

ЗМІСТ

Вступ.....	11
1 Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва.....	12
1.1 Осадження з водних розчинів.....	12
1.2 Алкоксидний золь-гель метод.....	14
1.3 Твердофазний синтез.....	14
1.4 Гідротермальний синтез.....	16
1.5 Синтез гап осадженням з водного розчину з використанням сахарози.....	16
2 Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв.....	18
2.1 Характеристика амоній фосфорнокислий двозаміщений.....	18
2.2 Характеристика сахарози.....	19
2.3 Характеристика оксиду кальцію.....	20
2.4 Характеристика водного аміаку.....	20
2.5 Характеристика природного газу.....	21
2.6 Характеристика води.....	23
2.7 Характеристика повітря.....	24
3 Характеристика і обґрунтування прийнятого методу виробництва.	
Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.....	25
4 Опис технологічної схеми виробництва ГАП.....	30
5 Витратні коефіцієнти з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв.....	32
5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва.....	32
5.2 Розрахунок витратних коефіцієнтів.....	35
6 Характеристика технологічного обладнання.....	37

					<i>ХНЗ106 1440 000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Знак Д.А.</i>			<i>Виробництво гідроксидапатиту для медичного застосування</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрцшів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Донцова Т.А.</i>					<i>8</i>	<i>97</i>
						<i>КПІ ім. І. Сікорського, ХТФ, гр. ХН-31</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Супрунчук В.І.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Толстопалава Н.М.</i>						

6.1 Розрахунок та вибір основного технологічного реактора.....	37
6.2 Розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання.....	40
6.2.1 Розрахунок насосу.....	41
6.2.2 Розрахунок апарату з мішалкою.....	43
6.2.3 Розрахунок валкової дробарки.....	45
6.2.4 Розрахунок проміжного баку.....	48
7 Автоматичний контроль та керування виробництвом.....	49
7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.....	49
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації.....	51
8 Економіко – організаційні розрахунки.....	54
8.1 Підприємство у промисловій структурі держави.....	54
8.2 Технологічна підготовка виробництва.....	55
8.3 Визначення кількості одиниць обладнання, чисельності персоналу явочної і за списком, графіку роботи підприємства.....	59
8.4 Матеріальна документація та організаційно-технічна підготовка виробництва.....	62
9. Охорона праці.....	69
9.1 Виявлення та аналіз ШНВФ на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці.....	69
9.1.1 Повітря робочої зони.....	69
9.1.2 Виробниче освітлення.....	72
9.1.3 Виробничий шум та вібрації.....	73
9.1.4 Електробезпека.....	73
9.1.5 Безпека виробничих процесів та обслуговування обладнання.....	75
9.2 Пожежна безпека.....	75
10 Екологічна безпека виробництва.....	78
10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів.....	78
10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва.....	79
10.3 Розрахунки та підбір обладнання за обраним рішенням.....	81
10.4 Екологічний моніторинг.....	82

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.5 Розрахунок екологічних платежів.....	82
Висновки.....	83
Перелік посилань.....	84
Додатки.....	87

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Основною рисою нового тисячоліття вважається зростаючий інтерес до збільшення якості та тривалості людського життя. Для досягнення цієї мети постійно розробляються нові або удосконалюються існуючі матеріали біомедичного призначення (зокрема, штучні органи і тканини).

Одним з важливіших матеріалів, які використовуються у медицині в якості імплантів, є неорганічні матеріали, серед яких найбільшу популярність набула біокераміка.

Для виготовлення імплантів серед фосфатів кальцію найбільш раціональним є гідроксид апатит (ГАП), завдяки схожості неорганічної складової кісткової тканини з ним (має подібні фізичні, механічні й інші властивості). Біокераміка на основі ГАП має високу біосумісність, не викликає побічних явищ і не токсична. Синтетично отриманий ГАП використовується в стоматології, ортопедії, травматології і косметології для регенерації кісткової тканини.

Серед існуючих методів одержання ГАП з водних розчинів перспективним виглядає отримання останнього з використанням сахарози через можливість одержання порошків ГАП з меншими розмірами частинок та більшою їх активністю.

Метою даного бакалаврського проекту є розробка автоматизованої технологічної схеми виробництва ГАП методом осадження з водного розчину та з використанням сахарози, призначеного для медичного застосування з урахуванням екологічного стану та економічної доцільності виробництва.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Існує три основні методи синтезу гідроксидапатиту (ГАП): осадження з розчинів (мокрый метод), твердофазний синтез (сухий метод) і гідротермальний синтез.

У лабораторній практиці переважає синтез ГАП з водних розчинів. Для даного способу характерно безліч чинників, які змінюються, які не завжди дають можливість досягти хорошу відтворюваність, зберегти стехіометричне співвідношення Са/Р в процесі синтезу, тобто отримати порошок із заданими хімічними і фізичними властивостями. Серед безлічі факторів найбільш критичними є рН розчину, температура і тривалість процесу [1].

До промислового способу отримання ГАП відносять алкоксидний золь-гель метод та твердо фазний синтез.

1.1 Осадження з водних розчинів

При осадженні ГАП з розчинів припускають утворення осаду із застосуванням реакції осадження в результаті змішування водних розчинів сполук, що містять йони Ca^{2+} і PO_4^{3-} , при збереженні $\text{pH} \geq 7$ і витримці осаду в відповідних умовах. Як джерело Ca^{2+} вивчені CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ та ін. Як джерело фосфат-йонів можуть бути використані H_3PO_4 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ або K_3PO_4 . Для регулювання рН та введення OH^- груп застосовують водні розчини аміаку або гідроксидів лужних металів. Для мокрих методів характерне утворення на початковій стадії осаду, що не відповідає складу ГАП. При витримці початкового осаду ГАП в відповідних умовах в ньому збільшується співвідношення Са/Р і відбувається кристалізація ГАП. На швидкість кристалізації первинного осаду в ГАП впливає багато факторів, такі, як концентрація вихідних солей, порядок і швидкість перемішування, рН, температура реакції, час витримування та ін. Тому для отримання відтворюваних результатів необхідно строго дотримуватися всіх умов синтезу [1].

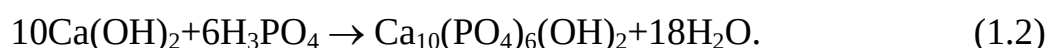
					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед багатьох мокрих методів можна виділити кілька "класичних", одним з них є метод, який використовує нітрат кальцію в якості джерела йонів кальцію і заснований на реакції [2]:



Зростання кристалів і їх виділення з розчину відбувається поступово; відфільтрований осад ГАП промивають водою і спиртом, потім сушать при температурі 40-50 °С. Потім осад прожарюють в муфельній печі при температурі 1000 °С протягом 2-х годин.

Інша група класичних методів отримання ГАП мокрим способом заснована на реакції:



В результаті змішування еквімолекулярних кількостей реагентів протягом 1 години і подальшого висушування осаду при 85 °С отримували порошок білого кольору, який прожарювали при 1000 °С на повітрі в муфельній печі.

Також високоякісний ГАП отримують з суміші $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$, і H_3PO_4 , яка відповідає складу кінцевого продукту, з подальшою ультразвуковою обробкою при частоті 10-30 кГц [3].

Так само досліджено вплив параметрів синтезу гідроксидапатиту (ГАП) методом осадження з розчинів солей $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ і $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ (початкова концентрація реагентів, рН, температура) на розмір і форму одержуваних кристалів. В результаті регресійного аналізу морфологічних характеристик кристалів отримані математичні моделі, що дозволяють кількісно оцінити фактори синтезу ГАП методом осадження. Встановлено значний внесок подвійних ефектів взаємодії чинників при синтезі ГАП з $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ і потрійного ефекту при синтезі з $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ [4].

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Алкоксідний золь-гель метод

Для отримання ультрадисперсного ГАП високої чистоти, призначеного для медичного застосування, використовують алкоксідний золь-гель метод. Процес синтезу ГАП за цією методикою складається з 3-х стадій:

- 1) кип'ятіння Са з надлишком етилового спирту до припинення виділення водню, отримання розчину алкооксида кальцію $\text{Ca}(\text{EtO})_2$;
- 2) взаємодія розчину з фосфорною кислотою;
- 3) прожарювання продукту реакції на повітрі, і може бути представлений наступною схемою:



В результаті синтезу за описаною схемою до проведення прожарювання утворюється аморфний продукт, що не дає рефлексів, характерних для дифрактограм тонкокристалічного ГАП. Достатня ступінь кристалічності такого проміжного продукту досягається вже при прожарюванні до 500 °С. Збільшення температури прожарювання до 600 і 700 °С практично не позначається на характеристиках ІЧ-спектрів поглинання. При цьому, відповідно до загальноприйнятого підходу, більш інтенсивно вираженні ІЧ-смуги в області 600 і 1100 cm^{-1} свідчить про високий ступінь кристалічності отриманого апатиту. Слід зазначити, що подібний результат досягається при значно менших температурах, ніж при використанні методу синтезу з водних розчинів. Крім спрощення процедури прожарювання та зниження температури даний метод дозволяє усунути присутність після термічної обробки ГАП небажаних в ряді випадків дефектних апатитів і оксіапатитів кальцію, інтенсивне утворення яких має місце при температурах, що перевищують 500 °С [5].

1.3 Твердофазний синтез

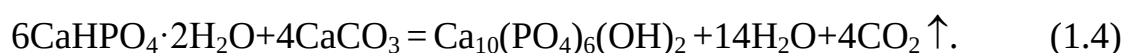
Сухі способи передбачають отримання ГАП із застосуванням твердофазних реакцій, дифузійних процесів в результаті прожарювання при

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температурі 1000 – 1300°C сумішей сполук, що містять йони Ca^{2+} і PO_4^{3-} , в певних кількостях. Як джерело груп OH^- використовують атмосферу парів води. Твердофазний синтез дозволяє отримувати крупнокристалічний (агломерати до 30 мкм) матеріал заданої стехіометрії, але вимагає тривалого прожарювання при високих температурах.

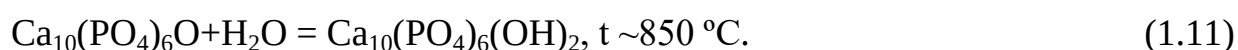
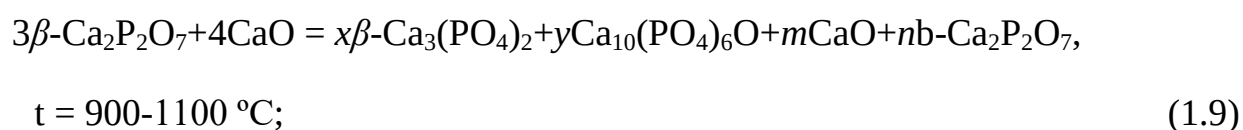
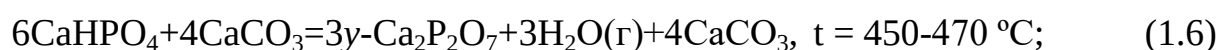
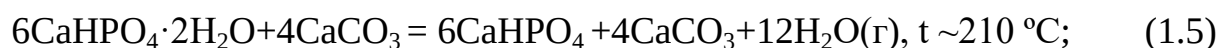
Інший приклад сухих способів – отримання ГАП прожарюванням сумішей $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ і CaCO_3 , $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ і CaCO_3 , $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ і CaO за температури 900 – 1300 °C в присутності парів води [6].

Отримання ГАП можливо по твердофазній реакції між брушитом ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) і карбонатом кальцію (CaCO_3):



Молярне співвідношення $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}/\text{CaCO}_3$, рівне 1,5, дозволяє отримати стехіометричний ГАП.

Послідовність твердофазних реакцій між вихідними компонентами під дією температури може бути описана наступним чином [6]:



Крім того, CaCO_3 і $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ самі по собі можуть служити як пороформуєчі реагенти завдяки виділенню вуглекислого газу і води в процесі реакції (використовується при формуванні високопористої мікроструктури).

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Гідротермальний синтез

Гідротермальний метод синтезу ГАП заснований на реакціях, що проходять за підвищених температур (200 – 300 °C) і тисках та вимагає дорогої апаратури.

Методики отримання апатитів можна поділити на дві групи:

- метод гомогенного осадження з використанням сечовини;
- розкладання хелатних комплексів.

У методах першої групи використовується прийом поступового збільшення рН розчину, що містить йони кальцію і фосфат-йони. В основі методів другої групи використовується розкладання хелатних комплексів кальцію в ході термічного впливу в гідротермальних умовах [7].

1.5 Синтез ГАП осадженням з водного розчину з використанням сахарози

ГАП, що пропонується для біомедичного застосування, повинен бути не цитотоксичним, тобто володіти хімічною чистотою. Окрім золь-гель технології, для отримання ГАП, що не містить супутніх продуктів, можна використовувати реакцію взаємодії гідроксиду кальцію і гідрофосфату амонію. В цьому випадку також отримується ГАП високої чистоти.

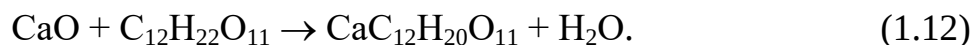
Очевидний недолік синтезу ГАП безпосередньо з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ полягає в тому, що лімітуючою стадією процесу стає його розчинення, а це збільшує тривалість синтезу. Утворення ГАП може перебігати і на поверхні частинок $\text{Ca}(\text{OH})_2$, але це зміщує реакцію в область більш повільної дифузії через шар твердого ГАП і призводить до отримання неоднорідного цільового продукту.

Використання розчинних сполук кальцію для отримання ГАП є переважним, оскільки реалізує відомий підхід до створення дисперсної системи від малого до великого [8]. В цьому випадку пропонується використання сахарози, оскільки в її присутності підвищується розчинність гідроксиду кальцію внаслідок утворення розчинних сполук – сахарату кальцію [9]. Також, даний підхід дозволить отримати порошки ГАП з меншими розмірами частинок через те, що органічні речовини, адсорбуючись на поверхні утворених на

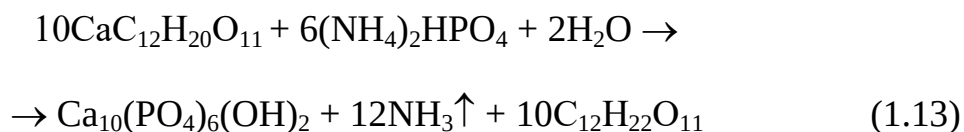
					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхні неорганічних кристалів, блокують їх ріст і створюють передумови для формування дрібнодисперсного порошку [10]. Останнє призводить до утворення більш міцних виробів та активних порошків ГАП.

Хімічну схему отримання ГАП за вищеописаним способом можна представити наступним чином. Синтез сахарату кальцію проводять по реакції:



Отриманні продукти у подальшому використовували для синтезу ГАП у відповідності з реакцією:



Висновки

В розділі розглянуто методи синтезу ГАП. Серед наведених методів синтезу ГАП найбільш перспективним, з нашої точки зору, є метод осадження з водного розчину з використанням сахарози. На основі даного методу в даному бакалаврському проєкті запропоновано виробництво ГАП для медичного застосування.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

Основною сировиною для виробництва ГАП для медичного застосування є сахароза, оксид кальцію та гідрофосфат амонію. Допоміжними матеріалами є вода, аміак, а енергетичними ресурсами – природний газ, повітря та електроенергія.

2.1 Характеристика амоній фосфорнокислий двозаміщений

Амоній фосфорнокислий двозаміщений $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$ повинен бути виготовлений відповідно до вимог ГОСТ 3772-74 даного стандарту за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Технічні вимоги до амоній фосфорнокислий двозаміщеного

Найменування показника	Хімічно чистий (х.ч.)
Масова частка $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, %, не менше	99
Масова частка нерозчинних у воді речовин, %, не більше	0,002
Масова частка нітратів, %, не більше	0,0005
Масова частка сульфатів, %, не більше	0,002
Масова частка хлоридів, %, не більше	0,0003
Масова частка заліза, %, не більше	0,0002
Масова частка важких металів (Pb), %, не більше	0,0005
pH розчину препарату з масовою часткою 5%	7,8...8,2

Цей стандарт поширюється на двозаміщений фосфорнокислий амоній, який представляє собою безбарвні прозорі дрібні кристали, в масі – білого кольору; розчинний у воді, не розчиняється в ацетоні, спирті; на повітрі втрачає аміак [12].

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2 Характеристика сахарози

Сахароза ($C_{12}H_{22}O_{11}$) повинна бути виготовлена відповідно до вимог ГОСТ 5833-75 даного стандарту за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку. Цей стандарт поширюється на сахарозу, яка представляє собою дрібнокристалічний порошок білого кольору, добре розчинний у воді (табл. 2.2) [13].

Таблиця 2.2 – Технічні вимоги до сахарози

Найменування показника	Хімічно чистий (х.ч.)
Масова частка нерозчинних у воді речовин, %, не більше	0,001
Масова частка після прокалювання, %, не більше	0,005
Масова частка кислот в перерахунку на оцтову кислоту, %, не більше	0,005
Масова частка сульфатів, %, не більше	0,002
Масова частка хлоридів, %, не більше	0,0005
Масова частка заліза, %, не більше	0,00005
Масова частка кальцію, %, не більше	0,002
Масова частка важких металів (Pb), %, не більше	0,0001
Масова частка інвертованого цукру, %, не більше	0,01

2.3 Характеристика оксиду кальцію

Цей стандарт ГОСТ 8677-76 поширюється на оксид кальцію, який представляє собою білі шматки або порошок, який може злипатися в грудки; важко розчинний у воді, розчинний в кислотах. На повітрі поглинає вологу і CO_2 .

Оксид кальцію (CaO) повинен бути виготовлений відповідно до вимог даного стандарту за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку (табл. 2.3) [14].

Таблиця 2.3 – Технічні вимоги до оксиду кальцію

Найменування показника	Чистий для аналізу (ч.д.а.)
Масова частка оксиду кальцію, %, не менше	97,5
Масова частка вуглекислого кальція, %, не більше	1,0
Масова частка нерозчинних у соляній кислоті речовин, %, не більше	0,01
Масова частка загального азоту, %, не більше	0,03
Масова частка сульфатів, %, не більше	0,02
Масова частка хлоридів, %, не більше	0,005
Масова частка заліза, %, не більше	0,01
Масова частка важких металів (Pb), %, не більше	0,005
Масова частка суми калія і натрія, %, не більше	0,5

2.4 Характеристика водного аміаку

Цей стандарт ГОСТ 3760-64 поширюється на водний аміак, який являє собою безбарвну прозору рідину з характерним гострим запахом, що не містить механічних домішок.

Водний аміак повинен бути виготовлений відповідно до вимог даного стандарту за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку (табл. 2.4) [15].

Таблиця 2.4 – Технічні вимоги до водного аміаку

Найменування показника	Хімічно чистий (х.ч.)
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 KMnO_4 (в перерахунок 0), %, не більше	0,0008

2.5 Характеристика природного газу

Цей стандарт ГОСТ 5542-78 поширюється на природні горючі газу, призначені в якості сировини і палива для промислового та комунально-побутового використання (табл. 2.5) [16].

Таблиця 2.5 – Технічні вимоги до природного газу

Найменування показника	Норма
Теплота згорання МДж/м ³ (ккал/м ³), при 20 °С 101,325 кПа, не менше	31,8 (7600)
Масова концентрація сірководню, г/м ³ , не більше	0,02
Масова концентрація меркаптанової сірки, г/м ³ , не більше	0,036
Об'ємна частка кисню, %, не більше	1,0
Маса механічних домішок в 1 м ³ , г, не більше	0,001
Інтенсивність запаху газу при об'ємній частці 1% у повітрі, бал, не менше	3

2.6 Характеристика води

Вода використовується у виробництві ГАП для приготування розчинів солей (використовується вода для ін'єкцій), отримання підігрітої води для підігрівання реактора, а також для потреби виробництва (вода очищена), вміст хлорид-іона має бути не більше 2 мг/дм³, мастила не більше 1 мг/дм³, NH₄NO₃ – не більше 0,5 г/дм³ (табл. 2.6). Очищена вода повинна відповідати вимогам ГОСТ 20995-75 [17].

Таблиця 2.6 – Характеристика води

Середовище	Опис	Параметри, що підлягають контролю	Рівень попередження	Рівень дії
Вода очищена	Безбарвна прозора рідина без запаху та смаку	1. Окислювальні речовини – слабо рожевий розчин або $\text{ТОС} \leq 0,5 \text{ мг/дм}^3$. 2. Нітрати – не більше $0,00002\%$ ($0,2 \text{ ppm NO}_3$). 3. Важкі метали – не більше $0,00001\%$ ($0,1 \text{ ppm}$). 4. Електропровідність – $\leq 4,3 \text{ См/м}$ при 20°C . 5. Мікробіологічна контамінація – $\leq 100 \text{ КОЕ/1 см}^3$	1. Електропровідність – $4,0 \text{ См/м}$. 2. МБЧ – 40 КОЕ/1 см^3	1. Електропровідність – $4,3 \text{ См/м}$. 2. МБЧ – 60 КОЕ/1 см^3
Вода для ін'єкцій	Безбарвна прозора рідина без запаху та смаку	1. $\text{ТОС} \leq 0,5 \text{ мг/дм}^3$ 2. Нітрати – не більше $0,00002\%$ ($0,2 \text{ ppm NO}_3$). 3. Важкі метали – не більше $0,00001\%$ ($0,1 \text{ ppm}$). 4. Електропровідність – $\leq 1,1 \text{ См/м}$ при 20°C . 5. Мікробіологічна контамінація – $\leq 10 \text{ КОЕ/100 см}^3$ 6. Ендотоксини $\leq 0,25 \text{ EU/см}^3$.	1. Електропровідність – $0,8 \text{ См/м}$. 2. МБЧ – 3 КОЕ/100 см^3	1. Електропровідність – $1,0 \text{ См/м}$. 2. МБЧ – 5 КОЕ/100 см^3

2.7 Характеристика повітря

Для технічних розрахунків приймають, що сухе повітря містить (% об.): $N_2 - 78,1$; $O_2 - 21,0$; $Ar_2 - 0,9$; $H_2O - (0,1-2,8)$. У повітрі можуть бути присутні SO_2 , NH_3 , CO_2 . У районі промислових майданчиків повітря забруднене пилом різного походження, а також різноманітними компонентами неорганізованих газових викидів (SO_2 , SO_3 , H_2S , C_2H_2 , Cl_2 та ін.) Кількість пилу в повітрі становить $(0,5-1,0)$ мг/м³ [18].

Висновки

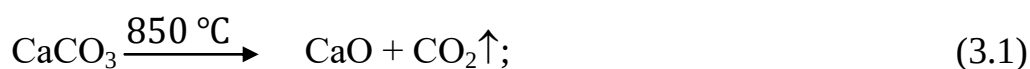
У даному розділі було визначено характеристики вихідної сировини, зазначено необхідну якість сировини відповідно до нормативних документів. Також було наведено характеристики всіх допоміжних матеріалів, таких як водний аміак, природний газ, вода і повітря.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

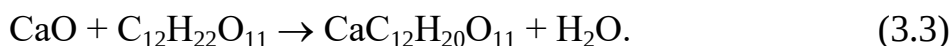
Оксид кальцію CaO – в'язуча мінеральна кристалічна тугоплавка речовина білого кольору. В оксиді кальцію містяться домішки карбонату кальцію і гідроксиду кальцію, так як оксид кальцію сорбує з повітря вологу і вуглекислий газ. Отже, першою стадією виробництва є прожарювання вапна, метою якої є отримання більш чистого оксиду кальція.

Карбонат кальцію розкладається при $850\text{ }^{\circ}\text{C}$, а гідроксид кальцію – при $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ [19]:



Наступною стадією даного виробництва є змішування вапна з розчином сахарози.

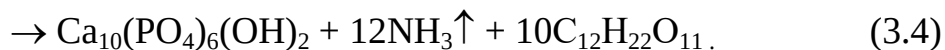
Як вже було зазначено в розділі 1, використання розчинних сполук кальцію для отримання високодисперсних порошків є переважним [8]., а в присутності сахарози підвищується розчинність оксиду кальцію внаслідок утворення розчинних сполук – сахарату кальцію [9]. Органічні речовини, адсорбуючись на поверхні утворених на поверхні неорганічних кристалів, блокують їх ріст, що і забезпечує формування дрібнодисперсного порошку [10]. Отже, отримання сахарату кальцію відбувається за реакцією:



Після взаємодії оксиду кальцію із сахарозою впродовж 7 днів утворюється в'язкий розчин жовто-коричневого кольору (напівкальцієвий і однокальцієвий сахарати) або суспензія з кольором топленого молока (двохкальцієвий сахарат). Отриманні продукти у подальшому направляються далі для синтезу ГАП. При цьому відбувається наступна реакція:



					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Синтез проводять в періодичних умовах, поступово додаючи необхідний об'єм водного розчину гідрофосфату амонію, а також розчин аміаку (до досягнення $\text{pH}=11$) за кімнатної температури. Можливість утворення ГАП при осадженні або гідролізі у водному розчині можна оцінити, використовуючи ізотерму розчинності кальцій фосфатів (рис. 3.1). Ізотерми розчинності відображають зміну складу розчину (за певним йоном), які знаходяться в рівновазі з різними фазами в залежності від pH . Будь-яка точка вище відповідної ізотерми відображає склад розчину, пересиченого щодо даного фосфату кальцію. Чим нижче розташована ізотерма фосфату кальцію на діаграмі, тим більше термодинамічно стійка дана фаза, яка перебуває в рівновазі з насиченим розчином, по відношенню до інших фосфатів кальцію (ізотерми яких лежать вище). так, можна бачити, що при pH більше 4,2 єдиним термодинамічно стабільним фосфатом кальцію у водному розчині є ГАП [32].

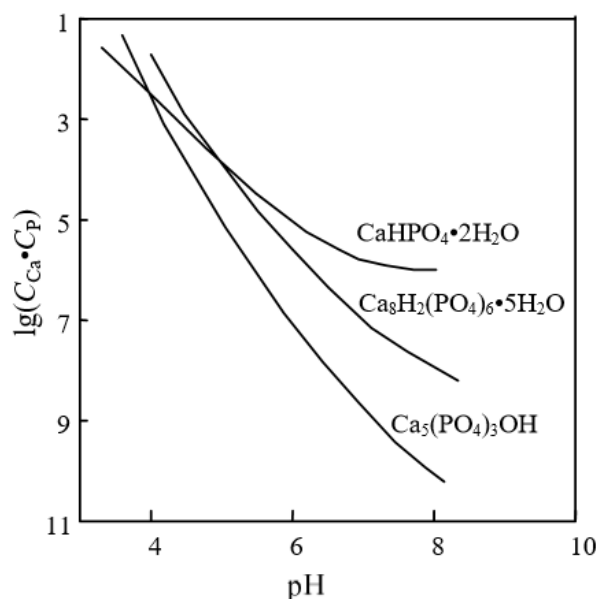


Рисунок 3.1 – Ізотерми розчинності різновидів фосфатів кальцію.

Після змішування, отриманий золь поступово нагрівають до температури $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ і витримують впродовж 30 хвилин. Отримана суспензія потрапляє на дисковий вакуум-фільтр.

Дискові вакуум-фільтри в порівнянні з фільтрами інших конструкцій мають більшу продуктивність і меншу металоємність, зручніше в експлуатації і ремонті.

Після розділення твердої фази від рідкої, ця маса направляється по конвеєру у барабанну піч для прожарювання, яка продувається газами, а температура підтримується 500 °С. Прожарювання ГАП супроводжує формування кристалічної решітки, тобто йде процес скристалізації

Після прожарювання ГАП, порошок направляється на валкову дробарку, для його подальшого подрібнення і прийняття однорідної маси.

Важливою характеристикою ГАП є стехіометрія складу, яку прийнято виражати відношенням $\text{Ca/P} = 1,67$ склад ГАП записують формулою $\text{Ca}_{10-x}(\text{HPO}_4)_x(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{OH})_{2-x}$ ($1,5 < \text{Ca/P} < 1,67$, тобто $0 < x < 1$). Змінний склад викликаний тим що при синтезі ГАП в розчині присутні йони H_3O^+ і HPO_4^{2-} , які можуть заміщати відповідно йони Ca^{2+} і PO_4^{3-} в кристалічній структурі ГАП [33].

Окрім ГАП відомо ще велике число ортофосфатів кальцію, які знаходять застосування в медичній практиці, які наведені в таблиці. 3.1, як зазначалось вище, важливими параметрами, які характеризують фосфати кальцію, є стехіометрія $n(\text{Ca})/n(\text{P})$ і розчинність. В загальному випадку, чим менше відношення кількості речовин $n(\text{Ca})/n(\text{P})$, тим більше «кислим» і більш розчинним є фосфат кальцію.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Деякі фосфати кальцію та їх властивості

Хімічна формула	Назва	Співвідношення Ca/P	Інтервал стабільності рН	ДР (25°C)
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	Монокальцієвий фосфат	0,5	<1	$10^{-6,63}$
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Дигідрофосфат кальцію	1	2 – 6	$10^{-7,02}$
CaHPO_4	Дикальцієвий фосфат	1	2–6	$10^{-95,9}$
$\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Октокальцієвий фосфат	1,33 1,5–1,67	6–7	$10^{-117,2}$
$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	Гідроксиапатит	1,67	9,5 – 12	$10^{-122,5}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Трикальцієвий фосфат(ортофосфат кальцію)	1,5	–	$1,3 \cdot 10^{-32}$

На кафедрі були проведені дослідження щодо отримання ГАП цим методом та встановлено, що згідно стандартної картки № 00-054-0022 одержується чистий ГАП.

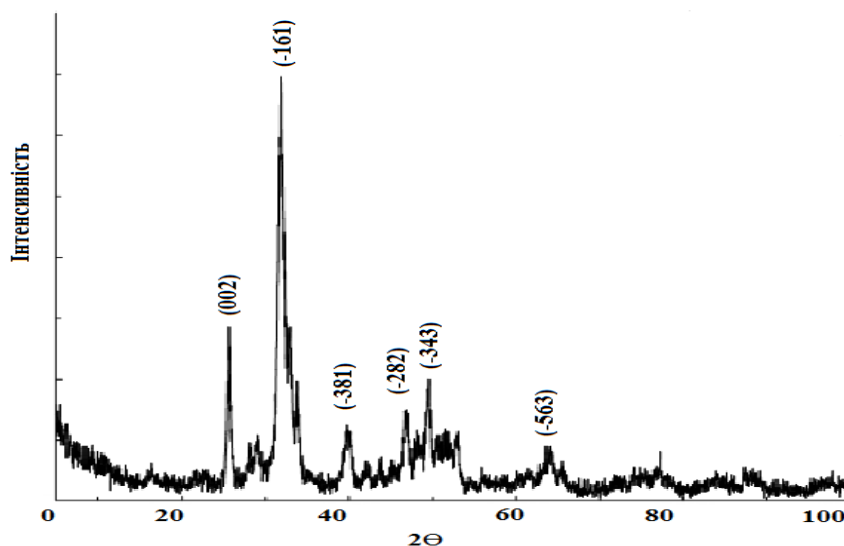


Рисунок 3.2 – Дифрактограма ГАП.

Висновки

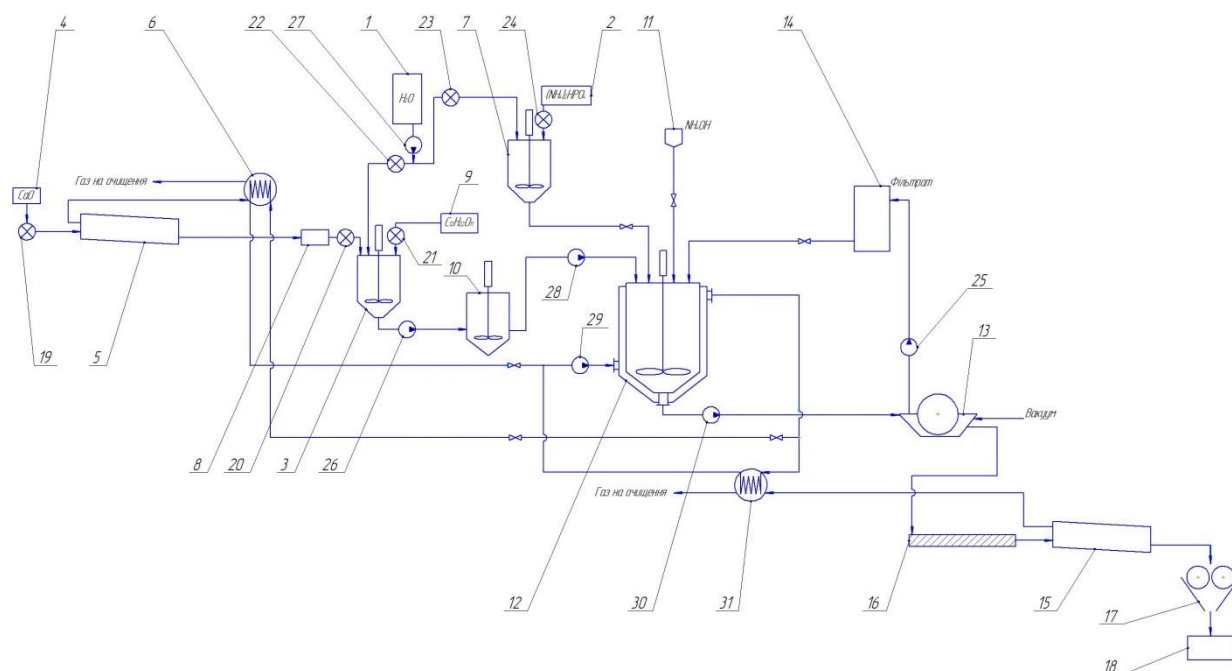
В даному розділі дипломного проекту описано теоретичні основи синтезу ГАП методом осадження з водного розчину та з використанням сахарози для медичного застосування та надано хімізм даного виробництва. Наведені дані, що підтверджують отримання чистого ГАП цим методом.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ГАП

Схема виробництва гідроксидапатиту для медичного застосування зображена на рисунку 4.1. Отримання ГАП відбувається за періодичним процесом. Спочатку прожарюється оксид кальцію у барабанній печі 5, для видалення води та вуглекислого газу, температура у печі підтримується 900 °С. Одержане негашене вапно поступає у збірник оксиду кальцію 8.

З барабанної печі виходять пічні гази і прямують у економайзер 6, які підігрівають воду для обігріву реактора 12. Окрім цього, підігріта вода використовується для потреб виробництва: вузли трубопроводів подачі і відведення води, для потреб виробництва (на схемі не показано).



1 – збірник води, 2 – бункер гідрофосфату амонію, 3 – змішувач, 4 – бункер оксиду кальцію, 5, 15 – барабанна піч, 6, 31 – економайзер, 7 – апарат з мішалкою, 8 – збірник оксиду кальцію, 9 – бункер сахарози, 10 – проміжний бак з мішалкою, 11 – бункер розчину аміаку, 12 – реактор, 13 – дисковий вакуум-фільтр, 14 – збірник фільтрату, 16 – конвеєр, 17 – валкова дробарка, 18 – бункер прийому готової продукції, 19 – 24 – дозатор, 25 – 30 – насос

Рисунок 4.1 – Виробництво гідроксидапатиту для медичного застосування.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

З бункера сахарози 9 дозатором 21 сахароза загрузається у змішувач 3. Також у змішувач зі збірника 1 подаються вода кваліфікації «вода для ін'єкцій» та зі збірника 8 підготований оксид кальцію. Змішування відбувається впродовж години, після чого отримання суспензії подається насосом 26 у проміжний бак 10 для отримання розчину сахарату кальцію. Отриманий таким чином розчин сахарату кальцію з проміжного баку 10 потрапляє у реактор синтезу 12.

З бункера 2 дозатором 24 гідрофосфат амонію направляється у змішувач 7, куди також подається підготовлена вода. Після цього одержаний розчин гідрофосфату амонію маленькими порціями дозується у реактор синтезу 12. Окрім цього, в реактор 12 дозується аміак для підтримки середовища рН на рівні 12. Після дозування всіх реагентів отримана суспензія витримується впродовж однієї години за температури 60 °С.

Після реактора 12 насосом 30 отримання суспензії подається на дисковий вакуум-фільтр 13 для відділення рідкої фази. Одержаний фільтрат перекачується у збірник фільтрату 14, де зберігається як оборотний розчин для підживлення реактору 12. Відділена тверда маса подається на конвеєр 16, який доставляє вологий осад у барабанну піч 15 для прожарювання за температури 500 °С.

Пічні гази які виходять з печі 15 поступають у економайзер 31, які поступають на підігрів води для обігріву реактора 12 та для власних потреб. Гази, які вийшли з економайзерів 6 і 31, у подальшому йдуть у відділення очистки газу.

Після прожарювання отриманий ГАП подається на валкову дробарку 17, де відбувається руйнування агрегатів ГАП. Подрібнений порошок ГАП направляється у бункер готової продукції 18 та на склад.

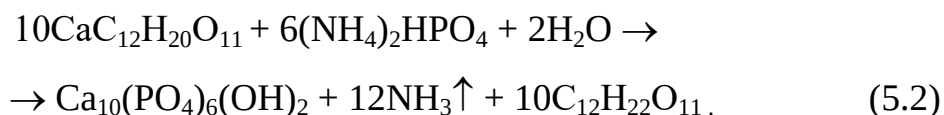
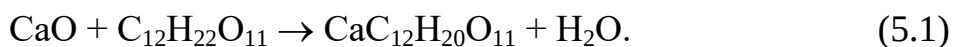
Висновки

В даному розділі було детально описано технологічну схему виробництва гідроксидапатиту для медичного застосування.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ВИТРАТНІ КОЕФІЦІЄНТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

Виробництво ГАП відбувається за участю таких реакцій:



5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва

Виходячи з продуктивності виробництва $Q=10\,000$ кг/добу розрахуємо маси речовин, що для отримання гідроксидапатиту за рівняннями 5.1 і 5.2.

Визначаємо масу гідрофосфату амонію по реакції 5.2:

$$m(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = \frac{Q \cdot 6 \cdot M_{(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4}}{M_{\text{ГАП}}} = \frac{10\,000 \cdot 6 \cdot 132}{1004} = 7\,888,45 \text{ кг}; \quad (5.2)$$

де Q – маса ГАП за продуктивністю, кг;

$M_{\text{ГАП}}$ та $M_{(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4}$. – молярні маси ГАП та гідрофосфату амонію, кг/кмоль.

Виходячи з розчинності гідрофосфату амонію у воді ($S=36,7\text{г}/100\text{г H}_2\text{O}$), визначимо масу води, що необхідно його розчинення:

$$m(\text{H}_2\text{O}_{(1)}) = \frac{m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) \cdot 100}{30} = \frac{7\,888,45 \cdot 100}{30} = 26\,294,83 \text{ кг}; \quad (5.3)$$

де $m(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – маса гідроксид апатиту для розчинення;

приймаємо 30г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ на 100 г води.

Визначаємо масу води, що вступає в реакцію 5.2:

$$m(\text{H}_2\text{O}_{(2)}) = \frac{Q \cdot 2 \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{ГАП}}} = \frac{10\,000 \cdot 2 \cdot 18}{1004} = 358,57 \text{ кг}; \quad (5.4)$$

де Q – маса ГАП за продуктивністю, кг;

$M_{\text{ГАП}}$ та $M_{\text{вода}}$ – молярні маси ГАП та води, кг/кмоль.

					<i>ХНЗ106 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса води, що залишається:

$$m(\text{H}_2\text{O}_{(3)}) = m(\text{H}_2\text{O}_{(1)}) - m(\text{H}_2\text{O}_{(2)}) = 26\,294,83 - 358,57 = 25\,936,26 \text{ кг.}$$

Визначаємо масу сахарату кальцію:

$$m(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11}) = \frac{Q \cdot 10 \cdot M(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})}{M_{\text{ГАП}}} = \frac{10\,000 \cdot 10 \cdot 380}{1004} = 37\,848,6 \text{ кг;} \quad (5.5)$$

де Q – маса ГАП за продуктивністю, кг;

$M_{\text{ГАП}}$ та $M(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})$ – молярні маси ГАП та сахарату кальцію, кг/кмоль.

Визначаємо масу аміаку, що виділиться:

$$m(\text{NH}_3) = \frac{Q \cdot 12 \cdot M(\text{NH}_3)}{M_{\text{ГАП}}} = \frac{10\,000 \cdot 12 \cdot 17}{1004} = 2\,031,87 \text{ кг;} \quad (5.6)$$

де Q – маса ГАП за продуктивністю, кг;

$M_{\text{ГАП}}$ та $M(\text{NH}_3)$ – молярні маси ГАП та аміаку, кг/кмоль.

Додатково для підтримки рН~11 у реакційне середовище необхідно внести 312 500 дм³ або 287 500 кг водного розчину аміаку з концентрацією 18% [29].

Визначаємо масу сахарози, що виділиться:

$$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11(1)}) = \frac{Q \cdot 10 \cdot M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})}{M_{\text{ГАП}}} = \frac{10\,000 \cdot 10 \cdot 342}{1004} = 34\,063,75 \text{ кг;} \quad (5.7)$$

де Q – маса ГАП за продуктивністю, кг;

$M_{\text{ГАП}}$ та $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$ – молярні маси ГАП та сахарози, кг/кмоль.

Розрахунок за реакцією 5.1.

Визначаємо необхідну масу сахарози виходячи з рівняння 5.1:

$$m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11(2)}) = \frac{m_{\text{сах.кальц.}} \cdot M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})}{M(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})} = \frac{37\,848,6 \cdot 342}{380} = 34\,063,74 \text{ кг;} \quad (5.8)$$

де $m(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})$ – маса сахарату кальцію, кг;

$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$ та $M(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})$ – молярні маси сахарози та сахарат кальцію, кг/кмоль.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з розчинності сахарози у воді ($S=85\text{г}/100\text{г H}_2\text{O}$), та необхідного об'єму визначимо масу води, що необхідно для її розчинення:

$$m(\text{H}_2\text{O}_{(4)}) = \frac{m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) \cdot 100}{50} = \frac{34\,063,74 \cdot 100}{50} = 68\,127,43 \text{ кг}; \quad (5.9)$$

Визначаємо скільки води утвориться за реакцією 5.1:

$$m(\text{H}_2\text{O}_{(5)}) = \frac{m(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11}) \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})} = \frac{37\,848,6 \cdot 18}{380} = 1\,792,83 \text{ кг}; \quad (5.12)$$

де $m(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})$ – маса сахарату кальцію, кг;

$M(\text{H}_2\text{O})$ та $M(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})$ – молярні маси води та сахарату кальцію, кг/кмоль.

Маса води, що залишається:

$$m(\text{H}_2\text{O}_{(6)}) = m(\text{H}_2\text{O}_{(4)}) + m(\text{H}_2\text{O}_{(5)}) = 68\,127,43 + 1\,792,83 = 69\,920,26 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу вапна:

$$m_{\text{вапно}} = \frac{m(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11}) \cdot M(\text{CaO})}{M(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})} = \frac{37\,848,6 \cdot 56}{380} = 5\,577,67 \text{ кг}; \quad (5.10)$$

де $m_{\text{сах.кальц.}}$ – маса сахарату кальцію, кг;

$M(\text{CaO})$ та $M(\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11})$ – молярні маси вапна та сахарату кальцію, кг/кмоль.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс отримання ГАП

Прихід			Вихід		
Речовина	т, кг	w, %	Речовина	т, кг	w, %
1	2	3	4	5	6
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	7 888,45	1,84	ГАП	10 000	2,33
$\text{H}_2\text{O}_{(1)}$	26 294,84	6,12	NH_4OH	287 500	66,95
$\text{CaC}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{11}$	37 848,6	8,81	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11(1)}$	34 063,75	7,93
$\text{H}_2\text{O}_{(6)}$	69 920,26	16,28	$\text{H}_2\text{O}_{(3)}$	25 936,26	6,04

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
NH_4OH	287 500	66,95	$H_2O_{(6)}$	69 920,26	16,28
			NH_3	2 031,87	0,47
Разом	429 452,15	100	Разом	429 452,14	100

Таблиця 5.2 – Матеріальний баланс отримання сахарату кальцію

Прихід			Вихід		
Речовина	т, кг	т, %	Речовина	т, кг	т, %
CaO	5 577,67	5,18	$CaC_{12}H_{20}O_{11}$	37 848,6	35,12
$C_{12}H_{22}O_{11(2)}$	34 063,74	31,6	$H_2O_{(6)}$	69 920,26	64,88
$H_2O_{(4)}$	68 127,43	63,22			
Разом	107 768,84	100	Разом	107 768,86	100

5.2 Розрахунок витратних коефіцієнтів

Витратний коефіцієнт розраховується, як відношення витрат сировини до продуктивності, і позначається буквою β .

Витратний коефіцієнт для вапна:

$$\beta_{CaO} = \frac{5\,577,67}{10\,000} = 0,55 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}. \quad (5.13)$$

Витратний коефіцієнт для сахарози:

$$\beta_{C_{12}H_{22}O_{11}} = \frac{34\,063,74}{10\,000} = 3,4 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}. \quad (5.14)$$

Витратний коефіцієнт для гідрофосфату амонію :

$$\beta_{(NH_4)_2HPO_4} = \frac{7\,888,45}{10\,000} = 0,79 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}. \quad (5.15)$$

Витратний коефіцієнт для аміаку:

$$\beta_{NH_4OH} = \frac{287\,500}{10\,000} = 28,75 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}. \quad (5.16)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Витратний коефіцієнт для води₁:

$$\beta_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{26\,294,84 + 68\,127,43}{10\,000} = 9,442 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}. \quad (5.17)$$

Висновки

В даному розділі дипломного проекту було розраховано матеріальний баланс виробництва ГАП. Також було визначено основні витратні коефіцієнти сировини на виробництво ГАП.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок та вибір основного технологічного реактора

Для розрахунку реакційних апаратів необхідно знати об'єм речовин, що переробляються за добу на заданій стадії процесу, час проходження процесу та принципи його організації.

Розрахуємо основний апарат – реактор синтезу ГАП. Визначимо об'єми розчинів, що загружаються в апарат, за формулою:

$$V_I = \frac{m_I}{\rho_I}, \quad (6.1)$$

де m_I – маса розчину, кг;

ρ_I – густина речовини, кг/м³:

$$V((NH_4)_2HPO_4) = \frac{7888,45}{1619} = 4,87 \text{ м}^3; \quad (6.2)$$

Виходячи з розчинності гідрофосфату амонію у воді ($S=36,7\text{г}/100\text{г H}_2\text{O}$), визначимо масу води, що необхідно для його розчинення:

$$m(H_2O_{(1)}) = \frac{m((NH_4)_2HPO_4) \cdot 100}{30} = \frac{7888,45 \cdot 100}{30} = 26294,83 \text{ кг}; \quad (6.3)$$

$$m(H_2O_{(1)}) \approx V(H_2O_{(1)}) = 26,294 \text{ м}^3; \quad (6.4)$$

де $m((NH_4)_2HPO_4)$ – маса гідроксид апатиту для розчинення;

приймаємо 30г $(NH_4)_2HPO_4$ на 100 г води.

Виходячи з розчинності сахарози у воді ($S=85\text{г}/100\text{г H}_2\text{O}$), та необхідного об'єму визначимо масу води, що необхідно для її розчинення:

$$m(H_2O_{(4)}) = \frac{m(C_{12}H_{22}O_{11}) \cdot 100}{50} = \frac{34063,74 \cdot 100}{50} = 68127,43 \text{ кг}; \quad (6.5)$$

$$V(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{34063,74 + 68127,43}{1230} = 83,08 \text{ м}^3; \quad (6.6)$$

$$V(CaO) = \frac{5577,67}{3340} = 1,67 \text{ м}^3. \quad (6.7)$$

Також у реакційне середовище необхідно внести 312 500 дм³ або 287 500 кг водного розчину аміаку з концентрацією 18%

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний об'єм становить:

$$V_q = 4,87 + 26,294 + 83,08 + 1,67 + 312,5 = 428,414 \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (6.8)$$

Розрахуємо об'єм реактору:

$$V = \frac{V_q \cdot \tau \cdot (1 + 0,01 \cdot \delta)}{x \cdot \varphi}, \quad (6.9)$$

де V_q – об'єм розчину, що переробляється за добу в реакторі $\text{м}^3/\text{добу}$;

τ – час перебігу процесу, становить 1/6 год;

δ – коефіцієнт запасу продуктивності, становить 10%;

x – кількість загрузок;

φ – ступінь заповнення апарату.

Ступінь заповнення апарату приймаємо виходячи з таблиці 6.1:

$$\varphi = 0,8.$$

Ступінь заповнення в залежності від характеру процесу, що перебігає в апараті, наведено в таблиці 6.1:

Таблиця 6.1 – Ступінь заповнення апарату

Характер процесу	Ступінь заповнення
Фізичний або хімічний процес без піноутворення	0,75÷0,8
Фізичний або хімічний процес з піноутворенням(нейтралізація, кипіння)	0,1÷0,6
Вимірювання рідини	0,8÷0,85
Зберігання рідини	0,8÷0,9

$$V = \frac{428,4 \cdot 1 \cdot (1 + 0,01 \cdot 10)}{13 \cdot 0,8} = 45,31 \text{ м}^3. \quad (6.10)$$

$$V \approx 50 \text{ м}^3.$$

Апарат даного об'єму має такі розміри:

- діаметр $D = 3000 \text{ мм.}$;

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- висота $H=7670$ мм.;
- маса $m=36,250$ тонн [24].

Склад конструкційної легованої якісної сталі марки 10X13H10T1 за ГОСТ 4543-71 наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Склад сталі марки 25

Назва елементу	Вміст, %
C (карбон)	0,1
Cr (хром)	13
Ni (нікель)	10
Ti (титан)	1

Практичне значення допустимого напруження матеріалу:

$$\sigma_{\text{пр}} = 1,5 \cdot \sigma_{\text{доп}}; \quad (6.11)$$

$$\sigma_{\text{пр}} = 1,5 \cdot 150 = 225 \text{ МПа.}$$

Приймаємо, що загальний поправочний коефіцієнт на корозію C (сумарний) становить 2 мм, тоді товщина стінки обичайки:

$$S_{\text{ст}} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{пр}} - p}, \text{ за умови } - \frac{S - C}{d_{\text{вн}}} < 0,1; \quad (6.12)$$

$$S_{\text{ст}} = \frac{0,11 \cdot 3000}{2 \cdot 0,8 \cdot 225 - 0,11} = 0,9 + C = 2,90 \approx 3 \text{ мм.}$$

Перевірка умови: $\frac{3-2}{3000} < 0,1$, звідси $0,0003 < 0,1$. Отже, розрахунок вірний [25].

Товщина днища:

$$S_{\text{дн}} = \frac{R_{\text{вн}} \cdot p}{2 \cdot \sigma_{\text{пр}} \cdot \varphi - p}. \quad (6.13)$$

$$R_{\text{вн}} = \frac{D^2}{4 \cdot h_{\text{вн}}}, \quad (6.14)$$

за таблицею [26] $h_{\text{вн}} = 250$ мм.

оскільки, $R_{\text{вн}} = d_{\text{вн}}$, то $S_{\text{дн}} = S_{\text{ст}}$.

Кришка реактора таких же габаритів, що і днище, тому $S_{\text{кр}} = S_{\text{дн}}$.

Діаметр рамної мішалки, відношення внутрішнього діаметру до діаметру мішалки 1,05 – 1,3. [27]

Розраховуємо коефіцієнт для лопатної мішалки:

$$d_m = \frac{3000}{2500} = 1,2. \quad (6.15)$$

Даний коефіцієнт входить у межі і вибираємо діаметр мішалки 2 500 мм., а висота мішалки:

$$\frac{h_m}{d_m} = 0,1; \quad (6.16)$$

$$h_m = d_m \cdot 0,1 = 2\,500 \cdot 0,1 = 250 \text{ мм.} \quad (6.17)$$

6.2 Розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання

6.2.1 Розрахунок насосу

Вихідні дані.

Температура: 25 °С.

Тиск: 0,3 МПа.

Витрата води $Q = 0,015 \text{ м}^3/\text{с}$.

Геометрична висота підйому води: 0,5 м.

Довжина трубопроводу на лінії всмоктування: 10 м,

на лінії нагнітання – 40 м.

На лінії нагнітання є 2 нормальних вентиля.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено 2 прямооточних вентилів. Перевірити можливість установки насоса на висоті 4 м над рівнем води в ємності.

Розрахунок.

а) Вибір трубопроводу.

Для всмоктувального і нагнітального трубопроводу приймемо однакову лінійну швидкість води ω , що дорівнює 2 м/с. Тоді діаметр рівний:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 2}} = 0,0977 \text{ м.} \quad (6.18)$$

Вибираємо сталевий трубопровід зовнішнім діаметром 95 мм і завтовшки стінки 4 мм. Тоді внутрішній діаметр $d = 0,087$ м. Фактична швидкість води в трубі.

$$\omega = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 0,087^2}} = 2,08 \text{ м.} \quad (6.19)$$

Приймемо, що трубопровід сталевий, корозія незначна.

б) Визначення втрат на тертя і місцеві опори.

Знаходимо критерій Рейнольдса:

$$Re = \omega d \rho / \mu = 2,02 \cdot 0,087 \cdot 998 / (1,005 \cdot 10^{-3}) = 173634,2, \quad (6.20)$$

де μ - динамічна в'язкість води, Па·с.

Це значення критерію Рейнольдса вказує на турбулентний режим. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо рівною $2 \cdot 10^{-4}$ м. Тоді:

$$e = \Delta / d = 2 \cdot 10^{-4} / 0,087 = 0,0023. \quad (6.21)$$

Далі одержимо:

$$560 \cdot 1 / e = 244792,9; \quad (6.22)$$

$$10 \cdot 1 / e = 4371,3; \quad (6.23)$$

$$4371,3 < Re < 244792,9 \quad (6.24)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином в трубопроводі має місце змішане тертя (виконується умова $10 \cdot 1/e < Re < 560 \cdot 1/e$) і розрахунок λ слід проводити по формулі:

$$\lambda = 0,11(e + 68/Re)^{0,25} = 0,11(0,0023 + 68/173634,2)^{0,25} = 0,025 \quad (6.25)$$

При значеннях $Re > 560 \cdot 1/e$: $\lambda = 0,11e^{0,25}$

в) Вибір насоса.

Знаходимо напір насоса за формулою:

$$H = \frac{(p_2 - p_1)}{\rho \cdot g} + H_r + h_{втр} = \frac{0,2 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 0,5 + 5,5 = 26,42 \text{ м. вод. ст.} \quad (6.26)$$

де p_1 - тиск в апараті, з якого перекачується рідина,

p_2 - тиск в апараті, в який подається рідина, різниця тисків $p_2 - p_1$ дорівнює надмірному тиску, Па;

НГ - геометрична висота підйому рідини.

Напір до 0,5 при заданій продуктивності забезпечується відцентровими насосами.

Визначимо корисну потужність насоса:

$$N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,015 \cdot 26,42 = 3,8 \text{ кВт.} \quad (6.27)$$

Приймаючи к.к.д. передачі $\eta_{\text{ПЕР}} = 1$ і $\eta_H = 0,6$ (для відцентрового насоса середньої продуктивності), знайдемо потужність на валу двигуна:

$$N = N_{\Pi} / (\eta_H \cdot \eta_{\text{ПЕР}}) = 3,61 / (0,6 \cdot 1) = 6 \text{ кВт.} \quad (6.28)$$

Заданим подачі і напору більше всього відповідає відцентровий насос марки Х 45/31, для якого $Q = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 31 \text{ м}$, $\eta_H = 0,6$. Насос забезпечений електродвигуном АО2-52-2 номінальною потужністю $N_H = 13 \text{ кВт}$, $\eta_{\text{ДВ}} = 0,89$. Частота обертання валу $n = 48,3 \text{ с}^{-1}$.

г) Визначення граничної висоти всмоктування.

Розрахуємо запас напору на кавітацію:

$$h_3 = 0,3(Qn^2)^{2/3} = 0,3 \cdot (0,015 \cdot 48,32)^{2/3} = 2,77 \text{ м.} \quad (6.29)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При 25 °С тиск насиченої водяної пари $P_T = 2,35 \cdot 10^3$ Па. Прийmemo, що атмосферний тиск дорівнює $p_1 = 105$ Па, а діаметр всмоктувального патрубкa рівний діаметру трубопроводу. Тоді знайдемо:

$$H_{BC} \leq \frac{p_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{P_T}{\rho g} + \frac{\omega_{BC}^2}{2g} + h_{BC} + h_3 \right) =$$

$$= \frac{10^5}{998 \cdot 9,81} - \left(\frac{2,63 \cdot 10^5}{998 \cdot 9,81} + \frac{2,02^2}{2 \cdot 9,81} + 2,77 + 0,99 \right) = 4 \text{ м.} \quad (6.30)$$

Таким чином, розташування насоса на висоті 0,5 м над рівнем води в ємності цілком можливе.

6.2.2 Розрахунок апарату з мішалкою

Для розрахунку реакційних апаратів необхідно знати об'єм речовин, що переробляються за добу на заданій стадії процесу, час проходження процесу та принципи його організації.

Розрахунок змішувача, в якому змішується гідрофосфат амонію. Визначимо об'єм за формулою:

$$V_I = \frac{m_I}{\rho_I}, \quad (6.31)$$

де m_I – маса речовини, кг;

ρ_I – густина речовини, кг/м³:

$$V((NH_4)_2HPO_4) = \frac{7888,45}{1619} = 4,87 \text{ м}^3; \quad (6.32)$$

Виходячи з розчинності гідрофосфату амонію у воді ($S=36,7\text{г}/100\text{г H}_2\text{O}$), визначимо масу води, що необхідно для його розчинення:

$$m(H_2O_{(1)}) = \frac{m((NH_4)_2HPO_4) \cdot 100}{30} = \frac{7888,45 \cdot 100}{30} = 26294,83 \text{ кг}; \quad (6.33)$$

$$m(H_2O_{(1)}) \approx V(H_2O_{(1)}) = 26,294 \text{ м}^3;$$

де $m((NH_4)_2HPO_4)$ – маса гідроксид апатиту для розчинення;

приймаємо 30г $(NH_4)_2HPO_4$ на 100 г води.

Сумарний об'єм становить:

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_q = 4,87 + 26,3 = 30,9 \quad (6.34)$$

$$V = \frac{V_q \cdot \tau \cdot (1 + 0,01 \cdot \delta)}{x \cdot \varphi}, \quad (6.35)$$

де V_q – об'єм розчину, що переробляється за добу в реакторі м³/добу;

τ – час перебігу процесу, становить;

δ – коефіцієнт запасу продуктивності, становить 10%;

x – кількість загрузок

φ – ступінь заповнення апарату.

$$\varphi = 0,8.$$

Коефіцієнт заповнення апарату в апаратах з мішалками, де можливе утворення при перемішуванні воронки складає 0,75...0,8.

$$V = \frac{30,9 \cdot 1 \cdot (1 + 0,01 \cdot 10)}{13 \cdot 0,8} = 3,26 \text{ м}^3. \quad (6.36)$$

$$V \approx 5 \text{ м}^3.$$

З стандартних габаритних розмірів ректорів з еліптичним днищем і кришкою візьмемо робочий об'єм реактора 5 м³.

Апарат даного об'єму має такі розміри:

- діаметр $D = 1800$ мм.;

- висота $H = 2280$ мм.;

- маса $m = 2,69$ тонн [24].

Діаметр лопатної мішалки, відношення внутрішнього діаметру до діаметру мішалки 1,4 – 4,0. [27]

Розраховуємо коефіцієнт для лопатної мішалки:

$$d_m = \frac{1800}{800} = 2,25. \quad (6.37)$$

Даний коефіцієнт входить у межі і вибираємо діаметр мішалки 500 мм., а висота мішалки:

$$\frac{h_m}{d_m} = 0,1;$$

$$h_m = d_m \cdot 0,1 = 800 \cdot 0,1 = 80 \text{ мм}. \quad (6.38)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо товщину стінки апарату [1]:

$$S_p = \frac{P \cdot D_B}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_p - P} = \frac{0,6 \cdot 1800}{2 \cdot 174 \cdot 0,65 - 0,6} = 4,78 \text{ мм} \approx 5 \text{ мм.} \quad (6.39)$$

де Р – внутрішній надлишковий тиск в апараті;

D_B - діаметр обичайки;

σ - допустима напруженість;

φ_p - коефіцієнт ослаблення міцності.

Як правило для зварювальних швів різних типів $\varphi_p = 0,65 \dots 1,00$.

Розрахунок опуклих днищ і кришок

$$S_d = \frac{P \cdot R}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi - 0,5 \cdot P} = \frac{0,6 \cdot 1800}{2 \cdot 174 \cdot 0,65 - 0,5 \cdot 0,6} = 4,78 \approx 5 \text{ мм;} \quad (6.40)$$

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H_d}; \quad (6.41)$$

$$H_d = 0,25 \cdot D; \quad (6.42)$$

$$D = R. \quad (6.43)$$

6.2.3 Розрахунок валкової дробарки

Вихідні дані:

Необхідна продуктивність, т/год $G_{\text{ззд.}}$: 1,5;

Діаметр вихідних частинок, м d_p : 20;

Густина матеріалу, кг/м³ ρ : 3160;

Границя міцності при стиску, МПа σ : 80;

Модуль пружності при розтягу, МПа E : 30;

Коефіцієнт тертя матеріалу об валок f : 0,30;

Необхідний ступінь подрібнення, м i : 4;

Коефіцієнт розрихлення матеріалу μ : 0,20;

Коефіцієнт корисної дії η : 0,85.

I. Визначення розмірів та частоти обертання валків

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кут захоплення залежить від діаметра валків, діаметра шматка матеріалу і відстані між валками $2e$ (зазвичай приймають $32\div 48^\circ$, що відповідає $f=0,3\div 0,45$).

1. Кінцевий діаметр частинок, здрібнених до необхідного ступеня подрібнення, м:

$$d_k \leq \frac{d_{\Pi}}{i} = \frac{0,020}{4} = 0,005 \text{ м.} \quad (6.44)$$

2. Зазор між валками, рисунок, $2 \cdot e = d_k$, тоді половина зазору, м:

$$e = \frac{d_k}{2} = \frac{0,005}{2} = 0,0025 \text{ м.} \quad (6.45)$$

3. Діаметр валків, м:

$$D' = \frac{d_{\Pi} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 2 \cdot e}{1 - \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{0,02 \cdot \cos\left(\frac{35}{2}\right) - 2 \cdot 0,0025}{1 - \cos\left(\frac{35}{2}\right)} = 0,228 \text{ м.} \quad (6.46)$$

Дійсне значення діаметра валків D отримують округленням D' до більшого з ряду, м: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,5.

4. На практиці найбільший діаметр шматків у 18 – 22 рази менше діаметра валків, тому робиться перевірка умови:

$$\frac{D}{d_{\Pi}} = \frac{0,4}{0,020} = 20. \quad (6.47)$$

5. Довжина валка, м:

$$L = 0,7 \cdot D = 0,7 \cdot 0,4 = 0,28 \text{ м.} \quad (6.48)$$

6. Граничне число обертів валків, об/хв:

$$n_{\max} = 616 \cdot \sqrt{\frac{f}{\rho_T \cdot d_{\Pi} \cdot D'}} = 616 \cdot \sqrt{\frac{0,3}{3160 \cdot 0,020 \cdot 0,4}} = 67,105 \frac{\text{об.}}{\text{хв.}} \quad (6.49)$$

7. Унаслідок перевищення граничного числа обертів валків виникає відцентрова сила, яка зменшує коефіцієнт тертя, тому робоча частота обертання валків приймається меншою на 10...15%, об./хв.:

$$n = 0,85 \cdot n_{\max} = 0,85 \cdot 67,105 = 57,039 \frac{\text{об.}}{\text{хв.}} \quad (6.50)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $n=75 \frac{\text{об.}}{\text{хв.}}$.

II. Визначення продуктивності дробарки та необхідної їх кількості для забезпечення заданої продуктивності

8. Колова швидкість обертання валків, м/с:

$$w = \pi \cdot D \cdot n = 3,14 \cdot 0,4 \cdot 75 / 60 = 1,571 \text{ м/с.} \quad (6.51)$$

9. Об'ємна продуктивність валкової дробарки, якщо вважати, що з неї виходить стрічка подрібненого продукту товщиною $2 \cdot e$ і шириною L , м³/год:

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot D \cdot n \cdot 2 \cdot e \cdot L \cdot \mu = \\ &= 3,14 \cdot 0,4 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 0,0025 \cdot 0,28 \cdot 0,2 = 1,583 \text{ м}^3/\text{год.} \end{aligned} \quad (6.52)$$

10. Масова продуктивність дробарки, т/год.:

$$G = V \cdot \rho_T = 1,583 \cdot 3160 / 1000 = 5,003 \text{ т/год,} \quad (6.53)$$

де густина матеріалу ρ_T підставляється в т/м³.

11. Необхідна кількість дробарок, одиниць:

$$m = \frac{G_{\text{зад.}}}{G} = \frac{1,5}{5,003} = 0,3. \quad (6.54)$$

а) розраховується оптимальна довжина валків дробарки через задану продуктивність, м:

$$L_{\text{опт.}} = \frac{G}{w \cdot 2 \cdot e \cdot \mu \cdot \rho_T} = \frac{5,003}{1,571 \cdot 2 \cdot 0,0025 \cdot 0,2 \cdot 3160} = 0,28 \text{ м.} \quad (6.55)$$

III. Визначення кількості енергії, що затрачається на отримання 1 кг подрібненого матеріалу

12. Споживча потужність у валковій дробарці витрачається на роботу подрібнення, тертя матеріалу з валками та тертя у підшипниках. Потужність привода дробарки, кВт:

$$\begin{aligned} N &= 0,005 \cdot \frac{G \cdot \sigma^2}{E \cdot \rho_T \cdot \eta} \cdot \lg(i) = \\ &= 0,005 \cdot \frac{5,003 \cdot (80 \cdot 10^6)^2}{30 \cdot 3160 \cdot 0,85} \cdot \lg(4) = 1,196 \text{ кВт.} \end{aligned} \quad (6.56)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Загальна потужність валкових дробарок, кВт:

$$N_{\text{заг.}} = N \cdot m = 1,196 \cdot 0,3 = 0,359 \text{ кВт.} \quad (6.57)$$

14. Кількість енергії, що затрачається на кілограм готового продукту, кВт/кг:

$$J = \frac{N_{\text{заг.}}}{G_{\text{зад.}}} = \frac{0,359}{1,5} = 0,239 \text{ кВт.} \quad (6.58)$$

6.2.4 Розрахунок проміжного баку

Об'єм сахарат кальція:

$$V_{\text{сах.кальц.}} = \frac{m}{\rho} = \frac{37\,848,6}{1587} = 23,849 \text{ м}^3. \quad (6.59)$$

Об'єм баку:

$$V = 1,2 \cdot V_{\text{сах.кальц.}} = 1,2 \cdot 23,849 = 28,61; \quad (6.60)$$

де $V_{\text{сах.кальц.}}$ – об'єм сахарат кальцію, м^3 ;

1,2 – коефіцієнт запасу 20 %, частки.

Обрано бак об'ємом 30 м^3 . Кількість баків: $n = 6$, де один бак є резервним.

Обираємо бак діаметром 5 м, висота 7 м.

Висновки

В даному розділі дипломного проекту було розраховано та обрано основне технологічне обладнання – реактор синтезу ГАП, а також допоміжне обладнання, таке як насос, змішувач, валкова дробарка, проміжний бак.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їхня чутливість до порушень режиму, підвищена пожежонебезпечність спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів. Автоматичний контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування та зменшення чисельності технічного персоналу.

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу виробництва гідроксидапатиту, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму, необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

- 1) контроль і регулювання температури у реакторі змішувачі;
- 2) контроль і сигналізація рівня розчину у реакторі змішувачі;
- 3) контроль, сигналізація і регулювання рН у реакторі змішувачі;
- 4) контроль і регулювання витрати сахарат кальцію в трубопроводі проміжного баку;
- 5) контроль і регулювання витрати гідрофосфат амонію в трубопроводі після змішувача гідрофосфат амонію;
- 6) контроль і регулювання витрати аміаку в трубопроводі після бункера аміаку;
- 7) контроль і регулювання витрати оборотного розчину в трубопроводі після збірника фільтрату;
- 8) контроль і сигналізація рН у бункері з аміаком;
- 9) контроль і сигналізація рН у збірнику фільтрату;
- 10) контроль і сигналізація рівня у збірнику фільтрату;
- 11) контроль і регулювання витрати повітря у трубопроводі перед барабанною піччю;

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 12) контроль і регулювання витрати природного газу у трубопроводі перед барабанною піччю;
- 13) контроль, регулювання і сигналізація температури у барабанній печі;
- 14) контроль і регулювання температури трубопроводу після економайзера.

Параметри регулювання та контролю виробництва подані у табл. 8.1.

Таблиця 7.1 – Параметри контролю та керування виробництвом

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Наймену- вання параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Реактор змішувач	Температура	60 °С	Контроль, регулювання, сигналізація
2	Реактор змішувач	Рівень	-	Контроль, регулювання, сигналізація
3	Реактор змішувач	рН	9...10	Контроль, регулювання, сигналізація
4	Трубопровід після проміжного баку	Витрата	900 дм ³ /год	Контроль, регулювання
5	Трубопровід після змішувача гідро фосфат амонію	Витрата	350 дм ³ /год	Контроль, регулювання
6	Трубопровід після бункеру аміаку	Витрата	-	Контроль, регулювання
7	Трубопровід після збірника фільтрату	Витрата	-	Контроль, регулювання
8	Бункер аміаку	рН	12...14	Контроль, сигналізація
9	Збірник фільтрату	рН	≥ 9	Контроль, сигналізація
10	Збірник фільтрату	Рівень	-	Контроль, сигналізація

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5
11	Трубопровід перед барабанною пічу (повітря)	Витрата	-	Контроль, регулювання,
12	Трубопровід перед барабанною пічу (природний газ)	Витрата	-	Контроль, регулювання,
13	Барабанна піч	Температура	900 °C	Контроль, регулювання, сигналізація
14	Барабанна піч (на схемі не позначено)	Температура	500 °C	Контроль, регулювання, сигналізація
15	Трубопровід після економайзера	Температура	100 °C	Контроль, регулюванн

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Система автоматичного керування виробничим процесом включає функції регулювання, контролю, сигналізації, захисту, блокування та дистанційного управління і являє собою сукупність ланцюгів і постів управління з відповідною апаратурою. В даній роботі показана автоматизація виробництва, тобто автоматизація виробництва гідроксидапатиту.

Для контролю температури реакційної суміші розроблено контур 2, що складається із первинного вимірювального перетворювача температури (2-1) і вторинного показувального та реєструвального приладу (2-2).

Контроль рН у реакторі змішувачі та бункері аміаку, збірнику фільтрату забезпечують контури 1, 11 та 13 відповідно, які складаються з чутливих елементів рН-метра зі скляними електродами (1-1, 11-1 та 13-1), проміжних перетворювачів (1-2, 11-2 та 13-1), автоматичних показувальних і реєструвальних вторинних приладів (1-3, 11-3 та 13-1).

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю та регулювання витрати сахарату кальцію та гідрофосфат амонію, аміаку розроблено контури 6, 5 і 7 відповідно, а також для оборотного розчину після збірника фільтрату розроблений 14 контур, які мають у своєму складі діафрагми камерні (поз. 6-1, 5-1, 7-1, 14-1, дифманометри (6-2, 5-2, 7-2, 14-2), вторинні показувальні та реєструвальні прилади (6-3, 5-3, 7-3, 14-3), регулювальні блоки (6-4, 5-4, 7-4, 14-4), пневматичні виконавчі механізми (6-5, 5-5, 7-5, 14-5).

Контури 3 і 17 застосовують для контролю та сигналізації рівня розчину в реакторі змішувачі та збірнику фільтрату відповідно. Контури містять первинні і проміжні перетворювачі акустичних рівнемірів (3-1, 17-1), (3-2, 17-2), технологічні індикатори з пристроями сигналізації мінімального і максимального рівнів (3-3, 17-3), лампи сигнальні світлодіодні із жовтим індикатором (HL4, HL5, HL10).

Регулювання та сигналізація витрати в насосі здійснюється контурами (М6... М11) які включають магнітні пускачі безконтактні (МП6...МП11), кнопки запобіжного вимикання (SA6...SA11), кнопки управління (SB11...SB22), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим індикатором (HL21), (HL23), (HL25), (HL27), (HL29), (HL31), лампи сигнальні світлодіодні із червоним індикатором (HL20), (HL22), (HL24), (HL26), (HL28), (HL30).

Висновки

Результатом виконання роботи є схема автоматизації процесу .

У процесі виконання роботи були отримані практичні знання та навички з таких питань:

- самостійний аналіз технологічних процесів з позицій автоматизації;
- кваліфіковане формулювання завдання на автоматизацію технологічних процесів;
- засвоєння принципів дії та особливостей застосування основних типів первинних вимірювачів (датчиків) технологічних параметрів;

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ознайомлення з алгоритмами керування та функціональними можливостями автоматичних регуляторів (позиційних, аналогових, мікро-процесорних), особливостями конструкції та умовами експлуатації пристроїв безпосереднього впливу на технологічні процеси (виконавчі механізми та регулювальні органи);

- робота схем та пристроїв сигналізації, автоматичного блокування і захисту, дистанційного керування технологічним електроустаткуванням;

- вдосконалення техніки читання та розробки схем автоматизації технологічних процесів, ознайомлення з чинними стандартами в царині контролю та керування хіміко-технологічними процесами.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

8.1 Підприємство у промисловій структурі держави

За спеціалізацією виробництва – вузько спеціалізоване;

За масштабом виробництва – масове;

За ресурсами, що споживає – матеріаломістке, енергомістке та працемістке;

За потужністю – велике;

За чисельністю персоналу – мале;

За режимом роботи протягом року – позасезонне.

Мета діяльності підприємства полягає у виробництві біологічно активних фармацевтичних та медичних матеріалів, які є компонентами лікарських засобів, і може бути використано в стоматології та хірургії, для людей з вадами кісткових тканин.

Основні завдання підприємства:

- 1) Виробництво дрібно дисперсного порошку ГАП;
- 2) Максимальна чистота продукту;
- 3) Контроль якості виробництва;
- 4) Використання сучасного обладнання.

Організаційна структура підприємства

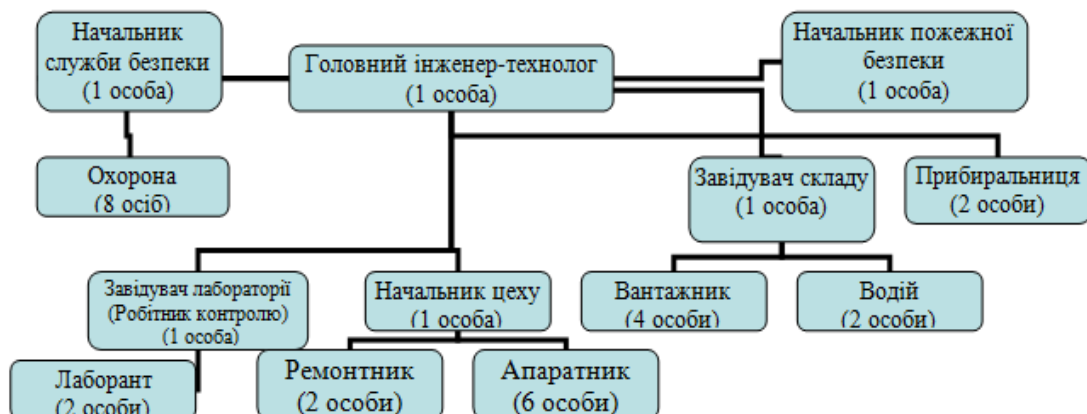


Рисунок 8.1 – організаційно структура підприємства.

8.2 Технологічна підготовка виробництва

Виробничі процеси залежно від відношення до кінцевої продукції, поділяються на: основні; допоміжні; бічні; підсобні, які представлені у таблиці 8.1.

У даному виробництві можливо виділити такі стадії:

1. Підготовка та налаштування обладнання.
2. Закупівля та розвантаження сировини.
3. Підготовка сировини.
4. Вхідний контроль сировини.
5. Завантаження сировини до змішувача.
6. Завантаження води до змішувача.
7. Синтез сахарат кальцію (настоювання)
8. Процес нагрівання води.
9. Завантаження реагентів до реактора з підігрівом.
10. Процес виготовлення продукції.
11. Фільтрування
12. Прожарювання.
13. Нагрівання води.
14. Подрібнення.
15. Вихідний контроль якості продукції.
16. Пакування готової продукції.
17. Транспортування продукції на склад
18. Процеси очистки та підготовки устаткування до наступного циклу виробничого процесу.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 – Виробничі процеси

Основні	1) Підготовка та налаштування обладнання. 2) Закупівля та розвантаження сировини. 3) Підготовка сировини. 4) Вхідний контроль сировини. 5) Завантаження сировини до змішувача. 6) Завантаження води до змішувача. 7) Синтез сахарату кальцію (настоювання) 8) Процес нагрівання води. 9) Завантаження реагентів до реактора з підігрівом. 10) Процес виготовлення продукції. 11) Фільтрування 12) Прокалювання. 13) Нагрівання води. 14) Подрібнення. 15) Вихідний контроль якості продукції.
Допоміжні	1) Пакування готової продукції 2) Відвантаження готової продукції на склад
Підсобні	1) Процеси очистки та підготовки устаткування до наступного циклу виробничого процесу
Бічні	1) У випадку зіпсування чи виявлення дефектів, продукт відправляється на подальшу переробку.

Види руху предметів праці

Виділимо чотири найголовніших операцій. Кожна з них триває певний час і представлений в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Вид руху предметів праці

№	Операція	Час, хв.
1	Змішування $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ з $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	60
2	Фільтрування	40
3	Прокалювання	60
4	Дроблення	30

Тривалість зміни = 8 години.

Послідовний рух предметів праці - це такий рух, під час якого обробка продукції проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію цієї партії предметів, що обслуговується. .

$$T_{BC} = \sum_{i=1}^n t_i = 60 + 40 + 60 + 30 = 190 \text{ хв} = 3,16 \text{ год.} \quad (8.1)$$

Виробництво працює у 2 зміни по 8 год. Тривалість зміни = 8 години.

За один робочий день кількість завантажень В становить:

$$B = \frac{16}{3,16} = 5,063 \text{ разів.} \quad (8.2)$$

Тривалість виробничого циклу для послідовного ВРПП становить:

$$T_{BC} = B \cdot \sum_{i=1}^n t_i = 5 \cdot 3,16 = 15,8 \text{ год.} \quad (8.3)$$

Паралельний рух предметів праці використовується безпосередньо в безперервних процесах при масовому виробництві продукції. Продукція передається з попередньої на наступну операцію, не очікуючи закінчення обробки всієї партії.

$$T_{BC} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1) \cdot t_{\max} = 16 \text{ год}; \quad (8.4)$$

$$B = \frac{T_{BC} + t_{\max} - \sum_{i=1}^n t_i}{t_{\max}} = \frac{(16 \cdot 60) + 60 - 190}{60} = 13,83 \approx 13 \text{ раз.} \quad (8.5)$$

Фактична тривалість виробничого циклу при паралельному ВРПП складає:

$$T_{BC} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1) \cdot t_{\max} = 190 + (13 - 1) \cdot 60 = 15,16 \text{ год.} \quad (8.6)$$

Синхронізований рух. В цьому випадку вироби передаються з однієї стадії на іншу за певним законом.

Час найкоротшої операції дорівнює 30 хв., отже задаємося ритмом 30 хв.

$$T_{BC} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1) \cdot R = 16 \text{ год}; \quad (8.7)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B = (T_{ВЦ} - \sum_{i=1}^n t_i + R) / R = \frac{16 \cdot 60 - 190 + 30}{30} = 26,66 \text{ раз} \approx 26. \quad (8.8)$$

Оптимальний вид руху праці є паралельний, тому що він дозволяє з економити на обладнанні і персоналі. За добу здійснюється 13 завантажень і виробляється по 770 кг ГАП за одну добу.

Розраховуємо необхідну кількість завантажень за тривалість роботи підприємства протягом дня.

Середньорічні показники роботи підприємства

Визначимо середньорічну тривалість виробничого циклу для даного процесу, враховуючи, що зміна в тиждень працює 40 год, 8 год на день, кількість змін за добу 2 шт.

Тривалість виробничого циклу:

$$T_{ВЦ}^{cp} = T_{ВЦ}^{техн} + T^{перерв} + T^{відпоч}; \quad (8.9)$$

$$T_{ВЦ}^{cp} = \frac{24 \cdot D_k \cdot T_{ВЦ}^{факт}}{T_p \cdot D_p} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 15,16}{16 \cdot 260} = 31,92 \text{ год}, \quad (8.10)$$

де 24 – тривалість доби;

D_k – кількість діб у календарному році;

$T_{ВЦ}$ – тривалість виробничого циклу фактична;

T – тривалість роботи підприємства протягом доби;

D_p – кількість робочих днів у календарному році.

Річний випуск:

$$B = 260 \cdot 13 \cdot 770 = 2\,602\,600 \text{ кг продукції}, \quad (8.11)$$

де $B_{\text{ц}}$ – випуск продукції за один виробничий цикл.

8.3 Визначення кількості одиниць обладнання, чисельності персоналу явочної і за списком, графіку роботи підприємства

Таблиця 8.3 – Кількість одиниць обладнання

№	Обладнання	Кількість, од.
1	Приміщення	1
2	Збірник води	1
3	Бункер гідро фосфату амонію	1
4	Змішувач	1
5	Апарат з мішалкою	1
6	Бункер СаО	1
7	Барабанна піч	2
8	Економайзер	2
9	Насос	6
10	Дозар	6
11	Збірник СаО	1
12	Бункер $C_{12}H_{22}O_{11}$	1
13	Проміжний бак з $CaC_{12}H_{20}O_{11}$	6
14	Бункер аміаку	1
15	Реактор змішувач	1
16	Дисковий вакуум фільтр	1
17	Трубопроводи	-
18	Збірник фільтрату	1
19	Конвеєр	1
20	Валкова дробарка	1
21	Бункер готової продукції	1

Таблиця 8.4 – Кількість працюючих на виробництві

Посада	Кількість
Генеральний директор	1
Заст. Директора	1
Головний бухгалтер	1
Головний інженер-технолог	1
Нач служби безпеки	1
Начальник пожежної безпеки	1
Охорона	8
Завідувач складу	1
Прибиральниця	2
Технолог з контролю	1
Лаборант	2
Вантажник	4
Ремонтник	2
Водій	2
Начальник цеху	1
Апаратник	6

Графік роботи підприємства

Тривалість змін:

I зміна з 7⁰⁰ до 15⁰⁰;

II зміна 15⁰⁰ до 23⁰⁰.

Підприємство працює 5 днів на тиждень, крім охорони їх графік складає 7 днів на тиждень по 3 зміни відповідно:

I зміна з 7⁰⁰ до 15⁰⁰;

II зміна 15⁰⁰ до 23⁰⁰;

III зміна 23⁰⁰ до 7⁰⁰.

вода, сахарат кальцію та гідрокарбонату амонію. Аналіз води проводять хімічними методами та оброблюють ультрафіолетом для максимального очищення від бактерій. Аналіз реагентів також проводять хімічними методами, де аналізують наявність домішок, чистоту вихідних речовин, що поставляється.

Контроль проводиться одразу після поставки сировини на склад та 1 раз на місяць незалежно від дати поставки. Результати записуються в базу даних ПК та ведеться журнал вхідного контролю.

Проміжний контроль здійснюється лаборантом. В даному технологічному процесі ведеться контроль гетерогенності суспензії та контроль подачі реагентів.

Заключний контроль проводиться при отриманні кожної нової партії продукту лаборантом. Результати записуються в базу даних ПК та у журнал вихідного контролю. За результатами оформлюється паспорт якості.

Працівники проходять вхідний технічний контроль, який визначає відповідність їх до їхнього кваліфікаційного рівня. Технологічне обладнання перевіряється на стадії його закупки, та кожної робочої зміни перед запуском технологічної лінії апаратчиком. Тара та пакування проходять перевірку на відповідність паспортним даним на стадії вхідного контролю.

8.4 Матеріальна документація та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 8.7 – Баланс споживання оборотних фондів на підприємстві

Завантажено						Отримано				
Назва	Кіл-ть, кг	К-ть, на рік кг	Ціна, рн./од.	Вартість грн/	Вартість на рік, грн	Назва	К-ть, кг	К-ть, на рік кг	Вартість, грн	Вартість, на рік грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сахароза	34 063,74	8 856 572,4	107	3 644 820,18	947 653 246,8	ГАП	10 000	2 602 600	14 216 414	3 696 267 578
Вапно	5 577,67	1 450 194,2	3	16 733,01	4350582,6					

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						62

Продовження таблиці 8.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Гідро фосфат амонію	7 888,45	2 050 997	14	110 438,3	28713958					
Р-н аміаку	287 500	74 750 000	36	10 350 000	2 691 000 000					
Вода	94 422,27	24 549 790,2	1	94 422,27	24549790,2					
Всього	429 452,14	111 657 553,8	161	14 216 414	3 696 267 578	Всього	10 000			

Отже, вартість сировини за річний випуск продукції складає 3 696 267 578.

Розрахунок електроенергії

Розрахуємо витрати електроенергії даним підрозділом підприємства за регульованими тарифами, якщо:

- потужність обладнання $P_{об}^{річ} = 80$ кВт;
- ціна 1 кВт = 123,8 коп.;
- підприємство працює з 7⁰⁰ по 23⁰⁰ год. (16 годин);
- працює у рік 260 днів.

$$E_{ен} = 16 \times 260 \times 80 \times 2,0 = 665\,600 \text{ грн/рік.} \quad (8.12)$$

Оборотні фонди підприємства

Склад споживання оборотних фондів, що використовуються даним підприємством для випуску продукції.

До оборотних фондів даного виробництва належать:

1. Сировина: гідрофосфат амонію, сахароза, вапно, аміак, вода, пакувальні матеріали.

2. Електроенергія.

Сумарно на річний випуск продукції необхідно затратити на сировину:

3 696 267 578 грн.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Калькуляція на вид продукції

Основні фонди

Для розрахунку розміру амортизаційних відрахувань необхідно розрахувати розмір основних фондів цеху. Вартість основних фондів наведена у таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 – Вартість основних фондів

	Назва	Кількість, од.	Ціна грн./од	Доставка, монтаж	Сума
1	2	3	4	5	6
1	Приміщення	1	250 000	-	250 000
2	Збірник води	1	10 000	2 000	12 000
3	Бункер гідрофосфату амонію	1	5 000	1 000	6 000
4	Змішувач	1	135 000	27 000	162 000
5	Апарат з мішалкою	1	135 000	2 000	137 000
6	Бункер СаО	1	5 000	1 000	6 000
7	Барабанна піч	2	500 000	100 000	1 200 000
8	Економайзер	2	6 900	1 380	16 560
9	Насос	6	5 000	1 000	36 000
10	Дозар	6	36 000	7 200	259 200
11	Збірник СаО	1	5 000	1 000	6 000
12	Бункер $C_{12}H_{22}O_{11}$	1	5 000	1 000	6 000
13	Проміжний бак з мішалкою	6	5 000	1 000	36 000
14	Бункер аміаку	1	11 000	2 200	13 200
15	Реактор	1	150 000	30 000	180 000
16	Дисковий вакуум-фільтр	1	610 000	122 000	732 000
17	Трубопроводи	-	45 500	9 100	54 600
8	Збірник фільтрату	1	11 000	2 200	13 200

Продовження таблиці 8.8

1	2	3	4	5	6
9	Конвеєр	1	30 000	6 000	36 000
20	Валкова дробарка	1	14 000	2 800	16 800
21	Бункер готової продукції	1	10 000	2 000	12 000
22	Нематеріальні активи	-	-	-	25 000
	Разом				3 220 560

Розраховуємо амортизацію основних фондів:

Вартість основних фондів:

- Вартість приміщення: 250 000 грн.
- Вартість обладнання: 2 945 560 грн.
- Нематеріальні активи: 25 000 грн.
- Всього 3 220 560 грн.

$$\text{ОФ} = 3\,220\,560$$

Амортизація будівель та споруд (термін експлуатації 20 років):

$$A_{\text{буд}} = \text{ОФ} / T_{\text{експ}} = 250\,000 / 20 = 12\,500 \text{ грн/рік.} \quad (8.13)$$

Амортизація обладнання (термін експлуатації 5 років):

$$A_{\text{обл}} = \text{ОФ} / T_{\text{обл}} = 2\,945\,560 / 5 = 589\,112 \text{ грн/рік.} \quad (8.14)$$

Амортизація нематеріальних активів (термін експлуатації 4 років):

$$A_{\text{обл}} = \text{ОФ} / T_{\text{н.акт}} = 25\,000 / 4 = 6\,250 \text{ грн/рік.} \quad (8.15)$$

Амортизація всього: 607 862 грн/рік

Розрахунок Фонду заробітної плати наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Розрахунок заробітної плати

Посада	Кількість	Зарплата грн./міс	Всього грн./міс
Головний інженер-технолог	1	7 000	7 000
Нач служби безпеки	1	7 000	7 000
Начальник пожежної безпеки	1	7 500	7 500
Охорона	8	6 000	48 000
Завідувач складу	1	6 000	6 000
Прибиральниця	2	6 000	12 000
Робітник контролю	1	10 000	10 000
Лаборант	2	8 000	16 000
Вантажник	4	6 500	26 000
Ремонтник	2	6 000	12 000
Водій	2	5 500	11 000
Начальник цеху	1	8 500	8 500
Апаратник	6	10 000	60 000
Всього			231 000

$$\text{ФОП} = 231\,000 \cdot 1,22 + 42\,700 = 324\,520 \text{ грн./міс.}, \quad (8.16)$$

де 42 700 – частина ФОП для стимулювання працівників.

$$\text{ФОП} = 324\,520 \cdot 12 = 3\,894\,240 \text{ грн./рік.} \quad (8.17)$$

Отже, оборотні засоби виробництва:

$$\begin{aligned} \text{Об.З} &= V_{\text{сировина}} + E_{\text{сн}} + \text{ФОП} = \\ &= 3\,696\,267\,578 + 665\,600 + 3\,894\,240 = 3\,700\,827\,418 \text{ грн./рік.} \end{aligned} \quad (8.18)$$

Сукупні витрати по виробництву ГАП представлені у таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 – Сукупні витрати по виробництв

Статті затрат	Ціна, грн./од.	Витрати на од , кг	Витрати на річний випуск, грн./рік
Сахароза	107,00	34 063,74	947 653 246,8
Вапно	3,00	5 577,67	4 350 582,6
Гідрофосфат амонію	14,00	7 888,45	28 713 958
Р-н аміаку	36,00	287 500	2 691 000 000
Вода	1,00	94 422,27	24 549 790,2
Електроенергія	2,00	1 280	665 600
ФОП	-	324 520	3 894 240
Амортизаційні відрахування	-	-	607 862
Всього			3 701 435 279,6

Розрахунок техніко-економічних показників

1) Річна собівартість продукції:

$$C = \text{Об.З} + A = 3\,700\,827\,418 + 604\,112 = 3\,701\,431\,530 \text{ грн/рік.} \quad (8.19)$$

2) Запланована ринкова ціна однієї одиниці продукту:

$$\text{Ц} = 1\,950 \text{ грн/кг.}$$

$$B = 2\,602\,600 \cdot 1\,950 = 5\,075\,070\,000 \text{ грн/рік.} \quad (8.20)$$

3) Прибуток:

$$\Pi = B - C = 5\,075\,070\,000 - 3\,701\,431\,530 = 1\,373\,638\,470 \text{ грн/рік.} \quad (8.21)$$

4) Капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{Об.З} = 3\,220\,560 + 3\,700\,827\,418 = 3\,704\,047\,978 \text{ грн.} \quad (8.22)$$

Рентабельність продукту:

$$P = (\Pi/C) \cdot 100\% = (1\,373\,638\,470 / 3\,701\,431\,530) \cdot 100\% = 37,11 \%. \quad (8.23)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов}} = K/\Pi = 3\,704\,047\,978 / 1\,373\,638\,470 = 2,7 \text{ року.} \quad (8.24)$$

Ефективність підприємства:

$$E = \Pi/K = 1\,373\,638\,470 / 3\,704\,047\,978 = 0,37. \quad (8.25)$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = B/O\Phi = 2\,602\,600 / 3\,220\,560 = 0,8 \text{ грн/грн;} \quad (8.26)$$

$$\Phi E = 1/\Phi B = 1/0,8 = 1,25 \text{ грн/грн.} \quad (8.27)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

З технологічного проекту видно, що у відділенні виробництва ГАП, на об'єкті знаходяться в обігу шкідливі, пожежонебезпечні, вибухонебезпечні речовини і матеріали. Передбачено використання електричної, механічної, теплової енергія та енергії стиснутого газу. Внутрішньоцеховий транспорт представлений трубопроводами. Проект виконаний з урахуванням вимог щодо охорони праці та пожежної безпеки.

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

9.1 Виявлення та аналіз ШНВФ на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці

9.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99, категорія робіт в цеху за важкістю - середньої важкості II б. В таблиці 9.1 наведені санітарних норми параметрів мікроклімату для названих приміщень, а в таблиці 9.2- коротка санітарну характеристику цеху, що проектується.

Таблиця 9.1 – Санітарні норми мікроклімату

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

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ					Арк.
										69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт.

$$t_{\text{п}} = t_{\text{опт}} + 2^{\circ}\text{C} = 21 + 2 = 23^{\circ}\text{C}, \quad (9.1)$$

де $t_{\text{опт}}$ – нормативне значення повітря робочої зони в теплий період року.

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби доікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Відділення прожарювання СаО, та ГАП	Пічні гази у барабанній печі	Викликає подразнення слизових оболонок, задуху.	5	4	Фільтруючий протигаз марки К, ГОСТ 12.4.122-83	Винести потерпілого на свіже повітря, терміново викликати швидку.	Експрес-метод: газоаналізатори: УГ-2; ГХ-100; ГХ-4
Дозування аміаку у реактор змішувач	Аміак	Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	5	2	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	Промити водою та обробити 5% розчином оцтової кислоти, а очі 2% розчином борної кислоти	ХЖ-130 хроматограф рідинний, мікроколонний

Природна вентиляція має неорганізований характер. Механічна вентиляція використовується у виробничих приміщеннях, де можливе виділення в повітря великої кількості шкідливих та вибухонебезпечних речовин внаслідок порушення технологічного режиму або аварії. Механічна вентиляція є витяжною, яка за годину забезпечує не менше, ніж восьмикратний повний обмін повітря в цих приміщеннях.

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

$$Q_{\text{в}} = W_{\text{пром}} \cdot C_{\text{в}} (t_{\text{подав}} - t_{\text{зовніш}}) \cdot 1000 / 3600, \text{ Вт}, \quad (9.2)$$

де $W_{\text{пром}}$ – кількість припливного повітря, що подається промисловим вентилятором, м³/год;

$C_{\text{в}}$ – об'ємна теплоємність повітря, дорівнює 1,257 кДж/м³·град;

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

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

$$Q_{\text{в}} = 2 \cdot 80000 \cdot 1,257 \cdot (22 - (-7)) \cdot 1000 / 3600 = 1633,1 \text{ кВт}. \quad (9.3)$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається по формулі:

$$H = Q_{\text{в}} / 506, \text{ екм}, \quad (9.4)$$

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°C; 1 екм = 0,82 м².

$$H = \frac{1633094,4}{506} = 3227,4 \text{ екм або } 2646 \text{ м}^2. \quad (9.5)$$

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип калориферу КСК4-12-02. Площа поверхні калориферу – 166,25 м², кількість калориферів дорівнює 2646/166,25=16.

9.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, розряд зорових робіт у робочому приміщенні цеху становить відповідно IV та V. У таблиці 9.3 наведені санітарні норми параметрів освітлення.

Таблиця 9.3 – Санітарні норми параметрів освітлення

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітл.		Суміщене освітл.	
	Освітленість, лк			Сукупність нормованих величин показника осліпленості 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
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 представлене боковим світлом, яке забезпечується вікнами приміщення цеху. У якості штучного освітлення використовуються комбіноване люмінесцентні лампи типу ЛБ та вибухозахищені світильники типу НОБ-300. Для аварійного освітлення використовують 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.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ				Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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

9.1.3 Виробничий шум та вібрації

За ДСН 3.3.6.0.37-99 рівень звуку не повинен перевищувати 50 дБА.

Фактичний рівень шуму складає 46 дБА, що відповідає нормі.

Для зниження шуму встановлені глушники аеродинамічного шуму від вентиляторів і компресорів. Для захисту органів слуху від шуму використовують засоби індивідуального захисту - протишумові навушники або беруші. При роботі з вібруючим устаткуванням передбачено 10-15 хвилинні перерви після кожної години роботи. Основне зниження шуму досягається, в основному, звукоізоляцією джерела або застосуванням глушників, які встановлюють на повітропроводах, магістралях викиду і очищення повітря. Для захисту від шуму використовуємо спеціальні кожухи, що встановлюються на агрегатах. Внутрішня поверхня кожуха облицьовується звукопоглинальним матеріалом. При установці кожуха на підлогу передбачено використання гумових прокладок. Для контролю шуму використовують шумоміри, для контролю вібрації - прилад ВШВ-003.

9.1.4 Електробезпека

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

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{мА}; \quad (9.6)$$

де $R_{\text{л}}$ – опір тіла людини, Ом;

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

R_0 – опір нейтралі заземлення, Ом;

U_ϕ – фазова напруга, В.

$$U_d = I_L \cdot R_L \cdot 10^3, \text{ В}; \quad (9.7)$$

$$R_L = 2 \text{ кОм}; R_0 = 4 \text{ Ом};$$

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

$$U_d = 0,11 \cdot 2000 = 220 \text{ В}. \quad (9.8)$$

Як видно з порівнянням розрахованих із допустимими величинами при порушенні вимог ПУЕ можливі електротравми з важкими наслідками. Виробничі приміщення цеху відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою у зв'язку з наявністю струмопровідних підлог, залізобетонних конструкцій.

Ураження людей електричним струмом може виникнути в результаті дотику до відкритих струмоведучих частин, до струмопровідних не струмоведучих елементів устаткування, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електродугу.

У разі застосування огорож або оболонок, як заходу захисту від прямого дотику струмоведучі частини вміщені в оболонки або розташовані за огорожами. Також використовується подвійна ізоляція. З подвійною ізоляцією виготовляється апаратури розподільні коробки, вимикачі, розетки, корпуси, переносні світильники, електровимірювальні прилади.

Також передбачено електроблокування, що дозволяє виключати напругу при відкриванні дверей огорожень, дверей корпусів і кожухів і при знятті кришок.

Для забезпечення електробезпечності передбачені наступні технічні способи: захисний поділ мереж, заземлення.

Засоби захисту від статичної електрики, передбаченні проектом: заземлення металевих й електропровідних частин устаткування.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.1.5 Безпека виробничих процесів та обслуговування обладнання

Експлуатація обладнання дозволяється персоналу, який пройшов спеціальне навчання, первинний та повторний інструктаж з охорони праці і має посвідчення про здачу іспиту на право роботи на даному виді устаткування.

Найнебезпечніші місця устаткування: рухомі частини обладнання, зокрема механізм запирання; поверхні з високою температурою, прилади в яких використовується струм.

При виникненні травмонебезпечних ситуацій з рухомими частинами обладнання, в першу чергу, виключається електроживлення, а пізніше надають першу медичну допомогу.

Для екстреної зупинки всіх частин, що рухаються, передбачаються аварійні кнопки «Стоп загальний», «Аварійний стоп» встановлені в декількох місцях. Для підтримки устаткування в справному стані буде своєчасно проводиться їх технічне обслуговування і ремонт.

9.2 Пожежна безпека

Пожежі в цеху можуть виникнути:

- при недотриманні правил проведення вогневих робіт;
- при появі пропусків масла в межах газотурбінної установки ГТТ-3М ;
- при недотриманні правил зберігання відпрацьованих матеріалів;
- при недотриманні правил експлуатації трубопроводів природного газу.

На виробництві, передбачені вогнегасники. Приміщення обладнані пожежними оповісниками, пожежними кранами та вогнегасниками. К. 501 обладнаний двома вводами пожежогосподарської води, К. 501а – одним. Відділення турбокомпресії обладнане газоаналізатором горючих газів.

З метою встановлення особливого протипожежного режиму в цеху передбачені місця для паління, особливий порядок проведення вогневих робіт, порядок прибирання горючих та промаслених відходів, особливий порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок,

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентиляційного та технологічного обладнання. На поверхах к.501 вивішено плани евакуації людей. Електроенергію на випадок пожежі відключає електротехнічний персонал, або цех електропостачання через диспетчера підприємства. Територія прибрана, освітлена, з вільними під'їздами до корпусів та твердим покриттям доріг та під'їздів. Евакуаційні виходи, пожежні драбини та двері к.501 утримуються у справному стані та мають вільний доступ. Тамбур шлюзи к.501 мають постійний підпір повітря. Опалення корпусів влаштоване водяним, приміщення ДПУ – повітряним через припливну вентиляції з калориферами.

Вентиляція каналу печі здійснюється двома димососами ДН – 17, один із яких є резервним. Система автоматики безпеки, що оснащена в основному клапанами – відсікачами типу ПКБ. У проєктованому цеху можливе виникнення вогнищ загоряння внаслідок перевантаження електроустаткування й влучення блискавки в будинок, захист від якої здійснено блискавковідводом стрижньового типу. У таблиці 9.5 наведені показники пожежо - і вибухонебезпечності речовин і матеріалів, і класифікація цеху за пожежо - і вибухонебезпечністю й пристрою захисту від блискавок.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.5 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Речовини, що мають обіг у виробн.	Речовини, що мають обіг у виробн.	Агрегатний стан речовини при нормальних умовах	Горючість, займистість, вибухонебезпечність	Показники пожежо- і вибухонебезпечності, °С			Межі запалена		Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщень по ОНТП 24-86	Клас приміщень і зовнішніх установок по ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту щодо влаштування блискавкозахисту згідно з СН 305-77
				Температура спалаху	Температура запалення	Т самозапалювання	%об'ємних	Мг/м	категорія	група				
Ділянка дозування аміаку у	Аміак	газ	горючий			650	15-28		Па	Т1	інертн. газ	Г	ІІб	ІІа
лянка прожарювання СаО	Пічні гази	газ	горючий						ІІб		Інертний газ	Б	Іа	ІІа -

У цеху встановлена пожежна сигналізація автоматичного типу на стелі, сигналізація типу ПТИМ – 1

На технологічне встаткування передбачене застосування запобіжних пристроїв (мембран, клапанів). Вони спрацьовують при підвищенні тиску понад установлені межі.

Захист від прямого удару блискавки забезпечується встановленням стрижневого блискавководводу.

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Одній з найбільш актуальних проблем тих, що хвилюють, сьогодні людство стала проблема охорони природи, раціонального використання природних багатств. У нашій країні охорона довкілля і раціонального використання природних ресурсів завжди відносилася до найважливіших політичних, економічних, соціальних завдань. Особлива відповідальність у справі охорони довкілля лягає на сучасні інженерно-технічні кадри. Вони повинні використати сучасну техніку і нову технологію виробництва з урахуванням збереження довкілля, повного комплексного використання неживої природи і забезпечення розширення відтворення ресурсів живої природи.

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів

Процес одержання гідроксидапатиту методом осадження з розчинів є маловідходним виробництвом, оскільки на першій стадії відбувається взаємодія оксиду кальцію і сахарози, а на другій – взаємодія сахарату кальцію з гідрофосфатом амонію.

Оксид кальцію у своєму складі має домішки води і вуглекислого газу, тому його попередньо прожарюють при 900 °С. За цих умов утворюється пічний газ, який у своєму складі має вуглекислий газ і є відходом виробництва. На другій стадії виробництва в процесі синтезу ГАП утворюється газоподібний аміак.

Таблиця 10.1 – Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів

№	Найменування стадії виробництва; перелік сировини, напівпродуктів, продукції	Властивості	Проблеми	Кількість сировини, напівпродуктів, кг (м ³)	
				На 1 т готової продукції	За рік
1	2	3	4	5	6
2	Вапно	Біла кристалічна речовина	-	557,767	145 019,42

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Продовження таблиці 10.1

1	2	3	4	5	6
3	Природний газ (для прожарювання СаО, а також на стадії прожарювання ГАП)	Суміш газів, отруйний, вибухонебезпечний	Викиди під час аварійних ситуацій	1100	602 250 000
4	Сахароза	Білий, без запаху кристалічний порошок з солодким запахом.	-	3 406,374	885 657,24
5	Гідрофосфат амонію	Білий порошок, що добре розчиняється у воді.	-	788,845	205 099,7
6	Аміачна вода	Безбарвна рідина із різким задушливим запахом	-	28 750	7 475 000

Таблиця 10.2 – Характеристика твердих відходів, газових викидів та рідких стоків виробництва

№	Найменування стадії виробництва; склад відходів, викидів, стоків	Кількість відходів, викидів та стоків, кг (м ³)		Метод очищення	Ступінь очищення, %
		На 1т готової продукції	За рік		
1	Пічні гази після спалювання природного газу. Оксид вуглецю	2 461,824	1 218 602 880	Моноетаноламіно ва очистка газу від вуглекислого газу з розподільними потоками розчину	99,007
2	Аміак	203,187	52 828,62	Абсорбція газів водою з отриманням аміачної води	

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

При одержанні вуглекислого газу після прожарювання оксиду кальцію, а також при прожарюванні ГАП, газ після економайзера можна очистити у циклоні від пилу, після чого може бути використаний як вихідна сировина у процесах карбонізації у сусідніх відділеннях (наприклад у виробництві соди). Також після циклону можна подати газ на промивку гарячим розчином

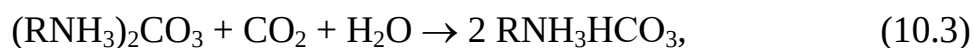
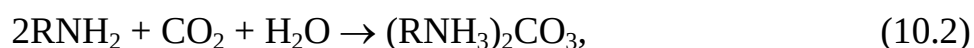
					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

карбонату калію з концентрацією 25-30 %, який буде поглинати вуглекислий газ і при цьому переходити в гідрокарбонат:



Розчин при нагріванні або при низькому тиску розкладається і виділяє вуглекислоту. Кінцевий вміст вуглекислого газу після такої промивки становить 0,1 % [30].

Також газ можна очищати 20 % розчином моноетаноламіну, процес проходить у дві стадії:



де R – CH₂-CH₂-OH.

Кінцевий вміст вуглекислого газу після такої очистки становить 0,01 %.

При незначних кількостях CO₂, його можна викидати в атмосферу. Для цього будують труби, які на значній висоті розсіюють вуглекислий газ в повітрі, головне щоб його кількість не перевищувала ГДК [31].

Якщо вуглекислий газ збирати в балонах під тиском (65-70 атм), то утворюється рідка вуглецева кислота. Балони з цією кислотою широко застосовуються в якості вогнегасників і для виробництва газованої води.

Вуглекислота в балончиках застосовується в пневматичній зброї і в якості джерела енергії для двигунів в авіамоделюванні.

Тверда вуглекислота застосовується в якості холодоагенту і робочого тіла в теплоенергетичних установках.

При одержанні газоподібного аміаку на другій стадії виробництва газ пропонується збирати, і пропускати через воду в абсорбері. Тобто абсорбція газів водою з отриманням аміачної води з концентрацією аміаку 15%. Отриману аміачну воду можна використовувати, як товарний продукт або для потреб виробництва для реактора де відбувається сам синтез ГАП, де середовище підтримують з рН=11.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фільтрат, який утворюється після відділення твердої фази подається у збірник фільтрату, і використовується як оборотний розчин, який підживлює реактор, аміачною водою.

10.3 Розрахунки та підбір обладнання за обраним рішенням

Для зберігання вуглекислого газу будемо застосовувати балони, в які будемо закачувати газ за допомогою компресора, тому розрахуємо їх параметри.

Розрахунок балону.

Стандартні балони для зберігання вуглекислоти, які застосовуються в промисловості є об'ємами: 20, 40 та 50 дм³ за ГОСТ 949-73.

При робочому тиску вуглекислоти в балоні 14,7 МПа (150 кгс/см²) коефіцієнт заповнення: 0,60 кг/дм³; при 9,8 МПа (100 кгс/см²) – 0,29 кг/дм³; при 12,25 МПа (125 кгс/см²) – 0,47 кг/дм³.

Об'ємна вага вуглекислоти в газовому стані дорівнює 1,98 кг/м³, при нормальних умовах.

Підрахуємо масу вуглекислоти, якщо об'єм балону буде становити 40 дм³ з робочим тиском 14,7 МПа (150 кгс/см²):

$$m = 40 \cdot 0,6 = 24 \text{ кг.} \quad (10.4)$$

Підрахуємо об'єм вуглекислоти в газоподібному стані:

$$V = \frac{24}{1,98} = 12,12 \text{ м}^3. \quad (10.5)$$

Прийmemo що за добу в нас утворюється 120 кг вуглекислого газу, необхідно три одиниці балонів.

Тому закупимо балони: Балон вуглекислотний 40 дм³ ГОСТ 949-73 призначений для зберігання та транспортування вуглекислоти.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.4 Екологічний моніторинг

Параметром, що передбачається контролювати в рамках екологічного моніторингу є вміст оксиду вуглецю та аміаку в атмосфері, концентрація якого повинна бути менше 5 мг/м^3 , і $0,2 \text{ мг/м}^3$. Контроль здійснюється постійно.

Відбір проб відбувається на постах моніторингу забрудненості повітря за допомогою газоаналізатора. Перший пост знаходиться на відстані 1 км від точки викидів.

10.5 Розрахунок екологічних платежів

Оскільки норми ГДК не перевищені (тобто відсутні викиди в атмосферу та скиди у стічні води), то підприємство не сплачує екологічних платежів.

Технологічний процес наведений в даному бакалаврському проекті є екологічно безпечним, тому що не несе за собою шкідливих відходів.

В ході процесу отримано цільовий продукт – гідроксидапатит для медичного застосування.

Висновок

В даному розділі проведено аналіз джерел можливого забруднення, розглянуті можливі варіанти екологізації виробництва, обрано обладнання для очищення.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному бакалаврському дипломному проєкті проведено критичний огляд щодо методів отримання гідроксидапатиту, його характеристика та наведені біоматеріали, що виготовляються на його основі.

Обрано, на наш погляд, найбільш раціональний метод одержання ГАП – осадження з водних розчинів з використанням сахарози та розроблено технологічну схему виробництва нанодисперсного ГАП цим методом з використанням сахарози, який має ряд переваг серед інших.

Експериментально підтверджено отримання чистого наноструктурного ГАП цим методом.

Обрано вихідні реагенти для виробництва та наведено їх характеристика. Розрахований матеріальний баланс виробництва, а також визначено витратні коефіцієнти з сировини: $\beta_{CaO} = 0,55 \frac{кг}{кг}$, $\beta_{C_{12}H_{22}O_{11}} = 3,4 \frac{кг}{кг}$, $\beta_{(NH_4)_2HPO_4} = 0,79 \frac{кг}{кг}$, $\beta_{NH_4OH} = 28,75 \frac{кг}{кг}$, $\beta_{H_2O} = 9,442 \frac{кг}{кг}$.

Розраховано та обрано технологічне обладнання, реактор з мішалкою, проміжний бак, валкова дробарка і насос., та розраховано основний апарат – реактор синтезу ГАП.

Технологічна схема була автоматизована на рівні локальної автоматики і мікропроцесорної техніки з метою проведення контролю та регулювання витрат в трубопроводах, рівня розчину у реакторах і бункерах, а також контролю і регулювання рН і температури.

Також, в проєкті було розраховано основні техніко-економічні показники роботи відділення, такі як річний випуск продукції 2 602 600 кг, обсяг капіталовкладень 3 704 047 978 грн, загальна собівартість продукції 3 701 431 530 грн.

Даний дипломний проєкт було виконано з урахуванням норм охорони праці та екологічної безпеки.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Орловский В.П., Суханова Г.Е., Ежова Ж.А., Родичева Г.В. Гидроксиапатитная биокерамика // Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева. 1991. Т. 36, № 10. С. 683-690.
2. Губер Ф., Шмайсер М., Шенк В.П. Руководство по неорганическому синтезу. -М.: Мир, 1983. -572 с.
3. Hattori T. Apatitic calcium orthophosphates and related compounds for biomaterials preparation // Ceram. Mater. 1988. V. 3, № 4. P. 426-428.
4. Вересов А. Г. Направленный синтез высокодисперсных материалов на основе гидроксиапатита: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук. МГУ, Москва, 2003, 22 с.
5. Вендерма М.А., Кнубовец Р.Г. Замещенные галогениды в структуре гидроксиапатита. // Изв. АН СССР. Неорг. материалы. 1984. Т.20, №6. С. 991.
6. Monma H.J. Processing of synthetic hydroxyapatite // J. Ceram. Soc. Jap. 1980. V. 28, № 10. P. 97-102.
7. Yoshimura M., Suda H. Hydrothermal processing of hydroxyapatite: past, present and future // in: Hydroxyapatite and related materials, P.W. Brown, B. Constantz editors. 1994. CRC Press Inc. P. 45-72.
8. Capek I. Nanocomposite Structures and Dispersions. Ser. Studies in Interface Science. N.Y.: Elsevier, 2006. V. 23. 312p.
9. Головин П.В., Герасименко А.А., Третьякова Г.С. Сахарати и их применение в промышленности. Киев: Изд-во АН УССР, 1960. 236с.
10. Белякова А.В. Методы получения неорганических неметаллических наночастиц. М.: РХТУ, 2003. 80 с.
11. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. - М.: Наука, 2005. - с. - ISBN 5-02-033724-2.
12. Реактивы. Аммоний фосфорнокислый двузамещенный. Технические условия [Электронный ресурс] режим доступа <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/36567/> вільний.

					<i>ХНЗ106 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Реактивы. Сахароза. Технические условия [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/16304/> вільний.
14. Реактивы. Кальция оксид. Технические условия [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/34238/> вільний.
15. Реактивы. Аммиак водный. Технические условия [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/4345/> вільний.
16. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/7491/> вільний.
17. Нормативы качества воды [Электронный ресурс] режим доступа: <http://wwtec.ru/?id=356> вільний.
18. Склад повітря [Електронний ресурс] режим доступа: <http://cd.greenpack.in.ua/sklad-povitrya/> вільний.
19. Сафронова Т.В. Синтез нанокристаллического гидроксиапатита кальция из сахаратов кальция и гидрофосфата аммония / Т.В. Сафронова, В.И. Путляев, А.И. Сергеева, Э.В. Куненков, академик Ю.Д. Третьяков // Доклады академии наук, 2009, том 426, № 4, с. 491 – 496. УДК 631.414.
20. Гегузин Я.Е. Физика спекания. – М.: Наука. 1971. – 360 с.
21. Doremus R.H. Review: Bioceramics // J. Mater. Sci. 1992. V. 27. P. 285.
22. Bernache-Assollant D., Ababou A., Champion E., Heughebaert M. Sintering of calcium phosphate hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ I. Calcination and particle growth // J. Europ. Ceram. Soc. 2003. V. 23, № 2. P. 229-241.
23. Аппараты с механическими перемешивающими устройствами [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.chimmash.ru/meshalka.htm> вільний.
24. Иоффе И.Л. Проектирование процессов аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
25. Лашинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст] / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский – Л.: Машиностроение, 1970 г. 752 с.

26. ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
27. Альперт, Л. З. Основы проектирования химических установок / Альперт Л.З. – М.: Высшая школа, 1989. – 303 с.
28. Перельман В.И. Краткий справочник химика / Перельман В.И. – М.: изд. Химия, 1968. – 620 с.
29. Знак Д.А. Хімічні проблеми сьогодення [Текст] / Д.А. Знак, Т.А. Донцова // Хімічна технологія: Тези доповідей Десятої Української наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю; Вінниця, НТУУ «КПІ», 27 – 29 березня 2017 р. – В.: ДНУ ім. В. Стуса Інститут фізико – органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка, 2017.– 44 с. : іл. – Бібліогр.: в кінці тез. – С. 19-20.
30. Князев Ю.В. Конспект лекцій з прикладної екології (електронний варіант на правах рукопису).– К.: НТУУ «КПІ», 2005 – 79 с
31. Семенов В.П. Производство аммиака / Под ред. В.П. Семенова – М.: Химия, 1985. – 368 с.
32. Вересов А.Г. Химия неорганических биоматериалов на основе фосфатов кальция / А.Г. Вересов, В.И. Путляев, Ю.Д. Третьяков / Ж. Рос. Хим. об-ва им. Д.И. Менделеева, 2004, т. XLVIII, № 4.
33. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: справочник / Н.Ф. Тищенко. – М.: Химия, 1991. – 362 с.
34. Товажнянський Л.Л. Технологія зв'язаного азоту: Підручник / Л.Л. Товажнянський, О.Я. Лобойко та ін.; За ред. О.Я. Лобойка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – 536 с.
35. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту освітньокваліфікаційного рівня «бакалавр» професійного спрямування «Хімічні технології неорганічних речовин» хіміко-технологічного факультету. /Укладачі: проф. Астрелін І.М., доц. Концевой А.Л., доц. Лукінюк М.В., доц. Підлісна О.А., ст.викл. Концевой С.А. – НТУУ «КПІ», 2014. – 83 с.

					ХНЗ106 1440 000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		