склад різних фармацевтичних та косметичних засобів.

Об'єктом дослідження є технологія отримання сахарину харчового.

Предметом дослідження є підсолоджувач – сахарин.

Метою роботи є пошук шляхів удосконалення технології отримання

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ доквм</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Нелюбіна О.О.			ВСТУП	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркшів</i>
<i>Перевір.</i>		Подобій О.В.					8	96
<i>Н.контр.</i>		Бойчук Т.М.			НУХТ Каф. ТЖХТ			
<i>Затверд.</i>		Носенко Т.Т.						

харчової добавки E954 – сахарину.

Було поставлено наступні завдання дипломного проекту:

- виконати аналітичний огляд науково-технічної літератури з метою вивчення фізико-хімічних властивостей сахарину, його показників безпеки, ознайомитись з сучасними методами отримання сахарину та сферами його застосування;

- охарактеризувати вихідну сировину для отримання харчової добавки E954, розробити принципову технологічну схему та здійснити опис розробленої технології отримання;

- розрахувати матеріальний і тепловий баланси виробництва та на їх основі виконати підбір основного технологічного обладнання;

- виконати розрахунок та креслення апарату, в якому проходить основний процес виробництва;

- розробити апаратно-технологічну схему та здійснити її опис;

- навести економічні розрахунки з метою визначення доцільності розробленої технології отримання сахарину;

- навести показники якості та безпечності отриманої продукції, організацію системи контролю якості на запроектованому виробництві;

- запропонувати заходи з екологічної безпеки запропонованого виробництва та охорону праці для об'єкта, що розробляється.

Апробація результатів. Neliubina O. Development of a recipe for gel toothpaste with saccharin E954 / O. Neliubina, N. Sabadash // 87 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", 15-16 April 2021 – K.: NUFT, 2021. – P.2. – p. 259.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		ВСТУП	

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Властивості харчової добавки E954

1.1.1 Фізико-хімічні властивості сахарину

Сахарин ($C_7H_5NSO_3$) – це органічна сполука, яка являє собою імід орто-сульфобензойної кислоти. Структурна формула сахарину зображена на рис. 1.1.

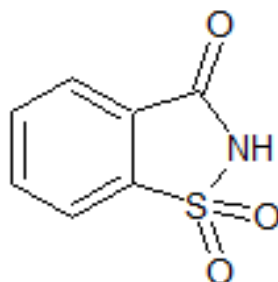


Рис. 1.1 Структурна формула сахарину

В харчовій промисловості сахарин зареєстрований в якості харчової добавки E954, як підсолоджувач. Це біла кристалічна речовина, солодка на смак. Коефіцієнт солодкості сахарину становить 300-500 одиниць. 1 грам сахарину розчиняється в 290 мл холодної води або в 25 мл гарячої води, в 50 мл гліцерину, 31 мл етанолу або 12 мл ацетону. Сахарин розчиняється в лугах, практично не розчинний в хлороформі, добре екстрагується етиловим і петролейним ефірами. Розчинність сахарину у воді збільшується при додаванні лимонної, винної або оцтової кислоти.

Сахарин являє собою сильну кислоту ($pK_a = 1,3$) і володіє здатністю до димеризації, рН 0,35% водного розчину сахарину становить 2,0. Температура плавлення кристалів 228-229°C, а теплота згоряння – 3644,3 кДж/моль. Вологість сахарину складає 0,1% [1]. Він стійкий під час нагрівання протягом 1 години при температурі 150°C у буферних розчинах з рН 3.0-9.0, але нестійкий до дії кислот [2]. У разі приготування кислих страв (з рН менше 7) сахарин розкладається з утворенням орто-сульфобензойної кислоти, яка має неприємний присмак фенолу [3].

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нелюбіна О.О.			АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Подобій О. В.					10	96
Н. Контр.		Бойчук Т.М.			НУХТ Каф. ТЖХТ			
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Натрієва і кальцієва солі сахарину солодкі на смак. Обидві солі добре розчинні у воді: 0,67 г/мл при кімнатній температурі. По інтенсивності солодкого смаку кальцієва сіль сахарину поступається натрієвій. Тому, найчастіше використовується саме натрієва сіль сахарину, яка кристалізується з двома молекулами води (кристалоза). Безводний продукт отримують сушінням протягом 4 годин за температури 120°C. Водні розчини даної солі мають нейтральне або слабко лужне середовище та стабільні при рН 3,3-7,0 [2].

Для сахарину характерні хімічні реакції, які пов'язані із заміщенням амідного водню (утворення солей, N-алкіл- та N-арилпохідних), а також конденсація з фенолом. Похідні сахарину вступають в реакцію нуклеофільного заміщення, внаслідок чого відбувається розкриття ізотіазольного циклу (рис.1.2).

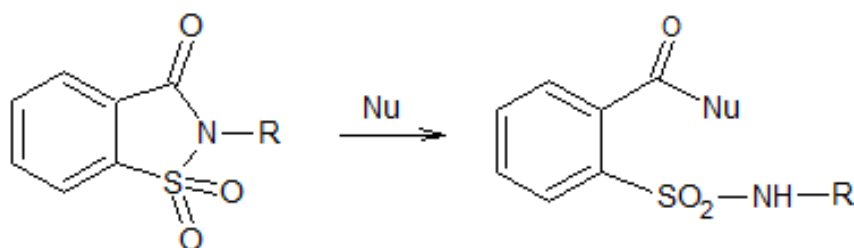


Рис.1.2 Характерна реакція для сахарину

Як і інші підсолоджувачі, сахарин не володіє поживними властивостями і є типовим ксенобіотиком. Він не засвоюється організмом і 98% виводиться з сечею [3]. За смаком він відрізняється від цукрози, адже має післясмакову гіркоту і металевий присмак, який потрібно маскувати. Тому, використовуються суміші з сахарином для компенсації його недоліків. Добре інгібує гіркий смак сахарину фруктоза. Так, суміш, що складається з 99,7% фруктози та 0,3% сахарину, має добрий смак і солодкість у 3-4 рази більшу, ніж цукроза [4]. В суміші цикламат-сахарин 10:1 кожен із підсолоджувачів маскує неприємний присмак іншого. Також, сахарин часто використовують з аспартамом в дієтичних газованих безалкогольних напоях.

1.1.2 Канцерогенність сахарину

Ще з 1960-х років широкому загалу стало відомо, що сахарин є канцерогеном. В 1977 році провели дослідження, які показали збільшення показника захворюваності на рак сечового міхура серед лабораторних щурів.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			11

яким згодували великі дози сахарину. В тому ж році американська FDA (Food and Drug Administration) запропонувала заборонити використання сахарину в харчовій промисловості, як це зробили Канада і СРСР. Однак Конгрес США замість заборони наклав вимоги, щоб всі продукти, що містять сахарин, містили на упаковці попередження про можливість захворювання на рак.

Трохи пізніше ці припущення були спростовані – лабораторні тварини дійсно хворіли на рак, але тільки у тому випадку, якщо їм згодували сахарин в кількостях, порівнянних з їх власною вагою [5]. Крім цього, були озвучені думки, що дослідження 1977 року проводилися без відпрацьованої методики і без оглядки на фізіологію людського організму.

Пропозиція щодо заборони сахарину була відкликана FDA в 1991 році. В 2000 році Конгрес скасував закон про вказування можливої шкоди, що завдається здоров'ю, на упаковках.

На сучасному етапі сахарин схвалений Об'єднаною експертною комісією з харчових добавок (JECFA) Всесвітньої організації охорони здоров'я та Науковим комітетом з харчових продуктів Європейського союзу. Він дозволений більш ніж в 90 країнах. Допустима добова доза сахарину становить 5 мг на 1 кг маси тіла, або приблизно 300 мг на добу. Вважається, що при дотриманні цієї дози, небезпеки для здоров'я продукт не несе [4].

Однак його безпека вимагає подальшого вивчення та щоденне застосування даної добавки не бажано. Інститут харчування РАМН не рекомендує застосовувати сахарин у харчування для вагітних жінок та дітей, тому даний продукт не можна зареєструвати як «підсолоджувач для дитячих лікарських форм» [6].

1.2 Економічність та вплив на навколишнє середовище

В сучасному світі підсолоджувачі є дуже популярними речовинами на споживчому ринку. Окрім того, що вони безкалорійні та не впливають на глікемічну криву, велика кількість підсолоджувачів коштують дешевше, ніж цукор. Дані речовини часто мають низьку вартість через їх тривалий термін

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			12

зберігання, а також вони використовуються у набагато менших кількостях через їх високий коефіцієнт солодкості, що призводить до меншої витрати продукту.

Безпека продукції – це відсутність будь-якого ризику для життя, здоров'я, майна споживача і навколишнього природного середовища при звичайних умовах використання, зберігання, транспортування й утилізації продукції [7]. В першу чергу харчова добавка – підсолоджувач не повинна мати негативного впливу на здоров'я людини, але не менш важливим є її вплив на навколишнє середовище. Наразі не має достовірної інформації про негативний вплив сахарину на навколишнє середовище. Дана добавка має схвалення відразу від декількох організацій, що займаються охороною здоров'я людини і навколишнього середовища:

- Експертна комісія з харчових добавок (JECFA);
- Науковий комітет з харчових продуктів Європейського співтовариства;
- Всесвітня організація охорони здоров'я (WHO).

1.3 Галузі використання сахарину

В харчовій промисловості сахарин використовують як столовий підсолоджувач, у виробництві хлібобулочних виробів, безалкогольних та дієтичних напоїв, молочних продуктів, сухих сніданків, жувальних гумок, консервованих фруктів, джемів, повидла, соусів для салатів, желе та інших десертів.

Окрім харчової промисловості, похідні сахарину використовуються в якості фунгіцидів, гербіцидів і антибактеріальних препаратів. Сахарин послаблює роботу травних ферментів і виявляє бактерицидні властивості, які перевершують по силі дії фенол і саліцилову кислоту, взяті в тих же дозах [8]. Сахарин та його кальцієві і цинкові солі входять до складу композицій, що використовуються для виготовлення тонерів лазерних принтерів і копіювальних апаратів [9]. Відзначається, що невеликі добавки іміду 2-сульфобензойної кислоти можуть впливати на перебіг вулканізації гум за допомогою пероксидів.

Також сахарин використовується у фармацевтичній промисловості при виробництві мультівітамінів, протизапальних засобів тощо. У пероральних

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

фармацевтичних препаратах сахарин використовується в концентрації 0,02–0,5% та може застосовуватися при отриманні жувальних таблеток. Також сахарин вводять в склад гігієнічної продукції по догляду за порожниною рота, таких як зубні пасти та ополіскувачі [1].

Продукт взаємодії тетрагідрохіноліну та сахарину знаходить застосування в складі композицій на основі метакрилатів, що використовуються як клеї для металів [10].

1.4 Кількісне визначення добавки E954 в продуктах харчування

В продуктах харчування сахарин можна визначити методом високоефективної рідинної хроматографії. Метод заснований на екстрагуванні сахарину з проби водою або розведенні проби водою, очищення екстракту методом твердофазної екстракції або за допомогою реактивів Карреза і подальшому кількісному визначенні сахарину за допомогою ВЕРХ із застосуванням хроматографічної колонки з обернено-фазовим сорбентом і спектрофотометричного детектування при довжині хвилі 220 нм.

При кількісному визначенні вимірюють площу або висоту піків аналізованих речовин на хроматограмі розчину проби і співвідносять їх з концентрацією аналізованих речовин в градуювальному розчині з найбільш близькими значеннями площі або висоти піків цих речовин, або використовують градуювальний графік.

Для побудови градуювального графіка проводять хроматографічний аналіз достатнього числа градуювальних розчинів з відповідними концентраціями аналізованих речовин. За результатами цих аналізів будують графік залежності висоти або площі піку аналіту від його масової концентрації в градуювальних розчинах, вираженої в міліграмах на кубічний дециметр. Перевіряють лінійність градуювального графіку.

Потім розраховують масову частку в мг/кг, або масову концентрацію в мг/дм³, сахарину за формулою 1.1:

$$W \text{ (або } \rho) = \frac{A_1 \cdot V_1 \cdot m_1 \cdot F}{A_2 \cdot V_2 \cdot m_0} \cdot 1000 \quad (1.1)$$

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			14

Де A_1 – площа піку сахарину, який визначають, отримана при аналізі розчину проби;

V_1 – об'єм розчину проби, см^3 (при дотриманні умов стандарту він дорівнює 100 або 500 см^3);

m_1 – маса сахарину, який визначають, в градуювальному розчині (V_2), мг;

F – кратність розведення для використаного методу очищення (при колонній очистці – 10, при очищення розчинами Карреза – 1);

A_2 – площа піку сахарину, отримана при аналізі градуювального розчину;

V_2 – об'єм стандартного розчину, см^3 (при дотриманні умов стандарту він дорівнює 100 см^3);

m_0 – маса (об'єм) проби аналізу, г (см^3) [11].

1.5 Стан сировинної бази

Піком використання сахарину були 1982-1983 рр., потім попит на нього дещо знизився і зафіксований на сталому рівні [4]. Виробництво сахарину в світі складає понад 28 тис. т за рік. Зараз, основним виробником сахарину є Китай, який поставляє близько 80 т сахарину в місяць. Щорічне споживання сахарину у США становить більш як 3 тис. т і головним його споживачем є фармацевтична промисловість. У Японії споживають близько 1 тис. т на рік, в Болгарії і Угорщині його використовують в обмежених кількостях для діабетичного харчування, а в Канаді, Франції і Італії його споживання заборонено. У Великобританії не дозволяється додавати сахарин у шоколад і морозиво [12].

На основі сахарину, в тому числі в поєднанні з іншими підсолоджувачами, виробляють широкий асортимент виробничих і столових підсолоджувачів, частина яких рекомендована для діабетиків. Так, ізраїльська фірма BISCOL випускає на основі сахарину безкалорійні і слабкалорійні підсолоджувачі під маркою сукразіт (Sucrazit), в тому числі столові, у вигляді порошку, таблеток і в рідкому вигляді. У Німеччині на основі сахарину випускають, в формі порошку і у таблетованому вигляді, термо- і морозостійкий підсолоджувач Суслі (Susli), в тому числі для домашнього застосування, 1 г якого замінює 100 або 200 г сахарози. У Чехії на базі сахарину випускають підсолоджувач діанер зі ступенем

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			15

солодкості до 500, для діабетиків – суалін зі ступенем солодкості 125. У США для домашнього вжитку на основі сахарину з додаванням глюкози випускають низькокалорійний підсолоджувач Sweet in low з солодкістю 15 [6]. Також підсолоджувач входить до складу сумішей: Sucron (сахарин і цукор), Hermesetas Mini Sweeteners (на основі сахарину), Great life (сахарин і циклакат), Maitre (сахарин і циклакат), KRUGER (сахарин і циклакат) та ін.

Прогноз для сахарину, як окремого продукту: попит на нього буде падати, тому що передбачається зростання сумішей підсолоджувачів, у яких сахарин знайде своє місце завдяки привабливій ціні [4].

1.6 Технології отримання сахарину

1.6.1 Метод Фальберга і Рамсена

Харчову добавку E954 – сахарин отримують декількома способами. Першим і найвідомішим є спосіб Фальберга та Рамсена – одержання сахарину на основі толуолу. Отримання сахарину починається з сульфування толуолу хлорсульфоновою кислотою, при цьому одержують орто- і пара- заміщені сульфонілхлориди. Орто- ізомер відокремлюють і за допомогою аміаку перетворюють в сульфонамід. Цю сполуку окиснюють для одержання відповідної кислоти, яка у результаті дегідратації циклізується і перетворюється на сахарин [2].

Хімізм процесу продемонстрований на рис.1.3:

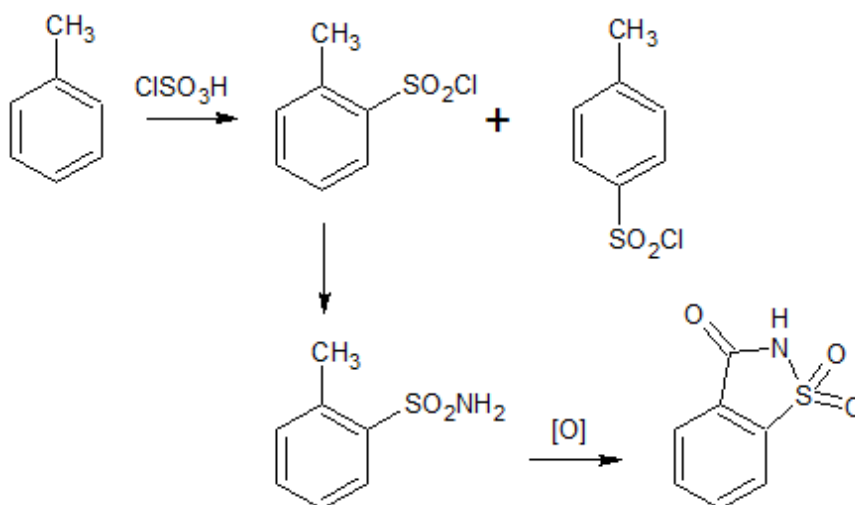


Рис.1.3 Отримання сахарину методом Фальберга і Рамсена

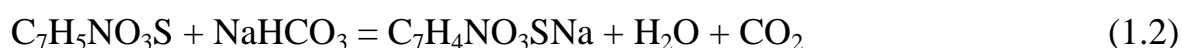
1.6.2 Метод В.К. Матвєєва

Також, сахарин можна отримати більш скороченим шляхом. Так у 1945 році В.К. Матвєєв розробив патент на отримання сахарину з орто-толуолсульфонамїду. За цим методом чистий сухий орто-толуолсульфамїд розмішують при звичайній температурі з 90-% сірчаною кислотою до повного зникнення частинок твердого амїду. Отриманий розчин і 50-% водний розчин бїхромату натрію поступово додають до 60-% сірчаної кислоти протягом 10-15 годин. Температура реакційної маси постійно підтримується в межах 35-40°C при достатньо енергійному перемішуванні.

Через 1 годину після початку окиснення з маси починає випадати кристалічний осад сахарину. По закінченню додавання розчинів, отриману масу перемішують ще 1 годину при 35-40°C. Після цього масу розбавляють рівним об'ємом води, охолоджують до температури 5-15°C, а потім фільтрують осад сахарину і промивають його на фільтрі невеликою кількістю води. Для розведення маси і промивання осаду сахарину замість води доцільно застосовувати промивні води і фільтрат від виділення чистого сахарину з попередніх операцій.

Для відділення від випадкових механічних домішок відфільтрований і промитий сахарин переводять за допомогою соди, поташу, магнезиту або крейди і достатньої кількості теплої води в розчин. До отриманого розчину додають невелику кількість розчину бісульфіту натрію для розкислення слідів окиснювача і фільтрують муть. Фільтрат підкисляють соляною кислотою до повного осадження сахарину, осад сахарину відфільтровують, промивають водою і сушать при 30-40°C до сталої маси. Вихід сахарину за даним методом отримання складає 87-92% від теоретично можливого [13].

Хімізм процесу продемонстрований у рівняннях (1.1) - (1.4).



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



1.6.3 Електролітичний метод

Крім того, відомі електролітичні способи окиснення о-толуолсульфонаміда в сахарин. Спочатку в електролізер завантажують амід о-толуолсульфонової кислоти, 60-% сірчану кислоту і сірчаноокислий хром. Потім пропускають струм напругою 2,5-3 В в кількості 6000 а/г при 20-85°C. Після цього суспензію зливають та відокремлюють від розчину кристали сахарину з незмінним амідом. Розчин повертають у електролізер, а сахарин очищують відомим способом.

Спосіб отримання сахарину електролітичним окисненням амиду о-толуолсульфонокислоти в сірчаноокислому розчині солей хрому, відрізняється тим, що процес проводять в електролізері, катод якого поміщений всередині металевого посуду з дрібними отворами, що перешкоджають попаданню кристалів сахарину і амиду о-толуолсульфонокислоти в катодний простір електролізера [14].

1.6.4 Метод компанії Maumee Chemical

В 1950 році компанією Maumee Chemical Company (Толедо, Огайо) був розроблений інший метод отримання сахарину. В цьому синтезі метилантранілат послідовно реагує з азотистою кислотою (із нітриту натрію і соляної кислоти), діоксидом сірки, хлором і потім з аміаком з утворенням сахарину [15]. Хімізм процесу продемонстрований на рис.1.4.

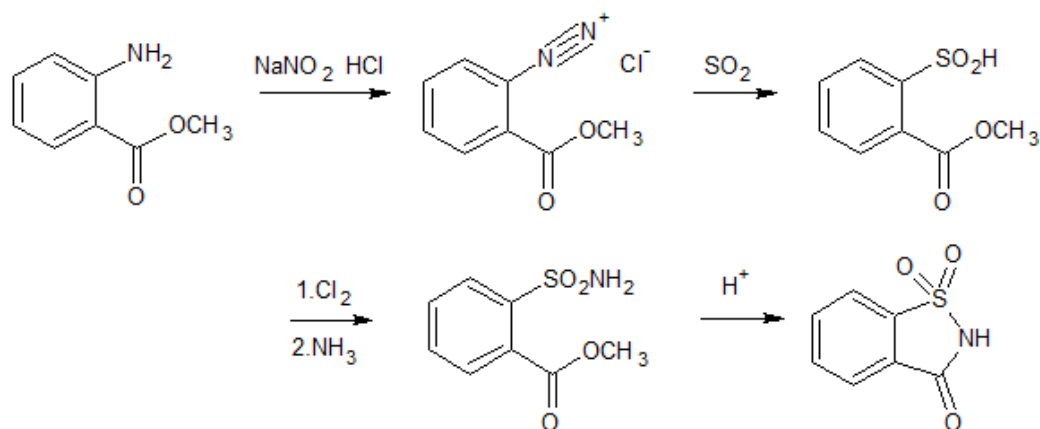


Рис.1.4 Отримання сахарину методом Maumee Chemical Company

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			18

1.7 Шляхи удосконалення технології отримання сахарину

Було описано метод отримання сахарину з використанням в якості вихідних компонентів о-толуолсульфонаміду, розчинів сульфатної кислоти (60 і 90 %) та біхромату натрію. Даний метод передбачає приготування двох розчинів: о-толуолсульфонаміду з 90 %-вою сульфатною кислотою та 50 %-вого розчину біхромату натрію з 60 %-вою сульфатною кислотою. Потім ці розчини подають на окиснення, внаслідок чого утворюється сахарин. Після охолодження та фільтрування отриманої маси, сахарин очищують розчином соди для видалення випадкових механічних домішок. Далі відбувається друге очищення розчином бісульфіту натрію з метою розкислення слідів окиснювача. Отриману масу фільтрують, підкисляють розчином соляної кислоти для повного осадження сахарину і сушать для видалення зайвої вологи з цільового продукту. В результаті отримують кристали сахарину з $T_{пл} = 228-229^{\circ}\text{C}$.

Цей метод має ряд переваг:

- відносно низька вартість вихідної сировини та простота виконання синтезу;
- два процеси очищення, внаслідок чого отримують якісний продукт високого ступеня чистоти;
- високий вихід кінцевого продукту – 87-92%.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			19

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва

З метою отримання сахарину в якості вихідних компонентів використано о-толуолсульфонамід, сульфатну кислоту, біхромат натрію, гідрокарбонат натрію, бісульфіт натрію та хлоридну кислоту.

О-толуолсульфонамід – є вихідною сировиною для отримання сахарину. Він являє собою кристалічний порошок білого кольору. Його хімічна формула – $C_7H_9NO_2S$. Структурна формула даного аміду зображена на рис.2.1

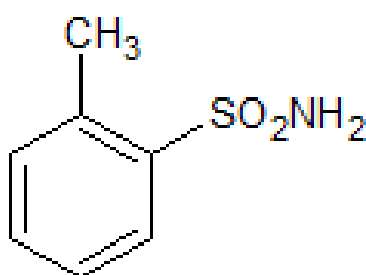


Рис.2.1 Структурна формула о-толуолсульфонаміду

Отримання о-толуолсульфонаміду починається з сульфування толуолу хлорсульфоновою кислотою, при цьому одержують орто- і пара- заміщені сульфонілхлориди. Орто- ізомер відокремлюють і за допомогою аміаку перетворюють в сульфонамід. Даний амід слабо розчинний у воді та діетиловому етері, але розчинний в етиловому спирті. Його температура плавлення становить $158,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а кипіння $214\text{ }^{\circ}\text{C}$ [16]. рН розчину о-толуолсульфонаміду знаходиться в межах 6,8-7,2. Цей амід є нестійким, але стабільним в нейтральних, кислих або лужних розчинах. В основному використовується як пластифікатор завдяки його здатності поліпшувати стабільність, гнучкість та сольовий опір.

Сульфатна (сірчана) кислота – важка, оліїста рідина без кольору і запаху, нелетка. Структурна формула даної кислоти представлена на рис.2.2.

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нелюбіна О.О.			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.		Подобій О.В.					20	96
Консульт.		Житнецький І.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Н.Контр.		Бойчук Т.М.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

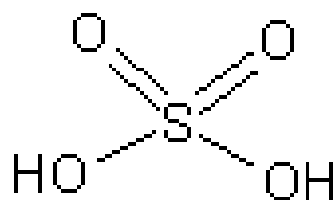


Рис.2.2 Структурна формула сульфатної кислоти

Сірчана кислота має густину $1,859 \text{ г/см}^3$ при 0°C та $1,834$ при 20°C . При охолодженні вона застигає у вигляді кристалів, які плавляться при $10,37^\circ\text{C}$. При $30\text{-}40^\circ\text{C}$ починає диміти, а температура її кипіння становить $279,6^\circ\text{C}$ [1].

Сульфатна кислота – це сильна, двоосновна кислота, яка відзначаються високою реакційною здатністю. Вона є дуже гігроскопічною і змішується з водою у будь-яких співвідношеннях. Розчинення кислоти у воді супроводжується виділенням великої кількості теплоти. Концентрована сульфатна кислота здатна відбирати воду від органічних речовин, при цьому вона їх обуглює – розкладає до вуглецю. При нагріванні вона виявляє сильні окисні властивості. В промисловості кислоту отримують контактним способом з піриту [17].

Дана кислота використовується в основному у формі водних розчинів для виробництва добрив, як каталізатор в органічних синтезах, а також у виробництві інших неорганічних кислот. В харчовій промисловості сульфатна кислота зареєстрована в якості харчової добавки E513 і застосовується як емульгатор та регулятор кислотності.

Біхромат натрію (дихромат натрію, натрієвий хромпик) – кристалічна порошкоподібна речовина світло-помаранчевого або темно-червоного кольору. Вона являє собою натрієву сіль дихромової кислоти з хімічною формулою $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Структурна формула даної речовини представлена на рис.2.3.

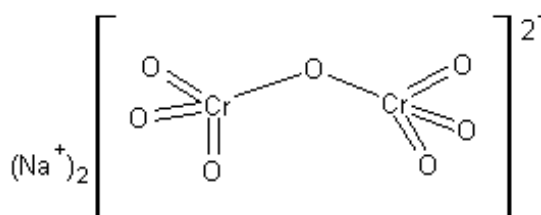


Рис.2.3 Структурна формула біхромату натрію

Біхромат натрію є сильним окисником, добре розчиняється у воді (2:1) і в полярних розчинниках. Температура плавлення даної речовини становить 357°C, а розкладу 400°C. Біхромат натрію отримують у великих масштабах із руд, які містять оксид хрому (III). В області органічного синтезу ця сполука окиснює бензили і алкільну групу C-H сполук до карбонільних похідних [18].

Гідрокарбонат натрію (питна сода) – хімічна сполука із хімічною формулою NaHCO₃. Структурна формула даної речовини представлена на рис.2.4.

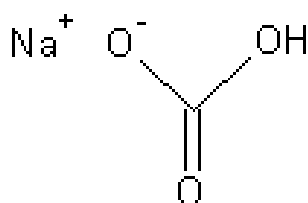


Рис.2.4 Структурна формула гідрокарбонату натрію

Сода являє собою дрібнокристалічний порошок білого кольору без запаху. Гідрокарбонат натрію одержують карбонізацією содового розчину під тиском та температурі 75°C. Дана сполука добре розчинна у воді (1:11), але практично нерозчинна в етері та етиловому спирті, рН 0,1 М водного розчину при 25°C становить 8,3. Температура плавлення гідрокарбонату натрію – 270°C. При нагрівання до 50°C питна сода починає дисоціювати на вуглекислий газ, натрію карбонат та воду [1].

Гідрокарбонат натрію виявляє всі властивості солі сильної основи та слабкої кислоти, а у водних розчинах має слабколужну реакцію. В харчовій промисловості гідрокарбонат натрію зареєстрований в якості харчової добавки E500 та застосовується як розпушувач, адже він вступає в реакцію з кислими компонентами тіста внаслідок чого виділяється вуглекислий газ. В хімічній промисловості дана речовина використовується для виробництва органічних продуктів, як реагент для відділення діоксиду вуглецю, сірководню з газових сумішей тощо.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			22

Бісульфіт натрію (гідросульфит натрію) – хімічна сполука, кисла сіль натрію та сульфітної кислоти. Хімічна формула – NaHSO_3 . Структурна формула даної речовини представлена на рис.2.5.

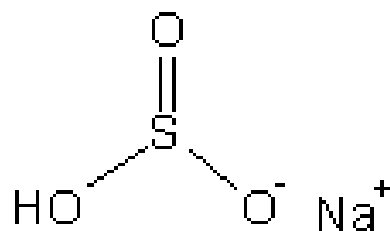


Рис.2.5 Структурна формула бісульфіту натрію

Бісульфіт натрію являє собою прозору кристалічну речовину, іноді з легким жовтуватим або сіруватим відтінком. Отримують його в результаті впливу газоподібного двоокису сірки на водний розчин карбонату або гідрокарбонату натрію, після цього отриманий розчин піддається кристалізації. Температура плавлення даної речовини становить 150°C . При нагріванні вище 65°C він розкладається з виділенням отруйного сірчистого ангідриду.

Бісульфіт натрію добре розчинний у воді, з підвищенням температури розчинність збільшується. Дана речовина є стійкою тільки у водному розчині. Водний розчин бісульфіту натрію має запах сірчистого газу та забарвлений у жовтий колір. Бісульфіт натрію легко окислюється і тому є гарним відновником. Як відновник він знайшов широке застосування у легкій, хімічній та інших галузях промисловості [19]. У харчовій промисловості зареєстрований в якості добавки E222 та застосовується як консервант і антиоксидант.

Хлоридна (соляна) кислота – водний розчин хлороводню (HCl). Вона являє собою прозору, безбарвну, летку рідину. Концентрована хлоридна кислота димить на повітрі, тому що з розчину виділяються молекули хлороводню. Хлоридна кислота належить до сильних, одноосновних кислот. Ступінь її дисоціації в розбавлених розчинах перевищує 90% [17].

Дану кислоту отримують взаємодією натрію хлориду з сульфатною кислотою або як побічний продукт електролізу натрію гідрохлориду, рН

10%-ого водного розчину становить 0,1. Температура кипіння – 110°C, а температура замерзання – 24°C. Хлоридна кислота розчинна в діетиловому етері, етанолі та метанолі, вона змішується з водою та несумісна з лугами. Соляна кислота широко використовується у фармацевтичній промисловості в якості кислотного агента [1]. В харчовій промисловості дана кислота зареєстрована як харчова добавка E507 і виконує функції емульгатора та регулятора кислотності.

2.2 Опис принципової технологічної схеми

У даній роботі запропоновано технологічну лінію періодичної дії виробництва сахарину. Запропонована технологія отримання харчової добавки E954 складається з 2 допоміжних стадій та 10 основних.

Допоміжні стадії:

З метою проведення процесу окиснення паралельно готують два розчини:

I – чистий та сухий орто-толуолсульфонамід розмішують з 90%-им розчином сірчаної кислоти до повного зникнення чатинок твердого аміду;

II – 50-% розчин біхромату натрію додають до 60-% розчину сірчаної кислоти.

Розчини готують за нормальних умов.

Основні стадії:

1) Окиснення:

Метою процесу окиснення є утворення цільового продукту – сахарину. У блок окиснення рівномірно подають два отримані розчини. Температура реакційної маси повинна весь час підтримуватися в межах 35-40°C при інтенсивному перемішуванні. Через 1 годину після початку окиснення з маси починає випадати кристалічний осад сахарину. Процес окиснення триває 10-15 год.

2) Охолодження:

Після процесу окиснення отриману масу розбавляють рівним об'ємом

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

води і охолоджують до температури 15°C. Охолоджену масу подають на стадію фільтрування.

3) Фільтрування:

Процес фільтрування проводять з метою видалення маточного розчину. У маточний розчин входять: натрій сульфат, хром (III) сульфат, непрореагована на стадії окиснення сульфатна кислота, вода, біхромат натрію та невелика кількість розчиненого у воді сахарину та о-толуолсульфонаміду. Охолоджену масу фільтрують при температурі 20°C і тиску 93,3 кПа. Відфільтровану масу подають на стадію очищення.

4) Очищення I:

Метою першого очищення є відділення цільового продукту від випадкових механічних домішок. На цій стадії до відфільтрованої маси додають 5%-ий розчин гідрокарбонату натрію і після цього відбувається процес очищення сахарину. Процес відбувається за нормальних умов і в результаті нього виділяється вуглекислий газ.

5) Очищення II:

Процес другого очищення проводять з метою позбутися слідів окиснювача. На даній стадії до маси, яку одержали після першого очищення, додають 25%-ий розчин бісульфіту натрію. Внаслідок цього процесу відбувається розкислення слідів окиснювача, а саме біхромату натрію. Процес відбувається за нормальних умов. Отримана маса направляється на стадію фільтрування.

6) Фільтрування:

Після двох етапів очищення утворену масу фільтрують при температурі 20°C і тиску 93,3 кПа. Фільтрування проводять з метою вилучення залишку о-толуолсульфонаміду у вигляді осаду, а також кристалічних продуктів реакції, що утворились внаслідок розкислення слідів окиснювача. Отриманий фільтрат подають на стадію осадження.

7) Осадження:

Метою процесу осадження є отримання очищеного осаду сахарину. На

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

цій стадії очищений фільтрат підкисляють 30%-им розчином соляної кислоти до повного осадження сахарину. В результаті реакції виділяється вуглекислий газ. Даний процес відбувається за нормальних умов.

8) Фільтрування:

Отриманий осад сахарину відфільтровують при температурі 20°C і тиску 93,3 кПа. Результат процесу фільтрування – очищений сахарин від надосадової рідини, яка утворилась в процесі осадження. Відфільтрований сахарин подають на стадію сушіння.

9) Сушіння:

Метою стадії сушіння є видалення зайвої вологи в результаті підвищення температури. Сахарин сушать при температурі 30-40°C протягом 6 годин. В результаті процесу сушіння вологість сахарину зменшується з 10 до 0,9%. Готовим продуктом є кристали сахарину з $T_{пл} = 228-229^{\circ}C$.

10) Пакування:

Процес пакування здійснюється на заключній стадії виробництва сахарину. Сахарин пакується в картонні коробки (з внутрішнім поліетиленовим пакетом) вагою 25 кг, а також його можна фасувати в волоконний барабан, мішки з поліпропіленових ниток, багатошарові паперові мішки, м'які контейнери. Процес пакування проходить за нормальних умов протягом 2 годин.

Принципова технологічна схема виробництва сахарину зображена на рис. 2.6.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			26

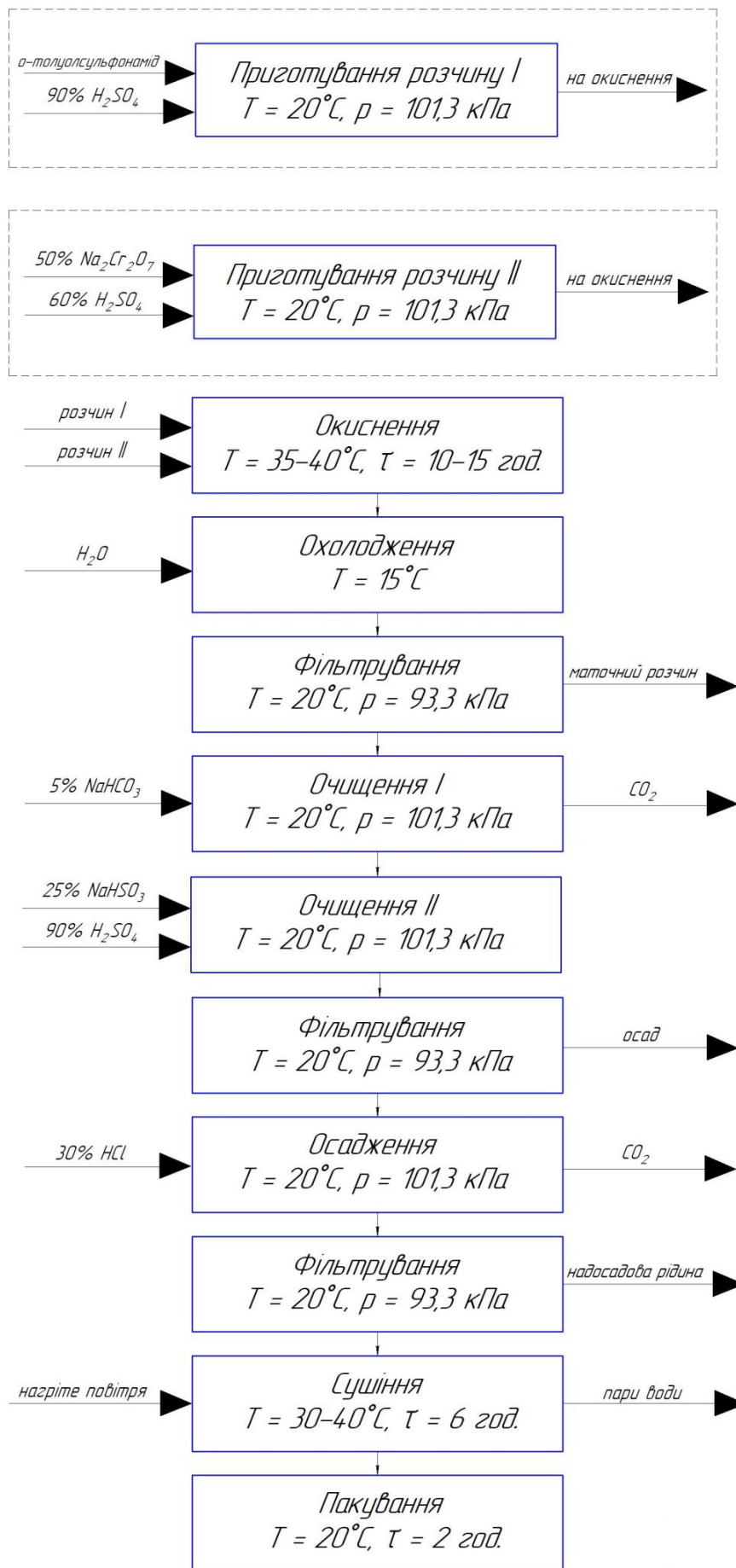


Рис.2.6 Принципова технологічна схема виробництва сахарину

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			27

2.3 Матеріальний розрахунок

Матеріальний баланс розраховується згідно закону збереження маси, який свідчить про те, що маса вихідних речовин процесу має дорівнювати масі його кінцевих продуктів [20]. Даний розрахунок проводився на продуктивність виробництва – 2000 кг/добу готового продукту.

Маса вихідних компонентів складає: о-толуолсульфонамід – 2803,08 кг, 90%-ий розчин сульфатної кислоти – 30537,35 кг, 50%-ий розчин біхромату натрію – 9862,39 кг, 60%-ий розчин сульфатної кислоти – 31733,29 кг.

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс допоміжної стадії приготування розчину I

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
О-толуолсульфонамід	2803,08	О-толуолсульфонамід	2803,08
90%-ий розчин сульфатної кислоти	30537,35	90%-ий розчин сульфатної кислоти	30537,35
Всього	33340,43	Всього	33340,43

$$\rho \text{ (90\%-ий розчин сульфатної кислоти)} = 1,8144 \text{ г/мл} = 0,0018144 \text{ кг/мл}$$

Враховуючи в'язкість 90%-ого розчину сульфатної кислоти, його об'єм буде складати:

$$V \text{ (90\%-ий розчин сульфатної кислоти)} = 30537,35 / 0,0018144 = 16830,55 \text{ л}$$

Отже, об'єм маси на стадії приготування I розчину буде складати:

$$V \text{ (розчину I)} = 16830,55 + 2803,08 = 19633,63 \text{ л}$$

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс допоміжної стадії приготування розчину II

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
50%-ий розчин біхромату	9862,39	50%-ий розчин біхромату	9862,39

1	2	3	4
60%-ий розчин сульфатної кислоти	31733,29	60%-ий розчин сульфатної кислоти	31733,29
Всього	41595,67	Всього	41595,67

$$\rho \text{ (60\%-ий розчин сульфатної кислоти)} = 1,4983 \text{ г/мл} = 0,0014983 \text{ кг/мл}$$

Враховуючи в'язкість 60%-ого розчину сульфатної кислоти, його об'єм буде складати:

$$V \text{ (60\%-ий розчин сульфатної кислоти)} = 31733,29 / 0,0014983 = 21179,53 \text{ л}$$

Отже, об'єм маси на стадії приготування II розчину буде складати:

$$V \text{ (розчину II)} = 9862,39 + 21179,53 = 31041,92 \text{ л}$$

Матеріальний баланс стадії окиснення. Розраховуючи стадію окиснення необхідно врахувати, що втрати на кожній допоміжній стадії склали 1%:

$$m(\text{О-толуолсульфонамід}) = 2803,08 \cdot (1-0,01) = 2775,05 \text{ кг}$$

$$m(\text{90\%-ий розчин сульфатної кислоти}) = 30537,35 \cdot (1-0,01) = 30231,98 \text{ кг}$$

$$m(\text{50\%-ий розчин біхромату натрію}) = 9862,39 \cdot (1-0,01) = 9763,76 \text{ кг}$$

$$m(\text{60\%-ий розчин сульфатної кислоти}) = 31733,29 \cdot (1-0,01) = 31415,96 \text{ кг}$$

Хімічне рівняння реакції окиснення о-толуолсульфонаміду (2.1):



Для знаходження маси утворених продуктів необхідно прорахувати молекулярні маси та кількість речовини у молях, а також зазначити, що вихід сахарину складає 90%.

$$M(\text{О-толуолсульфонамід}) = 171 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Сульфатна кислота}) = 98 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Натрій біхромат}) = 262 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Сахарин}) = 183 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Натрій сульфат}) = 142 \text{ г/моль}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			29

$$M(\text{Хром(III) сульфат}) = 392 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Вода}) = 18 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{О-толуолсульфонамід}) = 2775,05 / 171 = 16,228 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{Сахарин}) = 16,228 \cdot 0,9 = 14,605 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{Сахарин}) = n(\text{Натрій сульфату}) = n(\text{Хром(III) сульфату}) = 14,605 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{О-толуолсульфонамід}) \text{ непрореагованого} = 16,228 - 14,605 = 1,623 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Сахарин}) = 14,605 \cdot 183 = 2672,81 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій сульфат}) = 14,605 \cdot 142 = 2073,98 \text{ кг}$$

$$m(\text{Хром(III) сульфат}) = 14,605 \cdot 392 = 5725,36 \text{ кг}$$

$$m(\text{О-толуолсульфонамід}) \text{ непрореагованого} = 1,623 \cdot 171 = 277,5 \text{ кг}$$

$$m(\text{Сульфатна кислота 100\%}) \text{ в I розчині} = 27483,62 \cdot (1-0,01) = 27208,78 \text{ кг}$$

$$n(\text{Сульфатна кислота 100\%}) \text{ в I розчині} = 27208,78 / 98 = 277,64 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Сульфатна кислота 100\%}) \text{ в II розчині} = 19039,97 \cdot (1-0,01) = 18849,57 \text{ кг}$$

$$n(\text{Сульфатна кислота 100\%}) \text{ в II розчині} = 18849,57 / 98 = 192,342 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{Сульфатна кислота 100\%}) \text{ залишилось} = 277,64 + 192,342 - 4 \cdot 14,605 = 411,561 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Сульфатна кислота 100\%}) \text{ залишилось} = 411,561 \cdot 98 = 40332,99 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій біхромат 100\%}) \text{ в II розчині} = 9862,39 \cdot 0,5 = 4931,19 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій біхромат 100\%}) \text{ на окиснення} = 4931,19 \cdot (1-0,01) = 4881,88 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій біхромат 100\%}) \text{ залишилось} = 4881,88 - 14,605 \cdot 262 = 1055,24 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ залишилось} = (30231,98 - 27208,78) + (9763,76 - 4881,88) + (31415,96 - 18849,57) = 20471,47 \text{ кг}$$

$$n(\text{Вода}) \text{ утворилось} = 14,605 \cdot 6 = 87,633 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ утворилось} = 87,633 \cdot 18 = 1577,4 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ загальна} = 20471,47 + 1577,4 = 22048,87 \text{ кг}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			30

Матеріальний баланс стадії окиснення

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
Розчин I:		Сахарин(осад)	2672,81
О-толуолсульфонамід	2775,05	Натрій сульфат	2073,98
90%-ий розчин сульфатної кислоти	30231,98	Хром(III) сульфат	5725,36
Розчин II:		О-толуолсульфонамід	277,5
50%-ий розчин біхромату натрію	9763,76	Сульфатна кислота	40332,99
60%-ий розчин сульфатної кислоти	31415,96	Натрій біхромат	1055,24
		Вода	22048,87
Всього	74186,75	Всього	74186,75

V (90%-ий розчин сульфатної кислоти) = $30231,98 / 0,0018144 = 16662,2465$ л

V (60%-ий розчин сульфатної кислоти) = $31415,96 / 0,0014983 = 20967,7368$ л

Загальний об'єм сульфатної кислоти, який пішов на стадію окиснення:

$V_{\text{заг}}(\text{Сульфатної кислоти}) = 16662,2465 + 20967,7368 = 37629,9833$ л

Отже, об'єм маси, яку подавали на стадію окиснення складе:

$V_{\text{вихід.прод.}}(\text{окиснення}) = 37629,9833 + 2775,05 + 9763,76 = 50168,7933$ л

Під час реакції окиснення прореагувало 35% сульфатної кислоти, а 65% залишилось. Тому, об'єм кислоти яка залишилась складає:

$V_{\text{залиш}}(\text{Сульфатної кислоти}) = 37629,9833 \cdot 0,65 = 24459,4891$ л

Отже, об'єм утворених продуктів після стадії окиснення буде складати:

$V_{\text{кінц.прод.}}(\text{окиснення}) = 2672,81 + 2073,98 + 5725,36 + 277,5 + 24459,4891 + 1055,24 + 22048,87 = 58313,2491$ л

Матеріальний баланс стадії охолодження. Розраховуючи стадію охолодження необхідно врахувати, що втрати на стадії окиснення складали 2%:

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

$$m(\text{Сахарин(осад)}) = 2672,81 \cdot (1-0,02) = 2619,35 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій сульфат}) = 2073,98 \cdot (1-0,02) = 2032,5 \text{ кг}$$

$$m(\text{Хром(III) сульфат}) = 5725,36 \cdot (1-0,02) = 5610,87 \text{ кг}$$

$$m(\text{О-толуолсульфонамід}) = 277,5 \cdot (1-0,02) = 271,95 \text{ кг}$$

$$m(\text{Сульфатна кислота}) = 40332,99 \cdot (1-0,02) = 39526,33 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій біхромат}) = 1055,24 \cdot (1-0,02) = 1034,13 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) = 22048,87 \cdot (1-0,02) = 21607,88 \text{ кг}$$

На стадію охолодження також додатково подають 40832,4 кг води, тому загальна маса води буде дорівнювати:

$$m(\text{Води}) \text{ загальна} = 21607,88 + 40832,4 = 62440,3 \text{ кг}$$

Таблиця 2.4

Матеріальний баланс стадії охолодження

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
Сахарин(осад)	2619,35	Сахарин(осад)	2619,35
Натрій сульфат	2032,5	Натрій сульфат	2032,5
Хром(III) сульфат	5610,87	Хром(III) сульфат	5610,87
О-толуолсульфонамід	271,95	О-толуолсульфонамід	271,95
Сульфатна кислота	39526,33	Сульфатна кислота	39526,33
Натрій біхромат	1034,13	Натрій біхромат	1034,13
Вода	62440,3	Вода	62440,3
Всього	113535,43	Всього	113535,43

Враховуючи втрати, об'єм сульфатної кислоти на стадії охолодження складе:

$$V(\text{Сульфатної кислоти}) = 24459,4891 \cdot (1-0,02) = 23970,2993 \text{ л}$$

Отже, об'єм маси на стадії охолодження складе:

$$V(\text{Охолодження}) = 2619,35 + 2032,5 + 5610,87 + 271,95 + 23970,2993 + 1034,13 + 62440,3 = 97979,3993 \text{ л}$$

Матеріальний баланс стадії фільтрування. Розраховуючи стадію фільтрування необхідно врахувати, що втрати на стадії охолодження склали 2%:

$$m(\text{Сахарин(осад)}) = 2619,35 \cdot (1-0,02) = 2566,97 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій сульфат}) = 2032,5 \cdot (1-0,02) = 1991,85 \text{ кг}$$

$$m(\text{Хром(III) сульфат}) = 5610,87 \cdot (1-0,02) = 5498,64 \text{ кг}$$

$$m(\text{О-толуолсульфонамід}) = 271,95 \cdot (1-0,02) = 266,52 \text{ кг}$$

$$m(\text{Сульфатна кислота}) = 39526,33 \cdot (1-0,02) = 38735,8 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій біхромат}) = 1034,13 \cdot (1-0,02) = 1013,45 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) = 62440,3 \cdot (1-0,02) = 61191,49 \text{ кг}$$

Для знаходження маси утворених продуктів необхідно зазначити, що 90% води та біхромату натрію відфільтровується, розчинність сахарину у воді – 0.43, о-толуолсульфонаміду – 0,001617.

Відфільтрується:

$$m(\text{Вода}) = 61191,49 \cdot 0,9 = 55072,34 \text{ кг}$$

$$m(\text{Сахарин}) = 55072,34 / 100 \cdot 0,43 = 236,81 \text{ кг}$$

$$m(\text{О-толуолсульфонамід}) = 266,52 / 100 \cdot 0,001617 = 0,89 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій біхромат}) = 1013,45 \cdot 0,9 = 912,11 \text{ кг}$$

Також відфільтровуються: натрій сульфат, хром(III) сульфат, сульфатна кислота, але їх маси не зміняться.

Залишається на фільтрі:

$$m(\text{Вода}) = 61191,49 \cdot (1-0,9) = 6119,15 \text{ кг}$$

$$m(\text{Сахарин}) = 2566,97 - 236,81 = 2330,16 \text{ кг}$$

$$m(\text{О-толуолсульфонамід}) = 266,52 - 0,89 = 265,63 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій біхромат}) = 1013,45 \cdot (1-0,9) = 101,34 \text{ кг}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			33

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Сахарин(осад)	2566,97	Маточний розчин:	
Натрій сульфат	1991,85	Натрій сульфат	1991,85
Хром(III) сульфат	5498,64	Хром(III) сульфат	5498,64
О-толуолсульфонамід	266,52	О-толуолсульфонамід	0,89
Сульфатна кислота	38735,8	Сульфатна кислота	38735,8
Натрій біхромат	1013,45	Натрій біхромат	912,11
Вода	61191,49	Сахарин	236,81
		Вода	55072,34
		Залишається на фільтрі:	
		Сахарин(осад)	2330,16
		О-толуолсульфонамід	265,63
		Натрій біхромат	101,34
		Вода	6119,15
Всього	111264,72	Всього	111264,72

Враховуючи втрати, об'єм сульфатної кислоти на стадії фільтрування складе:

$$V(\text{Сульфатної кислоти}) = 23970,2993 \cdot (1-0,02) = 23490,8933 \text{ л}$$

Отже, об'єм маси, яку подавали на стадію фільтрування складе:

$$V_{\text{вихід.прод.}}(\text{фільтрування}) = 2566,97 + 1991,85 + 5498,64 + 266,52 + 23490,8933 + 1013,45 + 61191,49 = 96019,8133 \text{ л}$$

Об'єм маси після стадії фільтрування буде складати:

$$V_{\text{кінц.прод.}}(\text{окиснення}) = 1991,85 + 5498,64 + 266,52 + 23490,8933 + 1013,45 + 2556,97 + 61191,49 = 96009,753 \text{ л}$$

Матеріальний баланс стадії очищення I. Розраховуючи стадію очищення необхідно врахувати, що втрати на стадії фільтрування склали 4%:

$$m(\text{Сахарин(осад)}) = 2330,16 \cdot (1-0,04) = 2236,95 \text{ кг}$$

$$n(\text{Сахарин(осад)}) = 2236,95 / 183 = 12,224 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{О-толуолсульфонамід}) = 265,63 \cdot (1-0,04) = 255 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) = 6119,15 \cdot (1-0,04) = 5874,38 \text{ кг}$$

На стадію очищення I подається 5%-ий розчин гідрокарбонату натрію. Для того, щоб знайти кількість речовини в молях, а потім і масу, необхідно скласти хімічне рівняння реакції.

Хімічне рівняння реакції першого очищення сахарину (2.2):



Гідрокарбонат натрію подається у надлишку – 0,1 тому:

$$n(\text{Гідрокарбонат натрію}) = 12,224 \cdot (1 + 0,1) = 13,446 \text{ кмоль}$$

$$M(\text{Гідрокарбонат натрію}) = 84 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{Гідрокарбонат натрію } 100\%) = 13,446 \cdot 84 = 1129,48 \text{ кг}$$

$$m(\text{Води}) = 1129,48 / 0,05 \cdot (1-0,05) = 21460,05 \text{ кг}$$

$$m(\text{5%-ого розчину гідрокарбонату натрію}) = 1129,48 + 21460,05 = 22589,53 \text{ кг}$$

Для знаходження маси утворених продуктів необхідно прорахувати молекулярні маси та молі:

$$M(\text{Сахаринат натрію}) = 205 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Діоксид вуглецю}) = 44 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{Сахаринат натрію}) = n(\text{Сахарин(осад)}) = 12,224 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Сахаринат натрію}) = 12,225 \cdot 205 = 2505,87 \text{ кг}$$

На цій стадії утворюється вода та діоксид вуглецю, їх маса складає:

$$m(\text{Вода}) \text{ утворюється} = 12,224 \cdot 18 = 220,03 \text{ кг}$$

$$m(\text{Діоксиду вуглецю}) = 12,224 \cdot 44 = 537,85 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ залишилось} = 5874,38 + 21460,05 = 27334,43 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ загальна} = 27334,43 + 220,03 = 27554,46 \text{ кг}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

$m(\text{Гідрокарбонат натрію}) \text{ не прореагувало} = (13,446 - 12,224) \cdot 84 = 102,68 \text{ кг}$

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс стадії очищення I

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Сахарин(осад)	2236,95	Сахаринат натрію	2505,87
О-толуолсульфонамід	255	О-толуолсульфонамід	255
Вода	5874,38	Вода	27554,46
Біхромат натрію	97,29	Діоксид вуглецю	537,85
5%-ий розчин гідрокарбонату натрію	22589,53	Біхромат натрію	97,29
		Гідрокарбонат натрію	102,68
Всього	31053,15	Всього	31053,15

Матеріальний баланс стадії очищення II. На стадію очищення II подається 25%-ий розчин бісульфіту натрію та 90%-ий розчин сульфатної кислоти. Для того, щоб знайти кількість речовини в молях, а потім і масу, необхідно скласти хімічне рівняння реакції.

Хімічне рівняння реакції другого очищення сахарину (2.3):



$$n(\text{Біхромат натрію}) = 97,29 / 262 = 0,371 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{Бісульфіт натрію}) = n(\text{Біхромат натрію}) \cdot 6 / 2 = 0,371 \cdot 6 / 2 = 1,114 \text{ кмоль}$$

$$M(\text{Бісульфіт натрію}) = 104 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{Бісульфіт натрію } 100\%) = 1,114 \cdot 104 = 115,86 \text{ кг}$$

$$m(\text{Води}) = 115,86 / 0,25 \cdot (1 - 0,25) = 347,57 \text{ кг}$$

$$m(\text{25\%-ий розчин бісульфіту натрію}) = 115,86 + 347,57 = 463,43 \text{ кг}$$

$$n(\text{90\%-ий розчин сульфатної кислоти}) = 0,371 \cdot 5 / 2 = 0,928 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Сульфатна кислота } 100\%) = 0,928 \cdot 98 = 90,98 \text{ кг}$$

$$m(\text{Води}) = 90,98 / 0,9 \cdot (1 - 0,9) = 10,11 \text{ кг}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			36

$$m(90\% \text{-ий розчин сульфатної кислоти}) = 90,98 + 10,11 = 101,09 \text{ кг}$$

Для знаходження маси утворених продуктів необхідно прорахувати молекулярні маси та молі. На цій стадії утворюються хром (III) сульфат, натрій сульфат і вода їх маса складає:

$$M(\text{Хром (III) сульфат}) = 392 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Натрій сульфат}) = 142 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{Хром (III) сульфат}) = n(\text{Біхромат натрію}) = 0,371 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{Натрій сульфат}) = n(\text{Біхромат натрію}) \cdot 5/2 = 0,371 \cdot 5 / 2 = 0,928 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{Вода}) \text{ утворилось} = n(\text{Біхромат натрію}) \cdot 8/2 = 0,371 \cdot 8 / 2 = 1,485 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Хром (III) сульфат}) = 0,371 \cdot 392 = 145,56 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій сульфат}) = 0,928 \cdot 142 = 131,83 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ утворилось} = 1,485 \cdot 18 = 26,74 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ залишилось} = 27554,46 + 347,57 + 10,11 = 27912,14 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ загальна} = 27912,14 + 26,74 = 27938,88 \text{ кг}$$

Таблиця 2.7

Матеріальний баланс стадії очищення II

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
Сахаринат натрію	2505,87	Сахаринат натрію	2505,87
О-толуолсульфонамід	255	О-толуолсульфонамід	255
Вода	27554,46	Вода	27938,88
Біхромат натрію	97,29	Гідрокарбонат натрію	102,68
Гідрокарбонат натрію	102,68	Хром (III) сульфат	145,56
25%-ий розчин бісульфіту натрію	463,43	Натрій сульфат	131,83
90%-ий розчин сульфатної кислоти	101,09		
Всього	31079,82	Всього	31079,82

Матеріальний баланс стадії фільтрування. Розраховуючи стадію фільтрування необхідно врахувати, що втрати на стадії очищення II склали 1%:

$$m(\text{Сахаринат натрію}) = 2505,87 \cdot (1-0,01) = 2480,81 \text{ кг}$$

$$m(\text{О-толуолсульфонамід}) = 255 \cdot (1-0,01) = 252,45 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) = 27938,88 \cdot (1-0,01) = 27659,49 \text{ кг}$$

$$m(\text{Гідрокарбонат натрію}) = 102,68 \cdot (1-0,01) = 101,65 \text{ кг}$$

$$m(\text{Хром (III) сульфат}) = 145,56 \cdot (1-0,01) = 144,11 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій сульфат}) = 131,83 \cdot (1-0,01) = 130,51 \text{ кг}$$

Для знаходження маси продуктів після фільтрування необхідно зазначити, що вологість осаду – 0,1.

Речовини які видаляються після фільтрування:

$$m(\text{Вода}) \text{ в осаді} = 252,45 / (1-0,1) \cdot 0,1 = 28,05 \text{ кг}$$

Також видаляються о-толуолсульфонамід, хром (III) сульфат та натрій сульфат, але їх маси не зміняться.

Фільтрат, що залишиться для подальших процесів:

$$m(\text{Вода}) \text{ у фільтраті} = 27659,49 - 28,05 = 27631,44 \text{ кг}$$

Також залишаються сахаринат натрію та гідрокарбонат натрію, але їх маси не зміняться.

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
1	2	3	4
Сахаринат натрію	2480,81	Фільтрат:	
О-толуолсульфонамід	252,45	Сахаринат натрію	2480,81
Вода	27659,49	Вода	27631,44
Гідрокарбонат натрію	101,65	Гідрокарбонат натрію	101,65
Хром (III) сульфат	144,11	Осад:	

1	2	3	4
Натрій сульфат	130,51	О-толуолсульфонамід	252,45
		Вода (волога)	28,05
		Хром (III) сульфат	144,11
		Натрій сульфат	130,51
Всього	30769,02	Всього	30769,02

Матеріальний баланс стадії осадження. Розраховуючи стадію осадження необхідно врахувати, що втрати на стадії фільтрування склали 2%:

$$m(\text{Сахаринат натрію}) = 2480,81 \cdot (1-0,02) = 2431,2 \text{ кг}$$

$$n(\text{Сахаринат натрію}) = 2431,2 / 205 = 11,859 \text{ кмоль}$$

$$m(\text{Вода}) = 27631,44 \cdot (1-0,02) = 27078,81 \text{ кг}$$

$$m(\text{Гідрокарбонат натрію}) = 101,65 \cdot (1-0,02) = 99,62 \text{ кг}$$

$$n(\text{Гідрокарбонат натрію}) = 99,62 / 84 = 1,186 \text{ кмоль}$$

На стадію осадження подається 30%-ий розчин соляної кислоти у надлишку – 0,1. Для того, щоб знайти кількість речовин в молях, а потім і маси, необхідно скласти хімічне рівняння реакції.

Хімічне рівняння реакції осадження сахарину (2.4):



$$n(\text{Сахарин}) = n(\text{Сахаринат натрію}) = 11,859 \text{ кмоль}$$

$$n(\text{Соляна кислота } 100\%) = 11,859 \cdot (1+0,1) = 13,045 \text{ кмоль}$$

$$M(\text{Соляна кислота}) = 36,5 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{Соляна кислота } 100\%) = 13,045 \cdot 36,5 = 476,16 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) = 476,16 / 0,3 \cdot (1-0,3) = 1111,04 \text{ кг}$$

$$m(\text{30\%-ий розчин соляної кислоти}) = 1111,04 + 476,16 = 1587,2 \text{ кг}$$

Утворилось:

$$m(\text{Сахарин}) = 11,859 \cdot 183 = 2170,29 \text{ кг}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			39

$$n(\text{Гідрокарбонат натрію}) = n(\text{Води}) = n(\text{Діоксиду вуглецю})$$

$$m(\text{Вода}) = 1,186 \cdot 18 = 21,35 \text{ кг}$$

$$m(\text{Діоксид вуглецю}) = 1,186 \cdot 44 = 52,18 \text{ кг}$$

$n(\text{Сахаринат натрію}) = n(\text{Натрій хлориду})$, який прореагував з сахаринатом натрію, тоді його маса становить:

$$m_1(\text{Натрій хлорид}) = 11,859 \cdot 58,50 = 693,78 \text{ кг}$$

$n(\text{Гідрокарбонат натрію}) = n(\text{Натрій хлорид})$, який прореагував з гідрокарбонатом натрію, тоді його маса становить:

$$m_2(\text{Натрій хлорид}) = 1,186 \cdot 58,5 = 69,38 \text{ кг}$$

$$m(\text{Натрій хлорид}) \text{ загальна} = 693,78 + 69,38 = 763,16$$

$$m(\text{Вода}) \text{ загальна} = 28189,85 + 21,35 = 28211,2 \text{ кг}$$

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс стадії осадження

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Сахаринат натрію	2431,2	Сахарин	2170,29
Вода	27078,81	Вода	28211,2
Гідрокарбонат натрію	99,62	Діоксид вуглецю	52,18
30%-ий розчин соляної кислоти	1587,2	Хлорид натрію	763,16
Всього	31196,83	Всього	31196,83

Матеріальний баланс стадії фільтрування. Розраховуючи стадію фільтрування необхідно врахувати, що втрати на стадії осадження склали 1,9%:

$$m(\text{Сахарин}) = 2170,29 \cdot (1-0,019) = 2129,05 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) = 28211,2 \cdot (1-0,019) = 27675,18 \text{ кг}$$

$$m(\text{Хлорид натрію}) = 763,16 \cdot (1-0,019) = 748,66 \text{ кг}$$

Для знаходження маси утворених продуктів необхідно зазначити, що вологість осаду – 0,1:

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

$$m(\text{Вода}) \text{ волога} = 2129,05 / (1-0,1) \cdot 0,1 = 236,56 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ у маточному розчині} = 27675,18 - 236,56 = 27438,62 \text{ кг}$$

Таблиця 2.10

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
Сахарин	2129,05	Осад(продукт):	
Вода	27675,18	Сахарин	2129,05
Хлорид натрію	748,66	Вода	236,56
		Маточний розчин:	
		Хлорид натрію	748,66
		Вода	27438,62
Всього	30552,9	Всього	30552,9

Матеріальний баланс стадії сушіння. Розраховуючи стадію сушіння необхідно врахувати, що втрати на стадії фільтрування склали 2%:

$$m(\text{Сахарин}) = 2129,05 \cdot (1-0,02) = 2086,47 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) = 236,59 \cdot (1-0,02) = 231,83 \text{ кг}$$

Для знаходження маси утворених продуктів необхідно зазначити, що вміст вологи у готовому сахарині – 0,009:

$$m(\text{Вода}) \text{ волога} = 2086,47 / (1-0,009) \cdot 0,009 = 18,95 \text{ кг}$$

$$m(\text{Пари води}) = 231,83 - 18,95 = 212,88 \text{ кг}$$

Таблиця 2.11

Матеріальний баланс стадії сушіння

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
1	2	3	4
Сахарин	2086,47	Продукт:	
Вода	231,83	Сахарин	2086,47

1	2	3	4
		Вода(волога)	18,95
		Пари води	212,88
Всього	2318,3	Всього	2318,3

Розраховуючи стадію пакування необхідно врахувати, що втрати на стадії сушіння склали 5%:

$$m(\text{Сахарин}) = 2086,47 \cdot (1-0,05) = 1982,15 \text{ кг}$$

$$m(\text{Вода}) \text{ волога} = 18,95 \cdot (1-0,05) = 18 \text{ кг}$$

Таблиця 2.12

Матеріальний баланс стадії пакування

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
Сахарин	1982,15	Сахарин	1982,15
Волога	18	Волога	18
Всього	2000,15	Всього	2000,15

В таблиці 2.13 представлений загальний матеріальний баланс виробництва сахарину.

Таблиця 2.13

Загальний матеріальний баланс виробництва сахарину

Стаття приходу		Стаття втрат	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
1	2	3	4
О-толуолсульфонамід	2803,08	Сахарин (готовий продукт)	2000,15
90%-ий розчин сульфатної кислоти	30638,44	Натрій сульфат	2122,36

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
50%-ий розчин біхромату натрію	9862,39	Хром (III) сульфат	5642,75
60%-ий розчин сульфатної кислоти	31733,29	Сульфатна кислота	38735,8
5%-ий розчин гідрокарбонату натрію	22589,53	Біхромат натрію	912,11
25%-ий розчин бісульфіту натрію	463,43	О-толуолсульфонамід	253,34
30%-ий розчин хлориду натрію	1587,2	Сахарин (проміжний продукт)	236,81
Вода	40832,4	Діоксид вуглецю	590,03
		Натрій хлорид	748,66
		Вода	82751,89
		<i>Втрати</i>	6515,86
Всього	140509,76	Всього	140509,76

2.4 Тепловий розрахунок

Для розрахунку теплового балансу була обрана стадія сушіння продукту.

Вихідні дані:

1. Продуктивність сушарки по вологому матеріалу: $G_1 = 2318,3 \text{ кг/год} = 0,644 \text{ кг/с}$;

2. Питома теплоємність абсолютно сухого матеріалу: $c_2 = 1010,5 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$;

3. Вміст води в продукті:

- початковий: $w_1 = 10\%$;

- кінцевий: $w_2 = 0,9\%$;

4. Температура продукту, що надходить в сушильну камеру: $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$;

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			43

5. Температура сухого продукту, що виходить із сушильної камери: $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$;

6. Температура зовнішнього повітря: $t_0 = 25^\circ\text{C}$;

7. Температура повітря після калорифера: $t_1 = 90^\circ\text{C}$;

8. Температура відпрацьованого повітря: $t_2 = 60^\circ\text{C}$;

9. Відносна вологість свіжого повітря: $f_0 = 60\%$.

Масова витрата видаленої вологи (W) розраховується за формулою 2.1:

$$W = G_1 \cdot \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} = 2318,3 \cdot \frac{10 - 0,9}{100 - 0,9} = 212,881 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,059 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.1)$$

Продуктивність сушарки по сухому продукту (G_2) розраховуємо за формулою 2.2:

$$G_2 = G_1 \cdot \frac{100 - w_1}{100 - w_2} = 2318,3 \cdot \frac{100 - 10}{100 - 0,9} = 2105,418 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,585 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.2)$$

Далі в розрахунках використовуємо h - x діаграму Рамзіна (рис.2.7) для вологого повітря. За нею ми визначаємо початковий (x_0) і кінцевий (x_1) вологовміст повітря, а також характерні ентальпії. На перетині ліній знаходимо точку А, що характеризує початковий стан зовнішнього повітря. З точки А, опускаємо перпендикуляр на вісь x і знаходимо значення $x_0 = 0,01$ кг пари/кг сухого повітря. Через точку А проходить лінія постійної ентальпії (ізоентальпа) $I_0 = 13$ кДж/кг. З точки А, піднімаємось по перпендикуляру до перетину з ізотермою $t_1 = 100^\circ\text{C}$ і знаходимо точку В, яка характеризує стан повітря на виході з калорифера перед подачею в сушильну камеру. Від точки В рухаємось вниз по ізоентальпії $I_1 = 30$ кДж/кг до перетину з ізотермою $t_2 = 65^\circ\text{C}$, отримавши точку С. З точки С, опускаємо перпендикуляр на вісь x і знаходимо значення $x_1 = 0,024$ кг/кг.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			44

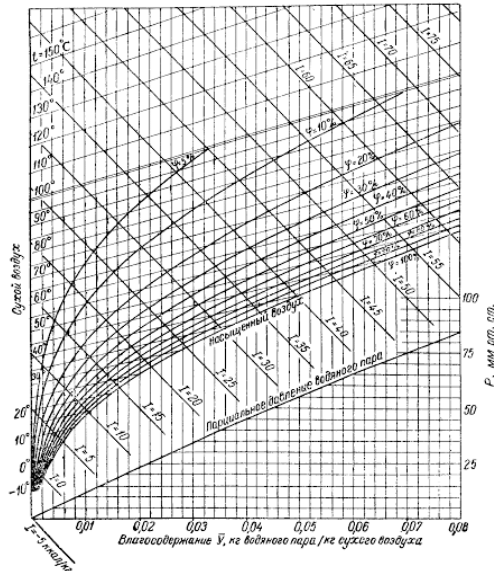


Рис. 2.7 Діаграма Рамзіна

Теоретичну питому витрату повітря ℓ_0 в сушарці шукаємо за формулою 2.3:

$$\ell_0 = \frac{1}{(x_1 - x_0)} = \frac{1}{(0,024 - 0,01)} = \frac{1}{0,014} = 71,428 \quad (2.3)$$

Розраховуємо теоретичну абсолютну витрату повітря в сушарці за формулою 2.4:

$$L = \ell_0 \cdot W = 71,428 \cdot 0,059 = 4,214 \frac{\text{КГ}}{\text{с}} = 15170,4 \frac{\text{КГ}}{\text{ГОД}} \quad (2.4)$$

Складаємо рівняння теплового балансу для сушильної камери:

$$L \cdot I_1 + G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 = L \cdot I_2 + G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 + Q_{\text{п}} \quad (2.5)$$

де θ_1 – температура продукту, що надходить в сушильну камеру, $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$;

θ_2 – температура сухого продукту, що виходить із сушильної камери, $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$;

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

$$Q_{\text{п}} = 0,05 \cdot L \cdot I_1 = 0,05 \cdot 4,214 \cdot 30 = 6,321 \text{ кВт} \quad (2.6)$$

Визначаємо значення теплоємностей для вологого та сухого продукту:

$$c_1 = 1,039 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}); c_2 = 1,0105 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}).$$

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

$$L \cdot I_2 - L \cdot I_1 = G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + Q_{\text{п}} \quad (2.7)$$

$$L \cdot (I_2 - I_1) = G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + Q_{\text{п}} \quad (2.8)$$

$$\frac{L \cdot (I_2 - I_1)}{W} = \frac{(G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + Q_{\text{п}})}{W} \quad (2.9)$$

$$G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + Q_{\text{п}} = \Sigma Q \quad (2.10)$$

$$\Delta = \frac{\Sigma Q}{W} \quad (2.11)$$

де ΣQ – алгебраїчна сума абсолютних теплот в сушильній камері, Вт;

Δ - теплова поправка на дійсний (реальний) сушильний процес, кДж/кг.

Розраховуємо ΣQ за формулою 2.10:

$$\begin{aligned} \Sigma Q &= G_2 \cdot c_2 \cdot \theta_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot \theta_1 + Q_{\text{п}} = \\ &= 0,585 \cdot 1,0105 \cdot 40 - 0,644 \cdot 1,039 \cdot 20 + 6,321 = 16,584 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Розраховуємо теплову поправку Δ за формулою 2.11:

$$\Delta = \frac{\Sigma Q}{W} = \frac{16,584}{0,059} = 281 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2.5 Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання

2.5.1 Підбір обладнання

Ємнісні реактори з лопатевою та рамною мішалками

Хімічні реактори розглядаються, як агрегат, що складається з посудини 1 з теплообмінною сорочкою 2 (або без неї), перемішуючого пристрою 3, приводу перемішуючого пристрою 5, труби передавлювання 4 (якщо це є необхідним за умовами вивантаження реакційної маси) та термопари 6 [21].

Загальний вигляд хімічного реактору з еліптичною кришкою та днищем зображений на рис. 2.7.

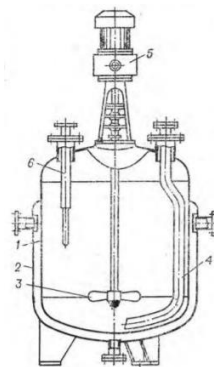


Рис. 2.7 Схема реактору з еліптичною кришкою та днищем

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			46

Для проведення хімічних процесів в ході отримання сахарину були обрані реактори з еліптичною кришкою та днищем, обладнані мішалками. Дані реактори – порожнисті апарати виконані з нержавіючої сталі, яка є стійкою до агресивних середовищ. Всередині реактора розміщена мішалка, яка допомагає рівномірно розподіляти реагуючі компоненти по всьому об'єму апарату. Реактори обладнані патрубками для підводу вихідної сировини та реагентів і патрубком для відводу продуктів реакції. Так як в даній технології процес окиснення повинен підтримуватися при температурі 35-40°C, то реактор для цього процесу оснащений сорочкою в яку подається гаряча вода.

Реакційні об'єми реакторів становлять 25 м³, 32 м³ і 63 м³. Внутрішні діаметри (D) та висота корпусу (H) для реактору з об'ємом 25 м³: 2400×5780 або 2800×4480 мм. Внутрішні діаметри (D) та висота корпусу (H) для реактору з об'ємом 32 м³: 2600×6380 або 3000×4980 мм. Внутрішні діаметри (D) та висота корпусу (H) для реактору з об'ємом 63 м³: 3200×8300 або 3600×6700 мм. [22].

В даній технології у хімічних реакторах застосовуються два види мішалок:

1) Лопатева. Дана мішалка застосовується для перемішування взаємно розчинних рідин, повільного розчинення кристалічних та волокнистих речовин. Технічні характеристики: мішалка робить 200 об/хв., потужність становить 2,2 кВт, колова швидкість руху щодо діаметра лопаті – 1,5-5 м/с; $D/d_m = 1,4/1,7$; $h/d_m = 0,4/1$.

Де D – діаметр посудини, м; d_m – діаметр мішалки, м; h – висота встановленої мішалки, м.

2) Рамна. Дана мішалка застосовується для перемішування в'язких і важких рідин, інтенсифікації теплообміну та запобіганні випадіння осаду на стінках і днищі. Технічні характеристики: мішалка робить 50 об/хв., потужність 7,5 кВт, колова швидкість руху щодо діаметра лопаті для таких мішалок складає 0,5-4 м/с, $D/d_m = 1,05-1,3$ [21].

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Шестерінчасті насоси із внутрішнім зчепленням

Шестерінчасті насоси відносяться до насосів об'ємного типу і відмінно зарекомендували себе в роботі з рідкими середовищами різної в'язкості. Для розробленої технології були обрані шестерінчасті насоси із внутрішнім зчепленням виконані із нержавіючої сталі, призначені для перекачування в'язких агресивних рідин на початку виробництва сахарину.

Принцип дії шестерінчастого насосу із внутрішнім зчепленням заснований на переміщенні рідини від вхідного патрубку насоса 4 до напірного 5 між зубцями двох шестерень, одна з яких (велика) є ведучою 2, а інша ведена 3. Взаємодіючи між собою, зубці великої і малої шестерень утворюють закриті «кишені», по яких переміщається продукт і які дозволяють контролювати обсяг рідини, що перекачується. Зубці шестерень, щільно притискаючись один до одного, утворюють своєрідне ущільнення, яке не дозволяє рідині надходити у зворотному напрямку.

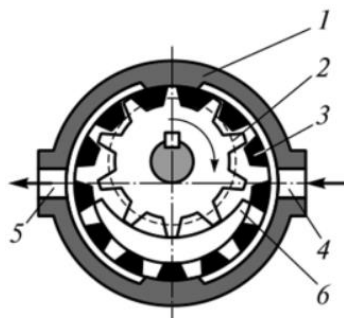


Рис. 2.8 Будова шестерінчастого насосу із внутрішнім зчепленням

Був обраний шестерінчастий насос із внутрішнім зчепленням Rotan серії CD із продуктивністю до 170 м³/год. Технічні характеристики: швидкість роботи – до 1750 об./хв., робочий тиск – до 16 бар, в'язкість продукту – до 0,25 м²/с, $t_{\text{рідини}} < 250^{\circ}\text{C}$, самовсмоктування – до 0,8 бар при перекачуванні.

Мембранні пневматичні насоси типу BOXER

Мембранні пневматичні насоси типу BOXER застосовуються в обраній технології на всіх процесах де у рідині присутні кристали сахарину, так як він стабільно працює навіть при наявності у складі робочої речовини твердих нерозчинних частинок. Також даний насос може працювати в режимі «сухого

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

ходу». Конструкція насоса мембранного типу гранично проста: він оснащений двома повітряними камерами, двома робочими камерами і двома мембранами (діафрагмами). Мембрани поділяють собою робочу і повітряну камеру в кожній парі. Розташований в повітряному клапані золотник перерозподіляє повітря, завдяки своєму руху. Стисле повітря подається в повітряний клапан, де проходячи через систему каналів, потрапляє (в залежності від того, яке положення золотника) в праву або ліву повітряну камеру. Під впливом зростаючого тиску в повітряній камері мембрана вигинається, і відбувається виштовхування – рідке середовище перекачується в напірний патрубок. Друга мембрана в цей час прогинається в сторону центру насоса, засмоктуючи черговий обсяг рідини.

Для виробництва сахарину був обраний мембранний насос AODD BOXER 503. Даний насос має корпус з нержавіючої сталі, його можна використовувати в важких промислових умовах, у вибухонебезпечних зонах, а також для перекачування рідин різної в'язкості. Технічні характеристики: продуктивність до 800 л/хв., самозакачування рідини до 9 м, потужність всмоктування в режимі «сухого ходу» 4 м, тиск постачання повітря – 8 бар, $d_{\text{частинок}} < 10 \text{ мм}$, $t_{\text{рідини}} < 95^\circ\text{C}$, вага – 71 кг. На рис. 2.9 зображена будова та основні розміри мембранного насосу AODD BOXER 503.

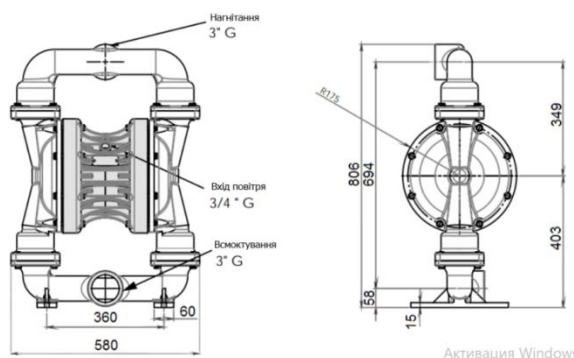


Рис. 2.9 Основні розміри мембранного насосу AODD BOXER 503

Ємнісний кристалізатор охолоджувального типу з рамною мішалкою

Охолодження одержаної після окиснення маси проходить у кристалізаторі-охолоджувачі. Це апарат ємнісного типу, оснащений рамною мішалкою та охолоджувальною сорочкою. Рамна мішалка встановлена для

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			49

запобігання осаджування кристалів на внутрішній поверхні кристалізатора. Ємнісні кристалізатори з охолоджувальною сорочкою по конструкції практично нічим не відрізняються від ємнісних реакторів.

Принцип дії: в апарат завантажують певний об'єм гарячого концентрованого розчину із заданою початковою температурою, потім вмикають у роботу мішалку та починають подавати у сорочку холодноносій. При цьому різниця температур між сумішшю, що кристалізується та охолоджуючою поверхнею не повинна перевищувати 8-10°C. В якості охолоджуючого агенту зазвичай виступає холодна вода. У процесі охолодження температура розчину знижується, розчин стає пересиченим і у ньому починається додаткова кристалізація продукту, на поверхні вже наявних кристалів. Реакційний об'єм кристалізатора становить 100 м³. Технічні характеристики: внутрішній діаметр (D) та висота корпусу (H): 3600×10400 мм [22].

Стрічковий вакуум-фільтр F-15

Стрічкові вакуум-фільтри призначені для поділу суспензій з неоднорідними по крупності, важкими і вимагаючими ретельного промивання осадами. На столі 1 вмонтовані вакуум-камери, що з'єднуються з ресиверами для основного і промивних фільтратів. По поверхні столу ковзає натягнута на двох барабанах рифлена гумова стрічка 2 з продовговуватими вирізами посередині, сполученими з отворами вакуум-камер. Поверх стрічки проходить фільтрувальна тканина у вигляді нескінченного полотна. Видалення осаду з фільтра здійснюється за допомогою ножа 8 [22]. Будова вакуум-фільтра наведена на рис. 2.10.

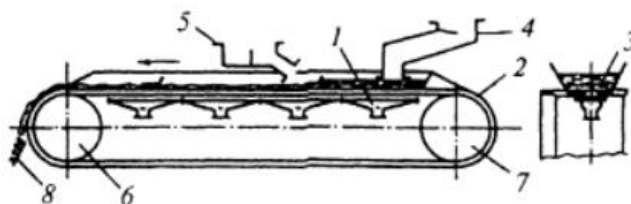


Рис. 2.10 Будова вакуум-фільтра

Стрічковий вакуум-фільтр в даній технології застосовується на стадії фільтрації, яка відбувається після окиснення сахарину. Технічні

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

характеристики стрічкового вакуум-фільтра F-15: продуктивність – 100-300 т/год; площа фільтрації – 15 м², маса фільтру становить 14550 кг, габаритні розміри (довжина × ширина × висота) – 15620×3250×3280, потужність 30 кВт, робоча напруга 400 В, вологість кінцевого продукту – 6%.

НУТЧ-фільтри з однолопатеvimи мішалками

Найпростіший нутч-фільтр являє собою ємність, відкриту або закриту зверху. Перші працюють під вакуумом, а другі – під тиском газів або вакууму. НУТЧ-фільтри мають подвійне дно, причому верхнє помилкове дно виконано у вигляді решітки, на яку укладають фільтруючу тканину або пористу керамічну плитку. Як тільки ємність заповнюється, проводиться розрідження за рахунок вакуум-насоса і речовина долає перегородку, де залишається осад [23]. Вивантаження осаду з фільтру здійснюється механізовано, за допомогою однолопатевої мішалки. Будова НУТЧ-фільтра представлена на рис. 2.11.

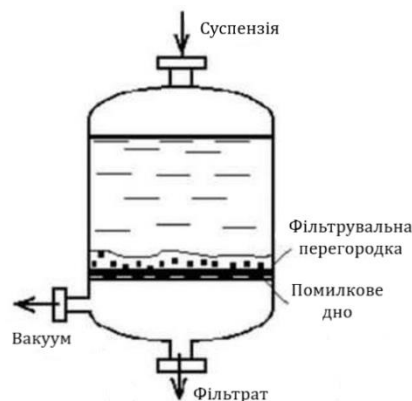


Рис. 2.11 Будова НУТЧ-фільтра

Технічні характеристики НУТЧ-фільтрів FPP 1600: об'єм суспензії – 16 м³, діаметр фільтру – 4500 мм, фільтруюча поверхня становить 16 м², загальна висота – 1350+4665 мм.

Стрічкова сушарка СЛ-2,0-21

Стрічкова сушарка використовується у даній технології для сушіння вологих кристалів сахарину. Стрічкова сушарка (рис. 2.12) складається з камери сушарки 1, нескінченної стрічки 2, ведучого 3 та веденого 4 барабанів. Також вона обладнана калорифером 5, живильником 6 та опорними роликми 7.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

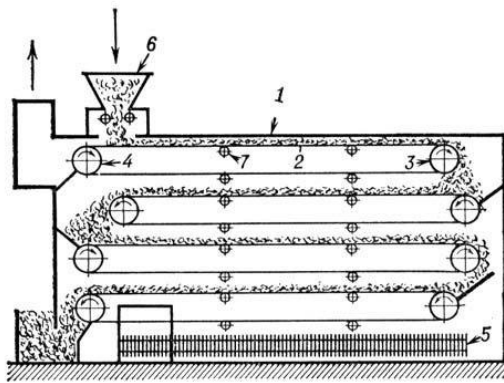


Рис.2.12 Будова стрічкової сушарки

Загалом стрічкові сушильні апарати застосовують для сушіння сипучих (зернистих, гранульованих, кускових), а також штучних матеріалів. Відмінною їх особливістю є наявність одного або декількох стрічкових конвеєрів, розташованих усередині металічного корпусу прямокутного перерізу. Висушуваний матеріал розташовується в стрічці у вигляді шару завтовшки до 100 мм і переміщається нею від однієї торцевої частини сушарки до іншої. При наявності декількох стрічок, які розташовуються по висоті сушарки в кілька ярусів, відбувається пересипання матеріалу зі стрічки на стрічку, що сприяє більш рівномірному його сушінні.

Стрічкові сушарки працюють в безперервному режимі, в якості сушильного агента в них використовуються повітря або димові гази, які рухаються по відношенню до висушуваного матеріалу прямотечією, протитечією або перехресною течією [22].

Технічні характеристики стрічкової сушарки СЛ-2,0-21: продуктивність 3 т/год.; швидкість транспортної стрічки – 10,8-108 м/ч; довжина стрічкового конвеєру сушарки складає 20000 мм; ширина стрічки – 3000 мм; кількість секцій – 10 шт. (по 2 м); габаритні розміри – 24195×5705×3575 мм.

Стрічковий транспортер

Стрічковий транспортер призначений для транспортування кристалів сахарину із сушарки до шнекового транспортеру. Загалом стрічковий транспортер призначений для транспортування різних вантажів (штучних, кускових, сипучих) на необхідні відстані. Ці транспортери різноманітні як по

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			52

довжині стрічки, так і по продуктивності, що дозволило їм впровадитися в усі галузі промисловості. У прямих стрічкових конвеєрах використовують гнучкі стрічки в якості несучого і тягового органу. Дані стрічкові транспортери можуть комплектуватися стрічками з матеріалу ПВХ або поліуретану в залежності від типу вантажу.

Стрічковий транспортер (рис.2.13) являє собою нескінченну стрічку 6, яка охоплює привідний 8 і натяжний 5 барабани. При обертанні привідного барабана 8 стрічка приводиться в рух. Для запобігання її провисання встановлюються верхні 7 та нижні 10, 11 роликоопори. Ведучий барабан приводиться в рух від двигуна 14 через редуктор 13. Відхиляючий барабан 9 призначений для збільшення кута охоплення. Привід конвеєра обладнують гальмом 15, для попередження самовільного руху стрічки. Всі складові конвеєра монтуються на рамі 12.

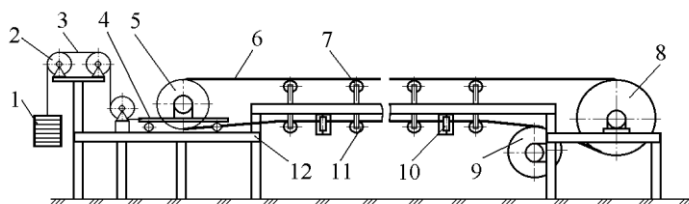


Рис. 2.13 Будова стрічкового транспортера

Технічні характеристики: продуктивність 5 т/год, довжина 4 м, ширина стрічки – 500 мм, потужність приводу 1,5 кВт.

Шнекові транспортери ВК-160 та ВК-320

Шнековий транспортер застосовується в обраній технології для транспортування кристалів сахарину до місця обробки.

Шнек або гвинт – це елемент машини, за допомогою якого можуть транспортуватися рідкі, високов'язкі і тверді речовини. Шнекові дозатори застосовуються для подачі на переробку сипучих матеріалів у вигляді потоків з заданою витратою (при безперервному способі виробництва) і певних парціальних потоків (при періодичному способі). Одношнековий дозатор є простою формою виконання цього типу машин. Матеріал

забирається шнеком з воронки, транспортується і виводиться у вигляді рівномірного матеріального потоку [24].

Шнековий транспортер являє собою відкритий або закритий жолоб, усередині якого крутиться шнек. Електричний двигун призводить шнек до обертання. За допомогою лопатей відбувається переміщення матеріалів під нахилом або по горизонталі, що залежить від типу конвеєра.

Технічні характеристики:

1) Транспортер ВК-160: продуктивність 6 т/год, довжина транспортування від 4 до 30 м, насипна вага сировини – 250-850 кг/м³, діаметр гвинта конвеєра становить 160 мм, кут нахилу – 0-20 град, потужність 2,2 кВт;

2) Транспортер ВК-320: продуктивність 50 т/год, довжина транспортування від 4 до 30 м, насипна вага сировини – 250-850 кг/м³, діаметр гвинта конвеєра становить 320 мм, кут нахилу – 0-20 град, потужність – 4,0-11,0 кВт.

Пакувальна установка НВП «Техноваги»

Пакувальна установка НВП «Техноваги» використовується для фасування сипких продуктів у відкриті мішки від 10 до 50 кг.

Пакувальна установка складається з каркаса, вагового та підвісного бункерів, двох пневматичних заслінок, пневматичного притиску і пульта управління. Продукт гравітаційним методом подається у ваговий бункер. При досягненні потрібної дози подача продукту припиняється і на пульті управління загоряється відповідна індикація. Оператор встановлює порожній мішок для наповнення на патрубок та закріплює його притискним пристроєм. Продукт з вагового бункера пересипається в мішок і запакований мішок падає на приймальний транспортер. Далі цикл повторюється.

Фасувальні машини для сипучих продуктів є легкими в експлуатації, інформація про зважування може передаватися на комп'ютер або програмований логічний транспортер через зручний інтерфейс RS-485. Устаткування для фасування сипучих продуктів забезпечує точний облік

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			54

зваженої продукції і формує масу дози у ваговому бункері з подальшим пересипанням у відкритий мішок.

Технічні характеристики: маса дози від 10-50 кг, точність дозування 0,5-1%, дозування – вагове, продуктивність 4-6 уп./хв. На рис.2.14 зображена будова та основні розміри пакувальної установки НВП «Техноваги».

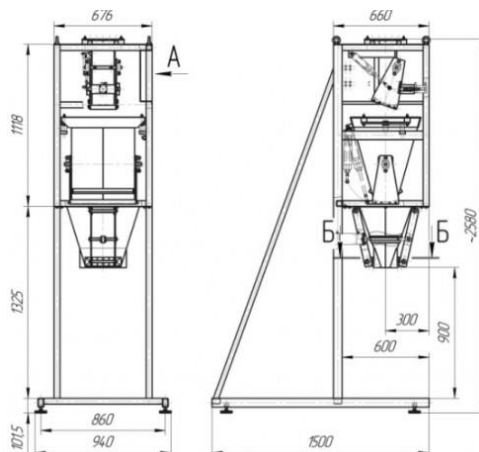


Рис. 2.14 Будова та основні розміри пакувальної установки НВП «Техноваги»

В таблиці 2.14 наведено основне технологічне обладнання необхідне для виробництва сахарину за розробленою технологією.

Таблиця 2.14

№	Назва апарату	Марка	Продуктивність	Кіл-ть
1	Реактор з лопатевою мішалкою	—	25 м ³ , 32 м ³ , 200 об/хв	2
2	Реактор з рамною мішалкою	—	32 м ³ , 63 м ³ , 20-60 об/хв	3
3	Шестерінчастий насос	Rotan серії CD	170 м ³ /год	2
4	Мембранний насос	AODD BOXER 503	800 л/хв	5
5	Кристалізатор з рамною мішалкою	—	100 м ³ , 20-60 об/хв	1
6	Стрічковий вакуум-фільтр	F-15	100-300 т/год	1

7	НУТЧ-фільтр з однолопатевою мішалкою	FPP 1600	16 м ³ /год	3
8	Шнековий транспортер	ВК-160, ВК-320	6 т/год, 50 т/год	3
9	Стрічкова сушарка	СЛ-2,0-21	3 т/год	1
10	Стрічковий транспортер	–	5 т/год	1
11	Пакувальна установка	НВП «Техноваги»	4-6 уп/хв	1

2.5.2 Розрахунок реактора з рамною мішалкою

Метою даного розрахунку є вибір робочого об'єму апарату та визначення його геометричних розмірів. Апарат призначений для проведення стадії окиснення. Два приготованих розчини подаються в даний реактор та нагріваються до температури 35-40°C протягом 10-15 годин. Апарат являє собою вертикальний сталевий циліндр з еліптичним днищем та кришкою, обладнаний сорочкою та рамною мішалкою. Обертання перемішуючого пристрою здійснюється приводом, який встановлений на кришці апарата. Кришка апарата еліптична і обладнана технологічними штуцерами, злив продукту проходить через штуцер знизу.

Продуктивність за одне завантаження в реактор становить:

$$V_{\text{завант}} = 50,169 \text{ м}^3$$

Об'єм утворених продуктів під час реакції окиснення складає:

$$V_{\text{утв}} = 58,313 \text{ м}^3$$

Ведемо розрахунок на реактор з номінальним об'ємом 63 м³ та ступенем заповнення (φ)= 0,95. Тоді, робочий об'єм реактора розрахуємо за формулою 2.12:

$$V_{\text{роб}} = V_{\text{н}} \cdot \varphi = 63 \cdot 0,95 = 59,85 \text{ м}^3 \quad (2.12)$$

Необхідна кількість реакторів розраховується за формулою 2.13:

$$n = V_{\text{завант}} / V_{\text{роб}} = 50,169 / 59,85 = 0,84 \text{ шт.} \quad (2.13)$$

Отже, приймаємо 1 реактор з еліптичною кришкою та днищем та номінальною ємністю 63 м³. Стандартні характеристики даного реактора [25]:

- внутрішній діаметр $D = 3200$ мм;
- висота корпусу $H = 8300$ мм;
- площа поверхні теплообміну рубашки $F_p = 82,8$ м²;
- діаметр вала мішалки $d_b = 95$ мм.

Еліптичні днища для апарата такого діаметра мають такі показники [26]:

- внутрішній діаметр $D = 3200$ мм;
- висота відбортовки $h_1 = 60$ мм;
- висота еліптичної частини $H_{ел} = 800$ мм;
- внутрішня поверхня днища $F = 11,7$ м²;
- ємність днища $V_{дн} = 4752,3$ дм³.

Об'єм рідини в циліндричній частині реактора $V_{рц}$ розраховуємо за формулою 2.14:

$$V_{рц} = V_p - V_{дн} = 59,85 - 4,75 = 55,1 \text{ м}^3 \quad (2.14)$$

Тоді, висота рідини у циліндричній частині реактора буде визначатись за формулою 2.15:

$$H_{ц} = V_{рц} / \pi \cdot R_{вн.}^2 = 55,1 / 3,14 \cdot 1,6^2 = 6,855 \text{ м} \quad (2.15)$$

Загальну висоту рідини визначаємо за формулою 2.16:

$$H_p = H_{ц} + h_1 + H_{ел} = 6,855 + 0,06 + 0,8 = 7,715 \text{ м} \quad (2.16)$$

Далі ведемо розрахунок рамної мішалки. Стандартні співвідношення для рамної мішалки [25]:

$$D / d = 1,05 - 1,3$$

$$h = H \cdot 0,6$$

$$b = 0,07 \cdot d$$

$$R = 0,82 \cdot d$$

Діаметр мішалки:

$$D / d = 3200 / 1,3 = 2461,538 \text{ мм}$$

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

Приймаємо стандартний розмір діаметра мішалки: $d = 2500$ мм

Висота мішалки:

$$h = 0,6 \cdot 8300 = 4980 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний розмір висоти мішалки: $H = 5000$ мм

Ширина лопаті мішалки:

$$b = 0,07 \cdot 2500 = 175 \text{ мм}$$

Радіус дна мішалки:

$$R = 0,82 \cdot 2500 = 2050 \text{ мм}$$

Швидкість рамних мішалок становить $w = 1-3$ м/с. Приймаємо $w = 3$ м/с. Частота обертання вала мішалки буде розраховуватись за формулою 2.17 [27]:

$$n = w / \pi \cdot d = 3 / 3,14 \cdot 2,5 = 0,4 \text{ с}^{-1} \quad (2.17)$$

Значення критерію Рейнольдса обчислюємо за формулою 2.18:

$$Re = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (2.18)$$

$$\rho_{\text{маси}} = 1670 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu_{\text{маси}} = 0,014 \text{ Н*с/м}^2$$

$$Re_B = \frac{0,4 \cdot 2,5^2 \cdot 1670}{0,014} = 298214$$

Для рамної мішалки з двома горизонтальними лопатями критерій потужності розраховується за формулою 2.19:

$$K_N = 12 \cdot Re_B^{0,77} \cdot \left(\frac{h}{d}\right) = 12 \cdot 298214^{0,77} \cdot \left(\frac{5000}{2500}\right) = 394092 \text{ Вт} \quad (2.19)$$

Потужність, що витрачається на перемішування шукаємо за формулою 2.20:

$$N = K_N \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 394092 \cdot 0,014 \cdot 0,4^2 \cdot 2,5^3 = 13793 \text{ Вт} \quad (2.20)$$

Потужність, що втрачається на тертя в сальнику, визначається за формулою:

$$N_c = 9,84 \cdot (p + 0,98 \cdot 10^5) \cdot f_m \cdot l_c \cdot n \cdot d_B^2 \quad (2.21)$$

де $p = 108241$ Па;

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,2$;

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			58

$l = 4 \cdot d_b = 4 \cdot 0,095 = 0,38$ м – довжина набивки сальника.

$$N_c = 9,84 \cdot (108241 + 98000) \cdot 0,2 \cdot 0,38 \cdot 0,4 \cdot 0,095^2 = 557 \text{ Вт}$$

Потужність електродвигуна приводу буде розраховуватись за формулою:

$$N_{ед} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot N + N_c}{\eta} \quad (2.22)$$

де η – к.к.д. приводу, $\eta = 0,9$;

$k_1 = N_p / D = 7,715 / 3,2 = 2,411$ – коефіцієнт, що враховує заповнення ємності перемішувальною рідиною;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення потужності при пуску, або підвищенні опору середовища в процесі перемішування, здебільшого приймається $k_2 = 1$. Тоді, $N_{ед}$ розраховуємо за формулою 2.22:

$$N_{ед} = \frac{2,411 \cdot 13793 + 557}{0,9} = 37568 \text{ Вт} = 37,6 \text{ кВт}$$

Отже, потужність електродвигуна повинна бути більша $N_{min} = 37,6$ кВт.

Враховуючи частоту обертання вала мішалки і N_{min} , було обрано мотор-редуктор, висота приводу якого складає 2700 мм.

Тому, загальна висота реактора з приводом становить:

$$H_{заг} = 8300 + 2700 = 11000 \text{ мм}$$

Так як в апараті знаходиться агресивне середовище, то для елементів реактора була обрана корозійно-стійка сталь 12Х18Н10Т. Значення допустимого напруження для сталі при температурі 40°C буде становити $[\sigma] = 181,5$ МПа. Швидкість корозії сталі у середовищі (П) – 0,01 мм/рік.

Товщина циліндричної обичайки розраховується за формулою 2.23:

$$S = S_R + c_1 + c_2 + c_3 \quad (2.23)$$

Прибавка на компенсацію корозії c_1 обчислюється за формулою 2.24:

$$c_1 = \Pi \cdot t = 0,01 \cdot 10 = 0,1 \text{ мм} \quad (2.24)$$

Технологічну прибавку приймемо $c_3 = 0$. S_{R1} визначається за формулою 2.25:

$$S_{R1} = k_2 \cdot D \cdot 10^{-2} \quad (2.25)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Коефіцієнт $k_2 = f(k_1; k_3)$ визначається з номограми, а k_1 та k_3 за формулами:

$$k_3 = L / D = 11067 / 3200 = 3,46 \quad (2.26)$$

$$\text{де } L = H + l_1 = 8300 + 2767 = 11067 \text{ мм}$$

$$l_1 = H / 3 = 8300 / 3 = 2767 \text{ мм}$$

$$k_1 = \frac{n_y \cdot P}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E} = \frac{2,4 \cdot 0,108}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,97 \cdot 10^5} = 0,55 \quad (2.27)$$

де $E = 1,97 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності при розрахунковій температурі;

$n_y = 2,4$ – коефіцієнт запасу міцності для робочих умов.

Тоді знаходимо $k_2 = 0,29$. S_{R1} розраховуємо за формулою 2.25:

$$S_{R1} = 0,29 \cdot 3,2 \cdot 10^{-2} = 9,28 \text{ мм}$$

$$S_{R2} = \frac{1,1 \cdot P \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} = \frac{1,1 \cdot 0,108 \cdot 3,2}{2 \cdot 181,5} = 1,05 \text{ мм} \quad (2.28)$$

Вибираємо більше значення: $S_{R1} = 9,28$ мм.

Знайдемо виконавчу товщину стінки за формулою 2.23:

$$S = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = 9,28 + 0,1 + c_2 = 9,38 + c_2, \text{ мм}$$

Найближча товщина листової сталі 10 мм, для якої $c_2 = 0,6$ мм.

Згідно отриманих результатів, товщину стінки циліндричної обичайки та днища рубашки приймемо $S = 10$ мм.

Діаметр апарату з опорами, при внутрішньому діаметрі апарату $D = 3200$ мм, становить $D_{\text{опор}} = 4160$ мм [28].

Діаметр рубашки зазвичай приймають на 100-200 мм більше за діаметр реактора. Тому, приймемо $D_{\text{рубашки}} = 3400$ мм.

Маса циліндричної обичайки, за формулою 2.26, буде складати :

$$m_{\text{ц}} = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot H = 1670 \cdot 3,14 \cdot 3,2 \cdot 0,01 \cdot 8,3 = 1393 \text{ кг} \quad (2.29)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			60

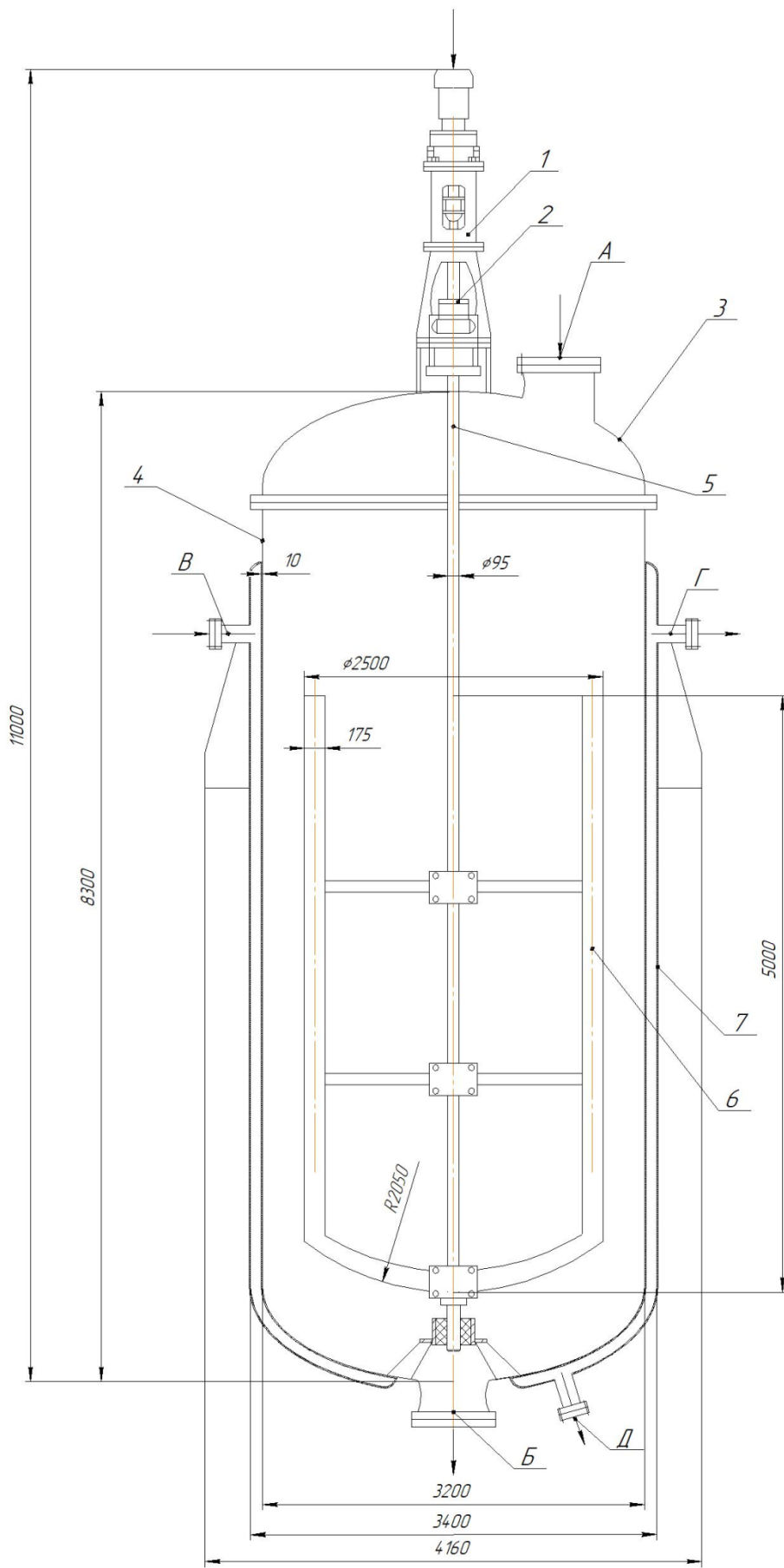


Рис. 2.15 Реактор з рамною мішалкою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис

2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми

Для одержання сахарину спочатку готують два розчини у реакторі 1 і 3. У реактор 1 по трубопроводу 29 подається о-толуолсульфонамід та по трубопроводу 30 розчин сульфатної кислоти, де вони перемішуються лопатевою мішалкою до повного зникнення частинок твердого аміду. У реактор 3 по трубопроводу 30 і 31 завантажуються розчини біхромату натрію та сульфатної кислоти і також перемішуються лопатевою мішалкою. Приготування двох розчинів здійснюють за нормальних умов.

Готові розчини з реакторів 1 і 3 подають по трубопроводам у реактор 5 на окиснення. Реактор обладнаний сорочкою, у яку подається гаряча вода по трубопроводу 1г, так як процес окиснення повинен проходити за температури 35-40°C і при постійному перемішуванні. Перемішування здійснюється за допомогою рамної мішалки, яка перешкоджає прилипанню осаду сахарину до стінок. Процес окиснення триває 10-15 годин. Відпрацьована вода з сорочки реактора виводиться через трубопровід 1в. Отриману масу перекачують насосом 6 по трубопроводу до охолоджувального кристалізатора 7.

Після цього в кристалізатор по трубопроводу 1 подають воду і включають у роботу мішалку. В сорочку кристалізатора по трубопроводу 1х подають холодоносій. В якості охолоджуючого агенту зазвичай виступає холодна вода. Маса охолоджується до температури 15°C, стає пересиченою, і внаслідок цього відбувається додаткова кристалізація сахарину на поверхні вже наявних кристалів. По закінченню процесу охолодження отримана маса за допомогою насосу 8 подається по трубопроводу на фільтрацію у стрічковий вакуум-фільтр 9.

Процес фільтрації здійснюється у вакуумі. Маса по живильному лотку надходить на поверхню фільтрувальної тканини. Під дією вакууму вода проходить через фільтрувальну тканину і отвори в стрічці у вакуумну камеру. По русі стрічки над вакуумною камерою осад зневоднюється, сушиться і знімається ножовим пристроєм при огинанні стрічкою

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			62

приводного барабана. Відфільтрований осад подається на шнековий транспортер 10, звідки він транспортується до реактора 11.

У реактор 11 окрім отриманої маси, по трубопроводу 33 подають розчин соди, і після цього відбувається перший процес очищення сахарину. Внаслідок цього процесу сахарин перетворюється на сахаринат натрію і виділяється вуглекислий газ, який відводиться через трубопровід 28 на утилізацію. В цьому ж реакторі проводиться другий процес очищення за допомогою розчину бісульфіту натрію та сульфатної кислоти, які надходять до реактора по трубопроводам 34 і 30. Даний процес здійснюють з метою розкислення слідів окисника. Утворену масу перекачують насосом 12 по трубопроводу до НУТЧ-фільтру 13.

Процес фільтрації у НУТЧ-фільтрі також здійснюється під вакуумом. Залишок о-толуолсульфонамід у затримується на фільтрувальній перегородці і формує шар осаду, який за допомогою однолопатевої мішалки по трубопроводу 35 вигражують на утилізацію. Відфільтрований розчин подається на дно і через трубопровід виводиться з фільтра. Потім за допомогою насоса 14 він подається у реактор 15 на осадження.

Процес осадження здійснюють за допомогою розчину хлоридної кислоти, який подається у реактор по трубопроводу 36. В результаті реакції виділяється діоксид вуглецю, який виводиться через трубопровід 28 на утилізацію, а утворений розчин подають через насос 16 по трубопроводу на фільтрацію.

На стадії фільтрування сахарин очищують від надосадової рідини, яка утворилась в процесі осадження і вилучають її через трубопровід 32 на утилізацію. Очищені вологі кристали сахарину вигражують на шнековий транспортер 18, звідки подають у стрічкову сушарку 19.

В сушарці 19 відбувається видалення зайвої вологи з кристалів сахарину в результаті підвищення температури до 30-40°C. В якості сушильного агента використовують повітря яке подають через трубопровід 3. Після сушіння відпрацьоване повітря виводиться через трубопровід 3в у

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

атмосферу. По закінченню процесу сушіння сухі кристали сахарину подаються на стрічковий транспортер 20, а потім на шнековий транспортер 21, звідки вони транспортуються на пакувальну установку 22. Сахарин пакується у коробки або мішки вагою 25 кг. Після цього готовий продукт завантажується на склад.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			64

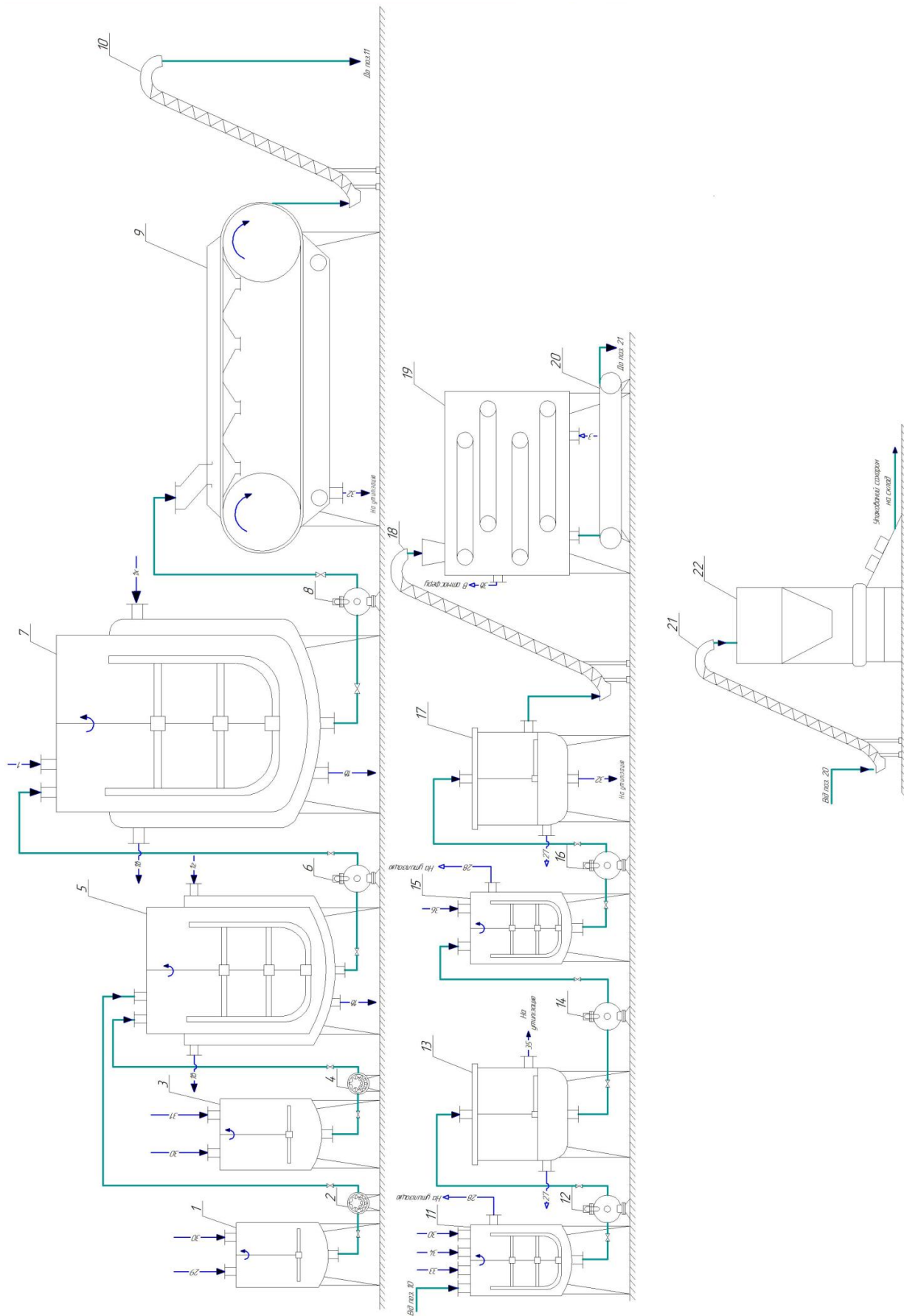


Рис. 2.16 Апаратурно-технологічна схема виробництва сахарину

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Економічний розрахунок проводиться з метою визначення доцільності розроблення нового продукту та обґрунтування доцільності його виробництва. Шляхом розрахунку калькуляції собівартості виробництва визначається доцільність цього процесу. В таблиці 3.1 представлено потреба в сировині та матеріалах на 2 т виробництва.

Таблиця 3.1

Потреба в сировині та матеріалах на 2 т виробництва

Сировина та матеріали	Одиниця виміру	Норми витрат на 2 т, кг	Ціна сировини за 1 кг, грн	Сума, грн/2т
О-толуолсульфонамід	кг	2803,08	28,31	79355,195
Сульфатна кислота	кг	46614,57	7,8	363593,646
Біхромат натрію	кг	4931,19	29	143004,51
Гідрокарбонат натрію	кг	1129,48	11,8	13327,864
Бісульфіт натрію	кг	115,86	31	3591,66
Хлоридна кислота	кг	476,16	6,8	3237,888
Вода	кг	83279,08	0,023	1915,419
Всього				608026,182

Отже, витрати на сировину та основні матеріали для виготовлення 2 т сахарину становлять 608026,182 грн.

Транспортно-заготівельні витрати на сировину та основні матеріали приймаємо в розмірі 5%, що складає:

$$608026,182 \cdot 0,05 = 30401,31 \text{ грн}$$

Загальні витрати становлять:

$$608026,182 + 30401,31 = 638427,49 \text{ грн}$$

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Нелюбіна О.О.			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Подобій О.В.				66	96
Реценз.					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ		
Н. Контр.		Бойчук Т.М.			НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.					

Енерговитрати на виробництво сахарину масою 2 т складають 3500 кВт. Згідно постанови Кабінету Міністрів України ціна за електроенергію в 2021 році складає 1,68 грн (з ПДВ) за 1 кВт/год незалежно від об'єму споживання. Отже, вартість витрат за спожиту електроенергію при виробництві сахарину складає:

$$3500 \cdot 1,68 = 5880 \text{ грн}$$

Фактичний обсяг виробництва розраховується за формулою 3.1:

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{доб}} \cdot K_{\text{вик}} \quad (3.1)$$

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

Фактичний добовий обсяг виробництва сахарину складе:

$$P_{\text{факт}} = 2000 \cdot 0,8 = 1600 \text{ кг}$$

Річний обсяг виробництва розраховується за формулою 3.2:

$$O = P_{\text{факт}} \cdot K_{\text{д.р.}} \quad (3.2)$$

Тоді річний обсяг виробництва сахарину складе:

$$O = 1600 \cdot 250 = 400000 \text{ кг}$$

Далі розраховуємо основну заробітну плату працівників. За одну зміну випускають 2 т готового продукту – сахарину. Тривалість зміни на виробництві становить 8 год., кількість робочих днів – 250 (враховуючи свята та вихідні дні). Так як, виробництво працює цілодобово, то деякі робітники працюють в 3 зміни: I зміна – 6⁰⁰-14⁰⁰, II зміна – 14⁰⁰-22⁰⁰ III зміна – 22⁰⁰-6⁰⁰.

За роботу у вечірні години (з 18⁰⁰-22⁰⁰) встановлено доплату в розмірі 20% годинної тарифної ставки за кожну годину роботи. За роботі у нічні зміни (з 22⁰⁰-6⁰⁰) встановлено доплату в розмірі 25% годинної тарифної ставки за кожну годину роботи.

Тарифні ставки для працівників різного розряду розраховують множенням ставки працівника I-го розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. Згідно закону про державний бюджет на 2021 рік, мінімальна

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			67

зарплата становить 6000 грн. Тарифний коефіцієнт для працівників II розряду складає – 1,09, для IV – 1,27, для VIII – 1,64.

Заробітна плата для працівника I-го розряду, враховуючи мінімальну заробітну плату, буде становити:

$$6000 / 160 = 37,5 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата за погодинною системою оплати праці для робітника II-го розряду I зміни складе:

$$37,5 \cdot 1,09 = 40,88 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата за погодинною системою оплати праці для робітника IV-го розряду I зміни складе:

$$37,5 \cdot 1,27 = 47,63 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата за погодинною системою оплати праці для робітника VIII-го розряду складе:

$$37,5 \cdot 1,64 = 61,5 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата працівника I-го розряду II зміни, враховуючи доплату за вечірню зміну складе:

$$37,5 \cdot 1,2 = 45 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата працівника II-го розряду II зміни, враховуючи доплату за вечірню зміну складе:

$$40,88 \cdot 1,2 = 49,06 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата працівника IV-го розряду II зміни, враховуючи доплату за вечірню зміну складе:

$$47,63 \cdot 1,2 = 57,16 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата працівника I-го розряду III зміни, враховуючи доплату за вечірню зміну складе:

$$37,5 \cdot 1,25 = 46,88 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата працівника II-го розряду III зміни, враховуючи доплату за вечірню зміну складе:

$$40,88 \cdot 1,25 = 51,1 \text{ грн/год}$$

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

Заробітна плата працівника IV-го розряду III зміни, враховуючи доплату за вечірню зміну складе:

$$47,63 \cdot 1,25 = 59,54 \text{ грн/год}$$

Основна заробітна плата працівників, які працюють за погодинною системою оплати праці наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Основна заробітна плата працівників

Назва посади	Кіл-ть	Розряд працівника	Кіл-ть год/день	Заробітна плата грн/зміну
Інженер-технолог	1	VIII	8	492
Апаратник I зміна	5	IV	8	1905,2
II зміна	5			2095,8
III зміна	5			2381,6
Оператор лінії				
I зміна	1	II	8	327,04
II зміна	1			359,76
III зміна	1			408,8
Підсобний робітник				
I зміна	1	I	8	300
II зміна	1			330
III зміна	1			375,04
Всього	25			8483,24

Отже, основна заробітна плата за зміну складає 8483,24 грн.

Також на підприємстві передбачена додаткова заробітна плата, як винагорода за працю понад установлені норми, за трудові успіхи і за особливі умови праці. Вона складає 30 % від основної заробітної плати.

Обов'язковим платежем є ЄСФ – Єдиний соціальний внесок, що складає 22% від основної заробітної плати.

Додаткова заробітна плата та сума ЄСФ наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Показник	Відсоток, %	Сума, грн/зміну
Додаткова заробітна плата	30 %	2544,97
Відрахування до ЄСФ	22 %	1866,31

Отже витрати на додаткову заробітну плату складають 2544,97 грн/зміну, а відрахування до ЄСФ –1866,31 грн/зміну.

На утримання та обслуговування обладнання витрати складають 120 % від основної заробітної плати:

$$8483,24 \cdot 1,2 = 10179,89 \text{ грн/зміну}$$

Витрати, що пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва продукції складають 10 % від основної заробітної плати (ОЗП):

$$8483,24 \cdot 0,1 = 848,32 \text{ грн/зміну}$$

Загальновиробничі витрати складають 150 % від ОЗП:

$$8483,24 \cdot 1,5 = 12724,86 \text{ грн/зміну}$$

Виробнича собівартість буде становити:

$$638427,49 + 5880 + 8483,24 + 2544,97 + 1866,31 + 10179,89 + 848,32 + 12724,86 = 680955,08 \text{ грн}$$

Сума адміністративних витрат складає 1,5 % від виробничої собівартості:

$$680955,08 \cdot 0,015 = 10214,33 \text{ грн/зміну}$$

Витрати на збут складають 2 % від виробничої собівартості:

$$680955,08 \cdot 0,02 = 13619,1 \text{ грн/зміну}$$

Інші операційні витрати складають 1% від виробничої собівартості:

$$680955,08 \cdot 0,01 = 6804,55 \text{ грн/зміну}$$

Отже, повні втрати складають:

$$680955,08 + 10214,33 + 13619,1 + 6804,55 = 711593,06 \text{ грн/зміну}$$

Повні витрати на виробництво за рік будуть становити:

$$711593,06 \cdot 250 = 177898265 \text{ грн}$$

Рентабельність виробництва становить 10%, отже прибуток буде складати:

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			70

$$177898265 \cdot 0,1 = 17789826,5 \text{ грн}$$

Загальна сума, без урахування ПДВ, буде складати:

$$177898265 + 17789826,5 = 195688092 \text{ грн}$$

ПДВ складає 20%:

$$195688092 \cdot 0,2 = 39137618,4 \text{ грн}$$

Загальна сума, з урахуванням ПДВ буде складати:

$$195688092 + 39137618,4 = 234825710 \text{ грн}$$

Сахарин буде продаватися в різних формах випуску, розрахуємо вартість 1 кг:

$$234825710 / 2000 \cdot 250 = 469,65 \text{ грн}$$

Враховуючу середню вартість сахарину на споживчому ринку, що становить 350-500 грн/кг, можна сказати, що даний продукт має вартість вищу за середній ціновий сегмент, але вона виправдовується за рахунок високої якості продукту.

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

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Система контролю якості продукції – це сукупність методів і засобів контролю та регулювання компонентів зовнішнього середовища, що визначають рівень якості продукції на стадіях стратегічного маркетингу, виробництва, а також технічного контролю на всіх стадіях виробничого процесу.

Результати маркетингових досліджень, сировина, матеріали, з яких виготовляють вироби, параметри організаційно-технічного рівня виробництва і системи менеджменту підприємства – все це є компонентами зовнішнього середовища системи контролю якості рівня підприємства.

Порушення вимог, висунутих до якості виготовленої продукції, призводить до збільшення витрат виробництва і споживання. Це завдання вирішується на підприємствах за допомогою технічного контролю. Даний контроль передбачає перевірку дотримання технічних вимог до якості продукції на всіх стадіях її виготовлення, а також виробничих умов і чинників, що забезпечують необхідну якість [29].

На запроєктованому виробництві технічний контроль якості здійснюється для вихідної сировини, напівфабрикатів, отриманих у процесі виробництва та для готового продукту.

Контроль якості вихідної сировини здійснюється згідно нормативних документів, наведених в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Контроль якості вихідної сировини

Речовина	Документ, що регламентує якість
1	2
О-толуолсульфонамід	USP-1672010
Сульфатна кислота	ДСТУ 2184:2018

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Лім.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Нелюбіна О.О.					72	96
Перевір.		Подобій О.В.						
Н. Контр.		Бойчук Т.М.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						
						НУХТ Каф. ТЖХТ		

1	2
Біхромат натрію	ГОСТ 2651-78
Вода	ДСТУ ISO 3696:2003
Гідрокарбонат натрію	ГОСТ 2156-76
Бісульфіт натрію (водний розчин)	ГОСТ 902-76
Хлоридна кислота	ДСТУ 2904-94

В ході виробничого процесу повинен здійснюватися контроль параметрів процесу, а також інших чинників, які забезпечують якість кінцевого продукту. В таблиці 4.2 наведені методи аналізу, які здійснюються протягом виробничого циклу.

Таблиця 4.2

Назва стадії	Назва показника	Норма	Метод аналізу
Окиснення	Температура	30-40°C	Термометрія
	Надлишок окисника	Утворюється комплекс червоно-фіолетового кольору	Фотоколориметричний метод
	Наявність кристалів аміду	Відсутність кристалів форми октаєдрів або плоских голок	Мікроскопія
Охолодження	Температура	15°C	Термометрія
Фільтрування	Кількість видаленого маточного розчину або осаду	Залежить від об'єму виробництва	Гравіметрія
Сушіння	Температура	30-40°C	Термометрія

Готовий продукт сахарин за органолептичними і фізико-хімічними показниками повинний відповідати нормам, зазначеним в ГОСТ 2150-43 «Сахарин пищевой» (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3

Показники якості сахарину

Назва показника	Норма
Зовнішній вигляд	Білий або злегка жовтуватий кристалічний порошок, без запаху
Температура початку плавлення в °С, не нижче	219,0
Вміст сахарину в %, не менше	92,0
Вміст солей хрому	Відсутність

Визначення температури початку плавлення сахарину. Висушений і тонко розтертий в ступці випробуваний сахарин поміщають в два скляні капіляри внутрішнім діаметром 0,8-1,0 мм і довжиною 45-50 мм. Наповнені капіляри кидають 5-6 разів в скляну трубу висотою 800 мм і діаметром 20 мм, поставлену вертикально на годинне скло, до ущільнення речовини в шар висотою 2-3 мм, після чого їх прикріплюють за допомогою гумового кільця до термометру шкалою, поділеною на 0,1 або 0,2 °С, так щоб стовпчик речовини знаходився на одному рівні з центром ртутного резервуара термометра.

В пробірку, наповнену на одну чверть її об'єму прозорою сірчаною кислотою або вазеліновим маслом, поміщають вставлений в коркову пробку термометр з прикріпленими до нього капілярами так, щоб вони не торкалися дна і стінок пробірки, а гумове кільце знаходилося вище рівня рідини в пробірці.

У скляну колбу ємністю 150-200 мл, наповнену на 2/3 об'єму прозорою сірчаною кислотою або вазеліновим маслом, поміщають пробірку з термометром так, щоб відстань між дном колби і пробірки була не менше 10-15 мм.

Вміст колби нагрівають до температури 180°C, а потім, зменшивши вогонь конфорки, продовжують нагрівання таким чином, щоб температура підвищувалася на 2 °С за 1 хвилину і починаючи з 210 °С – на 0,5 °С за 1 хвилину.

Відзначають показання термометра в момент появи в капілярі першої краплі розплавленої речовини. До показання термометра додають поправку Δ на висоту виступаючого стовпчика ртуті термометра за формулою 4.1:

$$\Delta t = 0,00016 \cdot h \cdot (t_1 - t_2) \quad (4.1)$$

h – висота стовпчика ртуті, що виступає над рівнем рідини в колбі, виражена в градусах шкали термометра;

t_1 – спостережувана температура плавлення в °С;

t_2 – температура повітря поблизу середини виступаючого стовпчика ртуті в °С.

За температуру початку плавлення приймають середню арифметичну величину результатів визначень в двох капілярах, якщо вони відрізняються один від одного не більше ніж на 0,4 °С.

Визначення вмісту сахарину. Близько 5 г випробуваного сахарину зважують з точністю до 0,0002 г, вносять в круглодонну колбу ємністю 100 мл і наливають в неї 10 мл 7,5 н розчину їдкого натру або їдкого калію. Суміш кип'ятять 2-3 хвилини зі зворотним холодильником, охолоджують до температури 20-30 °С, після чого поступово наливають в колбу через холодильник 15 мл соляної кислоти і знову кип'ятять розчин протягом 50 хвилин із зворотним холодильником.

Після охолодження розчин кількісно переливають в круглодонну колбу К'ельдаля ємністю 300 мл, в яку наливають 50 мл 0,1 н розчину сірчаної кислоти. Бічне відведення приймача з'єднують за допомогою каучукової трубки, на кінець якої надіта скляна трубка, з колбою Ерленмеєра, ємністю 700 мл, що містить близько 50 мл дистильованої води; кінець скляної трубки повинен бути занурений у воду, але не повинен торкатися дна колби.

Після перевірки щільності з'єднань приладу в колбу К'ельдаля наливають через крапельну воронку 55 мл 40%-ного розчину їдкого натру

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

або їдкого калію, нагріваючи вміст колби до кипіння, роблять відгонку аміаку разом з парами води до тих пір, поки проба дистиляту не перестане давати забарвлення з розчином фенолфталеїну.

Після закінчення відгонки аміаку вміст приймача переливають в колбу Ерленмеєра, що служила запобіжним приймачем, і титрують надлишок кислоти 0,1 н розчином їдкого натру або їдкого калію, застосовуючи в якості індикатора метиловий червоний.

Паралельно для введення поправки на чистоту реактивів і води ставлять контрольний дослід з тими ж кількостями їдкого натру або їдкого калію, соляної кислоти, сірчаної кислоти і дистильованої води.

Відсотковий вміст сахарину розраховується за формулою 4.2:

$$X_1 = \frac{(v_2 - v_1) \cdot 0,01832 \cdot 100}{G} = \frac{1,832 \cdot (v_2 - v_1)}{G} \quad (4.2)$$

v_1 – об'єм 0,1 н розчину лугу, який пішов на титрування випробуваного розчину, в мл;

v_2 – об'єм 0,1 н розчину лугу, який пішов на титрування розчину при контрольному досліді, в мл;

G – наважка сахарину в г;

0,01832 – кількість сахарину в 1 мл 0,1 н розчину лугу, в г.

Визначення вмісту солей хрому. Спочатку отримують золу з сахарину: близько 2 г досліджуваного сахарину зважують з точністю до 0,0002 г в попередньо прожареному і зваженому фарфоровому тиглі. Тигель ставлять на азбестову сітку і спалюють вміст до повного озолення. Отриману золу розчиняють в 10 мл дистильованої води і отриманий розчин відфільтровують від нерозчинних домішок.

У пробірку з пришліфованою скляною або гумовою пробкою ємністю 20–25 мл наливають 2 мл 3%-ого перекису водню, не більше 0,2 мл 10%-ого розчину сірчаної кислоти і 2 мл етилового ефіру. Суміш збовтують, доливають до неї випробуваний розчин і знову збовтують. Проба на відсутність солей хрому витримала випробування, якщо ефірний шар не зафарбувався у синій колір [30].

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

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці на підприємстві

5.1.1 Основні вимоги з охорони праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Найпершим здійснюється укладання трудових договорів між роботодавцем та працівником з інформуванням останнього про умови праці та наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Також повідомляється про можливі наслідки впливу даних факторів на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах.

Всі працюючі на виробництві допускаються до самостійної роботи після проходження ввідного інструктажу та інструктажу на робочому місці із наступним стажуванням. Експлуатація виробничого обладнання здійснюється в строгій відповідності з інструкціями по обслуговуванню.

Умови праці на робочому місці, безпека засобів виробництва, технологічних процесів, стан засобів індивідуального та колективного захисту і санітарно-побутові умови повинні відповідати умовам законодавства.

Роботодавець зобов'язаний за свої кошти забезпечити організацію та фінансування медичних оглядів працівників, зайнятих на роботах із шкідливими або небезпечними умовами, під час прийняття на роботу і протягом всієї трудової діяльності працівників.

Виробничі споруди, будівлі, машини, устаткування, механізми, транспортні засоби, які вводяться в дію після виготовлення або реконструкції, а також технологічні процеси повинні відповідати вимогам

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нелюбіна О.О.			ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Лім.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Подобій О.В.					77	96
Н. Контр.		Бойчук Т.М.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						
					НУХТ Каф. ТЖХТ			

нормативно-правових актів з охорони праці [31].

5.1.1.1 Засоби індивідуального захисту на підприємстві

Хімічне виробництво є галуззю промисловості, що має підвищену потенційну небезпеку професійних отруєнь і захворювань працюючих. Причиною цього є те, що в процесі праці багато працівників стикаються з хімічними речовинами, які мають ті чи інші токсичні властивості. Персонал не повинен знаходитися на територіях з небезпечним для здоров'я вмістом речовин (при перевищенні ГДК – гранично допустимої концентрації) без відповідних засобів індивідуального захисту.

Засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) є: спецодяг, спецвзуття, протигази, респіратори, захисні окуляри, маски, світло-фільтри, протишумні пристрої, запобіжні пояси, електрозахисні засоби, віброзахисні рукавиці. За захисними властивостями спецодяг ділиться на види: хімзахисний, вологозахисний, електрозахисний, кислотозахисний, пилезахисний, нафтомастилозахисний, термозахисний та для захисту від радіації.

До спецодягу висуваються такі вимоги:

- 1) надійний захист від промислових шкідливих речовин;
- 2) забезпечення нормальної терморегуляції організму;
- 3) зручність одягу;
- 4) добре очищення від забруднень.

У випадках коли в повітрі робочої зони вміст шкідливих речовин перевищує ГДК або коли вміст кисню менше 17%, необхідно застосовувати ЗІЗ органів дихання від отруєння та задухи. Засобами індивідуального захисту органів дихання є: протигази промислові фільтруючі, фільтруючі респіратори, шлангові протигази.

В якості засобів від механічного травмування голови, а також ураження голови електричним струмом застосовуються різні каски. Захист рук здійснюється різними видами рукавиць в залежності від робочого середовища: від термічних опіків, кислотозахисні, віброзахисні. Для захисту очей застосовують захисні окуляри, щитки й маски [32].

5.1.1.2 Заходи безпеки від виробничих шумів, вібрацій технологічного обладнання, ураження електричним струмом та випромінювань

Підвищений рівень шумів та вібрацій спостерігається на більшості виробничих ділянок. Довготривалий вплив шуму та вібрацій призводить до розладу вестибулярного апарату, центральної та вегетативної нервових систем, захворювання органів травлення та інших негативних наслідків. Тому рекомендується застосовувати такі способи боротьби з шумом механічного походження та вібрацією:

- зменшення шуму та вібрації безпосередньо в джерелах їх виникнення, застосовуючи обладнання, що не утворює шуму та проводячи своєчасне обслуговування і ремонт елементів, що створюють шум;

- зменшення шуму та вібрації заходами звуко- та віброізоляції, а також вібро- та звукопоглинання. По можливості, необхідно знижувати рівень шуму від самого джерела, футеруючи устаткування звукопоглинальними матеріалами, обладнуючи завантажувальні бункери звуковідбиваючими екранами;

- зменшення шкідливої дії шуму та вібрації, застосовуючи індивідуальні засоби захисту та запроваджуючи раціональні режими праці та відпочинку.

Широке застосування електроенергії на виробництві вимагає правильного поводження з нею, оскільки порушення правил електробезпеки може призвести до важкої і навіть смертельної травми. Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію або недоступність струмовідних частин;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж.

Також не менш важливим є використання електрозахисних засобів. Вони в свою чергу поділяються на ізолювальні (ізолюючі штанги, накладки),

огороджувальні (щитки, огороження) та запобіжні (окуляри, каски, рукавиці) [33].

Несправне обладнання також може бути причиною серйозних травм, якщо не вжито відповідних попереджувачих та запобіжних засобів. Необхідно дотримуватися суворого графіку технічного обслуговування електрообладнання та його ремонту [32].

На виробництві можуть виникати різного роду випромінювання, що негативно впливають на організм людини. До числі заходів зменшення впливу на працівників даного виду небезпеки відносять: організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Організаційні заходи здійснюють органи санітарного нагляду, проводячи нагляд за об'єктами в яких застосовуються джерела різних видів випромінювань. Інженерно-технічні заходи передбачають використання в умовах виробництва дистанційного керування апаратурою, що є джерелом опромінення, застосування індивідуальних засобів захисту. Лікарсько-профілактичні заходи передбачають проведення систематичних медичних оглядів працівників, що перебувають у зоні дії випромінювання, а також обмеженні в часі перебування людей в зоні підвищеної інтенсивності випромінювань [33].

5.1.1.3 Заходи із забезпечення нормативного мікроклімату та чистоти повітря

Мікроклімат середовища дуже впливає на стан організму людини та її працездатність протягом робочого дня. Клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення характеризують такі показники: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, теплове випромінювання нагрітих поверхонь. Параметри мікроклімату виробничих приміщень нормуються ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Задачею роботодавця є створити на робочих місцях оптимальні, або допустимі мікрокліматичні умови для збереження здоров'я працюючих. Так, оптимальними умовами вважається $T_{\text{повітря}} = 16-24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – у холодний період

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			80

року, $T_{\text{повітря}} = 18-25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – у теплий період. Відносна вологість повинна знаходитись в межах 40-60%, а швидкість руху повітря 0,1-0,4 м/с.

До загальних заходів та засобів нормалізації параметрів мікроклімату належать:

- удосконалення технологічних процесів та устаткування – впровадження нових технологій та обладнання, які не пов'язані з необхідністю проведення робіт в умовах інтенсивного нагріву дасть можливість зменшити виділення тепла у виробничі приміщення;

- раціональне розміщення технологічного устаткування – найкращим рішенням є розміщення тепловипромінюючого обладнання в ізольованих приміщеннях або на відкритих ділянках;

- автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами;

- раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря;

- раціоналізація режимів праці та відпочинку;

- застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів [34].

На промислових підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися речовинами, які утворюються внаслідок технологічного процесу або містяться в сировині, продуктах, напівпродуктах та відходах виробництва. Ці речовини потрапляють у повітря у вигляді пилу, газів або пари і негативно впливають на організм людини.

Залежно від ступеню токсичності, фізико-хімічних властивостей, шляхів проникнення в організм, санітарні норми встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони виробничих приміщень, перевищення яких неприпустиме.

До заходів, що забезпечують чисте повітря робочої зони належать:

- безперервний або періодичний контроль (залежно від класу небезпеки речовин) вмісту хімічних речовин в повітрі;

- запобігання проникненню шкідливих речовин за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу;

- видалення шкідливих речовин за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів [33].

5.1.2 Пожежна безпека

Пожежна безпека – відсутність неприпустимого ризику виникнення і розвитку пожеж та пов'язаної з ними можливості завдання шкоди живим істотам, матеріальним цінностям і довкіллю.

Заходи щодо пожежної безпеки підрозділяються на дві основні групи: попередження пожеж і ліквідація вже виниклих пожеж. У хімічній промисловості особлива увага приділяється саме пожежній профілактиці.

Виробництва хімічної промисловості розділяються на 5 категорій: А, Б, В, Г і Д. Залежно від категорії виробництва встановлюються найбільша допустима поверховість будівель.

Хімічні лабораторії з відділу контролю якості (ВКЯ) відносяться до приміщень категорії В – пожежонебезпечні. Дані приміщення необхідно розташовувати у спеціальних прибудовах до виробничої будівлі або на верхніх поверхах виробничої будівлі, ізольовано від інших приміщень. Ступінь вогнестійкості повинен бути нижче третьої. Стіни, стелі, підлогу та поверхню робочих столів рекомендується виконувати з негорючих або важкогорючих матеріалів. Всі приміщення хімічної лабораторії повинні бути обладнані загальною обмінною приливно-витяжною вентиляцією та витяжними шафами.

Для запобігання розповсюдженню пожежі, на підприємствах встановлюють протипожежні перешкоди. До них відносяться: пожежні розриви між будівлями, обваловки, протипожежні стіни, перекриття та двері.

На хімічних виробництвах найчастіше винуватцями пожеж стають вибухонебезпечні речовини. Вибухові речовини – це всі хімічні речовини, піротехніка і пари, які є вибуховими речовинами самі по собі, а також такі як чутливі металеві солі, які самі по собі або під дією інших чинників можуть трансформуватися і привести до вибухової реакції.

Також вибухонебезпечними речовинами є горючі речовини в пилоподібному стані, адже зважений пил (аерозоль) здатний утворювати

вибухонебезпечну суміш. Для запобігання вибуху пилоповітряних сумішей або зменшення руйнуючої дії такого вибуху на апаратах встановлюються розривні мембрани і пристрої для подачі в пилепроводи інертних газів.

У випадку вибухових речовин, до них висунуті найсуворіші норми, що стосуються вимог безпечного зберігання. Місця їх зберігання повинні бути розташовані далеко від інших будівель і споруд, щоб звести до мінімуму пошкодження у разі вибуху. Виробники даних вибухових речовин випускають інструкції, в яких зазначені найбільш відповідні способи їх зберігання.

У разі виникнення пожеж на виробництвах застосовують засоби пожежогасіння, які в свою чергу поділяються на: первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники), протипожежні щити, підручні засоби та автоматичні установки пожежогасіння. Також велике значення має автоматична сигналізація, що сповіщає про наявність вибухонебезпечних концентрацій горючої пари або газів у виробничих приміщеннях [32].

Окрім вищеперерахованих, пожежна безпека приміщень забезпечується наступними заходами:

- застосування будівельних конструкцій з межею вогнестійкості - II;
- улаштування під'їзних шляхів для пожежних машин;
- електрообладнання відповідає класу зон відповідно ПУЕ;
- обладнання захищене від статичної електрики (заземлення, грозозахист і захист від вторинних проявів блискавки);
- передбачено спорожнення обладнання при аварійній ситуації, при пожежі – до аварійної ємності.

Для безпечної та швидкої евакуації людей у разі виникнення пожежі у виробничих будівлях та приміщеннях обов'язково передбачаються запасні виходи, спеціальні балкони, майданчики, переходи, вогнестійкі сходові клітки та ін.

5.1.3 Шкідливі речовини та їх нормування

В процесі виробництва сахарину застосовуються речовини, які у певних концентрація можуть бути шкідливими для здоров'я працюючих.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			83

О-толуолсульфонамід – це шкідлива речовина через свою здатність негативно впливати на здоров'я людини:

- Н302: шкідливий при ковтанні;
- Н319: викликає серйозне подразнення очей.

За гострою токсичністю відноситься до речовин IV класу небезпеки, за здатністю викликати подразнення очей – II клас. *О-толуолсульфонамід* є горючою речовиною, при пожежі виділяє подразнюючі або токсичні пари (гази).

При роботі з даною речовиною треба застосовувати засоби індивідуального засобу, а саме фільтруючий респіратор, спецодяг, а також захисні рукавички і окуляри. Виробничі та лабораторні приміщення, в яких проводиться робота з *о-толуолсульфонамідом*, повинні бути оснащені припливно-витяжною вентиляцією, що забезпечує стан повітря робочої зони відповідно до вимог нормативних документів.

Сульфатна кислота – це небезпечна речовина, з точки зору здоров'я людини та пожежної безпеки. Вона відноситься до речовин II класу небезпеки:

- Н314: спричиняє серйозні опіки шкіри та очей;
- може спричинити займання горючих речовин;
- шкідлива для водного середовища.

ГДК в повітрі робочої зони сульфатної кислоти не повинна перевищувати 1,0 мг/м³.

Сірчана кислота, у разі попадання на шкіру викликає сильні опіки, що важко піддаються лікуванню. Під час вдихання пари сірчаної кислоти подразнюють і обпікають верхні дихальні шляхи. Потрапляння в очі даної кислоти викликає почервоніння, біль, пухирі та хімічні опіки.

Працівники, що працюють з сульфатною кислотою повинні працювати в одязі з кислотозахисної тканини, прогумованих фартухах, гумових чоботях, гумових кислото- і лугостійких рукавицях, захисних щитках типу НБК, а також мати фільтрувальні або шлангові протигази.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			84

Не можна допускати попадання даної речовини у водоймища та каналізацію. При необхідності зливу у каналізацію обов'язково нейтралізувати стоки лужними речовинами [35].

Біхромат натрію – це токсична речовина, яка є пожежо- та вибухонебезпечною. За ступенем дії на організм людини біхромат натрію належить до шкідливих речовин I класу небезпеки.

Аерозоль та пил сполук шестивалентного хрому, що надходять в організм, можуть викликати важкі отруєння. При тривалому впливі на організм людини сполуки шестивалентного хрому надають загально токсичну дію, викликаючи захворювання органів дихання, шлунково-кишкового тракту і шкіри.

З'єднання шестивалентного хрому дратівливо діють на шкіру та слизові оболонки очей і носа. Попадання сполук шестивалентного хрому на пошкоджену ділянку шкіру призводить до утворення важкозагоювальних язв.

ГДК біхромату натрію в перерахунку на CrO_3 в повітрі робочої зони становить $0,01 \text{ мг/м}^3$.

Повітря, що містить пил і аерозоль біхромату натрію, перед викидом в атмосферу піддається сухій або мокрій очистці відповідно до встановлених норм ГДК. Стічні води, що утворюються в результаті зливів, вологого прибирання і очищення повітря, підлягають знешкодженню і далі прямують в промислову каналізацію.

З метою колективного захисту працівників повинна бути передбачена герметизація обладнання і комунікації. Виробничі та лабораторні приміщення, в яких проводиться робота з біхроматом натрію, повинні бути оснащені припливно-витяжною вентиляцією, що забезпечує стан повітря робочої зони відповідно до вимог нормативних документів. Для захисту органів дихання, відкритих ділянок шкіри та очей, при роботі з біхроматом натрію, повинні застосовуватися респіратори, захисні окуляри, спецодяг, спецвзуття та засоби для захисту рук [36].

Гідрокарбонат натрію – це не токсична речовина, але пожежо- і вибухонебезпечна. Гідрокарбонат натрію являє собою дрібнокристалічний

порошок, який при потраплянні на слизові оболонки викликає подразнення. При постійній роботі в атмосфері, забрудненій пилом двовуглекислого натрію, може виникнути подразнення дихальних шляхів.

ГДК гідрокарбонату натрію у повітрі робочої зони становить 5 мг/м^3 , клас небезпечності – III.

Роботи з гідрокарбонатом натрію обслуговуючий персонал повинен виконувати в спеціальному одязі, взутті та із використанням запобіжних пристосувань, передбачених типовими галузевими нормами, затвердженими в установленому порядку.

Виробничі приміщення та лабораторії, в яких проводиться робота з гідрокарбонатом натрію, повинні бути обладнані припливно-витяжною механічною вентиляцією [37].

Бісульфіт натрію (водний розчин) – це токсична речовина, а також пожежо- і вибухонебезпечна. Токсичність бісульфіту натрію обумовлюється можливістю виділення з розчину сірчистого ангідриду (SO_2).

Сірчистий ангідрид – це безбарвний газ з гострим запахом, який дратівливо діє на слизові оболонки. Тривала дія викликає гостре запалення слизових оболонок і бронхів, що виражається в кашлі, болях у горлі та грудях, слезотечі.

ГДК сірчистого ангідриду в повітрі робочої зони виробничих приміщень – 10 мг/м^3 .

Виробничі приміщення та лабораторії, в яких проводяться роботи з бісульфітом натрію, повинні бути забезпечені припливно-витяжною вентиляцією і санітарно-побутовими приміщеннями. Виробничі обладнання та комунікації в місцях можливого утворення газів повинні бути забезпечені місцевими відсмоктувачами, що забезпечують стан повітря відповідно до вимог нормативних документів.

Працівники, що працюють з бісульфітом натрію повинні бути забезпечені спеціальним одягом, а також засобами індивідуального захисту органів дихання – респіраторами [38].

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			86

Хлоридна кислота – їдка рідина, стабільна в хімічному відношенні. На повітрі «димить» в результаті виділення хлористого водню і поглинання ним вологи з повітря з утворенням кислотного туману. Туман соляної кислоти дратує верхні дихальні шляхи і слизові оболонки очей, а при попаданні на шкіру викликає опіки.

Метали, розташовані в ряді напруг лівіше водню, витісняють його з соляної кислоти, що може привести до утворення вибухонебезпечних воднево-повітряних сумішей. Заходами безпеки проти утворення вибухонебезпечних воднево-повітряних сумішей є виключення контакту соляної кислоти з цими металами за рахунок антикорозійного покриття, продувки азотом і перевірки газової фази з обладнання та трубопроводів на вибуховість.

ГДК парів соляної кислоти в повітрі робочої зони – 5 мг/м³, клас небезпеки – II (високо небезпечна речовина).

Виробничі приміщення в яких проводиться робота з соляною кислотою повинні бути обладнані вентиляцією і підведенням води. Всі роботи, що проводяться з даною кислотою повинні проводитися в спецодязі, захисних окулярах та фільтруючих протигазах [39].

При виробництві сахарину, утворюються побічні продукти, які також можуть бути шкідливими для працюючих на підприємстві.

Натрій сульфат – не токсична, але пожежо- та вибухонебезпечна речовина.

Всі роботи з сульфатом натрію повинні проводитися в приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією, а місця найбільшого пиловиділення повинні бути обладнані укриттям з місцевою витяжною вентиляцією.

Для захисту від пилу сульфату натрію застосовують протипилові респиратори. Всі роботи проводяться в спецодязі [40].

Хром (III) сульфат – це токсична речовина, I клас небезпечності. ГДК в повітрі робочої зони – 0,01 мг/м³. При збільшенні концентрації хром (III)

сульфат може діяти дратівливо і обпikати слизові оболонки та шкіру, викликаючи виразки, а також вражати шлунково-кишковий тракт.

При роботі з даною речовиною слід використовувати засоби для індивідуального захисту (респіратори, захисні окуляри, гумові рукавички), а також дотримуватися правил особистої гігієни. Приміщення, в яких проводяться роботи з даною речовиною, повинні бути обладнані загальною припливно-витяжною вентиляцією [41].

Діоксид вуглецю – газ без кольору та запаху при температурі 20°C і тиску 101,3 кПа. Даний оксид нетоксичний і не є вибухонебезпечним.

ГДК в повітрі робочої зони не встановлена, при оцінці цієї концентрації можна орієнтуватися на нормативи для вугільних та озокеритових шахт – 9,2 г/м³ або 0,5% (об.). За ступенем дії на організм діоксид вуглецю належить до IV клас небезпеки.

Але, при концентраціях вище 5 % діоксид вуглецю може шкідливо впливати на здоров'я людини, так як він важчий за повітря в 1,5 рази і може накопичуватися в слабо провітрюваних приміщеннях та в обладнаннях де утворюється, зберігається та транспортується діоксид вуглецю. При цьому знижується об'ємна частка кисню в повітрі, що може призвести до кисневої недостатності та задухи.

При огляді обладнання де утворювався, зберігався або транспортувався діоксид вуглецю, робота повинна проводитися в шланговому протигазі. Приміщення для виробництва діоксиду вуглецю повинні бути обладнані загальнообмінною і аварійною вентиляцією. Для визначення і реєстрації концентрації діоксиду вуглецю в повітрі виробничих приміщень використовують стаціонарні автоматичні або переносні газоаналізатори [42].

Натрій хлорид – це шкідлива речовина, що викликає подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів і шкіри. ГДК в повітрі робочої зони – 5 мг/м³, клас небезпеки – III.

При роботі з даною речовиною слід застосовувати засоби індивідуального захисту (захисні окуляри, респіратори, гумові рукавички), а також дотримуватися правил особистої гігієни. Приміщення, в яких

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			88

проводиться робота з натрій хлоридом, повинні бути обладнані безперервно діючою припливно-витяжною вентиляцією, а в місцях найбільшого накопичення слід застосовувати місцеві відсмоктувачі [43].

5.2 Охорона навколишнього середовища на виробництві

Охорона навколишнього середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, що спрямовані на попередження негативного впливу діяльності підприємства на навколишнє середовище, що забезпечує сприятливі та безпечні умови праці. Для охорони навколишнього середовища на підприємстві проводяться заходи для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємством:

- виявлення, оцінка, постійний контроль та обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу;
- розробка нормативно-правових актів та комплексу природоохоронних заходів.

В ході виробництва харчової добавки E954 – сахарину, використовуються різні хімічні речовини, а також матеріали синтетичного походження. Частина з них, в процесі технологічних перетворень, змінює свій фазово-дисперсний стан і формує відходи виробництва.

Специфічні забруднення у вигляді зважених частинок (аерозолей) хімічних речовин видаляються з повітря робочої зони та технологічного обладнання вентиляційними установками витяжної вентиляції, утворюючи потік викидів в атмосферу. Контроль за викидами шкідливих речовин у повітря на підприємстві повинен здійснюватись згідно з ГОСТ 17.2.3.02, ГОСТ 12.1.005 та ДСП 201-97.

Промислові стоки виробництва, які надходять в каналізацію, являють собою стічні води від санітарної підготовки виробництва, миття технологічного обладнання та містять в собі залишкові кількості сировини, напівпродуктів, миючих та дезінфікуючих засобів. Кислі стічні води перед надходженням в систему каналізації повинні попередньо нейтралізуватися на локальних очисних установках. Стічні води мають відповідати вимогам СанПіН 4630.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			89

Напівпродукти і таропакувальні засоби, які не можуть бути використані по призначенню в технологічному процесі, утворюють тверді відходи, які направляються на переробку або на спалювання. Утилізація відходів виробництва проводиться згідно з вимогами ДСанПіН 2.2.7.029.

Охорона ґрунтів від забруднення побутовими та промисловими відходами має здійснюватися згідно з СанПіН 42-128-4690.

В ході виробництва сахарину виділяється певна кількість діоксиду вуглецю, що може призвести до завеликих викидів даного газу у атмосферу. Тому є доцільним використовувати різні методи утилізації діоксиду вуглецю. Найкращим способом знешкодження CO₂ є перетворення його в хімічні сполуки, які знадобляться для подальшого виробництва інших продуктів.

На сьогодні широкого поширення набули способи перетворення діоксиду вуглецю в мінеральні добрива (зокрема бікарбонат амонію). Також, науковцями розпочато роботи для створення нових технологій використання CO₂ для виробництва традиційних та нових цінних органічних продуктів різного функціонального призначення. Подальше впровадження цих технологій дозволить значно знизити вплив вуглекислого газу на навколишнє середовище та змінення клімату на Землі [44].

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз науково-технічної літератури та наведено відомості про фізико-хімічні властивості сахарину, показники його безпеки і сфери застосування. Розглянуто сучасні технології отримання харчової добавки E954 та обрано шляхи удосконалення технології отримання сахарину.

2. Обґрунтовано підбір сировини для виробництва сахарину та наведена її характеристика.

3. Розроблено принципову технологічну схему та здійснено опис розробленої технології отримання.

4. Розраховано матеріальний баланс виробництва сахарину з продуктивністю 2 т/добу. Встановлено, що втрати сировини на виробництві складають 6515,86 кг. Проведено розрахунок теплового балансу, за яким було визначено витрати тепла на сушіння, що складають 16,584 кВт та теплову поправку, яка дорівнює 281 кДж/кг.

5. Виконано підбір основного технологічного обладнання відповідно потужності запропонованого виробництва та проведено розрахунок реактора з рамною мішалкою. Згідно розрахунків апарат має висоту – 8,3 м, діаметр – 3,2 м; рамна мішалка здійснює 24 об./хв., має висоту – 5 м та діаметр – 2,5 м, а потужність електродвигуна становить 37,6 кВт.

6. Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва сахарину та наведено її опис.

7. Здійснено економічний розрахунок виробництва харчової добавки E954 – сахарину. Визначено ціну 1 кг сахарину за розробленою технологією, що становить 469,65 грн. Даний продукт має вартість, що вища за середній ціновий сегмент, але вона виправдовується за рахунок високої якості продукту.

8. Наведені показники якості та безпечності готового продукту, організація системи контролю якості на запропонованому виробництві.

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Нелюбіна О.О.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Подобій О.В.</i>					<i>Аркушів</i>
							91 96
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>			ВИСНОВКИ НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>					

9. Запропоновано шляхи вирішення питань екологічної безпеки на виробництві, які полягають в утилізації викидів вуглекислого газу шляхом їх перетворення в інші органічні продукти різного функціонального призначення.

					ВИСНОВКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			92

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фармацевтична енциклопедія / Гол. ред. В. П. Черних; Національний фармацевтичний університет України. – Київ: МОРІОН, 2005.
2. Крутошикова А., Угер М. Природные и синтетические сладкие вещества: Пер. со словац. – М.: Мир, 1988. – с.73-75.
3. Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Зайцев А.Н. Пищевые добавки. – М.: Колос-Пресс, 2002. – с.256.
4. Українець А.І., Штангеева Н.І., Клименко Л.С. Технології цукропродуктів і цукрозамінників. – Київ: НУХТ, 2009. – с. 23-192.
5. Diehl V., Weihrauch M. R. Artificial sweeteners – do they bear a carcinogenic risk? // Annals of Oncology. – Germany: Department of Internal Medicine I of the University of Cologne – 2004 – Vol. 15, iss. 10. – p. 1460-1465.
6. Полянский К.К. Натуральные и искусственные подсластители: свойства и экспертиза качества / К.К. Полянский, О.Б. Рудаков, Г.К. Подпоронова, В.В. Хрипушин, Н.Д. Верзилина – М.: ДелиПринт, 2009. – с.83-84.
7. Конституція України : Закон України «Про захист прав споживача» від 11 травня 1991 р. № 1023-ХІІ // Відомості Верховної Ради України.
8. Salzburg H., Hajek M., Hagemann H., Kuhle E., Fuhrer W., Hanssler G., Brandes W., Reinecke P. Fungicidally and bactericidally active acylated saccharin derivatives. // Patent USA №774271 – 1987.
9. Hans W. O., John C.W., Steven M. B. Toner composition containing as a negative charge-controlling agent a mixture of ortho-benzoic sulfimide and para-anisic acid. // Patent USA № 114541 – 1994.
10. Hideaki M., Takanori O. Anaerobic adhesive containing tetrahydroquinoline and benzosulfimide // Patent USA № 498207 – 1976.
11. EN 12856:1999 Foodstuffs. Determination of acesulfame-K, aspartame and saccharin. High performance liquid chromatographic method. – BSI, 1999. – p.1-20.

					ННІХТ.ХТ-4-4.021.161.КР.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ					
Розроб.		Нелюбіна О.О.						Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Подобій О.В.							93	96
Н. Контр.		Бойчук Т.М.						НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.								

12. Сирохман І.В. Товарознавство цукру, меду, кондитерських виробів. – Київ: Центр учбової літератури, 2008. – с.88-104.
13. Матвеев В.К. Способ получения сахарина // Патент СССР №66878 – 1946.
14. Волынкин И.И. Способ получения сахарина // Патент СССР №65476. –1945.
15. Lipinski GW. Sweeteners / Ulman`s Encyclopedia of Industrial Chemistry – Weinheim: Wiley-VCH. – 2000 – section 6.4.
16. Lide D.R. CRS Handbook of Chemistry and Physics – CRS Press – 85th edition – 2004 – p.5-514.
17. Березань О. Комплексний посібник з хімії – Тернопіль: Підручники і посібники, 2013. – с.1-368.
18. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник – Мн.: Современная школа, 2005. – с. 139.
19. Вассерман И.М. Производство минеральных солей – М.: Типография Госхимиздата, 1962. – с.191-192.
20. 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, – с.21.
21. Соколова В.Н. Машины и аппараты химических производств – СПб.: «Политехника», 1992. – с.214-239.
22. Фролов К.В. Машиностроение энциклопедия – М.: «Машиностроение», 2004. – с.322-324.
23. Макаров Ю.И., Генкин А.Э. Технологическое оборудование химических и нефтегазо-перерабатывающих заводов / Издание 2-е, переработанное и дополненное – М.: «Машиностроение», 1976. – с.45-46.
24. М.Л. Фридман Шнековые машины в технологии – СПб.: «Химия», 1975. – с.51-52.
25. ГОСТ 20680-75 Апараты с механическими перемешивающими устройствами вертикальные – Введ. 01.07.77 – М.: «Издательство стандартов».

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			94

26. ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры – Введ. 01.01.80 – М.: «Издательство стандартов».

27. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник. / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов, А.І. Українець, М.М. Пушанко та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004. – с. 41-54.

28. АТК 24.200.04-90. Опоры цилиндрические и конические вертикальных аппаратов. Типы и основные размеры. – Введ. 01.01.90 – Х.: УкрНИИХиммаш.

29. Гриньова В.М., Салун М.М. Організація виробництва – К.: «Знання», 2009. – 582 с.

30. ГОСТ 2150-43 Сахарин пищевой. – Введ.1.08.1948 – Москва: Стандартгиз.

31. Конституція України : Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. № 2695-ХІІ // Відомості Верховної Ради України.

32. Крюковська О.А., Левчук К.О. Охорона праці в галузі (для хімічних спеціальностей) / Під редакцією к.т.н., доцента Толока А.О. // Навч. посібник – Дніпродзержиськ, 2011. – с.51-190.

33. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці – К.: «Каравелла», 2004. – с.149-293.

34. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці / Вид. 2-е, стереотипне. – Л.: «Афіша», 2000. – с.92-95.

35. ДСТУ 2184:2018 Кислота сірчана технічна. Технічні умови – Введ.13.12.2018 – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018.

36. ГОСТ 2651-78 Натрия бихромат технический. Технические условия – Введ. 20.09.1978 – М.: «Издательство стандартов».

37. ГОСТ 2156-76 Натрий двууглекислый. Технические условия – Введ.01.01.1977 – М.: «Издательство стандартов».

38. ГОСТ 902-76 Натрия бисульфит технический (водный раствор). Технические условия – Введ. 01.01.1978 – М.: «Издательство стандартов».

39. ГОСТ 857-95 Кислота соляная синтетическая техническая. Технические условия – Введ. 01.07.1996 – М.: «Издательство стандартов».

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			95

40. ГОСТ 21458-75 Сульфат натрия кристаллизационный. Технические условия – Введ. 01.07.76 – М.: «Издательство стандартов».

41. ГОСТ 4472-78 Реактивы. Хром (III) сернокислый 6-водный – Введ. 01.07.1979 – М.: «Издательство стандартов».

42. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия – Введ. 01.01.1987 – М.: «Издательство стандартов».

43. ГОСТ 4233-77 Реактивы. Натрий хлористый. Технические условия – Введ. 01.01.1978 – М.: «Издательство стандартов».

44. Дудник О.М. Одержання, очищення та утилізація вуглекислого газу в процесах виробництва енергії та хімічних продуктів / CO₂ production, purification and utilization in the processes of power generation and chemical production // О.М. Дудник, Н.І. Дунаєвська, І.С. Соколовська, А.І. Трипольський, П.Е. Стрижак: матер. конф. «Вугільна теплоенергетика: шляхи реконструкції та розвитку», м. Київ, листопад 2020 р. / НАН, Київ 2020. – с.46-52.

45. 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. – с.1-66.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			96