

ВСТУП

Нанодисперсні оксиди титану та стануму набувають все більш широкого застосування як каталізатори та фотокаталізатори, в сонячних батареях, як чутливі шари в газових сенсорах, в косметичці, в космічній галузі як покриття, що відбивають УФ-промені на пластмаси.

Існує безліч методів отримання оксидів цих металів, але, нажаль, всі вони розроблені тільки в лабораторних умовах. Промислові методи, такі як сульфатний та хлоридний методи, не зовсім придатні для отримання наукоємної продукції спеціального призначення. Сульфатний метод не дозволяє отримувати нанодисперсні порошки, крім того становить певну небезпеку для екології. Хлоридний метод незважаючи на високу чистоту отриманих оксидів та невелику екологічну небезпеку, з точки зору економіки він є дуже затратним.

В даному сенсі, для отримання оксидів металів перспективним виглядає промисловий алкоксометод, який дозволяє отримувати частинки оксидів в нанодіапазоні з регульованою структурою. Окрім того, даним методом змішаний оксид отримується рівномірно розподілений по всьому об'єму і за низьких температур. Отже, найбільш бажаним способом отримання змішаних оксидів для спеціального призначення, з нашої точки зору, є алкоксометод.

Отже, метою даного бакалаврського проекту є розробка автоматизованої технологічної схеми виробництва змішаних оксидів титану та стануму алкоксометодом з урахуванням екологічної безпеки, економічної доцільності та норм охорони праці.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Серед найпоширеніших промислових методів одержання оксиду титана наступні.

Сульфатний метод. Сульфатний спосіб був впроваджений у промисловість у 1931 р., для виробництва анатазної форми оксиду титану (IV), а пізніше, в 1941 р. – рутильної. У цьому способі руда, що містить титан (ільменіт та інше), розчиняється в сульфатній кислоті, утворюючи розчини сульфатів титану, заліза та інших металів. Потім, у ряді хімічних реакцій, що включають в себе хімічне відновлення, очищення, осадження, промивання та кальцинацію, утворюючи базовий оксид титану (IV) з необхідним розміром частинок. Будова кристалів (анатазної або рутильної форми) контролюється в процесі ядроутворення і кальцинації. Основним недоліком методу є висока ступінь забруднення отриманого розчину титанілсульфату, що викликає необхідність багатостадійної очистки.

Хлоридні методи. Хлоридні способи отримання оксиду титану (IV) засновані на використанні тетрахлориду титану як сировини. В залежності від методу перетворення сировини на продукт існують різні напрямки:

- 1) гідроліз водних розчинів тетрахлориду титана з подальшою термообробкою осаду.
- 2) парофазний гідроліз тетрахлориду титана (взаємодію між парами води і парами тетрахлориду проводять при 900-1000 °С)
- 3) спалювання тетрахлориду в потоці кисню.

У порівнянні з сульфатним хлоридні способи є більш екологічно чистими і досконалішими завдяки можливості здійснювати процес в безперервному режимі, що передбачає повну автоматизацію виробництва. Однак вони вибіркові до сировини, а в зв'язку з використанням хлору і високих температур вимагає застосування корозійностійкого обладнання.

Алкоксометод. Алкоксометод полягає у отриманні із тетрахлориду титана спочатку алкоголят, а потім внаслідок гідролізу гідроксид, який після

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

термообробки переходить в оксид титану. Алкоксометод дозволяє отримувати нанодисперсний порошок оксиду високої якості за набагато менших температур, ніж після гідролізу водних розчинів тетрахлориду титану. Крім того, при додаванні алкоголятів інших металів, після гідролізу та термообробки утворюються багатокомпонентні тверді розчини, отримати які за інших умов набагато складніше та потребує високих температур.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

2.1 Характеристика продукції

Характеристика продукту на виході з цеху представлена в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Характеристика TiO_2

Показник	Значення
Молярна маса, г/моль	80
Масова частка TiO_2 , %, не менше	98
Масова частка летких речовин, %, не більше	0,5
рН водної суспензії	6,5-8,0
Залишок на ситі з сіткою 00045, % не більше	0,15
Масова частка водорозчинних речовин, % не більше	0,4

Таблиця 2.2 – Характеристика SnO_2

Показник	Значення
Молярна маса, г/моль	151
Масова частка SnO_2 , %, не менше	99
Масова частка летких речовин, %, не більше	0,5
рН водної суспензії	6,5-8,0
Залишок на ситі з сіткою 028 К, % не більше	0,1
Масова частка водорозчинних речовин, % не більше	0,4

2.2 Характеристика сировини

Сировиною для отримання нанодисперсного порошку $\text{TiO}_2 \cdot 4\text{SnO}_2$ є безводні тетрахлориди титану та стануму, абсолютний ізопропіловий спирт, гідроксид амонію, дистильована вода.

Тетрахлорид титану (ТУ 6-09-2118-77) являє собою безбарвну рухливу рідину, яка димить на повітрі. Густина $1,726 \text{ г/см}^3$. Температура кипіння $136,4^\circ\text{C}$.

Тетрахлорид стануму (ТУ 6-09-3182-92) – безбарвна (іноді жовтувата) рідина, димить на повітрі. Густина $2,226 \text{ г/см}^3$. Температура кипіння $114,5^\circ\text{C}$.

Гідроксид амонію 25%-ий (ГОСТ 3760-79) – безбарвна рідина з різким запахом. Густина $0,91 \text{ г/см}^3$. Температура кипіння 38°C .

Ізопропіловий спирт абсолютний (ГОСТ 9805-84) – безбарвна прозора рідина. Густина $0,785 \text{ г/см}^3$. Температура кипіння $82,4^\circ\text{C}$.

Таблиця 2.2 – Технічні вимоги до сировини

№ п/п	Реагент, стандарт	Вміст речовини, %
1	TiCl_4 ТУ 6-09-2118-77	99,9
2	SnCl_4 ТУ 6-09-3182-92	99,9
3	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ГОСТ 9805-84	99,7
4	NH_4OH ГОСТ 3760-79	25

Таблиця 2.3 – Технічні вимоги до дистильованої води (за ГОСТ 6709-72)

Назва показника	Норма
1	2
Масова концентрація залишку після випарювання, г/дм^3 , не більше	5
Масова концентрація аміаку і амонійних солей, г/дм^3 , не більше	0,02
Масова концентрація нітратів, г/дм^3 , не більше	0,2
Масова концентрація сульфатів, г/дм^3 , не більше	0,5
Масова концентрація хлоридів, г/дм^3 , не більше	0,02
Масова концентрація алюмінію, г/дм^3 , не більше	0,05
Масова концентрація заліза, г/дм^3 , не більше	0,05

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 2.3

1	2
Масова концентрація кальцію, г/дм ³ , не більше	0,8
Масова концентрація міді, г/дм ³ , не більше	0,02
Масова концентрація свинцю, г/дм ³ , не більше	0,05
Масова концентрація цинку, г/дм ³ , не більше	0,2
Масова концентрація відновників КМnO ₄ (O), г/дм ³ , не більше	0,08
pH води	5,4-6,6
Питома електропровідність при 20°C, См/м, не більше	5·10 ⁻⁴

2.4 Характеристика енергетичних носіїв

Для підтримки потрібної температури повітря в барабанній сушильці використовується природний газ, . Характеристики природного газу згідно ГОСТ 5542-87 представлені у таблиці 2.4.

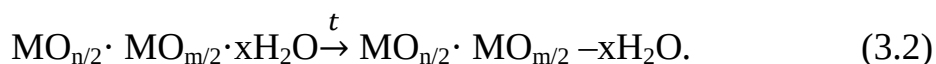
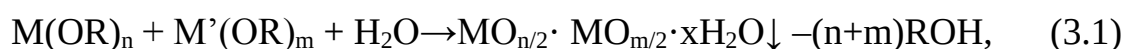
Таблиця 2.4 – Характеристика природного газу

Найменування показника	Норма
Нижча теплота згоряння, МДж/м ³	31,8
Масова концентрація сірководню, г/м ³	0,02
Масова концентрація меркоптанової сірки, г/м ³	0,036
Об'ємна доля кисню, %	1
Маса механічних домішок в 1 м ³ , г	0,001
Інтенсивність запаху газу, при об'ємній долі 1 %	3
Область значень числа Воббе, МДж/м ³	41,2÷54,5

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

3.1 Алкоксометрія

Використання алкоголятів металів в синтезі високочистих оксидних матеріалів (алкоксотехнологія) засновано на їх здатності миттєво піддаватися гідролізу в присутності мінорних кількостей води або водяної пари:



Спочатку з суміші алкоголятів утворюється високоомогенна суміш гідратованих гідроксидів металів М і М'. При подальшій термообробці видаляється вода і відбувається кристалізація складного оксиду. Гідроксиди, отримані по алкоксотехнології, втрачають воду при досить низьких температурах з утворенням оксидів у вигляді порошків з високою дисперсністю (в т.ч. нанорозмірних) і хімічною активністю. Тому процеси їх спікання для отримання керамік відбуваються зі значно більшою швидкістю і при більш низьких температурах, ніж з порошків, отриманих за іншими технологіями.

Використання вихідних речовин в формі розчинів алкоголятів, що містять всі компоненти майбутньої оксидної композиції, забезпечує високу гомогенність в розподілі атомів різних металів в отриманому матеріалі. Найбільш важлива область використання алкоголятів пов'язана з отриманням багатокомпонентних матеріалів (твердих розчинів або складних стехіометричних сполук оксидів), часто володіють унікальними фізичними властивостями (що найчастіше вимагає високої чистоти матеріалу і точного відтворення стехіометрії). Традиційні методи синтезу подібних матеріалів засновані на твердофазних реакціях, в яких висока ступінь перетворення

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

досягається дуже повільно, фазоутворення і гомогенізація відбуваються за рахунок дифузії в ході тривалих випалювань при високих температурах, в більшості випадків для цього доводиться вдаватися до проміжних перемолів реакційної маси. При цьому з'являється можливість відхилення від заданої стехіометрії, наприклад, за рахунок випаровування одного з компонентів або забруднення матеріалом тіл, що мелють.

Використання алкоксометода дозволяє подолати дифузійні труднощі і знизити температуру фазоутворення (іноді на сотні градусів), домогтися більш рівномірного розподілу основних компонентів і модифікуючих мікродобавок і отримувати при порівняно низькій температурі високореакційні нанодисперсні порошки. При синтезі тонкоплівкових матеріалів застосування алкоксометоду дозволяє, не вдаючись до складних і дорогих вакуумних методів, отримувати однорідні плівки складних оксидів, порівняно легко регулювати їх склад і товщину. Існують ще дві переваги алкоксотехнології. По-перше, це низький вміст залишкового вуглецю в отриманих матеріалах, що обумовлено легкістю термічного розкладання алкоголятів при порівняно низьких температурах (300-400 °C). По-друге, алкоксотехнологія призводить до мінімального забруднення навколишнього середовища, адже при термолізі алкоголятів в атмосферу викидається лише CO₂, що при великих обсягах виробництва набагато більш терпимо, ніж викиди NO₂, що є продуктом термоліза нітратів в широко відомому нітратному процесі, котрий більш придатний для синтезу в лабораторному масштабі.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.2 Основні етапи методу та його фізико-хімічні основи

На рисунку 3.1 зображено основні стадії процесу отримання нанодисперсного порошку $\text{TiO}_2 \cdot 4\text{SnO}_2$

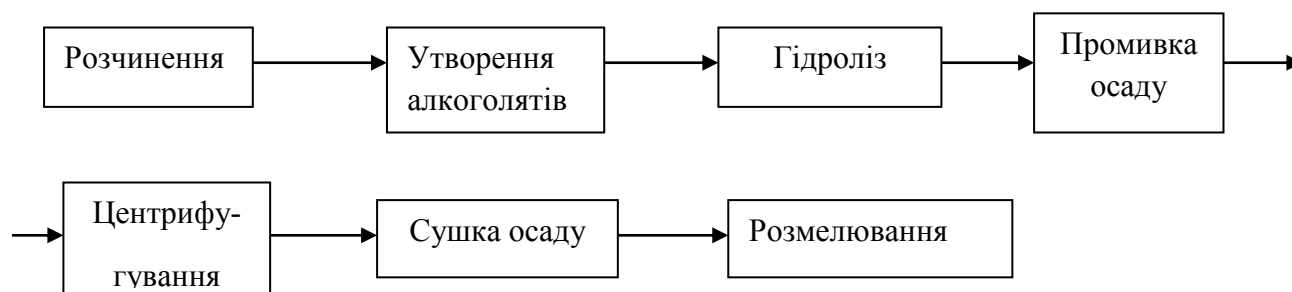
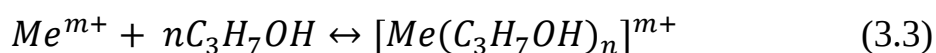


Рис. 3.1 – Етапи отримання $\text{TiO}_2 \cdot 4\text{SnO}_2$ алкоксометодом.

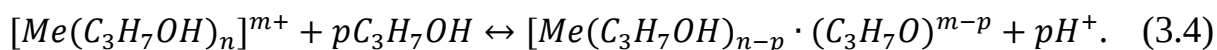
Розчинення. Тетрахлориди стануму та титану швидко гідролізують при взаємодії з найменшими кількостями води. Тому ізопропіловий спирт в якості розчинника має бути абсолютним і взятим в невеликому надлишку.

При взаємодії тетрахлоридів з ізопропанолом відбувається сольватація. До катіонів металів притягуються OH^- групи спирту.



Процес необхідно проводити в абсолютно сухому приміщенні у герметичному реакторі для запобігання завчасного перебігу процесів гідролізу. Для прискорення процесу розчинення доцільно проводити перемішування компонентів для зменшення товщини дифузійного шару між речовинами. Нагрівання небажане, оскільки при цьому збільшена інтенсивність випаровування ізопропілового спирту до закінчення розчинення в герметичному реакторі може призвести до появи надлишкового тиску і додаткового навантаження на стінки апарату.

Утворення алкоголятів та їх гідроліз. Після сольватації з катіонами металів проходять процеси сольволізу:



Для зміщення рівноваги в сторону утворення алкоголятів необхідно додавати основу для зв'язування йонів H^+ з OH^- основи. Відразу після початку сольволізу починається гідроліз утворених алкоголятів з випадінням осаду гідроксидів металів. Ступінь гідролізу алкоголятів значно підвищується при підвищенні температури, тому процес проводять в автоклаві за температури $150\text{ }^{\circ}C$. Вищі температури призведуть до переходу алкоголятів з розчину в пар, що ускладнить перебігання гідролізу і утворення осаду.

Перехід розчиненої речовини в осад – сукупність двох процесів: утворення зародків твердої фази і росту кристалів або укрупнення гелеподібних частинок при одночасному їх осадженні. Кристалізація прискорюється при зниженні температури.

Кількість зародків (центрів кристалізації) n пов'язана зі ступенем перенасичення C/C_p відношенням:

$$n \propto A(C/C_p - 1), \quad (3.5)$$

де A – коефіцієнт пропорційності;

C – концентрація розчину.

Чим більше перенасичення C/C_p , тим більше утворюється центрів кристалізації і тим більш дрібний і активний є осад. Для збільшення числа зародків кристалізації слід використовувати концентровані вихідні розчини. Підвищення температури і рН середовища, а також збільшення йонної сили розчину сприяють збільшенню n .

Завдяки проведенню процесу при високій температурі кристалізація проходить повільно і кристали не перевищують розміри в 1000 нм .

Промивка осаду та центрифугування. Для виділення наночастинок із колоїдного розчину найкраще підходить центрифуга, оскільки дозволяє проводити виділення часток до 100 нм при $3\,000\text{ об/с}$. Промивка проводиться паралельно з центрифугуванням, що дає можливість не встановлювати окремий апарат.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

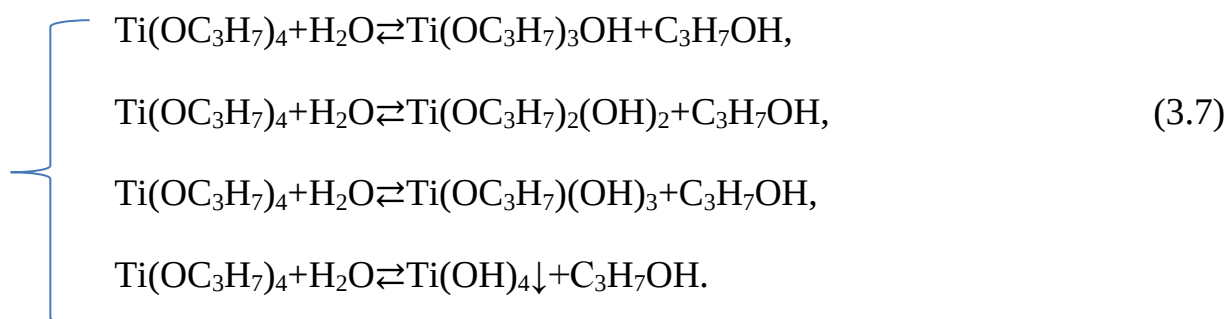
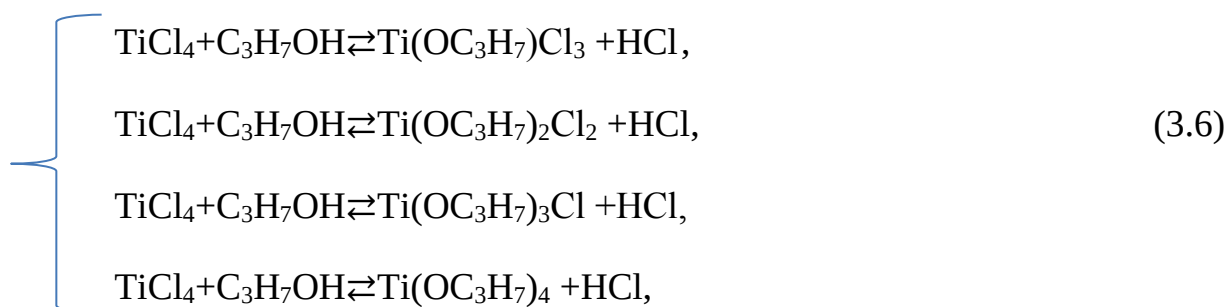
При центрифугуванні рушійною силою розділення твердої і рідкої фаз є відцентрова сила, що досягає великих значень, під дією якої осад залишається в роторі центрифуги, а рідина видаляється.

Сушка осаду. Сушку осаду проводять в барабанній сушилці за температури 350 °С – так досягається розклад залишків не до кінця прогідролізованих алкоголятів та видалення води з гідроксидів металів. Сушильним агентом слугує гаряче повітря, яке продувається через весь барабан апарату і завдяки його постійному руху не дає частинкам злипатися між собою.

Розмелювання проводять для досягнення якомога більшої дисперсності порошку після сушки у барабанно-кульовому млині, його конструкція є найбільш ефективною.

3.3 Хімічні процеси синтезу змішаних оксидів

Після розчинення з додаванням NH_4OH для прискорення гідролізу і сольволізу проходять такі реакції:



Паралельно проходить нейтралізація кислоти:



На стадії просушки при 350 °С вода виділяється з гідроксидів:

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Аналогічні реакції проходять і з SnCl_4 .

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Через насоси-дозатори 1-3 до змішувача 4 подаються безводні тетрахлориди титану та стануму і абсолютний ізопропіловий спирт. Після змішування, насосом 11 розчин переходить у збірний бак 5, звідти до автоклаву 6, куди подається деіонізована вода та гідроксид амонію для зсуву процесу гідролізу в сторону утворення оксидів металів. У автоклаві встановлюють температуру 150 °С за допомогою постійного обігріву стінок гарячим паром. Частина пару подається всередину автоклаву для прискорення процесів гідролізу та нагрівання. Після автоклаву суспензію подають до відстійної центрифуги 7, де суспензія також проходить промивку. Рідка фаза зливається у збірник 10. Після центрифугування тверда фаза проходить через барабанну сушарку 8, де повністю позбавляється від вологи, після чого розмелюється барабанно-кульовим млином 9 до стану найбільш високої дисперсності, звідки відправляється на фасування та склад.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва

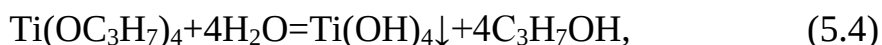
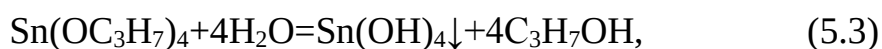
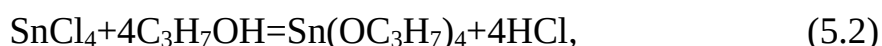
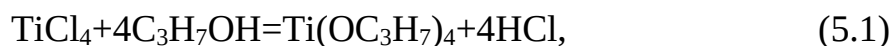
Вихідні дані: сировина – тетрахлорид титану, тетрахлорид стануму, ізопропанол.

Додаткові умови.

Всі реакції проходять повністю, ступінь перетворення 100 %.

Задана продуктивність $\text{TiO}_2 \cdot 4\text{SnO}_2$ становить 100 кг/рік.

Виробництво нанодисперсного титан-станум діоксиду проводимо за наступними хімічними реакціями:



Матеріальний баланс складаємо починаючи з рівнянь (5.6) і (5.5).

Маса $\text{Ti}(\text{OH})_4$:

$$m_2(\text{Ti}(\text{OH})_4) = \frac{m(\text{TiO}_2) \cdot M(\text{Ti}(\text{OH})_4)}{M(\text{TiO}_2)} = \frac{20 \cdot 116}{80} = 29 \text{ кг}.$$

Маса $\text{Sn}(\text{OH})_4$:

$$m_2(\text{Sn}(\text{OH})_4) = \frac{m(\text{SnO}_2) \cdot M(\text{Sn}(\text{OH})_4)}{M(\text{SnO}_2)} = \frac{80 \cdot 187}{151} = 99,1 \text{ кг}.$$

Маса води, яка виділяється внаслідок реакцій (5.6) і (5.5):

$$m_5(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{SnO}_2) \cdot 2M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{SnO}_2)} = \frac{80 \cdot 36}{151} = 19,1 \text{ кг}.$$

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$m_6(H_2O) = \frac{m(TiO_2) \cdot 2M(H_2O)}{M(TiO_2)} = \frac{20 \cdot 36}{80} = 9 \text{ кг.}$$

Розрахунки за рівняннями (5.4) і (5.3):

Маса $Ti(OC_3H_7)_4$:

$$m_4(Ti(OC_3H_7)_4) = \frac{m(Ti(OH)_4) \cdot M(Ti(OC_3H_7)_4)}{M(Ti(OH)_4)} = \frac{29 \cdot 284}{116} = 71 \text{ кг.}$$

Маса $Sn(OC_3H_7)_4$:

$$m_3(Sn(OC_3H_7)_4) = \frac{m(Sn(OH)_4) \cdot M(Sn(OC_3H_7)_4)}{M(Sn(OH)_4)} = \frac{99,1 \cdot 355}{187} = 188,1 \text{ кг.}$$

Маса води, витраченої в процесах гідролізу:

$$m_4(H_2O) = \frac{m(Ti(OH)_4) \cdot 4M(H_2O)}{M(Ti(OH)_4)} = \frac{29 \cdot 72}{116} = 18 \text{ кг.}$$

$$m_3(H_2O) = \frac{m(Sn(OH)_4) \cdot 4M(H_2O)}{M(Sn(OH)_4)} = \frac{99,1 \cdot 72}{187} = 38,2 \text{ кг.}$$

Для більш повного перебігу гідролізу вода береться в 5-кратному надлишку від стехіометрії:

$$m(H_2O) = 18 \cdot 5 + 38,2 \cdot 5 = 281 \text{ кг}$$

Маса ізопропанолу, що виділився внаслідок гідролізу:

$$m_4(C_3H_7OH) = \frac{m(Ti(OH)_4) \cdot 4M(C_3H_7OH)}{M(Ti(OH)_4)} = \frac{29 \cdot 240}{116} = 60 \text{ кг.}$$

$$m_3(C_3H_7OH) = \frac{m(Sn(OH)_4) \cdot 4M(C_3H_7OH)}{M(Sn(OH)_4)} = \frac{99,1 \cdot 240}{187} = 127,2 \text{ кг.}$$

Розрахунки за рівняннями (5.2) і (5.1):

Маса тетрахлориду титану:

$$m_1(TiCl_4) = \frac{m(Ti(OC_3H_7)_4) \cdot M(TiCl_4)}{M(Ti(OC_3H_7)_4)} = \frac{71 \cdot 190}{284} = 47,5 \text{ кг.}$$

Маса тетрахлориду стануму:

$$m_2(SnCl_4) = \frac{m(Sn(OC_3H_7)_4) \cdot M(SnCl_4)}{M(Sn(OC_3H_7)_4)} = \frac{188,1 \cdot 261}{355} = 138,3 \text{ кг.}$$

Маса HCl , що утворюється:

$$m_1(HCl) = \frac{m(Ti(OC_3H_7)_4) \cdot 4M(HCl)}{M(Ti(OC_3H_7)_4)} = \frac{71 \cdot 146}{284} = 36,5 \text{ кг.}$$

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$m_2(\text{HCl}) = \frac{m(\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4) \cdot 4M(\text{HCl})}{M(\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4)} = \frac{188,1 \cdot 146}{355} = 77,4 \text{ кг.}$$

Маса ізопропанолу, який вступає в реакцію:

$$m_4(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = m_1(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 60 \text{ кг.}$$

$$m_3(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = m_2(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 127,2 \text{ кг.}$$

Таблиця 5.1 – Зведений матеріальний баланс одержання нанодисперсної суміші діоксидів стануму і титану. Баланс складено на продуктивність 100 кг/рікпо $\text{TiO}_2 \cdot 4\text{SnO}_2$

Прихід			Витрата		
Компонент	кг	%	Компонент	кг	%
TiCl_4	47,5	12,7	$\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$	71	19,1
SnCl_4	138,3	37,1	$\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$	188,1	50,4
$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	187,2	50,2	HCl	113,9	30,5
Всього за реакціями 5.1-5.2	373	100	Всього за реакціями 5.1-5.2	373	100
$\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$	71	13,1	$\text{Ti}(\text{OH})_4$	29	5,4
$\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$	188,1	34,8	$\text{Sn}(\text{OH})_4$	99,1	18,3
H_2O	56,2	10,4	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	187,2	34,7
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{надл})}$	224,8	41,7	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{непр})}$	224,8	41,6
Всього за реакціями 5.3-5.4	540,1	100	Всього за реакціями 5.3-5.4	540,1	100
$\text{Ti}(\text{OH})_4$	29	22,6	TiO_2	20	15,6
$\text{Sn}(\text{OH})_4$	99,1	77,4	SnO_2	80	62,5
			H_2O	28,1	21,9
Всього за реакціями 5.5-5.6	128,1	100	Всього за реакціями 5.5-5.6	128,1	100
Всього	1041,2		Всього	1041,2	

5.2 Розрахунок теплового балансу автоклаву

Тепловий баланс складаємо на основі розрахунків матеріального балансу.

Розрахунок теплового балансу ведемо за реакціями (5.1).

Початкова температура становить 25 °С, кінцева температура – 800 °С.

Виходячи з матеріального балансу, знаходимо кількість молів вихідних речовин.

$$n(\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4) = m(\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4)/M(\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4) = 71/284 = 0,25 \text{ моль},$$

$$n(\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4) = m(\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4)/M(\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4) = 188,1/375 = 0,5 \text{ моль},$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O}) = 56,2/18 = 3,1 \text{ моль},$$

Кількість молів продуктів реакції:

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})/M(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 187,2/60 = 3,1 \text{ моль},$$

$$n(\text{Ti}(\text{OH})_4) = m(\text{Ti}(\text{OH})_4)/M(\text{Ti}(\text{OH})_4) = 29/116 = 0,25 \text{ моль},$$

$$n(\text{Sn}(\text{OH})_4) = m(\text{Sn}(\text{OH})_4)/M(\text{Sn}(\text{OH})_4) = 99,1/187 = 0,53 \text{ моль}.$$

Для розрахунків теплового балансу нам необхідні термодинамічні дані, які представлені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Термодинамічні дані учасників реакції

Речовина	$\Delta H^\circ_{298, \text{кДж/моль}}$	$C_p^\circ_{298, \text{Дж/(моль} \cdot \text{К)}}$
$\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$	-325	70,8
$\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$	-291,2	68,3
H_2O	-285,8	75,3
$\text{Ti}(\text{OH})_4$	-1569,1	101,5
$\text{Sn}(\text{OH})_4$	-1345,2	98,2
$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	-313,7	153,4

Розраховуємо теплоти, які надходять з реагентами, за формулою

$$Q = C \cdot n \cdot (T - 273), \quad (5.7)$$

де Q – фізична теплота учасників реакції у Дж;

C – теплоємність у Дж/(моль · К);

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

n – кількість речовини у молях;

T – температура у кельвінах.

Розрахуємо теплоту, яка надходить з вихідними реагентами:

$$Q(\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4) = C \cdot n \cdot T = 70,8 \cdot 0,25 \cdot 25 = 0,442 \text{ кДж};$$

$$Q(\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4) = T \cdot C \cdot n = 25 \cdot 68,3 \cdot 0,5 = 0,856 \text{ кДж};$$

$$Q(\text{H}_2\text{O}) = T \cdot C \cdot n = 25 \cdot 75,3 \cdot 3,1 = 5,88 \text{ кДж}.$$

Розрахуємо теплоту, яка виходить з продуктами реакції:

$$Q(\text{Ti}(\text{OH})_4) = T \cdot C \cdot n = 150 \cdot 70,8 \cdot 0,25 = 3,68 \text{ кДж};$$

$$Q(\text{Sn}(\text{OH})_4) = T \cdot C \cdot n = 150 \cdot 68,3 \cdot 0,53 = 12,2 \text{ кДж};$$

$$Q(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = T \cdot C \cdot n = 150 \cdot 153,4 \cdot 3,1 = 47,5 \text{ кДж}.$$

Розрахуємо теплоту реакцій 5.3 і 5.4, які є екзотермічними, тобто їхній тепловий ефект запишемо у прихід після обчислення.

$$Q_{\text{реакції}} = \Delta H.$$

$$\Delta H (\text{реакції 5.3}) = n (\text{речовини}) \cdot (- (\sum \Delta H_{\text{прод}} - \sum \Delta H_{\text{вих. речовин.}}).$$

$$Q(\text{реакції 5.3}) = n(\text{Ti}(\text{OH})_4) \cdot ((\Delta H_{\text{Ti}(\text{OH})_4} + 4 \cdot \Delta H_{\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}}) - (\Delta H_{\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4} + 4 \cdot \Delta H_{\text{H}_2\text{O}})) = 0,25 \cdot ((-1569,1 + 4 \cdot 313,7) - (-325 + 4 \cdot 285,8)) = -1538 \text{ кДж}.$$

$$\Delta H (\text{реакції 5.3}) = n (\text{речовини}) \cdot (- (\sum \Delta H_{\text{прод}} - \sum \Delta H_{\text{вих. речовин.}}).$$

$$Q(\text{реакції 5.4}) = n(\text{Sn}(\text{OH})_4) \cdot ((\Delta H_{\text{Sn}(\text{OH})_4} + 4 \cdot \Delta H_{\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}}) - (\Delta H_{\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4} + 4 \cdot \Delta H_{\text{H}_2\text{O}})) = 0,53 \cdot ((-1345,2 + 4 \cdot 313,7) - (-325 + 4 \cdot 285,8)) = -2732 \text{ кДж}.$$

Таблиця 5.3 – Тепловий баланс одержання цирконій оксиду

Прихід		Витрата	
Компонент	Q (кДж)	Компоне нт	Q (кДж)
Ti(OC ₃ H ₇) ₄	0,442	Ti(OH) ₄	3,68
Sn(OC ₃ H ₇) ₄	0,856	Sn(OH) ₄	12,2
H ₂ O	5,88	C ₃ H ₇ OH	47,5
Q _{реакцій}	4270	Q _{відводу}	4213,8
Всього	4277,2	Всього	4277,2

$Q_{\text{приходу}} - Q_{\text{витрати}} = 4277,2 - 63,4 = 4213,8 \text{ кДж}$ – теплота, яку необхідно вивести з реактора.

5.3 Витратні коефіцієнти

Продуктивність розрахованого відділення складає 100 кг/рік.

Витрата тетраклориду титану складає 47,5 кг/рік. Витрата тетраклориду титану на 1 кг оксиду складає 0,475 кг/кг.

Витрата тетраклориду стануму складає 138,3 кг/рік. Витрата тетраклориду стануму на 1 кг оксиду складає 1,38 кг/кг.

Витрата ізопропанолу складає 187,2 кг/рік. Витрата ізопропанолу на 1 кг оксидів складає 1,87 кг/кг.

Витрата води складає 281 кг/рік. Витрата води на 1 кг оксидів складає 2,81 кг/кг.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Порівняння, вибір і обслуговування центрифуг

Центрифуги безперервної дії продуктивніші періодично діючих і обслуговування їх значно легше. Тому центрифуги безперервної дії все ширше упроваджуються в промисловість, поступово витісняючи центрифуги періодичної дії. Останні зберігають своє значення у виробництвах невеликого масштабу.

Фільтруючі центрифуги періодичної дії з ручним і гравітаційним вивантаженням застосовуються для обробки штучних, волокнистих і зернистих матеріалів. Кінцева вологість осаду, що досягається в них, складає менше 1% для грубозернистих речовин, 1—5% для середньозернистих і 5—40% для дрібозернистих.

Відстійні центрифуги такого ж типу застосовуються для розділення важкофільтрованих суспензій. Отримувані у відстійних центрифугах осади мають вологість до 70% і вище, тобто значно більшу в порівнянні з осадами у фільтруючих центрифугах.

Продуктивніші автоматичні центрифуги, які, не дивлячись на періодичність дії, займають проміжне положення між періодично і безперервно діючими апаратами. Унаслідок знімання осаду ножом автоматичні центрифуги не рекомендується застосовувати при розділенні матеріалів, для яких небажане подрібнення зерен або розрізання волокон. Для обробки таких матеріалів можуть бути успішно застосовані центрифуги безперервної дії з розвантаженням пульсуючим поршнем. Вони придатні для переробки кристалічних і волокнистих матеріалів, що швидко втрачають вологу (наприклад, сульфату амонію, целюлози і ін.). При цьому вміст дуже дрібних частинок (діаметром менше 150 мкм) в суспензії, що розділяється, не повинен перевищувати 10-20% кількості твердої фази. Для безперервної обробки суспензій з великим вмістом подрібнених твердих частинок придатні горизонтальні центрифуги з шнековим вивантаженням. Ці

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

центрифуги використовуються також як класифікатори – для розділення зерен по величині або по густині. Вертикальні центрифуги з шнековим вивантаженням застосовуються головним чином для відділення твердих частинок середньої величини. Центрифуги з інерційним вивантаженням дуже ефективні, але поки що малопоширені.

Надцентрифуги широко застосовуються для освітлювання лаків і масел, для розділення дуже тонких суспензій і емульсій. Унаслідок компактності і герметичності вони зручні для обробки шкідливих, а також гарячих рідин.

Рідинні сепаратори застосовуються для обезводнення нафтових продуктів, смол і рослинних масел. Тарілчасті сепаратори широко використовуються в для розділення в'язких суспензій. Сепаратори добре пристосовані для відділення тонкодисперсної твердої фази і в найближчому майбутньому знайдуть у промисловості ширше застосування.

Центрифуги є швидкохідними машинами, що вимагають дуже ретельного спостереження і обслуговування. Після перевірки готовності установки до роботи центрифугу пускають в хід, стежачи за тим, щоб швидкість обертання барабана наростала плавно, без ривків. Під час роботи центрифуги слід уважно стежити за вібраціями барабана і валу. Сильне тремтіння валу і коливання барабана (барабан «сильно б'є»), указують на нерівномірний розподіл завантаженого матеріалу в центрифугі або на значний знос підшипників. Під час експлуатації центрифуг необхідно строго дотримувати правил техніки безпеки, оскільки порушення їх може привести до аварії і травм. Для зупинки центрифуги спочатку вимикають електродвигун, потім плавно приводять в дію гальмо.

6.2 Розрахунок центрифуги

Оскільки продуктивність виробництва становить 100 кг/рік, доцільно обрати шнекову відстійну центрифугу з наступними параметрами:

Зовнішній радіус барабану R, м	0,69
Внутрішній радіус барабану r, м	0,325

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Довжина центрифуги L, м

1,56

Фактор розділення

Розраховуємо кутову швидкість обертання ротору центрифуги:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{60}, \quad (6.1)$$

де n – швидкість обертання центрифуги, об/хв

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,69 \cdot 3500}{60} = 253 \text{ рад/с.}$$

Розраховуємо фактор розділення центрифуги:

$$\varphi = \frac{\omega^2 \cdot r}{g}, \quad (6.2)$$

$$\varphi = \frac{253^2 \cdot 0,325}{9,8} = 2123.$$

Продуктивність центрифуги. Теоретична продуктивність центрифуг визначається за загальною формулою:

$$V_T = a \Sigma, \quad (6.3)$$

де a – постійна, залежна від властивостей осаду яка визначається дослідним шляхом;

Σ – індекс продуктивності.

Продуктивність центрифуг зазвичай характеризується об'ємом V рідини (фугату), що видаляється з барабана в одиницю часу, проте за малого вмісту твердої фази в суспензії продуктивність центрифуг переважно визначається за об'ємом V суспензії, що поступає в барабан в одиницю часу.

Індекс продуктивності Σ залежить від форми барабана центрифуги. З достатньою для технічних розрахунків точністю значення Σ можна визначати за формулою:

$$\Sigma = \Phi_{cp} \cdot F_{cp}, \quad (6.4)$$

де Φ_{cp} – середній чинник розділення центрифуги;

F_{cp} – середня поверхня розділення, м³.

Середній чинник розділення центрифуги:

$$\Phi_{cp} = \frac{\omega^2 (R+r)}{2g}, \quad (6.5)$$

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\Phi_{\text{cp}} = \frac{253^2 \cdot (0,69 + 0,325)}{2 \cdot 9,8} = 3315.$$

Середня поверхня розділення:

$$F_{\text{cp}} = \pi \cdot L \cdot (R + r), \quad (6.6)$$

$$F_{\text{cp}} = 3,14 \cdot 1,56 \cdot (0,69 + 0,325) = 4,97 \text{ м}^2.$$

Індекс продуктивності за формулою (6.4):

$$\Sigma = 3315 \cdot 4,97 = 16482.$$

Теоретична продуктивність центрифуги за формулою (6.3):

$$V_T = 0,00017 \cdot 16482 = 2,8 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Фактична продуктивність центрифуги менше теоретичної унаслідок ковзання рідини відносно стінок барабана (до досягнення нею швидкості обертання барабана), утворення вихрових потоків, що утрудняють осад дрібних частинок, а також унаслідок перемішуючої дії шнека і дії інших чинників. Тому фактичну продуктивність центрифуг визначають за формулою:

$$V_{\Phi} = \varepsilon a \Sigma, \quad (6.7)$$

де ε – показник ефективності роботи центрифуги, рівний відношенню фактичної і теоретичної продуктивності центрифуги.

Показник ефективності роботи центрифуги визначається за узагальненою формулою:

$$\varepsilon = A (Fr_{\text{ц}})^x (Re_{\text{ц}})^y \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_p} \right)^z, \quad (6.8)$$

де $Fr_{\text{ц}}$ – критерій Фруда для поля відцентрових сил;

$Re_{\text{ц}}$ – критерій Рейнольдса для рідини в барабані;

$\frac{\Delta \rho}{\rho_p}$ – симплекс Архімеда.

Розраховуємо критерій Фруда:

$$Fr_{\text{ц}} = \frac{V^2}{\omega^2 r^3 L^3}, \quad (6.9)$$

$$Fr_{\text{ц}} = \frac{2,8^2}{253^2} \cdot 0,325^3 \cdot 1,56^3 = 0,00939.$$

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розраховуємо критерій Рейнольдса:

$$Re_{\text{ц}} = \frac{V \rho_p}{2 \pi r \mu_p}, \quad (6.10)$$

$$Re_{\text{ц}} = 2,8 \cdot \frac{998}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,325 \cdot 0,89} = 15384.$$

Знаходимо симплекс Архімеда:

$$\frac{\Delta \rho}{\rho_p} = \frac{\rho_{\text{т}} - \rho_p}{\rho_p}, \quad (6.11)$$

$$\frac{\Delta \rho}{\rho_p} = \frac{4050 - 998}{998} = 3,05.$$

За дослідними даними, для відстійних центрифуг з шнековим вивантаженням: $A = 9,52$, $x = 0,16$, $y \sim -0,151$, $z = 0,286$.

Показник ефективності роботи центрифуги за формулою (6.8):

$$\varepsilon = 9,52 \cdot (0,00939)^{0,16} \cdot (15384)^{-0,151} \cdot (3,05)^{0,286} = 0,6.$$

Визначаємо фактичну продуктивність центрифуги за формулою (6.7):

$$V_{\text{ф}} = 0,6 \cdot 0,00017 \cdot 16482 = 1,7 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрата енергії. Повна витрата енергії в центрифугі періодичної дії складається з наступних витрат потужності:

- 1) на повідомлення кінетичної енергії суспензії, що поступає на розділення (під час завантаження барабана), N_1 ;
- 2) на подолання шкідливих опорів – на тертя в підшипниках N_2 і тертя барабана в повітря N_3 ;
- 3) на вивантаження осаду N_4 .

Для автоматичних і інших періодично діючих центрифуг витрата енергії при окремих операцій циклу різна:

– під час завантаження барабана:

$$N_{\text{заг}} = N_1 + N_2 + N_3; \quad (6.12)$$

– під час віджимання:

$$N_{\text{відж}} = N_2 + N_3; \quad (6.13)$$

– під час вивантаження барабана:

$$N_{\text{вив}} = N_2 + N_3 + N_4. \quad (6.14)$$

Витрата потужності (у кВт) на повідомлення кінетичної енергії суспензії визначається за формулою:

$$N_1 = \frac{\varphi \Phi \Omega R}{204 \tau} [(1 - 0,5 \varphi \Psi) \rho_{oc} + k], \quad (6.15)$$

де φ – коефіцієнт заповнення робочого об'єму барабана осадом;

Ψ – відношення робочого об'єму до повного об'єму барабана;

Ω – робочий об'єм барабану, м³.

Доданок k у рівнянні (5.17) визначається за наступними формулами:

$$k = (A - B) \rho_p \left(\frac{r}{R}\right)^2, \quad (6.16)$$

де A – об'ємна частка рідкої фази в суспензії;

B – об'ємна частка рідкої фази у вологому осаді.

Розраховуємо A та B :

$$A = \frac{\rho_T - \rho_c}{\rho_T - \rho_p} \quad (6.17)$$

$$A = \frac{4050 - 2300}{4050 - 998} = 0,57$$

$$B = \frac{\rho_T - \rho_{oc}}{\rho_T - \rho_p} \quad (6.18)$$

$$B = \frac{4050 - 3650}{4050 - 998} = 0,13$$

Розраховуємо k за (6.16):

$$k = (0,57 - 0,13) \cdot 998 \cdot \left(\frac{0,325}{0,69}\right)^2 = 97.$$

Розраховуємо робочий об'єм барабану:

$$\Omega = \pi(R^2 - r^2)L, \quad (6.19)$$

$$\Omega = \pi(R^2 - r^2)L = 1,83.$$

Знаходимо Ψ :

$$\Psi = 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2, \quad (6.20)$$

$$\Psi = 1 - \left(\frac{0,325}{0,69}\right)^2 = 0,78.$$

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Витрата потужності на передачу кінетичної енергії суспензії за формулою (6.15):

$$N_1 = \frac{0,8 \cdot 3315 \cdot 1,83 \cdot 0,69}{204 \cdot 1200} [(1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,78) \cdot 3650 + 97] = 3,56 \text{ кВт.}$$

Витрата енергії (у кВт) на тертя в підшипниках:

$$N_2 = \omega P d f / 2000, \quad (6.21)$$

де P – динамічне навантаження на підшипники, залежне від ваги завантаженого барабана і сил, що виникають унаслідок його невірноваженості (дебалансу), Н;

d – діаметр цапф валу, м;

f – коефіцієнт тертя (для підшипників ковзання $f \approx 0,01$, для підшипників кочення $f \approx 0,002$).

Динамічне навантаження на підшипники визначається залежно від статичного навантаження mg і чинника розділення за формулою:

$$P = mg(1 + 0,002\Phi), \quad (6.22)$$

де m – маса завантаженого барабана, кг;

g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 .

Витрата енергії на тертя в підшипниках за формулами (6.22) і (6.21):

$$P = 540 \cdot 9,8 \cdot (1 + 0,002 \cdot 3315) = 110160,$$

$$N_2 = 253 \cdot 110160 \cdot 0,0035 \cdot \frac{0,01}{2000} = 0,5 \text{ кВт.}$$

Витрата енергії на тертя барабана в повітря (за густини повітря $1,3 \text{ кг/м}^3$):

$$N_3 = 14,7 \cdot 10^{-6} L \omega^3 (r^4 + R^4), \quad (6.23)$$

$$N_3 = 14,7 \cdot 10^{-6} \cdot 1,56 \cdot 253^3 (0,325^4 + 0,69^4) = 0,36 \text{ кВт.}$$

Витрата енергії на вивантаження осаду для шнекової центрифуги становить $2,73 \text{ кВт}$ [3].

Повна витрата енергії становить:

$$N_{\text{заг}} = 3,56 + 3 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,36 + 2,73 = 8,51 \text{ кВт.}$$

6.3 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для переміщення нейтральних рідин і підвищення тиску в реакційних середовищах використовують відцентрові насоси ГОСТ 10168-75. Основними характеристиками насосів є номінальна подача, тобто продуктивність Q , номінальний напір H , потужність електродвигуна N та частота обертання ротора n .

З матеріального балансу беремо продуктивність рідини, що перекачується, а саме, $Q = 4,27 \text{ м}^3/\text{добу} = 0,18 \text{ м}^3/\text{год}$.

Номінальна подача :

$$Q_n = 1,1 \cdot Q; \quad (6.24)$$

$$Q_n = 0,198 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Оскільки рекомендують обирати насоси враховуючи певні коливання продуктивності, то оптимальним варіантом є насос з подачею $0,3 \text{ м}^3/\text{год}$. (Pvm 55), характеристики якого представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 Характеристики насоса серії Pvm 55

Потужність , кВт	Подача, $\text{м}^3/\text{год}$	Напір, м	Електродвигун	Довжина, мм.	Ширина, мм.	Висота, мм.	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8
0,18	0,3	21,5	PEDROLL O	203	110	141	4,1

Розрахуємо потужність електроприводу насоса, кВт:

$$N = \frac{\beta \cdot Q_n \cdot H}{\eta \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_n}, \quad (6.25)$$

де β – коефіцієнт запасу на пусковий момент $1,1 \div 1,5$,

η – ККД насоса, $0,3 \div 0,8$;

$\eta_{\text{дв}}$ – ККД двигуна, $0,92$;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД передачі, 095.

$$N = \frac{1,4 \cdot 0,3 \cdot 21,5}{0,4 \cdot 0,92 \cdot 3600 \cdot 0,95} = 0,007 \text{ кВт} / \text{с}.$$

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

У хімічній промисловості питанням автоматизації приділяється особлива увага. Це пояснюється складністю та великою швидкістю протікання технологічних процесів, високою чутливістю їх до порушення режиму.

Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує високу якість продукції, скорочення браків та відходів, зменшення витрат сировини й енергії, зменшення чисельності основних робітників

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації

На підставі аналізу технологічного процесу, а саме виробництва змішаних оксидів, постають такі задачі автоматизації:

- контроль і регулювання дозування у реакторі з мішалкою;
- контроль і регулювання витрат води у реакторі з мішалкою;
- контроль і регулювання рівня розчину у реакторі з мішалкою;
- контроль і сигналізація температури у автоклаві;
- контроль і регулювання рівня в збірних баках;
- контроль і регулювання подачі води до центрифуги;
- контроль і регулювання температури у барабанній сушарці;

Параметри регулювання та контролю виробництва наведені у таблиці 7.1.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 7.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід 1	Витрата	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
2	Трубопровід 2	Витрата	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
3	Трубопровід 3	Витрата	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
4	Дозатор 1	Дозування	1 кг	Контроль, регулювання
5	Дозатор 2	Дозування	1 кг	Контроль, сигналізація
6	Дозатор 3	Дозування	1 кг	Контроль, регулювання
7	Автоклав	Рівень	1 м	Контроль, регулювання
8	Автоклав	Температура	140...150 °С	Контроль, сигналізація
9	Збірний бак	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
10	Трубопровід 4	Витрата	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
11	Барабанна сушарка	Температура	300...350 °С	Контроль, регулювання, сигналізація

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена забезпечити виконання цих завдань. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Для контролю дозування твердих речовин передбачено насоси-дозатори 1, 2 та 3, які керуються дистанційно.

Для контролю та регулювання витрат води передбачено контури 1, 2, 3, 12, що складаються з таких технічних засобів автоматизації: первинні перетворювачі (1-1, 2-1, 3-1, 12-1), проміжні перетворювачі (1-2, 2-2, 3-2, 12-2), прилади вторинні пневматичні показувальні реєструвальні (1-3, 2-3, 3-3, 12-3), регулятори пневматичні пропорційно-інтегральні (1-4, 2-4, 3-4, 12-4), виконавчі механізми (1-5, 2-5, 3-5, 12-5).

Для контролю та регулювання рівнів розчинів передбачено контури 4, 6, 8, 11, що складаються з таких технічних засобів автоматизації: рівнеміри буйкові з пневматичним передавальним перетворювачем (4-1, 6-1, 8-1, 11-1); прилади вторинні пневматичні показувальні реєструвальні (4-2, 6-2, 8-2, 11-2); регулятори пневматичні пропорційно-інтегральний (4-3, 6-3, 8-3, 11-3); виконавчі механізми (4-4, 6-4, 8-4, 11-4).

Для контролю температури в автоклаві передбачено контур 10, що складається з таких технічних засобів автоматизації: термоперетворювач опору мідний (10-1); автоматичний показувальний і реєструвальний прилад (10-2).

Для контролю та регулюванню температури в барабанній сушарці передбачено контур 13, що складається з таких технічних засобів автоматизації: термоперетворювач опору мідний (13-1); автоматичний

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

показувальний і реєструвальний прилад (13-2), регулятор мікропроцесорний (13-3), перетворювач електропневматичний (13-4), перетворювач нормувальний (13-5), виконавчий механізм (13-6).

Специфікацію устаткування, виробів і матеріалів наведено у додатку А.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

8 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

У дипломному проекті розглядається цех підприємства, яке займається виробництвом змішаних оксидів металів.

Метою діяльності даного відділу підприємства є задоволення потреб хімічних підприємств у якісній основі для виробництва газоаналізаторів, які використовуються для контролю за газовим середовищем, і, як наслідок, отримання прибутку.

Для підтвердження доцільності існування даного відділу підприємства необхідно провести економіко-організаційні розрахунки.

Підприємство:

За формою власності – приватне;

Вид економічної діяльності: 20.59 Виробництво іншої хімічної продукції, н. в. і. у. 24.62, 2029 ;

За формою реєстрації – фізична особа підприємець;

За організаційно-правовою формою – товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ);

За структурою виробництва – вузько спеціалізоване;

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

За масштабом виробництва – серійне;

За потужністю – мале;

За економічним призначенням продукції-товари промислового значення.

За впливом на предмет праці – обробне;

За режимом роботи протягом року - позасезонне.

Основні процеси:

1. Підготовчий процес – прийом сировини, її підготовка.
2. Змішування розчинів солей з ізопропанолом.
3. Розклад солей в автоклаві.
4. Промивка осаду.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5. Центрифугування.
6. Розмелювання сухого осаду.
7. Контроль якості отриманого продукту.
8. Пакування продукції.

Допоміжні процеси: складування продукції, огляд та ремонт обладнання.

Підсобні процеси: прибирання в цеху та в приміщенні.

Бічні процеси: переробка браку.

8.1 Види руху предметів праці

Технологічний процес складається з стадій. Стадії та їх тривалість представлені у таблиці 8.1

Таблиця 8.1 – стадії технологічного процесу

№	Стадії	Час, хв.
1	Змішування розчинів солей з ізопропанолом	10
2	Розклад солей в автоклаві	120
3	Промивка осаду	150
4	Центрифугування	150
5	Сушіння осаду	150
6	Розмелювання осаду	10

Сумарний час всіх операцій становить 590 хв. Розрахуємо тривалість виробничого циклу при послідовному ВРПП:

$$T_{вц}^{пол} = B \cdot \sum_{i=1}^N t_i. \quad (8.1)$$

Тривалість обробки: $t_i = 10+120+150+150+150+10= 590$ хв,

де B – запланований випуск продукції, од., приймаємо рівним 2
(у кожній одиниці по 0,5 кг);

t_i – час i -ої операції, хв;

N – кількість операцій.

$$T_{\text{вц}}^{\text{посл}} = 2 \cdot 590 = 1180 \text{ хв.}$$

$$N_{\text{обл.}} = 6 \text{ од.}$$

Недоліками послідовного ВРПП насамперед є:

- Велика тривалість виробничого циклу
- Великі перерви у роботі обладнання

Розглянемо паралельний ВРПП. Тривалість виробничого циклу для паралельного ВРПП:

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = \sum_{i=1}^N t_i + (B-1) \cdot t_{\text{max}}, \quad (8.2)$$

де t_{max} – тривалість максимально довгої операції у ВЦ, хв., становить 150 хв.

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = 590 + (2-1) \cdot 150,$$

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = 740 \text{ хв.}$$

$$N_{\text{обл.}} = 6 \text{ од.}$$

Розглянемо синхронізований ВРПП.

Час найкоротшої операції 10 хв, отже задаємося ритмом 10

Тоді тривалість виробничого циклу для синхронізованого ВРПП:

$$T_{\text{вц}}^{\text{синхр}} = \sum_{i=1}^N t_i + (B-1) \cdot R; \quad (8.3)$$

$$T_{\text{вц}}^{\text{синхр}} = 590 + (2-1) \cdot 10 = 600 \text{ хв.}$$

$$N_{\text{обл.}} = \sum_{i=1}^N \frac{t_i}{R}; \quad (8.4)$$

$$N_{\text{обл.}} = \frac{600}{10} = 60 \text{ од.}$$

Недоліками синхронізованого ВРПП насамперед є:

- Дуже велика кількість обладнання

Оптимальний вид руху – паралельний, тому що тривалість обробки менша, ніж з послідовним рухом і потрібно менше одиниць обладнання і

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

працюючих осіб на підприємстві, в порівнянні з синхронізованим рухом. Також виготовляється необхідна кількість продукції за добу.

Тривалість одного циклу згідно з обраним ВРПП:

$$T_{ВЦ}^{факт} = T_{вц}^{парал} = 590 + (2 - 1) \cdot 150 = 740 \text{ хв.} = 12,3 \text{ год.}$$

Підприємство працює 14 годин на добу в 2 зміни по 7 годин 5 днів на тиждень.

Для розрахунку тривалості виробничого циклу використовують термін середньорічної тривалості виробничого циклу, яка розраховується за формулою:

$$T_{ВЦ}^{ср} = \frac{24 \cdot D_k \cdot T_{ВЦ}^{факт}}{T \cdot T_{еф}} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 740}{840 \cdot 260} = 29,68 (\text{год}), \quad (8.5)$$

де 24 – тривалість доби;

D_k – кількість діб у календарому році;

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

T – тривалість роботи підприємства протягом доби;

$T_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи обладнання.

Річний випуск продукції:

$$B = B_{змінний} \cdot T_{еф} = 2 \cdot 260 = 520 (\text{одиниць}). \quad (8.6)$$

Кількість залученого обладнання зображено у таблиці 8.2

Таблиця 8.2 – Кількість залученого обладнання

№ п/п	Назва апарату	Кількість одиниць
1	Реактор з мішалкою	1
2	Автоклав	1
3	Збірний бак	1
4	Центрифуга	1
5	Сушарка	1
6	Млин	1

Розрахуємо чисельність персоналу явочну і за списком. Для цього наведемо нижче таблицю 8.3

Таблиця 8.3 – Кількість працюючих на підприємстві та графік їх роботи

Посада	Кількість	Години роботи
Начальник цеху	1	8.00-16.00
Бухгалтер	1	8.00-16.00
Начальник складу	1	8.00-16.00
Охоронець	4	1 зміна: 7.00-15.00
		2 зміна: 15.00-23.00
		3 зміна: 23.00-7.00
Інженер-технолог	2	1 зміна: 8.00-15.00
		2 зміна: 15.00-22.00
Апаратчик	8	1 зміна: 8.00-15.00
		2 зміна: 15.00-22.00
Вантажник	2	1 зміна: 8.00-15.00
		2 зміна: 15.00-22.00
Водій	2	1 зміна: 8.00-15.00
		2 зміна: 15.00-22.00
Лаборант	2	1 зміна: 8.00-15.00
		2 зміна: 15.00-22.00
Прибиральниця	2	1 зміна: 8.00-15.00
		2 зміна: 15.00-22.00

Отже сумарна явочна кількість робочого персоналу складає $\text{Ч}_{\text{яв}} = 13$ людей.

Кількість робочого персоналу за списком становить:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \frac{8}{8} (3) + \frac{14}{7} (9) + \frac{24}{8} (1) = 24. \quad (8.7)$$

Начальник цеху, начальник складу, бухгалтер працюють в денну зміну.
Графік їх змінності наведений у таблиці 8.4

Таблиця 8.4 – Графік змінності для працівників денної зміни

Дні	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Зміна	1	1	1	1	1	В	В

Інженери-технологи (2 бригади по 1 особі), апаратники (2 бригади по 4 особи), вантажники (2 бригади по 1 особі), водії (2 бригади по 1 особі), лаборанти(2 бригади по 1 особі) працюють за графіком змінності, наведеним у таблиці 8.5

Таблиця 8.5 –Графік змінності для працівників, що працюють в 2 зміни

День/бригада	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
I	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В
II	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В

Графік змінності для охорони наведений в таблиці 8.6

Таблиця 8.6 – Графік змінності для охорони

	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В

На виробництві виконуються вхідний та вихідний контроль. Всі види контролю якості проводять працівники лабораторії.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ				Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

Об'єкти контролю: сировина; обладнання.

Суб'єкти технічного контролю: лаборанти, інженер-технолог .

Вхідний контроль виконує лаборант, аналізуючи проби сировини (об'єкт контролю), котрі надходять зі складу. Аналіз сировини виконується хімічними методами аналізу на вміст цільового компонента у сировині. Контроль проводиться одразу після поставки сировини на склад та 1 раз на місяць незалежно від дати поставки. Результати записуються до журналу вхідного контролю.

Вихідний контроль проводиться лаборантом при отриманні кожної нової партії продукту. Проводиться якісний та кількісний аналіз продукту на вміст TiO_2 та SnO_2 , визначається насипна щільність, питома площа поверхні, міцність до роздавлювання. Результати записуються до журналу вихідного контролю.

Всі дані по вихідному контролю оформлюються у вигляді звіту, на підставі якого інженер-технолог заповнює паспорт якості на продукцію.

За технічним рівнем, усі стадії контролю проводяться вручну лаборантом. За параметрами, що визначаються, проводиться якісний та кількісний аналіз.

Технологічне обладнання перевіряється на стадії його закупки, та кожної робочої зміни перед запуском технологічної лінії інженером-технологом.

Склад оборотних коштів

До оборотних фондів даного виробництва належать:

1. Сировина і матеріали:

- TiCl_4 ;
- SnCl_4 ;
- ізопропанол;
- вода.

2. Паливо і електроенергія.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Враховуючи вимоги щодо якості продукту, паспорт матиме вигляд:
ТОВ « Діоксид »

Адреса виробника: м. Суми, вул. Харківська, 12, 40003

Паспорт № 00001

Найменування продукту: Титан-станум діоксид нанодисперсний.

Колір – білий.

Розмір однієї порції 100 г.

Упаковка: поліетиленовий пакет.

Показники якості

№	Назва показника	Значення	Норма
1	Масова частка TiO_2 , %		24,8-25,0
2	Масова частка SnO_2 , %		74,8-75,0
3	Масова частка летких речовин, % не більше		0,05
4	pH водної суспензії		6,5-8,0
5	Масова частка на ситі 0045, % не більше		0,001

Дата виготовлення

Термін зберігання необмежений.

Умови зберігання: У сухому місці, при температурі не вище 25°C.

Лаборант _____.
(підпис)

Інженер-технолог .
(підпис)

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

8.2 Калькуляція на продукцію

Вартість основних фондів:

Вартість приміщення 4 300 000 грн;

Вартість обладнання 1 800 000 грн;

Нематеріальні активи 120 000 грн;

ОФ = 6 220 000 грн.

Амортизація будівель 215 000 грн(20 років);

Амортизація обладнання 360 000 грн(5 років);

Амортизація нематеріальних активів 10 000грн(12 років);

Амортизація = 585 000 грн.

Розрахуємо витрати електроенергії:

Середня витрата потужності цеху за годину = 60 кВт/год.

Оскільки потужність більше 27,5 кВт/год маємо перший клас напруги.

Ціна 1кВт=313,89 копійок – денний час; в нічний час: 1кВт=
= 61,03 копійок.

$$\tau_{7.00-23.00} = \frac{(260 - 13) \cdot 70}{7} = 2470_{год}, (8.8)$$

де 13 – кількість святкових днів у році;

70–тривалість робочого тижня.

Сумарні витрати на електроенергію:

$$C_{заг} = 2470 \cdot 3,1389 \cdot 60 = 465185 \frac{грн}{рік}. \quad (8.9)$$

Витрати на теплову енергію:

На обігрів приміщення споживається тепла – 500 Гкал/рік;

Тарифна ставка на теплову енергію –1154,66 грн/Гкал;

$$B_{теп} = 500 \cdot 1154,66 = 577330 \text{ грн/рік}. \quad (8.10)$$

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Сумарна вартість сировини для отримання 1 кг титан-станум діоксиду складає 2416,5 грн. Тоді для виготовлення річного випуску продукції необхідно 807300 грн.

Отже, сумарна вартість ОбФ складає:

$$\text{ОбФ} = 465185 + 577330 + 807300 = 32455945 \text{ грн.} \quad (8.11)$$

Заробітна плата працівників наведена в таблиці 8.7

Таблиця 8.7 – Заробітна плата працівників підприємства

Посада	Кількість	ЗП на одного, грн/міс
Начальник цеху	1	15 000
Бухгалтер	1	10 000
Начальник складу	1	7 000
Охоронець	4	6 000
Інженер-технолог	2	8 000
Апаратчик	4	7 000
Вантажник	2	5 500
Водій	2	6 500
Прибиральниця	2	3 200

Фонд заробітної плати складає:

$$\text{ЗП} = 320400 \cdot 12 = 3844800 \text{ грн./рік.} \quad (8.12)$$

$$\text{ФОП} = 3844800 \cdot 1,22 = 4690656 \text{ грн./рік.} \quad (8.13)$$

Сукупні витрати по виробництву представлені у таблиці 8.8.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 8.8 - Сукупні витрати по виробництву

Статті затрат	Затрати на річний випуск грн./рік
ОбФ	807300
ФОП	4690656
Амортизація ОФ	585000
Всього	6082956

Розрахунок техніко-економічних показників.

Річна собівартість продукції:

$$C = \text{ОбЗ} + A = 6082956 \text{ грн/рік.} \quad (8.14)$$

Запланована ринкова ціна 1 кг титан-станум діоксиду:

$$\text{Ц}_{\text{од}} = 14000 \text{ грн/кг.}$$

$$B = 1400 \cdot 260 = 43660000 \text{ грн/рік.} \quad (8.15)$$

Річний прибуток становить:

$$\Pi = B - C = 43660000 - 35276785 = 8383215 \text{ грн/рік.} \quad (8.16)$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОбЗ} = 6\,220\,000 + 34691785 = 40911785 \text{ грн.} \quad (8.17)$$

Рентабельність:

$$P = (\Pi/C) \cdot 100\% = (8383215/35276785) \cdot 100\% = 30,8 \%. \quad (8.18)$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{ок}} = K/\Pi = 40911785/8383215 = 4,9 \text{ років.} \quad (8.19)$$

Економічна ефективність:

$$E = \Pi/K = 8383215/40911785 = 0,21. \quad (8.20)$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = B/\text{ОФ} = 43660000/6\,220\,000 = 7,02 \text{ грн.прод./грн.ОФ.} \quad (8.21)$$

Фондоємність:

$$\Phi C = 1/\Phi B = 1/7,02 = 0,14 \text{ грн./грн.} \quad (8.22)$$

Техніко-економічні показники представлені у таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 - Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Річний випуск продукції, грн.	$B = 43660000$
Чисельність персоналу за списком, чол.	$\text{Ч}_{\text{сп}} = 29$
Капіталовкладення, грн.	$K = 40911785$
Загальна собівартість продукції, грн. /рік	$C = 35276785$
Собівартість на одиницю продукції, грн.	$C_{\text{од.}} = 298955$
Відносний прибуток, грн. /рік.	$\Pi = 8383215$
Рентабельність продукту %	$P = 30,8$
Термін повернення капіталовкладень, років	$T_{\text{ок}} = 4,9$
Коефіцієнт економічної ефективності	$E = 0,21$
Вартість: - Основних фондів - Оборотних засобів	$OF = 6\,220\,000$ $OBZ = 34691785$
Фондовіддача виробничих фондів грн. / грн.	$\Phi B = 7,02$
Фондоємність продукції, грн. /грн.	$\Phi \text{Є} = 0,14$

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розглянувши технологічну схему відділення можна прийти до висновку, що на виробництві виділяються шкідливі речовини, використовуються агресивні розчини і процес протікає при підвищених температурах в складній апаратурі, яка обслуговується транспортними засобами, що приводяться в дію електричними двигунами. Також використовується механічна та теплова енергія, енергія хімічних реакції.

Проектне рішення прийнято з урахуванням вимог охорони праці, та пожежної безпеки виробництва.

В даному розділі на основі оцінки шкідливих та небезпечних виробничих факторів, розроблено комплекс заходів щодо створення здорових та безпечних умов праці та пожежної безпеки.

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

Повітря робочої зони. Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що передбачені у відділенні виробництва змішаних оксидів, відносяться до категорії Пб [15].

У таблиці 9.1 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату

Таблиця 9.1 – Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період	Категорія робіт	Допустимі норми		
		Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний і перехідний період	Пб	15-21	Не більше 75	Не більше 0,4
Теплий період		15-27	Не більше 75	0,2-0,5

Температура внутрішніх поверхонь приміщень, а також температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування не повинна виходити за межі допустимих величин температури повітря для даної категорії робіт. Отже, для теплого періоду року температура не повинна перевищувати 29 °С.

Для забезпечення нормальних метеорологічних умов у проектованому відділенні, прийнято:

- механізація і автоматизація важких і трудомістких робіт, дистанційне керування, безперервність процесу;
- теплоізоляція устаткування, апаратів, комунікацій і інших джерел, випромінюючих на робочі місця тепло.

Небезпечними в проектованому відділенні є тетрахлориди стануму та титану, ізопропіловий спирт на стадії дозування та розчинення. Також небезпеку являє пил оксидів на стадії випаровування вологи та розмелювання. У таблиці 9.2 наведена коротка санітарна характеристика відділення, що проектується.

Для усунення такого шкідливого фактору, як пил, у цехах присутня вентиляційна система. Найбільш ефективним засобом зменшення запиленості робочої зони є передбачені проектом герметизація устаткування та його аспірація. Передбачена аспіраційна система містить у собі аспіраційні лійки, систему повітропроводів, вентилятор типу ЦП7-40 для викиду повітря в атмосферу.

Також введене індивідуальне захисне оснащення: застосування протипилевого одягу, респіраторів, захисних окулярів, марлевих пов'язок, протигазів.

Передбачено систему центрального водяного опалювання робочих приміщень.

У виробничих умовах мікроклімат вимірюється на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періодів року не менше трьох разів за зміну. Температура вимірюється ртутним, спиртовим термометром. Відносна вологість - психрометром аспіраційним, швидкість повітря – анемометром.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика проектового відділення

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що виділяються, причини виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу	ГДК шкідливої речовини умг/м ³	Клас небезпечності і шкідливості речовини	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби доікарення ої допомоги	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Дільниця дозування та розчинення	Тетрахлорид титану, пролив	Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	-	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	При потраплянні на шкіру промити водою з милом	ХЖ-130 хроматограф рідинний, мікро-колоночний
Дільниця дозування та розчинення	Тетрахлорид стануму, пролив	Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	-	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	При потраплянні на шкіру промити водою з милом	ХЖ-130 хроматограф рідинний, мікро-колоночний
Дільниця дозування та розчинення	Ізопропанол, пролив	Наркотична дія, за високої концентрації подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	10	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	При потраплянні на шкіру промити водою з милом	ХЖ-130 хроматограф рідинний, мікро-колоночний

Продовження таблиці 9.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Виробничий цех	Пил оксидів титану і стануму	Подразнюючий неотруйний пил	10	IV	Респіратор індивідуального використання, спец. одяг ГОСТ 12.4.099-80	Промивка очей, провітрювання приміщень	1 раз у квартал пиломіром ПРИ-32м
Виробничий цех	Пари хлоридної кислоти, гідроліз тетрахлоридів	Подразнюють шкіру та слизові оболонки, легені, викликають глибокі опіки	5	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, еспіратор РПГ-67, атрон марки В, куляри, захисний омбінезон	Промити водою та обробити 2% розчином соди, а очі 2% розчином новокаїну	Поглиноючий пристрій з пористою пластинкою №2, спектрофотометр КФК

Розрахунок аерації цеху.

Конструкція стулки віконного отвору - одинарна верхньопідвісна. Висота і довжина стулки рівні, кут відкриття стулки $\alpha = 45^\circ$. Ліхтар П-видний з фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які знаходяться на відносному відстані $l/h = 1,5$, з кутом відкриття $\alpha = 90^\circ$.

Визначаємо температуру повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення:

$$t_{y\partial} = t_{нар} + \frac{t_{нар} - t_{p.з.}}{m}, (9.1)$$

де $t_{нар}$ - температура зовнішнього повітря. Для Києва в теплий період: $t_{нар}=23,5^\circ\text{C}$;

$t_{вн.}$ - температура внутрішнього повітря; $t_{вн.}=25^\circ\text{C}$;

$t_{p.з.}$ - температура повітря, що поступає в робочу зону;

$t_{p.з.}=t_{нар.}=23,5^\circ\text{C}$;

m - коефіцієнт, приймаємо рівним 0,53.:

$$t_{y\partial.} = 23,5 + \frac{25 - 23,5}{0,53} = 26,3 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Визначаємо питому вагу повітря:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}; \quad (9.2)$$

$$\rho_{нар.} = \frac{353}{23,5 + 273} = 1,191 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{y\partial.} = \frac{353}{26,5 + 273} = 1,179 \text{ кг/м}^3.$$

Розподілений тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta\rho_{1,2} = h \cdot (\rho_{нар.} - \rho_{y\partial.}), \quad (9.3)$$

де h - відстань між осями прорізів, дорівнює 10 метрів.:

$$\Delta\rho_{1,2} = 10 \times (1,191 - 1,179) = 0,12 \text{ кг/м}^2$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні отвори можна визначити за формулою:

$$\Delta\rho_{1,2} = \beta \times \Delta\rho, \quad (9.4)$$

де β - частина різниці тисків, яка використовується на прохід повітря через припливні отвори, $\beta = 0,4$.:

$$\Delta\rho_2 = 0,2 \times 0,12 = 0,024 \text{ кг/м}^2. \quad (9.5)$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар визначаємо за формулою:

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{1,2} - \Delta\rho_1 = 0,12 - 0,024 = 0,096 \text{ кг/м}^2. \quad (9.6)$$

Визначаємо площу проємів в стіні $F_{прит.}$ и площу проємів ліхтаря $F_{фон.}$:

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$F_{прит.} = \frac{G_{прит.}}{3600 \sqrt{\frac{2 \times g \times \rho_{нар.}}{\xi_1} \times \Delta \rho_1}} = \frac{4200}{3600 \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 1,191}{3,7} \times 0,024}} = 29,98 \text{ м}^2; \quad (9.7)$$

$$F_{фон..} = \frac{G_{нит}}{3600 \sqrt{\frac{2 \times g \times \rho_{уд.}}{\xi_2} \times \Delta \rho_2}} = \frac{30000}{3600 \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 1,179}{4,1} \times 0,096}} = 11,33 \text{ м}^2, \quad (9.8)$$

де $G_{прит.}$ - кількість повітря, яке повинно надходити в приміщення, м³;

$G_{нит}$ - кількість повітря, яке видаляється, м³.

9.2 Виробниче освітлення

У проекті передбачається суміщене освітлення, тобто поєднання природного та штучного. Природне освітлення комбіноване – бокове з верхнім.

На заводі застосовується штучне освітлення за функціональним призначенням наступних видів: робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне.

У таблиці 9.3 представлені норми освітленості приміщень за ДБН 13.25.28-06.

Таблиця 9.3 - Допустимі рівні освітленості

Характер зорових робіт	Розряд зорових робіт	Освітленість при штучному освітленні		Коефіцієнт КПО при сумісному освітленні, %	
		Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Загальне
Середньої точності	IV б	500	200	2,4	0,9

Виробнича система освітлення оснащена люмінесцентними світильниками типу ПВЛ-1 240 (U=40 Вт, пилевологозахисні):

-для видалення стробоскопічного ефекту загальна система освітлення представлена світильниками з люмінесцентними лампами – світильники прямого світла, направляють у нижню півсферу не менш 80% усього світлового потоку;

-для чергового освітлення використовується частина світильників робочого освітлення;

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

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

Контроль освітленості здійснюється люксометром Ю-116 або Ю-117 не менш одного разу в рік, а також після ремонту.

9.3 Захист від виробничого шуму та вібрації

Виробничий шум виникає в результаті роботи апаратурного обладнання. Шуми носять постійний характер.

Згідно ДСН 3.3.6.037-99, допустимі рівні звуку в приміщеннях та території підприємства становлять 80 дБА.

Джерелами вібрації на підприємстві є: електродвигуни, насоси та вентилятори. Згідно ДСН 3.3.6.039-99 дана вібрація відноситься до загальної вібрації категорії 3 типу «А». Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях наведені у таблиці 9.4.

Таблиця 9.4 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях.

Вид вібрації	Допустимі рівні вібрації, дБ, у середньгеометричних частотах, Гц					
	2	4	8	16	31.5	63
Загальна	108	99	93	92	92	92

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для захисту від виробничого шуму в цеху передбачені пристрої: перегородки та екрани, які встановлюють між джерелом шуму і робочим місцем. Також для зниження шуму передбачені об'ємні звукопоглиначі у вигляді перфорованих кубів і куль, підвішених над шумними агрегатами.

Щоб знизити рівень вібрації під вібруюче обладнання передбачені амортизатори вібрацій, виготовлені із сталевих пружин. Для динамічного гасіння коливань передбачені плаваючі маятникові гасителі вібрації.

Для вимірювання та аналізу шуму і вібрації передбачені шумоміри ВШП-003 і частотні аналізатори.

9.4 Електробезпека

Електроустаткування, яке використовується на підприємстві, живиться від трифазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму із частотою 50 Гц і напругою $380 \div 220$ В з глухозаземленою нейтраллю. Можливі ураження електричним струмом у результаті дотику до елементів устаткування.

Виробничі цехи відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою: можливість одночасного дотику людини з металоконструкціями, що мають з'єднання із землею, будинків – з однієї сторони й металевим кожухом устаткування – з іншої.

На обертових частинах електроустаткування виникають заряди статичної електрики. Їхнє утворення впливає на людей, становить небезпеку при впливі іскрових розрядів.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 допустимі рівні напруг дотику і струму, що проходить через тіло людини [13]:

При нормальному режимі роботи електроустаткування $U = 2$ В, а $I = 0.3$ мА; при аварійному – відповідно 36 В і 6 мА.

Шкідлива дія електричного струму на людину розраховується за формулою:

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$I_{\text{люод}} = \frac{U_{\text{дот}}}{(R_{\text{л}} + R_{\text{о}})}, \quad (9.9)$$

де $U_{\text{дот}}$ – напруга дотику, В;

$R_{\text{л}}$ – опір людини, Ом;

R – опір заземлюючого устаткування, Ом.

Допустимі величини сили струму та напруги дотику згідно з ГОСТ 12.1.038-82:

$$\begin{cases} I_{\text{люод}} \leq 6 \text{ мА} \\ U_{\text{д}} = 36 \text{ В} \end{cases}, \text{ при } t_{\text{д}} > 1 \text{ с, аварійний режим};$$

$$\begin{cases} I_{\text{люод}} = 0,2 \text{ мА} \\ U_{\text{д}} = 2 \text{ В} \end{cases}, \text{ при } t_{\text{д}} \leq 10 \text{ хв/добу, нормальний режим}.$$

При нормальному режимі $t \leq 10$ хв/добу, $R_{\text{л}} = 3000$ Ом, $R_0 = 4$ Ом. Тоді згідно з рівняннями:

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73,23 \text{ мА}; \quad (9.10)$$

$$U_{\text{д}} = 73,23 \cdot 3 = 219,72 \text{ В}. \quad (9.11)$$

Отже, розраховані значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{д}}$ значно перевищують наведені вище нормативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху можливі електротравми з тяжкими наслідками.

Для електробезпеки на заводі розроблено наступні заходи:

-застосування огорожень для захисту й ізоляції частин електрообладнання, відкриті струмоведучі частини електроустаткування обгороджені сіткою;

-застосування захисного занулення устаткування;

-захист електропроводу від механічних ушкоджень прокладкою у трубах;

-установка електроустаткування відповідно до умов навколишнього середовища, закриті пилонепроникні двигуни;

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

-найменша величина опору ізоляції проводів відносно землі для електроустановок $U=1000$ В, опором $0,5$ мОм. Для усунення небезпеки поразки струмом - у випадку дотику до корпусу й інших металевих частинах електроустановки, які опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус, застосовується занулення;

-відключення устаткування забезпечується пристроями, які автоматично відключають несправну ділянку мережі або електроустановки, при виникненні поразок, небезпечних для життя людини;

-захисні засоби: діелектричні рукавички, інструменти з ізольованими рукоятками, показники напруги, діелектричні галоші, ізолюючі підставки, тимчасові огороження, захисні окуляри.

9.5 Безпека технологічних процесів і устаткування

Небезпечними і шкідливими виробничими факторами на даному технологічному підприємстві є:

- підвищена напруга в електромережі;
- небезпека механічного травмування;
- термоопік;
- вибухонебезпечність;
- пожежонебезпека.

Джерелами небезпеки являються:

- електронагрівники, сушильні пристрої;
- слизька підлога, естакади, привід.

На заводі присутнє устаткування з деталями, що рухаються, і механізмами. Частина механізмів, що рухаються, при недотриманні техніки безпеки, можуть спричинити різні травми людини.

На даному виробництві використовуються теплові агрегати - автоклав й випарник.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

В автоклаві процес відбувається при температурі $T=140-150^{\circ}\text{C}$, у випарнику при $T=100-110^{\circ}\text{C}$. Виділення надлишкового тепла відбувається через муфель при завантаженні й вивантаженні виробів з печі, а також через нагріті поверхні агрегатів.

9.6 Пожежна безпека

Оскільки в якості сировини використовуються негорючі матеріали, то причинами займання можуть виступати ізоляційні матеріали, електропроводка, мастила для змащення устаткування.

Основними причинами таких займань можуть бути електрозамикання, статична електрика, виникнення електродуги при обриві ланцюгів високої напруги.

Пожежна профілактика при експлуатації електроустаткування полягає в наступних заходах:

- підтримці опору ізоляції не нижче допустимого рівня;
- захисті ізоляції від теплового, механічного й агресивного впливу;
- захист від виникнення електростатичних зарядів досягається заземленням виробничого устаткування.

Для забезпечення гасіння пожеж завод оснащений наступними засобами:

- вогнегасники вуглекислотні типу УО-2, УО-11, УО-8;
- автоматичні засоби (дренчерні установки);
- ящики з піском $=1\text{ м}^3$.

Будівля захищена від прямого удару блискавки стрижньовим блискавковідводом. Будівля є вогнестійкою, має два запасні виходи шириною два метри. Передбачена пожежна сигналізація автоматичного типу на стелі, сигналізація типу ПТІМ-1.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

У даному розділі приводяться відомості стосовно екологічної безпеки виробництва. Були проаналізовані джерела відходів, що утворюються та можливі варіанти екологізації виробництва.

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів

В ході виробництва оксидів тетраклориди титану та стануму сильно гідролізують з утворенням хлоридної кислоти, яка в свою чергу являє собою небезпеку на підприємстві та поза його територією. Для того, щоб гідроліз проходив краще та для зв'язування іонів Cl^- у сіль яка не гідролізує (тобто для покращення умов утворення гідроксидів титану та стануму) у розчин додають надлишок розчину NH_4OH . Середовище стає лужним, але це ніяк не покращує екологічну безпеку та безпеку на виробництві.

Характеристика сировини і продуктів наведені у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Характеристика сировини і продуктів

№	Перелік сировини, продукції	Властивості	Проблеми
1	2	3	4
2	TiCl_4	Безбарна рідина, сильно гідролізує. При гідролізі виділяється хлоридна кислота	Може погіршити екологічний стан
3	SnCl_4	Безбарна рідина, сильно гідролізує. При гідролізі виділяється хлоридна кислота	Може погіршити екологічний стан
4	NH_4OH	Безбарвна летка рідина	Може завдати значну шкоду навколишній фауні та флорі, значно погіршити екологічний стан..

Продовження таблиці 10.1

	2	3	4
5	C3H7O8	Безбарвна летка рідина	Може погіршити екологічний стан

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Стічні води, що містять мінеральні кислоти або луги, перед скиданням їх у водойми або перед використанням у технологічних процесах нейтралізують. Практично нейтральними вважаються води, що мають рН 6,5÷8,5.

Нейтралізацію можна проводити різними шляхами: змішуванням кислих та лужних стічних вод, додаванням реагентів, абсорбцією кислих газів лужними водами. В процесі нейтралізації можливо утворення осаду.

Кращим методом утилізації розчину хлоридуамонію є електродіаліз. Після нього азотна кислота, що утворилась, буде йти на продаж, а розчин лугу до відповідної стадії технологічного процесу. Апарат в якому він буде проводитись – трьохкамерний електродіалізатор.

Для збирання пролитих речовин під регулювальними вузлами подавання розчинів нітратів і лугу передбачені піддони із нержавіючої сталі. З піддонів пролиті речовини самопливом зливаються в бак, звідки повертаються у виробничий процес.

ВИСНОВКИ

Проведено критичний аналіз методів змішаних оксидів. Проаналізовано фізико-хімічні основи виробництва оксидів титану та стануму. Охарактеризовано продукцію та вихідну сировину; обґрунтовано технологічну схему даного процесу.

Розраховано матеріальний баланс за стадіями отримання змішаного оксиду і складено тепловий баланс автоклаву. Розрахунки показали, що загальна витрата тетрахлоридів титану та стануму для виробництва 1 кг змішаного оксиду становить 1,855 кг.

Розраховано головне та допоміжне обладнання: відстійна центрифуга та центробіжні насоси. Технологічна схема повністю автоматизована, на ній передбачено контроль та регулювання таких параметрів, як витрата води, рівень розчину у реакторі, температура у автоклаві та барабанній сушарці.

У розділі екологічної безпеки виробництва наведено аналіз та джерела виникнення відходів, надано можливі варіанти екологізації виробництва. Здійснено розрахунок попереджувальних збитків.

Передбачено заходи охорони праці, що забезпечують виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на виробництві; обрано заходи з охорони праці; розраховано аерацію; досліджено виробничий шум та вібрацію; забезпечено електробезпеку; безпеку технологічного процесу та обслуговування обладнання та пожежну безпеку.

За даними економічних розрахунків річна собівартість продукції становить 546000грн./рік., річний прибуток – 1888000грн./рік.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шабанова Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов. – М.: Академкнига, 2006 г. – 309 с.
2. Иоффе И.Л. Проектирование процессов аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
- 3.Лашинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст] / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский – Л.:Машиностроение, 1970 г. 752 с.
4. Герасименко Т.Е. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов подготовки 150400.62 Металлургия, Составитель Т.Е. Герасименко. Изд. – Терек, 2014 – 42 с.
5. Исламов М.Ш. Печи химической промышленности. Изд. 2-е, пер. и доп. М.:Химия, 1975. – 385 с.
6. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – М.: Госхимиздат. 1964. – 560 с.
7. Лукінюк, М.В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Бібліогр.: с. 427-428. – 200 пр. –ISBN 978-966-622-247-6.
8. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / Касаткин А.Г. – М.: Госхимиздат, 1960. – 783 с.
9. Физические величины. Справочник. / Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.:Энергоатомиздат, – 1991. – 1232 с.
10. Хуснутдинов, В.А. Оборудование производств неорганических веществ [Текст]: Учебное пособие для вузов / Хуснутдинов В.А., Сайфулин Р.С., Хабибулин И.Г. – Л.: Химия, 1987. – 248 с.
- 11.Лукінюк, М.В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Бібліогр.: с. 427-428. – 200 пр. –ISBN 978-966-622-247-6.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

12.ГОСТ 12.1.038-82. «Електробезпека».

13.ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

14. ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

15. ДБН 2.5.-28-2006. «Природне і штучне освітлення».

16. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

17. Круш, П.В. Економіка підприємства [Текст]: навч. посіб. / за заг. ред. П.В. Круша, В.І. Подвігіної, Б.М. Сердюка. – К.: Ельга-Н, КНТ, 2007. – 780 с. – Бібліогр.: с 24, 44-46, 78, 100, 211-212, 235-236, 266, 316, 366, 388, 414, 430, 472, 522, 553-554, 594, 606, 629-630, 646,686, 744-746, 777. – 1000 пр. – ISBN 966-373-205-9.

18. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. – 300 пр.

					ДП ХН3101 1440 000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		