

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень та скорочень.....	9
Вступ.....	10
1 Аналіз технологічної схеми процесу сушки кристалічних матеріалів.....	11
1.1. Загальна характеристика процесу сушки.....	11
1.2. Загальна характеристика технологічної схеми процесу.....	13
2 Розрахунок матеріальних балансів процесу сушки.....	17
2.1. Розрахунок матеріальних балансів	17
2.2. Розрахунок теплових балансів.....	22
3 Комп'ютерний розрахунок сушильно-охолоджувальної установки.....	25
3.1. Математичне забезпечення обчислювального модуля.....	25
3.2. Технічне завдання на розробку обчислювального модуля.....	30
3.3 Програмний модуль для обчислення процесу сушки кристалічних матеріалів	31
3.4 Інструкція користувача програмного продукту.....	36
4 Автоматизація технологічної схеми процесу сушки.....	39
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми.....	40
4.2 Характеристика розробленої схеми автоматизації.....	45
5 Економіко – технічні розрахунки.....	49
5.1 Технічна підготовка підприємства.....	49
5.2 Оптимальний вид руху предметів праці (ВРПП).....	49
5.3 Необхідна кількість співробітників.....	52
5.4 Чисельність персоналу явочна і за списком.....	52
5.5 Контроль виробництва.....	55
5.6 Баланс споживання оборотних фондів	56
5.7 Розрахунок основних фондів	58

					ХА 5115 1490 001 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютерний моделювання та автоматизація процесу сушки кристалічних матеріалів	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Пшеничний					7	107	
Перевір.								
Н.Контр.	Шахновський					НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ХТФ ХА-41		
Затверд.	Бойко							

5.8 Розрахунок собівартості, прибутку та періоду повернення капіталовкла - день	59
5.9 Перерахунок економіко-технічних показників з використанням модерніза- ції.....	61
6 Охорона праці.....	70
6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці.....	70
6.1.1. Повітря робочої зони.....	70
6.1.2. Виробниче освітлення	73
6.1.3. Захист від виробничого шуму й вібрацій	74
6.1.4. Електробезпека.....	74
6.1.5. Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.....	76
6.2 Пожежна безпека.....	78
Висновок.....	81
Список використаної літератури.....	82
Додатки.....	84
Додаток А.....	85
Додаток Б.....	87
Додаток В.....	88
Додаток Г.....	93
Додаток Д.....	104

Перелік умовних позначень, символів і скорочень

$G_{\text{п}}$ – маса вологого матеріалу, кг/с;

$G_{\text{к}}$ – маса висушеного матеріалу, кг/с;

W – волога, кг;

$L1$ – витрати повітря на сушку, м³/год;

$L2$ – витрати повітря на охолодження, м³/год;

S – площа поперечного перерізу, м²;

α – коефіцієнт тепловіддачі для сушильної камери Вт/м³·°С;

K – коефіцієнт тепловіддачі для охолоджувальної камери, Вт/м²·°С;

ВРПП – види руху предметів праці;

C – собівартість, грн/рік ;

ОФ – основні фонди, грн/рік;

A – амортизація основних фондів, грн/рік;

Ц – ціна на продукцію (послугу чи роботу), грн/рік;

П – прибуток, грн/рік;

R – рентабельність, %;

$T_{\text{п}}$ – термін повернення капіталовкладень, років;

E – коефіцієнт економічної ефективності, грн/грн;

ФВ – фондівіддача виробничих фондів, грн/грн;

ФЄ – фондоємність, грн/грн.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Комп'ютерне моделювання процесів дозволяє швидко і якісно проектувати підприємства, отримувати багатоваріантні проекти, досліджувати і досліджувати і автоматизувати технологічні параметри, розробляти ефективні системи автоматизації.

Сушіння матеріалів досить поширений технологічний процес. Немає ні однієї галузі промисловості, де б цей процес не мав місця. Видалення вологи з твердих та сипучих матеріалів дозволяє здешевити їх транспортування, надати їм необхідні властивості, наприклад, злежуваність і комкування, а також зменшити корозію апаратури при зберіганні або послідууючій переробці цих матеріалів.

Вологу можна видаляти з матеріалів механічними способами віджимом, відстоюванням, центрифугуванням і т.д.

Однак більш повне обезводнення досягається за допомогою теплового сушіння. Цей процес широко використовується в хімічній технології. Він часто являється останньою операцією на виробництві попередній випуску готової продукції.

В хімічних виробництвах, як правило, застосовується штучне сушіння матеріалів в спеціальних сушильних установках.

Основною метою технологічного процесу сушіння є забезпечення заданого значення вологості продукту, що сушиться, зі збереженням його якості.

Якість матеріалу що сушиться має обмеження. Оскільки якість продукту під час сушіння визначається температурою нагріву матеріалу і експозицією (видержкою), то ці параметри і є параметрами обмеження.

Метою дипломного проекту є комп'ютерний розрахунок основних технологічних параметрів сушк, розробка програмного модуля для проектного розрахунку сушильно-охолоджувальної установки та моделювання процесу, розробка схеми автоматизації процесу, економічні розрахунки та аналіз охорони праці.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1. Аналіз технологічної схеми процесу сушки кристалічних матеріалів

1.1 Загальна характеристика процесу сушки

Сушіння – видалення рідини (вологи) з твердих, рідких і газоподібних матеріалів (продуктів, препаратів). Найчастіше рідиною, що видаляється є волога або леткі органічні розчинники [1].

Сушінням надають матеріалам певних властивостей, у багатьох випадках забезпечують їх тривале зберігання, виключають необхідність перевезення баласту. Часто сушіння є останнім етапом у процесі виробництва, що безпосередньо передує продажу або упакуванню продукції [1].

Сушіння супроводжується масо- і теплообміном між сушильним агентом (повітрям, топковими газами тощо) і вологою матеріалу. Сушіння – один з основних технологічних процесів, що знайшов застосування у хімічній, харчовій, деревообробній та ін. галузях промисловості, будівництві, сільському господарстві [1].

Зв'язок вологи з матеріалом може бути механічним, фізико-хімічним і хімічним [2].

Механічний зв'язок означає, що волога знаходиться у порах продукту і на його поверхні. Капілярно зв'язана волога заповнює макро- і мікрокапіляри. Вона механічно пов'язана з матеріалом і найлегше видаляється. Тиск пари над поверхнею матеріалу є тим меншим, чим міцнішим є зв'язок між водою і матеріалом. Найміцнішим цей зв'язок є у гігроскопічних речовин. Тиск пари над ними найбільше відрізняється від тиску насиченої пари [2].

Фізико-хімічний зв'язок вологи з матеріалом буває адсорбційним (волога утримується на внутрішній поверхні капілярів та пористості продуктів), осмотичним (вода пов'язана з матеріалом за рахунок сил осмотичного тиску) і структурним (вода утримується всередині клітин рослинного чи тваринного походження) [2].

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Вологому матеріалу властиві всі форми зв'язку з водою, і дуже складно розмежувати періоди сушіння, що відповідають різним видам зв'язку молекул води з молекулами речовини. Тому експериментальним шляхом будують ізотерми сорбції при постійній температурі. Ізотерми сорбції дозволяють встановити зв'язок між вологістю матеріалу і відносною вологістю повітря, а також визначити рівноважну вологість при сушінні [2].

Існують методи сушіння така, як конвективне, контактне терморадіаційне.

При конвективному сушінні тепло передається від джерела теплової енергії до поверхні матеріалу, що піддається сушінню за допомогою теплоносія. Як теплоносій використовують повітря, інертні гази, димові гази, перегріту пару [3].

Фізична сутність процесу зводиться до видалення вологи з матеріалу за рахунок різниці парціальних тисків над матеріалом p_{pm} та в навколишньому середовищі p_{ps} . Процес сушіння відбувається за умови $p_{pm} > p_{ps}$. При вирівнюванні цих парціальних тисків настає рівновага і процес сушіння припиняється. Видалення вологи з поверхні тісно пов'язане з дифузією вологи всередині матеріалу до його поверхні. Ці два процеси повинні перебувати у строгій відповідності, в іншому випадку можливе пересихання, жолоблення поверхні матеріалу та погіршення його якості [3].

Таким чином, при конвективному сушінні волога переміщається до поверхні за рахунок градієнта вологості, градієнт температури дещо гальмує цей процес. За рахунок різниці температур на поверхні і всередині матеріалу відбувається рух вологи до середини, у напрямку зниження температури [3].

Рівноважна вологість, а значить і перебіг процесу конвективного сушіння залежать від властивостей матеріалу, що підлягає сушінню, характеру зв'язку з ним вологи і параметрів навколишнього середовища [3].

При контактному сушінні тепло матеріалу, що піддається сушінню передається через нагріту перегородку, що контактує з матеріалом [3].

При контактному сушінні термодифузія і дифузія за рахунок різниці концентрації вологи є однаково спрямованими, що сприяє деякій інтенсифікації

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесу на першому періоді сушіння. У другому періоді різниця температур зменшується, тому дещо знижується інтенсивність сушіння [3].

При сушінні інфрачервоними променями напрямки потоку вологи (градієнт вмісту вологи) і потоку тепла (градієнт температури) є протилежними, що дещо знижує швидкість сушіння у перший період. При поступовому прогріванні тіла волога переміщається всередину шару матеріалу, вміст вологи у віддалених від поверхні шарах зростає і виникає значний перепад вмісту вологи у тілі. До кінця періоду опромінення тіло прогрівається, перепад температур зменшується, волога рухається до поверхні і починає інтенсивно випаровуватись. Інтенсивність випаровування підвищується в десятки разів [3].

Реалізовані процеси сушіння обумовлюються вибором технологічних схем.

1.2 Загальна характеристика технологічної схеми процесу

На рис 1.1 представлена схема процесу сушки кристалічних матеріалів. Стрічковим конвеєром вологого кристалічного матеріалу 1, кристалічний матеріал вологість 0,8 % транспортується в завантажувальну тічку ковшового елеватора 2, котрий піднімає кристалічний матеріал на висоту близько 15 метрів. Продуктивність ковшового елеватора – 100 тонн кристалічного матеріалу на годину, тягові елементи його – корабельні ланцюги, ковші для транспортування кристалічного матеріалу виготовлені з нержавіючої сталі [4].

З верхньої головки елеватора кристалічний матеріал по закритому металевому жолобу потрапляє в розподільчу головку сушильно – охолоджувальної установки 3.

Вологий кристалічний матеріал поступає в центральний пучок (6 сушильних труб), створюючий сушильну камеру, через вхідний короб, який приймає гаряче повітря і обертає вхідну обечайку. За допомогою спіралі та направляючих ковшів вологий кристалічний матеріал рівномірно розподіляється в шести сушильних трубах.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

В сушильній частині теплообмін проходить в прямотоці, тобто кристалічний матеріал і гаряче повітря рухається в одному напрямку.

Досягнувши другого кінця пучка сушильної камери кристалічний матеріал через жолоби, з'єднуючі труби пучка сушильної камери з трубами пучка охолоджувальної камери, потрапляє в охолоджувальну частину. В охолоджувальних трубах (6 штук) кристалічний матеріал та холодне повітря рухається в протivotоці.

В місцях забору повітря ззовні, або з середини приміщення, безпосередньо перед калориферами встановлені фільтри, екіпіровані фільтруючою тканиною, щоб забезпечити ефективне фільтрування повітря. Далі по напрямку руху повітря після тканинних фільтрів змонтовані кожухи з дозуючими жалюзійними пристроями для регулювання кількості повітря.

Нагрівання повітря, яке потрапляє в сушильні труби, здійснюється в паровому калорифері 4, в якості теплоносія використовується вторинна пара з випарної станції. Атмосферне повітря, що надходить в калорифер, проходить через спеціальний фільтр. Передбачена установка підігрівача холодного повітря 5, щоб одержати відносну вологість повітря для охолодження кристалічного матеріалу меншу 60% в холодну пору року шляхом нагрівання зовнішнього повітря на декілька градусів.

Змішане (відпрацьоване) повітря видаляється з сушарки через вихідний короб (короб змішаного повітря) і направляється в вузол пиловловлювання. Цей вузол працює з одним головний вентилятором 6, який всмоктує зовнішнє повітря, що надходить через калорифери і одночасно видаляє змішане відпрацьоване повітря в скрубєр 7.

Відцентровий вентилятор всмоктує зовнішнє повітря через фільтри, нагрівачі, яке далі потрапляє в сушильно – охолоджувальну установку. Вентилятор оснащений поворотними лопатями всмоктування для регулювання загального потоку повітря.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вентилятор також оснащений внутрішньою мийкою для очистки лопатей робочого колеса під час роботи. На нижній точці спіралі вентилятора мається виступ, призначений для виводу конденсата, що утворюється при роботі. Для попередження передачі вібрації на раму між шасі вентилятора і рамою монтажної конструкції встановлені антивібраційні шпильки.

Обезпилення відпрацьованого повітря з сушарки здійснюється у вихровому скрубєрі. Скрубєр складається з трьох секцій: секція вихрової промивки, секція накопичення, секція розділення.

Гази, що надходять в скрубєр з високою швидкістю, впливають на рідину, яка знаходиться в нижній частині, і визивають сильну турбулентність і змішування газу і рідини. Розчинні частинки безпосередньо вловлюються рідиною.

Такий сильний взаємовплив середовищ визиває появу туману, який поступає в секцію розділення. Під час цього руху самий мілкий пил прикріплюється до краплин рідини.

Направлені газом краплини призупиняються, проходячи через ножовий розподілювач. Дренажний вінець навкруги ножового розподілювача забезпечує повернення краплин в нижній бункер.

Рівень рідини у нижньому бункеру скрубєра підтримується постійним шляхом відлаженого переливу через боковий короб переливу.

Висушений та охолоджений кристалічний матеріал через балансуєчий клапан висаджується на стрічковий конвеєр 8, який далі транспортує кристалічний матеріал в завантажувальну тічку елеватора сухого кристалічного матеріалу 9. Ковшовий елеватор піднімає кристалічний матеріал на висоту близько 17 метрів. З верхньої головки елеватора по жолобах кристалічний матеріал самостійно потрапляє на вібраційні комковідділювачі 10 і 11 відповідно. Далі просіяний кристалічний матеріал завантажується в накопичувальні бункери стрічковим конвеєром 12. З комковідділювачів непросіяні грудочки кристалічного матеріалу скидаються в апарат з мішалкою.

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ					

Основою для формування технологічної схеми процесу сушіння є вимоги до вологості матеріалу та його фізико хімічні властивості

2. Розрахунок матеріальних балансів процесу сушки

У даному розділі виконується комп'ютерний розрахунок матеріальних та теплових балансів процесу сушіння кристалічних матеріалів, визначення загальних та покомпонентних витрат, складів покомпонентних потоків.

2.1 Розрахунок матеріальних балансів

Метою складання матеріального балансу є визначення маси води W , що видаляється при сушінні матеріалу [5]:

$$W = G_{\text{п}} - G_{\text{к}}, \text{ кг води}$$

де $G_{\text{п}}$ – маса вологого матеріалу кг/с, $G_{\text{к}}$ – маса висушеного матеріалу кг/с.

По абсолютно сухій речовині в висушеному матеріалі матеріальний баланс виражається слідуючим рівнянням [5]:

$$G_{\text{п}} = G_{\text{к}} \cdot \frac{100 - \omega_{\text{к}}}{100 - \omega_{\text{п}}}, \text{ кг}$$

де $\omega_{\text{п}}$, $\omega_{\text{к}}$ – початкова і кінцева вологість матеріалу відповідно, %.

Для визначення потрібної кількості повітря по І-х діаграмі знаходимо вологовміст повітря на вході в калорифер і на виході з нього.

Матеріальний баланс по воді має вигляд [5]:

$$L \cdot x_0 + W = L \cdot x_1$$

де L – витрати сухого повітря, кг/с, x_0 , x_1 – вологовміст перед калориферою і після калориферу, кг води/ кг сухого матеріалу.

З рівняння балансу визначаємо витрату сухого повітря на сушку [5]:

$$L = \frac{W}{x_0 - x_1}, \text{ кг}$$

Для визначення потрібної кількості повітря для охолодження [6]:

										Арк.
										22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$L = \frac{0,25 \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{(0,24 + 0,47 \frac{d_0}{1000}) \cdot (t_2 - t_1)}$$

де θ_2, θ_1 – температура кристалічного матеріалу перед охолодженням і після охолодження відповідно, t_2, t_1 – температура повітря після охолодження і перед охолодженням, d_0 – вологовміст повітря перед охолодженням. Результати розрахунку наведено в додатку А.

Комп'ютерний розрахунок матеріальних балансів виконано в середовищі ChemCad 7.1. Схема представлена на рис 2.1. Під час розрахунку матеріального балансу в схему включались: сушильно – охолоджувальна установка і основний калорифер.

Під час розробки схеми було обрано відповідні апарати, які найбільш точно відображають властивості реальних апаратів. Список блоків наведено в таблиці 2.

Були використані наступні блоки бібліотеки моделей:

- Heat exchanger – теплообмінний апарат. Використовується для теплообмінних процесів.
- Dryer – сушильний апарат. Висушує кристалічний матеріал до потрібної вологості.
- Component separator - сепаратор. Використовується для розділення потоків.

Для більш зручного представлення витрати повітря, зроблений перерахунок повітря для сушіння та охолодження кристалічного матеріалу з кг/год на м³/год.

1) Перерахунок повітря для сушіння матеріалу:

- витрата повітря для сушіння матеріалу становить 51 270 кг/год
- густина повітря при температурі 20 °С становить 1,164 кг/м³
- об'ємна витрата повітря для сушіння матеріалу становить [7]:

$$V_{\text{пов}} = \frac{51\,280}{1,164} = 44\,050 \text{ м}^3/\text{год}$$

2) Перерахунок повітря для охолодження кристалічного матеріалу:

- витрата повітря для охолодження матеріалу становить 115 100 кг/год

										ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							23

- густина повітря при температурі 20 °С становить 1,164 кг/м³
- об'ємна витрата повітря для охолодження матеріалу становить [7]:

$$V_{\text{пов}} = \frac{115\,000}{1,164} = 98\,860 \text{ м}^3/\text{год}$$

В таблиці 2.2 наведений загальний матеріальний баланс по вхідним і вихідним потокам.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що матеріальний баланс процесу сушіння кристалічного матеріалу в спеціалізованому середовищі ChemCad 7.1 розрахований вірно. Результати розрахунків приведені у додатку Б.

2.2 Розрахунок теплових балансів

Для складання теплового балансу конвективної сушарки безперервної дії скористаємось її принциповою схемою [5]:

На сушарку поступає $G_{\text{п}} = 27,974$ кг/с вологого кристалічного матеріалу, який має температуру $T_{\text{мп}} = 65$ °С. В сушарці з матеріалу випарюється волога $W = 0,196$ кг/с вологи і з сушарки видаляється $G_{\text{к}} = 27,778$ кг/с висушеного матеріалу при температурі $T_{\text{мк}} = 25$ °С.

- 1) Питома теплоємність матеріалу $c_{\text{м}} = 1\,407$ Дж/(кг·°С).
- 2) Питома теплоємність вологи (води) $c_{\text{в}} = 4\,190$ Дж/(кг·°С).

В сушарку подається повітря для сушіння кристалічного матеріалу, що містить $L1 = 14,24$ кг/с абсолютно сухого повітря та для охолодження, що містить $L2 = 31,94$ кг/с абсолютно сухого повітря.

Ентальпію визначаємо з I-d діаграми [5].

Перед калорифером повітря має ентальпію $I0 = 47\,000$ Дж/кг, після нагріву, тобто на вході в сушарку.

В процесі сушки в результаті передачі тепла матеріалу, поглинанням вологи з матеріалу і втрат тепла в навколишнє середовище ентальпія змінюється і на виході з сушарки ентальпія відпрацьованого повітря дорівнює $I2 = 113\,000$ Дж/кг.

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ					

При складанні теплового балансу значимо, що в нашій конструкції сушарки відсутні допоміжні транспортні пристрої для переміщення матеріалу (напр. вагонетки і т.д.) [5].

Згідно схеми тепло Q_k підводиться в калорифер встановлений перед сушаркою Приймаємо варіант, що в калорифер тепло Q_{k2} не підводиться [5].

Тоді з врахуванням втрат тепла сушаркою в навколишнє середовище $Q_{втр}$ маємо тепловий баланс для сушки представлений в таблиці 2.6

При сталому процесі сушки тепловий баланс виражається рівнянням [5]:

$$\begin{aligned} L1 \cdot I0 + L2 \cdot I0 + G_k \cdot c_m \cdot T_{мп} + W \cdot c_b \cdot T_{мп} + Q_k = \\ = (L1 + L2) \cdot I2 + G_k \cdot c_m \cdot T_{мк} + Q_{втр} \end{aligned}$$

З цього рівняння визначаємо загальну витрату тепла Q_k на сушку. Витрати тепла в навколишнє середовище становлять 6% [5].

$$\begin{aligned} Q_k - 0,06 \cdot Q_k = (L1 + L2) \cdot I2 + G_k \cdot c_m \cdot T_{мк} - L1 \cdot I0 - L2 \cdot I0 - G_k \cdot c_m \cdot T_{мп} - \\ - W \cdot c_b \cdot T_{мп} \end{aligned}$$

Отже:

$$\begin{aligned} Q_k = \frac{(L1 + L2) \cdot I2 + G_k \cdot c_m \cdot T_{мк} - L1 \cdot I0 - L2 \cdot I0 - G_k \cdot c_m \cdot T_{мп} - W \cdot c_b \cdot T_{мп}}{0,94} = \\ = 1185000 \text{ Дж/с} \end{aligned}$$

Витрати пари на калорифер знаходимо за формулою [5]:

$$D = \frac{Q_k}{i - t_{кон}}$$

де i – теплоємність, яка визначається по таблицях Вакуловича [5], $t_{кон}$ – температура конденсату.

$$D = \frac{1185000}{648,3 - 124} = 2261 \text{ кг/год}$$

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що тепловий баланс процесу сушіння кристалічного матеріалу розрахований вірно.

										ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
											25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

3 Комп'ютерний розрахунок сушильно-охолоджувальної установки

Метою даного розділу є проектування сушильно-охолоджувальної установки. Сушарка складається з двох камер: сушильної і охолоджувальної. Отже математичні моделі підбираються для двох камер.

3.1 Математичне забезпечення обчислювального модуля

Математичне моделювання є одним із основних сучасних методів дослідження. Математичне моделювання включає три взаємопов'язаних етапи:

- складання математичного опису досліджуваного об'єкту;
- вибір методу вирішення системи рівнянь математичного опису і реалізації його у формі програми;
- встановлення відповідності (адекватності) моделі об'єкту [8].

Сушкою називають процес видалення вологи з різних матеріалів шляхом підвода теплоти [8].

В процесі сушки високовологих крупнопористих матеріалів із незначною енергією зв'язку вологи з матеріалом швидкість видалення вологи може бути прийнята постійною до досягнення матеріалом рівноважного вологовмісту. При цьому температура шару матеріалу та сушильного агенту, що покидають сушку, буде близька до адіабатичної температури насичення вхідного потоку сушильного агенту (температурі мокрого термометру) [9].

З урахуванням основних допущень:

- 1) потік рівномірно розподіляється по всьому об'єму, що займає теплоносій;
- 2) сушильний агент та матеріал рухаються в режимі ідеального витіснення;
- 3) температура сушильного агенту, що виходить з апарату дорівнює температурі мокрого термометру;
- 4) швидкість видалення вологи з матеріалу постійна;

										ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
											26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

- 5) все тепло, що передається від сушильного агенту поверхні вологого матеріалу витрачається на випаровування вологи;
- 6) щільності та теплоємності середовищ постійні в області робочих температур;
- 7) втрати в навколишнє середовище не враховуються.

Математичну модель процесу сушки можна представити як [9]:

$$\begin{cases} -G_T \cdot c_T \cdot \frac{dT}{dh} = \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d} \cdot \alpha \cdot (T - T_M) \cdot S \\ V \cdot \rho \cdot q \cdot \frac{du}{dh} = \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d} \cdot \alpha \cdot (T - T_M) \cdot S \end{cases}$$

Початкові умови:

$$T(h=0)=T_{вх}, u(h=H)=u_{вх},$$

де $\frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d}$ - поверхня монодисперсних сферичних часток, що приходиться на одиницю висоти шару матеріалу; d – діаметр часток, м; V - витрата матеріалу, м³/год; G_T – масова витрата сушильного агенту, кг/год; T – температура сушильного агенту, °С; T_M – температура мокрого термометру, °С; S – площа поперечного перетину апарату, м²; h – координата висоти апарату, м; u – вміст вологи в матеріалі, кг вологи/кг; сухого матеріалу; q - питома теплота випаровування, кДж/кг; c_T – теплоємність сушильного агенту, кДж/(кг·°С); α - коефіцієнт тепловіддачі від сушильного агенту до матеріалу, кДж/(м²·год·°С); ρ - густина матеріалу, кг/м³; ε – порозність шару матеріалу.

Для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі застосовують емпіричні рівняння, які встановлюють залежність критерія Нуссельта [10]:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda},$$

від критерія Рейнольдса [10]:

$$Re = \frac{v \cdot d_e}{\nu},$$

де v – середня швидкість повітря, l – визначальний лінійний розмір. Коефіцієнт теплопровідності λ , кінематичний коефіцієнт в'язкості ν , питому

										Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ					

де t_{cp} – середня температура газу, °C, t_m – температура мокрого термометра, °C.

Коефіцієнт тепловіддачі [10] :

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$$

Зроблений конструктивний розрахунок дає можливість виконати розрахунок процесу масообміну в сушильній камері з використанням математичної моделі. Рішенням математичної моделі буде значення температури в залежності від висоти (рис. 3.1а), а також зміна значення вологості в залежності від висоти (рис. 3.1б) в трубах сушильної камери.

В охолоджувальній камері відбувається процес охолодження кристалічного матеріалу охолоджувальним агентом (повітрям) до температури 25 °C.

Математичне моделювання охолоджувальної камери для охолодження кристалічного матеріалу проводиться з урахуванням наступних допущень [11]:

- 1) коефіцієнт тепловіддачі постійний по всій поверхні теплообміну;
- 2) витрати в навколишнє середовище не враховуються;
- 3) режим першого і другого теплоносія – режим ідеального витіснення;

Враховуючи вихідні дані та припущення обираємо модель ідеального витіснення [11]:

$$\begin{cases} S_1 \cdot c_{T1} \cdot \frac{dT_1}{dt} = -v_1 \cdot c_{T1} \cdot \frac{dT_1}{dl} \cdot \frac{F}{L} \cdot K \cdot (T_1 - T_2) \\ S_2 \cdot c_{T2} \cdot \frac{dT_2}{dt} = \pm v_2 \cdot c_{T2} \cdot \frac{dT_2}{dl} + \frac{F}{L} \cdot K \cdot (T_1 - T_2) \end{cases}$$

де S_1, S_2 – площі поперечних перерізів, що займають теплоносії, м²; c_{T1}, c_{T2} – теплоємності відповідних теплоносіїв, Дж/м³·°C ; L – довжина апарата, м; l – координата довжини, м, T_1, T_2 – початкові температури гарячого та холодного теплоносіїв відповідно, °C, K – коефіцієнт тепловіддачі, Дж/м²·год · °C, v_1, v_2 – швидкості руху речовин, м³ год⁻¹, t – координата часу, год.

										Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Оскільки теплообмінник працює в статичному режимі, то параметри T_1 , T_2 будуть змінюватися тільки по довжині і математична модель може бути записана у вигляді [11]:

$$\begin{cases} -v_1 \cdot c_{T1} \cdot \frac{dT_1}{dl} - \frac{F}{L} \cdot K \cdot (T_1 - T_2) = 0 \\ v_2 \cdot c_{T2} \cdot \frac{dT_2}{dl} + \frac{F}{L} \cdot K \cdot (T_1 - T_2) = 0 \end{cases}$$

Граничні умови відповідають протиточному руху теплоносіїв: при $l=0$, $T_1(0) = T_{1п}$, при $l = L$, $T_2(L) = T_{2п}$. Записані рівняння дозволяють розрахувати розподіл температур по довжині ТОА (так званий температурний профіль), а також температуру кожного теплоносія на виході з апарату $T_{1к}$, $T_{2к}$. Можна одержати аналітичне рішення цих рівнянь при крайових умовах $T_1(0)=T_{1п}$, $T_2(L)=T_{2п}$, чисельними методами із застосуванням ЕОМ[11].

Для знаходження коефіцієнта тепловіддачі можна скористатись рівнянням [12]:

$$K = B \cdot \frac{(\rho \cdot v)^{0,8}}{d^{0,2}} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

де B – коефіцієнт (знаходиться по таблиці [12]), ρ – густина охолоджувального агенту, v – швидкість охолоджувального агенту, d – діаметр труби.

Після того як зроблений конструктивний розрахунок, виконуємо розрахунок процесу теплообміну в охолоджувальній камері з використанням математичної моделі. Рішенням математичної моделі буде значення температур речовин в залежності від довжини труб в охолоджувальній камері (рис. 3.2).

Розрахунки проводилися в програмі MathCAD, і представлені в додатку Г. Для зручнішого представлення даних розрахунку був розроблений програмний модуль на мові C++ в середовищі MS Visual Studio 2017, який розраховує коефіцієнти тепловіддачі та вирішує математичні моделі для сушильної та охолоджувальної камер.

3.2. Технічне завдання на розробку обчислювального модуля

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

3.3 Програмний модуль для моделювання процесу сушки кристалічних матеріалів

Відповідно до технічного завдання розроблено алгоритм обчислювального модуля (рис 3.3). Програмний код обчислювального модуля розроблено в середовищі Visual Studio C# (Додаток В).

Структура обчислювального модуля:

Файли форм:

- 1) MyForm1.h
- 2) MyForm2.h
- 3) MyForm3.h
- 4) MyForm4.h
- 5) MyForm5.h

Файл проекту – Diploma.

Основні елементи обчислювального модуля наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні елементи обчислювального модуля

Розроблений програмний модуль містить в собі наступні обробники подій:

Таблиця 3.2 – Обробники подій обчислювального модуля

Програмний модуль можна використовувати для перевірки розрахунку будь-якої багатотрубною сушильно-охолоджувальною установкою.

Код розробленого програмного модуля приведений в Додатку Г.

3.4 Інструкція користувача програмного продукту

Програмний модуль призначений для розрахунку багатотрубною сушильно-охолоджувальною установкою, процесу сушки кристалічних матеріалів.

Головне вікно програми наведено на рисунку 3.4.

					<i>ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

При натисканні на кнопку «Загальна інформація» користувач переходить на форму де знаходяться дані про процес який відбувається.

При натисканні на кнопку «Технологічна схема», користувач переходить на форму де знаходяться зображення технологічної схеми виробництва, опису технологічної схеми та схеми побудованої в середовищі ChemCAD (Рис. 3.5).

При натисканні на кнопку «Довідка для вирішення математичних моделей», користувач переходить на форму де знаходяться математичні моделі для сушильної і охолоджувальної камери, а також критеріальні рівняння для знаходження коефіцієнта тепловіддачі сушильної камери і рівняння для знаходження коефіцієнта тепловіддачі для охолоджувальної камери (Рис 3.6.)

При натисканні на кнопку «Проектування технологічного апарату», користувач переходить на форму де знаходяться вкладка для проектування апарату.

Вкладка «Розрахунок коефіцієнтів» являє собою форму для введення вхідних даних користувачем та представлення розрахованих коефіцієнтів тепловіддачі (рис. 3.7).

Користувачу потрібно ввести дані в поля і після чого програма після натискання відповідної кнопки розрахує коефіцієнти.

Вкладка «Рішення математичної моделі для сушильної камери» являє собою форму для введення вхідних даних користувачем та представлення розрахованих даних у вигляді таблиці та графічних залежностей (рис. 3.9).

Користувачу потрібно ввести дані в поля і після чого програма після натискання відповідної кнопки вирішить математичну модель для сушильної камери.

Вкладка «Рішення математичної моделі для охолоджувальної камери» являє собою форму для введення вхідних даних користувачем та представлення розрахованих даних у вигляді таблиці та графічних залежностей (рис. 3.9).

Користувачу виконує попередні дії.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Для початку обчислення слід натиснути відповідний пункт меню. Після введення даних розраховані результати будуть виведені на форму.

Для нормального проходження процесу, потрібно контролювати умови протікання процесу. Приклад схеми автоматизації приведений в наступному розділі.

					<i>ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

4 Автоматизація технологічної схеми процесу сушки

Мета автоматизації – підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, покращення керування, усунення людини від виробництв, небезпечних для здоров'я [12].

Автоматизація, за винятком простих випадків, вимагає всебічного, системного підходу до рішення завдання, тому окремі вирішення завдань засобами автоматизації, зазвичай називаються системами, наприклад:

- автоматична система керування;
- автоматизована система керування;
- автоматизована система керування технологічним процесом (АСК ТП).

Система автоматизації – інформаційно об'єднана сукупність програмованих пристроїв автоматизованого та автоматичного контролю, регулювання та керування [12].

Галузі, де автоматизація є важливою: виробництво сталі, гірнича справа, машинобудування, хімічне виробництво, харчова промисловість, енергетика, керування автомобільним, залізничним і повітряним транспортом.

Складовими елементами системи автоматизації є підсистеми:

1. Технологічної та аварійної сигналізації.
2. Автоматичного блокування і технологічного захисту.
3. Аварійного керування.
4. Реєстрації стану керованого процесу і дій оператора.
5. Обмін даними між пристроями системи та зі зовнішніми інформаційними системами.

Схема автоматизації – основний технічний документ, схема, що визначає структуру (ієрархію) пунктів контролю та керування, функції систем контролю і керування об'єкта, що автоматизується, оснащення систем автоматизації технічними засобами: приладами та засобами автоматизації, щитами, пультами, обчислювальною технікою тощо [12].

										ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
											35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Функціональна схема автоматизації є основним проектним документом, який визначає структуру і рівень автоматизації технологічного процесу об'єкта. На функціональній схемі за допомогою умовних графічних позначень вказують технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади і засоби автоматизації та ін. із зазначенням зв'язків між ними, таблиці умовних позначень і необхідних пояснень [12].

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Під час процесу сушіння та охолодження кристалічних матеріалів, який відбувається в сушильно – охолоджувальній установці необхідно для отримання якісного матеріалу в заданій кількості підтримувати необхідний температурний режим та створювати розрідження щоб необхідна кількість повітря потрапила в установку.

Важливим фактором є контролювання витрат вхідних речовин, а також тиску на фільтрах калориферів.

В зв'язку з порушенням будь якого з етапів може викликати не якісні характеристики матеріалу, а це може суттєво змінити поведінку матеріалу в подальшому його використанні. Отже, необхідно контролювати та регулювати всі параметри які беруть участь у цьому процесі.

Аналіз технологічної схеми показав, що для забезпечення нормальної роботи сушильного відділення необхідно регулювати наступні параметри:

- витрату повітря на калорифери;
- витрату пари на калорифери;
- витрату води на скрубери;
- витрату води для промивки лопатей вентилятора;
- витрату матеріалу після центрифуги;
- витрату готового продукту
- температуру пари;

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- температуру повітря після калориферів;
- температуру води;
- температуру двигуна барабана;
- температуру редуктора двигуна барабана;
- температуру двигуна ковшового елеватора для подачі вологого кристалічного матеріалу;
- температура двигуна вентилятора;
- тиск на фільтрах калориферів.

На підставі аналізу технологічної схеми було визначено необхідний рівень автоматизації виробництва. Параметри контролю, регулювання та автоматизації процесом сушки кристалічних матеріалів занесені до таблиці 4.1

Також передбачена можливість дистанційного керування двигунами стрічкових конвеєрів, ковшових елеваторів, калориферів, сушильно – охолоджувальної установки, вентилятора.

На основі параметрів обирають технічні засоби автоматизації

Засоби автоматизації підбирають з дотриманням наступних правил:

- для регулювання однакових параметрів технологічного процесу застосовуються однотипні засоби автоматизації;
- клас точності приладів повинен відповідати технологічним вимогам;
- діапазон вимірювання приладів повинен відповідати діапазону технологічних параметрів, що регулюються.

Засоби автоматизації вибрані [10, 11, 12]. Специфікація до обраних засобів наведена в додатку Д.

4.2 Характеристика розробленої схеми автоматизації

На рис 4.1 представлена схема автоматизації процесу сушки кристалічних матеріалів.

					<i>ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Контроль та регулювання витрат

Для контролю та регулювання витрати використовується вихровий витратомір марки SITRANS FX330 (поз. 1а, 2а, 3а, 4а, 5а, 6а) з температурою вимірюваного середовища від -40 до 230 °С, прилад містить вбудований первинний перетворювач у вихідний сигнал 4 – 20 мА.

Далі сигнал подається на перетворювач сигналу SM 331 (поз. 1б, 2б, 3б, 4б, 5б, 6б) який перетворює сигнал з аналогового на дискретний після чого дані заносяться в мікроконтролер марки S7-300. Після чого реєструюча складова записується в базу даних, а показуюча складова виводиться на монітор оператора. В контурах регулювання мікроконтролер видає регулюючий вплив на виконавий механізм (поз. 1г, 2г, 3г, 4г) через перетворювач сигналу (поз. 1в, 2в, 3в, 4в), сигнал перетворюється з дискретного на аналоговий перетворювачем S-332.

Контроль та регулювання температури

В якості первинного перетворювача при вимірюванні температури було обрано термоперетворювач опору мідний марки ТСМ-1293-01 з токовим виходом (поз. 7а, 8а, 9а, 10а, 11а, 12а, 13а) з діапазоном вимірювання температури від -50°С – 150°С, що призначений для вимірювання температури у рідких та газоподібних з малою похибкою, шляхом перетворення опору в уніфікований вихідний сигнал 4 – 20 мА.

Для вимірювання температури на двигунах було обрано цифровий термометр DTM (поз. 14а, 15а, 16а, 17а) з діапазоном вимірювання температури від -20°С – 400°С, що призначені для вимірювання температури двигунів з вихідним сигналом 4 – 20 мА.

Отриманий сигнал подається на перетворювач сигналу SM 331 (поз. 7б, 8б, 9б, 10б, 11б, 12б, 13б, 14б, 15б, 16б, 17б), який перетворює сигнал з аналогового на дискретний після чого дані заносяться в мікроконтролер марки S7-300. Після чого реєструюча складова записується в базу даних, а показуюча складова виводиться на монітор оператора. В контурах регулювання мікроконтролер видає регулюючий вплив на виконавий механізм (поз. 12г, 13г) через перетворювач

					<i>ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

сигнала (поз. 12в, 13в), сигнал перетворюється з дискретного на аналоговий перетворювачем S-332. Також сигнал в деяких контурах поступає на сигналізуючу складову, на яких використовуються сигнальні лампи з червоним індикатором марки ЛС 47-2.

Контроль тиску

Для вимірювання тиску використано первинний перетворювач тиску марки WKA, для вимірювання тиску від 0 до 0,16 МПа в рідких і газоподібних середовищах, вихідний сигнал манометру 0 – 20 мА.

Далі сигнал подається на перетворювач сигналу SM 331 (поз. 18а, 19а), який перетворює сигнал з аналогового на дискретний після чого дані заносяться в мікроконтролер марки S7-300. Після чого реєструюча складова записується в базу даних, а показуюча складова виводиться на монітор оператора.

Контур перемикання

Контур дистанційного регулювання двигуна (контр. 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36) використовує пост керування кнопковий марки ПКУ 15-21- 131-УЗ та магнітні пускачі марки ПМ12- 160210У2В.

Для сигналізації верхньої та нижньої рівня сигналізації використовуються індикаторні лампи марки СКЛ-11-3-2220 (поз. HL3, HL4, HL5, HL6, HL7, HL8, HL9, HL10, HL11, HL12, HL13, HL14, , HL15, HL16, HL17, HL18, HL19, HL20, HL21, HL22, HL23, HL24).

На рис 4.2 представлено монтаж технічного засобу автоматизації, а саме термометру опору марки TCM 1293-01.

Розроблена схема автоматизації дозволяє проводити технологічний процес сушки кристалічних матеріалів.

					<i>ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

5. Економіко – технічні розрахунки

Метою даного розділу є розрахунок економіко – технічних показників, що показують доцільність створення сушильного відділення підприємства в умовах ринкової економіки.

5.1 Технологічна підготовка підприємства

Виробничі процеси підприємства можна поділити на основні, допоміжні, підсобні та бічні.

1.2 Оптимальний вид руху предметів праці (ВРПП)

ВРПП поділяються: послідовний, паралельний, синхронізований та змішаний. Режим роботи підрозділу підприємства безперервний, тобто робочий день 24 години, і складається з 5 етапів які наведені в таблиці 5.2.

Випуск продукції за завданням зазначеному в дипломному проекті:

$$B = 100 \text{ т/год}$$

Сума тривалості операцій:

$$\sum_{i=1}^m t_i = 1 + 1 + 10 + 10 + 1 = 23 \text{ хв}$$

де m – кількість операцій, t_i - тривалість операцій.

Базовою одиницею $T_{ВЦ}$ приймаємо одну годину, тобто 60 хвилин.

1. Послідовний вид руху предметів праці, являє собою рух, під час якого друга одиниця продукції запускається у виробництво після завершення першої [14].

$$T_{ВЦ}^{\text{посл}} = B \cdot \sum_{i=1}^m t_i$$

$$60 = B' \cdot 23; \Rightarrow B' = \frac{60}{23} = 2.6 \text{ тон/год}$$

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Так як ми маємо виготовляти 100 т/ год, а при послідовному ВРПП можемо виробляти тільки 2,6 т/год, то послідовний ВРПП не може задовільнити потребу.

2. Паралельний вид руху предметів праці, безпосередньо наступна одиниця продукції запускається у виробництво після того, як звільняється обладнання на першій операції [15].

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар}} = \sum_{i=1}^m t_i + (B - 1) \cdot t_{\text{max}}$$

$$60 = 23 + (B' - 1) \cdot 10; \Rightarrow B' = \frac{60 - 13}{10} = 4,7 \text{ т/год}$$

Так як ми маємо виготовляти 100 т/ год, а при паралельному ВРПП можемо виробляти тільки 4,7 т/год, то паралельний ВРПП не може задовільнити потребу.

3. Синхронізований вид руху предметів праці. В цьому випадку наступна одиниця продукції запускається у виробництво з ритмом і застосуванням інших ліній [14].

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{синх}} = \sum_{i=1}^m t_i + R(B - 1)$$

$$60 = 23 + 0,373(B' - 1); \Rightarrow B' = \frac{60 - 23 + 0,373}{0,373} = 100 \text{ т/год}$$

Розрахуємо кількість обладнання:

$$N_{\text{об}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{R} = \frac{23}{0,373} = 62 \text{ одиниці}$$

Графік виглядає наступним чином:

Висновок: Оптимальним ВРПП є синхронізований з ритмом 0,373 хв, може задовільнити потребу в випуску 100 тон за годину продукції.

Так як кількість обладнання дуже велика, вартість якого мільйони гривень використовуємо по 1 одиниці обладнання з продуктивністю 100 тон на годину.

1.3 Необхідна кількість співробітників

Кількість працюючих на виробництві розраховуємо за графікам ВРПП (за тим який прийняли).

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Підприємство працює безперервно у дві зміни, тривалість зміни 12 годин.
Кількість персоналу наведена у таблиці 5.3.

1.4 Чисельність персоналу явочна і за списком

Явочна чисельність персоналу – це максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання обсягу робіт і повної комплектації робочих місць протягом робочої зміни [15]. Явочна чисельність персоналу за зміну повинна бути:

- 1-працівник лабораторії;
- 1-начальник технологічної зміни;
- 5-апаратник;
- 1-прибиральник;
- 1-охоронник;
- 1- майстер діляниці

$$Ч_{\text{явочна}} = 10 \text{ осіб}$$

Чисельність за списком характеризує потреби підприємства у кадрах і крім наявної чисельності включає додаткову кількість для заміни тих хто у відпустці, хворіє або відсутній з поважної причини [15].

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{підприємства}}}{T_{\text{працівника}}} = 10 \cdot \frac{2880}{662} = 40 \text{ працівників}$$

Тривалість роботи підприємства:

Підприємство працює 120 днів, тобто забезпечує виробництво партії замовлення.

$$T_{\text{підприємства}} = 120 \cdot 24 = 2880 \text{ год/пз}$$

Тривалість роботи працівника:

$$T_{\text{працівника}} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2015 \text{ год/рік}$$

Визначаємо роботу працівника за 120 днів:

$$T_{\text{працівника}} = \frac{120 \cdot 2015}{365} = 662 \text{ год/пз}$$

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Для функціонування підприємства на добу потрібно 40 осіб.

Начальник цеху працює в першу зміну – 12 годин.

Підприємство працює безперервно (не має святкових днів і вихідних).

Визначаємо кількість бригад:

$$N = \frac{2880}{662} = 4 \text{ бригади}$$

Для продуктивної роботи підприємства потрібно 4 бригади. Кожна бригада працює по 180 годин на місяць.

Фактична тривалість роботи працівника:

$$\begin{aligned} T_{\text{працівника}}^{\text{факт}} &= \frac{365}{T_{\text{зм.об.}}} \cdot (T_{\text{зм.об.}} - T_{\text{вихідн.}}) \cdot T_{\text{зміни}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 8) \cdot 12 \\ &= 2190 \text{ год/рік} \end{aligned}$$

Фактична тривалість роботи працівника за 120 днів:

$$T_{\text{працівника}}^{\text{факт}} = \frac{120 \cdot 2190}{365} = 720 \text{ год/пз}$$

Перепрацювання працівника:

$$T_{\text{перепрац}} = T_{\text{працівника}}^{\text{факт}} - T_{\text{р}}^{\text{працівника}} = 720 - 668 = 52 \text{ год/пз}$$

Так як перепрацювання для кожного працівника становить 52 години, це було враховано в заробітній платі

Необхідна кількість обладнання наведена у таблиці 5.5

Загальна кількість одиниць обладнання – 5.

1.5 Контроль виробництва

Технічний контроль – сукупність методів, заходів і засобів, що забезпечують відповідність якості продукції вимогам стандартів і нормативів [15].

Проводиться вхідний та кінцевий контроль.

Вхідний контроль – це перевірка якості продукції перед запуском у виробництво. Вхідний контроль включає проби сировини (об'єкт), що надходить у виробництво [15]. Аналіз сировини проводять наглядно (зовнішній вигляд,

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

запах, колір). Вхідний контроль проводить працівник лабораторії(суб'єкт). Результати досліджень записуються до спеціального журналу вхідного контролю.

При кінцевому контролі здійснюється оцінка якості готової продукції. Основна мета контролю є виявлення браку. Контроль здійснюють працівником лабораторії (суб'єкт). Визначають фізико-хімічні, мікробіологічні показники кристалічного матеріалу(об'єкт). Результати досліджень записуються до журналу вихідного контролю (виглядає так само, як журнал вхідного контролю) , на підставі якого головним інженером, а потім начальником цеху заповнюється паспорт якості на продукцію, який передається на підпис безпосередньо директору підприємства.

1.6 Баланс споживання оборотних фондів

Оборотні фонди – це форми підприємства, які повністю витрачаються протягом одного виробничого циклу і їх вартість переносять на вартість готової продукції повністю і відразу.

До оборотних фондів відносять:

- Сировина;
- Електроенергія;
- Заробітна плата.

Випуск продукції для партії замовлення (партія замовлення виготовляється за 120 днів):

$$V_{пз} = 120 \cdot 24 \cdot 100 = 288\,000 \text{ т/пз}$$

1. Вартість сировини наведена у таблиці 5.7

Щоб забезпечити потреби партії замовлення продукції необхідно 453 687 121 грн/пз.

2. Вартість електроенергії

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Вартість електроенергії розраховуємо за 2-зонним тарифом. Розподілимо: денний період (з 7 год. до 23 год.) – тарифний коефіцієнт складає 1, нічний період (з 23 год. до 7 год.) – 0,5. Загальна потужність становить 461 кВт/год.

$$\text{Денний період: } 461 \cdot 16 = 7\,376 \text{ кВт}$$

$$\text{За партію замовлення: } 7\,376 \cdot 120 = 885\,120 \text{ кВт}$$

$$\text{Ціна за партію замовлення: } 885\,120 \cdot 1 \cdot 2,5 = 2\,212\,800 \text{ грн/пз}$$

$$\text{Нічний період: } 461 \cdot 8 = 3\,688 \text{ кВт}$$

$$\text{За рік: } 3\,688 \cdot 120 = 442\,560 \text{ кВт}$$

$$\text{Ціна за партію замовлення: } 442\,560 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 553\,200 \text{ грн/пз}$$

$$\text{Загальна ціна електроенергії: } 2\,212\,800 + 553\,200 = 2\,766\,000 \text{ грн/пз}$$

Вартість теплової енергії:

$$\text{Загальна кількість становить } 1,442 \text{ гКал/год.}$$

$$\text{За партію замовлення: } 1,442 \cdot 24 \cdot 120 = 4\,152 \text{ гКал}$$

$$\text{Ціна за партію замовлення: } 4152 \cdot 1325 = 5\,501\,400 \text{ грн/пз}$$

3. Заробітна плата

Фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарахування} = 417\,000 \cdot 4 \cdot 1,22 = 2\,034\,960 \text{ грн/рік.}$$

Вартість оборотних засобів:

$$\begin{aligned} \text{ОбЗ} &= V_{\text{сиров}} + C_{\text{ел}} + C_{\text{те}} + \text{ФОП} = 453\,687\,121 + 2\,766\,000 + 5\,501\,400 + \\ &+ 2\,034\,960 = 463\,989\,481 \text{ грн/рік.} \end{aligned}$$

5.7 Розрахунок основних фондів

До основних фондів відділення належать:

- будівлі та споруди;
- машини і обладнання
- транспорт
- виробничий господарський інвентар
- нематеріальні активи.

Вартість ОФ наведено та розраховано в таблиці.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Сумарна вартість ОФ = 11 763 650 грн.

Амортизаційні відрахування А = 2 178 407 грн/рік.

5.8 Розрахунок собівартості, прибутку та періоду повернення капіталовкладень

Собівартість кристалічного матеріалу для одного цеху:

$$C_{\text{цех}} = A + \text{ОбЗ} = 463\,989\,481 + 2\,178\,407 = 466\,167\,888 \text{ грн}$$

Собівартість виробництва:

$$C_{\text{вир}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{цех}}$$

де n – кількість цехів на підприємстві.

На підприємстві 5 цехів. Отже собівартість виробництва складе:

$$C_{\text{вир}} = 5 \cdot 466\,167\,888 = 2\,330\,839\,439 \text{ грн}$$

Повна собівартість:

$$C_{\text{повна}} = C_{\text{вир}} + \text{Накладні} = 2\,330\,839\,439 + 466\,167\,888 =$$

2 797 007 327 грн

Накладні – адміністративно управлінські витрати, які приблизно дорівнюють 80 ... 150 % від собівартості цеху виробництва.

Собівартість одного кілограма:

$$C_{\text{од}} = \frac{C_c}{B_c} = \frac{2\,797\,007\,327}{288\,000} = 9,71 \text{ грн}$$

Ринкова оптова ціна 11 грн/кг

$$\text{Ц} = 288\,000\,000 \cdot 11 = 3\,168\,000\,000 \text{ грн}$$

Прибуток:

$$\text{П} = \text{Ц} - \text{С} = 3\,168\,000\,000 - 2\,797\,007\,327 = 370\,992\,673 \text{ грн}$$

Рентабельність продукту:

$$P = \frac{\text{П}}{\text{С}} = \frac{370\,992\,673}{2\,797\,007\,327} = 0,132 \text{ або } 13,2\%$$

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Капіталовкладення:

$$K = OF + O63 = 11\,763\,650 + 2\,794\,828\,920 = 2\,806\,592\,570 \text{ грн}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{2\,806\,592\,570}{370\,992\,673} = 7,56 \text{ років}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{370\,992\,673}{2\,778\,877\,370} = 0,132 \text{ грн/грн}$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{\Psi}{OF} = \frac{3\,168\,000\,000}{11\,763\,650} = 269 \text{ грн/грн}$$

Фондоємність:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{269} = 0,0037 \text{ грн/грн}$$

У таблиці 5.11 наведені основні економіко -технічні показники

5.9 Перерахунок економіко-технічних показників з використанням модернізації

Під час розробки дипломного проекту було спроектовано програмний модуль, метою якого є розрахунок та моделювання процесу сушіння кристалічних матеріалів без втручання людини. Також проведена автоматизація виробництва. Отже, при застосуванні цих комплексів (автоматизації і програмного модуля), можна скоротити кількість персоналу у відділенні, а також потреба в сировині зменшиться на 1 %. Це можна пояснити тим, що:

- 1) з'являється можливість висушування кристалічного матеріалу до вологості 0,05 %, що дає змогу зберігати кристалічний матеріал без затарювання, що зменшить його втрати.
- 2) контроль обертами барабану в сушильно – охолоджувальній установці запобігає меншому перетиранню кристалічного матеріалу, а відповідно мінімізуються його втрати.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Це все відобразиться на техніко-економічних показниках.

Розрахуємо економіко – технічні показники з використанням автоматизації та програмного модуля.

1. Вартість сировини наведена у таблиці 5.12

Щоб забезпечити потреби партії замовлення продукції необхідно 449 693 987,5 грн/пз.

2. Кількість працівників, що працюватимуть на новому виробництві приведено в таблиці 5.13

Явочна чисельність персоналу складе $Ч_{\text{явочна}} = 5$ осіб

1-працівник лабораторії;

1-начальник технологічної зміни;

1-апаратник;

1-прибиральник;

1-охоронник;

Чисельність персоналу за списком складе:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{р підприємства}}}{T_{\text{р працівника}}} = 5 \cdot \frac{2880}{662} = 20 \text{ працівників}$$

Тривалість роботи підприємства:

Підприємство працює 120 днів, тобто забезпечує виробництво партії замовлення.

$$T_{\text{р підприємства}} = 120 \cdot 24 = 2880 \text{ год/пз}$$

Тривалість роботи працівника:

$$T_{\text{р працівника}} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2015 \text{ год/рік}$$

Визначаємо роботу працівника за 120 днів:

$$T_{\text{р працівника}} = \frac{120 \cdot 2015}{365} = 662 \text{ год/пз}$$

Для функціонування підприємства на добу потрібно 10 осіб.

Начальник цеху працює в першу зміну – 12 годин, майстер дільниці працює в першу зміну – 12 год.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

3. Заробітна плата

Фонд оплати праці:

ФОП = ЗП + Нарахування = 227 000·4·1,22 = 1 107 760 грн/рік.

Вартість оборотних засобів:

$$\text{ОбЗ} = \text{В}_{\text{сиров}} + \text{Ц}_{\text{сл}} + \text{Ц}_{\text{те}} + \text{ФОП} = 449\,693\,987,5 + 2\,766\,000 + 5\,501\,400 + 1\,107\,760 = 459\,072\,481,5 \text{ грн/рік.}$$

4. Вартість програмного комплексу

Вартість програмного комплексу слід включити в основні фонди.

Розрахуємо вартість програми. Година роботи програміста складає 500 грн. Для розробки програми було витрачено 5 дні по 8 годин кожного дня. Отже зарплата програміста складе:

$$\text{ЗП} = 5 \cdot 8 \cdot 500 = 20\,000 \text{ грн}$$

5. Контроль виробництва

Проводиться вхідний та кінцевий контроль.

Вхідний контроль – це перевірка якості продукції перед запуском у виробництво. Вхідний контроль включає проби сировини (об'єкт), що надходить у виробництво. Аналіз сировини проводять наглядно (зовнішній вигляд, запах, колір). Вхідний контроль проводить працівник лабораторії(суб'єкт). Результати досліджень записуються до бази даних.

При кінцевому контролі здійснюється оцінка якості готової продукції. Основна мета контролю є виявлення браку. Контроль здійснюють працівником лабораторії (суб'єкт). Визначають фізико-хімічні, мікробіологічні показники кристалічного матеріалу(об'єкт). Результати досліджень записуються до бази даних, на підставі якої головним інженером, а потім начальником цеху заповнюється паспорт якості на продукцію, який передається на підпис безпосередньо директору підприємства.

5. Вартість основних фондів

До розрахованої вартості основних фондів додаємо:

- вартість програмного модуля, що відноситься до нематеріальних активів;

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

- приладів для автоматизації виробництва, що відноситься до обладнання.

$$A = 2\,380\,073 \text{ грн/рік}$$

6. Економіко – технічні показники

Собівартість кристалічного матеріалу для одного цеху:

$$C_c = A + O_63 = 459\,072\,481,5 + 2\,380\,073 = 461\,452\,554,5 \text{ грн}$$

Собівартість виробництва:

$$C_{\text{вир}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{цех}}$$

де n – кількість цехів на підприємстві.

На підприємстві 5 цехів. Отже собівартість виробництва складе:

$$C_{\text{вир}} = 5 \cdot 461\,452\,554,5 = 2\,307\,262\,772,5 \text{ грн}$$

Повна собівартість:

$$C_{\text{повна}} = C_{\text{вир}} + \text{Накладні} = 2\,307\,262\,772,5 + 461\,452\,554,5 =$$

2 768 715 327 грн

Накладні – адміністративно управлінські витрати, які приблизно дорівнюють 80 ... 150 % від собівартості цеху виробництва.

Собівартість одного кілограма:

$$C_{\text{од}} = \frac{C_c}{B_c} = \frac{2\,768\,715\,327}{288\,000} = 9,612 \text{ грн}$$

Ринкова оптова ціна 11 грн/кг

$$Ц = 288\,000\,000 \cdot 11 = 3\,168\,000\,000 \text{ грн}$$

Прибуток:

$$П = Ц - C = 3\,168\,000\,000 - 2\,768\,715\,327 = 399\,284\,673 \text{ грн}$$

Рентабельність продукту:

$$P = \frac{П}{C} = \frac{399\,284\,673}{2\,768\,715\,327} = 0,144 \text{ або } 14,4\%$$

Капіталовкладення:

$$K = O\Phi + O_63 = 12\,383\,650 + 2\,766\,332\,920 = 2\,778\,716\,570 \text{ грн}$$

Період повернення капіталовкладень:

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{2\,778\,716\,570}{399\,284\,673} = 6.95 \text{ років}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{399\,284\,673}{2\,779\,511\,570} = 0,144 \text{ грн/грн}$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{\Pi}{O\Phi} = \frac{3\,168\,000\,000}{12\,383\,650} = 255 \text{ грн/грн}$$

Фондоємність:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{252} = 0,0039 \text{ грн/грн}$$

У таблиці 5.17 наведені основні економіко – технічні показники Порівняння економіко – технічних показників звичайного виробництва та автоматизованого виробництва приведені у таблиці 5.18

Як видно з розрахунків, автоматизоване виробництво, що керується за допомогою програмного модуля, є значно ефективнішим. Період повернення капіталовкладень в таке виробництво скорочується з 7,56 років до 6,95 Собівартість продукції збільшилась з 2 797 007 327 до 2 768 715 327, а прибутку збільшився з 370 992 673 грн/рік до 399 284 673 грн/рік. Загалом економічні показники підприємства зростають.

Основні формули які використовувались для розрахунку взято з літератури [15], [16], [17].

Отже, з цього випливає висновок, що автоматизоване виробництво, що керується за допомогою програмного модуля, є більш економічно вигідним, порівняно зі звичайним виробництвом і може працювати без втручання людини.

6. Охорона праці

При реалізації даного проекту, в процесі сушіння кристалічного матеріалу, що відбувається в сушильному підрозділу, використовуються шкідливі, пожежо- і вибухонебезпечні речовини; передбачено використання механічної, електричної, теплової енергії.

Основними завданнями, що вирішуються на даний час, є: зменшення частки ручної праці, поліпшення умов праці, значне зменшення фізичної, важкої, монотонної і малокваліфікованої праці, створення виробничо-оздоровчих, виключення виробничого травматизму і професійних захворювань, санітарно-гігієнічних умов.

Проект виконаний з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. В даному розділі на основі даних атестації робочого місця розроблені заходи, спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та забезпечення пожежної безпеки на проектуваному об'єкті.

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

6.1.1. Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, робота, що виконуються в сушильному відділенні відносяться до категорії робіт Іб.

Основними факторами, які визначають метеорологічні умови (мікроклімат) виробничого середовища, є: температура і вологість повітря, його рухомість (швидкість руху), теплове випромінювання.

У таблиці 6.2 представлена коротка санітарна характеристика підрозділу підприємства.

Нормальні умови в проектуваному цеху забезпечуються за рахунок механізації і автоматизації важких та трудомістких робіт, раціональному

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

розміщенню та теплоізоляції устаткування, агрегатів, комунікації та інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

Основною виробничою шкідливістю сушильного відділення є пил кристалічного матеріалу і частково тепло- і вологовиділення.

Проектом передбачається укриття всіх місць пересилки сухого кристалічного матеріалу, з влаштуванням від них місцевих аспіраційних відсосів.

Всі місцеві відсоси об'єднані в аспіраційну систему АСІ.

Перед факельним викидом в верхні шари атмосфери, повітря очищується в циклоні з водяною плівкою ІУІДВЦ6-01.

Тепло- і вологовиділення згідно завдання технологів, уловлюються із клеровочної мішалки (система ВІ).

Вентагрегат системи ВІ встановлюється по місцю на стіні. Викид вологого повітря виконується через стіну на вулицю.

Повітроводи в системах ЛСІ і ВІ використовуються з тонколистової оцинкованої сталі.

Для компенсації повітря, що видаляється, системами механічної вентиляції, передбачається встановлення припливної венткамери ІІІ.

Відповідно вказівок проектом передбачається пристрій додаткової припливної вентустановки 112 для забезпечення підпора в тамбур-шлюзи, що відділяють приміщення сушильного відділення з категорією "Б" від інших приміщень.

Дана установка має 2 вентагрегата (один робочий, один резервний).

Повітроводи системи ІІ і ІІ2 на виході з припливної камери обладнані зворотними іскробезпечними клапанами, на вході в тамбур-шлюзи з приміщення сушильного відділення з категорією "Б" на повітроводах встановити вогнезадержуючі клапани.

Транзитні повітроводи системи ІІ2 в сушильному відділенні штукатуряться цементним розчином (цемент М-400) 6=25 мм по металевій сітці.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

6.1.2. Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, роботи в цеху за зоровими умовами відносяться до розряду IV-г.

а) Освітлення.

Природне та штучне освітлення запроектовано згідно діючих будівельних та санітарних норм.

Всі робочі місця і виробничі приміщення забезпечені природним і штучним освітленням, достатнім для проведення робіт, відповідних технологічному процесу. Штучне освітлення запроектоване загальне і місцеве.

На оглядові вікна обладнання і прилади спостереження проектується освітлювачі місцевої дії, облаштовані автозахисною арматурою.

Ввімкнення загальної системи освітлення централізоване. Ремонтне освітлення має напругу 36,0 вольт.

б) Аварійне освітлення.

Аварійне освітлення використовується для створення умов безпечного перебування обслуговуючого персоналу в відділенні, а також для евакуації людей в випадку відключення робочого освітлення. Аварійне освітлення підключено на протязі всього робочого часу, так як необхідна освітленість в приміщенні досягається при одночасній роботі робочого і аварійного освітлення.

6.1.3 Виробничий шум і вібрація

Обладнання (вібрисито РЗ-ПРМ), що є джерелом шуму та вібрації, встановлюється на спеціальних віброізоляторах, а робочі місця біля них ізолюються гумовими ковриками.

Всі насоси в комплекті з електродвигунами встановлюються на окремому фундаменті не зв'язаному з фундаментом будівлі.

Витяжні і всмоктувальні патрубки вентиляторів з'єднуються з повітропроводами брезентовими вставками. Характеристики вентиляторів підбираються так, щоб коліві швидкості не перевищували допустимі.

					<i>ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Згідно ДСН 3.3.6.037–99 рівень шуму становить 70дБА.

6.1.4 Електробезпека

Для обмеження можливості попадання обслуговуючого персоналу під небезпечну для життя напругу в проекті передбачено захисні заходи.

Запроектване захисне заземлення всіх металевих неструмоведучих частин електрообладнання (корпусів електродвигунів, щитків і пулів управління, металевих оболонок, кабелів та ін.) які можуть перебувати під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Біля пультів і всередині щитів знаходяться захисні килими. Вся пускова апаратура встановлена вологозахисна.

а)Захисне занулення.

Для електрообладнання в приміщеннях з нормальним середовищем в якості захисних провідників повинні бути використані нулеві робочі жили кабелів, з'єднаних з глухозаземленою нейтраллю трансформаторної підстанції потужністю 2х1600 кВт, напругою 6/0,4 кВ.

Занулення електрообладнання (електродвигунів, магнітних пускачів, вимикачів шляхових та ін.) в вибухонебезпечних приміщеннях необхідно виконувати лише приєднанням спеціальної нульової захисної жили кабелю до занулюючого контакту в ввідному пристрої електрообладнання. Нульова жила кабелю приєднується до глухозаземленої нейтралі існуючої трансформаторної підстанції потужністю 2х1600 кВт, напругою 6/0,4 кВ.

Вторинний контур заземлення з смугової сталі розміром 25х4 мм прокладається по стінах по периметру приміщення на висоті 0,4 м від рівня підлоги і є допоміжним захисним засобом.

Зовнішній контур заземлення виконується з електродів з круглої сталі 012 мм довжиною 5 м, з'єднаних між собою смуговою сталлю розмірами 40х4 мм, що покладена на глибині 0,5 м від рівня землі.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Опір контуру заземлення не повинен перевищувати 4 Ом. Якщо опір виявиться більшим, необхідно забити додаткові електроди.

Всі з'єднання заземлювачів виконуються зварною. Проходи магістралі заземлення скрізь фундаменти повинні виконуватись в водогазопровідних трубах.

б) Захист від прямих ударів блискавки.

Сушильне відділення підприємства по влаштуванню блискавкозахисту відноситься до II категорії.

В зв'язку з тим, що на приміщенні сушильного відділення верхні плити перекриття укладені на металеві ферми і при цьому використовуються негорючі утеплювачі і гідроізоляція, немає потреби у встановленні блискавкоприймачів або накладання блискавкоприймальної сітки. При цьому забезпечується неперервний електричний зв'язок металевих ферм між собою і з заземлювачами накладанням сталюого дроту Ø6 мм на ферми по периметру приміщення. З'єднання сталюого дроту з фермами виконується зваркою.

Струм овід води, що з'єднують ферми з заземлювачами, виконуються з сталюого дроту Ø6 мм і прокладаються по кутах приміщення. Величина імпульсного опору заземлювача для кожного струмовідводу повинна бути не більш 10 Ом.

в) Захист від електростатичної індукції.

Захист від електростатичної індукції здійснюється шляхом приєднання сталююю катанкою Ø6 мм металічних корпусів всюого обладнання і і апаратів, а також металічних конструкцій до захисного заземлююючого пристрою приміщення.

г) Захист від електромагнітної індукції.

Захист від електромагнітної індукції виконується в виді пристрою через кожні 25...30 м металевих перемичок між трубопроводами і іншими простягнутими металічними предметами в місцях їх взаємного зближення на і відстань менше 10 см.

д) Захист від заносу високих потенціалів.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Па вводі в приміщення сушильного відділення всі підземні металічні комунікації і зовнішні наземні металеві конструкції і комунікації необхідно приєднати до захисного заземлюючого пристрою приміщення.

Всі з'єднання блискавко-захисних пристроїв виконуються зваркою.

е) Індивідуальні засоби захисту.

Кожний працюючий забезпечується відповідним спецодягом, взуттям і захисними засобами для виробництва і ремонту обладнання, що відповідають відповідним стандартам. До захисних засобів відносяться: окуляри, респіратори, запобіжні пояси, діелектричні рукавиці, ізолюючі шланги, плоскогубці та ін.

Захисне приладдя зберігається як цеховий інвентар і видається по мірі потреби під час виконання робіт, крім приладдя, яке знаходиться в чергового персоналу, яке передається позмінно.

6.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

В проектуваному виробництві сушильного відділення використовується різне обладнання: стрічкові конвеєри, ковшові елеватори, сушильно-охолоджувальна установка, скруббер, вентилятор, вентилятор, трубопроводи, яке створює небезпеку з точки зору техніки безпеки.

Для обслуговування обладнання на висоті більш ніж 1,5 м проектується майданчики з сходишками і огороженнями висотою 2 м з суцільною зашивкою знизу на 0,2 м.

Ширина майданчиків обслуговування не менш 0,8 м, а ведучих до них сходинок не менш 0,6 м.

Нахил сходинок не перевищує допустимих норм. Поверхні металевих майданчиків і сходинок скрізь виконані з рифленої або просічно-витяжної сталі.

Відкриті монтажні пройми і майданчики мають огорожу висотою 1,0 м з суцільною зашивкою знизу не менше 0,2 м.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Всі частини обладнання, що обертаються, закриваються з'ємними огороженнями, суцільними і решітчастими, що пофарбовані в яскраві тони.

Зубчаті і ланцюгові передачі мають огороження з листової сталі. Все механічне і технологічне обладнання облаштовано необхідними запобіжними пристроями, блокувальними пристроями, сигналізацією і другими елементами, що забезпечують безпеку роботи, ремонту, а також необхідними контрольно-вимірювальними приладами і оглядовими скельцями.

Всі апарати, що не мають фланцевих з'єднань, оснащені лазами для внутрішнього огляду. Трубопроводи і трубопровідна арматура запроектовані згідно "Правил влаштування і безпечної експлуатації трубопроводів пара і гарячої води".

Запірна і регулююча арматура встановлена в легкодоступних для обслуговування місцях. Всі трубопроводи розміщені не нижче 2,2 м над проходами.

Прилади вимірювання, контролю, регулювання і дистанційного керування, а також регулюючі органи і пристрої встановлені в місцях, зручних для обслуговування, або передбачені майданчики обслуговування пристроїв.

На механізмах і пристроях, які працюють в автоматичному режимі, вивішуються попереджувальні написи.

Виробничі ділянки, які зв'язані електроблокуванням обладнання, оснащуються також звуковою і світловою попереджуючою і аварійною сигналізацією.

Кожна поява світлової сигналізації супроводжується звуковим сигналом.

6.2 Пожежна безпека

а) Загальна частина.

Но вибуховій, вибухопожежній і пожежній небезпеці приміщення сушильного відділення відноситься до категорії "Б" і до II ступені вогнестійкості.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Протипожежна безпека приміщення досягається застосуванням конструкцій і матеріалів, що мають необхідну границю вогнестійкості і які забезпечують приміщенню необхідну ступінь вогнестійкості.

Для евакуації людей з приміщення з всіх поверхів існує два розподілені виходи. Один- через східцеву клітку безпосередньо на вулицю, інший- в сусіднє приміщення (в продуктове відділення).

Роботи по влаштуванню іскронедіаючих підлог виконуються згідно з вимогами «Підлоги. Правила виконання і прийняття робіт».

Металеві підлоги покрити гумовими килимками. Металічні косоури і балки майданчиків покрити вогнезахисним складником ОФП-ММ товщиною 40 мм.

Проектом розроблені наступні заходи:

- безперебійна подача води на внутрішнє і зовнішнє пожежогасіння;
- забезпечення розрахункових напорів і витрат води з розрахунку 15,0 л/с на внутрішнє пожежогасіння і 30,0 л/с на зовнішнє пожежогасіння;
- два джерела енергоживлення від електросистеми і дизеля;
- встановлення в сушильному відділенні (на входах) пожежних кранів в пожежних шафах, що допускають розміщення в них 2-х ручних вогнегасників (решта пожежних кранів встановлюється в пожежних шафах);
- розміщення на зовнішніх мережах пожежних гідрантів з розрахунку тушіння джерела пожежі з 2-х точок довжиною не більш як 150 м;
- кільцеві мережі з відмикаючою арматурою, яка встановлюється в криницях із збірних залізобетонних елементів.

б) Розрахунок необхідної кількості води на пожежогасіння.

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (n_1 + n_2)}{1000}, [M^3]$$

де: 3600 та 1000 - перевідні коефіцієнти відповідно години в секунди і літрів- в м³.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

n_1 - витрата води на внутрішнє пожежогасіння, ($n_1 = 15$ л/с);

n_2 - витрата води на зовнішнє пожежогасіння ($n_2 = 30$ л/с), виходячи з того що відділення пожежонебезпекою відноситься до категорії «Б», ступінь вогнестійкості- «II», та об'єм приміщення рівний

$$V_{\text{пр}} = L \cdot S \cdot H$$

де L - довжина; S - ширина; H - висота сушильного відділення;

$$V_{\text{пр}} = 39 \cdot 15 \cdot 12 = 7020 \text{ м}^3, \text{ то } n_2 = 30 \text{ л/с.}$$

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (15 + 30)}{1000} = 486 \text{ [м}^3\text{]}$$

в) Пожежна сигналізація.

Для своєчасного оповіщення про пожежу передбачена автоматична пожежна сигналізація.

В якості автоматичних сповіщувачів прийняті теплові пожежні словіщувачі ДПС-038.

Підключення пожежних сповіщувачів ДПС-038 до прийомної станції ППС-3 здійснюється через інтервально-виконавчі органи ПІО-017, які встановлюються в приміщенні мотор-генераторної. При виході на східцевий майданчик кожного поверху встановлені ручні пожежні сповіщувачі типу ИПР, які підключаються безпосередньо до ГПС-3 через телефонну коробку БКТ 20x2.

Шлейфи пожежної сигналізації від кожного ДПС-038 до відповідного ПІО-17 виконані проводом ПВ 1x1,0 мм², що прокладається в сталевих трубах по перекриттю відповідного поверху. Для заземлення корпусу пожежних сповіщувачів використовується провід ПВ 1x1,0 мм². Розгалуження до кожного сповіщувача від магістрального нульового проводу здійснюється в коробці КТ 040. Сповіщувач заземлюють через існуючий на його корпусі заземлюючий жабим. Основні визначення та методики розрахунку було взято з літератури [18], [19], [20].

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Висновок

В результаті виконання дипломного проекту проаналізовано особливості процесу сушки кристалічних матеріалів.

Розраховані матеріальний та тепловий баланси. Обрано математичну модель процесу конвективного сушіння у вигляді системи диференціальних рівнянь для сушильної і охолоджувальної камери та розроблено програмний модуль на мові Visual C# який вирішує ці системи методом Рунге-Кутти.

Обрана структура та розроблена схема автоматизації процесу сушки кристалічних матеріалів, яка забезпечує проведення процесу сушки згідно технологічного регламенту.

Проведено аналіз та оцінку економічної ефективності виробництва. Розрахована період повернення капіталовкладень, собівартість продукту та рентабельність. Рентабельність складає 14,4 %, термін повернення капіталовкладень 6,95 років.

Запропонована система правил і заходів з охорони праці, що спрямовані на забезпечення безпеки на даному виробництві.

Таким чином, проект вирішує поставлені задачі, які були передбачені метою даного проекту.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Список використаної літератури

1. Кречетов И. В. Сушка древесины,. М.: Лесная пром-сть, 1980. 432 с.
2. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002 . 1018 с.
3. Сажин Б. С. Основы техники сушки. М.: Химия, 1984. 320 с.
4. Троицкий Х. Л Строительные машины. М. Госстройиздат, 1978. 446с.
5. Расчет и проектирование сушильных аппаратов. М.: 16с .
6. Знаменский Г. М. Технологическое оборудование свеклосахарных и рафинадных заводов. Москва: ПищеПромИзд-во, 1957. 371с.
7. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии М.: Химия, 1971. 783с.
8. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств К., Высшая школа 1991
9. Гартман Т. Н., Клушин Д. В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 416 с.
10. Губарева В. В. Расчет и проектирование конвективных сушильных установок. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 118с.
11. Бойко Т.В., Бендюг В. І., Потяженко І. О. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології. К.: НТУУ «КПІ», 2007. 128с.
12. Колесникова Т. К. Отопление, вентиляция, сушка. Москва: Легкая индустрия, 1972. – 238с.
13. Иванов А. О. Теорія автоматичного керування. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. 2003..250 с.
14. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації. К.: НТУУ «КПІ», 2008. 236 с.

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

15. Борщевский П. П. Свиргун М.Д. Экономика, организация и планирование сахарного производства. М.: Легкая и пищевая промышленность 1982. 248с.
16. Ельсунов В. П. Специан Л. М Экономический словарь хозяйственника. Минск: «Беларусь» 1991. 206с.
17. Герасимчука В.Г., Розенплентера А.Е. Економіка підприємства. К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. 264 с.
18. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: К.: Основа. 2006. 448 с.
19. Ткачук К.Н., Зацарный В.В., Сабарно Р.В. и др. Охрана труда и промышленная безопасность. Киев: Либра, 2010. 559 с.
20. Ландер А. Б., Попов А. О., Розенгарт И. В., Шепшелевич Л. А. Дипломное проектирование сахарных заводов. 1971. 312с.
21. Баранцев В. И. Сборник задач по процессам и аппаратам пищевых производств. М.: Агропромиздат 1985. 135с.
22. Лекае В. М., Лекае А. В. Процессы и аппараты химической промышленности. М.: «Висшая школа» 1977. 255с.
23. Силин П.М. Технология сахара. М.: Пищевая промышленность 1987. 625с.
24. Павлов, К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: «Химия», 1981. 560с.
25. Датчики давления. URL: http://proton-st.ru/datchiki_davleniya_wika
26. Автоматика Siemens . URL: <http://www.vec-ing.ru/?do=menu&id=5234>

					ДП ХА 5115 1490 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63