

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
Хіміко-технологічний факультет  
Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної  
хімічної технології

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

Н.М. Толстопалова

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних речовин  
та водоочищення»

спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

на тему: Виробництво нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$

Виконала: студентка 4 курсу, групи ХН-г62-1

Архипчук Катерина Ярославівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник: асист. к.т.н. Нагірняк С.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Консультант:

з автоматичного регулювання

(назва розділу)

ст. викл. Лукінюк М.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

з економіко-організаційних рішень

(назва розділу)

доц., к.т.н. Підлісна О.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

з охорони праці

(назва розділу)

доц., к.т.н. Полукаров Ю.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рецензент: доцент к.т.н. Воробйова В.І.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нормоконтроль: асистент, к.т.н. Феденко Ю.М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2020 року



**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет хіміко-технологічний  
(повна назва)

Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Освітньо-професійна програма «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення»

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Н.М. Толстопалова  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Архипчук Катерина Ярославівна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Виробництво нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ ,  
керівник проєкту: Нагірняк Світлана Валеріївна асист. к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «22» квітня 2020 р. №1031с

2. Термін подання студентом проєкту: 12 червня 2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту: наночастинки  $\text{TiO}_2$ , маса початкового титану (IV) оксиду 1000 г, вихідні реагенти:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , метод механічного змішування.

4. Зміст пояснювальної записки: Обґрунтування та вибір методу синтезу, розробка технологічної схеми виробництва. Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Теоретичні основи обраного методу. Опис технологічної схеми. Матеріальні та теплові розрахунки. Автоматизація виробництва. Оцінка виробництва з економічної та екологічної точок зору. Заходи охорони праці. Інноваційна частина.

5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема цеху, схема дистанційного контролю та автоматичного регулювання технологічних параметрів, креслення загального вигляду головного апарата, плакат результатів розрахунку економіко-організаційної частини, плакат інноваційної частини.

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6,9	асист.,к.т.н. Нагірняк С.В.		
7	ст. викл. Лукінюк М.В.		
8	доц. Підлісна О.А.		
10	доц. Полукаров Ю.О.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Описання технологічної схеми виробництва. Креслення технологічної схеми на форматі А4.	10 березня	Виконано
2	Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Характеристика прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.	15 травня 20 березня	Виконано
3	Визначення витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв: розрахунок матеріального балансу виробництва; розрахунок теплового балансу виробництва; розрахунок витратних коефіцієнтів;	26 березня 31 березня 02 квітня 12 квітня	Виконано
4	Комп'ютерний набір технологічної частини пояснювальної записки.	16 квітня	Виконано
5	Характеристика технологічного обладнання: розрахунок та вибір основних реакторів; розрахунок та вибір допоміжного обладнання.	22 квітня 29 квітня	Виконано
6	Автоматичний контроль та керування виробництвом	15 травня	Виконано
7	Економіко – організаційні розрахунки	21 травня	Виконано
8	Екологічна безпека виробництва	25 травня	Виконано
9	Охорона праці виробничого процесу	31 травня	Виконано
10	Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень та ілюстративних плакатів	1 червня	Виконано
11	Попередній захист	10 червня	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Архипчук К.Я.

(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нагірняк С.В.

(ініціали, прізвище)

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту**

на тему: Виробництво нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$

Київ – 2020 року

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 стор, 4 рис., 26 табл., 33 посилань, 2 додаток.

Розроблено проєкт виробництва нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ . В проєкті обґрунтовано вибір методи синтезу наночастинок срібла та нанокompозиту титан (IV) оксиду з наночастинками срібла. Для готової продукції та сировини наведено технічні вимоги. Розроблена технологічна схема процесу та здійснена її автоматизація, наведено схему головного апарату, а також обґрунтовано норми технологічних процесів. Здійснено оцінку виробництва за економічними показниками, з екологічної точки зору та згідно вимог охорони праці.

НАНОКОМПОЗИТ, НАЧОСТИНКА, НІТРАТ СРІБЛА, ОКСИД  
ТИТАНУ, ГІДРАЗИДНИЙ МЕТОД, МЕТОД МЕХАНІЧНОГО  
ЗМІШУВАННЯ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ,  
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

## **ABSTRACT**

Explanatory note: 79 p.; 4 figures; 26 tables; 33 references, 2 appendix;

A project for the production of TiO<sub>2</sub>-Ag nanocomposite has been developed. The project substantiates the choice the synthesis methods of silver nanoparticles and titanium (IV) oxide nanocomposite with silver nanoparticles. Technical requirements for products and raw materials are given. The technological scheme of the process is developed and its automation is carried out, the scheme of the main equipment is given, and also norms of technological processes are substantiated. The assessment of production according to the economic indicators, from the ecological point of view and according to the requirements of labor protection is carried out.

NANOCOMPOSITE, NANOPARTICLE, SILVER NITRATE, TITANIUM  
OXIDE, HYDRASIDE METHOD, MECHANICAL MIXING METHOD,  
TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS

## ЗМІСТ

Вступ.....	10
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА .....	12
1.1 Методи синтезу наночастинок срібла .....	12
1.2 Методи синтезу нанокompозитів .....	14
1.2.1 Золь-гель метод .....	14
1.2.2 Метод гідротермального синтезу .....	14
1.2.3 Електроспінінг .....	15
1.2.4 Метод механічного змішування .....	15
1.2.5 Комбіновані методи синтезу.....	16
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ .....	17
2.1 Характеристика нанокompозиту $TiO_2-Ag$ .....	17
2.2 Характеристика нітрату срібла .....	17
2.3 Характеристика титан (IV) оксиду .....	18
2.4 Характеристика гідрозин гідрату .....	18
2.5 Характеристика водного аміаку .....	19
2.6 Характеристика води.....	20
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ.....	22
3.1. Теоретичні основи синтезу нанокompозиту $TiO_2-Ag$ методом механічного змішування.....	22
3.2 Методика синтезу наночастинок срібла .....	23
3.3. Методика синтезу нанокompозиту $TiO_2-Ag$ .....	23
4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА.....	24
5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ .	26

					ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Архипчук К.Я.			Літ.	Аркуші	Акруш
Перевір.		Нагірняк С.В.					8
Реценз.		Воробйова В.І.			Виробництво нанокompозиту $TiO_2-Ag$ КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХН-г62-1		
Н. Контр.		Феденко Ю.М.					
Затверд.		Толстополова Н.М.					

6	ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	30
7	АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ....	37
7.1	Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.....	37
8	ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ.....	40
9	ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА .....	57
10	ОХОРОНА ПРАЦІ .....	59
10.1	Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці .....	59
10.1.1	Повітря робочої зони.....	59
10.1.2	Виробниче освітлення .....	61
10.1.3	Виробничий шум та вібрації.....	62
10.1.4	Електробезпека .....	63
10.1.5	Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання...	64
10.2	Пожежна безпека.....	64
	ДОДАТОК А. Специфікація устаткування, виробів, матеріалів.....	69
	ДОДАТОК Б. Копії публікацій.....	76

					ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Архипчук К.Я.			<i>Літ.</i>	<i>Аркуші</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Перевір.</i>		Нагірняк С.В.					9
<i>Реценз.</i>		Воробйова В.І.			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХН-г62-1		
<i>Н. Контр.</i>		Феденко Ю.М.					
<i>Затверд.</i>		Толстопалова Н.М.					
Виробництво нанокompозиту TiO <sub>2</sub> -Ag							

## ВСТУП

На сьогоднішній день розвиток сфери модифікації наночастинок є актуальною темою, оскільки спектр їх застосування надзвичайно великий і попит на дану продукцію тільки зростає.

Досить широко наночастинки та їх нанокompозити застосовують в медицині для профілактики, діагностики та лікування різних захворювань. Одним з напрямків наномедицини є розробка нанопрепаратів шляхом утворення комплексу наночастинок та уже відомого препарату. За рахунок малого розміру покращується засвоєваність лікарських засобів. Багато з наноматеріалів уже стали частиною діагностичних процедур та процесу лікування злоякісних новоутворень.

Серед усіх металевих наноматеріалів найбільшим попитом користуються наночастинки золота, заліза, титану, цинку, міді та срібла. Наночастинки срібла застосовують для виготовлення антибактеріальних, промислових, побутових, медико-санітарних продуктів, а також у виробництві оптичних датчиків та в косметичній промисловості, у споживчих товарах, покриттях для медичних пристроїв.

За останнє десятиліття збільшилась кількість наукових статей в області застосування наночастинок як основи для виготовлення сенсорів. Унікальні властивості наноструктур дозволяють розширити діапазон чутливості та внести зміни в конструкції сенсорних елементів, що дозволяє фіксувати і оцінювати ті параметри процесів, що раніше були недоступні. Також вони дозволяють обійти обмеження, які були наявні при використанні звичайних чутливих елементів. Принцип їх дії полягає в особливостях будови і квантово-розмірних ефектах, які виникають через перехід на нанорівень.

Одним з важливих аспектів використання наночастинок, є можливість модифікації їх поверхні. Модифіковані та чисті наночастинки представляють значний інтерес за рахунок наступних особливостей:

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- велика площа поверхні, що відіграє важливу роль для адсорбції аналітів та в каталітичних процесах;
- розчинність в органічних розчинниках, що забезпечує легке застосування на твердотільних поверхнях;
- стійкість на повітрі, що є значною перевагою при довготривалому зберіганні;
- покращені електронні та оптичні характеристики.

Напівпровідникові наночастинки, модифіковані благородними металами, стали фокусом багатьох досліджень за рахунок можливості максимального використання ефективності фотокаталітичних реакцій. З цієї точки зору, срібло заслуговує особливої уваги для промислового застосування завдяки низькій вартості та простоті отримання. Так, одним з ефективних методів посилення активності титану (IV) оксиду є створення нанокompозитів на його основі, наприклад, у поєднанні з сріблом.

Отже, метою даного дипломного проекту є розробка автоматизованої технологічної схеми виробництва нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$  методом механічного змішування, призначеного для медичного застосування, з урахуванням економічної доцільності та екологічного стану виробництва.

					<i>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

## 1.1 Методи синтезу наночастинок срібла

Наразі відома значна кількість методів синтезу наночастинок срібла, до яких відносяться метод конденсації, лазерна абляція, хімічне відновлення та «зелений синтез» [1]. При цьому метод синтезу значною мірою впливає на морфологічні властивості одержуваних наночастинок.

Фізичні методи (лазерна абляція) дозволяють отримувати наночастинок срібла з високою чистотою. Ці методи є досить поширеними з огляду на їх простоту та доступність [2]. Суть методу полягає в опроміненні металевої мішені потужними лазерними імпульсами, при цьому частина речовини видаляється із поверхні та конденсується у середовищі навколо мішені. Використання цих методів не потребує додаткових хімічних реагентів та розчинників, проте ці методи мають й недоліки, такі як необхідність специфічного устаткування, високе споживання енергії та тривалий час синтезу [3].

При використанні методів хімічного відновлення наночастинок металів отримують у ході хімічних реакцій. В основі хімічних методів покладено відновлення певних сполук (найчастіше солей) благородних металів у рідинному середовищі за присутності стабілізаторів. Стабілізатори або поверхнево-активні речовини запобігають злипанню наночастинок та утворенню агрегатів у зависі. Цей метод характеризується простою, економічністю та легкокерованістю [4]. Недоліком цього методу є необхідність використання хімічних реактивів.

Механізми біологічного «зеленого» синтезу наночастинок досі до кінця не з'ясовані. Оскільки при синтезі наночастинок зазвичай відбувається хімічне відновлення металу, то досліджуються сполуки живих клітин, які здатні виступати відновниками. Вважається, що у процесі біологічного синтезу наночастинок задіяні вільні амінокислоти, водорозчинні білки, ферменти, флавоноїди, терпеноїди, фенольні сполуки, таніни, проантоціанідини,

					ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

вуглеводи, вітаміни [5,6]. Зелений синтез характеризується більшою «дружелюбністю» до оточуючого середовища, що ґрунтується на екологічно чистих методах синтезу, в яких використовуються реактиви, які не шкодять екології, наприклад, білок, пептид, вуглеводи, гриби, дріжджі тощо. Таким чином, даний метод уникає використання органічних розчинників і токсичних реагентів, але є ще недостатньо вивченим на сьогоднішній час [7].

Серед наведених методів хімічне відновлення є найбільш перспективним, оскільки цей метод дозволяє керувати морфологією, а отже, й фізико-хімічними властивостями наночастинок металів у широкому діапазоні за рахунок варіювання типу відновника та параметрами проведення процесу відновлення. Для одержання наночастинок срібла методом хімічного відновлення найбільш використовуваним прекурсором є нітрат аргентуму через його хімічну стабільність та низьку вартість, а відновниками – гідразин, боргідрид, цитрат та інші. При цьому відновлення за допомогою гідразину є найпоширенішим, адже цей відновник є найактивнішим, тобто володіє найбільшою відновлювальною силою [8]. Окрім цього, використання гідразину дозволяє отримувати наночастинок металів, зокрема, срібла, меншого розміру та з більшим виходом і високою швидкістю формування. До того ж цей метод є відтворюваним та зручним для промислового виробництва.

Отже, метод хімічного відновлення гідрaziном є перспективним методом отримання наночастинок срібла заданих властивостей.

Незважаючи на різноманіття методів отримання наноструктур, існує нагальна потреба у використанні саме такого методу синтезу, який не тільки гарантує одержання нанокомпозитів із заданими фізико-хімічними властивостями, але й є недорогим і простим у здійсненні. Різні методи синтезу дозволяють одержувати наноструктури різноманітної морфології.

					<i>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

## 1.2 Методи синтезу нанокompозитів

### 1.2.1 Золь-гель метод

Словосполучення «золь-гель» почали застосовувати в кінці 80-х років для описання матеріалів, що формуються в результаті гелеутворення (переходу золя в гель), а також процесів, що лежать в основі цього явища [9]. Золь – це колоїдна дисперсія твердих частинок в рідині. Першою стадією формування наночастинок є утворення в розчині зародків нової фази, в яких розмір перевищує критичний. Для утворення цих зародків необхідно, щоб розчин був перенасиченим компонентом, тобто щоб його концентрація перевищувала межу розчинності [10].

Після формування в розчині зародків проходить їх ріст шляхом прикріплення додаткових кількостей речовини з розчину або за рахунок розчинення більш дрібних частинок, що мають надлишкову поверхневу енергію. Утворення гелю з колоїдного розчину досягають його дестабілізацією, завдяки зміні рН колоїдного розчину. При утворенні гелю формується об'ємна сітка частинок і розчин втрачає текучість. Процес сушки гелю полягає у видаленні вологи з пор. На цій стадії німічний сирий гель зазнає усадку і набуває властивостей твердого тіла. Для видалення залишків вихідних компонентів висушений гель піддають термообробці за повільного збільшення температури [11]. Розвиток наночастинок при такому методі синтезу залежить від в'язкості розчину, природи розчинника, температури та величини рН.

### 1.2.2 Метод гідротермального синтезу

Гідротермальний синтез базується на отриманні сполук і матеріалів з використанням фізико-хімічних процесів в закритих системах. Реакції при використанні гідротермального методу перебігають у водних розчинах за температур вищих 100°C і тисках більших 0,1 МПа. Метод базується на здатності води розчиняти за високих температур і тисках речовини, слабо розчинні або нерозчинні за нормальних умов – оксиди, силікати, сульфід.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Синтез зазвичай проводять в автоклавах, контролюючи температуру та тиск насичених парів. Використовуючи гідротермальний метод синтезу можна отримати різні модифікації сполук в залежності від природи використаних прекурсорів. На синтез також впливають: значення рН середовища, тривалість та температура синтезу, величина тиску в системі[12].

Зазвичай процес полягає в нагріванні суміші вихідних компонентів за заданих температурі та тиску. Компоненти, які перейшли в розчинений стан, реагують між собою з утворенням нової сполуки, як правило термодинамічно більш стабільної порівняно з вихідними прекурсорами. Ключовою перевагою гідротермального синтезу є можливість керувати параметрами взаємодії та одержувати стабільні або метастабільні фази кінцевих продуктів[13].

### 1.2.3 Електроспінінг

Електроформування, електроспінінг – це процес, який призводить до утворення нановолокон в результаті дії електростатичних сил на електрично заряджений струмінь полімерного розчину або розплаву. Електрична напруга повинна прикладатися до розчину через спеціальний капіляр. В розчині індуються однойменні електричні заряди, що завдяки кулонівській електростатичній взаємодії витягують розчин полімеру в тонкий струмінь. В результаті випаровування розчинника, струмені, що утворилися, тверднуть та дрейфують до заземленої підкладки. Метод включає в себе велику кількість параметрів: концентрація полімера і солі-прекурсора, в'язкість розчину, конфігурація голки і осаджувального колектора, напруга і відстань між голкою та колектором. Зміна цих параметрів дозволяє отримувати матеріали з потрібною структурою, вмістом і властивостями [14].

### 1.2.4 Метод механічного змішування

Головною метою методу механічного змішування є досягнення однорідного розподілення доданого компонента в об'ємі основного компоненту. Метод змішування дуже часто зустрічається в повсякденному житті та в промисловості, через що складається враження повного розуміння

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

даного процесу. Ще Рейнольдс відмітив важливість таких складових цього процесу як розтягування та складкоутворення областей двох рідин [15]. Інтуїтивно зрозуміло, що хороше змішування означає, що пофарбоване місце (пляма), помічена на початку процесу буде розподілена по всьому об'єму та, що в будь-якому вибраному елементі всієї області відношення об'ємів компонентів буде ідентичним до відношення на початку процесу в повному об'ємі [16].

Однією з перших робіт, що були посвячені процесу змішування двох рідин була стаття Еккарта, що привів приклад на змішуванні кави та вершків та виділив три основні стадії процесу [17]:

- 1) початкова стадія, на якій чітко видно різницю кольорів;
- 2) проміжна стадія, яка виникає через наявність руху, тобто перемішування рідин;
- 3) заключна стадія, при якій градієнти раптово зникають і рідина приймає однорідний колір.

Цей метод є простим, безпечним, швидким, а також дозволяє отримувати нанорозмірні оксиди металів.

### **1.2.5 Комбіновані методи синтезу**

Комбінуючи різні методи синтезу нанокompозиту, можливо поєднувати переваги цих методів. Так наприклад золь-гель метод можна поєднати з гідротермальною обробкою, завдяки цьому можливо отримати частинки різного розміру і контролювати хімічний та фазовий склад [18].

### **Висновки**

В даному розділі розглянуто методи синтезу наночастинок срібла. Серед проаналізованих методів найбільш придатним є метод хімічного відновлення гідразин гідратом за рахунок можливості керування морфологією одержуваного продукту, і, як наслідок, отримання наночастинок з заданими властивостями. Проаналізовано методи синтезу нанокompозиту  $TiO_2-Ag$  та обрано метод механічного змішування, який характеризується безпечністю, швидкістю, економічністю та простою проведення процесу.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

Основною сировиною для синтезу нанокompозиту  $\text{TiO}_2$ -Ag було обрано нітрат срібла, титан (IV) оксид та гідрозин гідрат. Допоміжними матеріалами є вода та аміак, а енергетичними ресурсами – повітря та електроенергія.

### 2.1 Характеристика нанокompозиту $\text{TiO}_2$ -Ag

Нанокompозит  $\text{TiO}_2$ -Ag – порошок сірого кольору, не розчинний у воді, розведених та органічних кислотах. Частинки нанокompозиту мають сферичну форму та розмір в межах 50-200 нм. Більший розмір частинок порівняно з середнім діаметром 20 нм для чистого титану (IV) оксиду [19] пов'язаний з агрегацією частинок в процесі модифікації. Нанокompозит Ag- $\text{TiO}_2$  характеризується високою питомою поверхнею, 50-60  $\text{m}^2/\text{г}$ , близькою до питомої поверхні чистого  $\text{TiO}_2$  [20].

### 2.2 Характеристика нітрату срібла

Нітрат срібла  $\text{AgNO}_3$  повинен бути виготовлений відповідно до вимог ДСТУ 1277-75 за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку (табл. 2.1). Даний стандарт поширюється на нітрат срібла, який представляє собою безколірні світлочутливі кристали, в масі білого кольору, що легко розчиняються у воді.

Таблиця 2.1 – Технологічні вимоги до нітрату срібла категорії хімічно чистий (х.ч.) [21]

Найменування показника	Значення показника
Масова частка нітрату срібла ( $\text{AgNO}_3$ ), %, не менше	99,9
Масова частка нерозчинних у воді речовин, %, не більше	0,003
Масова частка речовин, що не осаджуються хлоридною кислотою. %, не більше	0,01
Масова доля сульфатів ( $\text{SO}_4$ ), %, не більше	0,002

Продовження таблиці 2.1

					ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Масова доля хлоридів (Cl), %, не більше	0,0002
Масова доля заліза (Fe), %, не більше	0,0002
Масова доля бісмута (Bi), %, не більше	0,0005
Масова доля міді (Cu), %, не більше	0,0005
Масова доля свинцю (Pb), %, не більше	0,0005

### 2.3 Характеристика титан (IV) оксиду

В роботі використовується титан (IV) оксид (TiO<sub>2</sub>) марки DEGUSSA P25, виготовлений відповідно до вимог міжнародного сертифікату якості. Титан (IV) оксид представляє собою порошок білого кольору, до складу якого входять анатазна та рутильна форми TiO<sub>2</sub>. Він є нерозчинним у воді, розведених кислотах, органічних кислотах. Характеристики TiO<sub>2</sub> марки P25 наведені в Таблиці 2.2 [22].

Таблиця 2.2 – Технічні вимоги до титан (IV) оксиду [22]

Найменування показника	Значення показника
Масова доля титан (IV) оксиду, %, не менше	99,9
Масова доля рутильної форми, %, не менше	85
Масова доля анатазної форми, %, не менше	15
Щільність, г/см <sup>3</sup>	4,26

### 2.4 Характеристика гідразин гідрату

Гідразин гідрат (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) – горюча рідина, в парах вибухонебезпечний, на повітрі в контакті з каталітично активними речовинами, що мають розвинуту поверхню, схильний до самозаймання. Технічні вимоги до гідразин гідрату категорії хімічно чистий наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні вимоги до гідразин гідрату категорії хімічно чистий (х.ч.) [23]

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Найменування показника	Значення показника
Масова доля гідразину, N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , %	64-67
Масова доля аміака, %, не більше	0,06
Масова доля залишку після прожарювання, %, не більше	0,002

## 2.5 Характеристика водного аміаку

Відповідно до ДСТУ 3760-64 водний аміак є безбарвною рідиною з характерним запахом, що не містить механічних домішок. Водний аміак повинен бути виготовлений відповідно до вимог даного стандарту за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку. Технічні вимоги до водного аміаку категорії хімічно чистий наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні вимоги до водного аміаку категорії хімічно чистий (х.ч.) [24]

Найменування показника	Значення показника
Масова частка аміаку, %, не менше	25
Масова частка нелеткого залишку, %, не більше	0,002
Масова частка нерозчинних у воді речовин, %, не більше	0,002
Масова частка вуглекислих солей, %, не більше	0,001
Масова частка загальної сірки, %, не більше	0,0002
Масова частка фосфатів, %, не більше	0,00005
Масова частка хлоридів, %, не більше	0,00005
Масова частка заліза, %, не більше	0,00001

Масова частка важких металів (Pb), %, не більше	0,00005
Масова частка суми кальцію і магнію, %, не більше	0,0001
Масова частка речовин, які відновлюють $\text{KMnO}_4$ (в перерахунок 0), %, не більше	0,0008

## 2.6 Характеристика води

Для приготування розчинів солей у синтезі нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$  використовується питна вода. Безпечність та якість питної води за санітарно-хімічними показниками повинна відповідати нормативам, наведеним у таблиці 2.6.

Таблиця 2.5 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води[25]

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води
1	Запах: при 20°C при 60°C	бали	$\leq 2$ $\leq 2$
2	Забарвленість	градуси	$1 \leq 20$
3	Каламутність	нефелометрична одиниця каламутності	$\leq 3,5$
4	Смак та присмак	бали	$\leq 3$
5	Водневий показник	одиниці рН	6,5 - 8,5
6	Залізо загальне	мг/м <sup>3</sup>	$\leq 1,0$
7	Загальна жорсткість	ммоль/м <sup>3</sup>	$\leq 10,0$
8	Загальна лужність	ммоль/м <sup>3</sup>	$\leq 6,5$
9	Йод	мкг/м <sup>3</sup>	$\leq 50$
10	Кальцій	мг/м <sup>3</sup>	$\leq 130$
11	Магній	мг/м <sup>3</sup>	$\leq 80$

## Продовження таблиці 2.5

12	Марганець	мг/м <sup>3</sup>	<= 0,5
13	Мідь	мг/м <sup>3</sup>	<= 1,0
14	Поліфосфати	мг/м <sup>3</sup>	<= 3,5
15	Сульфати	мг/м <sup>3</sup>	<= 500
16	Сухий залишок	мг/м <sup>3</sup>	<= 1500
17	Хлор залишковий вільний	мг/м <sup>3</sup>	<= 0,5
18	Хлориди	мг/м	<= 350
19	Цинк	мг/м <sup>3</sup>	<= 1,0

**Висновки**

У даному розділі наведено характеристики вихідної сировини, допоміжних матеріалів та продукції, відповідно до нормативних документів та сертифікатів якості.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

### **3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ**

#### **3.1. Теоретичні основи синтезу нанокompозиту TiO<sub>2</sub>-Ag методом механічного змішування**

Синтез наночастинок срібла проводять шляхом відновлення іонів срібла, що знаходяться в розчині нітрату срібла, з використанням гідразину в якості відновника. Гідразин використовується у вигляді гідразин гідрату N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, головною відмінністю якого в порівнянні з іншими відновниками є утворення при його окисненні молекулярного азоту, який не забруднює срібло [26]. Процес відновлення проводиться в аміачному розчині, оскільки редокс-потенціал гідразину залежить від рН розчину і більш від'ємне значення має в лужному середовищі. Тому гідразин є більш активним відновником в лужному середовищі [27]. Нітрат аргентуму був обраний як прекурсор завдяки його хімічній стабільності та низькій вартості.

В аміачному середовищі йони срібла утворюють комплекс-йон [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>, в результаті відбувається зсув значення електродного потенціалу срібла в більш від'ємну область. Це призводить до зменшення швидкості відновлення срібла, що має сприяти отриманню частинок срібла достатньо високої дисперсності [27].

Синтез нанокompозиту TiO<sub>2</sub>-Ag відбувається за допомогою механічного змішування реагентів. Мета змішування полягає в тому, щоб досягнути однорідного розподілення наночастинок срібла в загальному об'ємі титану (IV) оксиду.

В результаті титан (IV) оксид утворює так звану матрицю на якій осідають наночастинок срібла.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

### 3.2 Методика синтезу наночастинок срібла

На першій стадії виробництва готують розчин з рН10, оскільки процес синтезу відбувається в лужному середовищі. Для цього у воду додають водний аміак і слідкують за значенням водневого показника.

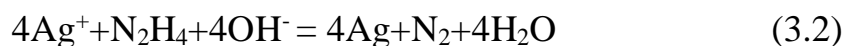
На наступній стадії даного виробництва до отриманого розчину вносять відновник гідразин гідрат  $N_2H_4 \cdot H_2O$ . Як вже зазначалося в 1 розділі, відновлення за допомогою гідразину є найпоширенішим, адже цей відновник є найактивнішим, тобто володіє найбільшою відновлювальною силою [12].

Окиснення гідразину відбувається за наступною схемою:



Далі отриманий розчин змішують з нітратом срібла ( $AgNO_3$ ). Синтез проводять з безперервним перемішуванням розчину за температури 40 °С.

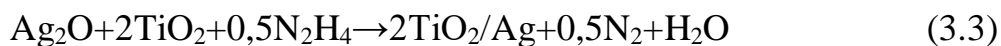
Відновлення срібла гідрaziном відбувається за рівнянням:



### 3.3. Методика синтезу нанокompозиту $TiO_2$ -Ag

Паралельно з нітратом срібла до розчину додають титан (IV) оксид ( $TiO_2$ ). Так відбувається процес модифікації титан (IV) оксиду отриманими наночастинами срібла та утворення нанокompозиту  $TiO_2$ -Ag.

Процес відбувається за реакцією:



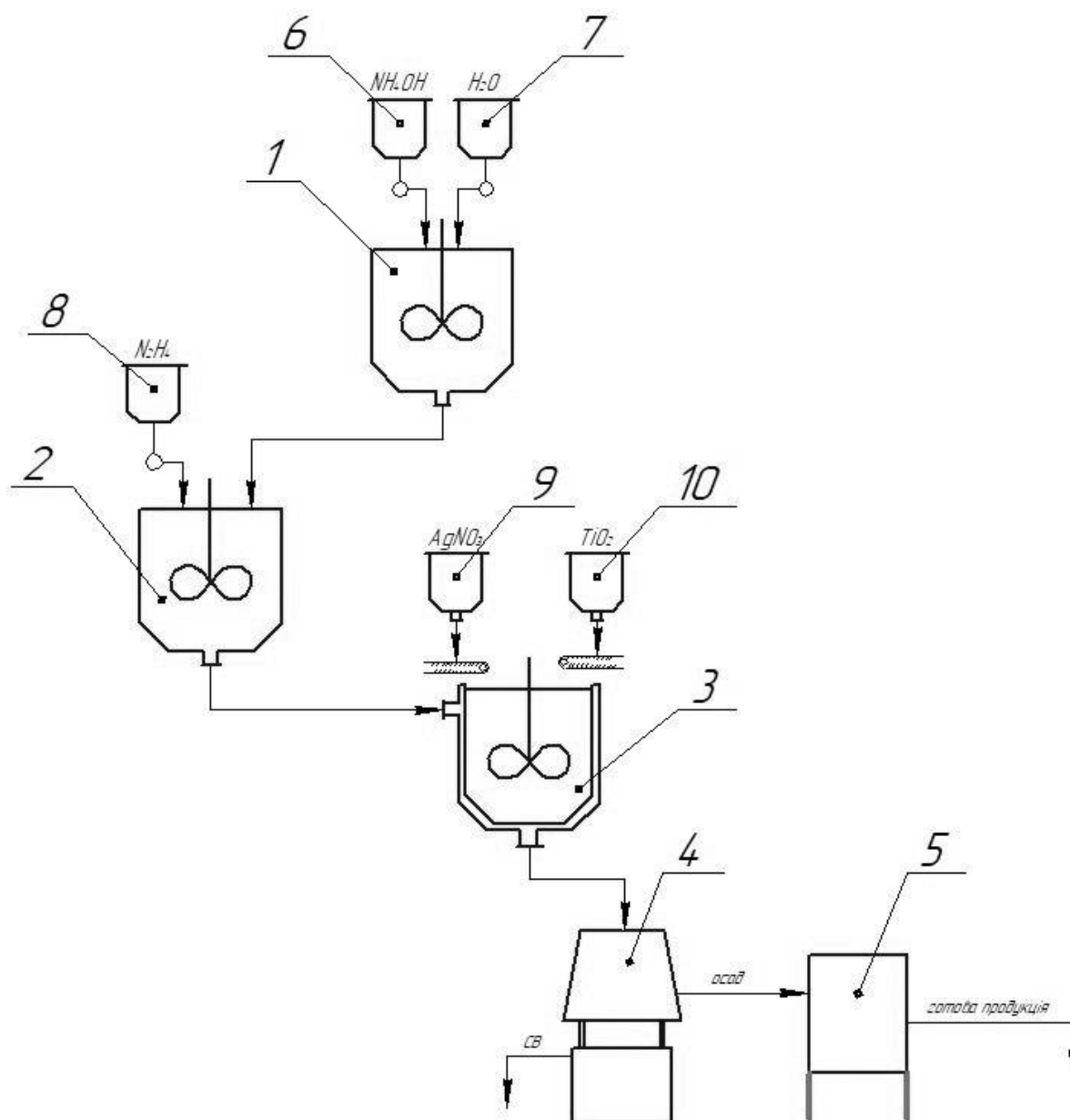
### Висновки

В даному розділі дипломного проекту описано теоретичні основи синтезу нанокompозиту  $TiO_2$ -Ag методом механічного змішування та надано хімізм даного виробництва.

					ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Схема виробництва нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$  зображена на рисунку 4.1. Спочатку відбувається регуляція водневого показника, тому що процес синтезу відбувається в лужному середовищі. Для цього з баків для зберігання сировини 6 та 7 в апарат з мішалкою 1 подається вода та розчин аміаку для підтримки середовища рН на рівні 10.



1, 2, 3 – апарат з мішалкою, 4 – центрифуга, 5 – установка для сушки,

6, 7, 8, 9, 10 – бункери для зберігання сировини

Рисунок 4.1 – Виробництво нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ

Арк.

24

В апараті з мішалкою 2 готують розчин гідразин гідрату. Водний розчин з рН 10 подається з апарату з мішалкою 1, відновник  $N_2H_4$  надходить з баку для зберігання сировини 8. Отриманий розчин подається в апарат з мішалкою 3, та змішується з попередньо підготовленою сировиною  $AgNO_3$  та  $TiO_2$ , що надходить з баків для зберігання сировини 9 та 10. Після дозування усіх реагентів отримана суспензія витримується в апараті протягом 15 хвилин за температури  $40^\circ C$ .

Після апарату з мішалкою 3 отримана суспензія подається до центрифуги, де відбувається відділення наночастинок від рідкої фази. Відділена тверда маса подається в установку для сушки, в якій підтримується задана температура  $105^\circ C$ . В апараті вологий осад перебуває 2 години. Просушений порошок відправляється на склад до готової продукції.

### **Висновки**

В даному розділі детально описано технологічну схему виробництва нанокompозиту  $TiO_2-Ag$ .

					<i>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

## 5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ

### 5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва

Розрахунок синтезу нанокompозиту проведено за рівнянням реакції (3.3) з урахуванням  $m(\text{TiO}_2) = 1$  кг.

Знайдемо необхідну масу оксиду азоту і гідразину для проведення синтезу:

$$m(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{M(\text{Ag}_2\text{O}) \cdot m(\text{TiO}_2)}{2 \cdot M(\text{TiO}_2)} = \frac{232 \cdot 1}{2 \cdot 80} = 1,45 \text{ кг}; \quad (5.2)$$

$$m(\text{N}_2\text{H}_4) = \frac{0,5M(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot m(\text{TiO}_2)}{2 \cdot M(\text{TiO}_2)} = \frac{16 \cdot 1}{2 \cdot 80} = 0,1 \text{ кг}. \quad (5.3)$$

Знайдемо маси продуктів реакції:

$$m(\text{TiO}_2\text{-Ag}) = \frac{2M(\text{TiO}_2 \setminus \text{Ag}) \cdot m(\text{TiO}_2)}{2 \cdot M(\text{TiO}_2)} = \frac{2 \cdot 188 \cdot 1}{2 \cdot 80} = 2,35 \text{ кг}; \quad (5.4)$$

$$m(\text{N}_2) = \frac{0,5M(\text{N}_2) \cdot m(\text{N}_2\text{H}_4)}{0,5 \cdot M(\text{N}_2\text{H}_4)} = \frac{0,5 \cdot 28 \cdot 0,1}{0,5 \cdot 32} = 0,0875 \text{ кг}; \quad (5.5)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{M(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{N}_2\text{H}_4)}{0,5 \cdot M(\text{N}_2\text{H}_4)} = \frac{18 \cdot 0,1}{0,5 \cdot 32} = 0,1125 \text{ кг}. \quad (5.6)$$

Дані матеріального балансу наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс виготовлення нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$

Прихід			Витрата		
Речовина	m, кг	w, %	Речовина	m, кг	w, %
$\text{Ag}_2\text{O}$	1,45	56,86	$\text{TiO}_2\text{-Ag}$	2,35	92,15
$\text{TiO}_2$	1	39,21	$\text{N}_2$	0,0875	3,43
$\text{N}_2\text{H}_4$	0,1	3,92	$\text{H}_2\text{O}$	0,1125	4,41
$\Sigma$	2,55	100	$\Sigma$	2,55	100

## 5.2 Розрахунок теплового балансу

Вихідні дані для розрахунку теплового балансу:

Початкова температура процесу:  $t_{\text{поч}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Кінцева температура процесу:  $t_{\text{кінц}} = 105 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Розрахунок теплового балансу проводимо з врахуванням теплоємностей учасників процесу [33].

$$C_p(\text{Ag}_2\text{O}) = 65,9 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{K}) \quad (5.7)$$

$$n(\text{Ag}_2\text{O}) = m(\text{Ag}_2\text{O})/M(\text{Ag}_2\text{O}) = 1450/232 = 6,25 \text{ моль}; \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} Q(\text{Ag}_2\text{O}) &= C_p(\text{Ag}_2\text{O}) \cdot n(\text{Ag}_2\text{O}) \cdot dT = \\ &= 65,9 \cdot 6,25 \cdot 85 = 35\,009 \text{ Дж} = 35,009 \text{ кДж}; \end{aligned} \quad (5.9)$$

$$C_p(\text{TiO}_2) = 60,71 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{K}) \quad (5.10)$$

$$n(\text{TiO}_2) = m(\text{TiO}_2)/M(\text{TiO}_2) = 1000/160 = 6,25 \text{ моль}; \quad (5.11)$$

$$\begin{aligned} Q(\text{TiO}_2) &= C_p(\text{TiO}_2) \cdot n(\text{TiO}_2) \cdot dT = \\ &= 60,71 \cdot 6,25 \cdot 85 = 32\,252 \text{ Дж} = 32,252 \text{ кДж}; \end{aligned} \quad (5.12)$$

$$C_p(\text{N}_2\text{H}_4) = 98,83 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{K}) \quad (5.13)$$

$$n(\text{N}_2\text{H}_4) = m(\text{N}_2\text{H}_4)/M(\text{N}_2\text{H}_4) = 100/32 = 3,125 \text{ моль}; \quad (5.14)$$

$$\begin{aligned} Q(\text{N}_2\text{H}_4) &= C_p(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot n(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot dT = \\ &= 98,83 \cdot 3,125 \cdot 85 = 26\,252 \text{ Дж} = 26,252 \text{ кДж}; \end{aligned} \quad (5.15)$$

$$C_p(\text{TiO}_2\text{-Ag}) = 86,213 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{K}) \quad (5.16)$$

$$n(\text{TiO}_2\text{-Ag}) = m(\text{TiO}_2\text{-Ag})/M(\text{TiO}_2\text{-Ag}) = 2350/376 = 6,25 \text{ моль}; \quad (5.17)$$

$$\begin{aligned} Q(\text{TiO}_2\text{-Ag}) &= C_p(\text{TiO}_2\text{-Ag}) \cdot n(\text{TiO}_2\text{-Ag}) \cdot dT = \\ &= 86,213 \cdot 6,25 \cdot 85 = 45\,801 \text{ Дж} = 45,801 \text{ кДж}; \end{aligned} \quad (5.18)$$

$$C_p(\text{N}_2) = 1040 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K}) \quad (5.19)$$

$$\begin{aligned} Q(\text{N}_2) &= C_p(\text{N}_2) \cdot m(\text{N}_2) \cdot dT = \\ &= 1040 \cdot 0,0875 \cdot 85 = 7\,735 \text{ Дж} = 7,735 \text{ кДж}; \end{aligned} \quad (5.20)$$

$$C_p(\text{H}_2\text{O}) = 4180,6 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K}) \quad (5.21)$$

$$\begin{aligned} Q(\text{H}_2\text{O}) &= C_p(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot dT = \\ &= 4180,6 \cdot 0,1125 \cdot 85 = 39\,977 \text{ Дж} = 39,977 \text{ кДж}; \end{aligned} \quad (5.22)$$

Приймаємо, що відсоток втрат в навколишнє середовище становить 5%,

тоді:

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{втрат}} = Q_{\text{прих}} \cdot 0,05 = 93,513 \cdot 0,05 = 4,675 \text{ кДЖ}; \quad (5.23)$$

$$Q_{\text{прих}} = Q(\text{Ag}_2\text{O}) + Q(\text{TiO}_2) + Q(\text{N}_2\text{H}_4) = 93,513 \text{ кДЖ}; \quad (5.24)$$

$$Q_{\text{витр}} = Q(\text{TiO}_2\text{-Ag}) + Q(\text{N}_2) + Q(\text{H}_2\text{O}) + Q_{\text{втрат}} = 98,188 \text{ кДЖ}. \quad (5.25)$$

Кількість теплоти, яку необхідно підвести:

$$Q_{\text{підв}} = Q_{\text{витр}} - Q_{\text{прих}} = 4,675 \text{ кДЖ}; \quad (5.26)$$

Таблиця 5.2 – Тепловий (енергетичний) баланс виготовлення нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$

Прихід	кДж	%	Витрата	кДж	%
$\text{Ag}_2\text{O}$	35,009	37,43	$\text{TiO}_2\text{-Ag}$	45,801	46,64
$\text{TiO}_2$	32,252	34,48	$\text{N}_2$	7,735	7,87
$\text{N}_2\text{H}_4$	26,252	28,07	$\text{H}_2\text{O}$	39,977	40,71
$Q_{\text{підв}}$	4,675	4,99	$Q_{\text{втрат}}$	4,675	4,76
$\Sigma$	93,513	100	$\Sigma$	98,188	100

### 5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

Витратний коефіцієнт розраховується, як відношення маси вихідних реагентів маси продукту і позначається буквою  $\beta$ .

Витратний коефіцієнт оксиду срібла:

$$\beta_{\text{Ag}_2\text{O}} = \frac{1,45}{2,35} = 0,61 \text{ кг/кг}. \quad (5.24)$$

Витратний коефіцієнт оксиду титану:

$$\beta_{\text{TiO}_2} = \frac{1}{2,35} = 0,42 \text{ кг/кг}. \quad (5.25)$$

Витратний коефіцієнт гідрозину:

$$\beta_{\text{N}_2\text{H}_4} = \frac{0,1}{2,35} = 0,042 \text{ кг/кг}. \quad (5.26)$$

## Висновки

В даному розділі дипломного проекту було розраховано матеріальний та тепловий (енергетичний) баланси виробництва нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ . Також визначено витратні коефіцієнти сировини на виробництво нанокompозиту.

					ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## 6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

В якості головного апарату було обрано апарат з мішалкою, де буде відбуватися цільовий процес – синтез. Допоміжними апаратами обрано центрифугу для розділення фаз та установку для сушки нанокompозиту.

### 6.1 Розрахунок та вибір основного технологічного реактора

З головного апарату виходить суспензія нанокompозиту, що містить композит  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ , нітрат амонію, водний розчин аміаку. Необхідно розрахувати, який об'єм буде займати дана суспензія.

Об'єм розраховується за формулою:

$$V_i = \sum \frac{m_i}{\rho_i}, \quad (6.1)$$

де  $m_i$  – маса компоненту,

$\rho_i$  – його густина.

$$V = \frac{1,45}{7,14} + \frac{1}{4,05} + \frac{0,1}{1,01} = 0,2 + 0,24 + 0,09 = 0,53\text{м}^3. \quad (6.2)$$

Реактор складається з корпусу, перемішуючого пристрою, еліптичного днища і еліптичної кришки, сорочки. Зсередини емальований.

Циліндрична обичайка – це головний елемент даного реактору. При розрахунку її об'єму необхідно враховувати ступінь заповнення апарату. Процес нейтралізації, що відбувається при завантаженні реагенті проходить без піноутворення, отже необхідне нам значення – 0,75 [29].

Необхідно також врахувати резерв потужності апаратури, який зазвичай приймається 10-15%. Оскільки даний апарат працює за температури, що вища за кімнатну, а всередині має швидкообертальний елемент – мішалку, обираємо 15%.

Об'єм апарату розраховується за формулою:

$$V_a = \frac{V \cdot (1 + 0.01 \cdot \delta)}{m \cdot \varphi}, \quad (6.3)$$

де  $\delta$  – резерв потужності апарату, %;

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ				

$m$  – кількість апаратів, од;

$\phi$  – ступінь заповнення апарату.

$$V_a = \frac{0.53 \cdot (1 + 0.01 \cdot 15)}{1 \cdot 0.75} = 0.81 \text{ м}^3. \quad (6.4)$$

Об'ємна доля дисперсної фази:

$$\phi' = \frac{V_\phi}{V}, \text{ де} \quad (6.5)$$

$V_\phi$  – об'єм твердої фази.

$$\phi' = \frac{0,02}{0,93} = 0,022. \quad (6.6)$$

Зі стандартних значень для вертикальних апаратів з конічним відборттованим днищем і еліптичною кришкою згідно ГОСТ 9931-85 обираємо апарат об'ємом 1 м<sup>3</sup>.

Розміри такого апарату:

- діаметр,  $D = 1000$  мм;
- висота з днищем,  $L = 1663$  мм;
- висота циліндричної обичайки,  $I = 450$  мм;
- внутрішня поверхня = 4,38 м<sup>2</sup>.

Процес відбувається за температури 40 °С і атмосферного тиску.

Розрахункова температура, знаходиться за формулою:

$$t_R = t + 20, \quad (6.7)$$

де  $t$  – робоча температура.

$$t_R = 40 + 20 = 60^\circ\text{С}. \quad (6.8)$$

Розрахунковий тиск більше робочого на 20 – 50%:

$$p_R = 1,2 \cdot p, \quad (6.9)$$

де  $p$  – робочий тиск.

$$p_R = 1,2 \cdot 0,1013 = 0,122 \text{ МПа}. \quad (6.10)$$

Для обичайки обирається конструкційна вуглецева якісна сталь 20, що випускається відповідно до вимог стандарту ДСТУ 7809.

Для гладких циліндричних обичайок розрахункові формули застосовуються за умови:

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$\frac{s-c}{D} \leq 0.1, \quad (6.11)$$

де  $s$  – товщина стінки обичайки

$c$  – прибавка на корозію.

Товщина стінки обичайки розраховується за формулою:

$$s = \frac{p_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] - p_R} + c, \quad (6.12)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт міцності зварного шва,

$[\sigma]$  – допустима напруженість, МПа.

За відсутності даних корозійної стійкості матеріалу приймається  $c = 2$  мм [30].

$$s = \frac{0,122 \cdot 1000}{2 \cdot 136 \cdot 1 - 0,122} + 2 = 2,44 \approx 3 \text{ мм}. \quad (6.13)$$

Товщина днища і кришки з поправкою на корозію визначається за формулою:

$$S_R = \frac{p_R \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot p_R} + c, \quad (6.14)$$

де  $R$  – внутрішній радіус кривизни в вершині опуклого днища.

Для еліптичних днищ з  $H_d = 0,25D$ ,  $R = D$ ,  $R = D = 400$  мм.

$$S_R = \frac{0,122 \cdot 1000}{2 \cdot 136 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,122} + 2 = 2,44 \approx 3 \text{ мм}. \quad (6.15)$$

Використовуємо пропелерну мішалку, тому що даний тип мішалок використовується для суспензій з вмістом твердих частинок до 50% [31].

Діаметр пропелерної мішалки розраховується за формулою:

$$d_M = \frac{D}{3 \dots 5}; \quad (6.16)$$

$$d_M = \frac{1000}{3} = 333,3 \text{ мм}. \quad (6.17)$$

За стандартом МН 5874-66 обираємо пропелерну мішалку діаметром 400 мм і з частотою обертання  $4,5 \text{ с}^{-1}$ .

Висота мішалки:

$$h_M = d_M \cdot (2,5 \dots 8,0); \quad (6.18)$$

$$h_M = 400 \cdot 2,5 = 1000 \text{ мм}. \quad (6.19)$$

Потужність, яка витрачається на перемішування:

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^3, \quad (6.20)$$

де  $K_N$  – критерій потужності;

$\rho$  – густина середовища, яке перемішується;

$n$  – частота обертання мішалки,  $\text{с}^{-1}$ .

Густина середовища обраховується за формулою:

$$\rho = \rho_\phi \cdot \varphi' + \rho_p \cdot (1 - \varphi'), \quad (6.21)$$

де  $\rho_\phi$  – густина твердої фази, приймаємо як густину  $\text{TiO}_2$ ;

$\rho_p$  – густина рідкої фази.

$$\rho = 4050 \cdot 0,022 + 1002,4 \cdot (1 - 0,022) = 1069,5 \text{ кг/м}^3. \quad (6.22)$$

Відцентровий критерій Рейнольдса:

$$Re_\mu = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu_c}, \quad (6.23)$$

де  $\mu_c$  – динамічний коефіцієнт в'язкості, прийmemo як для води за температури синтезу –  $40^\circ\text{C}$ ,  $65,6 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$ .

$$Re_\mu = \frac{1069,5 \cdot 4,5 \cdot 0,4^2}{65,6 \cdot 10^{-6}} = 11738414,6 \approx 11 \cdot 10^5. \quad (6.24)$$

Визначаємо критерій потужності  $K_N = 0,3$ .

$$N = 0,3 \cdot 1069,5 \cdot 4,5^3 \cdot 0,4^5 = 300 \text{ Вт}. \quad (6.25)$$

Потужність приводу мішалки:

$$N_M = \frac{K_\Pi \cdot K_H \cdot \sum K_i N + N_{yn}}{\eta}, \quad (6.26)$$

де  $K_\Pi$  – коефіцієнт, що враховує наявність всередині перегородок, для апаратів без перегородок 1,25;

$K_H$  – коефіцієнт висоти рівня рідини в апараті,  $K_H = (H_p/D)^{0,5}$ ;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує наявність всередині пристроїв, при наявності термопари або рівнеміра 1,1.

Рівень рідини в апараті становить 1,16 м, тоді коефіцієнт рівня рідини [32]:

$$K_H = \left(\frac{1,16}{1,2}\right)^{0,5} = 0,98. \quad (6.27)$$

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Для мішалки підбираємо мотор-редуктор МПО-1 номінальною потужністю 0,75 кВт.

Діаметр валу мішалки обирається за,  $d_v = 80$  мм.

За стандартом ОН 26-01-73–68 для апарату діаметром 1000 мм обираємо нероз'ємну сорочку з вуглецевої сталі з еліптичним відбортованим днищем з наступними розмірами:

- діаметр сорочки,  $D_c = 1100$  мм;
- висота сорочки,  $H_c = 1520$  мм;
- товщина стінки сорочки на корпусі  $S_1 = 4$  мм;
- товщина стінки сорочки на днищі  $S_2 = 6$  мм.

Прийmemo наступні діаметри штуцерів:

- для вводу розчину гідрозину – 80 мм;
- для вводу нітрату срібла – 100 мм;
- для вводу діоксиду титану – 100 мм;
- для виходу суспензії нанокompозиту – 100 мм.

Приймаємо діаметр люку з пласкою круглою кришкою 250 мм.

## 6.2 Розрахунок та вибір центрифуги

Центрифуга ОГН-903К-02 призначена для розділення суспензій у широкому діапазоні дисперсностей і концентрацій твердої фази, що має кристалічну або зернисту структуру з розміром зерен більше 5 мкм, застосовується в хімічній та інших галузях промисловості.

Характеристики центрифуги:

- внутрішній радіус ротора,  $R = 0,9$  м;
- число обертів ротора за секунду,  $n = 29$ .

Об'ємний коефіцієнт заповнення ротору:

$$\psi = \frac{R^2 - r^2}{R}, \quad (6.28)$$

де  $r$  – внутрішній радіус шару завантаження.

$$\Psi = \frac{0,9 - 0,65}{0,9} = 0,28. \quad (6.29)$$

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Кутова швидкість:

$$\omega = 2\pi n; \quad (6.30)$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 29 = 182,12 \text{ 1/с.} \quad (6.31)$$

Кільцева мембранна напруженість:

$$\sigma_0 = \frac{\rho_0 \cdot \omega^2 \cdot R^2}{g}, \quad (6.32)$$

де  $\rho_0$  – густина матеріалу ротора.

$$\sigma_0 = \frac{7830 \cdot 182,12^2 \cdot 0,9^2}{9,81} = 214 \text{ МПа.} \quad (6.33)$$

Товщина обичайки:

$$S = \frac{R}{2} \frac{\lambda \psi \sigma_0}{2[\sigma] - \sigma_0}, \quad (6.33)$$

де  $[\sigma]$  – допустима напруженість матеріалу ротора.

$$\lambda = \frac{\rho_\phi}{\rho_0}; \quad (6.34)$$

$$\gamma = \frac{4050}{7830} = 0,51; \quad (6.35)$$

$$S = \frac{0,9 \cdot 0,51 \cdot 0,28 \cdot 214}{2 \cdot 2 \cdot 152 - 159} = 0,09 \text{ м} = 7 \text{ мм.} \quad (6.36)$$

### 6.3 Вибір сушарки

У виробництві невеликих масштабів для матеріалів, що не потребують високих температур при просушуванні, використовують камерні сушарки. Матеріал просушується в спеціальних лотках встановлених у вагонетках, що знаходяться в сушильній камері. Процес проходить періодично за атмосферного тиску.

Сушарка KTR 1500 (LS) використовується для теплової обробки матеріалів, а також для процесів сушіння. За допомогою потужної циркуляції повітря досягається оптимальна однорідність температури.

Характеристики обраної сушарки:

- максимальна температура 260°C;
- теплопродуктивність 18/36 кВт;

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- об'єм 1500 л;
- внутрішні розміри:  $b=1000\text{мм}$ ,  $t=1000\text{мм}$ ,  $v=1500\text{мм}$ ;
- зовнішні розміри:  $\Pi=1900\text{мм}^2$ ,  $\Gamma=1430\text{мм}^2$ ,  $B=2315\text{мм}^2$ .

### **Висновки**

В даному розділі було обрано та розраховано основне та допоміжне технологічне обладнання. Основним обладнанням є реактор синтезу нанокompозиту  $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ , допоміжним – центрифуга та сушарка.

					<i>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують раціональне використання сировини, високу якість продукції, зменшення чисельності технічного персоналу.

### 7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу виробництва нанокompозиту слід передбачити автоматичний контроль таких параметрів:

- контроль рН у першому реакторі;
- контроль і регулювання рівня в другому реакторі та бункерах для реагентів;
- контроль і регулювання температури в третьому фільтрі та сушарці;
- контроль і сигналізацію перепаду тиску на фільтрі;
- контроль концентрації в бункерах для реагентів.

Параметри регулювання та контролю виробництва наведено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри регулювання та контролю

№	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Перший реактор	рН	9,5 – 10,5	Контроль
2	Другий реактор	Рівень	2,5 – 3 м	Контроль і сигналізація

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5
3	Третій реактор	Температура	35 – 45 °С	Контроль
4	Фільтр	Перепад тиску	10 – 15 кПа	Контроль і сигналізація
5	Сушарка	Температура	100 – 110 °С	Контроль і регулювання
6	Баки для реагентів	Рівень	1,5 – 2 м	Контроль і сигналізація
7	Баки для реагентів	Концентрація	15 %	Контроль, регулювання
8	Трубопровід подачі води	Витрата	-	Контроль, регулювання
9	Трубопровід подачі аміачної води	Витрата	-	Контроль, регулювання
10	Трубопровід подачі гідрозину	Витрата	-	Контроль, регулювання

## 7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу

У схемі наведено процес отримання нанокompозиту  $TiO_2-Ag$ . Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів розроблено схему автоматизації.

Для контролю рН в першому реакторі розроблено контур 1, що складається з перетворювача (поз. 1-1) та з показувального приладу (1-2).

Для контролю та сигналізації рівня у другому реакторі та бункерах для реагентів розроблено контури 2, 7, 8, 10, що складаються з первинного перетворювача акустичного рівнеміра (поз. 2-1, 7-1, 8-1, 10-1), проміжного перетворювача акустичного рівнеміра (2-2, 7-2, 8-2, 10-2), приладу вторинного

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>				

показувального та реєструвального із вбудованим пристроєм сигналізації (2-3, 7-3, 8-3, 10-3).

Для контролю температури в третьому реакторі та сушарці розроблено контури 3 і 5, що складаються з первинного перетворювача (поз. 3-1, 5-1), вторинного реєструвального приладу (3-2, 5-2), приладу керування (3-3) та регулювального блоку (3-4).

Для контролю та сигналізації перепаду тиску у фільтрі розроблено контур 4, що складається з первинного перетворювача (4-1), приладу вторинного показувального з сигналізацією (4-2).

Для контролю концентрації реагентів в бункерах розроблено контури 6 та 9, що складаються з перетворювача (поз. 6-1, 9-1) та з показувальних приладів (6-2, 9-2).

Для насосів розроблено контури, що складаються з пускача магнітного реверсивного (МП1, МП2, МП3) та кнопки запобіжного вимикання (SA1, SA2, SA3).

Для реакторів розроблено контури, що складаються з пускача магнітного реверсивного (МП4, МП5, МП6) та кнопки запобіжного вимикання (SA4, SA5, SA6).

Для контролю та регулювання витрати води та реагентів розроблено контури 11, 12 та 13 що складаються з первинного перетворювача витрати (поз. 11-1, 12-1, 13-1), проміжного перетворювача (11-2, 12-2, 13-2), вторинного показувального приладу (11-3, 12-3, 13-3), регулювального блоку (11-4, 12-4, 13-4), пускача магнітного реверсивного (МП7, МП8, МП9), кнопки запобіжного вимикання (SA7, SA8, SA9).

### **Висновки**

У розділі розроблено та описано схему автоматичного контролю та регулювання процесом виробництва нанокompозиту  $TiO_2-Ag$ .

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

## 8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Економіко-організаційні розрахунки дають змогу обґрунтувати доцільність техніко-економічних рішень.

### 8.1 Схеми організації відділення синтезу нанокompозиту $TiO_2-Ag$

Розробляється підприємство синтезу нанокompозиту  $TiO_2-Ag$ . Згідно класифікації, підприємство:

- організаційно-правова форма: товариство з обмеженою відповідальністю;
- за формою власності – приватне;
- за масштабом виробництва – масове;
- за структурою виробництва – вузько спеціалізоване;
- за ресурсами, що споживає – енерго- та матеріаломістке;
- за потужністю – середнє;
- за режимом роботи протягом року – позасезонне.

Класифікація видів економічної діяльності:

секція М (професійна, наукова та технічна діяльність);

розділ 72 (наукові дослідження та розробки);

група 72.1 (дослідження й експериментальні розробки у сфері природничих і технічних наук);

клас 72.19 (дослідження й експериментальні розробки у сфері інших природничих і технічних наук).

Мета діяльності відділення – виробництво нанокompозиту  $TiO_2-Ag$ , продажу його для хімічних підприємств як фотокаталізатор, як наслідок, отримання прибутку.

Однією з переваг даного виробництва є якісна продукція, яка відповідає ДСТУ 2486-94, виготовлена за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Організаційну структуру відділення можна представити в наступному вигляді:



Рисунок 8.1 - Схема організаційної структури відділення.

У відділі контролю якості працюють лаборанти, що здійснюють аналіз вихідних речовин та продуктів. Оператори здійснюють контроль та керування обладнанням. Логіст здійснює закупівлю сировини у постачальників та оформлює документи на відправлення продуктів клієнтам. Головний бухгалтер веде облік підприємства за доходам і витратам. Головний інженер слідкує за справністю обладнання і у випадку поломки здійснює ремонт. Головний технолог слідкує за дотриманням технології синтезу речовини та керує роботою відділу контролю якості. Прибиральник здійснює прибирання робочих приміщень відділу. Директор слідкує за діяльністю кожної структури відділу, а також займається пошуком нових клієнтів, обладнання тощо.

## 8.2 Технологічна підготовка відділення

Усі виробничі процеси можна розділити на чотири групи:

1. Основні – це технологічні процеси, в ході яких відбуваються зміни геометричних форм, розмірів і фізико-хімічних властивостей продукції.
2. Допоміжні – це процеси, які забезпечують безперебійний перебіг основних процесів.
3. Підсобні – це процеси, які обслуговують допоміжні.
4. Бічні – переробка відходів виробництва.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Таблиця 8.1 – Класифікація виробничих процесів

Основні	Дозування реагентів Перемішування в реакторах Центрифугування Сушіння
Допоміжні	Транспортування реагентів Контроль якості
Підсобні	Завантаження бункерів
Бічні	Прибирання приміщення

Схема виробничого процесу наведена на рисунку 8.2.

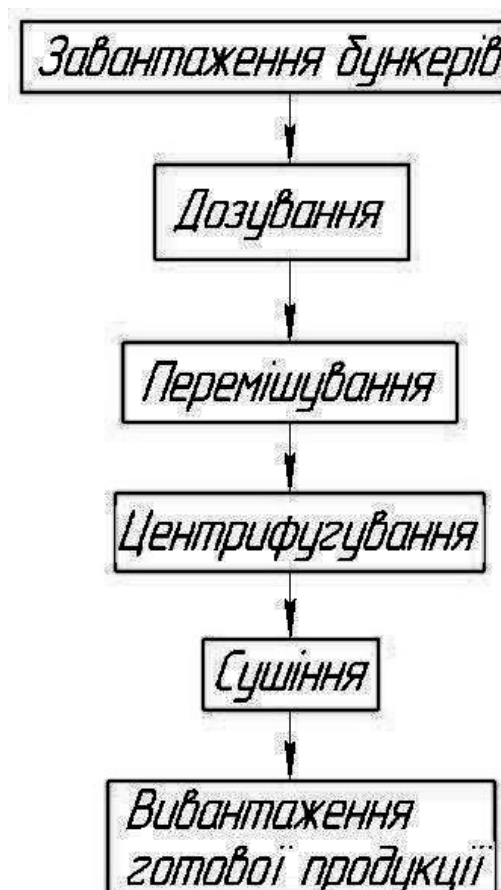


Рисунок 8.2 – Схема виробничого процесу.

### 8.3 Визначення оптимального виду руху предметів праці

Види руху предметів праці (ВРПП) – це порядок проходження предмету праці через всі стадії виробничого процесу.

Предмет праці – сировина та матеріали, які надходять на обробку в ході виробничого процесу.

Основні види руху предметів праці:

- послідовний;
- паралельний;
- синхронізований;
- змішаний.

Таблиця 8.2 – Операції технологічного процесу

№ п/п	Операція	Тривалість, хв
1	Завантаження бункерів	10
2	Дозування реагентів	5
3	Перемішування в реакторі 1	15
4	Перемішування в реакторі 2	15
5	Перемішування в реакторі 3	15
6	Центрифугування	20
7	Сушіння	120
8	Вивантаження	10
Всього		210

Згідно з енергетичними витратами та особливістю технологічного процесу найбільш оптимальним для даної технології буде паралельне ВРПП, оскільки воно забезпечує достатнє для даного відділу виробництво готового продукту і не потребує великої кількості обладнання (до 20 одиниць).

Паралельний ВРПП – рух предметів праці при якому одиниці продукції передаються з операції на операцію, не очікуючи обробки всієї партії. Схема ВРПП даного виробничого процесу наведена на рисунку 8.3.

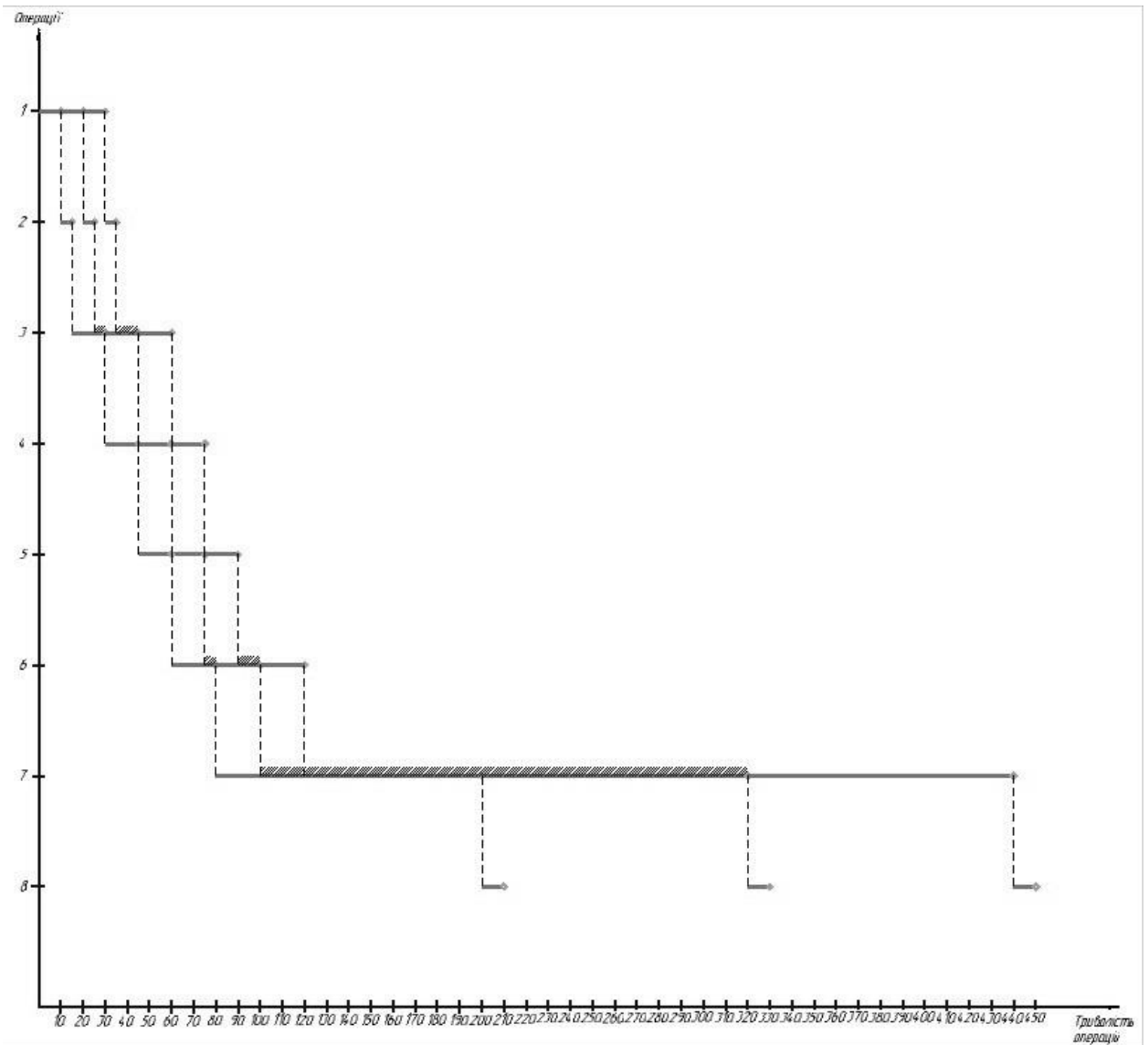


Рисунок 8.3 – Паралельний ВРПП.

Сумарний час для випуску 2-х одиниць продукції розраховується за формулою:

$$T_{\text{в.ц.}}^{\text{парал.}} = \sum_{i=1}^n t_i + t_{\text{max}} \times (B - 1) = 210 + 120 \times 2 = 450 \text{ хв} = 7,5 \text{ год}, \quad (8.1)$$

де  $\sum t_i$  – сумарний час для випуску одиниці продукції;

$t_{\text{max}}$  – тривалість найдовшої операції;

$B$  – випуск.

Оскільки час зміни  $T_{\text{зм}} = 12$  год, тоді:

$$12 \times 60 = 210 + 120 \times (B - 1). \quad (8.2)$$

Звідси:  $B = 5,25$  од/зм.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Річний випуск:

$$V_{\text{рік}} = \left(\frac{V_{\text{зм.}}}{12}\right) \times T_{\text{зм}}^{\text{р}} = \frac{5,25}{12} \times 8760 = 3833 \text{ од.}, \quad (8.3)$$

де  $V_{\text{зм.}}$  – випуск за одну зміну;

12 – робочий час зміни;

8760 – кількість годин у році.

#### 8.4 Визначення кількості робітників та обладнання

За графіками ВРПП можемо визначити чисельність персоналу та кількість обладнання для виготовлення продукту.

Для паралельного ВРПП необхідно 8 одиниць обладнання та 8 робітників. На кожну операцію 1 одиниця обладнання та 1 робочий.

На даному підприємстві стадії виробництва здійснюються за допомогою спеціального обладнання. Згідно з паралельним графіком ВРПП для реалізації 1-ої операції (завантаження сировини) необхідний бункер для реагентів, для 2-ої (дозування) – 1 одиниця (дозатор), для 3, 4, 5 (перемішування) – використовуються 3 реактори, 6-а (центрифугування) – 1 одиниця (центрифуга), 7-а (сушіння) – 1 одиниця (сушарка), для 8-ої (вивантаження) – 1 одиниця (бункер готової продукції).

Для справної організації усього процесу при паралельному ВРПП нам необхідно 18 одиниць обладнання. Оскільки обладнання на підприємстві автоматизоване, тому можемо замінити 8 робочих на двох робітників-апаратників на кожну зміну. Загальна інформація про кількість обладнання та працівників наведена в таблиці 8.3.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Таблиця 8.3 – Кількість обладнання та працівників на кожну стадію процесу

Операція	Обладнання	Працівник
Завантаження сировини	Бункери для реагентів (6)	1
Дозування	Дозатори (5)	-
Перемішування	Реактори (3)	-
Центрифугування	Центрифуга	-
Транспортування	Транспортер	-
Сушіння	Сушарка	-
Вивантаження	Бункер готової продукції	1
Всього	18	2

Чисельність явочна – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного обсягу робіт та повної комплектації робочих місць у кожному підрозділі протягом одного робочого дня. Визначається як:

$$\begin{aligned}
 \text{Ч}_{\text{явочна}} = & \text{директор} + \text{оператори (2)} + \text{лаборант} + \text{прибиральник} + \\
 & \text{логіст} + \text{головний бухгалтер} + \text{головний інженер} + \\
 & \text{головний технолог} = 9 \text{ осіб.}
 \end{aligned}
 \tag{8.4}$$

Семеро осіб працюють лише в період з 10<sup>00</sup> до 18<sup>00</sup>, оскільки директор працює лише в цей час. Тому, розглядаємо чисельність робітників-операторів та лаборантів.

Чисельність за списком характеризує потребу підприємства у кадрах, включає штатних і додаткових працівників для заміщення тих, хто знаходиться у відпустці, хворіють або відсутні з інших причин.

Чисельність за списком:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{явочна}} \times \text{К}_{\text{перерах.}}
 \tag{8.5}$$

Коефіцієнт перерахунку:

$$\text{К}_{\text{перерах.}} = \frac{\text{T}_{\text{підпр.}}}{\text{T}_{\text{прац.}}} = \frac{24}{12} = 2,
 \tag{8.6}$$

де  $\text{T}_{\text{підпр.}}$  – тривалість роботи підприємства, год;

$\text{T}_{\text{прац.}}$  – тривалість роботи працівника, год.

Всього зареєстровано 4 бригади. Тому чисельність робітників за списком складатиме:

$$Ч_{сп} = Ч_{явочна} \times K_{перерах} = 2 \cdot 7 + 4 = 18 \text{ осіб.} \quad (8.7)$$

Для організації роботи відділення у умовах безперервного виробництва, для початку, необхідно визначити кількість робочих бригад. Для цього спершу визначимо кількість годин в році:

$$T_{відд}^{рік} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год/рік.} \quad (8.8)$$

З цього значення знаходимо кількість робочих годин:

$$T_{прац}^{рік} = \frac{365 - T_{св.}}{7} \cdot 40 - T_{св.}^* \cdot 1 = 2015 \text{ год/рік,} \quad (8.9)$$

де  $T_{св}$  – кількість святкових днів в році;

$T_{св}^*$  – кількість святкових днів у році, які не співпадають з вихідними днями;

1 – на 1 год скорочується передсвятковий робочий день.

Звідси впливає кількість бригад:

$$N_{бр} = \frac{T_{відд}^{рік}}{T_{прац}^{рік}} = \frac{8760}{2015} = 4,35 \approx 4 \text{ бригади.} \quad (8.10)$$

Графік змінності робітників-апаратників представлений в таблиці 8.4.

Тривалість зміни 12 годин.

Таблиця 8.4 – Графік змінності робітників у відділенні

Бригада 1	1	1	В	В	2	2	В	В
Бригада 2	2	2	В	В	1	1	В	В
Бригада 3	В	В	1	1	В	В	2	2
Бригада 4	В	В	2	2	В	В	1	1

## 8.5 Порядок технічного контролю на виробництві

Об'єкти контролю якості:

1) сировина: нітрат цинку;

- 2) обладнання: дозатори, реактори, центрифуга, транспортер, сушарка, бункери;
- 3) технологічний процес;
- 4) тара.

Вхідний контроль – це контроль обладнання, супутніх матеріалів та сировини. Сировиною для продукції є нітрат срібла, оксид титану, аміачна вода. Контроль сировини виконує оператор.

Поточний контроль параметрів технологічного процесу виконується оператором.

Заключний контроль – виконується на стадії вивантаження готової продукції. Виконується оператором. Перевірку на хімічні властивості перевіряє лаборант з відділу контролю якості.

### **8.6 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва**

В таблиці 8.5 наведено баланс споживання оборотних фондів в цеху синтезу нанокompозиту на річний випуск готового продукту.

Таблиця 8.5 – Баланс споживання оборотних фондів в цеху синтезу нанокompозиту на річний випуск готового продукту.

Прихід	Ціна, грн	Кількість, кг	Вихід	Ціна, грн	Кількість, кг
Нітрат срібла	5940000	300	Нанокompозит TiO <sub>2</sub> -Ag	6330010,81	1000
Оксид титану	150000	600			
Аміачна вода	45000	500			
Вода	10,81	1000			
Гідразин гідрат	195000	300			
Всього	6330010,81			6330010,81	

З цього випливає, що вартість 1 т приготованого нанокompозиту складає 6330010,81 грн/т.

## 8.7 Розрахунок заробітних плат

Робочі-оператори та лаборанти працюють безперервно протягом всього року за установленим графіком змінності (табл. 8.4). Розрахунок їх річної заробітної плати здійснюється наступним чином.

Для початку визначається їх сумарні робочі години. Всього 216 робочих годин в місяць, з них 152 години припадають на денний час роботи, а інші 64 години – на нічний час (з 18<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup>). Годинний оклад працівника, згідно його розряду становить:

$$ЗП_{\text{пр}}^{\text{пог}} = ЗП_{\text{min}} \cdot \text{ТК}, \quad (8.11)$$

де  $ЗП_{\text{min}}$  – мінімальна заробітна плата (28,31 грн/год);

ТК – тарифний коефіцієнт згідно з розрядом (для робочих-операторів 1,82).

Тоді:

$$ЗП_{\text{пр}}^{\text{пог}} = 28,31 \cdot 1,82 = 51,52 \text{ грн/год.} \quad (8.12)$$

За денний час роботи робочий отримує:

$$ЗП_{\text{дз}} = 51,52 \cdot 152 = 7831,67 \text{ грн/міс.} \quad (8.13)$$

Відповідно, за нічний час роботи отримує:

$$ЗП_{\text{нз}} = 51,52 \cdot 64 = 3297,28 \text{ грн/міс.} \quad (8.14)$$

Сумарно, заробітна плата за місяць складає:

$$ЗП_{\text{сум}}^{\text{міс}} = 7831,67 + 3297,28 = 11128,95 \text{ грн/міс.} \quad (8.15)$$

Розраховуємо надбавку за роботу у святкові дні. Оскільки робота у святковий день планувалася за графіком роботи (змінності), то оплата за неї здійснюється у розмірі одинарної годинної тарифної ставки понад оклад:

$$ЗП_{\text{святкова}} = ЗП_{\text{пр}}^{\text{пог}} \cdot 11 \cdot 12 = 51,52 \cdot 11 \cdot 12 = 6800,64 \text{ грн/рік.} \quad (8.16)$$

Тоді, річна заробітна плата одного робітника складатиме:

$$ЗП_{\text{сум}}^{\text{річна}} = (11128,95) \cdot 12 + 6800,64 = 140348,04 \text{ грн/рік.} \quad (8.17)$$

Розраховуємо заробітну плату для лаборантів, оскільки вони мають інший тарифний коефіцієнт.

Тарифний коефіцієнт для лаборантів складає 1,54.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$ЗП_{\text{пр}}^{\text{пог}} = 28,31 \cdot 1,54 = 43,59 \text{ грн/год.} \quad (8.18)$$

За денний час роботи робочий отримує:

$$ЗП_{\text{дз}} = 43,59 \cdot 152 = 6625,68 \text{ грн/міс.} \quad (8.19)$$

Відповідно, за нічний час роботи отримує:

$$ЗП_{\text{нз}} = 43,59 \cdot 64 = 2789,76 \text{ грн/міс.} \quad (8.20)$$

Сумарно, заробітна плата за місяць складає:

$$ЗП_{\text{сум}}^{\text{міс}} = 6625,68 + 2789,76 = 9415,44 \text{ грн/міс.} \quad (8.21)$$

Розраховуємо надбавку за роботу у святкові дні. Оскільки робота у святковий день планувалася за графіком роботи (змінності), то оплата за неї здійснюється у розмірі одинарної годинної тарифної ставки понад оклад:

$$ЗП_{\text{святкова}} = ЗП_{\text{пр}}^{\text{пог}} \cdot 11 \cdot 12 = 43,59 \cdot 11 \cdot 12 = 5753,88 \text{ грн/рік.} \quad (8.22)$$

Тоді, річна заробітна плата одного робітника складатиме:

$$ЗП_{\text{сум}}^{\text{річна}} = (9415,44) \cdot 12 + 5753,88 = 118739,16 \text{ грн/рік.} \quad (8.23)$$

Голова відділу та інший штатний персонал працюю 5 днів на тиждень по 8 год/добу.

В таблиці 8.6 наведено витрати на заробітні плати.

Фонд оплати праці разом з нарахуванням у розмірі 22 % за рік складає:

ФОП = ЗП + Нарах:

$$\text{ФОП} = 2397099,3 \times 1,22 = 2924461,15 \text{ грн/рік.} \quad (8.24)$$

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.6 – Витрати на заробітні плати

ПОСАДА	Кількість штатних одиниць	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн		
					День	Місяць	Рік (з урахуванням кількості робітників)
Директор	1	17	3	84,93	679,44	14947,68	179372,1
Головний інженер	1	16	2,79	78,98	631,8	13899,6	166795,2
Головний технолог	1	16	2,79	78,98	631,8	13899,6	166795,2
Оператор	8	10	1,82	51,52	618,24	11128,9	1122784,3
Прибиральник	1	2	1,09	30,85	246,86	5430,99	65171,8
Лаборант	4	7	1,54	43,59	523,08	9415,44	474956,6
Логіст	1	12	1,97	55,77	446,16	9815,52	117786,2
Головний бухгалтер	1	9	1,73	48,97	391,81	8619,82	103437,9
Всього					4169,15	87157,55	2397099,3

### 8.8 Підрахунок основних та оборотних засобів

Плановий термін експлуатації ОФ становить:

- 1) приміщення – 20 років;
- 2) обладнання – 5 років;
- 3) транспортні засоби – 5 років;
- 4) виробничий та господарський інвентар – 2 років;
- 5) нематеріальні активи – 12 років.

В таблиці 8.7 наведено сукупні витрати оборотних засобів по виробництву.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 8.7 – Сукупні витрати оборотних засобів по виробництву

Елементи затрат	Затрати на річний випуск грн/рік
Сировина	11200000000
Електроенергія	1687450,5
ФОП	2924461,15
Всього	11204611911,65

В таблиці 8.8 наведено вартість основних фондів підприємства та їх амортизації.

Таблиця 8.8 – Вартість основних фондів підприємства та їх амортизації

Назва	Вартість, грн	Амортизація
Будівля	1000000	50000
Обладнання в т.ч.:		
Бункери	12000	2400
Дозатори	15000	3000
Реактори	90000	18000
Центрифуга	50000	10000
Транспортер	11000	2200
Сушарка	35000	7000
Виробничий інвентар	3000	1500
Нематеріальні активи	4000	333
Всього	1220000	94433

Транспорт на даному підприємстві не використовується. Клієнти самі забирають товар зі складу (самовивіз).

## 8.9 Паспорт якості нанокompозиту

Паспорт № \_\_\_\_\_  
ТОВ «(назва підприємства)»  
(адреса Україна, м.Київ (вулиця))  
Нанокompозит TiO<sub>2</sub>-Ag  
Стандарт ДСТУ 2774-94

Дата виготовлення

Партія №

Кому направляється:

Коробка №

Маса нетто: 1000 кг

Кількість одиниць: 1

№ п/п	Найменування показника	Характеристика показника
1	Склад	Діоксид титану, срібло
2	Колір	Білий
3	Запах	Відсутній
4	Розчинність	
5	Температура розкладу	

Висновок: продукція придатна для продажу та використання.

Технолог

\_\_\_\_\_.

(підпис)

(П.І.Б.)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ

Арк.

53

## 8.9 Розрахунок техніко-економічних показників

Річна собівартість продукції:

$$C = O\text{бз} + A = 11204611911,65 + 94433 = 11204706344,65 \text{ грн/рік.} \quad (8.25)$$

Запланована ринкова ціна однієї одиниці продукту:  $C_{\text{од}}^{\text{сер}} = 5000000 \text{ грн/т:}$

$$Ц = 3833 * 5000000 = 19162500000 \text{ грн/рік.}$$

Прибуток:

$$\Pi = Ц - C = 19162500000 - 11204706344,65 = 7957793655,35 \text{ грн/рік.} \quad (8.26)$$

Капіталовкладення:

$$K = O\text{з} + O\text{бз} = 1220000 + 11204611911,65 = 11205831911,65 \text{ грн.} \quad (8.27)$$

Рентабельність продукту:

$$P = (\Pi/C) \cdot 100\% = (7957793655,35 / 11204706344,65) \cdot 100\% = 71,02 \%. \quad (8.28)$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов}} = K/\Pi = 11205831911,65 / 7957793655,35 = 1,4 \text{ року.} \quad (8.29)$$

Ефективність підприємства:

$$E = \Pi/K = 7957793655,35 / 11205831911,65 = 0,71. \quad (8.30)$$

Фондовіддача:

$$\Phi\text{В} = Ц/O\text{з}_{\text{шт}} = 19162500000 / 1220000 = 15706,96 \text{ грн/грн.} \quad (8.31)$$

Фондоємність:

$$\Phi\text{Є} = 1/\Phi\text{В} = 1 / 15706,96 = 0,000063 \text{ грн/грн.} \quad (8.32)$$

## 8.11 Функціонально-вартісний аналіз

Формуємо перелік характеристик, які є важливими для нашого об'єкту (табл. 8.9).

Таблиця 8.9 – Характеристики нанокompозиту

№	Характеристика	Розмірність
1	Ціна	грн/кг
2	Швидкість поставки	год
3	Якість	%

Здійснюємо попарне порівняння характеристик експертним методом (табл. 8.10). Бали розраховуємо з урахуванням коефіцієнту вагомості

					ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

експертів. В нас є 3 експерти і коефіцієнт кожного становить 0,33. Отримані бали заносимо в таблицю 8.10.

Таблиця 8.10 – Попарне порівняння характеристик

Характеристики	Експертна оцінка			Бали
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	
Ціна-поставка	>	>	>	1,5-0,5
Ціна-якість	>	=	=	1,2-0,8
Поставка-якість	>	>	=	1,3-0,7

В таблиці 8.11 наведена матриця вагомості характеристик.

Таблиця 8.11 – Матриця вагомості характеристик

	Ціна	Поставка	Якість	Вагомість характеристик, %
Ціна	2,7	1,5	1,2	45
Поставка	0,5	1,8	1,3	30
Якість	0,8	0,7	1,5	25

В таблиці 8.12 наведено бажані значення характеристик.

Таблиця 8.12 – Бажані значення характеристик

Характеристики	Значення/оцінка			
	Найкраще	Наближається до найкращого	Задовільно	Наближається до задовільно
Ціна	1000-3000	3000-5000	5000-7000	>7000
Поставка	1-5	5-24	24-72	>72
Якість	≈100	100-75	75-40	<40
Оцінка	10-8	8-6	6-4	4-0

В таблиці 8.13 наведено фактичні значення характеристик для досліджуваних виробників.

Таблиця 8.13 – Фактичні значення характеристик для досліджуваних виробників

Характеристики	Виробник		
	Наше підприємство	Українські виробники	Іноземні виробники
Ціна	6	3	4
Поставка	8	4	0
Якість	7	4	6

Визначаємо інтегральний показник виробників за формулою:

$$I = \sum \text{Оцінка} + K$$

Звідси:

$$I_{н.п.} = 6*0,45 + 8*0,3 + 7*0,25 = 6,85 \quad (8.33)$$

$$I_{у.в.} = 3*0,45 + 4*0,3 + 4*0,25 = 3,55. \quad (8.34)$$

$$I_{і.в.} = 4*0,45 + 0*0,3 + 6*0,25 = 3,3. \quad (8.35)$$

Отже, виходячи з функціонально-вартісного аналізу, можемо стверджувати, що ми є кращими виробниками даної продукції.

### Висновки

В даному розділі було проведено економіко-організаційні розрахунки, проаналізовано структуру підприємства, розраховано техніко-економічні показники. Прибуток становить 7957793655,35 грн/рік, рентабельність підприємства складає 71,02 %.

## 9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Охорона природи та раціональне використання природних ресурсів на даний момент є однією з самих актуальних проблем. Сучасні інженерно-технічні кадри повинні використовувати нові технології виробництва задля збереження довкілля.

### 9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів

Процес синтезу нанокompозиту є маловідходним, оскільки на першій стадії відбувається окиснення гідразину аміаком, а на другій взаємодія отриманого розчину з нітратом срібла та оксидом титану.

Для отримання лужного середовища на першій стадії виробництва водневий показник регулюють додаванням у воду гідрату аміака, тому в процесі вода з рН10 є відходом виробництва. На другій стадії при окисненні гідразин гідрату утворюється ще один з відходів, це нітрат амонію.

Одним з відходів даного виробництва є вода з рН10, яку потрібно нейтралізувати за допомогою кислот та скидати у водні об'єкти за умови дотримання нормативів гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

При синтезі нанокompозиту утворюється нітрат амонію, що можна використовувати як товарний продукт. Після доочищення, гранулювання та сушіння його можна використовувати як азотне добриво, або як напівпродукт для отримання інших добрив.

Фільтрат, що утворюється після центрифугування нанокompозиту подається у збірник фільтрату, де розбавляється до гранично допустимої концентрації забруднюючих речовин та скидається у водні об'єкти.

### 9.3 Екологічний моніторинг

В рамках екологічного моніторингу, параметром, що потрібно контролювати є вміст аміаку в атмосфері, концентрація його повинна бути менше 0,2 мг/м<sup>3</sup>. Потрібно здійснювати постійний контроль.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На постах моніторингу забрудненості повітря за допомогою газоаналізатора відбувається відбір проб.

### **9.5 Розрахунок екологічних платежів**

Оскільки норми ГДК не перевищуються, тобто при викиді в атмосферу чи стічні води гранично допустима концентрація шкідливих речовин не виходить за норми, то підприємство не сплачує екологічних платежів.

### **Висновок**

Було проведено аналіз екологічної безпеки виробництва та охарактеризовано джерела можливого забруднення.

					<i>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						58
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 10 ОХОРОНА ПРАЦІ

З технологічного проекту видно, що у відділенні виробництва нанокompозиту  $TiO_2-Ag$  в обігу знаходяться шкідливі, токсичні, пожежонебезпечні речовини та матеріали. Передбачено використання електричної, механічної та теплової енергії. Проект виконано з урахуванням вимог щодо пожежної безпеки та охорони праці.

На основі аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів розроблено заходи і засоби щодо забезпечення безпечних умов праці та пожежної безпеки.

### 10.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці

#### 10.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99, за важкістю категорія робіт – середньої важкості II б. В таблиці 10.1 наведено санітарні норми параметрів мікроклімату для виробничих приміщень, а в таблиці 10.2 наведено коротку санітарну характеристику цеху, що проектується.

Таблиця 10.1 – Санітарні норми мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Оптимальні величини			Допустимі величини					
		Температура повітря	Відносна вологість	Швидкість руху	Температура, °С				Відносна вологість (%) на робочих місцях – постійних і непостійних	Швидкість руху (м/с) на робочих місцях постійних і непостійних.
					Верхня межа		Нижня межа			
					На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний	Середньої важкості	17-19	60-40	0,2	21	23	15	13	75	Не більше 0,4
Теплий	Середньої важкості	20-22	60-40	0,3	27	29	15	15	70 при 25	0,5-0,2

Температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, внутрішніх поверхонь робочої зони, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2 °С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт:

$$t_{п} = t_{опт} + 2^{\circ}\text{C} = 21 + 2 = 23^{\circ}\text{C} \quad (10.1)$$

Таблиця 10.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливих речовин, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка ГОСТ	Засоби допомоги долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Дозування аміаку у реактор змішувач	Аміак	Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	5	4	Фільтруючий протигаз марки К, ГОСТ 12.4.12283	Винести потерпілого на свіже повітря, терміново викликати швидку.	Експрес-метод: газоаналізатори : УГ-2; ГХ-100; ГХ-4

У виробничих приміщеннях використовується механічна вентиляція, де можлива подача до приміщення чистого вентилязованого повітря. За потреби можлива очистка або ж нагрівання повітря. Також наявна витяжна вентиляція, що видаляє з цеху забруднене, відпрацьоване та нагріте повітря, та використовується в цехах, де можливе виділення в повітря великої кількості токсичних, шкідливих та вибухонебезпечних речовин внаслідок порушення технологічного режиму або аварії.

У проектуваному приміщенні передбачено систему повітряного опалення, яке здійснюється за допомогою калориферів. Витрату теплоти на вентиляцію в зимовий час можна визначити по формулі:

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_B = W_{\text{пром}} \cdot C_B (t_{\text{продав}} - t_{\text{зовн}}) \cdot 1000/3600 \text{ Вт} \quad (10.2)$$

де  $W_{\text{пром}}$  – кількість припливного повітря, що подається промисловим вентилятором, м<sup>3</sup>/год;

$C_B$  - об'ємна теплоємність повітря, дорівнює 1,257 кДж/м<sup>3</sup>·град;

$t_{\text{продав}}$  – температура повітря, що подається в приміщення; приймається рівною 22 °С;

$t_{\text{зовн}}$  – температура зовнішнього повітря, °С. Приймається, що в осінньо-зимовий період середня температура зовнішнього повітря дорівнює 7 °С.

$$Q = 2 \cdot 80000 \cdot 1,257 \cdot (22 - (-7)) \cdot 1000/3600 = 1633,1 \text{ кВт} \quad (10.3)$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається за формулою:

$$H = Q_B / 506 \text{ екм} \quad (10.4)$$

де екм – еквівалентний квадратний метр – це площа поверхні нагрівання опалювального пристрою, що віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія і температури повітря в приміщенні 64,5°С; 1екм = 0,82 м<sup>2</sup>.

$$H = \frac{1633094,4}{506} = 3227,4 \text{ екм або } 2646 \text{ м}^2 \quad (10.5)$$

Тип калориферу КСК4-12-02. Площа поверхні калориферу – 166,25 м<sup>2</sup>, кількість калориферів дорівнює 2646/166,25=16.

### 10.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28:2018, розряд зорових робіт у робочому приміщенні цеху становить відповідно IV та V. У таблиці 10.3 наведено санітарні норми параметрів освітлення

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.3 – Санітарні норми параметрів освітлення

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення	Суміщене освітлення		
	Освітленість, лк			Сукупність нормованих величин показника освітленості і коефіцієнта пульсації		КПО, %			
	При системі комбінованого освітлення		При системі загального освітлення			При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні
	всього	У т.ч. загального							
IV	400	200	200	40	20	4	1,5	2,4	0,9
V	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Проектом передбачене природне, бокове, робоче та аварійне освітлення. Природне освітлення забезпечується вікнами приміщення цеху, воно представлено боковим світлом. У якості штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ та вибухозахищені світильники типу НОБ – 300. Для аварійного освітлення використовуються люмінесцентні лампи.

- для чергового освітлення використовується частина світильників робочого освітлення;

- для аварійного освітлення згідно СН-180-79 застосовують лампи розжарення Б-40, люмінесцентні лампи ЛДЦ-15.

Стіни й стелі пофарбовані у світлі тони, внутрішні поверхні огорожень і небезпечні елементи механізмів – у червоний.

### 10.1.3 Виробничий шум та вібрації

За ДСН 3.3.6.0.37-99 рівень звуку не повинен перевищувати 50 дБА. Фактичний рівень шуму складає 45 дБА, що відповідає нормі.

На підприємстві встановлено глушники аеродинамічного шуму від компресорів та вентиляторів, що знижує рівень шуму. Протишумові навушники або беруші використовуються як індивідуальний захист органів слуху. 10-15 хвилин перерви після кожної години роботи передбачається при

роботі з вібруючим устаткуванням. В основному зниження шуму досягається звукоізоляцією джерела або застосуванням глушників, що встановлені на повітропроводах, магістралях викиду і очищення повітря. Спеціальні кожухи встановлені на агрегатах для захисту від шуму. Внутрішня поверхня кожуха облицьовується звукопоглинальним матеріалом. Передбачено використання гумових прокладок при установці кожуха на підлогу. Для контролю шуму використовують шумоміри, для контролю вібрації – прилад ВШВ-003.

#### 10.1.4 Електробезпека

Заводське електроустаткування живиться від трифазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Для змінного струму з частотою 50 Гц гранично припустимі значення напруги дотику й струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі  $I_{л} = 6$  мА,  $U_{дот} = 36$  В; при нормальному режимі роботи електричного обладнання  $I_{л} = 0,3$  мА,  $U_{дот} = 2$  В. Згідно з ГОСТ 12.1.038-92, порівнюють розрахункові значення із гранично допустимим значенням струму:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{л} + R_{о}}, \text{ мА} \quad (10.6)$$

де  $R_{л}$  – опір тіла людини, Ом;

$R_{о}$  – опір нейтралі заземлення, Ом;

$U_{\phi}$  – фазова напруга, В.

$$U_{д} = I_{л} \cdot R_{л} \cdot 10^3 \text{ В} \quad (10.7)$$

$$R_{л} = 2 \text{ кОм}; R_{о} = 4 \text{ Ом};$$

$$I_{л} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 110 \text{ мА};$$

$$U_{д} = 0,11 \cdot 2000 = 220 \text{ В} \quad (10.8)$$

Порівнюючи розраховані та допустимі величини при порушенні вимог ПУЕ видно, що можливі електротравми з важкими наслідками. У зв'язку з

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

наявністю струмопровідних підлог, залізобетонних конструкцій, виробничі приміщення цеху мають підвищену небезпеку.

Передбачаються наступні способи для забезпечення електробезпечності: захисний поділ мереж, заземлення. Проектом передбачено наступні засоби захисту від статички: заземлення електропровідних та металевих частин апаратів.

В результаті дотику до відкритих струмоведучих частин, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, можливе ураження людей електричним струмом. Для захисту від прямого дотику використовуються огорожі або оболонки для струмоведучих частин. Використовується електроблокування для вимкнення напруги при відкриванні дверей огорожень та корпусів. Також можливо використовувати подвійну ізоляцію для розподільних коробок, вимикачів, розеток, корпусів.

### **10.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання**

Персоналу, що пройшов первинний та вторинний інструктаж, навчання, та склавши іспит з охорони праці, дозволяється експлуатація обладнання.

Місця устаткування, що є небезпечними: поверхні з високою температурою, рухомі частини обладнання (при виникненні травмонебезпечних ситуацій, першочергово потрібно вимкнути електроживлення), прилади в яких використовується струм.

В декількох місцях встановлені спеціальні кнопки для екстреної зупинки всіх рухомих частин.

### **10.2 Пожежна безпека**

На виробництві передбачено вогнегасники, пожежні оповіщувачі, пожежні крани, спеціальні місця для паління, порядок прибирання горючих та промаслених відходів, огляд електроустановок та технологічного обладнання плани евакуації на кожному поверсі. Також будівлю обладнано захистом від удару блискавки за допомогою блискавковідводу стрижньового типу.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

У таблиці 10.5 представлено показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів виробництва.

Таблиця 10.5 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Дозування	Назва дільниці			Показники пожежо- та вибухонебезпечності			Межа заpalення		Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНТП 24-86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту згідно з БН 305-
	Речовини, що мають обіг у виробництві	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Горючість, займання	Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	%об'ємних	мг/м <sup>3</sup>	Категорія	Група				
Аміак	Газ	Горючий	175		650	15-28		Па	Т1	інерт. газ	Г	Пб	Па	

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

ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ

Арк.

65

## Список літератури

1. Khodashenasa, B., Ghorbani, H. R. Synthesis of silver nanoparticles with different shapes. *Arab. J. Chem.*, 2019, 12 (8), 1823–1838.
2. Ong, H. R., Khan, M. R., Ramli, R., Yunus, R. M. Synthesis of Copper Nanoparticles at Room Temperature Using Hydrazine in Glycerol. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, 481, 21–26.
3. Lee, S.H., Jun, B.H. Silver Nanoparticles: Synthesis and Application for Nanomedicine. *Int J Mol Sci.*, 2019, 20 (4), 865–912.
4. Jose, M., Sakthivel, M. Synthesis and characterization of silver nanospheres in mixed surfactant solution. *Mater. Lett.*, 2014, 117 (15), 78–81
5. Shukla R., Nune S.K., Chanda N. et al. Soybeans as a phytochemical reservoir for the production and stabilization of biocompatible gold nanoparticles // *Small*. — 2008. — V. 4, № 9. — P. 1425—1436.
6. Structure and stability of silver nanoparticles in aqueous solution produced by laser ablation / F. Mafun'e, Jun-ya Kohno, Y. Takeda, T. Kondo, H. Sawabe // *J. Phys. Chem. B*. — 2000. — Vol. 104, no. 35. — P. 8333–8337.
7. Ge, L., Li, Q., Wang, M., Ouyang, J., Li, X., Xing, M. M. Nanosilver particles in medical applications: synthesis, performance, and toxicity. *Int J Nanomedicine*, 2014, 9, 2399–2407.
8. Saikova, S. V., Vorob'ev, S. A., Nikolaeva, R. B., Mikhlin, Y. L. Conditions for the formation of copper nanoparticles by reduction of copper(II) ions with hydrazine hydrate solutions. *Russ. J. Gen.*, 2010, 80 (6), 1122–1127.
9. Mutuma B. K. Sol-gel synthesis of mesoporous anatase-brookite and anatasebrookite-rutile TiO<sub>2</sub> nanoparticles and their photocatalytic properties [Text] / B. K. Mutuma, G. N. Shao, W. Duck, H. Taik // *J. Colloid Interface Sci.* – 2015. – Vol. 442. – P. 1–7.
10. Das S. SnO<sub>2</sub>: A comprehensive review on structures and gas sensors [Text] S. Das, V. Jayaraman // *Prog. Mater. Sci.* – 2014. – Vol. 66. – P. 112–255.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

11. Carp O. Photoinduced reactivity of titanium dioxide [Text] / O. Carp, C. L. Huisman, A. Reller // Prog. Solid State Chem. – 2004. – Vol. 32, № 1–2. – P. 33–177
12. Мізілевська М. Г. Гідротермальний синтез нанодисперсного діоксиду титану (огляд) / М. Г. Мізілевська, В. О. Коцюбинський, О. Х. Тадеуш, В. М. Сачко, О. Ю. Оренчук // Фізика і хімія твердого тіла. – 2016. – Т. 17, № 1. – С. 98–107. – Бібліогр.: с. 105–106.
13. Н. Cheng, J. Ma, Z. Zhao, L. Qi, Chem. Mater. 7(4), 663 (1995).
14. Гаськов А.М., Шляхтин О.А., Платонов В.Б. Электроспиннинг как метод синтеза нановолокон
15. Reynolds O. Study of fluid motion by means of coloured bands // Nature, 1893, V . 50, p. 161–164.
16. Мелешко В.В., Краснопольська Т.С. Смешивание вязких жидкостей // НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА, 2005, Т.1, №1, с. 69–109
17. Eckart C. An analysis of the stirring and mixing processes in incompressible fluids // J. Marine Res., 1948, V . 7, № 3, p. 265–275
18. Marzec A. Preparation of nanocrystalline composite TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> powders using sol-gel method combined with hydrothermal treatment [Text] / A. Marzec, P. Zbigniew // Process. Appl. Ceram. – 2016. – Vol. 10, № 4. – P. 249–256.
19. Shichao Feng, Meng Wang, Yong Zhou, Ping Li, Wenguang Tu, Zhigang Zou Double-shelled plasmonic Ag-TiO<sub>2</sub> hollow spheres toward visible light-active photocatalytic conversion of CO<sub>2</sub> into solar fuel // APL Materials 3, 104416 (2015)
20. Evonik industries AEROXIDE®, AERODISP® and AEROPERL® Titanium Dioxide as Photocatalyst / Technical Information 1243
21. Реактивы. Серебро азотнокислос. Технические условия [Електронний ресурс] режим доступу <https://internet-law.ru/gosts/gost/34854/> вільний.
22. Degussa p25 Titanium Dioxide Nanopowder [Електронний ресурс] режим доступу <http://www.nanoshel.com> вільний.
23. Гидразин-гидрат технический. Технические условия. [Електронний ресурс] режим доступу <http://docs.cntd.ru/document/gost-19503-88> вільний.

					<b>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</b>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Реактивы. Аммиак водный. Технические условия [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/4345/> вільний.
25. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" [Електронний ресурс] режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin\\_2\\_2\\_4\\_171\\_10/25-1-0-1180](https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin_2_2_4_171_10/25-1-0-1180) вільний.
26. Сыргакбек кызы Д., Ондербаева Г.Д., Сатывалдиев А.С., Осмонканова Г.Н. Синтез наночастиц серебра методом химического восстановления//НАУКА, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ КЫРГЫЗСТАНА № 1, 2016
27. Свиридов В.В. Воробьева Т.Н. Гаевская Т.В. Степанова
28. Л.И. Химическое осаждение металлов из водных растворов.- Минск: Университетское, 1978. – 392 с.
29. Иоффе, И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии [Текст] : Учебник для техникумов / И.Л. Иоффе. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
30. Волошин М.Д. Устаткування галузі та основи проектування: Підручник для студентів хіміко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів [Текст] / Волошин М.Д., Шестозуб А.Б., Гуляев В.М. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004, – 371 с.
31. Лашинский, А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст] / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
32. И.В. Доманский. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. Учебное пособие для студентов. [Текст] / И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский и др.; Под общ. ред. В.Н. Соколова – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1982.
33. Никольский Б.П. (ред.) Справочник химика. Том 02 [Текст] / О.Н. Григоров, М.Е. Позин, Б.А. Порай-Кошиц, В.А. Рабинович, Ф.Ю. Рачинский, П.Г. Романков, Д.А. Фридрихсберг: Издательство «Химия» ленинградское отделение 1971.

					<i>ДП ХН 6211 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

**ДОДАТОК А**  
**СПЕЦИФІКАЦІЯ УСТАТКУВАННЯ, ВИРОБІВ І МАТЕРІАЛІВ**

Таблиця А.1 — Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1 6-1 9-1	Концентрація	1. Бункери для реагентів 2. Реактор 1		Апарат 1 Апарат 6 Апарат 8	Первинний (проточний) перетворювач кондуктометричного аналізатора рідини АЖК-1; діапазон вимірювання 0...10, 0...100, 0...1000 мСм/см; температура робочого середовища 0...100 °С, тиск до 1 МПа, термокомпенсація забезпечується у межах ±15 °С; граничнодопустима осн. зведена похибка аналізаторів питомої електропровідності – до 2 %, $I_{\text{вих}} = 4...20$ мА	АЖК-3101.1	3	НВО «Автоматика», м. Володимир
1-2 6-2 9-2	Концентрація	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і ресструвальний вторинний; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	Диск-250ДД	3	ЗАТ "Промышленная группа "Метран", м. Челябинськ

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-1 7-1 8-1 10-1	Рівень	1. Бункери для реагентів 2. Другий реактор	1,5 - 2 м  2,5 - 3 м	Апарат 6 Апарат 7 Апарат 8 Апарат 2	Первинний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $T_{сер} = 40...80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Гранична допустима основна похибка $\pm 1,5\%$	АП-91	4	ТОВ «Старорус-прибор», м. Стара Руса
2-2 7-2 8-2 10-2	Рівень	Те саме	Те саме	Місцевий	Проміжний перетворювач акустичного рівнеміра «ЭХО-5Н», $I_{вих} = 0...5\text{ мА}$	ППИ-5Н	4	ТОВ «Старорус-прибор», м. Стара Руса
2-3 7-3 8-3 10-3	Рівень	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний; вхідні сигнали: $0...50\text{ мВ}$ , $0...100\text{ мВ}$ , $0...5\text{ В}$ , $0...10\text{ В}$ , $0...5\text{ мА}$ , $4...20\text{ мА}$ ; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	Диск-250ДД	4	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ
3-1 5-1	Температура	1. Третій реактор 2. Сушарка	$35 - 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ $105\text{ }^{\circ}\text{C}$	Апарат 3 Апарат 5	Термоелектричний перетворювач, НСХ, діапазон вимірювання $0...100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , довжина монтажної частини 200 мм, напруга живлення $12...36$ , $P_{роб} = 2,5\text{ мПа}$ , $I_{вих} = 4...20\text{ мА}$	ТХАУ-1288	2	Приладобудівний завод «Електротермія», м.Луцьк

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-2 5-2	Температу- ра	Те саме	Те саме	Щит керу- вання	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	Диск- 250ДД	2	ЗАТ "Промышленная группа "Метран", м. Челябинськ
3-3	Температу- ра	Те саме	Те саме	Щит керу- вання	Блок регулювальний електричний (комплекс АКЕЗР- 2), пропорційно-інтегральний, вхідні сигнали: аналогові: 0...200 Ом (ТО – 2 входи), 0...50 мВ (ТП – 1 вхід), 0...5 мА (1 вхід), дискретні: 0 і 24 В (2 входи); $I_{\text{вих}} = 0...5 \text{ мА}$	РП4-Т	1	ВО «Электроприбор», м. Чебоксари
4-1	Перепад тиску	Фільтр	10...15 кПа	Місце- вий	Вимірювальний перетворювач різниці тисків з блоком цифрової індикації, вібростійкий; матеріал мембрани – справ 36ХНТЮ; $\Delta P_{\text{мак}} = 63 \text{ кПа}$ , $P_{\text{доп}} = 1,6 \text{ МПа}$ ; клас точності 0,25; вихідні сигнали 0...5 мА; 0...5 В, 0...10 В	КВАНТ ДДЦ1, Мод.242 0/м	1	НВФ «АГАТ-1», м. Харків

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-2	Перепад тиску	Те саме	Те саме	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із аналогоцифровою індикацією за точковим записом вимірюваного параметра з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...100 мВ, 0...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; інтерфейс RS-232	РМТ-39D/1	1	НПП «ЭЛЕМЕР», с. Менделеево
11-1 12-1 13-1	Витрата	Водопровідна вода		Трубопроводи	Діафрагма камерна $P_y=0,6$ МПа, $D_{тр}=75$ мм	ДКС 0,6-75	2	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ
11-2 12-2 13-2	Витрата	Те саме	Те саме	Місцевий	Вимірювальний тензоперетворювач перепаду тиску із квадратичною функцією перетворення, $P_{max} = 1$ МПа, $t = 5...50^{\circ}C$ , матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ, граничнодопустима основна похибка 0,5 %; $I_{вих} = 0...5$ мА	«Сапфір - 22ДД», мод.215 0	2	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11-3 12-3 13-3	Витрат а	Те саме	Те саме	Щит керу- вання	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	Диск- 250ДД	2	ЗАТ "Промышленная группа "Метран", м. Челябинськ
11-4 12-4 13-4	Витрат а	Те саме	Те саме	Щит керу- вання	Блок регульовальний електричний (комплекс АКЕЗР- 2), пропорційно-інтегральний, вхідні сигнали: аналогові: 0...200 Ом (ТО – 2 входи), 0...50 мВ (ТП – 1 вхід), 0...5 мА (1 вхід), дискретні: 0 і 24 В (2 входи); $I_{\text{вих}} = 0...5 \text{ мА}$	РП4-Т	2	ВО «Электроприбор», м. Чебоксари
11-5 12-5 13-5	Витрат а	Те саме	Те саме	Щит керу- вання	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО- 6,3/12,5- 0,25-99	2	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>ЕЛЕКТРОАПАРАТИ</b>								
SA1...SA9	-	-	-	Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50...60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	11	ТОВ «Кам'янець-Подільський електромеханічний завод», м. Кам'янець-Подільський
HL1,HL3, HL5, HL16, HL18, HL20	-	-	-	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна з зеленим індикатором («ПУСК»), $U_{жив} = 220 В$ , 50/60 Гц, $d = 27 мм$ , сила світла 20 мКд	СКЛ-11-3-2-220	6	<i>ВАТ «Кашинський завод електроапаратури»</i> , м. Москва
HL2,HL4, HL6, HL17, HL19, HL21	-	-	-	Щит керування	<i>Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором («СТОП»), <math>U_{жив} = 220 В</math>, 50/60 Гц, <math>d = 27 мм</math>, сила світла 20 мКд</i>	СКЛ-11-К-2-220	6	<i>ВАТ «Кашинський завод електроапаратури»</i> , м. Москва
HL7, HL8, HL9, HL10, HL11, HL12, HL13, HL14, HL15	-	-	-	Щит керування	<i>Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором <math>U_{жив} = 220 В</math>, 50/60 Гц, <math>d = 27 мм</math>, сила світла 20 мКд</i>	СКЛ-11-Ж-2-220	13	<i>ВАТ «Кашинський завод електроапаратури»</i> , м. Москва

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>МП1, МП2, МП3,</i>	-	-	-	Місце- вий	Пускач магнітний безконтактний нереверсивний з реле IP-20; $I_{вх} = 160 \text{ А}$	ПМ 12- 01025	6	<i>ПО «Електропри- бор», м. Чебоксари</i>
<i>МП4, МП5, МП6, МП7, МП8, МП9</i>	-	-	-	Місце- вий	Магнітний пускач безконтактний (на семісторах), реверсивний, для керування електричними виконавчими механізмами, у приводі яких використано однофазні електродвигуни; температура довкілля (-10)...50 °С, відносна вологість до 80 %; керувальний сигнал $U_{вх} = 24 \pm$ 6 В, $U_{жив} = 220 \text{ В}$ , 50/60 Гц, $W_{жив} = 10 \text{ В} \cdot \text{А}$	ПБР-2М	5	<i>ПО «Електроприбор», м. Чебоксари</i>

## ДОДАТОК Б КОПІ ПУБЛІКАЦІЙ

### ХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК МІДІ АМІАЧНО-ГІДРАТНИМ СПОСОБОМ

К.Я. Архипчук, Донцова Т.А.

Національний Технічний Університет України «Київський  
Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, м. Київ, пр. Перемоги 37, корпус 4

e-mail: [ham.sok.min@gmail.com](mailto:ham.sok.min@gmail.com)

Синтез наночастинок міді та дослідження їх властивостей обумовлений їх унікальними фізико-хімічними та біологічними властивостями. Їх застосовують як каталізатори для таких процесів, як конверсія важких фракцій нафти, перетворення спиртів в альдегіди, окиснення СО, перетворення сонячної енергії, а також в мікроелектроніці, при створенні рідинно- і газофазних датчиків і сенсорів [1]. Також мідь має бактерицидні та антимікробні властивості, що дозволяє використовувати матеріали на її основі в медицині [2]. Більшість методів синтезу наночастинок міді, що проводяться в водному середовищі, не дозволяють досягти їх високої концентрації в кінцевому розчині це пов'язане з агрегативною та окислювальною нестійкістю колоїдних систем [1].

Метою даного дослідження було виявлення впливу температури та співвідношення гідрозину до міді на утворення наночастинок міді аміачно-гідратним способом.

Синтез проводили наступним чином. Готували розчини міді з концентрацією 0,1 М використовуючи хлорид міді як прекурсор. Додавали концентрований аміак до утворення аміачного комплексу міді  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , далі розчиняли в отриманому розчині цетилтриметиламонію бромід і після цього вносили певну кількість відновника гідрозин гідрату  $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Відновлення міді гідрозином проходило за наступною схемою:  $2\text{Cu}^{2+} + \text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{OH}^- = 2\text{Cu} + \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ .

Таким чином було синтезовано 3 розчини: перший – мідь до гідрозину співвідносились як 1 до 20, в другому та третьому розчинах – 1 до 30. Також синтез у першому випадку проводили без додаткового нагрівання, у другому та третьому – розчини нагрівали до 60 °С, однак другий розчин впродовж 30 хвилин, а третій розчин протягом 60 хвилин.

Виявлення наночастинок міді в отриманих розчинах проводили спектрофотометричним методом. На рисунку 1 представлені відповідні спектри поглинання отриманих розчинів за різних умов.

Як можна бачити з рисунку, в першому розчині утворення наночастинок міді не відбулось, у другому та третьому спостерігаються

піки за 575 нм, які притаманні саме наночастинкам міді. Відмінність у спектрах на всьому діапазоні пояснюється часом витримки та наступним центрифугуванням другого розчину. Останнє дозволило відділити мікронні частинки, наявність яких можна бачити на спектрі розчину 3.

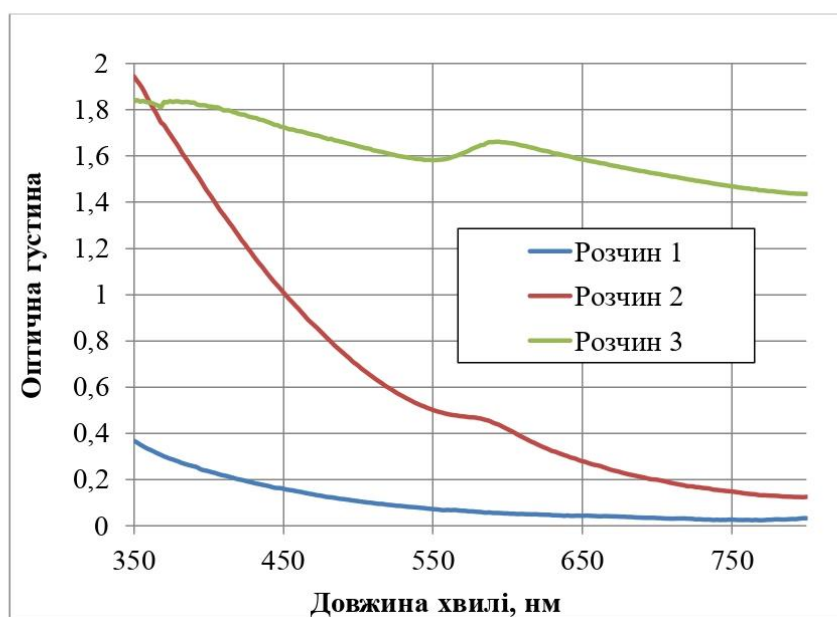


Рисунок 1 – Спектри поглинання розчинів після синтезу наночастинок міді.

Отже, можна стверджувати, що даним способом формуються наночастинки міді з максимумом ППР біля 575 нм, а найбільшим впливом на утворення наночастинок міді має температура проведення синтезу. В подальших дослідженнях необхідно більш детально встановити оптимальні співвідношення міді до гідрозолу та стабілізатору.

Список використаних джерел

1. Воробьев, С.А., Сайкова, С.В., Каримов, Е.Э. (2016) *Синтез концентрированных гидрозолей наночастиц меди, стабилизированных желатином. Журнал общей химии, 86 (11), 1901-1907.*
2. Орозматова, Г.Т., Сатывалдиев, А.С., Омурзак, Э. (2016) *Синтез наночастиц меди в присутствии додецилсульфата натрия. Проблемы современной науки и образования, 6 (48), 28-32.*

## ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НАНОЧАСТИНОК МІДІ

**К.Я. Архипчук, Т.А. Донцова**

Національний Технічний Університет України  
«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»  
e-mail: ham.sok.min@gmail.com

Знезараження водних об'єктів є обов'язковим кроком при надзвичайних ситуаціях. У цьому сенсі наночастинки міді привернули значну увагу через їх унікальні хімічні властивості, а саме: каталітичні, оптичні, електричні, які до того ж нешкідливі та володіють знезаражуючою дією. Вже відомо, що наночастинки міді мають виражену антибактеріальну дію відносно грампозитивних та грамотрибутивних бактерій. Отже є надзвичайно перспективним дослідження процесу синтезу наночастинок міді та їх використання для знезараження водних розчинів різного походження. Метою першого етапу дослідження було відпрацювання синтезу наночастинок міді аміачно-гідратним способом.

Для встановлення раціональних умов синтезу наночастинок міді було проведено низку експериментів, в яких варіювали концентрацією реагентів, рН, температурою та тривалістю процесу. Розчини йонів купруму готували з прекурсору купруму сульфату з концентраціями 0,1-1 М. Далі до цих розчинів додавали концентрованого аміаку до утворення аміачного комплексу купруму  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Після цього в отриманому розчині розчиняли цетилтриметиламонію бромід (СТАВ) і вносили розраховану кількість відновника гідрозину гідрату  $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (співвідношенням міді до гідрозину 1 до 30). Синтез проводили при нагріванні до температури 60 °С та інтенсивному перемішуванні протягом 30 хв. Таким чином було отримано суспензію наночастинок міді, які центрифугували для розділення твердої фази від рідкої. Дослідження фазового складу одержаного осаду проводили дифракційними методами аналізу. На рисунку 1 представлено дифрактограму отриманого осаду.

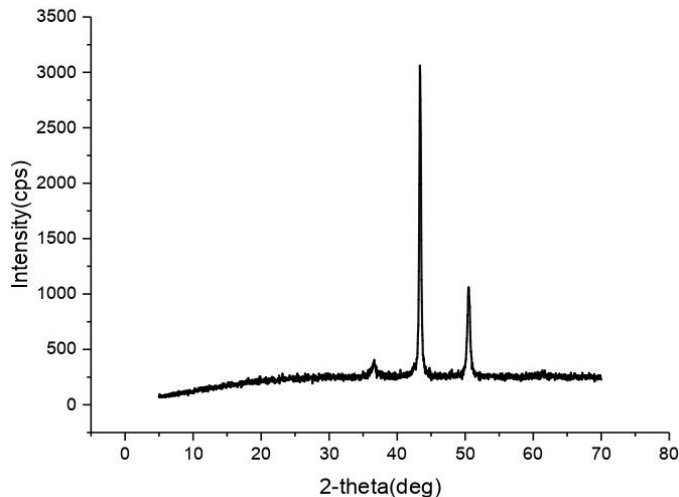


Рисунок 1. Дифрактограма отриманих наночастинок міді аміачно-гідратним способом.

Аналіз дифрактограми показує, що отримано чисту фазу міді з розмірами кристалітів 25 нм, які далі в подальшому будуть досліджені на знезаражуючі властивості.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА

*Архипчук К., Донцова Т.А.*

Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"  
03056, м.Київ-56, проспект Перемоги, 37; [dontsova@ua.fm](mailto:dontsova@ua.fm)

В останні роки синтезу металевих наночастинок приділялось багато уваги, оскільки вони мають незвичайні властивості та широке коло потенційних застосувань за рахунок унікальних фізичних, хімічних, електронних, магнітних, каталітичних та оптичних властивостей [1]. Синтез наночастинок срібла реалізують різними методами, з яких найпоширенішими є методи PVD (метод конденсації), лазерна абляція, хімічне відновлення та «зелений синтез» [2]. Вибір методу синтезу впливає на такі морфологічні властивості як розмір та форма, таким чином, істотним чином можуть змінюватись фізико-хімічні властивості в залежності від вибору того чи іншого методу.

Фізичні методи (PVD та лазерна абляція) дозволяють отримувати наночастинок срібла з високою чистотою. Також використання цих методів не потребує додаткових хімічних реагентів та розчинників, але ці методи мають й недоліки такі як необхідність специфічного устаткування, високе споживання енергії та тривалий час синтезу [3]. Метод хімічного відновлення характеризується простою, економічністю та легкокерованістю [4]. Недоліком цього методу є використання хімічних реагентів. Зелений синтез характеризується більшою «дружелюбністю» до оточуючого середовища, що ґрунтується на екологічно чистих методах синтезу, в яких використовуються реактиви, які не шкодять екології, наприклад, білок, пептид, вуглеводи, гриби, дріжджі тощо. Отже цей метод уникає органічних розчинників і токсичних реагентів, але є ще недостатньо вивченим на сьогоднішній час [5].

Серед наведених методів хімічне відновлення є найбільш перспективним, оскільки цей метод дозволяє керувати морфологією, а отже, й фізико-хімічними властивостями наночастинок металів у широкому діапазоні за рахунок варіювання типом відновника та параметрами процесу відновлення. Найбільш використовуваним прекурсором є нітрат аргентуму через його хімічну стабільність та низьку вартість, а відновниками – гідразин, боргідрид, цитрат та інші. При цьому відновлення за допомогою гідразину є найпоширенішим, адже цей відновник є найактивнішим, що володіє найбільшою відновлювальною силою [6]. Окрім цього використання гідразину дозволяє отримувати наночастинок металів, зокрема, срібла, меншого розміру та з більшим виходом і високою швидкістю формування. До того ж цей метод є відтворюваним та зручним для промислового виробництва. Отже, метод хімічного відновлення гідразином є перспективним методом отримання наночастинок срібла бажаних властивостей.

### Література

- [1] Ong, H. R., Khan, M. R., Ramli, R., Yunus, R. M. Synthesis of Copper Nanoparticles at Room Temperature Using Hydrazine in Glycerol. *Applied Mechanics and Materials*, **2013**, 481, 21–26.
- [2] Khodashenas, B., Ghorbani, H. R. Synthesis of silver nanoparticles with different shapes. *Arab. J. Chem.*, **2019**, 12 (8), 1823–1838.
- [3] Lee, S.H., Jun, B.H. Silver Nanoparticles: Synthesis and Application for Nanomedicine. *Int J Mol Sci.*, **2019**, 20 (4), 865–912.
- [4] Jose, M., Saktivel, M. Synthesis and characterization of silver nanospheres in mixed surfactant solution. *Mater. Lett.*, **2014**, 117 (15), 78–81.
- [5] Ge, L., Li, Q., Wang, M., Ouyang, J., Li, X., Xing, M. M. Nanosilver particles in medical applications: synthesis, performance, and toxicity. *Int J Nanomedicine*, **2014**, 9, 2399–2407.
- [6] Saikova, S. V., Vorob'ev, S. A., Nikolaeva, R. B., Mikhlin, Y. L. Conditions for the formation of copper nanoparticles by reduction of copper(II) ions with hydrazine hydrate solutions. *Russ. J. Gen.*, **2010**, 80 (6), 1122–1127.