



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут 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 ГЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2025 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

КОБИЛЕЦЬКА Валерія Вячеславівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія отримання пропіонату натрію

керівник роботи Біла Галина Миколаївна, к.х.н., доц.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “29” листопада 2024 року № 984-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 11.02.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи продуктивністю 100 кг/добу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека, охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципово-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 3. Креслення кристалізатора (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	27.01.2025	07.02.2025

7. Дата видачі завдання 29 листопада 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	29.11.2024	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	30.11.2024-15.12.2024	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16.12.2024-12.01.2025	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	13.01.2025-19.01.2025	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	20.01.2025-26.01.2025	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20.01.2025-27.01.2025	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	28.01.2025-02.02.2025	
8	ВИСНОВКИ	03.02.2025-05.02.2025	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	06.02.2025-09.02.2025	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	13.01.2025-19.01.2025	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	20.01.2025-27.01.2025	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	10.02.2025-14.02.2025	

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

Валерія КОБИЛЕЦЬКА

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Галина БІЛА

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

### КОБИЛЕЦЬКА ВАЛЕРІЯ ВЯЧЕСЛАВІВНА. КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА НА ТЕМУ «ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ПРОПІОНАТУ НАТРІЮ»

Розроблено технологію синтезу пропіонату натрію з пропіонової кислоти і натрію гідроксиду. Потужність спроектованої лінії 100 кг/цикл, добова потужність 500 кг/добу. Технологія передбачає виконання етапів нейтралізації, кристалізації пропіонату натрію з розчину, випарювання води та висушування одержаних кристалів. Сумарні втрати цільової речовини по стадіям становлять 34%.

Підібрано основне технологічне обладнання установки синтезу. Головним обладнанням лінії є кристалізатор з водяним охолодженням, що працює в діапазоні температур від 50 до 15°C. Виконано розрахунок головного обладнання лінії – кристалізатора та виконано креслення його будови.

Розраховано відпускну ціну пропіонату натрію, що становить 2231,45 грн. при фасуванні у поліетиленові пакети по 5 кг.

Описано вимоги до якості добавки та безпеки при її вживанні у надлишковій кількості.

Описано заходи безпеки хімічного виробництва, викиді і скиди підприємства хімічної промисловості та засоби захисту обслуговуючого персоналу.

Робота мастить креслення будови кристалізатора, принципову схему виробництва пропіонату натрію та апаратурно-технологічну лінію зі специфікацією обладнання і потоків сировини.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** НАТРІЮ ПРОПІОНАТ, КОНСЕРВАНТ, СИНТЕЗ,  
КРИСТАЛІЗАЦІЯ

## ABSTRACT

KOBYLETSKA VALERIIA VIACHESLAVIVNA. BACHELOR'S QUALIFICATION THESIS ON THE TOPIC «TECHNOLOGY FOR OBTAINING SODIUM PROPIONATE»

A technology for the synthesis of sodium propionate from propionic acid and sodium hydroxide has been developed. The capacity of the designed line is 100 kg/cycle, daily capacity is 500 kg/day. The technology involves the stages of neutralization, crystallization of sodium propionate from solution, evaporation of water and drying of the obtained crystals. The total loss of the target substance by stages is 34%.

The main technological equipment of the synthesis unit has been selected. The main equipment of the line is a crystallizer with water cooling, operating in the temperature range from 50 to 15°C. The calculation of the main equipment of the line - the crystallizer - has been performed and a drawing of its structure has been made.

The selling price of the additive sodium propionate is calculated, which is 2231.45 UAH. when packaged in polyethylene bags of 5 kg.

The requirements for the quality of the additive and the dangers of its use in excess are described.

The safety measures of chemical production, emissions and discharges of the chemical industry enterprise and means of protection of service personnel are described.

The work includes drawings of the crystallizer structure, a schematic diagram of the production of sodium propionate and an equipment and technological line with a specification of equipment and raw material flows.

KEYWORDS: SODIUM PROPIONATE, PRESERVATIVE, SYNTHESIS, CRYSTALLIZATION

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	
1.1 Застосування консервантів у харчовій і косметичній промисловості.....	9
1.2 Властивості пропіонату натрію .....	14
1.3 Екологічність та вплив на навколишнє середовище.....	16
1.4 Галузі використання пропіонату натрію .....	17
1.5 Стан сировинної бази.....	18
1.6 Аналіз існуючих технологій виробництва пропіонату натрію.....	20
<b>РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	
2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва	
2.1.1 Гідроксид натрію.....	22
2.1.2. Пропіонова кислота.....	24
2.2 Принципова технологічна схема.....	26
2.3 Матеріальний розрахунок.....	29
2.4 Розрахунок основного обладнання – кристалізатора .....	33
2.5 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	36
2.6. Опис основного технологічного обладнання.....	37
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	45
РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	51
<b>РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	
5.1 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві.....	54
5.2 Охорона праці на підприємстві.....	62
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа	
НУХТ	Розробник документа Кобилецька В.В.	Назва, додаткова назва  ЗМІСТ	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.006.КР.ПЗ	
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024

## ВСТУП

Сучасна харчова промисловість активно використовує широкий спектр добавок для поліпшення якості, зовнішнього вигляду, тривалості зберігання та смакових властивостей продуктів. Серед найбільш популярних харчових добавок у 2025 році є консерванти, залишаються затребуваними завдяки їх здатності подовжувати термін зберігання продуктів та запобігати псуванню.

Консерванти є важливими компонентами у виробництві харчових продуктів, основна функція яких полягає у забезпеченні стабільності, безпечності та збереженні якості харчових виробів. Їх застосування дозволяє уповільнити або запобігти процесам псування продуктів, спричинених мікробіологічною активністю, хімічними реакціями окиснення або фізико-хімічними змінами.

Пропіонат натрію ( $C_3H_5NaO_2$ ) – це сіль пропіонової кислоти, що широко використовується як харчовий консервант із маркуванням E281. Завдяки своїм властивостям, він знаходить застосування в різних галузях промисловості.

Пропіонат натрію додають в хліб, булочки, торти, кекси, плавлені сири, торти, тістечка, печиво для запобігання пліснявінню, м'ясні вироби, ковбаси, деякі види соусів для захисту від плісняви. Рідше використовується у напоях, але іноді додається до соків або напоїв з тривалим терміном зберігання.

Допустима концентрація залежить від продукту, але зазвичай вона варіюється у межах 0,1% - 0,5% від загальної маси продукту: у хлібобулочних виробах – приблизно 0,3 - 0,5 г на 100 г продукту, у сирі та м'ясі – до 2 г/кг. Важливо дотримуватися цих норм, адже надлишок може негативно впливати на смак продукту або викликати подразнення шлунково-кишкового тракту.

За відсутності консервантів термін зберігання продуктів значно скорочується, що підвищує ризик контамінації харчових виробів небезпечними мікроорганізмами, такими як *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* або *Clostridium botulinum*. Це може призводити до харчових отруєнь та економічних втрат через швидке псування продукції.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кобилецька В.В.	Назва, додаткова назва ВСТУП	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.007.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 7/71

Таким чином, використання консервантів у допустимих концентраціях, регламентованих міжнародними та національними стандартами, є важливим елементом сучасного виробництва харчових продуктів, спрямованим на забезпечення їхньої безпечності, якості та тривалого терміну придатності.

**Об'єкт** – технологія синтезу пропіонату натрію з пропіонової кислоти і гідроксиду натрію у воді.

**Предмет** – харчова добавка пропіонат натрію, дозволена до використання в харчовій промисловості України для захисту продукції від цвільових грибів.

**Метою роботи** є розборка економічно доцільної технології синтезу натрію пропіонату з недефіцитної сировини.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні **задачі**:

- вивчити властивості, характеристики, галузі застосування пропіонату натрію;
- вивчити методи синтезу добавки та сировину, що застосовується для цього;
- розробити схему технологічного процесу синтезу харчової добавки E281 з доступної сировини;
- розрахувати потребу в сировині на 100 кг готового продукту та визначити норми втрат;
- підібрати комплект обладнання для реалізації технології;
- розрахувати собівартість виробництва добавки із врахуванням сучасних цін на сировину, енергоносії та оплати праці;
- визначити рівень екологічного навантаження хімічного виробництва на навколишнє середовище та безпеки для виробничого персоналу.

Кваліфікаційна робота викладена на 77 сторінках, містить 5 розділів, список літературних джерел з 20 позицій і супроводжується ілюстративним матеріалом на трьох аркушах формату А1.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1 Застосування консервантів у харчовій і косметичній промисловості

Усі консерванти можна умовно розділити на дві категорії: біогенні та абіогенні.

**Біогенні консерванти** – це сполуки, які утворюються у біологічних системах, беруть участь у метаболічних процесах і можуть бути утилізовані ферментними системами організму. Їхня кількість і дія визначаються їхньою природною роллю та функцією в організмі.

**Абіогенні консерванти** – це речовини, які не синтезуються в біологічних системах. Хоча вони можуть піддаватися метаболізму в організмі, продукти їхнього розпаду можуть бути токсичними. Деякі з них здатні накопичуватися, викликаючи інтоксикацію. Тому використання таких консервантів потребує обережного підходу.

Перед застосуванням консерванти повинні проходити тестування на генотоксичність, тобто здатність викликати небажані мутації або впливати на спадковість. Генотоксини, взаємодіючи з ДНК, можуть порушувати її структуру та функції. Паралельно проводяться дослідження репродуктивної токсичності, які включають оцінку впливу на плідність, утробний і післяутробний розвиток.

Особлива увага приділяється перевірці консервантів на канцерогенність, тобто їхній здатності спричиняти утворення пухлин. Ініціаторами канцерогенних процесів зазвичай є речовини з генотоксичною дією, що можуть модифікувати ДНК, такі як формальдегід, фенол, нітрати тощо. Харчові добавки ретельно досліджують для визначення доз, які викликають небажані ефекти. Ці дослідження проводяться на кількох поколіннях лабораторних тварин, оцінюючи виникнення мутацій у соматичних клітинах і дефекти клітинного поділу.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кобилецька В.В.	Назва, додаткова назва  РОЗДІЛ 1	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.009.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 9/71

Токсичність консервантів може підвищуватися при їхньому спільному використанні через синергічний ефект. Наприклад, комбіноване застосування бензойної кислоти та сульфітів значно збільшує їхню токсичність порівняно з дією цих речовин окремо.

Консерванти зазвичай впливають на клітинні оболонки та мембрани, порушуючи їхню цілісність. Для ефективнішого консервування рекомендується використовувати кілька консервантів одночасно або поєднувати їх із фізичними методами, такими як нагрівання, охолодження, опромінення, тиск або сушіння.

Використання летких органічних сполук із низькою температурою кипіння як консервантів може мати додаткові переваги. Вони здатні швидко заповнювати весь об'єм, що консервується, а також легко видаляються шляхом провітрювання продукту на повітрі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Властивості деяких консервантів [2]

Консерванти	Молекулярна маса, г/моль	Концентрація, моль/л	Густина при 20°C, г/см <sup>3</sup>	Температура плавлення, °C	Температура кипіння, °C	Розчинність у воді, г/100мл	ДН г/м
Ацетальдегід	44,0	31,64	0,783	-121,0	20,8	л.р.	5,0
Гліцерин	91,1	13,84	1,261	+18,2	290	∞	-
Діетиловий ефір	74,1	9,64	0,714	-117,5	34,6	6,95 <sup>20</sup>	300,0
Метанол	32,0	24,75	0,792	-94,9	64,65	∞	5,0
Молочна кислота	90,1	13,86	1,249	28-33	122,0	∞	-
Мурашина кислота	46,0	26,52	1,220	+8,4	101,0	∞	To
Пропіонова кислота	74,1	13,40	0,993	-21,0	141,0	∞	-
Оцтова кислота	60,0	17,48	1,049	+16,6	118,1	∞	5,0
Формальдегід	44,0	18,64	0,820	-92,0	-21,0	л.р.	0,5
Етанол	46,0	17,15	0,789	-114,5	75,3	∞	1000,0
Етил ацетат	88,1	10,23	0,901	-83,6	77,2	7,9 <sup>20</sup>	200,0

Для консервування можуть застосовуватися багатокомпонентні суміші, що містять два або більше консервантів. Підбираючи та комбінуючи ці сполуки в певних пропорціях, можна створити склади, здатні забезпечувати тривалу дію консервувальних компонентів. Наприклад, поєднання речовин із низькою та високою температурами кипіння дозволяє досягти такого ефекту. Сполуки з

високою температурою кипіння, зазвичай в'язкі рідини, мають здатність легко адсорбуватися на поверхні водонерозчинного носія.

В основі хімічних методів – використання різних неорганічних та органічних сполук (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – **Список консервантів, дозволених у Європейському Союзі для застосування у харчових продуктах [2]**

Індекс	Назва	Індекс	Назва
E200	Сорбінова кислота	E231	о-Фенілфенол
E202	Сорбат калію	E232	о-Фенілфенолят натрію
E203	Сорбат кальцію	E233	Тіабендазол
E210	Бензойна кислота	E234	Нізин
E211	Бензоат натрію	E235	Натаміцин (пімарицин)
E212	Бензоат калію	E239	Гексаметилентетрамін
E213	Бензоат кальцію	E242	Диметилдикарбонат
E214	Етил-п-гідроксибензоат	E249	Нітрит калію
E215	Натрієва сіль етил- п-гідроксибензоату	E250	Нітрит натрію
		E251	Нітрат натрію
E216	Пропіл-п-гідроксибензоат	E252	Нітрат калію
E217	Натрієва сіль пропіл- п-гідроксибензоату	E260	Оцтова кислота
		E261	Ацетат калію
E218	Метил-п-гідроксибензоат	E262	Ацетат натрію
E219	Натрієва сіль метил- п-гідроксибензоату	E263	Ацетат кальцію
		E270	Молочна кислота
E220	Діоксид сірки	E280	Пропіонова кислота
E221	Сульфід натрію	E281	Пропіонат натрію
E222	Гідросульфід натрію	E282	Пропіонат кальцію
E223	Піросульфід натрію	E283	Пропіонат калію
E224	Піросульфід калію	E284	Борна кислота
E226	Сульфід кальцію	E285	Тетраборат натрію (бура)
E227	Гідросульфід кальцію	E290	Діоксид вуглецю
E228	Бісульфід калію	E941	Азот
E230	Дифеніл (біфеніл)	E1105	Лізоцим

Як консерванти можна використати сполуки, здатні виконувати роль додаткового харчового субстрату. Однак використовувати їх слід дуже обережно. У деяких випадках для консервування беруть органічні кислоти (оцтову, пропіонову, молочну, лимонну й ін.), однак уміст цих кислот в організмі тварин і людини дуже незначний, тоді як для консервування використовують високі

концентрації цих сполук. При цьому збільшення умісту кислот в організмі вкрай небажане, бо вони можуть різко підвищувати кислотність біогенного середовища, зумовлюючи протікання процесів кислотної денатурації функціональних білків, зокрема ферментів, порушуючи цілісність структури біологічних мембран.

Для оцінки дії консервантів використовують показники токсичності сполук (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Показники токсичності сполук [3]

Середня летальна доза, мг/кг	Клас токсичності
менше 5	1
5-49	2
50-499	3
500-4999	4
Більше 5000	5

Таблиця 1.4 – Середня летальна доза речовин з консервуючою дією [3]

Консервант	Середня летальна доза, мг/кг	Клас токсичності	Допустиме добове надходження, мг/кг
Мурашина кислота	1200	4	3,0
Бензойна кислота	3000	4	5,0
Дегідроцетова кислота	1000	4	-
Дифеніл	3000	4	-
Етанол	9500	5	-
Ефіри-п-оксибензойної кислоти	8000	5	10,0
Хлорид натрію	3750	4	-
Нітрати	6000	5	5,0
Нітрити	200	2	0,2
о-Фенилфенол	3000	4	0,2
Пімаричин	1500	4	-
Пропіонова кислота	4000	4	-
Сахароза	30000	5	-
Саліцилова кислота	1100	4	-
Діоксид сірки	2000	4	-
Сорбінова кислота	10000	5	25,0

Як видно з таблиці 1.4, для консервування зазвичай застосовуються речовини 4-го або 5-го класу токсичності. Ці сполуки в значних концентраціях ( $500-3 \cdot 10^4$  мг/кг) можуть накопичуватися в організмі та спричиняти токсичну

дію. Наприклад, високі концентрації солей (NaCl, CaCl<sub>2</sub> тощо) створюють надлишковий осмотичний тиск, що призводить до зневоднення клітин і руйнування їх мембран [2].

Речовини з низькою температурою кипіння, такі як формальдегід, ацетальдегід, етилацетат тощо, зручні у використанні, але ефективні лише за умови герметичної упаковки. Це потребує додаткових витрат і підвищує собівартість консервованої продукції.

Для консервування часто використовують насичені розчини солі, які забезпечують осмотичне зневоднення продукту та зменшення активності води в залежності від концентрації солі. Крім того, хлорид натрію знижує розчинність кисню у воді, що перешкоджає росту мікроорганізмів. Низькі концентрації солі можуть підсилювати дію інших консервантів [1].

У процесі консервування також широко застосовують органічні кислоти (мурашина, оцтова, молочна, пропіонова, лимонна тощо), які підвищують кислотність середовища, запобігаючи росту плісняви [4].

Високі концентрації вуглеводів, здебільшого моно- і дисахаридів (глюкоза, галактоза, фруктоза, сахароза тощо), створюють осмотичний тиск, що руйнує поверхневі мембрани бактерій, тим самим запобігаючи їх розмноженню [1].

Гліцерин активно використовується як кріопротектор, наприклад, у процесах кріоконсервування еритроцитів. Він проникає в еритроцити, впливаючи на внутрішньоклітинну й позаклітинну кристалізацію, сповільнюючи її розвиток при зниженні температури. Також гліцерин структурує внутрішньоклітинну воду [5].

Антибіотики й антиоксиданти, зокрема аскорбінова кислота, дигідрокверцетин, кверцетин, токоферолі, також застосовуються для консервування. Вони інгібують вільнорадикальні реакції [1, 6].

Для посилення ефективності консервантів зазвичай комбінують різні методи. Наприклад, при виробництві згущеного стерилізованого молока стерилізація високими температурами знищує бактерії, а високі концентрації

сахарози запобігають розвитку спор. Герметизація обмежує доступ кисню, що пригнічує окислення ліпідів. Антиоксиданти в складі молока додатково інгібують вільнорадикальні реакції.

Також важливу роль відіграють умови зберігання молочних продуктів: дотримання температурного режиму, контролю вологості, уникнення прямого сонячного випромінювання та дотримання санітарно-гігієнічних норм.

## 1.2 Властивості пропіонату натрію

Пропіонат натрію (*Sodium propionate, sodium propanoate*) – консервант, регулятор кислотності. Натрієва сіль пропіонової кислоти. Хімічна формула  $\text{Na}(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})$ . Добре розчинний у воді.

Пропіонат натрію одержують взаємодією пропіонової кислоти з їдким натром. Домішки: карбонати, лактат натрію.

Тип: Харчова добавка

Категорія: Консерванти

Форма: білий або майже білий порошок або гранули, розчинний у воді, злегка розчинний в органічних розчинниках.

Смак: слабо солонуватий або майже нейтральний.

Опис групи: Консерванти – добавки з індексом (E200 - E299) відповідають за збереження продуктів, запобігаючи розмноженню бактерій або грибків. Хімічні стерилізуючі добавки для зупинки дозрівання вин, дезінфектанти [7].

### Властивості та технологічні функції:

Ідентичний натуральному: Речовини, що штучно синтезовані в лабораторних умовах, але є аналогами речовин, що зустрічаються в природі. Можуть містити різні домішки та ізомери, які зустрічаються в натуральних продуктах.

Консерванти: Консерванти значно збільшують термін зберігання продукції. Безпека деяких консервантів під сумнівом.

### Гігієнічні норми

Допустиме добове споживання не обмежене.

Дозволений як консервант у плавлених сирах і продуктах з них у кількості до 3 г/кг індивідуально або в поєднанні з пропіоновою кислотою, сорбіною кислотою та її солями.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) та Європейського агентства з безпеки харчових продуктів (EFSA) [8], пропіонат натрію вважається безпечною харчовою добавкою, якщо дотримуються рекомендованих норм споживання. Є дослідження, які вказують на те, що пропіонати можуть викликати діабет другого типу.

### **Механізм дії**

Пропіонат натрію пригнічує ріст мікроорганізмів, таких як бактерії та цвілеві гриби, шляхом порушення їх метаболізму [9]. Це особливо ефективно в кислому середовищі, що робить його ідеальним для продуктів із низьким рівнем рН.

### **Джерела**

У природі пропіонова кислота і її солі (включно з пропіонатом натрію) зустрічаються в невеликих кількостях у багатьох продуктах, зокрема у сирах та хлібобулочних виробах. Промислово пропіонат натрію отримують хімічним шляхом із пропіонової кислоти та лугу, наприклад, гідроксиду натрію.

### **Застосування в харчовій промисловості**

Пропіонат натрію широко використовується для продовження терміну зберігання продуктів. Основні напрями застосування:

*Хлібобулочні вироби:* запобігає появі плісняви.

*Сири:* запобігає розвитку бактерій, які можуть викликати псування.

*М'ясні вироби:* використовується як захист від росту патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Listeria*.

*Соуси та маринади:* стабілізує продукт під час зберігання [10].

### **Законодавче регулювання**

Пропіонат натрію дозволений у багатьох країнах світу, включно з Європейським Союзом, США, Канадою та Австралією. Однак у деяких країнах використання пропіонатів може бути обмежене або підлягати суворому контролю.

## Альтернативи

До альтернативних консервантів належать сорбінова кислота (E200), бензоати (E210–E213) та оцтова кислота (E260), які мають схожі властивості, але відрізняються за умовами використання.

### 1.3 Екологічність та вплив на навколишнє середовище

Пропіонат натрію є біорозкладною речовиною. Це означає, що під дією мікроорганізмів він розщеплюється на вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) та воду (H<sub>2</sub>O), не створюючи стійких токсичних залишків.

У помірних концентраціях пропіонат натрію має незначний вплив на навколишнє середовище завдяки своїй біорозкладності та низькій токсичності. Однак у великих кількостях він може викликати локальні зміни у водних та ґрунтових екосистемах, тому необхідно дотримуватися норм його використання та контролювати потрапляння у довкілля [10].

#### Вплив на водні екосистеми

- Пропіонат натрію, потрапляючи у воду, може підвищувати **біохімічне споживання кисню (БСК)**, що спричиняє зниження рівня кисню у воді. Це може негативно впливати на водні організми, особливо в закритих екосистемах.
- У великих концентраціях може бути токсичним для деяких видів риб і водних безхребетних.

#### Вплив на ґрунт

- Пропіонат натрію при потраплянні в ґрунт зазвичай розщеплюється бактеріями.
- У високих концентраціях він може змінювати **pH ґрунту**, впливаючи на життєдіяльність корисних мікроорганізмів. Це може призводити до дисбалансу екосистеми ґрунту.

#### Токсичність для флори та фауни

- **Токсичність:** Пропіонат натрію має низьку токсичність для наземних і водних організмів. Проте у високих дозах може викликати подразнення шкіри та слизових оболонок у тварин.

- **Вплив на флору:** Може знижувати швидкість росту рослин у випадку високих концентрацій, але значного впливу зазвичай не має через швидке розкладання.

#### **1.4 Галузі використання пропіонату натрію**

Пропіонат натрію має широкий спектр застосувань завдяки своїм антимікробним властивостям. Його використовують переважно як консервант, але не тільки в харчовій промисловості. Ось основні галузі, де застосовується ця добавка:

##### **Харчова промисловість**

Пропіонат натрію є однією з найпоширеніших добавок для подовження терміну зберігання харчових продуктів:

Хлібобулочні вироби: запобігає росту цвілі та бактерій, що дозволяє продовжити свіжість хліба, булочок, тортів та інших виробів.

Сири: перешкоджає утворенню плісняви та росту патогенних мікроорганізмів під час дозрівання та зберігання.

М'ясні продукти: використовується для запобігання розвитку бактерій, таких як *Listeria monocytogenes*, у ковбасах, сосисках та інших м'ясних виробках.

Солодкі вироби: додається до пирогів, тортиків і начинок для збереження якості.

Напої та соуси: стабілізує рідкі продукти, зокрема маринади та деякі соуси, від мікробного псування.

##### **Фармацевтична промисловість**

Пропіонат натрію використовується в складі деяких ліків для:

- забезпечення стабільності продукту під час зберігання;
- запобігання бактеріальній та грибовій контамінації під час виготовлення та використання медичних препаратів.

##### **Кормова промисловість**

У виробництві кормів для тварин пропіонат натрію застосовується для:

- запобігання псуванню кормів (особливо зернових сумішей і силосу) через

утворення плісняви та грибів;

- зменшення ризику токсикозів у тварин, пов'язаних із токсинами цвілевих грибів.

Ця добавка допомагає зберігати корми свіжими та безпечними для вживання тривалий час.

#### **Косметична промисловість**

Пропіонат натрію іноді використовується в косметичних засобах як консервант, що перешкоджає розвитку бактерій і грибів. Він може входити до складу кремів, лосьйонів та інших засобів, які потребують тривалого зберігання.

#### **Хімічна промисловість**

У деяких галузях хімічної промисловості пропіонат натрію може використовуватися як компонент у виготовленні:

- стабілізаторів;
- захисних покриттів для матеріалів від плісняви чи бактерій.

#### **Сільське господарство**

Пропіонат натрію додається до добрив і матеріалів для обробки рослин, щоб зменшити ризик псування через грибкові інфекції.

### **1.5 Стан сировинної бази**

Пропіонат натрію виробляється із пропіонової кислоти та натрію гідроксиду.

Загальний обсяг світового виробництва гідроксиду натрію перевищує 90 мільйонів тонн на рік (станом на останні дані). Основні виробничі потужності зосереджені в регіонах із розвинутою хлор-лужною промисловістю, оскільки виробництво NaOH пов'язане із синтезом хлору у процесі електролізу соляного розчину.

Основними виробниками гідроксиду натрію є великі хімічні компанії, розташовані у розвинених країнах з високим рівнем промислового розвитку. Виробництво здебільшого зосереджене у США, Китаї, Індії, Європі та Японії.

Dow Chemical Company – один із найбільших виробників гідроксиду натрію у світі. Dow Chemical забезпечує продукцію для багатьох галузей, включаючи целюлозно-паперову, хімічну й харчову [8].

Китай є найбільшим виробником та експортером гідроксиду натрію у світі, на міжнародному ринку представлений компаніями Shanghai Chlor-Alkali Chemical Co., Ltd., China National Chemical Corporation (ChemChina), Xinjiang Zhongtai Chemical Co., Ltd.

Один із найбільших виробників гідроксиду натрію в Європі – INEOS ChlorVinyls (Велика Британія). INEOS забезпечує продукцію для хімічної, текстильної та фармацевтичної промисловості.

Гідроксид натрію користується високим попитом у всьому світі завдяки широкому спектру застосувань, включаючи хімічну промисловість, очищення води, текстильну галузь і харчову промисловість.

Пропіонова кислота ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ ) – це органічна карбонова кислота, яка широко використовується в харчовій, хімічній і фармацевтичній промисловості. Основне застосування – як консервант у харчових продуктах, кормах для тварин, а також у виробництві фармацевтичних препаратів, розчинників і пестицидів. Глобальне виробництво пропіонової кислоти оцінюється приблизно у 500-700 тисяч тонн на рік. Найбільші ринки збуту – Європа, Північна Америка та Азія. Найвищий попит спостерігається у виробництві кормів для тварин, що становить близько 50-60% споживання пропіонової кислоти.

Світовий ринок пропіонової кислоти зосереджений у країнах із розвинутою хімічною промисловістю, таких як Німеччина, США, Китай і Швейцарія.

Один із найбільших виробників пропіонової кислоти у світі – це BASF SE. BASF використовує технології окислення пропіонового альдегіду для отримання високочистої пропіонової кислоти. Основне виробництво зосереджене в Німеччині.

Eastman Chemical Company – основний гравець на ринку пропіонової кислоти в США. Eastman Chemical виробляє пропіонову кислоту для використання в хімічній і харчовій промисловості. Охеа GmbH частково

представлена в США). Компанія спеціалізується на виробництві оксосинтетичних продуктів, включаючи пропіонову кислоту, з високою експортною орієнтацією.

Китай є найбільшим виробником і споживачем пропіонової кислоти в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні. Yancheng Huade Biological Engineering Co., Ltd. великий китайський виробник, орієнтований на внутрішній ринок і експорт. Zhejiang Hailisheng Biotech Co., Ltd. спеціалізується на біотехнологічному виробництві органічних кислот, включаючи пропіонову кислоту [11].

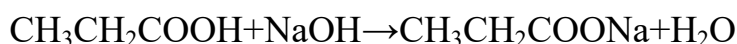
## 1.6 Аналіз існуючих технологій виробництва пропіонату натрію

Існує кілька основних технологій отримання пропіонату натрію, які базуються на хімічних реакціях пропіонової кислоти з джерелом натрію.

### 1. Реакція пропіонової кислоти з натрію гідроксидом (NaOH)

Цей метод є найпоширенішим і найпростішим для промислового виробництва.

#### Рівняння реакції:



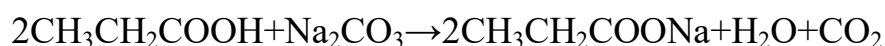
Пропіонова кислота змішується з натрій-гідроксидом у водному середовищі. Під час реакції утворюється пропіонат натрію та вода.

*Переваги:* Простота та економічність процесу. Використання доступних реагентів.

### 2. Реакція пропіонової кислоти з натрію карбонатом (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

Цей метод також досить популярний. Він передбачає взаємодію пропіонової кислоти із содою.

#### Рівняння реакції:



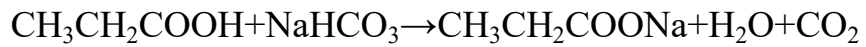
Водний розчин пропіонової кислоти змішується з карбонатом натрію. Реакція супроводжується виділенням вуглекислого газу.

*Переваги:* Менша вартість сировини у порівнянні з гідроксидом натрію. Процес є відносно безпечним.

### 3. Реакція пропіонової кислоти з натрію бікарбонатом (NaHCO<sub>3</sub>)

Ця реакція схожа на попередній метод, але замість натрій-карбонату використовується бікарбонат натрію.

#### Рівняння реакції:



Процес проходить при м'яких умовах, але утворюється той самий кінцевий продукт – пропіонат натрію.

*Перевага:* Легка доступність бікарбонату натрію та його низька вартість.

### 4. Біотехнологічний метод

Цей метод передбачає виробництво пропіонату натрію за допомогою мікроорганізмів. У процесі ферментації бактерії роду *Propionibacterium* виробляють пропіонову кислоту, яка потім нейтралізується натрієвою основою або сіллю (NaOH або Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

#### Етапи:

1. Ферментація субстрату (глюкози, лактози чи інших цукрів) для утворення пропіонової кислоти.
2. Хімічна нейтралізація отриманої кислоти натрієвими сполуками.

*Переваги:* Екологічність процесу. Використання відновлюваної сировини (біомаси або відходів).

*Недоліки:* Більш тривалий процес. Висока вартість обладнання та контроль мікробіологічного процесу.

## РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика вихідної сировини для виробництва

#### 2.1.1 Натрію гідроксид [12]

- Хімічна формула: NaOH
- Назви: Гідроксид натрію, каустична сода, натрій їдкий
- CAS-номер: 1310-73-2
- Молекулярна маса: 40 г/моль

#### Фізичні властивості

Агрегатний стан: Тверда речовина у вигляді гранул, пластівців або порошку.

Колір: Білий.

Розчинність: Добре розчиняється у воді з виділенням тепла (екзотермічна реакція).

Температура плавлення: 318 °С.

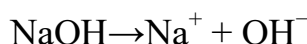
Температура кипіння: 1388 °С.

Щільність: 2,13 г/см<sup>3</sup> (при 20 °С).

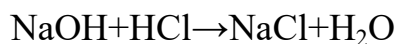
РН розчину: Дуже високий, що вказує на сильну лужність (14 при концентрованому розчині).

#### Хімічні властивості

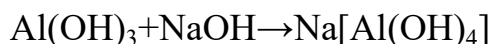
1. Лужність: NaOH – сильний луг, який повністю дисоціює у воді:



2. Реакція з кислотами: Реагує з кислотами, утворюючи солі та воду (нейтралізація):

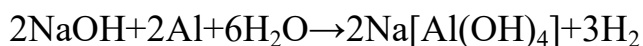


3. Реакція з амфотерними оксидами та гідроксидами: Утворює комплекси, наприклад:

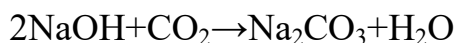


Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кобилецька В.В.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 2	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.022.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 22/71

4. Реакція з металами: У присутності води реагує з амфотерними металами, утворюючи водень:

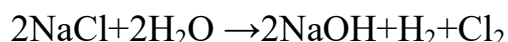


5. Реакція з  $\text{CO}_2$ : Поглинає вуглекислий газ із повітря, утворюючи карбонат натрію:



### *Виробництво*

Гідроксид натрію зазвичай виробляють методом електролізу водного розчину хлориду натрію ( $\text{NaCl}$ ):



### *Застосування*

Хімічна промисловість: Виробництво мила, миючих засобів, барвників.

Нейтралізація кислот та утилізація відходів.

Харчова промисловість: добавка E524. Використовується для регулювання кислотності та обробки харчових продуктів (наприклад, очищення овочів, обробка какао).

Металургія: Видалення оксидних плівок, травлення металів.

Побутова хімія: Компонент засобів для очищення труб, каналізації, видалення жирів.

Текстильна та паперова промисловість: Відбілювання тканин і целюлози.

### *Вплив на здоров'я*

- Опіки: Сильна їдка речовина, що викликає хімічні опіки при контакті зі шкірою та слизовими оболонками.
- Очі: Потрапляння викликає важкі ураження, аж до сліпоты.
- Інгаляція: Подразнює дихальні шляхи, може спричинити кашель або утруднене дихання.

### *Заходи безпеки*

- Працювати в захисному одязі, окулярах і рукавичках.
- Уникати контакту з водою при зберіганні, оскільки реакція екзотермічна.

- Зберігати у сухому, прохолодному місці, подалі від кислот, алюмінію та амонійних сполук.

#### *Екологічний вплив*

- Гідроксид натрію може змінювати рН водою і ґрунтів, що впливає на флору та фауну.
- Вимагає ретельної утилізації відповідно до екологічних норм.

#### **2.1.2 Пропіонова кислота [13]**

- Хімічна формула:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- Назви: Пропіонова кислота, пропановатна кислота
- CAS-номер: 79-09-4
- Молекулярна маса: 74,08 г/моль
- Класифікація: Карбонова кислота

#### *Фізичні властивості*

Агрегатний стан: Безбарвна рідина з їдким запахом.

Запах: Характерний кислий, нагадує запах оцтової кислоти.

Розчинність: Змішується з водою у будь-яких пропорціях, добре розчиняється в етанолі, ацетоні, етері.

Температура плавлення:  $-20,5\text{ }^\circ\text{C}$ .

Температура кипіння:  $141,15\text{ }^\circ\text{C}$ .

Щільність:  $0,993\text{ г/см}^3$  (при  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Кислотність (рКа): 4,87 (у воді).

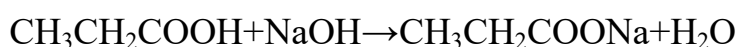
Тиск насиченої пари: Низький ( $0,49\text{ кПа}$  при  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ).

#### *Хімічні властивості*

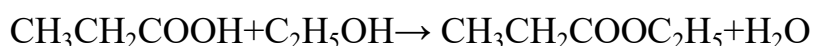
1. Кислотність: як типова карбонова кислота, дисоціює у воді, утворюючи протон  $\text{H}^+$ :



2. Реакція з основами: утворює солі пропіонати, наприклад:



3. Реакція з алкоголями: У присутності каталізаторів утворює естери:



4. Окиснення: При сильному окисненні розпадається до вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) і води (H<sub>2</sub>O).

#### *Виробництво*

Хімічний синтез: Пропіонова кислота виробляється окисненням пропан-1-олу (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH) або за реакцією оксиду вуглецю (CO) з етанолом у присутності каталізаторів.

Мікробіологічний синтез: Утворюється природним шляхом у результаті діяльності бактерій роду *Propionibacterium*, зокрема при бродінні органічних речовин.

#### *Застосування*

Харчова промисловість: Використовується як консервант під кодом E280. Перешкоджає розвитку бактерій і плісняви в продуктах харчування, особливо в хлібобулочних виробках.

Хімічна промисловість: Сировина для виробництва пропіонатів натрію, кальцію, калію. Входить до складу засобів для захисту від корозії.

Фармацевтика: Використовується як розчинник у деяких препаратах.

Сільське господарство: Додається до кормів для тварин як засіб для запобігання псуванню.

#### *Вплив на здоров'я*

- Токсичність: Вважається речовиною низької токсичності, але у великих концентраціях може подразнювати шкіру, очі та дихальні шляхи.
- Потрапляння на шкіру: Може викликати опіки при тривалому контакті.
- Потрапляння всередину: У великих дозах може подразнювати слизові оболонки шлунка.

#### *Заходи безпеки*

- Використовувати в добре провітрюваних приміщеннях.
- Працювати в захисному одязі, окулярах і рукавичках.
- Уникати вдихання парів та прямого контакту з речовиною.

### *Екологічний вплив*

- Пропіонова кислота є біорозкладною і не накопичується в навколишньому середовищі.
- Утилізація речовини має здійснюватися відповідно до місцевих екологічних вимог.

## **2.2 Принципова технологічна схема**

### *1. Підготовка сировини*

- **Сировина:** пропіонова кислота ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ ) і гідроксид натрію ( $\text{NaOH}$ ).
- **Підготовка:** Пропіонову кислоту очищують (дистиляцією) для видалення домішок. Гідроксид натрію розчиняють у воді до отримання потрібної концентрації.

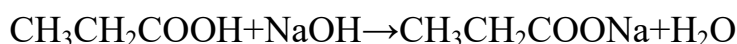
#### **Технологічні параметри:**

- Концентрація  $\text{NaOH}$ : 10-20%.
- Температура зберігання пропіонової кислоти: 20-25°C.

### *2. Нейтралізація*

- **Опис процесу:** У реакторі пропіонова кислота реагує з розчином гідроксиду натрію, утворюючи пропіонат натрію ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$ ) та воду. Реакція екзотермічна, тому необхідний контроль температури.

- **Хімічна реакція:**



#### **Технологічні параметри:**

- Температура реакції: 50-70°C.
- Тиск: атмосферний (1 бар).
- Співвідношення реагентів: пропіонова кислота :  $\text{NaOH}$  = 1:1,1 (для повної нейтралізації).
- Час реакції: 1-2 години.

### *3. Випарювання та концентрація*

- **Опис процесу:** Утворений розчин пропіонату натрію концентрують за допомогою випарювання води. Це досягається в вакуум-випарній установці для уникнення перегріву.

- **Мета:** Отримання концентрованого розчину або кристалів пропіонату натрію.

#### **Технологічні параметри:**

- Температура випарювання: 70-90°C (у вакуумі).
- Тиск: 50-100 мм рт. ст.
- Час: залежить від об'єму розчину, зазвичай 3-4 години.

### *4. Охолодження та кристалізація*

- **Опис процесу:** Після випарювання розчин охолоджують, що сприяє утворенню кристалів пропіонату натрію. Охолодження здійснюють у кристалізаторі.

- **Метод:** Кристалізація із перенасиченого розчину.

#### **Технологічні параметри:**

- Температура охолодження: 5-15°C.
- Час: 6-8 годин.

### *5. Центрифугування*

- **Опис процесу:** Кристали пропіонату натрію відокремлюють від маточного розчину за допомогою центрифуги.

- **Мета:** Отримання чистого твердого продукту.

#### **Технологічні параметри:**

- Тиск фільтрації: -0,5 бар.
- Тривалість: 1-2 години.

### *6. Висушування*

- **Опис процесу:** Отримані кристали сушать у сушильній установці (флюїдизаційній або конвекційній) до досягнення залишкової вологості  $\leq 0,5\%$ .

- **Мета:** Забезпечення тривалого зберігання та стабільності продукту.

#### **Технологічні параметри:**

- Температура сушіння: 100-120°C.
- Тривалість: 2-3 години.

#### 7. Подрібнення

- **Опис процесу:** Висушені кристали подрібнюють на дисковій дробарці.
- **Мета:** Досягти необхідного ступеня дисперсності.

#### Технологічні параметри:

- Розмір частинок 0,10-0,15 мм.
- Тривалість 5-30 хв.
- Температура від 20 до 40 °С.

#### 8. Фасування

- **Опис процесу:** Сухий пропіонат натрію фасують у герметичну упаковку для захисту від вологи та зберігання.

#### Технологічні параметри:

- Упаковка: мішки з поліетиленовим вкладишем або контейнери з вологостійким покриттям.
- Умови зберігання: сухе місце при температурі 10-25°C.

Схема, що охоплює всі основні стадії виробництва пропіонату натрію наведена на рисунку 2.1.

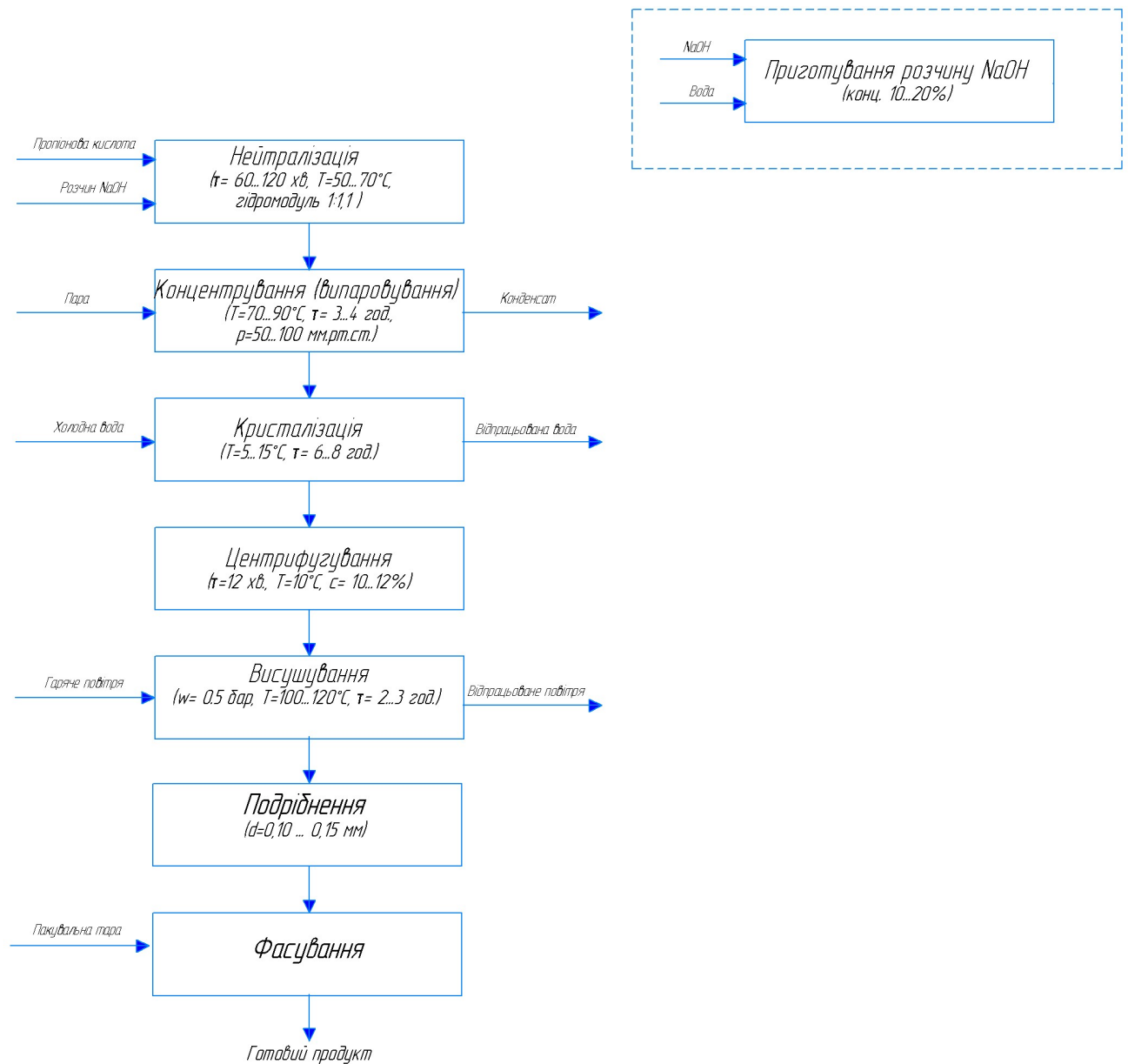
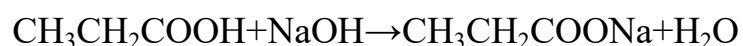


Рис. 2.1. Принципова технологічна схема виробництва пропіонату натрію з пропіонової кислоти і натрію гідроксиду

### 2.3 Матеріальний розрахунок

Розрахунок матеріального балансу проходить по стадійно на 100 кг готового продукту згідно рівняння реакції [14]:



$$M(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = 12 \cdot 3 + 1 \cdot 6 + 16 \cdot 2 = 74 \text{ кг/моль}$$

$$M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ кг/моль}$$

1) приготування розчину NaOH

Натрію гідроксид надходить зі складу для приготування розчину концентрацією 20% концентрації.

$$m(\text{NaOH}) = 1 \text{ моль} \cdot 40 \text{ кг/моль} = 40 \text{ кг}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 40 \cdot 80 / 20 = 160 \text{ кг}$$

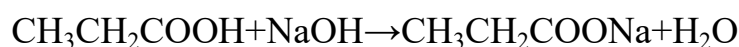
Луг подають із надлишком 10% (гідромодуль 1:1,1), тоді маса розчину становить:

$$m(\text{р-ну NaOH}) = (160 + 40) \cdot 1,1 = 220 \text{ кг}$$

Таблиця 2.1 – Матеріальний баланс стадії приготування розчину NaOH

Стадія приготування розчину NaOH			
Прихід		Витрати	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
NaOH	44	Розчин NaOH конц. 20%	220
H <sub>2</sub> O	176		
<b>Разом</b>	<b>220</b>	<b>Разом</b>	<b>220</b>

2) нейтралізація. Реакція між пропіоновою кислотою і гідроксидом натрію протікає згідно рівняння в одну стадію:



Пропіонова кислота подається в сухому вигляді.

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = 1 \text{ моль} \cdot 74 \text{ кг/моль} = 74 \text{ кг}$$

Продуктами реакції є пропіонат натрію і реакційна вода, тобто пропіонат натрію у вигляді його водного розчину.

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}) = 12 \cdot 3 + 1 \cdot 5 + 16 \cdot 2 + 23 = 96 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 2 + 16 = 18 \text{ г/моль}$$

Таблиця 2.2 – Матеріальний баланс стадії нейтралізації

Стадія нейтралізації			
Прихід		Витрати	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Розчин NaOH конц. 20%	220	Розчин CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	96
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	74	H <sub>2</sub> O	18
		Надлишок розчину NaOH	180
<b>Разом</b>	<b>294</b>	<b>Разом</b>	<b>294</b>

3) кристалізація. Виділення пропіонату натрію з розчину відбувається при його повільному охолодженні до температури 5 - 15° С. При цьому надлишок NaOH залишається в розчину. Втрати на конверсію на стадії кристалізації приймаємо в розмірі 2%.

Вихід пропіонату натрію з врахуванням втрат становить

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}) = 96 \cdot 0,98 = 94,08 \text{ кг}$$

Таблиця 2.3 – Матеріальний баланс стадії кристалізації

Стадія кристалізації			
Прихід		Витрати	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	94,08
H <sub>2</sub> O	18	Втрати	1,92
Надлишок розчину NaOH	180	Розчин NaOH у воді	198
<b>Разом</b>	<b>294</b>	<b>Разом</b>	<b>294</b>

4) центрифугування. Втрати на етапі відділення кристалів від міжкристальної рідини на центрифугу періодичної дії приймаємо рівними 25%.

Вихід пропіонату натрію з врахуванням втрат становить

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}) = 94,08 \cdot 0,75 = 70,56 \text{ кг}$$

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс стадії центрифугування

Стадія центрифугування			
Прихід		Витрати	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	94,08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	70,56
Рідка фаза	198	Втрати	23,52
		Міжкристальна рідина	198
<b>Разом</b>	<b>292,08</b>	<b>Разом</b>	<b>292,08</b>

5) висушування. Втрати цільової речовини за рахунок виносу з водяною парою при висушуванні приймаємо рівними 5%.

Вихід кондиційного пропіонату натрію з врахуванням втрат становить

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}) = 70,56 \cdot 0,95 = 67,03 \text{ кг}$$

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс стадії висушування

<b>Стадія висушування</b>			
<b>Прихід</b>		<b>Витрати</b>	
<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	70,56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	67,03
		Втрати	3,53
<b>Разом</b>	<b>70,56</b>	<b>Разом</b>	<b>70,56</b>

б) подрібнення. Втрати на етапі подрібнення приймаємо в розмірі 2%.

Вихід готового продукту становитиме

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}) = 67,03 \cdot 0,98 = 65,69 \text{ кг}$$

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс стадії подрібнення

<b>Стадія подрібнення</b>			
<b>Прихід</b>		<b>Витрати</b>	
<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	67,03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	65,69
		Втрати	1,34
<b>Разом</b>	<b>67,03</b>	<b>Разом</b>	<b>67,03</b>

7) фасування. Фасування передбачено в герметичній камері фасувального автомату і проходить без втрат продукту.

Таким чином, для виробництва 67,03 кг пропіонату натрію потрібно 44 кг гідроксиду натрію, 176 кг води і 74 кг пропіонової кислоти. Для виробництва 100 кг готового продукту потрібно:

$$m(\text{NaOH}) = 100 \cdot 44 / 67,03 = 65,64 \text{ кг}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \cdot 176 / 67,03 = 262,57 \text{ кг}$$

$$m(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}) = 100 \cdot 74 / 67,03 = 110,40 \text{ кг}$$

Таблиця 2.7 – Зведений матеріальний баланс

Прихід		Витрати	
<b>Стадія приготування розчину NaOH</b>			
<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>
NaOH	44	Розчин NaOH конц. 20%	220
H <sub>2</sub> O	176		
<b>Разом</b>	<b>220</b>	<b>Разом</b>	<b>220</b>
<b>Стадія нейтралізації</b>			
<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>
Розчин NaOH конц. 20%	220	Розчин CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	96
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	74	H <sub>2</sub> O	18
		Надлишок розчину NaOH	180
<b>Разом</b>	<b>294</b>	<b>Разом</b>	<b>294</b>
<b>Стадія кристалізації</b>			
<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	94,08
H <sub>2</sub> O	18	Втрати	1,92
Надлишок розчину NaOH	180	Розчин NaOH у воді	198
<b>Разом</b>	<b>294</b>	<b>Разом</b>	<b>294</b>
<b>Стадія центрифугування</b>			
<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	94,08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	70,56
Рідка фаза	198	Втрати	23,52
		Міжкристальна рідина	198
<b>Разом</b>	<b>292,08</b>	<b>Разом</b>	<b>292,08</b>
<b>Стадія висушування</b>			
<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	70,56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	67,03
		Втрати	3,53
<b>Разом</b>	<b>70,56</b>	<b>Разом</b>	<b>70,56</b>
<b>Стадія подрібнення</b>			
<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Сировина</b>	<b>Маса, кг</b>
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	67,03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa	65,69
		Втрати	1,34
<b>Разом</b>	<b>67,03</b>	<b>Разом</b>	<b>67,03</b>

#### 2.4 Розрахунок основного обладнання – кристалізатора

Вихідні дані:

Витрати суспензії 500 кг/добу;

Охолодження суспензії з початкової  $t_n = 50$  °C до кінцевої  $t_k = 15$  °C;

Охолоджуюча вода надходить при температурі  $t_{\text{охл.п.}}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , і виходить при  $t_{\text{охл.к.}}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

В процесі кристалізації може випаруватись охолоджуюча вода в кількості 5% від вхідної кількості.

Концентрацію розчину пропіонату натрію:  $C_1=8\text{ моль}/100\text{ г}$  і  $C_2=0,5\text{ моль}/100\text{ г}$ , відповідно, при температурі  $t_{\text{п}}=45\text{ }^{\circ}\text{C}$  і при  $t_{\text{к}}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Молярна маса розчину пропіонату натрію  $M=96\text{ г/моль}$ , води  $M=18\text{ г/моль}$ .

Концентрації розчину пропіонату натрію при початковій ( $\chi_{\text{п}}$ ) і кінцевій ( $\chi_{\text{к}}$ ) температурах:

$$\chi_{\text{(п)}} = \frac{c_1 \times M}{1000 + c_1 \times M} = \frac{8 \times 18}{1000 + 8 \times 18} = 0,13$$

$$\chi_{\text{(к)}} = \frac{c_2 \times M}{1000 + c_2 \times M} = \frac{0,5 \times 18}{1000 + 0,5 \times 18} = 0,009$$

Кількість видаленої вологи  $W$  (кг/год) при умові, що в кристалізаторі при охолодженні розчину одночасно випаровується волога в кількості  $n$  (% від вихідної кількості розчину  $G_{\text{р}}$ , кг/с), складе:

$$W = \frac{n}{100} G = \frac{5}{100} 550 = 27,5\text{ кг/с}$$

Кількість кристалів, що виділяється  $L$  розраховують з врахуванням того, що одночасно з процесом кристалізації відбувається часткове випаровування вологи (кг/с):

$$L = \frac{G_{\text{п}}(\chi_{\text{п}} - \chi_{\text{к}}) - W}{3600(\chi_{\text{к}} - \chi_{\text{п}})} = \frac{550(0,13 - 0,009) - 27,5}{3600(0,13 - 0,009)} = 0,09\text{ кг/с}$$

Визначаємо питому теплоємність розчину з врахуванням теплоємності води  $C_{\text{н2о}}=1,186 \times 10^3\text{ Дж/(кг} \times \text{K)}$ , [Дж/(кг · К)]:

$$C_{\text{п}} = 1,186 \cdot 10^3 (1 - 0,13) + 953 \cdot 0,13 = 1,4 \times 10^3\text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$$

Питому теплоємність хімічної сполуки визначають, виходячи з хімічної формули речовини та її теплоємності:

$$c = \frac{\sum_i n_i \times c_i}{M} = \frac{14 \times 7,5 \times 9,3 \times 16,8}{118} = 897\text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$$

Кількість виділеної теплоти  $Q$  (Дж), яку необхідно відвести від розчину при кристалізації:

$$Q = \frac{G_{п*сн}(t_{п}-t_{к})}{3600} + \frac{L*q}{M} - \frac{W*r}{3600} = \frac{520 \times 1,4 \times 103 (45-15)}{3600} + \frac{0,09 \times 147}{118} - \frac{27,5 \times 238}{3600} = 8,43 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

Витрата води  $G_w$  (кг/с) на переведення розчину в насичений стан, шляхом охолодження визначають за рівнянням:

$$W_{охл} = \frac{Q}{CH_{2O}(t_{охл.п.} - t_{охл.п.})} = \frac{8,43 \times 103}{1,186 \times 103 (15 - 5)} = 108,4 \text{ м}^3$$

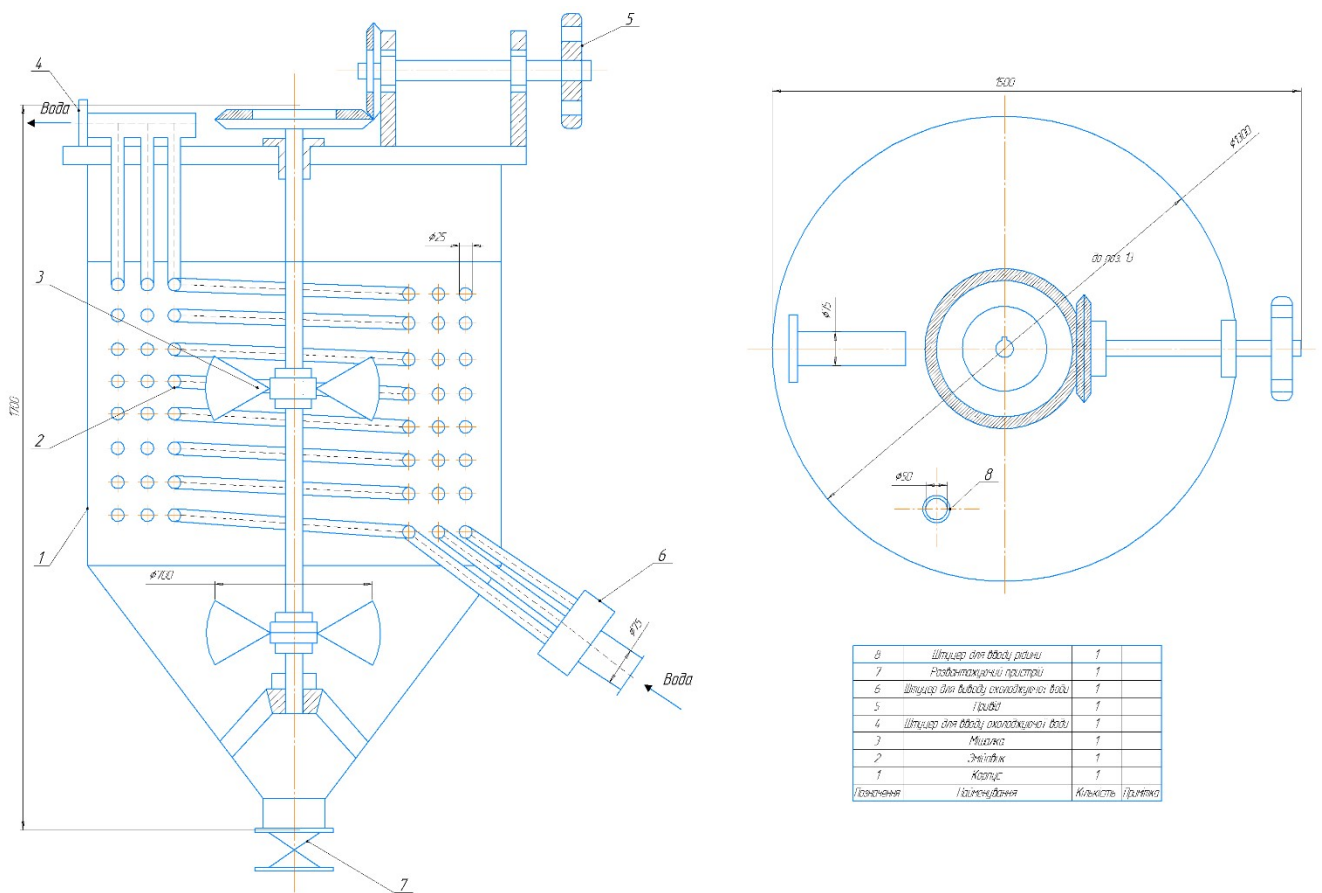


Рис. 2.6. Кристалізатор з водяним охолодженням через вбудований змійовик



В змішувач *1* з вагів *2* та баку *3* подають розрахункову кількість NaOH і води з метою одержання розчину гідроксиду натрію конц. 10...20%.

Отриманий розчин насосом *4* подають в реактор-змішувач *5*, в який також подають з баку *6* розрахункову кількість пропіонової кислоти в співвідношенні пропіонова кислота:гідроксид натрію 1:1,1.

Процес нейтралізації відбувається в реакторі-змішувачі *5* протягом 60 - 120 хв. до слабколужної реакції з величиною рН Для зменшення об'єму та концентрування утворений на етапі нейтралізації розчин пропіонату натрію у воду упарюють у випарному апараті *8* за температури 70 - 80 °С протягом 3 - 4 годин.

Кристалізацію пропіонату натрію проводять у кристалізаторі *10*, при температурі 5 - 15 °С протягом 6 - 8 год. Процес ведуть повільно для зменшення втрат через зворотнє розчинення кристалів пропіонату у воді.

Для зневоднення утвореної в кристалізаторі вологої кристалічної маси, її направляють на центрифугу *12*. Залишкова вологість кристалічної маси пропіонату натрію повинна становити не більше 10 - 12%.

Для остаточного досушування кристалічну масу пропіонату натрію транспортером *13* подають на стрічкову сушарку *14*. Сушка гарячим повітрям за температури 100 - 120 °С продовжується протягом 2 - 3 годин до залишкової вологості не більше 1%.

Висушений порошок пропіонату натрію з вмістом активної речовини не менше 99,0% транспортером *15* подають на дробарку *16* для одержання однорідного фракційного складу: кристали подрібнюють до розміру частинок в межах 0,10 - 0,15 мм.

Отриманий подрібнений порошок пропіонату натрію фасують в крафт-мішки, поліетиленові пакети або іншу тару за запитам замовника.

## **2.6.Опис основного технологічного обладнання**

**Бак для реагентів** призначений для дискретного автоматичного рецептурного дозування рідин і рідких компонентів.

Ваговий бак-дозатор для рідин використовується для обліку, дозування та підтримки заданої продуктивності рідких продуктів. Дозатор забезпечує підрахунок сумарної кількості продукту, що пройшла через нього, та може передавати цю інформацію інтерфейсом на комп'ютер або на програмований логічний контролер.

**Дозатор рідких компонентів** комплектується сталевим пофарбованим каркасом, нержавіючим бункером, тензометричними датчиками, впускним та випускним кранами з пневмоприводами, датчиками положення.

Точність дозування – 0,1%. Продуктивність дозатора вагового для рідин становить 3 тонни на годину.

**Ваговий бак-дозатор** рідких компонентів складається з бункера, який закріплений на невеликому каркасі, та комплектується впускним та випускним кранами з пневмоприводами та датчиками положення. Бункер виготовлений з харчової нержавіючої сталі та встановлюється на тензодатчиках [15].



Рис. 2.2 Бак для реагентів

Бак-дозатор відноситься до дозаторів вагового типу періодичної дії і здійснює послідовне багатокomпонентне дозування декількох компонентів. Компоненти по черзі через відповідні клапани надходять у прийомний бункерзбірник, підвішений на призматичних опорах до вагового важеля, який одним кінцем опирається на нерухомі призми, а іншим давить на тягу вагового пристрою.

**Бак-змішувач** комплектується різними видами перемішувачих пристроїв, спеціальної конструкції, лопаткового, стрічкового, комбінованого типу. Можлива

установка диспергуючих елементів. Перемішуючі пристрої змішувача можуть бути як тихохідні так і швидкохідні з плавним регулюванням швидкості обертання валу мішалки від 0 до 1500 або 3000 оборотів в хвилину. Універсальні багатофункціональні промислові змішувачі можуть бути оснащені усіма відомими видами сорочок нагріву і охолодження.

Нагрів може здійснюватися паром, електрикою допомогою ТЕН або водою. Установка додаткового обладнання на універсальні змішувачі, може обмежуватися тільки потребою замовника:

- миючі головки
- датчики рівня продукту будь-якого типу
- вакуумне виконання змішувача
- сигналізуючі пристрої закінчення процесу змішування
- оглядові вікна з висвітленням внутрішньої частини змішувача
- установка диспергуючих елементів
- оснащення насосними агрегатами для циркуляції і вивантаження продукту
- програмним управлінням за допомогою сенсорних дисплеїв
- механічними і електро-механічними пристроями підйому кришки, нахилу, перекидання ємності та іншими необхідними елементами і пристроями, необхідними для того чи іншого технологічного процесу.



Рис. 2.3 Бак-змішувач для рідких компонентів [16]

**Реактор-змішувач.** У технології виробництва використовуються великі ємності, в яких за допомогою мішалок відбувається об'єднання компонентів в готовий продукт. Щоб відмовитися від змішувальних ємностей, заощадити виробничу площу, збільшити продуктивність, оптимізувати технологічний процес і привести його у відповідність до сучасних вимог, компанія **GlobeCore** розробила установки УСБ.

Установки УСБ дозволяють змішувати необмежену кількість компонентів, витрати яких контролюються за допомогою дозаторів. У процесі роботи сировина використовується максимально ефективно: її витрачається саме стільки, скільки потрібно для отримання якісного кінцевого продукту. Змішування компонентів здійснюється в потоці за рахунок гідродинамічної кавітації, що займає лише кілька секунд.

Комплект поставки реактора може включати такі елементи: полімерну або нержавіючу турбінну, рамну чи лопатеву мішалку, мотор-редуктор із необхідною потужністю, один або кілька насосів, датчики рівня тощо.

Конструкція дна реактора може бути виконана у кількох варіантах:

- плоске;
- конусне (з визначеним кутом нахилу);
- похиле (з необхідним кутом нахилу).

Реактор-змішувач являє собою ємність із нержавіючої сталі, обладнану теплоізолюваною пароводяною сорочкою і конусним дном. У нижній частині ємності розташовані тєни, які забезпечують нагрівання води в сорочці. Для перемішування передбачена знімна мішалка зі шкребками, оснащена мотор-редуктором. За потреби змішувач може бути додатково обладнаний швидкохідною турбінною мішалкою для покращення якості перемішування продукту та розбивання грудок.

Завантаження компонентів здійснюється через люк у кришці робочої ємності, а вивантаження – через вентиль, розташований у конусному дні. Реактор-змішувач також може комплектуватися насосом із трубопроводом для повторного змішування продукту або його транспортування на наступний етап

технологічного процесу. Крім того, змішувач може бути обладнаний частотним регулятором для налаштування швидкості обертання мішалки або турбіни.

Реактор-змішувач укомплектований пультом керування, на якому задаються часові і температурні параметри змішування.



Рис. 2.4 Реактор-змішувач для рідких компонентів [17]

**Стрічкова сушарка.** Сушіння матеріалу здійснюється безперервно за атмосферного тиску. У першій камері сушарки (рис. 2.5) шар матеріалу переміщується по стрічці 2, яка натягнута між приводним барабаном 3 і веденим барабаном 4.

Вологий матеріал подається на один край стрічки, а підсушений матеріал видаляється з іншого краю. Процес сушіння забезпечується гарячим повітрям або топковими газами, що рухаються протитоком або перехресним потоком щодо напрямку руху матеріалу.

В однострічкових сушарках із суцільною стрічкою нерівномірність сушіння є типовою: у внутрішній частині шару, що прилягає до стрічки, кінцева вологість зазвичай вища, ніж у зовнішній частині, яка контактує з газовим потоком чи повітрям.

Ефективнішого сушіння можна досягти за допомогою багатострічкових сушарок із стрічками з металевої сітки. У таких сушарках сушильний агент проходить перпендикулярно до площини стрічки через шар матеріалу, тобто здійснюється перехресний потік. При пересипанні матеріалу з однієї стрічки на

іншу збільшується площа контакту з сушильним агентом, що сприяє підвищенню швидкості та рівномірності сушіння.



Рис. 2.5 Стрічкова сушарка

До подрібнювального обладнання ударної дії відносяться дробарки, робочими органами яких є молотки, штифти, фігурні пальці та ін.

В них подрібнення продукту проходить в результаті ударів по ньому сталених молотків, ударів частинок до кожуха дробарки і протиранням крізь штамповане сито, яке є основною частиною кожуха дробарки.

**Молоткова дробарка** (рис. 2.6.) має наступну будову. На роторі 2 радіальне закріплені на вісях 4 молотки 3. Ротор поміщено в середину корпусу 1, верхня частина якого являє собою рифлену напівкруглу поверхню 5, яка називається відбійною плитою, яка закінчується розвантажувальним патрубком, у нижній частині, закріплена металева сітка 11, з отворами діаметром 0,5 мм. Матеріал подається через боковий патрубок подаючим механізмом 6, який являє собою шнек, що приводиться в рух черв'ячною передачею.



Рис. 2.6 Молоткова дробарка

**Кристалізатор** складається з ізольованої ємності з сорочкою та мішалкою. Перемішувальний пристрій, має специфічну конфігурацію двигун з частотним перетворювачем приводиться в рух, що має забезпечити реверсивний рух і швидкість обертання, виконуючи завдання – підтримувати кристали молочного цукру в підвішеному стані в концентраті сироватки, при цьому не допускаючи їх скупчення та осідання по стінках ємності.

Резервуар оборотної крижаної води є важливою складовою для всіх кристалізаторів. Його основне призначення – забезпечувати кристалізаційний процес за технологічно передбачених температур. Система подачі крижаної води побудована на основі автоматичних запірних клапанів, які регулюють подачу води до сорочки залежно від необхідних умов. Насоси, що відповідають за циркуляцію крижаної води в сорочці, працюють у залежності від показників температури продукту, виміряних у робочій зоні кристалів.

Принцип змішування холодоносія в сорочці кристалізатора лежить в основі охолодження концентрату. Контролер подає команди для подачі необхідної кількості охолоджуючої води, що підтримує оптимальний режим. Після цього кристалізатор подається на етап центрифугування.

Центрифуги використовуються для розділення концентрованих суспензій, які добре фільтруються та містять понад 20% об'ємної твердої фракції середніх і крупних кристалів. Конструкція центрифуги включає камеру, диск зі склянками, лічильник обертів, пульт керування, двигун і електронагрівальний елемент. Камера, виготовлена з нержавіючої сталі, розташована на трьох опорах і закривається кришкою з гніздами для склянок. Рух диска забезпечується двигуном, який закріплений на підвісній системі з трьох опор.

До основних переваг центрифуг із пульсуючим вивантаженням осаду належать:

- безперервність технологічного процесу розділення суспензій,
- можливість ефективного промивання осаду,
- високий ступінь осушення,
- велика продуктивність.

- Крім того, в таких центрифугах осад зазнає мінімального подрібнення порівняно з ножовим зняттям.

Конструктивною особливістю центрифуг типу ФГП є горизонтальне розташування ротора і вивантаження осаду пульсуючим поршнем (штовхачем). Максимальне значення ходу штовхача зазвичай складає 1/10 довжин ротора.



Рис. 2.7 Центрифуга

Основними вузлами центрифуги (рис. 2.7) є станина, кожух, ротор, головний вал, штовхач, силовий гідроциліндр і маслоустановка. Центрифуга приводиться в обертання індивідуальним електродвигуном через клинопасову передачу 7. Ротор 2 закріплений на головному валу 5, що обертається в підшипниках. У середині ротора розташований штовхач 4, який, обертаючись з ротором, одночасно сприймає пульсацію від гідроциліндра 6.

**Пакувально-фасувальна машина.** Призначена для пакування порошків у сформований пакет. Складається з корпусу, бункеру, вагового дозатору, механізму для подачі пакетів, операційного конвеєру, конвеєру готової продукції.



Рис. 2.8 Пакувальньо-фасувальна машина

### РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

1. Розрахунок витрат по статті «Сировина та основні матеріали». До статті «Сировина та основні матеріали» відноситься вартість сировини і матеріалів, які входять до складу продукції, що виробляється, утворюючи її основу або є необхідним компонентом у її виробництві, покупних матеріалів, що використовуються у процесі виробництва продукції (робіт, послуг) для забезпечення нормального технологічного процесу і упакування продукції, матранспортно -заготівельні витрати. До собівартості сировина та основні матеріали включають за ціною придбання з урахуванням транспортно – заготівельних витрат.

Якщо сировина та матеріали отримується з інших цехів підприємства, то до собівартості продукції вона включається за виробничою собівартістю цеху – попередника.

Норма витрат сировини та основних матеріалів визначається з урахуванням відходів та втрат або за рецептурними довідниками.

Розрахунок проводиться на 100 кг готового продукту – пропіоната натрію.

Таблиця 3.1 – Розрахунки по статті «Сировина та основні матеріали»

Найменування компонентів	Норма витрат на 100 кг продукції, кг/100 кг	Ціна 1кг сировини, грн. / кг	Вартість сировини та основних матеріалів, грн
Гідроксид натрію	65,64	60,00	3938,40
Вода	262,57	8,00	2100,56
Пропіонова кислота	110,40	78,00	8611,20
Всього			14650,16

Розраховуємо транспортні витрати, які складають 5 % від вартості витрат на сировину та основні матеріали:  $14650,16 \times 0,05 = 732,51,00$  грн./100кг;

Отже, загальні витрати по статті «Сировина та основні матеріали» складають:  $14650,16 + 732,51,00 = 15382,67$  грн./100кг

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кобилецька В.В.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 3	ННІХТ.3ХТ-5-1.025.161.045.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 45/71

2. Витрат по статті « Напівфабрикати власного виробництва » немає.

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

До неї належить вартість матеріалів, які не будучи складовою частиною продукції, що виробляється присутні у виготовленні або використовуються у процесі виробництва продукції для забезпечення нормального технологічного процесу.

Вартість допоміжних і таропакувальних матеріалів включаються до собівартості продукції за ціною придбання з урахуванням транспортних витрат та на пряму включаються до собівартості готової продукції.

Розрахунки витрат по статті « Допоміжні та таропакувальні матеріали » зводимо в таблицю.

Таблиця 3.2 – Розрахунки по статті «Допоміжні та таропакувальні матеріали»

Назва допоміжних та таропакувальних матеріалів	Один. вим.	Норма витрат на 100 кг продукції	Ціна одиниці, грн./шт.	Вартість пакувальних матеріалів, грн.
Поліетиленові пакети	шт	20	15,00	300,00
Гофрокоробки	шт	20	45,00	900,00
Клейова стрічка	шт	3	55,00	165,00
Етикетки	шт	20	7,00	140,00
Всього				1505,00

Транспортно-заготівельні витрати складають 5% від загальної вартості допоміжних та таропакувальних матеріалів:  $1505,00 \times 0,05 = 75,25$  грн./100 кг

Всього витрат по статті «Допоміжні та таропакувальні матеріали»:  $1505,00 + 75,25 = 1580,25$  грн./100 кг

4. Витрат по статті «Покупні напівфабрикати, роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств і організацій» немає.

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

До цієї статті відносяться витрати на всі види палива та енергії (власного виробництва та зі сторони), що безпосередньо використовуються при виробництві продукції. Витрати палива та енергії включаються до собівартості показників

контрольно-вимірювальних приладів або на основі встановлених норм витрат енергоресурсів на одиницю продукції.

Таблиця 3.3 – Розрахунки витрат по статті «Паливо та енергія на технологічні цілі»

Назва сировини	Норма витрат на 100 кг продукції	Одиниці виміру	Вартість одиниці, грн.	Витрати на 100 кг продукту, грн.
Пара	120,00	кг/100 кг	170,00	2420,00
Електроенергія	100,00	кВт·год/100 кг	4,32	344,10
Вода	25,00	м <sup>3</sup>	35,00	1150,00
Всього				3914,10

6. Витрат по статті «Зворотні відходи» немає.

7. Розраховуємо витрати по статті «Основна заробітна плата».

Для цього розраховуємо річний ефективний фонд робочого часу одного робітника.

Розрахунок річного ефективного фонду робочого часу одного робітника.

Календарний фонд	365 днів
Святкові дні	10 днів
Вихідні	104 днів
Номінальний фонд робочого часу	251 день
Втрати робочого часу:	
Відпустки не менше	24 днів
Неявки по хворобі	3 дні
Неявки в зв'язку з декретом	2 дні
Відпустки в зв'язку з навчанням	1 день
Неявки з дозволу адміністрації	0,5 дня
Прогули	0,1 дня
Виконання громадських та державних обов'язків	0,1 дня
Ефективний фонд робочого часу	220 днів
Тривалість зміни	12 год
Річний ефективний фонд робочого часу 1 робітника	1760 год./рік.
Визначаємо річний обсяг виробництва:	
	$220 \times 1,00 = 220 \text{ 100 кг / рік.}$

Чисельність основних робітників: 3 чол.

Розрахунки витрат по статті «Основна заробітна плата» зводимо в таблицю.

Таблиця 3.5 – Розрахунки по статті «Основна заробітна плата»

Професія робітника	Розряд	Кількість	Годинна тарифна ставка, грн.	Ефективний фонд робочого часу 1 робітника, год	Основна заробітна плата, грн./рік
Монтер лінії	3	1	54,00	1760	95040,00
Хімік-лаборант	3	1	54,00	1760	95040,00
Оператор лінії	3	2	54,00	1760	190050,00
Всього		6			380130,00

Розраховуємо основну заробітну плату працівників на 1 т продукції:

$$380130,00 / 220 = 1727,86 \text{ грн./100кг}$$

8. Розраховуємо витрати по статті «Додаткова заробітна плата»

Витрати по цій статті приймаємо в розмірі 25 % від розміру заробітної плати основних робітників, що займаються виробництвом даного виду продукції:

$$1727,86 \times 0,25 = 431,96 \text{ грн./100кг}$$

9. Розраховуємо витрати по статті «Відрахування до єдиного соціального фонду». Витрати по цій статті приймаємо в розмірі 41,20 % від загального фонду заробітної плати (основна заробітна плата + додаткова заробітна плата):  $(1727,86 + 431,96) \times 0,42 = 907,12 \text{ грн./100кг}$

10. Розраховуємо витрати по статті «Витрати пов'язані з підготовкою і освоєнням виробництва продукції». Витрати по цій статті приймаємо в розмірі 5 % від розміру заробітної плати основних робітників, що займаються виробництвом даного виду продукції:  $1727,86 \times 0,05 = 86,39 \text{ грн./100кг}$

11. Розраховуємо витрати по статті «Витрати на утримання та експлуатацію машин і обладнання». Витрати по цій статті приймаємо в розмірі 140 % від розміру заробітної плати основних робітників, що займаються виробництвом даного виду продукції:  $1727,86 \times 1,40 = 2419,01 \text{ грн./100кг}$

12. Розраховуємо витрати по статті «Загальновиробничі витрати». Витрати по цій статті приймаємо в розмірі 200 % від розміру заробітної плати основних робітників, що займаються виробництвом даного виду продукції:  $1727,86 \times 2,00 = 3455,72 \text{ грн./100 кг}$

**Цехова собівартість:**  $15382,67 + 1580,25 + 3914,10 + 1727,86 + 431,96 + 907,12 + 86,39 + 2419,01 + 3455,72 = 28324,93$  грн./100 кг

13. Розраховуємо витрати по статті «Адміністративні витрати». Витрати приймаємо в розмірі 300 % від розміру заробітної плати основних робітників, що займаються виробництвом даного виду продукції:  $1727,86 \times 3,00 = 5183,58$  грн./100кг

14. Розраховуємо витрати по статті «Попутна продукція». Витрат немає.

15. Розраховуємо витрати по статті «Витрати на збут». Витрати по цій статті приймаємо в розмірі 2,4 % від виробничої собівартості:  $28324,93 \times 0,024 = 679,79$  грн./100кг.

16. Розраховуємо витрати по статті «Інші витрати». Витрати по цій статті приймаємо в розмірі 0,5 % від виробничої собівартості:  $28324,93 \times 0,005 = 141,63$  грн./100кг

**Повна собівартість складає:**  $28324,93 + 5183,58 + 679,79 + 141,63 = 34329,93$  грн./100кг.

Таким чином, повна собівартість виробництва 100 кг пропіонатунатрію становить 34329,93 грн.

Відпускна ціна може бути

$34329,93 \cdot 1,3 = 44628,91$  грн.

При фасуванні у поліетиленові пакети по 5 кг ціна одиниці продукції буде 2231,45 грн.

Таблиця 3.6 – Розрахунок собівартості виробництва 100 кг продукту

Стаття витрат	Значення, грн.
Сировина та основні матеріали	15382,67
Напівфабрикати власного виробництва	-
Допоміжні та таропакувальні матеріали	1580,25
Покупні напівфабрикати, роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств	-
Паливо та енергія на технологічні потреби	3914,10
Зворотні відходи	-
Основна заробітна плата	1727,86
Додаткова заробітна плата	431,96
Відрахування єдиного соціального фонду	907,12
Витрати пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва продукції	86,39
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	2419,01
Загальновиробничі витрати	3455,72
<b>ВИРОБНИЧА СОБІВАРТІСТЬ</b>	<b>28324,93</b>
Адміністративні витрати	5183,58
Попутня продукція	-
Витрати на збут	679,79
Інші витрати	141,63
<b>ПОВНА СОБІВАРТІСТЬ</b>	<b>34329,93</b>

## РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

**Натрію пропіонат**, *Sodium Propionate* (BP, PhEur, USP-NF), *Propionic acid, sodium salt, hydrate* (CAS № 6700-17-0), *Propionic acid, sodium salt, anhydrous* (CAS № 137-40-6), EINECS № 205-290-4; син.: E281; *ethylformic acid, sodium salt, hydrate; methylacetic acid, sodium salt, hydrate; natrii propionas; sodium propanoate hydrate; sodium propionate hydrate* – безбарвні прозорі кристали або гранули, легкоплавкий кристалічний порошок, гігроскопічний у вологому повітрі, без запаху або з легким характерним запахом; має характерний неприємний смак.



Рисунок 4.1 Зовнішній вигляд добавки

За органолептичними показниками харчовий пропіонат натрію повинен відповідати вимогам, наведеним в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Органолептичні показники

Найменування показника	Характеристика показника
Зовнішній вигляд	Кристали без кольору або білий кристалічний порошок
Запах	Без запаху або зі слабким запахом пропіонової кислоти

За фізико-хімічними показниками харчовий пропіонат натрію повинен відповідати вимогам, наведеним в таблиці 4.2.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кобилецька В.В.	Назва, додаткова назва  РОЗДІЛ 4	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.51.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 51/71

Таблиця 4.2 – Фізико-хімічні показники

Найменування показника	Характеристика показника
Тест на іон натрію	Витримує випробування
Тест на пропіонат-іон	Витримує випробування
Тест на лужну реакцію	Витримує випробування
Масова частка активної речовини у висушеному пропіонаті натрію, %, не менше	99,0
Масова частка втрат при висушуванні, %, не більше	4,0
pH 10 %-го водного розчину	від 7,5 до 10,5 включно
Масова частка нерозчинних у воді речовин, %, не більше	0,1
Тест на масову частку (вміст) заліза, не більше 50 мг/кг	Витримує випробування

### Вплив на організм

Пропіонат натрію має ряд корисних властивостей і широко використовується в харчовій промисловості як консервант. Завдяки його застосуванню можна подовжити термін зберігання продуктів та запобігти розвитку цвілі й гнильних процесів.

Основною перевагою цієї добавки є здатність пригнічувати ріст пліснявих грибків, таких як *Penicillium* та *Aspergillus*, що особливо актуально для продуктів, схильних до швидкого псування, зокрема хліба та випічки.

Дослідження показують, що пропіонат натрію може зменшити ризик виникнення цвілевих інфекцій в організмі. Окрім того, він має антибактеріальні властивості, які допомагають пригнічувати ріст шкідливих бактерій, таких як стафілокок і сальмонела.

Додатково ця добавка може бути корисною для людей, які мають алергію на плісняву. Її використання в харчових продуктах здатне зменшити ймовірність алергічних реакцій.

Втім, важливо пам'ятати, що вживання пропіонату натрію має бути помірним і не перевищувати допустимих норм. Надмірне споживання будь-якої добавки, зокрема й E281, може мати негативний вплив на здоров'я.

## Небезпека вживання

Хоча пропіонат натрію має корисні властивості, він також може спричиняти певні ризики для організму.

Одним із негативних впливів є ризик виникнення алергічних реакцій у чутливих людей. Уживання продуктів із цією добавкою може викликати такі симптоми, як свербіж, почервоніння шкіри, набряк горла, порушення дихання та інші прояви алергії.

Через антибактеріальні властивості пропіонат натрію може негативно впливати на кишкову мікрофлору. Зниження кількості корисних бактерій та порушення балансу мікроорганізмів у кишечнику може призводити до проблем із травленням і загального дисбалансу в організмі.

Деякі дослідження також вказують на можливий зв'язок між вживанням пропіонату натрію і погіршенням симптомів астми чи гіперактивності у дітей. Проте ці дані потребують подальших підтверджень.

Варто зауважити, що реакція на пропіонат натрію може бути індивідуальною й залежати від особливостей організму. Деякі люди можуть стикатися з негативними наслідками, тоді як інші не відчують жодних проблем.

З метою збереження здоров'я рекомендується уважно обирати продукти та уникати надмірного вживання пропіонату натрію. У разі виникнення алергічних реакцій або інших небажаних симптомів слід звернутися до лікаря чи дієтолога для отримання рекомендацій щодо раціону [18].

## РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві

Згідно зі статтею 19 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», підприємства, установи та організації мають узгоджувати з органами місцевого самоврядування як поточні, так і перспективні плани, що стосуються охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів.

Основними завданнями в організації природоохоронної діяльності підприємств, що займаються виробництвом харчових добавок, є:

– оцінка кількісних і якісних показників діяльності підприємства, що впливають на довкілля, а також ефективність впроваджених заходів із захисту навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів за певний період;

– розробка як довгострокових, так і короткострокових природоохоронних заходів із визначенням обсягів необхідного фінансування та термінів їх реалізації.

Заходи, що впроваджуються підприємством у сфері охорони довкілля, повинні повністю компенсувати негативний вплив виробництва на навколишнє середовище та відповідати напрямам, визначеним постановою Кабінету Міністрів України від 17 вересня 1996 року № 1147 (зі змінами) «Про затвердження переліку видів діяльності, що належать до природоохоронних заходів».

План екологічної діяльності підприємства включає такі розділи:

– **Охорона та раціональне використання водних ресурсів** – заходи, спрямовані на зменшення споживання питної води, усунення скидів неочищених стічних вод у природні водні об'єкти та забезпечення відповідності їх складу встановленим екологічним нормативам.

– **Охорона атмосферного повітря** – природоохоронні заходи, що мають на меті зменшення викидів шкідливих речовин у повітря стаціонарними джерелами забруднення (наприклад, встановлення очисних фільтрів) та дотримання

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа ІКобилецька В.В.	Назва, додаткова назва  РОЗДІЛ 4	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.054.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 54/71

нормативних рівнів забруднення у межах санітарно-захисної зони підприємства.

– **Охорона та раціональне використання земельних ресурсів** – передбачає впровадження заходів з озеленення, створення захисних зелених зон, будівництва та реконструкції протиерозійних і гідротехнічних споруд.

– **Поводження з відходами та небезпечними речовинами** – комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію утворення відходів, їх збирання, транспортування, сортування, зберігання, переробку, утилізацію та безпечне видалення, а також контроль за цими процесами.

– **Організаційно-просвітницькі заходи** – програми з підвищення кваліфікації спеціалістів у сфері екології, інформування працівників про вимоги природоохоронного законодавства, раціональне використання природних ресурсів та підтримання належного санітарного стану території підприємства.

Система екологічних нормативів охоплює:

– нормативи екологічної безпеки (гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у довкіллі, допустимі рівні фізичних, біологічних і хімічних впливів, допустимий вміст шкідливих речовин у продуктах харчування);  
– гранично допустимі викиди та скиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

Екологічні нормативи розробляються та затверджуються державними природоохоронними органами, органами охорони здоров'я та іншими уповноваженими державними установами. Вони мають забезпечувати захист довкілля та здоров'я людей від негативного впливу забруднення.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – це допустима кількість шкідливої речовини в повітрі, воді чи ґрунті, яка за постійного або періодичного впливу не спричиняє негативних змін у здоров'ї людей, тварин і рослин протягом усього життя.

Фоновою концентрацією називають фактичний рівень забруднення певної території у певний момент часу. Контроль стану біосфери здійснюється шляхом порівняння фонової концентрації з гранично допустимою.

Щороку у виробництві використовується близько тисячі нових хімічних речовин, що призводить до зростання загальної кількості хімікатів у навколишньому середовищі до понад 4 мільйонів найменувань. З них понад 40 тисяч мають шкідливий вплив на здоров'я людини. Міністерство охорони здоров'я України встановило гранично допустимі концентрації (ГДК) для 600 речовин у повітрі, 200 – у воді та 100 – у ґрунті.

Шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

- **I клас** – надзвичайно небезпечні (нікель, ртуть);
- **II клас** – високонебезпечні (сірководень, діоксид азоту);
- **III клас** – помірно небезпечні (сажа, цемент);
- **IV клас** – малонебезпечні (бензин, фенол).

Чим токсичніша речовина, тим складніше забезпечити ефективний захист атмосферного повітря, а її допустима концентрація має бути нижчою. Для кожної речовини визначаються два основні нормативи: **максимальна разова** та **середньодобова ГДК**.

- **Максимальна разова ГДК** встановлюється для запобігання рефлекторним реакціям організму, таким як подразнення дихальних шляхів, у разі короткочасного (до 20 хвилин) впливу забруднювачів. Оскільки рівень забруднення повітря коливається залежно від погодних умов, рельєфу місцевості та характеру викидів, відбір проб здійснюється кілька разів на добу протягом 20–30 хвилин. Найвища концентрація, зафіксована серед усіх проб, визначається як максимальна разова концентрація.

- **Середньодобова ГДК** застосовується для оцінки тривалого впливу забруднювачів на організм людини. Вона розраховується як середнє арифметичне значення разових концентрацій, отриманих за 24 години безперервно або з рівними інтервалами між відборами проб.

Існує два типи ГДК:

- **ГДК р.з. (робочої зони)** – це концентрація, що не викликає негативних змін у здоров'ї працівників за умови щоденної 8-годинної роботи (до 41 години на тиждень) протягом усього трудового життя.

- **ГДК н.п. (населеного пункту)** – враховує вплив забруднюючих речовин на людину за умов цілодобового перебування.

Концентрації шкідливих речовин у робочій зоні порівнюються з максимальними разовими значеннями (30 хвилин), тоді як у межах території підприємства – із середньодобовими показниками (24 години).

Для запобігання надмірним викидам твердих шкідливих речовин у повітря розроблені нормативи гранично допустимих концентрацій (ГДК) для промислових викидів, у тому числі для підприємств, що виробляють харчові добавки (табл. 5.1).

**Таблиця 5.1 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин (ГДК) у викидах підприємств по виробництву харчових добавок**

<b>Шкідлива речовина</b>	<b>Клас небезпеки</b>	<b>ГДК, мг/м<sup>3</sup> (максимальна разова)</b>	<b>ГДК, мг/м<sup>3</sup> (середньодобова)</b>
Нікель	I	0,001	0,0005
Ртуть	I	0,0003	0,0001
Сірководень	II	0,008	0,004
Діоксид азоту	II	0,04	0,02
Сажа	III	0,15	0,05
Цементний пил	III	0,3	0,1
Бензин	IV	1,0	0,3
Фенол	IV	0,01	0,003
Сірчана кислота (аерозоль)	II	0,3	0,1
Соляна кислота (аерозоль)	II	0,2	0,1
Азотна кислота (аерозоль)	II	0,15	0,06
Їдкий натр (луг)	II	0,5	0,2
Їдкий калій (луг)	II	0,5	0,2
Карбонат натрію (сода)	IV	0,6	0,3
Карбонат кальцію (крейда)	IV	0,5	0,2
Карбонат калію	IV	0,4	0,2

Різні токсичні речовини можуть чинити подібний негативний вплив на організм, що призводить до ефекту сумачії або синергізму. Такий ефект

характерний для фенолу та ацетону, валеріанової та капронової кислот, озону, діоксиду азоту, формальдегіду тощо. Наприклад, якщо фонові концентрації ацетону та фенолу становлять 0,345 і 0,009 мг/м<sup>3</sup> відповідно, а їхні гранично допустимі концентрації (ГДК) – 0,35 і 0,01 мг/м<sup>3</sup>, то, незважаючи на те, що окремо їхні рівні не перевищують нормативи, їхня сумарна концентрація (0,345 + 0,009 = 0,354 мг/м<sup>3</sup>) перевищує допустимі значення. Це свідчить про перевищення норм забруднення повітря.

Нормування забруднюючих викидів у навколишнє середовище здійснюється через встановлення гранично допустимих викидів (ГДВ) в атмосферу. ГДВ визначає максимально допустиму масу викидів шкідливих речовин за одиницю часу від одного або кількох джерел забруднення, враховуючи перспективи розвитку промисловості та розсіювання забруднень в атмосфері. Це забезпечує підтримання концентрацій шкідливих речовин у межах безпечних для здоров'я людини, флори та фауни значень, якщо не передбачені суворіші екологічні обмеження.

Контроль за скидами забруднюючих речовин у водні об'єкти здійснюється через встановлення гранично допустимих скидів (ГДС). ГДС визначає максимально допустиму кількість шкідливих речовин у стічних водах, яка може бути скинута у водний об'єкт за певний період без порушення екологічної рівноваги. Визначення ГДС враховує гранично допустиму концентрацію (ГДК) речовин у місцях водозабору, здатність водного об'єкта до самоочищення та оптимальний розподіл скидів між водокористувачами. ГДК у воді визначається з урахуванням її впливу на здоров'я людини та можливого погіршення умов водокористування.

Як і у випадку з атмосферним повітрям, для водних ресурсів встановлені окремі стандарти якості води залежно від категорії водокористування:

1. Вода для господарсько-питного постачання населення та підприємств харчової промисловості.
2. Вода культурно-побутового призначення (купання, заняття спортом, відпочинок).

3. Вода рибогосподарського призначення для збереження та розмноження видів риб, чутливих до рівня кисню.

4. Вода рибогосподарського призначення для інших видів риб.

Ці норми забезпечують збереження екологічного балансу та безпечне використання водних ресурсів.

Для кожної з цих категорій встановлено нормативи на якість води у місцях водокористування (табл. 5.2).

**Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин (ГДК) викидах підприємств по виробництву харчових добавок**

Назва речовини	Гранично допустима концентрація, мг/л
Свинець (Pb)	10
Кадмій (Cd)	1
Ртуть (Hg)	0.1
Миш'як (As)	2
Хлорорганічні пестициди	0.05
Поліхлоровані біфеніли (ПХБ)	0.01
Амміак (NH <sub>3</sub> )	50
Окис азоту (NO <sub>2</sub> )	40
Діоксини	0.0001
Феноли	0.5
Формальдегід	0.03
Бензол	0.1
Толуол	0.5
Ацетон	10
Хлорида водню (HCl)	5
Сірчистий газ (SO <sub>2</sub> )	50
Цинк (Zn)	50
Хлор (Cl <sub>2</sub> )	0.1
Мідь (Cu)	25
Фториди	0.2

Важливими заходами щодо збереження ґрунтів є гігієнічне регламентування їхнього забруднення. Розроблено методичні рекомендації щодо встановлення ГДК хімічних речовин у ґрунтах. Гранично допустима кількість (ГДК) речовин, що забруднюють ґрунти, означає частку хімічної речовини, що забруднює ґрунти, і не справляє прямої або опосередкованої дії, включаючи віддалені наслідки для

навколишнього середовища та здоров'я людини. Значення ГДК деяких хімічних речовин в ґрунтах наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – **Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в ґрунтах підприємств по виробництву харчових добавок**

<b>Шкідлива речовина</b>	<b>Гранично допустима концентрація ( мг/кг)</b>
Свинець (Pb)	10
Кадмій (Cd)	1
Ртуть (Hg)	0,1
Миш'як (As)	2
Хлорорганічні пестициди	0,05
Поліхлоровані біфеніли (ПХБ)	0,01

Нормативи викидів і скидів для підприємств, що виробляють харчові добавки, визначаються на основі сукупності значень гранично допустимих викидів (ГДВ) і гранично допустимих скидів (ГДС) для всіх існуючих, запланованих або реконструйованих джерел забруднення. Для нових та модернізованих об'єктів нормативи встановлюються на різних етапах проектування та мають бути виконані до моменту їх введення в експлуатацію.

Якщо у викидах чи скидах підприємства містяться речовини, для яких не визначено ГДК, органи охорони довкілля мають право призупинити його діяльність або окремі виробничі процеси. Введення в експлуатацію нових виробництв, що містять такі речовини, заборонено.

ГДВ встановлюються для кожного джерела забруднення атмосфери з урахуванням перспективи розвитку промисловості та особливостей розсіювання шкідливих речовин. Викиди не повинні створювати приземну концентрацію, що перевищує допустимі нормативи. Якщо підприємство не може забезпечити відповідність нормативам через об'єктивні причини, передбачається поетапне зниження викидів до встановлених меж.

Для неорганізованих викидів та сукупності малих джерел (наприклад, вентиляційних викидів з одного цеху) встановлюють сумарні нормативи ГДВ. При їх розрахунку враховуються результати розрахункових або

експериментальних досліджень щодо фонового рівня забруднення від інших джерел, зокрема автотранспорту та інших промислових об'єктів.

**Обов'язки служби охорони навколишнього середовища підприємства з виробництва харчових добавок:**

- Контроль за дотриманням екологічного законодавства України та виконанням приписів і нормативних вимог.
- Розробка та впровадження природоохоронних заходів, що відповідають виробничій програмі підприємства.
- Визначення, узгодження та забезпечення відповідності нормативам допустимих викидів і скидів, норм водоспоживання та водовідведення, а також утилізації промислових відходів.
- Забезпечення належного технічного стану природоохоронних об'єктів та ефективної роботи очисних споруд, вентиляційних та аспіраційних систем.
- Дотримання технологічних інструкцій щодо мінімізації викидів і скидів забруднюючих речовин.
- Надання керівництву рекомендацій щодо поліпшення екологічної безпеки та зменшення рівня забруднення.
- Ведення технічної документації та реєстрація природоохоронних об'єктів у відповідних державних органах.
- Проведення перевірок стану очисних споруд та екологічної діяльності структурних підрозділів.
- Закріплення територій підприємства за окремими підрозділами для підтримання благоустрою.
- Виконання приписів державних екологічних контролюючих органів.
- Оформлення дозволів на спецводокористування, викиди в атмосферу та розміщення відходів виробництва.
- Співпраця зі спеціалізованими організаціями для проведення екологічних досліджень та налагоджувальних робіт.
- Підготовка та подання екологічної звітності у встановлені терміни.

- Впровадження передових технологій і досвіду в очищенні забруднюючих речовин та контролі за станом довкілля.

Ці заходи спрямовані на зменшення негативного впливу підприємства на навколишнє середовище та забезпечення дотримання екологічних стандартів.

## 5.2 Охорона праці на підприємстві

Законодавство України у сфері охорони праці включає Закон України «Про охорону праці», а також нормативно-правові акти (НПАОП), постанови Кабінету Міністрів України, санітарні норми, накази міністерств тощо, які деталізують його положення.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити відповідні умови праці на всіх робочих місцях у структурних підрозділах підприємства, що займається виробництвом харчових добавок. Це має відповідати нормативно-правовим актам, а також гарантувати дотримання законодавчих вимог щодо прав працівників у сфері охорони праці.

Для цього роботодавець зобов'язується:

- створювати відповідні служби та призначати посадових осіб, які відповідальні за охорону праці, регламентуючи їх обов'язки, права та відповідальність;
- розробляти та реалізовувати комплексні заходи для дотримання нормативів та підвищення рівня охорони праці;
- впроваджувати необхідні профілактичні заходи у відповідь на зміну умов праці;
- застосовувати сучасні технології, механізацію, автоматизацію виробництва та принципи ергономіки;
- забезпечувати належний стан будівель, споруд, обладнання та здійснювати моніторинг їх технічного стану;
- усувати причини, що можуть призвести до нещасних випадків або професійних захворювань;

- організувати аудит охорони праці, лабораторні дослідження умов праці, технічну оцінку обладнання та атестацію робочих місць;
- розробляти та впроваджувати внутрішні нормативні документи з охорони праці;
- здійснювати контроль за дотриманням працівниками технологічних процесів, безпечного використання обладнання та засобів індивідуального та колективного захисту;
- організувати заходи з популяризації безпечних методів праці та взаємодіяти з працівниками щодо питань охорони праці;
- вживати оперативних заходів для надання допомоги потерпілим у разі аварій та нещасних випадків.

Роботодавець несе пряму відповідальність за порушення встановлених вимог.

Документація з охорони праці на підприємстві з виробництва харчових добавок поділяється на такі основні блоки:

1. Дозвільні документи;
2. Положення;
3. Інструкції;
4. Накази;
5. Документи щодо навчання відповідальних осіб та працівників;
6. Інструктажі;
7. Атестація робочих місць;
8. Медичні огляди;
9. Матеріали розслідувань нещасних випадків;
10. Інші документи.

Дозвільні документи поділяються на дозволи та декларації, які оформлюються або на обладнання, або на роботи підвищеної небезпеки. Необхідність отримання таких документів регулюється постановами КМУ №1107 (для робіт) та №77 (для обладнання).

Положення регламентують функціонування системи управління охороною праці та, як правило, базуються на типових положеннях. Основні з них:

1. Положення про систему управління охороною праці (відповідно до ст. 13 Закону України "Про охорону праці").
2. Положення про службу охорони праці (відповідно до ст. 15 Закону та НПАОП 0.00-4.21-04).
3. Положення про порядок навчання та перевірки знань з питань охорони праці (відповідно до ст. 18 Закону та НПАОП 0.00-4.12-05).
4. Положення про діяльність уповноважених працівників з питань охорони праці (відповідно до ст. 42 Закону та НПАОП 0.00-4.11-07).

Крім цього, підприємства можуть мати й інші положення, які регулюють, наприклад, забезпечення засобами індивідуального захисту або порядок проведення медоглядів.

Інструкції – це локальні нормативні акти, які містять обов'язкові вимоги з охорони праці. Вони розробляються відповідно до НПАОП 0.00-4.15-98 та можуть бути:

- для конкретної професії;
- для виконання певних видів робіт.

Накази поділяються на такі, що затверджують локальні документи (положення, інструкції), та ті, що призначають відповідальних осіб. Мінімальний набір наказів включає:

- затвердження положень та інструкцій з охорони праці;
- створення служби охорони праці;
- організацію роботи з охорони праці;
- призначення відповідальних осіб за безпечну експлуатацію обладнання та дотримання вимог охорони праці.

Навчання та перевірка знань з питань охорони праці проводяться відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05. Посадові особи та керівники проходять таке навчання раз на три роки, а працівники, які виконують роботи підвищеної небезпеки, – щороку.

Види інструктажів (вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий) та їх проведення регламентуються відповідними нормативними актами. Усі вони реєструються у відповідних журналах.

Атестація робочих місць за умовами праці (АРМ) проводиться згідно з постановою КМУ № 442. Документація з АРМ включає накази, протоколи засідань комісії, результати досліджень та карти умов праці.

Медичні огляди організовуються відповідно до наказу МОЗ № 246. Документи, що підтверджують їх проведення, включають акти, списки працівників, медичні довідки та заключний акт медичного закладу.

Розслідування нещасних випадків здійснюється згідно з постановою КМУ № 337, а всі випадки реєструються у спеціальному журналі.

Працівники хімічного виробництва працюють у середовищі з підвищеною небезпекою через вплив шкідливих хімічних речовин, високих температур, вибухонебезпечних матеріалів тощо. Тому для них створюються спеціальні умови праці та висуваються суворі вимоги з охорони праці.

### **Спеціальні умови праці для працівників хімічного виробництва**

#### **1. Вентиляція та очищення повітря**

- Встановлення потужних систем вентиляції та аспірації.
- Фільтрування і контроль викидів шкідливих речовин.

#### **2. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)**

- Протигази, респіратори, захисні окуляри.
- Спецодяг із кислотостійких і термостійких матеріалів.
- Рукавички, захисні креми для шкіри.

#### **3. Автоматизація та дистанційне керування процесами**

- Мінімізація контакту працівників із небезпечними речовинами.
- Використання роботизованих систем для роботи з агресивними середовищами.

#### **4. Контроль за станом здоров'я працівників**

- Регулярні медичні огляди.
- Моніторинг рівня впливу шкідливих речовин.

- Надання молока, вітамінних препаратів.

## 5. Безпечна організація робочого процесу

- Обмеження тривалості зміни та перерви для відпочинку.
- Позмінна робота та скорочений робочий день для особливо небезпечних процесів.

Забезпечення конституційного права на безпечні, здорові та належні умови праці є прямим обов'язком роботодавця і важливою складовою державної політики. Проте наявність шкідливих та важких умов праці є об'єктивною реальністю, що негативно впливає на здоров'я працівників, їхню тривалість життя та продуктивність праці.

Згідно з Гігієнічною класифікацією праці, затвердженою наказом МОЗ України від 08.04.2014 р. № 248, шкідливі умови праці визначаються як такі, за яких рівень впливу одного чи кількох факторів виробничого середовища або трудового процесу перевищує допустимі норми.

Визначення робочого місця на підприємстві, що займається виробництвом харчових добавок, як такого, що має шкідливі умови праці, можливе лише після проведення атестації робочих місць за умовами праці відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 01.08.1992 р. № 442.

Оцінка робочого місця здійснюється з урахуванням впливу всіх факторів виробничого середовища та трудового процесу, передбачених гігієнічною класифікацією праці, зокрема хімічних, фізичних, біологічних факторів та факторів трудового процесу.

Атестаційна комісія на косметичному підприємстві повинна враховувати, що дослідження виробничого середовища та трудового процесу можуть проводитися лише спеціалізованими санітарними лабораторіями, атестованими органами Держстандарту та Міністерством охорони здоров'я України.

Лабораторні та інструментальні дослідження виконуються в процесі роботи в типових виробничих умовах, за справних та ефективно діючих засобів колективного й індивідуального захисту, а також згідно з державними стандартами та методичними вказівками МОЗ України. Устаткування для

вимірювань на підприємстві з виробництва харчових добавок має відповідати метрологічним вимогам і проходити перевірку у встановлені терміни.

Результати замірів показників шкідливих та небезпечних факторів оформлюються відповідними протоколами згідно з формами, затвердженими МОЗ України, та завіряються необхідними підписами й печаткою. Оцінка отриманих даних здійснюється шляхом порівняння фактичних показників із нормативними значеннями.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) на підприємстві, що виготовляє харчові добавки, є основною причиною виникнення реальних та потенційних небезпек. Повністю усунути НШВФ неможливо, проте мінімізація їхнього впливу є важливим завданням, яке слід вирішувати через впровадження відповідних заходів.

Таким чином, результати атестації за умовами праці є основою для розроблення та реалізації організаційних, технічних, економічних і соціальних заходів, передбачених колективним договором, з метою покращення умов трудової діяльності.

Методологічною основою розробки заходів безпеки є комплексний аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути в процесі експлуатації технічних систем. Якість та повнота цього аналізу безпосередньо впливають на рівень безпеки як виробничої системи, так і працівників, які з нею працюють.

Для зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на підприємстві з виробництва харчових добавок необхідно контролювати:

1. **Технічний стан обладнання** – наявність паспортів, технічної документації, відміток про проходження технічних оглядів, регламент обслуговування та інші питання, що визначаються відповідними нормативно-правовими актами.

2. **Засоби колективного та індивідуального захисту** – їх наявність, технічний стан та відповідність вимогам, адже вони забезпечують зниження ризику впливу шкідливих факторів на працівників.

3. **Знаки безпеки, розмітку, інформаційні плакати та таблички** – вони мають інформувати працівників про наявні ризики, забороняти потенційно небезпечні дії та надавати необхідні вказівки щодо безпечного виконання робіт.

Охорона праці на підприємстві є невід’ємною частиною його функціонування. Українське законодавство містить численні норми, що зобов’язують роботодавців контролювати дотримання вимог безпеки, проводити навчання та професійну підготовку працівників, здійснювати технічний нагляд за виробничими процесами, підвищувати рівень промислової безпеки та регулярно проводити інструктажі з охорони праці.

Закон України «Про охорону праці» (№ 2694-ХІІ від 14.10.1992) – основний закон, що регулює питання охорони праці, визначає права і обов’язки роботодавців і працівників, а також організацію системи охорони праці на підприємствах.

Закон України «Про безпеку та охорону праці» (№ 5406-VI від 11.01.2012) закріплює основні принципи безпеки та охорони праці, визначає основи державної політики в цій сфері.

Закон України «Про пожежну безпеку» (№ 1804-ХІІ від 17.12.1993) регулює питання забезпечення пожежної безпеки, що є важливим для хімічних підприємств через високий ризик виникнення пожеж та вибухів.

Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил охорони праці на хімічних підприємствах» (№ 226 від 03.03.2004) визначає конкретні вимоги до організації охорони праці на хімічних підприємствах, зокрема до безпеки роботи з небезпечними хімічними речовинами.

Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Правил охорони праці при виконанні робіт з використанням вибухонебезпечних та токсичних речовин» (№ 463 від 29.06.2007) задає правила для працівників, що працюють з вибухонебезпечними речовинами, які є на багатьох хімічних підприємствах.

ДСТУ ISO 45001:2018 «Системи управління безпекою та охороною праці» встановлює вимоги до безпеки праці, технічного обладнання та організації робочих місць на хімічних підприємствах.

## ВИСНОВКИ

1. Наведено результати огляду літературних джерел стосовно застосування консервантів для уповільнення псування харчових продуктів і розвитку цвільових грибів. Описано властивості, характеристики і норми внесення пропіонату натрію для зазисту хлібовулочних, молочних і м'ясних продуктів.

2. Вивчено промислові методи синтезу натрію пропіонату з нейтралізацією пропіонової кислоти (з використанням NaOH або Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), Методи хімічного синтезу є більш економічними, простими та масштабованими у порівнянні з біотехнологічними в умовах зростання попиту на екологічно чисті процеси.

3. Розроблено технологію виробництва пропіонату натрію з пропіонової кислоти і гідроксиду натрію. Складено матеріальний баланс виробництва по стадіям технологічного процесу. Для виробництва 100 кг пропіонату натрію потрібно 65,64кг гідроксиду натрію, 262,57 кг води і 110,40 кг пропіонової кислоти.

4. Підібрано комплект обладнання апаратурно-технологічної лінії, розраховано кристалізатор з водяним охолодженням як головне обладнання лінії. Складено специфікацію обладнання та технологічних потоків.

5. Описано вимоги до якості готового продукту, головними з яких є масова частка активної речовини та рН водного розчину.

6. Розраховано відпускну ціну добавки E282, що становить 2231,45 грн. при фасуванні у поліетиленові пакети по 5 кг.

7. Наведено вимоги охорони праці виробничого персоналу та заходи екологічної безпеки хімічного виробництва.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кобилецька В.В.	Назва, додаткова назва ВИСНОВКИ	ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.069.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua	Аркуш 69/77

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Юкало В.Г., Гашук О.І. Аналіз методів консервування продуктів. Вісник ТДТУ, 2010. Том 15. № 1. С. 210-218.
2. Харчові добавки. Консерванти [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://uk.dobavkam.net/additives/konservanti> (дата звернення 12.12.2024)
3. Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва / [Флауменбаум Б.Л., Безусов А.Т., Сторожук В.М., Хомич Г.П.]. Одеса: Друк, 2006. 400 с.
4. Борцюх В. Шугай, М. Бактеріоцини молочнокислих бактерій як природні консерванти харчових продуктів. Продовольчіресурси, 2016. № 4(06), С. 167–175.
5. Silva M. M., Lidon, F. Food preservatives—An overview on applications and side effects. Emirates Journal of Food and Agriculture, 2016. 366-373.
6. Bondi M., Lauková A., de Niederhausern S., Messi P., Papadopoulo, C. Natural preservatives to improve food quality and safety. Journal of Food Quality, vol. 2017, Article ID 1090932, 3 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/1090932>
7. Буценко Л. М., Пенчук Ю. М., Пирог Т. П. Технології мікробного синтезу лікарських засобів. К: НУХТ, 323 с.
8. Харчові добавки: тексти лекцій для студентів спец. 181 «Харчові технології» / уклад. О. Л. Гуменюк. Чернігів: ЧНТУ, 2019. 177 с.
9. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості: навч. посібник. Львів: Центр Європи, 2009. 836 с.
10. Шемет В.Я., Гулай О.І. Харчові добавки натурального походження: короткий огляд. Товарознавчий вісник, 2023. Вип. 16. С. 6-18.
11. Курта С.А., Курганський В.С. Хімія і технологія високомолекулярних сполук. Навчальний посібник. ІваноФранківськ: «Плай» ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. 291 с.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Кобилецька В.В.	Назва, додаткова назва  СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ		ННІХТ.ЗХТ-5-1.025.161.070.КР.ПЗ		
	Документ затверджено Носенко Т.Т.			Інд. змін.	Дата видання 29.11.2024	Мова ua

12. Гідроксид натрію. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4\\_%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8E](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8E) (дата звернення 12.12.2024)

13. Пропіонова кислота: властивості, отримання, сфери застосування. Режим доступу: [https://www.systopt.com.ua/article-propyionovaya-kyslota-svoystva-poluchenye-oblasty-prymenenyua?srsId=AfmBOoolmq68PvUAvwIU5fpH6hfYFXra1ZU\\_mixpfq9XXRwHUZ49pL9U](https://www.systopt.com.ua/article-propyionovaya-kyslota-svoystva-poluchenye-oblasty-prymenenyua?srsId=AfmBOoolmq68PvUAvwIU5fpH6hfYFXra1ZU_mixpfq9XXRwHUZ49pL9U) (дата звернення 12.12.2024)

14. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія, освітньо-професійної програми «Хімічні технології харчових добавок та косметичних засобів» денної та заочної форм здобуття освіти [Електронний ресурс] / уклад.: О.В. Подобій, Т.М. Бойчук, Київ: НУХТ, 2023, 70 с.

15. Бак-дозатор рідких компонентів. Режим доступу: [https://www.vostok.dp.ua/ukr/catalog/scale/weighing\\_batchermonorail\\_scales/product.html?id=4115](https://www.vostok.dp.ua/ukr/catalog/scale/weighing_batchermonorail_scales/product.html?id=4115) (дата звернення 12.12.2024)

16. Бак-змішувач для рідких компонентів. Режим доступу: <https://www.ria.com/uk/smesytel-5000-l-promyshlennaya-meshalka-s-nasosom-dozatorom-56581739.html> (дата звернення 12.12.2024)

17. Реактор-змішувач для рідких компонентів. Режим доступу: <https://globecore.ua/promisloviy-zmishuvach-dlya-virobnitstva-antiseptikiv.html>

18. Харчова добавка E281 (Пропіонат натрію). Режим доступу: <https://www.wbmind.com/uk/nutrition/additives/496-food-additive-e281>

19. Кліменков О. М., Землянська О. В. Аналіз законодавчої бази у сфері харчових добавок. Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки, 2024. №1. С. 87-89.

20. Мінська Н.В., Слепужніков Є.Д. Охорона праці в хімічному виробництві: конспект лекцій. Х.: НУЦЗУ, 2024. 71 с.