

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка
до магістерської дипломної роботи
магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Підвищення енергоефективності колонкової сушарки
з переведенням її на альтернативний вид палива

08-11.МКР.009.00.00.000 ПЗ

Виконала: студентка 2 курсу, групи ТЕ-18м
спеціальності

144 – теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Фіник І. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Співак О. Ю.

(прізвище та ініціали)

Опонент

_____ (прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 рік

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет **БТЕГП**
Кафедра **теплоенергетики**
Ступінь вищої освіти **магістр**
Спеціальність **144 – теплоенергетика**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
С. Й. Ткаченко
10 жовтня 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Фіник Ірині Валеріївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *«Підвищення енергоефективності колонкової сушарки з переведенням її на альтернативний вид палива»*

керівник роботи Співак Олександр Юрійович, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "02".10. 2019 р. № 254

2. Строк подання студентом роботи 10.12.19.

3. Вхідні дані до роботи: *видатність $G=25$ т/год; температура сушіння $t_{\text{ex}}=65$ °C; початкова вологість матеріалу $\omega'=8\%$; кінцева вологість матеріалу $\omega''=1,5\%$; температура свіжого повітря $t_0=10$ °C; вологість свіжого повітря $\varphi_0=65\%$; паливо – газ.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: *аналіз літературних та патентних джерел, розробка математичної моделі сушарки, аналіз варіантів модернізації сушильного комплексу, проведення експериментів по сушінню насіння, обробка експериментальних даних, повітряний тракт сушарки і система очищення теплоносія, функціональна схема автоматизації сушарки, для сушіння насіння, монтаж теплообмінного і повітроочисного обладнання для модернізації сушарки, охорона праці та цивільний захист, економічна оцінка інноваційного проекту.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): *Схема автоматизації сушарки СТКХ 6-07. Схема сушарки СТКХ 6-07 теплова принципова. Схема аксонометрична. Сушарка Eco Dry СТКХ6-07, фірми Vuhler – Схема теплова структурна. Циклон Крейзеля – Складальне Креслення. Календарний план. Графічні залежності (2).*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянська І.М.		
Економіка	Лялюк О. Г.		

7. Дата видачі завдання 10.10.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів МКР	Строк виконання етапів БДР	Примітка
Аналіз літературних та патентних джерел	12.10.2019	
Розробка математичної моделі сушарки	30.09.2019	
Аналіз варіантів модернізації сушильного комплексу	10.10.2019	
Проведення експериментів по сушінню насіння	12.10.2019	
Обробка експериментальних даних	22.10.2019	
Повітряний тракт сушарки і система очищення теплоносія	04.11.2019	
Функціональна схема автоматизації сушарки, для сушіння насіння	18.11.2019	
Монтаж сушарки при роботі від котла	30.11.2019	
Охорона праці	03.12.2019	
Економіка	05.12.2019	
Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	09.12.2019	

Студентка _____ Фінік І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи _____ Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

У магістерській дипломній роботі виконано модернізацію сушарки для сушіння насіння.

Складена математична модель роботи сушарки, виконано варіантний аналіз і техніко-економічне обґрунтування модернізації.

Розраховано параметри сушильного об'єкта. Складено тепловий та матеріальний баланс сушарки, розраховано теоретичний та дійсний процеси в сушарці, здійснено розрахунок та підбір основного обладнання.

Проведено монтаж сушарки, представлено аналіз об'єкту який підлягає монтажу, зроблено гідравлічний розрахунок та підбір діаметрів трубопроводів, компоновку обладнання і трубопроводів, склад робіт та трудомісткість виконання монтажних робіт на прикладі даної сушарки.

Здійснена автоматизація сушарки. В ході роботи надано характеристику обладнання, та наведена схема автоматизації основного та допоміжного обладнання сушильного комплексу.

Розроблено заходи з охорони праці.

Графічна частина роботи включає 8 креслень на листах формату А3, список літератури 75 найменувань.

Abstract

In the master's thesis the modernization of the dryer for drying seeds was performed.

Mathematical model of the dryer was drawn up, variant analysis and feasibility study of modernization were performed.

The parameters of the drying facility were calculated. The thermal and material balance of the dryer was compiled, the theoretical and actual processes in the dryer were calculated, the calculation and selection of the basic equipment was made.

The dryer was installed, the object to be assembled is analyzed, the hydraulic calculation and selection of piping diameters, equipment and piping layout, composition of work and the complexity of the installation work on the example of this dryer.

Automation of the dryer. In the course of work the characteristics of the equipment are given, and the scheme of automation of the basic and auxiliary equipment of the drying complex is presented.

Occupational safety measures have been developed.

The graphic part of the work includes 8 drawings on A3 sheets, 75 references.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ПАТЕНТНИХ ДЖЕРЕЛ.....	10
1.1 Основи теорії сушіння і способи сушіння сировини.....	10
2 АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ РОБОТИ СУШАРКИ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ВИДІ ПАЛИВА.....	13
2.1 Аналіз проектних рішень модернізації колонкової сушарки.....	13
2.2 Формування початкових даних для розрахунку.....	14
2.3 Параметри топкових газів.....	14
2.4 Параметри свіжого повітря та відхідних газів.....	15
2.5 Масовий і тепловий баланси процесу сушіння на вході.....	17
2.6 Теплові втрати на нагрівання сировини.....	18
2.7 Теплові втрати через теплову ізоляцію стін.....	19
2.8 Побудова дійсного процесу сушіння.....	22
2.9 Витрата повітря в сушарці.....	23
2.10 Витрата палива на сушіння і к.к.д. сушарки.....	24
2.11 Розрахунок камери охолодження насіння.....	25
2.12 Масовий баланс камери охолодження.....	25
2.13 Тепловий баланс камери охолодження.....	26
2.14 Пристрій для видалення запиленого повітря та його очищення.....	28
2.15 Розрахунок циклона ЦН-15.....	29
3 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ КОЛОНКОВОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ НАСІННЯ.....	33
3.1 Характеристика технологічного обладнання.....	33
3.2 Характеристика теплоносіїв, які застосовуються у процесі.....	34
3.3 Система автоматичного регулювання витрати повітря на вході в робочу камеру.....	35
3.4 Система автоматичного регулювання витрати повітря на вході в теплогенератор.....	35
3.5 Автоматичні системи регулювання температури повітря на вході та виході з робочої камери сушарки.....	36
3.6 АСР вологості повітря на вході в робочу камеру сушарки.....	37
3.7 Запобіжні пристрої.....	37
3.8 Повне відключення.....	38

3.9	Часткове відключення	39
3.10	Технологічний контроль фізичних величин	39
3.11	Технологічна сигналізація	41
3.12	Організація управління сушарки на основі системного підходу	43
3.13	Пульт управління сушарками	44
3.14	Підбір регулюючих органів	46
4	МОНТАЖ ТЕПЛООБМІННОГО І ПОВІТРООЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СУШАРКИ	48
4.1	Технологія монтажу	48
4.2	Розрахунок і комплектування основних та допоміжних матеріалів, виробів, складання відомостей	49
4.3	Визначення складу та об'ємів робіт	50
4.4	Вибір та обґрунтування методів виконання робіт, механізмів, типів машин, пристосувань і конструкцій	51
4.5	Підбір машин, механізмів і пристосувань	53
4.6	Визначення трудомісткості виконання монтажної роботи	56
4.7	Визначення складу бригад і підбір монтажних інструментів	59
4.8	Організація робочих місць і побутових приміщень	59
4.9	Техніка безпеки для виконання монтажних робіт	60
5	МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ І ЧИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ...	62
5.1	Опис математичної моделі	62
5.2	Отримання диференціальних залежностей і розробка матмоделі	65
5.3	Результати числового експерименту	68
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	72
6.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	73
6.2	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	80
6.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях	86
7	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ	92
	ВИСНОВКИ	94
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	95
	Додатки	102

ВСТУП

Актуальність теми. Впливає з проблем і задач, які стоять перед агропереробним комплексом. Енергоефективне сушильне обладнання в Україні не виробляється, а закордоном моделі як правило є або неенергоефективними або занадто дорогими. У зв'язку з цим сформульовано мету роботи.

Забезпечення підвищення якості готового продукта при сушінні та пропускної здатності сушильних установок, та зниження енерговитрат на сушку зерна є однією з найважливіших умов високоефективного використання сушарок в сільському господарстві. Створення умов для достатнього і стабільного знімання вологи з одиниці об'єму камери сушарки є базовим показником для підвищення ефективності працюючих в сільському господарстві сушарок. Разом з тим в умовах зростаючого споживання енергії людством, з одного боку, і дефіциту енергетичних ресурсів з іншого, все більш гостро ставляться питання раціонального використання енергії, утилізації та рекуперації тепла у всіх процесах харчової технології, включаючи сушіння[1].

Для покращення показників роботи зернопереробної промисловості необхідна розробка нових і вдосконалення існуючих технологій та обладнання. Недосконалість сушильної техніки впливає на якість готової продукції, що отримується в результаті сушіння, створює додаткові технологічні труднощі при дотриманні режимів сушіння і призводить до збільшення собівартості продукту[2].

Виведення економіки з сучасної кризи прямо пов'язане зі створенням ресурсо - і енергозберігаючих технологій, освоєнням нових технологічних процесів та обладнання, які, як правило, мають досить значну енергоемність і тривалість. Існуючі технологічні процеси у більшості випадків не є найкращими з боку енергетики, науково обґрунтованими, а базуються на багаторічному досвіді традиційних способів переробки сировини. Вони не є оптимальними з точки зору кінетики, гідродинаміки та термодинаміки процесів сушіння тієї чи іншої сировини. У зв'язку з цим, проблема удосконалення існуючих технологій та обладнання для сушіння є актуальною.

Метою роботи є дослідження тепловологісних процесів, що відбуваються при сушінні насінневого матеріалу. Розробка енергоефективного сушильного обладнання для насіння.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

- виконати аналіз існуючих літературних джерел із застосуванням сучасних тепловологісних режимів сушіння;
- вдосконалити існуюче зерносушильне обладнання на базі колонкової сушарки;
- провести числовий експеримент на оригінальній математичній моделі для дослідження ролі різних факторів впливу на тепловологісні режими сушіння;
- спроектувати схему автоматики модернізованої колонкової сушарки;
- розробити заходи з монтажу додаткового обладнання в модернізованій сушарці;
- розробити заходи з охорони праці та цивільного захисту;
- обрахувати економічну частину інноваційного проекту.

Об'єктом дослідження є тепломасообмінний процес сушіння насіння в колонковій сушарці.

Предметом дослідження є тепловологісні процеси при сушінні насінневих культур.

Наукова новизна

- отримала подальший розвиток теорія сушіння насінневих культур в сушарках конвективного типу;
- вперше запропоновано математичну модель процесу сушіння насінневих культур в сушарках з природнім рухом сировини.

Практична цінність роботи полягає в рекомендаціях щодо застосування тепловологісних режимів сушіння насінневих в колонковій сушарці.

Методи дослідження.

Поставлені завдання вирішувались методами математичної та прикладної теорії сушіння як шляхом аналізу і використання відомих теоретичних методів, описаних в літературі, так і використанням експериментальних ме-

тодів досліджень кінетики процесу сушіння і дослідження поверхні висушуваної сировини. Перевірка адекватності математичних моделей здійснювалась порівнянням отриманих результатів з експериментальними даними, наявними в літературі. Методом математичного та числового моделювання досліджувалися динамічні процеси видалення вологи з сипких капілярно-пористих колоїдних середовищ в залежності від температури нагрівання.

Апробація роботи. Матеріали МКР доповідалися на щорічних науково-технічних конференціях, що проводилися у ВНТУ у 2016-2019 р.р. та міжнародній конференції в місті Шеффілд (Англія). За матеріалами МКР опубліковано 11 робіт, з них 2 у фахових виданнях [3-13], заявлено патент на винахід[14].

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ПАТЕНТНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Основи теорії сушіння і способи сушіння сировини

Процес сушіння використовується в багатьох технологічних процесах промисловості. Об'єктами сушіння можуть бути різноманітні матеріали на різних стадіях їх переробки. Метою сушіння є покращення фізико-механічних властивостей матеріалу або надання нових, зниження його ваги, покращення транспортабельності матеріалу[15].

На даний момент існує велика кількість способів сушіння вологих матеріалів. Відомо що, оптимальний режим сушіння створюється при мінімальній витраті енергії і максимальному збереженні властивостей висушеної сировини, таких як харчова придатність, біологічно-активних елементів, вітамінів тощо. Ефективність процесу сушіння залежить від питомої кількості підведеного тепла до матеріалу, інтенсивності переміщення вологи в матеріалі і швидкості відводу її від поверхні тіла[16]. При конвективному тепловому сушінні здійснюється перенесення вологи з внутрішньої частини матеріалу на його поверхню. На поверхні волога переходить в пару, і утворена пара видаляється в навколишнє середовище.

Особливості переносу маси і теплоти під час сушіння залежать від тепло-масообмінних характеристик висушуваного матеріалу і способу підведення теплоти. Так, при підведенні теплоти струмами високої частоти (СВЧ) волога випаровується в самому тілі, всередині вологого матеріалу виникає тиск парогазової суміші, який часто перевищує тиск навколишнього середовища. При цьому стінки капілярів можуть не витримати динамічних навантажень і почнуть руйнуватися, що призведе до зміни структури сировини і її фізико-хімічних властивостей. Це є основною перешкодою для швидкого сушіння матеріалів з високим відносним вмістом вологи.

Вологі матеріали широко поширені в природі, і при всьому своєму ро-

змаїтти мають спільні ознаки. Всі вони складаються з трьох фаз: твердої (основний скелет і сухі речовини), рідкої і газоподібної. Ці фази знаходяться у вологих матеріалах в різних пропорціях. Як правило, маса газоподібної речовини і в сировині незначна в порівнянні з масою твердої речовини і рідини, тому часто вважають, що вологі матеріали складаються з абсолютно сухих речовин і вологи, нехтуючи газоподібною фазою. У процесі сушіння загальна вага продукту зменшується внаслідок видалення вологи, але кількість сухих речовин залишається без зміни[17]. За своєю природою вологі матеріали є колоїдними, а за структурою капілярно-пористими, в них волога порівняно міцно пов'язана з твердим каркасом. Міцність зв'язку з твердим каркасом матеріалу різна і це визначає режими сушіння. Існують різні класифікації форм зв'язку вологи з твердим каркасом матеріалу, але за спрощеною класифікації волога в матеріалі ділиться на вільну і пов'язану. Таке визначення є досить умовним, але воно зручне при вивченні процесів сушіння. У початковому процесі сушіння видаляється вільна волога, а потім видаляється зв'язана волога. Її можна видалити з матеріалу в кінці сушіння звичайним випаровуванням при підвищенні температури нагрівання[18].

Відомо [19], що процес сушіння найчастіше має три стадії: стадію прогріву сировини (але при цьому сушіння вже відбувається), стадію сушіння зі сталою швидкістю і стадію сушіння зі спадаючою швидкістю.

Стадія постійної швидкості сушіння триває до досягнення критичного вологовмісту. Критичний вологовміст є межею між постійною і спадаючою швидкостями сушки. В стадії сушіння зі спадаючою швидкістю, внаслідок недостатньої кількості вологи в матеріалі, процеси масопереносу з глибини сировини вже не можуть забезпечити достатньої кількості транспортованої до поверхні вологи і зона сушіння починає зміщуватися в глибину шматка сировини. Тож по мірі зменшення вологовмісту матеріалу швидкість сушіння знижується. Після досягнення рівноважного вологовмісту випаровування вологи з висушеного матеріалу припиняється[20].

В залежності від способу підведення теплоти до об'єкта, способи сушіння розділяють на конвективний, кондуктивний, радіаційний, сублімаційний чи змішаний.

Зважаючи на велику кількість факторів, що впливають на режим сушіння вибір оптимальних значень параметрів роботи сушильних установок є досить складним, особливо для капілярно-пористих колоїдних тіл, якими є переважна більшість сільськогосподарської продукції. Тож проблема сушіння сільськогосподарської сировини є комплексною і складною і тому рішення її можливі тільки поетапно. Для кожного виду продукту необхідно розробляти свою технологію сушіння, а також обладнання, яке забезпечує як необхідну якість кінцевого продукту, так і задовільні цінові параметри. Таке обладнання рідко буває універсальним, що є ще однією проблемою сушильного виробництва[21].

2 АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ РОБОТИ СУШАРКИ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ВИДІ ПАЛИВА

2.1 Аналіз проектних рішень модернізації колонкової сушарки

Для проведення аналізу можна розглядатитакі варіанти:

- робота зерносушарки із використанням альтернативного виду палива;
- створення резерву головного виду палива, виконується комбінацією головного вибраного палива та додаткового;
- робота сушарки при різних схемах руху теплоносія;
- аналіз впливу напрямку руху теплоносія;
- дослідження різних тепловологісних режимів сушіння із вибраним теплоносієм та схемою.

Із врахуванням теперішнього стану теплоенергетичної галузі України можна прогнозувати різке збільшення вартості всіх відновлюваних видів палива, особливо деревини. Тому разом із аналізом економічності палива потрібно розробляти рішення з модернізації способів переробки енергетичних ресурсів.

Для аналізу в даній роботі використаємо вид палива, наведений в таблиці 2.1 із його паливними характеристиками[22].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад та ціна виду палива

Вид палива	Хімічний склад палива, МДж/кг	Ціна палива, грн/т (грн/тис м ³)
Гас	C ^p – 86,0%; H ^p – 13,7%; S ^p – 0,1%; N ^p +O ^p – 0,2%.	6500

Для спрощення розрахунків варіантного аналізу обмежимося роботою теоретичної сушарки.

2.2 Формування початкових даних для розрахунку

Параметри сушильного агента

- температура свіжого повітря $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$;
- вологість свіжого повітря $\varphi_0 = 65\%$;
- температура підігрітого повітря на вході $t'_1 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура підігрітого повітря на виході $t'_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$;
- вологість сушильного агента на вході $\varphi_1 = 3\%$;
- вологість сушильного агента на виході $\varphi_2 = 50\%$;
- видатність сушарки $G = 25 \text{ т/год}$;
- початкова вологість насіння на вході $\omega'_1 = 8\%$;
- температура насіння на вході $\vartheta''_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- кінцева вологість насіння на виході $\omega''_2 = 2\%$;
- температура насіння на виході $\vartheta''_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$;
- кінцева вологість насіння після охолодження $\omega_3 = 1,5\%$;
- паливо гас.

2.3 Параметри топкових газів

Склад палива, за [23]

$$\begin{aligned} C^p &= 86\%; H^p = 13,7\%; S^p = 0,2\%; \\ O^p + N^p &= 0,1\%; N^p = 0,05\%; O^p = 0,05\%. \end{aligned}$$

Вища теплота згоряння палива

$$Q_B^p = 0,339C^p + 1,25H^p - 0,109(O^p - S^p), \quad (2.1)$$

$$Q_B^p = 0,339 \cdot 86 + 1,257 \cdot 13,7 - 0,109(0,05 - 0,2) = 46,39 \left(\frac{\text{МДж}}{\text{кг}} \right).$$

Нижча теплота згоряння палива

$$Q_H^p = Q_B^p - 2,5 \left(\frac{9H^p + W^p}{100} \right), \quad (2.2)$$

$$Q_H^p = 46,39 - 2,5 \left(\frac{9 \cdot 13,7 + 0}{100} \right) = 43,31 \left(\frac{\text{МДж}}{\text{кг}} \right).$$

Теоретична кількість повітря для спалювання 1 кг палива

$$L_0 = 0,115C^p + 0,345H^p - 0,043(O^p - S^p), \quad (2.3)$$

$$L_0 = 0,115 \cdot 86 + 0,345 \cdot 13,7 - (0,05 - 0,2) = 14,77 \left(\frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right).$$

Ентальпія водяної пари в сушильному агенті

$$h_n = 2500 + 1,84t, \quad (2.4)$$

– на вході

$$h'_n = 2500 + 1,84 \cdot 65 = 2619,6 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right);$$

– на виході

$$h''_n = 2500 + 1,84 \cdot 55 = 2601,2 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

2.4 Параметри свіжого повітря та відхідних газів

За h-d діаграмою визначаємо вологовміст і ентальпію свіжого повітря
 $d_0 = 5 \text{ кг/кг}$; $h_0 = 23 \text{ кДж/кг}$.

Загальний коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = \frac{Q_B^p \cdot \eta_T + c_T t_T - \left(\frac{9H^p + W^p}{100} \right) h_{II} - \left(1 - \frac{9H^p + W^p + A^p}{100} \right) \cdot c_{ca} \cdot t'}{L_0 \left(\frac{d_0 \cdot h_{II}}{1000} - h_0 + c_{ca} \cdot t' \right)}, \quad (2.5)$$

де η_T – к.к.д. топки, рівний 0,9 [24];

c_T – теплоємність палива, $c_T = 2,2$ кДж/(кг·К);

t_T – температура палива, $t_T = 10$ °С;

c_{ca} – теплоємність сушильного агента, $c_{ca} = 1$ кДж/(кг·К);

t' – температура підігрітого повітря:

– на вході $t'_1 = 65$ °С;

– на виході $t'_2 = 55$ °С;

Коефіцієнт надлишку повітря

– на вході

$$\alpha' = \frac{46390 \cdot 0,9 + 2,2 \cdot 10 - \left(\frac{9 \cdot 13,7 + 0}{100} \right) \cdot 2619,6 - \left(\frac{9 \cdot 13,7 + 0 + 0}{100} \right) \cdot 1 \cdot 65}{14,77 \left(\frac{5 \cdot 2619,6}{1000} - 23 + 1 \cdot 65 \right)} = 47,3;$$

– на виході

$$\alpha'' = \frac{46390 \cdot 0,9 + 2,2 \cdot 10 - \left(\frac{9 \cdot 13,7 + 0}{100} \right) \cdot 2601,2 - \left(\frac{9 \cdot 13,7 + 0 + 0}{100} \right) \cdot 1 \cdot 55}{14,77 \left(\frac{5 \cdot 2601,2}{1000} - 23 + 1 \cdot 55 \right)} = 57,9.$$

Вологовміст сушильного агента в сушарці

$$d = \frac{10(9H^p + W^p) + \alpha L_0 d_0}{\alpha L_0 + \left(1 - \frac{9H^p + W^p + A^p}{100}\right)}, \quad (2.6)$$

– на вході

$$d'_1 = \frac{10(9 \cdot 13,7 + 0) + 47,3 \cdot 14,77 \cdot 5}{47,3 \cdot 14,77 + \left(1 - \frac{9 \cdot 13,7 + 0 + 0}{100}\right)} = 6,77 \left(\frac{\text{г}}{\text{кг}}\right);$$

– на виході

$$d'_2 = \frac{10(9 \cdot 13,7 + 0) + 57,9 \cdot 14,77 \cdot 5}{57,9 \cdot 14,77 + \left(1 - \frac{9 \cdot 13,7 + 0 + 0}{100}\right)} = 6,44 \left(\frac{\text{г}}{\text{кг}}\right).$$

За h-d діаграмою визначаємо ентальпію сушильного агента при заданих температурах t'_1 і t'_2 .

$$h'_1 = 82 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; \quad h''_1 = 72 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

2.5 Масовий і тепловий баланси процесу сушіння на вході

Масовий баланс

Кількість випаруваної вологи

$$W_1 = G \frac{\omega'_1 - \omega''_1}{100 - \omega''_1}, \quad (2.7)$$

$$W_1 = 25 \frac{8-2}{100-2} = 1531 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right) = \frac{1531}{3600} = 0,425 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Маса насіння на виході з першої зони

$$G_1 = G - W_1, \quad (2.8)$$

$$G_1 = 25000 - 1531 = 23469 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

2.6 Теплові втрати на нагрівання сировини

Теплоємність насіння на всіх стадіях сушіння

$$c = \frac{100 - \omega}{100} c_c + \frac{\omega}{100} c_\omega, \quad (2.9)$$

де ω – вологість насіння, %;

c_c – теплоємність сухого скелета насіння;

c_ω – теплоємність води в насінні.

За [25] $c_c = 1,55$ кДж/(кг·К), $c_\omega = 4,19$ кДж/(кг·К).

Теплоємність сушильного агента на вході в сушарку

$$c'_1 = \frac{100 - \omega'_1}{100} c_c + \frac{\omega'_1}{100} c_\omega, \quad (2.10)$$

$$c'_1 = \frac{100 - 8}{100} 1,55 + \frac{8}{100} 4,19 = 1,26 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right).$$

Теплоємність сушильного агента на виході з сушарки

$$c''_1 = \frac{100 - 2}{100} 1,55 + \frac{2}{100} 4,19 = 1,6 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right).$$

Теплота на нагрівання сировини

$$q'_{\text{нр}} = \frac{G_1(\vartheta_1'' - t_0)c_1''}{W_1}, \quad (2.11)$$

$$q'_{\text{нр}} = \frac{23469 \cdot (20 - 10) \cdot 1,6}{1531} = 245,3 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

2.7 Теплові втрати через теплову ізоляцію стін

Для визначення втрат теплоти через теплову ізоляцію стінок сушарки, коефіцієнти тепловіддачі визначимо за формулою Юргенса для тепловіддачі від повітряного потоку до плоскої стінки в залежності від швидкості потоку.

Для середньої швидкості потоку менше 5 м/с

$$\alpha = C + D \cdot v. \quad (2.12)$$

Для швидкості більше 5 м/с

$$\alpha = A \cdot v^{0,78}, \quad (2.13)$$

де А, С і D – коефіцієнти, які вибираються в залежності від стану поверхні стінки.

За [26] коефіцієнт А = 7,52; С = 6,15; D = 4,17.

Швидкість агента сушіння в камері приймаємо рівною швидкості в коробах $w_1 = 0,3$ м/с, швидкість відпрацьованого агента сушіння зовні камери приймаємо $w_2 = 0,1$ м/с [27].

Для заданої в паспорті на сушарку стінки, в камері сушарки і зовні, відповідно

$$\alpha_1 = 6,15 + 4,17 \cdot 0,3 = 7,4 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right),$$

$$\alpha_2 = 6,15 + 4,17 \cdot 0,1 = 6,57 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.14)$$

де δ_1 – товщина шару сталі, 7 мм;

λ_1 – теплопровідність сталі, 45 Вт/(м·К)[28];

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7,4} + \frac{0,007}{45} + \frac{1}{6,57}} = 3,48 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Середня температура сушильного агента

$$\bar{t}_1 = \frac{t'_1 + t''_1}{2}, \quad (2.15)$$

$$\bar{t}_1 = \frac{65 + 55}{2} = 60 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Середня температура насіння

$$\bar{\vartheta}_1 = \frac{\vartheta_1' + \vartheta_1''}{2}, \quad (2.16)$$

$$\bar{\vartheta}_1 = \frac{20 + 50}{2} = 35 (\text{°C}).$$

Середня температура між сушильним агентом і насінням

$$t_{cl} = \frac{\bar{t}_1 + \bar{\vartheta}_1}{2}, \quad (2.17)$$

$$t_{cl} = \frac{60 + 35}{2} = 47,5 (\text{°C}).$$

Площу стін вибираємо з таблиці 2.2 [29].

Таблиця 2.2 – Площа стін для шахтних зерносушарок типу STKX 6-07

Довжина, м	Ширина, м	Висота, м
7,3	3,4	14,2

Для сушарки STKX 6-07 сума поверхонь стінок шахти $F' = 304\text{м}^2$.

Площа стелі шахти $F' = 24,8\text{м}^2$. Площа підлоги шахти $F' = 24,8\text{м}^2$.

Питомі втрати теплоти через теплову ізоляцію стін

$$q_5' = \frac{F' \cdot k}{W_1} (t_{cl} - t_0), \quad (2.18)$$

$$q'_5 = \frac{304 \cdot 3,48 \cdot 3600}{1531} (47,5 - 10) \cdot 10^{-3} = 93,3 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

2.8 Побудова дійсного процесу сушіння

Внутрішній тепловий баланс

$$\Delta_1 = \mathcal{G}' \cdot c'_1 - (q'_{\text{пр}} + q'_5), \quad (2.19)$$

$$\Delta_1 = 20 \cdot 1,26 - (245,3 + 93,3) = -126,8 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

Дійсний процес сушіння в h-d діаграмі представлено на рис. 2.1.

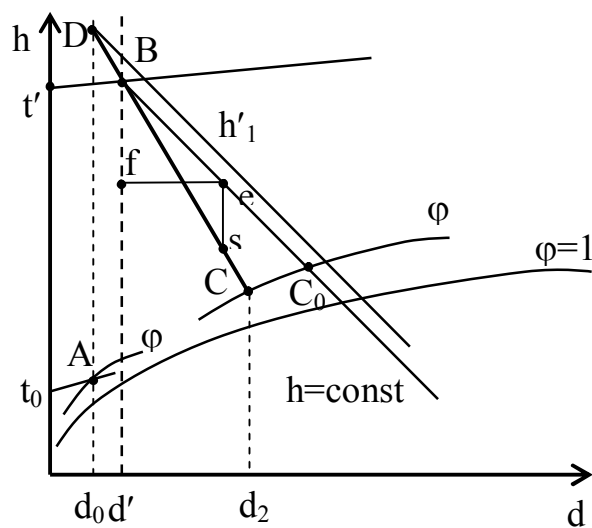


Рисунок 2.1 – Дійсний процес сушіння в h-d діаграмі

За визначеними параметрами свіжого повітря t_0 і ϕ_0 та сушильного агента t'_1 і d'_1 знаходимо в діаграмі точки A і B'. Будуємо теоретичний процес сушіння на лінії $h=\text{const}$ і знаходимо точку C'_0 . На лінії $B'C'_0$ вибираємо довільну точку e і будуємо лінію ef. Визначаємо її довжину $ef = 40$ мм.

Тоді

$$es = ef \frac{\Delta_1}{2500} = 40 \frac{126,8}{2500} = 2,03 \text{ (мм)} .$$

Відкладаємо es вниз і через точку s проводимо лінію до перетину з вологістю відпрацьованого сушильного агента φ_1 . Точка S' покаже дійсні параметри відпрацьованого сушильного агента. Температура відпрацьованого сушильного агента за діаграмою 41°C . При розрахунку ми прийняли її 40°C .

Розбіжність $\varepsilon = \frac{41 - 40}{41} 100 = 1\%$, тож перерахунок можна не робити.

За $h-d$ діаграмою вологовміст вихідного сушильного агента $d'_2 = 22$ г/кг, ентальпія $h'_2 = 118$ кДж/кг.

2.9 Витрата повітря в сушарці

Питома витрата повітря на вході

$$\ell_1 = 1000 / (d'_2 - d'_1), \quad (2.20)$$

$$\ell_1 = 1000 / (22 - 6,77) = 65,7 \left(\frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right).$$

Годинна витрата повітря

$$L_1 = \ell_1 \cdot W_1, \quad (2.21)$$

$$L_1 = 65,7 \cdot 1531 = 100525 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

Визначаємо ентальпію h'_1 на перетині ліній $S'B$ і d_0 (точка D),

$h'_1 = 85$ кДж/кг.

Витрачена теплова потужність на вході

$$Q_1 = L_1 \cdot (h'_1 - h_0) / 3600, \quad (2.22)$$

$$Q_1 = 100525 \cdot (85 - 23) / 3600 = 1731,3 \text{ (кВт)}.$$

2.10 Витрата палива на сушіння і к.к.д. сушарки

Теплота на випаровування вологи (корисна теплота)

$$Q_w = W_1 \cdot r_1, \quad (2.23)$$

де r_1 теплота пароутворення, $\left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}\right)$.

З [30] для температури насіння $r_1 = 2444 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}\right)$.

Тоді

$$Q_w = \frac{1531 \cdot 2444}{3600} = 1124,8 \text{ (кВт)}.$$

ККД сушарки

$$\eta = \frac{Q_w}{Q_\Sigma} \cdot 100\%, \quad (2.25)$$

$$\eta = \frac{1124,8}{1798,8} \cdot 100 = 62,5\%.$$

Витрата палива для роботи сушарки

$$B = \frac{Q_\Sigma}{Q_H^p \cdot \eta_T}, \quad (2.26)$$

де η_r – к.к.д. топки, який приймають 0,9 [31].

$$B = \frac{1798,8 \cdot 3600}{43,31 \cdot 10^3} \cdot 0,9 = 134,6 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

2.11 Розрахунок камери охолодження насіння

Температура зовнішнього повітря, що поступає в охолодну камеру при контакті з нагрітим насінням підвищується, в зв'язку з чим підвищується і його вологоємність. Разом з тим, в камері охолодження також відбувається часткове випаровування вологи з насіння. Цю кількість вологи приймають рівною 0,5-1% [32]. Для випаровування вологи витрачається теплота, що відбирається від насіння, тому, чим більше вологи випаровується в камері охолодження тим краще охолоджується насіння.

Для розрахунку приймемо, що температура насіння на виході з камери охолодження не перевищує температуру навколишнього повітря більше ніж на 10 градусів [33], тобто $\vartheta_3 = 20^\circ\text{C}$.

2.12 Масовий баланс камери охолодження

Кількість вологи, що випарувалась в камері охолодження

$$W_3 = G_2 \frac{\omega_2'' - \omega_3}{100 - \omega_3}, \quad (2.27)$$

$$W_3 = 24873 \frac{2 - 1,5}{100 - 1,5} = 126,3 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

Маса насіння на виході з камери охолодження

$$G_3 = G_2 - W_3, \quad (2.28)$$

$$G_3 = 24873 - 126,3 = 24746,7 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

2.13 Тепловий баланс камери охолодження

Теплоємність насіння на виході з камери охолодження

$$c_3 = \frac{100 - 1,5}{100} 1,55 + \frac{1,5}{100} 4,19 = 1,59 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right).$$

Теплота, винесена насінням з сушильної камери в камеру охолодження

$$q_3 = \frac{G_3}{W_3} c_3 \cdot (\vartheta_2'' - \vartheta_3), \quad (2.29)$$

$$q_3 = \frac{24746,7}{126,3} \cdot 1,59 \cdot (50 - 20) = 9346 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

Втрати теплоти через стінки камери охолодження невеликі, тому їх не враховуємо (прийmemo рівними 0), тим більше, що ці втрати сприяють кращому охолодженню насіння.

Внутрішній тепловий баланс камери охолодження

$$\Delta_{\text{ок}} = q_3 + (\vartheta_2'' c_2'' - 0), \quad (2.30)$$

$$\Delta_{\text{ок}} = 9346 + (50 \cdot 1,95 - 0) = 9443,5 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

На ентальпії h_0 довільно будуємо точку e . Проводимо відрізок ef і вимірюємо його довжину $ef = 17$ мм. Тоді відрізок es визначається так

$$es = ef \frac{\Delta_{\text{ок}}}{2500}, \quad (2.31)$$

$$es = 17 \frac{9443,5}{2500} = 64,2 \text{ (мм)}.$$

На перетині відрізка $0s$ і температури повітря на виході з охолодної камери знаходимо точку 1 і визначаємо вологовміст в цій точці $d_1 = 13$ (г/кг).

Дійсний процес в h - d діаграмі повітря (рис. 2.2).

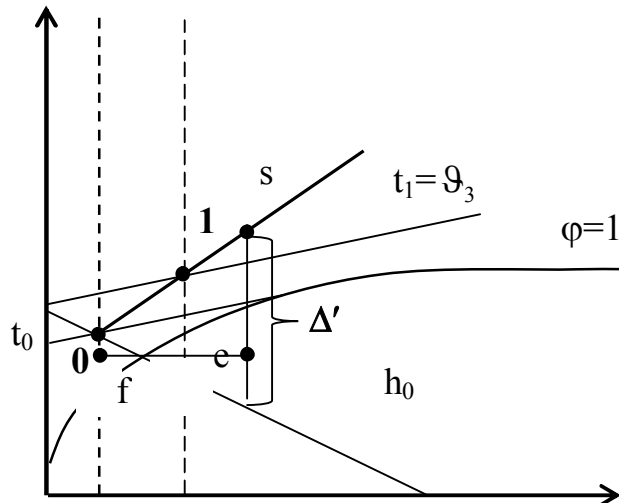


Рисунок 2.2 – Дійсний процес охолодження сировини в h - d діаграмі

Масова витрата повітря в охолодній камері

$$L_{\text{ок}} = \frac{1000}{d_1 - d_0} W_3, \quad (2.32)$$

$$L_{\text{ок}} = \frac{1000}{13 - 5} \cdot 126,3 = 15787,5 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

Густина сухого свіжого повітря

$$\rho_{\text{пв}} = P / (RT_0), \quad (2.33)$$

$$\rho_{\text{пв}} = \frac{100000}{287 \cdot (273 + 10)} = 1,23 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right).$$

Густина вологого свіжого повітря

$$\rho_{\text{вп}} = \rho_{\text{пв}} \frac{1 + d_0}{1 + 1,61d_0}, \quad (2.34)$$

$$\rho_{\text{вп}} = 1,23 \frac{1 + 0,005}{1 + 1,61 \cdot 0,005} = 0,997 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right).$$

Об'ємна витрата свіжого повітря на вході в охолодну камеру

$$V_{\text{ох}} = L_{\text{ох}} / \rho_{\text{вп}}, \quad (2.35)$$

$$V_{\text{ох}} = \frac{15787,5}{0,997} = 15835 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

За визначеною витратою повітря підбирається вентилятор для охолодної камери.

2.14 Підбір пристрою для видалення запиленого повітря та його очищення

Вибір дуттєвого пристрою.

Для роботи приймаємо вентилятори ВР 89-76-10, потужність електроприводу 30 кВт, частота обертання 1120 об/хв, повний напір 1753 Па. Вентилятори ВР 89-76 відцентрові проводять одностороннє всмоктування перероблюваного повітря і газових сумішей. Конструкція виконана у формі спірального корпусу, який можна повертати під потрібним кутом, двигуна і робочого лопаткового колеса – його обертання передбачено і в правому, і в лівому напрямку [34].

Аеродинамічна характеристика вентилятора ВР 89-76, № 10 [35].

$$V = 38010 \text{ м}^3/\text{год}, \quad H = 1050 \text{ Па}, \quad n = 1000 \text{ об/хв}.$$

Потужність електродвигуна

$$N = \frac{1,1 \cdot V \cdot H}{102 \cdot 3600 \cdot \eta_b \cdot \eta_m}, \quad (2.36)$$

$$N = \frac{1,1 \cdot 38010 \cdot 1050}{102 \cdot 3600 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 18,9 \text{ кВт.}$$

Приймаємо до встановлення електродвигун АИР 71 А6, $N = 37$ кВт,
 $n = 1000$ об/хв з приводом через клинопасову передачу.

Габаритний розмір 71 мм, 4 штуки на встановлення.

2.15 Розрахунок циклона ЦН-15

Вихідні дані:

Кількість повітря для очищення за робочих умов $L = 100525$ кг/год.

Оптимальна швидкість газу в апараті $\omega_{\text{опт}} = 3,5$ м/с.

Потрібна площа перерізу циклона

$$F = \frac{V}{3600 \cdot \omega_{\text{опт}}}, \quad (2.37)$$

$$F = \frac{38010}{3600 \cdot 3,5} = 3 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Діаметр циклона

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785 \cdot N}}, \quad (2.38)$$

де N – кількість циклонів.

Приймаємо кількість циклонів $N = 4$.

$$D = \sqrt{\frac{3}{0,785 \cdot 4}} = 0,98 \text{ (м)}.$$

Стандартне значення циклона ЦН-15: $D = 1400$ мм [36].

Дійсна швидкість газу в циклоні

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot N \cdot D^2}, \quad (2.39)$$

$$\omega = \frac{38010}{3600 \cdot 0,785 \cdot 4 \cdot 1,4^2} = 1,7 \text{ (м/с)}.$$

Виконуємо перевірку

$$\frac{\omega_{\text{опт}} - \omega}{\omega_{\text{опт}}} \cdot 100\% = \frac{3,5 - 1,7}{3,5} \cdot 100\% = 5,1\%.$$

Оскільки відхилення дійсної швидкості в циклоні від оптимальної менше 15%, перерахунок можна не робити.

Для встановлення приймаємо збірку ЦН-15-1400-4УП [37].

Коефіцієнт гідравлічного опору

$$\zeta_{\text{ц}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500}^{\text{ц}} + K_3, \quad (2.40)$$

де $\xi_{500}^{\text{ц}}$ – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклона, приймаємо $\xi_{500}^{\text{ц}} = 1150$ [38];

K_1 – поправковий коефіцієнт на діаметр циклона, $K_1=1$;

K_2 – поправковий коефіцієнт на запиленість газу, $K_2=0.93$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тиску, $K_3=0$.

$$\xi_{\text{ц}} = 1 \cdot 0,93 \cdot 1150 + 0 = 1070.$$

Втрати тиску в циклоні

$$\Delta P = \zeta_{\text{ц}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}, \quad (2.41)$$

$$\Delta P = 1070 \cdot \frac{1,05 \cdot 1,7^2}{2} = 1623,5 (\text{Па}).$$

Довжина шляху, що проходить газовий потік в циклоні

$$L = 2 \cdot (\pi \cdot D) = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,4 = 8,8 (\text{м}).$$

Швидкість у вхідному патрубку

$$v_{\text{окр}} = \frac{V}{N \cdot b \cdot a}, \quad (2.42)$$

де $b = 0,374$ – ширина вхідного патрубку, м [39];

$a = 0,934$ – висота вхідного патрубку, м [39].

$$v_{\text{окр}} = \frac{38010}{4 \cdot 3600 \cdot 0,374 \cdot 0,934} = 7,6 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Швидкість осадження часток

$$\omega_{\text{ос}} = \frac{d_{\text{ч}}^2 \cdot (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}}) \cdot v_{\text{окр}}^2}{g \cdot \mu_{\text{вх}} \cdot D}, \quad (2.43)$$

де $\rho_{\text{ч}}$ – густина часток пилу, кг/м^3 ;

$\mu_{\text{вх}}$ – динамічна в'язкість повітря на вході в циклон, $\text{Н}\cdot\text{с/м}^2$;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

$d_{\text{ч}}$ – діаметр часток для осаджування, приймаємо $d_{\text{ч}} = 40 \cdot 10^{-5}$ м [39].

$$\omega_{\text{ос}} = \frac{(40 \cdot 10^{-5})^2 \cdot (1045 - 1,1) \cdot 7,6^2}{9,81 \cdot 21,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1,4} = 2 (\text{м/с}).$$

Мінімальний час перебування частинок в циклоні

$$\tau = \frac{L}{\omega_{oc}}, \quad (2.44)$$

$$\tau = \frac{8,8}{2} = 4,4 \text{ (с).}$$

3 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ КОЛОНКОВОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ НАСІННЯ

3.1 Характеристика технологічного обладнання

Колонкові сушарки призначені для сушіння усіх сортів зернових культур і відрізняються низькою витратою палива, високою продуктивністю, низьким рівнем емісій і однорідною вологістю зерна на виході.

Ці універсальні сушарки сконструйовані у вигляді сушарки з рекуперацією теплової енергії. Для обігріву повітря обрано пальник або теплообмінник, для видалення пилу – вентилятор і пиловловлювач. Завдяки патентованому рішенню, конструкції та розміщенню навісів в сушильному просторі, відбувається відмінне перемішування матеріалу та його рівномірне сушіння. Робота сушарки повністю автоматизована [40].

Колонкові сушарки є гарним рішенням для господарств, в яких необхідна мінімальна запиленість і можливість використання тепла від біогазових станцій. Завдяки термоізоляційній обшивці та рекуперації теплової енергії від охолодження висушеного зерна значно знижується витрата палива [41].

Надійне висушування для зберігання зерна та олійного насіння забезпечують якість і, тим самим, їх цінність для виробників. Поряд з очищенням та знезараженням сушіння при зберіганні відіграє вирішальну роль. Тільки завдяки видаленню вологи створюється придатність сировини для зберігання і тим самим запобігання його втрат. Сушарка безперервної дії є результатом постійних досліджень і розробок ефективного вирішення для сушіння зерна, кукурудзи, ріпаку, рису, насіння соняшнику та інших зернових культур. Сушарки призначені як для сушіння зерна на підприємствах обліку і перевалки, так і для застосування на таких виробничих підприємствах, як, наприклад, олійноекстракційні установки, або при виробництві пропареного рису [42].

3.2 Характеристика теплоносіїв, які застосовуються у процесі

Вхідні продукти – повітря, насіння. Робочий теплоносій системи сушіння – повітря. Готовий продукт після процесу сушіння є сухе насіння.

Вибір теплоносія – важливий етап у підготовці системи сушіння до довгої і надійної роботи. Найпоширенішим теплоносієм для сушарок є повітря. Але температура повітря для сушарок різних типів відрізняється, для сушіння насіння ця температура не повинна перевищувати 65°C. Адже це може призвести до браку готової продукції, так як насіння вважається крихким продуктом.

Для підтримання температури 65°C часто використовують змішувачі повітря, які до повітря, нагрітого в теплогенераторах, підмішують з навколишнього середовища.

Останнім часом, для очищення повітря (після робочої камери) від частинок готової продукції, використовують циклони.

Основним параметром регулювання сушарок є температура теплоносія на вході в робочу камеру. Для надійної роботи сушарки потрібно підтримувати необхідну витрату повітря з певною температурою, яка не повинна перевищувати температуру на вході, адже це безпосередньо впливає на якість готової продукції. Повітря підігрівається в теплогенераторі, який працює на газі. Регулювання температури повітря можливо організувати шляхом змішування повітря в змішувачі з повітрям навколишнього середовища [43].

Відхідні гази після теплогенератора охолоджуються в теплообміннику, підігріваючи насіння, яке йде в робочу камеру[44].

3.3 Система автоматичного регулювання витрати повітря на вході в робочу камеру

З датчика температури повітря та датчика витрати, що встановлений на виході із змішувача, сигнал надходить на контролер, який порівнює значення температури, що надійшло, із заданим, після цього надсилає сигнал на виконавчий механізм, що приводить в дію регулюючий орган у вигляді засувки.

Змішувач спроектований таким чином, що змішування відбувається в будь-якому випадку до заданого значення. За умови, коли температура повітря на виході із змішувача нижче або вище заданого значення, з датчика температури надходить сигнал на контролер, що, в свою чергу, надсилає сигнал на регулюючий орган, що приводить в дію вентилятор, подаючи порцію повітря з навколишнього середовища та охолоджуючи повітря до заданого значення температури .

Температура теплоносія сушарки насіння повинна підтримуватись в заданому діапазоні, так як це безпосередньо впливає на якісь готового продукту. Тому витрата повітря на змішування повинна швидко змінюватись при необхідності. Це пов'язано з властивістю матеріалу, який використовується для сушіння. Технологічна особливість сушки насіння дозволяє зберігати продукт протягом тривалого часу, що і є головною відмінною рисою сухого насіння порівняно з традиційним сирим продуктом[45].

3.4 Система автоматичного регулювання витрати повітря на вході в теплогенератор

З датчика температури повітря і датчика витрати сигнал подається на контролер, що опрацьовує сигнал, порівнюючи його зі значенням заданої температури та генеруючи вихідний сигнал, що спрямовується на виконавчий механізм, який згодом приводить в дію регулюючий орган. У випадку

подачі надмірно холодного повітря це реєструє датчик температури перед теплогенератором та подає сигнал на контролер, що керує приводом заслінки і подає менше повітря. У випадку, коли вхідне повітря потрапляє в теплогенератор нижче заданого значення, це може призвести до конденсації вологи на стінках труб по яких проходить повітря [46].

3.5 Автоматичні системи регулювання температури повітря на вході та виході з робочої камери сушарки

Зміна температури повітря на вході в робочу камеру сушарки відіграє роль головної збурюючої дії. Внаслідок такого збурення процес сушіння є ненадійним.

Отже, для надійності процесу необхідно підтримувати задану температуру повітря. Вимірювання температури повітря здійснюється за допомогою датчика температури КТУ 84-130.

Датчик температури КТУ 84-130 є цифровим термометром з діапазоном вимірювання від -40°C до $+300^{\circ}\text{C}$ і точністю $0,5^{\circ}\text{C}$. Даний діапазон температур дозволяє точно проводити регулювання, оскільки для заданої сушарки робочою температурою є $+65^{\circ}\text{C}$ [47].

Сигнал про відхилення заданих величин температур подається на пульт [48].

При зменшенні температури повітря в сушарці подається сигнал на засувку вентилятора. Внаслідок чого відбувається автоматичне регулювання подачі рециркулюючого повітря у робочу камеру сушарки. Заслінка перекриває хід рециркулюючого повітря та гаряче повітря надходить до сушарки.

3.6 АСР вологості повітря на вході в робочу камеру сушарки

Для надійності системи регулювання вологості повітря на вході та виході з робочої камери сушарки необхідно автоматизувати процес регулювання.

Вимірювання вологості відбувається за допомогою датчика НІН–4021–003. Датчик розроблений спеціально для промислових застосувань. Даний датчик є цифровим та працює за допомогою мікросхеми. Діапазон робочих температур $-40...+125^{\circ}\text{C}$. Похибка вимірювання становить 3,5%[49].

При збільшенні параметрів вологості повітря на вході в сушарку подається сигнал на засувку вентилятора. Внаслідок чого відбувається автоматичне регулювання подачі рециркулюючого повітря в робочу камеру сушарки. Заслінка перекриває хід рециркулюючого повітря (частина відпрацьованого повітря) і гаряче повітря з нижчою вологістю надходить до камери сушарки [50]

3.7 Запобіжні пристрої

Запобіжний пристрій призначений для ліквідації небезпечного виробничого фактора в джерелі його виникнення.

Запобіжні пристрої за характером дії поділяють на блокувальні та обмежувальні.

Блокувальні пристрої за принципом дії поділяють на механічні, електронні, електричні, електромагнітні, пневматичні, гідравлічні, оптичні, магнітні та комбіновані [51].

Обмежувальний пристрій – пристрій, що спрацьовує при порушенні параметрів технологічного процесу або режиму роботи виробничого устаткування. Обмежувальні пристрої по конструктивному виконанню поділяють на муфти, штифти, клапани, шпонки, мембрани, пружини, сільфони і шайби.

Гальмівний пристрій призначений для уповільнення та зупинки виробничого устаткування при виникненні небезпечного виробничого фактора.

При зниженні насіння в бункері нижче допустимого рівня чи коли він зростає вище допустимого для запобігання виникнення аварії на виробництві датчики рівня подають сигнал на контроллер, який подає сигнал на виконавчий механізм. Далі виконавчий механізм подає сигнал на ввімкнення живильного насоса або на вимкнення.

Шахтна сушарка працює під певним тиском, що забезпечується за рахунок постійної подачі насіння та повітря у робочу камеру. Якщо тиск в системі починає падати – це означає що насіння або повітря не подається в робочу камеру. Датчик тиску подає сигнал на контролер, який подає сигнал на ввімкнення насоса, який подає насіння чи на компресор, що подає повітря. Якщо тиск не повертається на заданий рівень, контролер подає сигнал на вимкнення насоса і компресора, подається сигнал оператору. При вирішенні проблеми процес поновлюється.

При зникненні живлення на виробництві спрацьовує реле контролю напруги, який автоматично вмикає резервне живлення. При поновленні живлення генератор вимикається[52].

3.8 Повне відключення

При відключенні циркуляційного вентилятора відбувається автоматичне вимкнення процесу сушіння. При відключенні вентилятора, подається світловий сигнал на щит управління[53].

Магнітний пускач реверсивний ПМА 4500 А – призначений для застосування у стаціонарних установках для дистанційного пуску безпосереднім підключенням до мережі, зупинки та реверсування трифазних асинхронних двигунів з коротко-замкнутим ротором потужністю до 20 кВт при напрузі до 380 і 660 В змінного струму частотою 50, 60 і 100 Гц.

Повне відключення відбувається наступним чином. При несправності циркуляційного вентилятора повітря не надходить до ТО. Внаслідок чого відбувається автоматичне переключення засувки на витяжному димососі та вентиляторі. Заслінка перекриває хід димових газів до газоповітряного ТО і гази відразу викидаються у атмосферу. Заслінка перед витяжним вентилятором перекриває викид відпрацьованого повітря та відбувається відключення нагріву повітря[54].

3.9 Часткове відключення

При частковому відключенні (витяжний вентилятор виходить з ладу) відбувається відключення витяжного вентилятора та процес сушіння протікає з повною рециркуляцією повітря[55].

3.10 Технологічний контроль фізичних величин

Контрольно-вимірювальні прилади потрібні для контролювання та забезпечення безпеки установки:

- а) визначення і запис експлуатаційних параметрів, наприклад температури;
- б) сигналізація про умови експлуатації, наприклад про несправність витяжного вентилятора, або про зміну технологічних параметрів;
- в) контроль параметрів установки та режиму роботи, і також сигналізація про перевищення граничних значень та пошкоджень;
- г) контроль режиму експлуатації у аварійній ситуації та проведення операцій для запобігання аварій й пошкоджень, наприклад: захист від високих температур, захист від збоїв в технологічному процесі[56].

Робота теплової схеми, в нашому випадку сушарки, є досить складним процесом. Тому необхідно вести контроль за технологічними процесами, які

відбуваються. Контроль за температурами особливо важливий, оскільки їх зміна може призвести до пошкодження продукції. Для забезпечення технологічного контролю необхідно встановити контроль за наступними параметрами:

- а) контроль температури повітря на вході в робочу камеру сушарок (1-1);
- б) контроль температури повітря на виході з робочої камери сушарок (3-1);
- в) контроль вологості повітря на вході в робочу камеру сушарок (2-1);

Забезпечуючи контроль за цими параметрами, можна забезпечити безперебійну роботу усієї системи.

Вимірювання фізичних величин є невід'ємною операцією технологічних процесів, контролю і випробувань матеріалів, деталей, конструкцій та приймання готової продукції.

При автоматизації колонкової зерносушарки для контролю величин були встановлені датчики температури, тиску, витрати, вологості, що контролюють такі величини:

- температура насіння у бункері;
- витрата насіння;
- витрата готової продукції;
- температура і вологість насіння у робочій камері;
- температура повітря на вході у робочу камеру;
- температура повітря у теплогенераторі;
- витрата повітря після підмішування повітря;
- температура повітря після теплообмінника;
- витрата повітря після циклонів.

За допомогою датчиків температури ми контролюємо температуру насіння в бункері, після теплообмінника, в робочій камері, що дає нам можливість підтримувати певну температуру насіння на різних стадіях виробництва. Також контролюється температура повітря в теплогенераторі, після теплообмінника, на вході в робочу камеру.

За допомогою вологоміра ми можемо контролювати процес сушіння і запобігати браку готової продукції на виробництві.

За допомогою датчиків контролю витрат дається інформацію про кількість продукції, що рухається у системі. За допомогою них ми можемо керувати температурами на різних стадіях виробництва[57].

3.11 Технологічна сигналізація

На пульті керування передбачена попереджувальна сигналізація про відхилення режимів роботи. В разі відхилення температури повітря на вході в робочу камеру сушарки від заданої, світловий сигнал попереджує про це оператора.

У випадку відключення циркуляційного вентилятора відбувається повне відключення з подачею звукового сигналу. Аварійна сигналізація розшифровує причини аварії. Схема ящика управління передбачає 3 режими роботи: автоматичний, напіваавтоматичний та режим місцевого управління. Основний режим роботи – автоматичний. В цьому режимі захист та аварійна сигналізація ввімкнені у повному об'ємі та забезпечує відключення компресора при аварійних відхиленнях параметрів.

В режимі напіваавтоматичного управління захист та аварійна сигналізація діють у повному об'ємі. Нормальне положення реле контролю технологічних параметрів – ввімкнене.

В режимі місцевого управління передбачений тільки налагоджувальний режим. Експлуатація в цьому режимі заборонена[58].

Технологічна сигналізація застосовується для попередження про порушення нормального ходу технологічного процесу, про вихід параметрів за межі допустимих значень.

У цих випадках у системах автоматизації повинна спрацювати схема та дати відповідну світлову та звукову інформацію про критичний стан конкре-

тного параметра.

Запускає схему технологічний контакт, який має бути вмонтований у вторинний прилад або в спеціальний сигналізатор.

Крім цього, схема може запускати відповідну схему автоматичного блокування (технічна блокування). Схема сигналізації повинна видавати світлову інформацію у вигляді горіння лампи червоного кольору і звукову (дзвінок або сирена). Має також передбачатися пристрій, що дозволяє вимикати звуковий сигнал.

При зникненні електроенергії на сушильному комплексі, спрацьовує автоматичне ввімкнення резервного генератора. В даний період, до включення резервного живлення, для сповіщення робочого персоналу, автоматично вмикається звукова сигналізація, що вмикається при поновленні живлення на виробництві.

При зниженні рівня насіння в бункері нижче допустимого рівня подається сигнал на ввімкнення насоса 1, з певною затримкою в часі відбувається повторна перевірка допустимого рівня в бункері. У разі не відновлення рівня контролер подає сигнал на відключення насоса 2, і на ввімкнення резервного насоса 3, при цьому вмикається світлова сигналізація, що попереджує оператора.

При зростанні тиску вище допустимого подається сигнал на вимкнення насоса 2, якщо тиск продовжує зростати контролер подає сигнал на зривний клапан, а для сповіщення персоналу вмикається звукова сигналізація. Сигналізація вмикається дистанційно.

При зниженні температури в топці теплогенератора датчик температури подає сигнал на контролер, який подає сигнал диспетчеру на екрані. Якщо температура продовжує падати, то датчик подає сигнал на контролер, який, в свою чергу вмикає світлову сигналізацію, чим сповіщає оператора.

При зростанні температури в топці теплогенератора вище допустимого подається сигнал з датчика температури на контролер, який подає сигнал на

виконавчий механізм та вмикається автоматична подача води в топку. Для сповіщення персоналу вмикається звукова та світлова сигналізація.

3.12 Організація управління сушарки на основі системного підходу

Представлення теплової схеми сушильної установки у вигляді складної системи: системний підхід дає зрозуміти що всі елементи системи і всі операції в ній повинні розглядатись тільки як 1 ціле, тільки у взаємозв'язку 1 системи з іншою. Його можна застосовувати на різних рівнях – від якоїсь ділянки до всього підприємства. У кожному випадку об'єкт управління розглядається як цілісна система. Управління ним тим ефективніше, чим оптимальніше підібрані елементи системи та скоординовані дії. Вказане правило необхідно пам'ятати під час вибору ресурсів.

Робота кожної з підсистеми залежить від загальної роботи системи та може впливати на всю систему загалом. Тому регулюючи параметри 1 системи, ми впливаємо на роботу усієї сушильної установки, що змінює показники роботи теплової схеми. Існують 5 принципів теорій системного підходу, і всіх їх можна застосувати до даної системи.

Перший принцип – система теплової схеми сушарки розглядається як 1 ціле, а також її не дозволяється розглядати як просте з'єднання елементів. Ми розглядаємо теплову схему сушарки в цілому, а не з'єднання разом котла, теплообмінника та сушарки.

Другий принцип – в системі теплової схеми є свої властивості, але певні окремі елементи не мають таких властивостей як система загалом. Наприклад, властивості котла впливають на властивості інших елементів, зокрема на роботу теплообмінника, таким чином, що формуються нові властивості всієї системи. Вданому випадку при зміні температури повітря на подачі змінюється витрата палива, внаслідок чого росте витрата газів. Це в свою чергу призводить до зміни роботи газоповітряного середовища. Отже зміна власти-

востей 1 підсистеми впливає на зміну властивостей іншої підсистеми, що спричиняє зміну властивостей усієї системи в цілому.

Третій принцип – ефективність. Кожний елемент повинен працювати ефективно, тому що, коли маємо низькі ККД котла чи теплообмінника, то це в свою чергу призводить до погіршення параметрів теплоносіїв, що в свою чергу погіршить процес протікання сушіння.

Четвертий принцип – систему не можна розглядати ізольовано від навколишнього середовища. Дана система входить до теплової схеми. Наприклад, якщо температура навколишнього середовища знизиться чи збільшиться, то відповідно температура повітря на вході в газоповітряний теплообмінник знизиться чи збільшиться, яка в свою чергу буде впливати на всю систему.

П'ятий принцип – поділ системи на підсистеми. Теплову схему сушарки ділимо на менші функціональні частини: котел, теплообмінник та сушильна установка, кожен з яких можна поділити на менші функціональні частини. Наприклад, систему газоповітряного теплообмінника можна поділити на систему димових газів та систему повітря. Отже, таким чином наведені принципи допомагають визначити терміни системи, як багаторівневої конструкції з взаємопов'язаних елементів, що об'єднують інші системи декількох рівнів, для того щоб досягти єдиної мети – ефективного функціонування великої системи[59].

3.13 Пульт управління сушарками

Основою робочого місця оператора є пульт управління, що повинен задовольняти такі вимоги:

а) поверхня пульта повинна забезпечувати дифузійне або направлено розсіяне відбиття світлового потоку, яке виключало б появу відблисків в полі зору оператора;

б) на пультах, призначених для управління однотипними об'єктами, повинно дотримуватись одне й те ж розміщення найбільш важливих, часто використовуваних та аварійних засобів відображення, введення інформації;

в) пульти при необхідності мають обладнуватися висувними ящиками для збереження документації та висувними дошками для ведення записів і розміщення додаткових переносних приладів;

г) пульт для роботи оператора в положенні сидячи повинен мати простір для ніг оператора з такими розмірами: висота – 600 мм, глибина на рівні колін та підлоги – відповідно 400 і 600 мм, ширина – 500 мм;

д) панелі пультів не повинні мати сторонніх елементів, що затруднюють роботу оператора чи відволікають увагу, невиправдані призначенням пульта виступи, заглиблення, різноплощинність тощо[60].

До основних інженерно-психологічних характеристик пульта управління відносяться його форма та геометричні розміри. На практиці застосовуються такі форми пультів:

а) фронтальна, застосовується при можливості розміщення усіх органів управління у межах зон максимальної і допустимої досяжності, а індикаторів – в межах зони центрального та периферійного зору;

б) трапецієподібна використовується при неможливості розміщення органів управління на пульті фронтальної форми. В цьому випадку органи управління і індикатори розміщують на бокових панелях, розвернутих відносно фронтальної під кутом 90-120°;

в) багатогранна або напівкругла застосовується при наявності великої кількості засобів відображення інформації та органів управління. Бокові панелі рекомендується розміщувати так, щоб вони були перпендикулярні лінії зору оператора. Мінімальний діаметр напівкруглого пульта, призначеного для 1 оператора, має бути 1200 мм[61].

3.14 Підбір регулюючих органів

Підберемо двоходові клапани МЗ і М7 на розділення потоків між насосом ЦН1 і бункером БМ для зберігання насіння з метою регулювання витрати насіння на вході в теплообмінник УГ[62].

Вхідні дані для розрахунку клапана МЗ:

- 1) робоче середовище – насіння;
- 2) об'ємна витрата $V_n=0,473 \text{ м}^3/\text{год}$;
- 3) втрати тиску в системі, яка регулюється $\Delta P_{\text{сист}}=1,2 \text{ кПа}$;
- 4) робоча температура $t=15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Перепад тисків на клапані обирається таким чином, щоб його авторитет по відношенню до сумарної втрати тиску на системі та клапані був не менше ніж 0,8, тобто

$$a = \Delta P_{\text{кл}} / (\Delta P_{\text{кл}} + \Delta P_{\text{сист}}) \geq 0,8, \quad (3.1)$$

або ж $\Delta P_{\text{кл}} \geq \Delta P_{\text{сист}}$.

При авторитеті $a = 0,8$ згідно вхідних даних приймається, що $\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{сист}} = 1,2 \text{ кПа}$. На основі заданої витрати та прийнятого перепаду тисків на клапані має бути вибраний клапан з $K_{VS} = 0,47$ або $0,52 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для 1 варіанту втрати тиску в повністю відкритому клапані є 101 кПа і авторитет

$$a = 101 / (101 + 1,2) = 0,98.$$

Для 2 варіанту тиску в повністю відкритому клапані складають 45 кПа і авторитет при цьому однаковий

$$a = 45 / (45 + 1,2) = 0,97.$$

Оскільки у 2 варіантів авторитет клапана є більше 0,8 то для встановлення приймається клапан по 2 варіанту з $K_{VS} = 0,52 \text{ м}^3/\text{год}$ з авторитетом 0,97 CLAMP ДУ–32 призначений для роботи у середовищах температура яких не більше $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вхідні дані для розрахунку клапана М7:

- 1) робоче середовище – насіння;
- 2) об'ємна витрата $V_H=0,473 \text{ м}^3/\text{год}$;
- 3) втрати тиску у системі, яка регулюється $\Delta P_{\text{сист}}=50 \text{ кПа}$;
- 4) робоча температура $t=34 \text{ }^\circ\text{C}$.

При авторитеті $a = 0,5$ згідно вхідних даних приймається, що $\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{сист}} = 50 \text{ кПа}$. На основі заданої витрати та прийнятого перепаду тисків на клапані має бути вибраний клапан з $K_{VS} = 1$ або $1,6 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для 1 варіанту втрати тиску у повністю відкритому клапані складають 62 кПа і авторитет

$$a = 62/(62+50)=0,55.$$

Для 2 варіанту тиску в повністю відкритому клапані складають 42 кПа і авторитет при цьому рівний

$$a = 42/(42+50)=0,47.$$

Оскільки в другому варіанті авторитет клапана є менше 0,5 то під встановлення приймається клапан по 1 варіанту з $K_{VS} = 1 \text{ м}^3/\text{год}$ з авторитетом 0,55 CLAMP ДУ–32 призначений під роботи в середовищах температура яких не більше $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

4 МОНТАЖ ТЕПЛООБМІННОГО І ПОВІТРООЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СУШАРКИ

4.1 Технологія монтажу

В даній роботі розробляється технологія монтажу сушарки при роботі від газомазутної топки.

1. Сушарка призначена під експлуатацію в приміщеннях чи на відкритому повітрі під навісом.

2. Сушарка не потребує спеціального фундаменту чи спеціально обладнаного робочого місця[63].

3. Сушарка поставляється у зібраному, готовому для роботи вигляді і додаткового монтажу та налагоджувальних робіт (окрім розпакування) не потребує.

4. Сушарка потребує обов'язкового заземлення. Значення опору між заземлюючим болтом та контуром заземлення не має перевищувати 0,4 Ом (клема під заземлення знаходиться на задній, або бічній стінці сушарки).

Для монтажу системи використані металополімерні повітропроводи "Тепловест".

У результаті аналізу конструктивних особливостей об'єкту створено перелік основних і допоміжних виробів та матеріалів[64].

4.2 Розрахунок і комплектування основних та допоміжних матеріалів, виробів, складання відомостей

Таблиця 4.1 – Відомість витрат матеріалів[65].

№ п/п	Найменування	ГОСТ, марка	Од. вим.	Кількість	Маса одиниці, кг	Заг. маса, кг
1	2	3	4	5	6	7
Повітропроводи						
1	Повітропроводи сталеві Ø300мм	“ТеплоВест”	м	46,4	7	325
2	Алюмінієвий гофр Ø300мм	“ТеплоВест”	м	7	0,12	0,84
3	Трійник Ø300мм	RTD-N	шт.	1	1,3	1,3
4	Хомут металевий		шт.	26	0,53	13,7
5	Шибер		шт	5	1,12	5,6
Ізоляційні матеріали						
6	Ізоляція для труб Ø300 мм	“Climaflexstabil”	м	46,4	0,05	2,32
Обладнання теплотехнічної частини						
7	Сушарка	ECO DRY, STKX 6-07	шт.	1	5490	5490
8	Вентилятор	ВЦ 14-46	шт.	1	45	45
9	Сталь листована оцинкована товщина 0,8		кг	0,36		0,36
10	Стрічка сталеві пакувальна, м'яка, нормальної товщини 0,7x25мм		т	0,00384		0,00384
1	2	3	4	5	6	7
11	Листи алюмінієві, марка АД1Н товщина 1 мм		кг	0,1		0,1
12	Болти з гайками і шайбами		т	0,0016		0,0016
Загальна маса по теплотехнічній частині 5535 кг						
Допоміжне обладнання						
13	Перфоратор MAKITA HR 5001C		шт.	1	12,8	12,8
14	Електродрель «DEWALT»		шт.	1	9,5	9,5
Загальна маса по допоміжному обладнанню: маса $\Sigma=22,3$ кг						
Загальна маса $\Sigma=5900,54$ кг						

4.3 Визначення складу та об'ємів робіт

4.3.1 Склад робіт:

1. Доставка деталей під місця монтажу та їх складування.
2. Розмітка місць встановлення повітропроводу.
3. Монтаж сушарок.
4. Монтаж вентиляторів.
5. Монтаж алюмінієвої гофри.
6. Прокладання металополімерних повітропроводів д 300 мм.
7. Встановлення запірної арматури.
8. Перше робоче випробування окремих частин.
9. Ізоляція повітропроводу системи.
10. Робоча перевірка системи у цілому.
11. Кінцева перевірка системи та здача в експлуатацію.
12. Повернення допоміжного обладнання в склад[66].

4.3.2 Визначення об'ємів робіт

1. Доставка деталей до місць монтажу і їх складування. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса всіх деталей 5900,54 кг. Приймаємо об'єм $V=5,9$ т.

2. Розмітка місць прокладання повітропроводів. Одиниці вимірювання 100м. Довжина всієї мережі трубопроводу $L=46,4$ м. Приймаємо $V=0,464$ м.

3. Монтаж сушарок. Одиниці вимірювання в шт. В якості сушильних приладів беремо сушарки. Кількість сушарок 1 шт. Отже, об'єм буде $V=1$ шт.

Монтаж вентилятора ВЦ 14-46. Одиниці вимірювання в шт. Отже, приймаємо $V=1$ шт[67].

4. Прокладання повітропроводів д. 300 мм. Одиниці вимірювання в 100 м^2 . Довжина труб з д. 300 мм складає 46,4 м, отже, приймаємо $V=0,464 \text{ м}^2$.

5. Встановлення трійників. Одиниці вимірювання в шт. Отже приймаємо $V=1$ шт.

6. Ізоляція повітропроводів системи. Одиниці вимірювання в 10 м^2 . Загальна довжина трубопроводів 46,4м. $V= 4,64\text{м}^2$.

Випробування повітропроводів системи опалення та теплотехнічної частини:

1. 1 робоче випробування окремих частин. Одиниці виміру в метрах.
2. Загальна довжина зворотних і подаючі трубопроводів становить: 46,4м. Отже, $V= 46,4 \text{ м}$ (див.табл.2.1).
3. Робоча перевірка системи в загальному. Одиниці виміру в метрах. Загальна довжина зворотних і подаючі трубопроводів становить: 46,4 м.
4. Кінцева перевірка системи та здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання в метрах. Загальна довжина трубопроводів становить: 46,4м. Отже, $V= 46,4 \text{ м}$.
5. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання у кілограмах. Загальна вага всіх деталей 22,3кг. Приймаємо об'єм $V=22,3 \text{ кг}$.

4.4 Вибір та обґрунтування методів виконання робіт, механізмів, типів машин, пристосувань і конструкцій.

Доставка деталей під місця монтажу.

Чітка організація доставки труб та матеріалів для робочих місць здійснює безпосередній вплив на якість монтажу систем сушки[68].

Доставлені на будівельний майданчик прилади групуємо згідно заявлених специфікацій.

Монтаж сушарок.

В даній системі використовується сушарка. Сушарка призначена під експлуатацію в приміщеннях або на відкритому повітрі під навісом. Приміщення має бути добре провітрюване або на випускний отвір треба приладнати гнучкий рукав, під виведення відпрацьованого повітря назовні[69].

Проведення монтажу сушильного комплексу для сушарки .

Для вирішення поставленої мети потрібно розв'язати такі завдання:

- провести аналіз об'єкту, що підлягає монтажу;
- зробити загальну характеристику об'єкта;
- розрахувати і укомплектувати основні та допоміжні матеріали, вироби, скласти відомості;
- визначити склад та об'єм робіт;
- підібрати машини, механізми і пристосування;
- визначення трудомісткості для виконання монтажних робіт;
- визначити склад бригад та зробити підбір монтажних інструментів.

Монтаж повітропроводів.

В даній системі повітропроводи розташовані відкрито біля стін. При їх прокладанні мінімальний уклон = 0,003. Уклони трубопроводів спрямовуються у бік повітровипускних пристроїв. Монтаж магістральних трубопроводів виконати у такій послідовності:

- а) розмітити вісі магістралей і установити кронштейни;
- б) прокласти труби, вузли та заготовки по наміченим вісям;
- в) зібрати магістралі і приєднати до них монтажні вузли.

Монтаж гофр для сушарок виконати у такій послідовності:

- а) розмітити місця встановлення гофри;
- б) з'єднання гофри герметизуючим матеріалом;
- в) вивірити і закріпити гофри хомутами;

г) після збирання підводів перевірити їхню вертикальність, нахили підводів, міцність закріплення трубів і сушарок[70].

4.5 Підбір машин, механізмів і пристосувань

Труби, деталі, конструкції і обладнання звозяться централізовано машиною "Ford Cargo 1826 (E-3)". Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики машини "Ford Cargo 1826 (E-3)"

Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Вантажопідйомність	кг	до 10000
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	2960
Найбільша швидкість	км/год	106
Радіус повороту	м	8,4
Колія колес:		
передні	мм	2055
задні	мм	1830
Витрата палива	л/100 км	18
Габарити:		
Довжина		9300
Ширина		2489
Висота		2190
Маса	кг	8000

Для пробивки отворів в стіні застосовуємо перфоратор «МАКІТА».

Таблиця 4.3 – Технічна характеристика перфоратора «МАКІТА HR 5001С»

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Енергія удару	Нм	1,0
Частота удару	Гц	40
Потужність	Вт	350
Глибина отвору	Мм	до 200
Маса	кг	12,8

Таблиця 4.4 – Набір інструментів і пристосувань для монтажників системи опалення.

Найменування	ГОСТ, марка	Кільк шт.	Заг. маса, кг
1	2	3	4
Ключ гайковий двохсторонній М17х19 мм М19х22 мм	ГОСТ2839-80	6 6	0,9 1,2
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток гумовий		6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			38,65

Витрати допоміжних матеріалів заносимо в таблицю 4.5

Таблиця 4.5 - Витрати допоміжних матеріалів для монтажу системи опалення та теплотехнічної частини.

Допоміжні матеріали	Одиниця виміру	Витрати матеріалів		
		Шифр	Вага	Об'єм
Прокладки гумові	Кг	111-1746	5,45	-
Прокладка з пароніта, марка ПМБТ, товщина 1 мм	1000	шт.	0,06	-
$\Sigma=5,51$				

Витрати на паливні і енергетичні ресурси[71].

Витрати електроенергії на роботи електроприладів

$$E=P \cdot \tau \cdot k, \quad (4.1)$$

де P – потужність приладу або механізму, кВт;

τ – термін роботи приладу, год;

k – коефіцієнт, який враховує періодичність дії електричного обладнання.

1) Витрати електроенергії для роботи вентилятора ВЦ 14-46

$$k=0,1 \tau=3 \text{ год}, p=1,6 \text{ (кВт)};$$

$$E_1= 1,6 \cdot 3 \cdot 0,1= 0,48 \text{ (кВт год)}.$$

2) Витрати електроенергії для роботи перфоратора MAKITA HR 5001C

$$k=0,1 \tau=16 \text{ год}, p=0,35 \text{ (кВт)};$$

$$E_2= 0,35 \cdot 16 \cdot 0,1= 0,56 \text{ (кВт год)}.$$

Витрата пального для доставки матеріалів і виробів:

- відстань 27 (км);
- кількість ходів $n=1$;

– витрата пального $Q=18$ (л/100км).

Необхідна кількість пального для доставки труб

$$Q_{\text{п}}=Q \cdot 2 \cdot n \cdot l=0,18 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 27=9,72 \text{ л.} \quad (4.2)$$

Труби, деталі і конструкції звозяться централізовано автомашиною Ford Cargo 1826 (Е-3). Технічні характеристики машини наведені в табл. 5.1.

4.6 Визначення трудомісткості виконання монтажної роботи

Трудомісткість монтажної роботи знаходиться за формулою

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{B} \text{ [люд/дні]}, \quad (4.3)$$

де V – об'єм робіт;

$H_{\text{ч}}$ – норма часу за одиницю виміру, люд/год;

B – кількість годин у зміні, год.

Тривалість монтажної роботи

$$T = \frac{Q}{n} \text{ [дні]}, \quad (4.4)$$

де Q – трудомісткість монтажної роботи, люд/дні.

n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунків наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Визначення трудомісткості виконання монтажної роботи

Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм робіт	Норма часу, люд/год	Трудо-місткість люд/дні	Виконавці		Трив., дні
					к-сть	склад л.	
1	2	3	4	5	6	7	8
Доставка деталей до місць монтажу та їх складування	т	5,9	3,1	0,4	2	Робітник Водій	1,44
Розмітка місць прокладання повітропроводів	10 м	4,64	1,3	0,24	2	Слюсар 4, 1 розрядів	0,4
Прокладання сталевих повітропроводів діаметром 300 мм.	100 м ²	4,64	95,78	18,26	4	Слюсар 4, 1 розрядів	13,9
Ізоляція повітропроводів.	10м	4,64	30,56	15	4	Ізолювальник 2,4 розрядів	4,43
Монтаж запірних пристроїв.	шт	5	1,75	0,5	2	Слюсар 4, 1 розрядів	0,54

Продовження таблиці 4.6							
Монтаж сушарок.	2,6 кВт	0,4	96,92	1,16	2	Слюсар 3,4 розрядів	2,4
Встановлення алюмінієвих гофр	10	0,7	20,4	0,3	2	Слюсар 4, 1 розрядів	0,89
Монтаж вентилятора ВЦ 14-46	шт	1	10,2	1,4	2	Монтажники 3,7 розрядів	0,63
Перше робоче випробування окремих частин.	10м	4,64	5,4	0,79	2	Слюсар-сантехнік 3,5 р	1,6
Робоча перевірка системи в цілому.	10м	4,64	2,9	0,43	2	Слюсар-сантехнік 3,5	0,84
Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.	10м	4,64	2,4	0,35	2	Слюсар-сантехнік 3,5	0,7
Повернення допоміжного обладнання на склад.	т	0,0223	3,1	0,002	2	Робітник Водій	0,5

4.7 Визначення складу бригад і підбір монтажних інструментів

Склад бригад і середній розряд робітників для монтажних робіт визначається з нормативних документів[72].

1. Доставка деталей у місця монтажу та їх складування. Водій і робітник.
2. Розмітка для місць прокладання повітропроводу. Два слюсаря 4,1 розрядів.
3. Прокладання металополімерних трубопроводів д. 300 мм. Чотири слюсаря 4,1 розрядів.
4. Ізоляція для повітропроводів. Чотири ізолювальника 2,4 розрядів.
5. Установка запірної арматури. Два слюсаря-сантехніка 3,8 розрядів.
6. Монтаж сушарки. Два слюсаря 4,3 розрядів.
7. Монтаж алюмінієвої гофри. Два слюсаря-сантехніка 3,1 розрядів.
8. Монтаж вентиляторів. Два монтажника 4,7 розрядів.
9. 1 робоче випробування окремих частин. Два слюсаря-сантехніка 3,5 розрядів.
10. Робоча перевірка системи у цілому. Два слюсаря-сантехніка 3,5 розрядів.
11. Кінцева перевірка системи та здача в експлуатацію. Два слюсаря-сантехніка 3,5 розрядів.
12. Повернення допоміжного обладнання на склад. Водій та робітник[73].

4.8 Організація робочих місць і побутових приміщень

Приймання об'єктів для монтажу системи відводу відпрацьованого повітря відбувається актом встановленої форми, що підписує представник генпідрядника, який виконує будівельні роботи (майстер або виконроб).

Перед тим як розпочати монтажні роботи на об'єкті, виконати наступні роботи, що фіксуються актом:

- Змонтувати міжповерхові перекриття та сходові клітини;
- Обштукатурити інші ділянки стін в місцях встановлення нагрівальних приладів та прокладки трубопроводів;
- Підготувати монтажні пройми під переміщення крупно габаритного обладнання, яке підлягає монтажу;
- Нанести на стінах фарбою відмітки про чисту підлогу;
- Встановити віконні коробки;
- Підвести електросилові лінії під підключення механізмів та інструментів;
- Забезпечити освітленість роботи на місцях доступу до них робітників, можливість доставки матеріалів, виробів монтажного обладнання;
- Утеплити приміщення взимку для виконання робіт, закрити віконні пройми;
- Виділити місце під складування матеріалів сантехнічних заготовок та обладнання.

Потрібно складське приміщення для зберігання малогабаритних інструментів, інвентаря.

На об'єктах будівництва, які не прийняті під монтаж, забороняється виконувати монтажні роботи[74].

4.9 Техніка безпеки для виконання монтажних робіт

Для того щоб виключити можливість створення нещасних випадків на заготівельних роботах та під час монтажу систем відводу відпрацьованого повітря потрібно суворо притримуватись правил техніки безпеки та проти-пожежної техніки.

Всі працівники мають пройти навчання по техніці безпеки по 8 - 10 годинній програмі.

Користуючись трубними і гайковими ключами, не можна одягати обрізки труб на ручки ключів та використовувати металеві підкладки під губ-

ки ключів. Коли починається заповнення системи опалення теплоносієм і його випускання, на час випробування і налагодження, необхідно користуватись переносними освітлювачами напругою не вище 12 В.

Переміщати та піднімати важкі елементи КУ потрібно з допомогою випробуваних і перевірених талей, лебідок, кранів, а також із застосуванням сталевих тросів з гайками.

Від попередження пожежі на місцях монтажних робіт або в заготівельній майстерні потребується обережно поводитись з вогнем та виконувати усі протипожежні заходи. Палити дозволяється лише в спеціально відведених місцях. Вогне небезпечні матеріали треба зберігати в спеціальних приміщеннях. Електромережа має бути у справному стані.

Людину, вражену електричним струмом потрібно якнайшвидше звільнити від дії струму, для чого треба виключити рубильник, а якщо це неможливо, то відірвати постраждалого від дроту або предмета, що знаходиться під напругою. При цьому той, хто надає допомогу, не повинен торкатися враженого голими руками : потрібно мати гумові рукавички та діелектричні калоші або ставати на суху дошку та обмотувати руки сухим одягом. Після цього постраждалому потрібно зробити штучне дихання[75].

5 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ І ЧИСЛОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

5.1 Опис математичної моделі

Процес сушіння є нелінійним процесом з розподіленими параметрами, але конструкції зерносушарок та сушарок для насіння і їх систем управління орієнтовані на лінійний процес і скалярне управління. Основними керуючими параметрами процесів сушіння в щільному рухомому шарі, який утворюється в колонкових сушарках є температура сушильного агента і швидкість руху шару.

Ці протиріччя між зерносушаркою (як об'єктом з розподіленими параметрами) і системою управління цим об'єктом (на основі моделі із зосередженими параметрами) не дозволяють оптимізувати процеси сушіння.

Найбільш повно динаміку процесів сушіння насінневих описує система рівнянь в часткових похідних, але її практичне застосування утруднене через складнощі визначення динаміки зміни теплофізичних параметрів, які разом з основними змінними входять в рівняння під знаком диференційного оператора.

Тому виникає необхідність в розробці операційної моделі, що дозволяє вирішувати практичні завдання, такі як управління процесом, вибір режимних параметрів, визначення статичних і динамічних характеристик.

В наш час на ринку зерносушарок представлені в основному конвективні зерно- і насінневі сушарки, які реалізують безперервний принцип дії в щільному рухомому шарі. Такі сушарки залишаються найбільш ефективними, але потребують модернізації на основі інноваційних технологій і режимів. Для рішення задач автоматичного управління є досить велика кількість математичних моделей, які побудовані для стаціонарних режимів конвективного сушіння зерна і насіння в щільному рухомому шарі. У багатьох з них усунена зайва для практичних цілей аналітичність (і відповідно антиімітаційна направленість) моделі А.В. Ликова. Проте більшість моделей містить ве-

лике число змінних і невідомих величин. Вони, як правило, відображають часткові закони тепло- і массообміну, не враховують нелінійність в залежностях і зворотню залежність теплофізичних коефіцієнтів від основних параметрів стану процесу - вологості і температури зерна. Ці моделі, побудовані для різних зернових сушарок, які здійснюють конвективний спосіб сушіння в щільному рухомому шарі, можуть бути розділені на два класи. Моделі першого класу - емпіричні і напівемпіричні, мають вузьку область застосування і вимагають для своєї побудови проведення трудомістких експериментальних досліджень. Моделі другого класу суто теоретичні, включають змінні коефіцієнти, які важко ідентифікувати і класичні фізичні величини, які важко виміряти. В зв'язку з цим виникають питання розроблення імітаційно-аналітичної моделі, що дозволяє з достатньою для рішення практичних задач точністю описувати динаміку сушіння в щільному рухомому шарі, в тому числі найбільш раціонального осцилюючого і квазіізотермічного виду зміни температури зерна в зоні максимальної швидкості вологознімання і граничних (допустимих) значень температури сушильного агента.

У процесів сушіння зерна в більшості сушарок конвективного типу, що реалізують безперервний принцип дії (шахтні, жалюзійні, колонкові, модульні), загальна термодинамічна природа, тому стаціонарні режими можуть бути описані єдиною математичною моделлю. В такій моделі абстрагуються від постійних конструктивних параметрів, не що входять в поняття режиму сушіння, таких як товщина шару зерна, що продувається сушильним агентом, швидкість продування зерна сушильним агентом, вихідний стан зерна, його попередня підготовка перед основним процесом сушіння, а також тривалість перебування в зоні сушіння.

Внаслідок теоретичного аналізу балансових рівнянь взаємопов'язаного тепловологообміну між сушильним агентом і шаром зерна нами побудована нелінійна математична модель, її відмінна особливість - відсутність змінних, які важко виміряти (парціальний тиск водяної пари) і які швидко змінюються в часі чи в процесі сушіння (вологовміст сушильного агента).

При побудові математичної моделі прийнято припущення, що можлива загальна математична модель процесів конвективного сушіння в щільному рухомому шарі, яка має переваги моделей обох існуючих класів і в то ж час вирівнює їхні недоліки. Така модель не може бути чисто аналітичною, вона включає модельні коефіцієнти, які, на відміну від класичних фізичних коефіцієнтів, можуть бути прийняті постійними і мають імітаційну направленість. На її основі були проведені числові експерименти. Модель зручно налаштувати з врахуванням наявних експериментальних даних, в тому числі в режимі реального часу.

Результати числового моделювання показали, що запропонована модель відтворює теоретично і практично можливі режими (тобто є гнучкою і фізично коректною), а також дозволяє виділити раціональні і оптимальні параметри процесу. Модель має слабку чутливість до малої варіації параметрів (тобто є грубою і математично коректною). Її простота і відповідність реальним процесам дають можливість її застосування для широкого класу задач автоматичного управління процесами сушіння в конвективних сушарках з щільним рухомим шаром матеріалу.

Аналіз відомих моделей, побудованих для опису процесів в сушарках шахтного типу показав, що багато з них базуються на лінійних співвідношеннях між параметрами процесу сушіння при використанні змінних величин, недоступних або малодоступних для вимірювання (таких, як парціальний тиск пари в сушильному агенті і його різниця з тиском насиченої водяної пари в різних умовах по температурі агента і вологості поверхневого шару зерна або вологовміст сушильного агента). Різними авторами при різних умовах наведено велику кількість лінійних рівнянь для опису векторної функції щільності потоку вологи, в тому числі у вигляді різниці тисків, вологовмістів, вологостей, температур.

Однак, самі автори і вказують, що лінійна модель сушильного процесу, яка базується на використанні лінійних функцій густини потоку вологи, не забезпечує відповідності з експериментом, тому використання таких моделей

в завданнях автоматичного управління тепловологісним режимом роботи сушарки є досить складним.

5.2 Отримання диференціальних залежностей і розробка матмоделі

За основу запропонованої моделі взята нелінійна модель процесу теплообміну в зерні, на основі якої отримана математична модель процесу сушіння в щільному рухомому шарі. При складанні моделі в якості керуючого параметра прийнята температура агента сушіння на вході сушильної камери, а в якості керованих параметрів використані вологість і температура зерна на виході з сушарки. Збурюючими параметрами є початкова вологість зерна і його температура. Рівняння динаміки процесу сушіння в щільному рухомому шарі зерна мають вигляд

$$\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial x} = -k_w \theta[(t - \tau), (x - v\tau)] w(t, x), \quad (5.1)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + v \frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{r}{c} \left(\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \alpha \left[1 - k_\alpha \left(\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] (T_0 - \theta(t, x)), \quad (5.2)$$

за наступних граничних $w(t, 0) = w(t)$, $\theta(t, 0) = \theta(t)$;

і початкових умов $w(0, x) = w(x)$, $\theta(0, x) = \theta(x)$,

де $w(t, x) = w_3(t, x) - w_\infty$; $\theta(t, x) = \theta_3(t, x) - \theta_0$; $T(t, x) = \theta_{ca}$ - T_0 – середнє поточне значення відповідно: вологості; температури зерна; температури сушильного агента;

k_w – коефіцієнт внутрішнього тепловологообміну;

k_α – еквівалентний коефіцієнт теплообміну між зерном і агентом сушіння;

α – коефіцієнт, що характеризує залежність інтенсивності теплообміну між зерном і сушильним агентом в функції від швидкості випаровування води;

τ – час активації вологовиділення;

r - питома теплота випаровування води;

c - питома теплоємність зерна;

v – швидкість переміщення зерна;

t, x - часова і просторова (поточна по висоті сушильної камери) координати.

Коефіцієнти k_w, k_α , визначаються експериментально для кожного виду зерна і залежать від типу сушарки.

Цю систему рівнянь можна записати в такій формі

$$\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial x} = -k_w \theta[(t - \tau), (x - v\tau)] w(t, x), \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial t} + v \frac{\partial \theta}{\partial x} = & -k_w \frac{r}{c} [\theta((t - \tau), (x - v\tau))] \cdot [w(t, x)] + \\ & + \alpha [1 - k_\alpha (k_w \theta(t - \tau), (x - (x - v\tau)) w(t, x))] (T_0 - \theta(t, x)), \end{aligned} \quad (5.4)$$

У випадку стаціонарного режиму процесу сушіння параметри зернового шару залежать тільки від одного аргументу - просторової координати x , в будь-якій фіксованій точці по висоті камери вони будуть константами.

Для стаціонарного режиму сушіння, коли вхідні параметри зерна і сушильного агента залишаються сталими, можна, прийняти рівними нулю похідні основних змінних стану по часу. Тоді система рівнянь (5.3)-(5.4) буде мати вигляд

$$v \frac{\partial w}{\partial x} = -k_w \theta(x - v\tau) w(x), \quad (5.5)$$

$$\begin{aligned} v \frac{\partial \theta}{\partial x} = & -k_w \frac{r}{c} [\theta(x - v\tau) \cdot w(x)] + \\ & + \alpha [1 - k_\alpha (k_w \theta(x - v\tau) w(t, x))] (T_0 - \theta(x)). \end{aligned} \quad (5.6)$$

Зробимо додаткове припущення про сталість швидкості зерна і замі-
нимо аргументи змінних рівнянь (5.5)-(5.6), пов'язані у випадку усталеного
режиму співвідношенням $x = vt$, отримаємо систему диференціальних рів-
нянь усталеного режиму сушіння

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -k_w \theta(t - \tau) w(t), \quad (5.7)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = b \frac{\partial w}{\partial t} + \alpha \left[1 - k_\alpha \frac{\partial w}{\partial t} \right] (T_0 - \theta(x)). \quad (5.8)$$

Рівняння стаціонарного режиму можна вважати рівнянням руху елеме-
ментарного об'єму зернового матеріалу в синхронній системі координат. При
сушінні зерна цей елементарний об'єм можна вважати деяким усередненим
одиничним зерном чи насіниною.

При проведенні числового експерименту на моделі (5.7)-(5.8) частина
теплофізичних параметрів [$b = r/c$] і початкові дані (w_0, θ_0, T_0) з метою спро-
щення ми вважали константами. Основні змінні параметри - модельні коефі-
цієнти, що визначаються характером і особливостями внутрішнього і зовні-
шнього тепло- і масообміну між зерновим шаром і сушильним агентом. За-
лишкова ланка математичної моделі імітувалася підсистемою

$$\begin{aligned} \dot{y}_0 &= -K(\tau)y_0 + K(\tau)y_1, \\ \dot{y}_1 &= -K(\tau)y_1 + K(\tau)y_2, \\ \dot{y}_2 &= -K(\tau)y_2 + K(\tau)y_3, \\ \dot{y}_3 &= -K(\tau)y_3 + K(\tau)y_4, \end{aligned} \quad (5.9)$$

якою в загальній системі замінювали рівняння, що містять залишковий аргумент

$$K = 1,5, y_0(\tau) = \theta(t), y_5(t - \tau) = \theta(t - \tau). \quad (5.10)$$

Доповнивши систему основними рівняннями, що описують динаміку

зміни основних змінних стану процесу, отримали операційну модель

$$\dot{y}_4 = -k_w y_0 y_4, \quad (5.11)$$

$$\dot{y}_5 = 1,12\dot{y}_4 + \alpha(1 - k_\alpha \dot{y}_4)(50 - y_5), \quad (5.12)$$

що дозволяє вивчати стаціонарні режими конвективного сушіння зерна в щільному рухомому шарі. Рівняння (5.11) в цій системі описує закон зміни вологості зерна в процесі сушіння, а рівняння (5.12) – закон зміни температури зерна в процесі сушіння.

5.3 Результати числового експерименту

Результати числового експерименту на запропонованій математичній моделі представлені на рис. 5.1, 5.2.

При визначених співвідношеннях між швидкістю агента сушіння, його температурою і теплофізичними параметрами зерна, разом із звичайним режимом, коли температура зерна монотонно зростає (Рис. 5.1, криві 1-1'), в сушарках з щільним рухомим шаром були відзначені режими, при яких на температурній кривій нагріву зерна в області максимальної швидкості випаровування води спостерігається коливання (Рис. 5.1, криві 2-2', 3-3'), провал температури внаслідок зупинення подачі теплоти для відволоження насіння (Рис. 5.2, криві 2-2', 3-3').

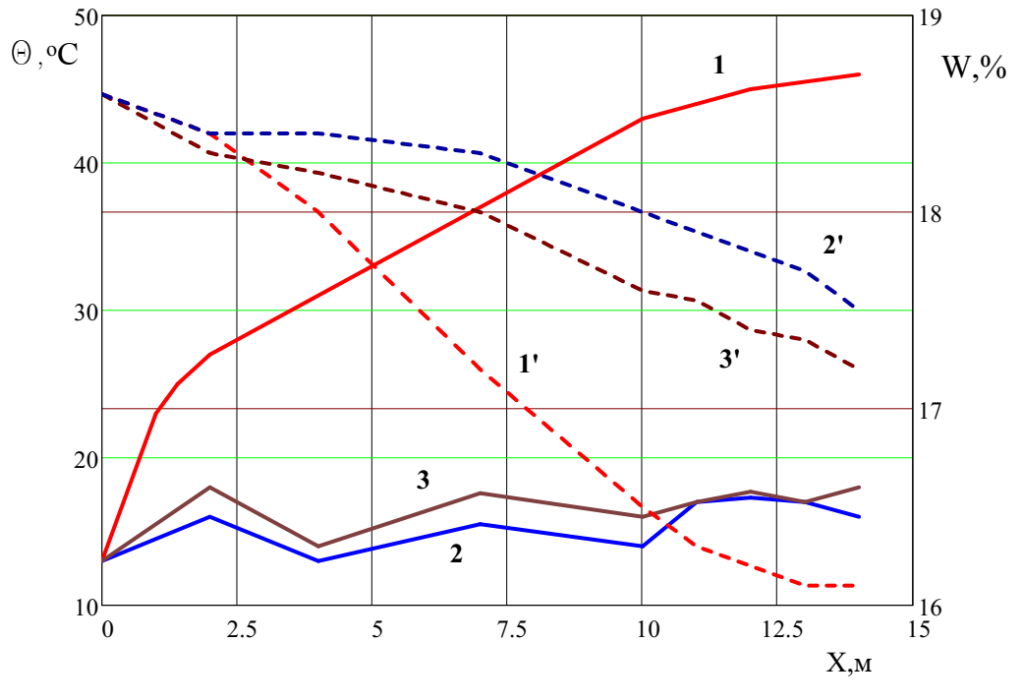


Рисунок 5.1 – Залежність температури насіння Θ (1-3) і вологості W (1'-3') від висоти камери X в колонковій сушарці з "коливальним" ходом температурної кривої

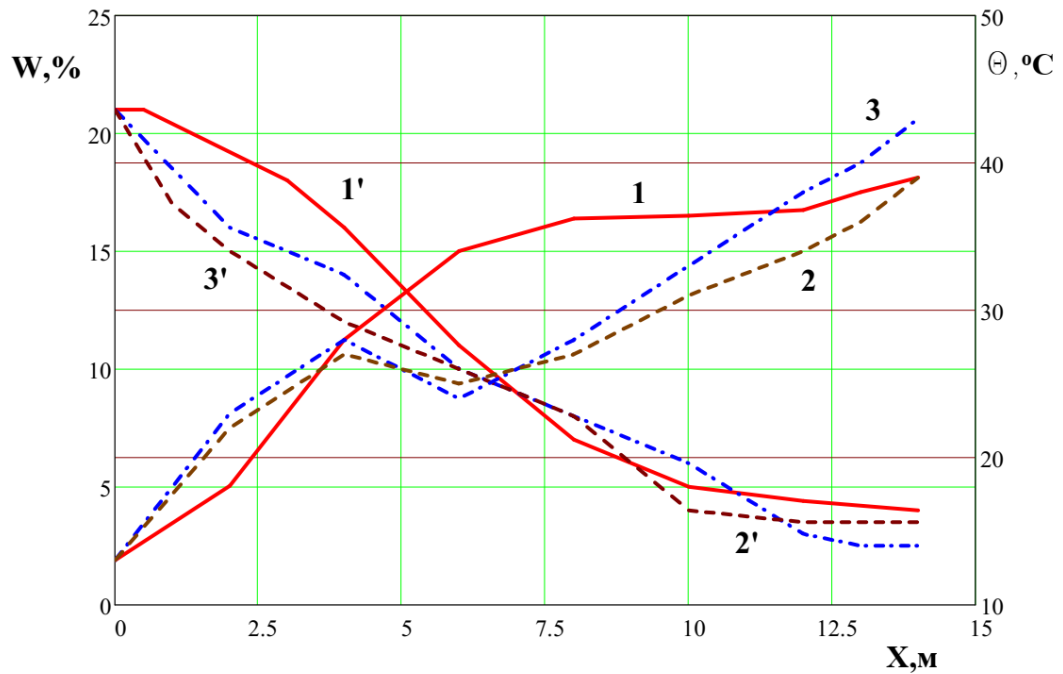


Рисунок 5.2 – Залежність температури насіння Θ (1-3) і вологості W (1'-3') від висоти камери X в колонковій сушарці з провалом температурної кривої на відволоження

Питання вивчення моделі пов'язане також з питанням знаходження оптимальних режимів процесу сушіння: мінімум витрати енергії на одиницю випаруваної вологи, мінімум витрати палива на одиницю (тонну) висушеного зерна; швидкість її з врахуванням обмежень на температуру сушильного агента і температуру зерна, а при сушінні насіння - з врахуванням обмежень на максимальне вологознімання за один прохід.

В якості вихідних даних для моделювання з врахуванням нормування лінійних розмірів сушильної камери прийняті наступні параметри: $y_4 = 20$; $y_5 = 0$; $T_0 = 50$; $\nu = 0,7$. Нульовий (середній) рівень змінних параметрів був обраний; $k_w = 0,06$; $\alpha = 0,40$; $k_\alpha = 0,90$. При імітаційному моделюванні і проведенні числових експериментів крок цих параметрів був прийнятий рівним 0,02; 0,05; 0,10, відповідно. В моделі коефіцієнти теплообміну і масообміну є змінними величинами

$$\alpha(W, \Theta) = I(W, \Theta; k_\alpha, \alpha, k_w, \tau) = \alpha \left(J(W, \Theta; k_w; \tau) k_\alpha \frac{dw}{dt} \right), \quad (5.13)$$

$$\beta(W, \Theta; k_w; \tau) = k_w \Theta w. \quad (5.14)$$

Це відповідає результатам експериментальних досліджень.

Таким чином, запропонована математична модель повністю відтворює практично реалізовані і теоретично можливі режими сушіння, в тому числі:

- режим з монотонним зростанням температури матеріалу, що сушиться в сушарці;
- режим з практично горизонтальною ділянкою кривої температури в зоні постійної швидкості випаровування вологи;
- режим з провалом кривої температури матеріалу в зоні максимальної швидкості випаровування;
- коливальний хід кривої температури матеріалу в зоні постійної швидкості

випаровування вологи.

Запропонована модель має достатню простоту, а також грубість і гнучкість. Вона з повною якісною і доброю кількісною точністю відтворює процес сушіння. Модель має слабку чутливість до варіації параметрів, тобто коректна. У неї широка область застосування, її можна використовувати на будь-які зерносушарки, котрі реалізують конвективний спосіб сушіння в щільному рухомому шарі, її коефіцієнти сталі і їх легко визначити а змінні стану можна виміряти з прийнятною для практичних цілей точністю.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

У випусковій кваліфікаційній роботі розробляються заходи з підвищення енергоефективності колонкової сушарки. Колонкова сушарка складається із колон, кількість яких залежить від заявленої користувачем бажаної продуктивності агрегату.

Принцип роботи таких сушарок досить простий і ґрунтується він на поперечному подаванні повітря через тонкий шар зерна, що протікає між стінками із двох перфорованих листів (решіт). Зерно надходить у верхню частину сушарки, де міститься шнек, який розподіляє його всією довжиною сушарки та по чергово завантажує колони. Тепле повітря виходить у атмосферу разом із вологою та пилом. Можливе виконання сушарки у вигляді круглої вежі з подвійними перфорованими стінками. Тоді заповнення сушарки відбувається під дією гравітації і верхнього шнека немає. Збільшення продуктивності колонкових сушарок досягають завдяки збільшенню площі решіт.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори за ГОСТ 12.003-74, які впливають на електромонтерів, що обслуговують технологічне обладнання колонкової сушарки:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;

- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- знижена вологість повітря;

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці).

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Приміщення для обслуговуючого персоналу сушарок повинно бути сухим, світлим і теплим а також забезпечене роздягальною з вішалками для одягу. Площа робочих приміщень повинна складати для 3 працівників не менше 15 м², щоб на одного працюючого припадало не менше 4,5 м². Стіни робочих приміщень – світлих відтінків, а стеля – пофарбована в білий колір.

Експлуатацію газопроводів та газового устаткування зерносушарок, що працюють на газоподібному паливі, здійснюють відповідно до вимог Правил безпеки систем газопостачання, затверджених наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 15 травня 2015 року № 285, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 08 червня 2015 року за № 674/27119.

Під час експлуатації топок, що працюють на рідкому паливі, перед розпалюванням впевнюються про відсутність підтікання палива в нижній пло-

щині. Щозміни перевіряють місця з'єднань паливних комунікацій і перевіряють рукоятку паливного фільтра на 1-2 оберти для його очищення. Тиск палива в паливопроводі повинен бути в межах 0,1-0,2 МПа (1-2 кгс/см²).

Забороняється розпалювати топки зерносушарок, що працюють на твердому паливі, легкозаймистими речовинами. Дистанційний та місцевий пуск машин, механізмів та топок зерносушарок здійснюють після подання попереджувального звукового сигналу щодо пуску до всіх робочих приміщень.

Обслуговування топок запалювання палива допускається тільки після продувки топки. У перед топковому приміщенні вивішують плакат «Для уникнення вибуху запалювання палива дозволяється після продувки топки протягом часу, передбаченого експлуатаційною документацією». Система автоматики та блокування зерносушарок, що працюють на газоподібному або рідкому паливі, забезпечує виконання цієї вимоги. Перед пуском сушарки переконуються у відсутності в ній осередків загоряння і стороннього запаху. Пуск сушарки починають після завантаження бункера зерном.

З метою запобігання виникненню протягу забір повітря для спалювання твердого палива та створення теплоносія (теплого повітря) відбувається поза топковим простором. Топки для рідкого чи газоподібного палива мають автоматичну систему, що не допускає: подачі палива в топку при загаслому факелі; розпалювання палива без попереднього запуску вентилятора та продувки топки для вилучення застійних парів палива.

В топках для спалювання рідкого чи газоподібного палива розміщено пристрій для автоматизованого вимкнення доступу палива у випадку згасання факела. Після кожного згасання факела ретельно провітрюють топку для запобігання накопиченню в ній парів палива чи газу, що утворюють вибухонебезпечну суміш. Забороняється залишати працюючу топку без нагляду. Простір топок, в якому відбувається спалювання рідкого чи газоподібного палива, обладнують вибухорозрядними пристроями (клапанами), якщо це пе-

редбачено конструкцією зерносушарки та зазначено у паспорті або інструкції заводу-виробника. Паливопроводи, паливна арматура мають бути міцнішими та щільними. Витікання з них рідкого чи газоподібного палива не допускається. Сумісна їх прокладка чи підвішування з електрокабелем забороняється.

Гарячі конструктивні частини зерносушарок (вентилятори, повітропроводи, стінки топків тощо) покривають теплоізоляцією, якщо це передбачено конструкцією зерносушарки та встановлено у паспорті або інструкції заводу-виробника. Температура зовнішніх поверхонь не повинна перевищувати 45° С. Забороняється відкривати оглядові люки повітропроводів під час роботи-вентиляторів через небезпеку опіків теплоносієм.

Конструктивні частини зерносушарок (камеринагріву, шахти, тепловологообмінювачі, повітропроводитощо) мають бути герметичні і не пропускати агент сушки у робоче приміщення. Двері до відповідних камер шахт зерносушарок щільно зачиняють під час роботи зерносушарок. Конструкція дверей передбачає пристрої, що унеможливають доступ працівників до зерносушарки під час роботи. Двері відкриваються всередину камери і заблоковані з приводом вентилятора.

Під час роботи сушарки постійно стежать за справним станом випускних механізмів та не допускають їх засмічення. У сушарках з безперервним випуском зерна забороняється затримувати його випуск без попереднього припинення доступу у сушильну камеру теплоносія (агента сушки).

Вантажно-розвантажувальні механізми сушарки очищають від пилу через кожну добу їхньої роботи, якщо інше не передбачено інструкцією виробника сушарки. Проби зерна з гарячих зон зерносушарки відбирають тільки за допомогою спеціальних совків з дерев'яними ручками.

Ліквідацію пошкоджень, завалів і підпорів зерна, а також ремонт та очистку устаткування сушарки, здійснюють за нарядом-допуском тільки після повної її зупинки. Під час перебування працівника у зерносушарці чи нижньому бункері вживають заходів, що унеможливають пуск вентиляторів або доступ зерна. З цією метою вивішуються попереджувальні написи на пусковій апаратурі, а для надання допомоги (за необхідності) поблизу зерносушарки має бути інший працівник.

Відстань між складом зерна та пересувним сушильним агрегатом повинна бути не менше 10 м. Усі стаціонарні і пересувні сушильні агрегати обладнуються автоматичним регулюванням доступу рідкого і газоподібного палива в топкові пристрої та системи регулювання температури теплоносія (агента сушки), що подається в сушильну зону.

Пульты управління зерносушарок надійно заземлюють.

В камерах нагріву та надсушарних бункерах рециркуляційних сушарок, у пристроях для попереднього нагріву зерна, якщо це передбачено конструкцією зерносушарки та встановлено у паспорті або інструкції заводу-виробника, нових та реконструйованих зерносушарок передбачають вибухорозрядні пристрої.

В тепловологообмінювачі рециркуляційних сушарок передбачають датчики рівня зерна з відповідним блокуванням та встановлюють зливні самопливи.

Зберігання палива і мастильних речовин на відстані менше 20 м відсушарки не допускається. Поблизу сушарки встановлюють первинні засоби пожежогасіння відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30 грудня 2014 року № 1417, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 05 березня

2015 року за № 252/26697. Дерев'яні споруди повинні бути на відстані від топки і розтопної труби не менше ніж на 5 м.

Електродвигун паливного насоса, що знаходиться під паливним баком, накривають листовим металом для попередження потрапляння на нього палива.

У зерносушарок відкритого типу перед топковий простір має бути з укриттям від атмосферних опадів і вітру, приміщення для працівників, експлуатуючих сушарку, - ізольованим від загазованості і шуму. Приводи зерносушарок відкритого типу та інші їхні механізми необхідно укривати від опадів (якщо це передбачено конструкцією заводу-виробника сушарок).

У випадку виявлення запаху підгорілого зерна негайно вимикається подача палива в топку, зупиняються вентилятори, що подають теплоносій в сушильну камеру, і припиняється випуск зерна із сушарки. Подачу вологого зерна допускається припинити тільки у тому випадку, коли сушарка заповнена зерном. Необхідно виявити та ліквідувати причини появи запаху підгорілого зерна.

6.1.2 Електробезпека

Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні є струмопровідною.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх

слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізолюваними струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями - 5см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустановками. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробію і створити небезпеку при дотику людини до ізолюваних проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачів навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: "Не включати - працюють люди". На вентилях, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи таких апаратів, вивішується плакат: "Не відкривати - працюють люди".

Приміщення в якому розташовані стенди повинно бути сухим, світлим і теплим а також забезпечене роздягальною з вішалками для одягу.

Площа робочих приміщень повинна бути така, щоб на одного працюючого припадало не менше 4,5 м².

Стіни робочих приміщень мають бути світлих відтінків, а стеля повинна бути пофарбована в білий колір.

Не правильне поводження з електрообладнанням і джерелами електричної енергії може призвести до враження електричним струмом і виходу приборів з ладу, тому:

- не проводити будь-яких втручань, як відкриття руками, так і за допомогою інструмента і сторонніх предметів в електрообладнання при встановлених на контактний провід струмоприймачів. Це стосується не лише електрообладнання 550 В, але і електрообладнання 24 В;

- не допускати струми витоку більше 0,003 А. Контроль струмів витоку проводять щодня міліамперметром або спеціальним пристроєм для вимірювання стану електроізоляції;

- ретельно слідкувати, щоб не виникали обриви проводів і інші порушення цілісності електричних кіл;

Роботи з обслуговування електродвигунів.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в рух механізм, необхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

При роботах за межами КРУ на відхідних ПЛ або КЛ на підключеному до них обладнанні візок з вимикачем необхідно викотити з шафи; верхню заслінку або дверці закрити на замок та вивісити плакати "НЕ ВМИКАТИ!" або "НЕ ВМИКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ".

При накладенні заземлювачів у шафах КРУ у випадку роботи на відходячих ПЛ необхідно враховувати наступні вимоги: ПЛ напругою вище 1000

В заземлюються в усіх РУ і у секційних комутаційних апаратах, де відключена лінія.

Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів та характер роботи, перераховані вище міри можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кінців кабелю проводів від комутаційного апарату або обладнання, на якому повинна проводитись робота.

Розшиновку або від'єднання кабеля при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторкань повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

Вмикання електродвигуна для перевірки до повного закінчення роботи проводиться після виводу бригади з робочого місця.

Після випробування проводиться повторний допуск з оформленням в наряді. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швид-

кість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 6.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.
2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.
3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

6.2.2 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові проїми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш-

приятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (ϵ). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Бокове КЕО, %:

-природне 1,5;

-суміщене 0,9.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормоване значення КПО для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (6.1)$$

де m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N=0,9$ при орієнтації вікон на ПН.

-природне $e_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4\%$,

-суміщене $e_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8\%$.

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення - освітлення, яке

створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 75лк;

- комбіноване 150 лк.

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

6.2.3 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (6.2)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P -звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 6.2-Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати малошумові вентилятори.

6.2.4 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату,

центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються установка купажу води та лінія розливу води, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3-Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружно демпферуючим низом.

6.2.5 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

1. Фізичні навантаження.
2. Інтелектуальні навантаження.
3. Сенсорні навантаження.
4. Навантаження на зоровий аналізатор.
5. Навантаження на слуховий.
6. Навантаження на голосовий апарат.
7. Емоційне навантаження.
8. Монотонність навантажень.
9. Режим праці.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Оцінка можливих наслідків вибуху газу в разі виникнення аварійної ситуації

6.3.1 Розрахунок надмірного тиску вибуху газоповітряної суміші

Густина газу при розрахунковій температурі $t_p = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ (згідно завдання) визначається за формулою:

$$\rho_{г.п} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367t_p)} = \frac{16}{22,413(1 + 0,0036 \cdot 22)} = 0,66 \text{ (кг} \times \text{м}^{-3}\text{)}, \quad (6.3)$$

де M – молярна маса речовини ($M(C_xO_yH_z) = x \cdot M_C + y \cdot M_O + z \cdot M_H$),
 $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ (для CH_4 – $M(\text{CH}_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 16$); V_0 – мольний об'єм, що дорівнює
 $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$.

Стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.), що ви-
 значається за формулою:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36, \quad (6.4)$$

де $\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} = 1 + \frac{4}{4} = 2$ – стехіометричний коефіцієнт кисню
 в реакції згоряння (при розрахунку β атоми азоту не враховуються); $n_c = 1$,
 $n_H = 4$, $n_o = 0$, $n_x = 0$ – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів
 ГР (робоче паливо – газ метан).

Об'єм газу, що вийшов з апарата

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V = 0,01 \cdot 200 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (6.5)$$

де $P_1 = 200$ – тиск в апараті, кПа (згідно завдання); $V = 0,3$ – об'єм апа-
 рата (згідно завдання), м^3 ; P_0 – атмосферний тиск, що дорівнює 101,3 кПа.

Об'єм газу, що вийшов з трубопроводів

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} = 3,46 + 0,6 = 4,06 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (6.6)$$

де V_{1T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його перекривання,
 м^3 ; V_{2T} – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його перекривання, м^3 .

$$V_{1T} = q \cdot \tau = 0,05 \cdot 120 = 0,6 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (6.7)$$

де $q=0,03 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ – витрата газу, яку визначають згідно з технологічним регламентом залежно від тиску у трубопроводі, його діаметру, температури газового середовища тощо (згідно завдання); $\tau = 120 \text{ с}$ – час перекривання у режимі автоматики (згідно завдання);

$$V_{2T} = 0,01 \pi P_2 (r_{1,1}^2 L_1 + r_{1,2}^2 L_2 + \dots + r_{1,n}^2 L_n) = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 300 \cdot (0,026^2 \cdot 8 + 0,032^2 \cdot 5) = 3,46 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (6.8)$$

де $P_2 = 300$ – максимальний тиск у трубопроводі за технологічним регламентом, кПа (згідно завдання); $r_{1,2} = 0,026; 0,032 \text{ м}$ – внутрішній радіус трубопроводів, м; $L_{1,2} = 8; 7,9$ – довжини трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м; $P_0 = 101,3$ – атмосферний тиск, кПа.

Масу газу, що потрапив до приміщення під час розрахункової аварії, визначаємо за формулою:

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_{\Gamma} = (0,3 + 4,06) \cdot 0,66 = 2,9 \text{ (кг)}, \quad (6.9)$$

Надлишковий тиск вибуху ΔP для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta P &= (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\Gamma, \text{п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} = \\ &= (900 - 101) \cdot \frac{2,9 \cdot 0,5 \cdot 100}{200 \cdot 0,66 \cdot 9,36 \cdot 3} = 33,3 \text{ (кПа)}, \end{aligned} \quad (6.10)$$

де P_{max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі (приймається 900 кПа); P_0 – початковий тиск, кПа (приймається 101 кПа); m – маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення, яку визначають для ГГ; $Z = 0,5$ – коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення; $V_{\text{вільн}} = 740$ – вільний об'єм приміщення, м^3 (згідно за-

вдання); K_n – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння (приймається $K_n = 3$).

6.3.2 Визначення розмірів зони поширення полум'я

Горизонтальні розміри зони, м, які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я (C_{HKMP}), обчислюють за формулою:

$$R_{HKMP} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{HKMP}} \right)^{0,333} = 14,5632 \cdot \left(\frac{2,9}{0,66 \cdot 14} \right)^{0,333} = 9,9 \text{ (м)}, \quad (6.11)$$

де m_{Γ} - маса ГГ, що надійшли до відкритого простору під час аварійної ситуації, кг; ρ_{Γ} - густина ГГ при розрахунковій температурі й атмосферному тиску, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; C_{HKMP} - нижня концентраційна межа поширення полум'я ГГ 14 % (об.).

За початок відліку горизонтального розміру зони приймають зовнішні габаритні розміри апаратів, установок, трубопроводів тощо. У всіх випадках значення R_{HKMP} повинно бути не менше 0,3 м для ГГ і ЛЗР.

6.3.3 Розрахунок інтенсивності теплового випромінювання внаслідок вибуху

Інтенсивність теплового випромінювання розраховуємо для пожежі «вогненна куля».

Ефективний діаметр «вогняної кулі» D_s , м, визначаємо за формулою:

$$D_s = 5,33 \text{ м}^{0,327} = 5,33 \cdot 2,9^{0,327} = 7,55 \text{ (м)}. \quad (6.12)$$

Висоту центра «вогняної кулі» визначаємо

$$H = D_s/2 = 7,55/2 = 3,775(\text{м}). \quad (6.13)$$

Час існування «вогняної кулі» t_s , с, визначаємо за формулою

$$t_s = 0,92m^{0,303} = 0,92 \cdot 2,9^{0,303} = 1,27(\text{с}). \quad (6.14)$$

Відстань від зовнішніх меж кулі до точки на поверхні землі безпосередньо під центром «вогняної кулі»

$$r = \sqrt{D_s^2 + H^2} = \sqrt{7,55^2 + 3,775^2} = 6,54(\text{м}) \quad (6.15)$$

Коефіцієнт пропускання теплового випромінювання крізь атмосферу ψ розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} \psi &= \exp\left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2)\right] = \\ &= \exp\left[-7 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{(6,54^2 + 3,775^2)} - 7,55/2\right)\right] = 0,76 \end{aligned} \quad (6.16)$$

Кутовий коефіцієнт опромінення

$$\begin{aligned} F_q &= \frac{H / D_s + 0,5}{4 \cdot \left[(H / D_s + 0,5)^2 + (r / D_s)^2\right]^{1,5}} = \\ &= \frac{3,775 / 7,55 + 0,5}{4 \cdot \left[(3,775 / 7,55 + 0,5)^2 + (6,54 / 7,55)^2\right]^{1,5}} = 0,11, \end{aligned} \quad (6.17)$$

Інтенсивність теплового випромінювання обчислюємо за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi = 450 \cdot 0,11 \cdot 0,76 = 37,6(\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}), \quad (6.18)$$

де E_f – середньоповерхнева густина теплового потоку випромінювання полум'я, $\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$, величину E_f приймаємо рівною $450 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$.

Висновок

Внаслідок прогнозованого вибуху газоповітряної суміші у випадку аварії надмірний тиск ударної хвилі буде достатнім для часткового руйнування приміщення, в якому розміщено обладнання, тому необхідно:

- забезпечити дотримання норм експлуатації обладнання;
- забезпечити дотримання всіх норм пожежної безпеки;
- встановити додаткові системи запобігання витоку газу з трубопроводів;
- всі робочі місця розмістити за межами зони поширення полум'я;
- спроектувати конструкцію будівлі так щоб надмірний тиск ударної хвилі компенсувався за рахунок руйнування даху та віконних прорізів;
- забезпечити виконання всіх внутрішніх норм і інструкцій безпеки.

7 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ

Кошторисна документація до дипломного проекту складена у відповідності ДСТУ Б Д 1.1.1-2013 “Правила визначення вартості будівництва”.

Локальний кошторис на влаштування системи наведений в таблиці 7.1. В локальному кошторисі визначається кошторисна вартість робіт, яка містить в собі прямі витрати та загально виробничі витрати.

Прямі витрати враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій. Вони визначаються шляхом множення визначеного за ресурсними елементними кошторисними нормами (РЕКН) кількості трудових та матеріально-технічних ресурсів на відповідні поточні ціни цих ресурсів. В дипломній роботі визначаються за готовими одиничними розцінками на кожний вид робіт.

Загально виробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт.

Локальний кошторис на влаштування обладнання розрахований в цінах 2019 року на основі (таблиця 7.1):

- ресурсні елементні кошторисні норми України;
- вказівки для застосування ресурсних елементних кошторисних норм;
- ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів;
- поточні ціни на матеріали та витрати;
- поточні ціни машино-годин;
- поточна вартість людино-годин відповідного розряду робіт;
- поточні ціни на перевезення вантажу для будівництва;

- правила визначення загальновиробничих і адміністративних витрат.

Кошторисна вартість дорівнює $K = 31,072$ тис. грн.

Кошторисна заробітна плата ЗП = 1,3 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість $T = 0,064$ тис. люд -год

Вартість матеріалів, конструкцій, обладнання – $K_{обл}=29,034$ тис. грн.

ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз існуючих літературних джерел із застосуванням сучасних тепловологісних режимів сушіння в колонкових сушарках, запропоновано способи підвищення її енергоефективності;
2. Проведено тепловий розрахунок колонкової сушарки, визначено її номінальну потужність, яка склала 1124,8 кВт, при цьому к.к.д. дорівнює 62,5 %;
3. Складено математичну модель сушіння зернових в насінневих культур, проведено числовий експеримент на оригінальній математичній моделі і визначено вплив різних факторів на тепловологісні режими сушіння;
4. Спроектовано схему автоматики модернізованої колонкової сушарки;
5. Розроблено заходи з монтажу додаткового обладнання в модернізованій сушарці;
6. Розроблено заходи з охорони праці та цивільного захисту;
7. Визначено економічну привабливість інноваційного проекту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Безбах І. В. Утилізація енергії вологого повітря в рекуперативній зерносушарці / І. В. Безбах // Наукові праці ОНАХТ, – випуск 46, том 1. – 2015. – С.197-200.
2. Іщенко К. О. Методи та засоби підвищення енергоефективності конвективних сушарок / К. О. Іщенко. – МКР. – Вінниця, 2015. – 108 с.
3. Фіник І. В. Сучасні енергоефективні конвективні сушарки / І. Фіник, О. Співак // матеріали Міжнар. інтернет конф. МТН–2016, 04–10 трав. 2016, Вінниця, Україна / Вінн. нац. техн. ун-т, – Вінниця, : ТОВ "Нілан-ЛТД", 2016. – С. 142–143.
4. Співак О. Ю. Експериментальні дослідження низькотемпературного сушіння відходів деревини Частина 2 / О. Ю. Співак, О. В. Дахновська, І. В. Фіник // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2016. – №1. – С. 60–64.
5. Співак О. Ю. Математичне моделювання процесу сушіння цегли / О. Ю. Співак, І. В. Фіник, П. С. Коба // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2016. – №2. – С. 29–34.
6. Співак О.Ю. Експериментальні дослідження процесу сушіння червоної цегли-сирцю / О. Ю. Співак, М. М. Попович, І. В. Фіник, П. С. Коба // Materials of XIII International research and practical conference 30 April – 07 May 2017 / Sheffield, UK. – P. 29–33.
7. Фіник І. В. Процес сушіння соняшника в шахтній сушарці ECO DRY / І. В. Фіник, О. Ю. Співак. – Матер. міжн. науково-технічн.конф. Енергоефективність в галузях економіки України–2017. – Вінниця, Україна / Вінн. нац. техн. ун-т, – Вінниця, : 2017.
8. Фіник І. В. Особливості сушіння олійних культур в сучасних шахтних сушарках/ І. В. Фіник. – Матер. науково-технічн.конф. Енергоефективність в галузях економіки України–2017. – Вінниця, Україна / Вінн. нац. техн. ун-т, – Вінниця, : 2017.

9. Фіник І. В. Сушильна шафа з реверсивним перемикачем потоку/ І. В. Фіник. – Матер. науково-технічн.конф. Енергоефективність в галузях економіки України–2018. – Вінниця, Україна / Вінн. нац. техн. ун-т, – Вінниця, : 2018.
10. Фіник І. В. Аналіз методик визначення інтенсивності і напрямку течії матеріалу заготовки під час формоутворення холодним торцевим розкочуванням/ І. В. Фіник. – Матер. науково-технічн.конф. України–2018. – Вінниця, Україна / Вінн. нац. техн. ун-т, – Вінниця, : 2018.
11. Фіник І. В. Підвищення енергоефективності процесів сушіння насіння соняшника в сушарках на альтернативних видах палива./ І. В. Фіник. – Матер. науково-технічн.конф. Інноваційні технології в будівництві–2018. – Вінниця, Україна / Вінн. нац. техн. ун-т, – Вінниця, : 2018.
12. Фіник І. В. / Шляхи підвищення енергетичної ефективності шахтних сушарок/ І. В. Фіник. – Матер. науково-технічн.конф. Енергоефективність в галузях економіки України–2019. – Вінниця, Україна / Вінн. нац. техн. ун-т, – Вінниця, : 2019.
13. Фіник І. В. / Особливості сушіння насіння зернових культур в колонкових сушарках/ І. В. Фіник. – Матер. науково-технічн.конф. Енергоефективність в галузях економіки України–2019. – Вінниця, Україна / Вінн. нац. техн. ун-т, – Вінниця, : 2019.
14. Патент України. Сушильна шафа з реверсивним перемикачем потоку. – U200387727. – 15.09.2017. – F27B9/07. – №71220А, опубл. 25.10.2018. – бюл. №12.
15. Гержой А. П. Зерносушение и зерносушарки / А. П. Гержой. – М.: Колос,1967. – 245 с.
16. Вишневський Е. П. Необхідність осушення повітря та оцінка профіциту вологи / Е. П Вишневський, Г. В. Чепурін // Журнал С.О.К. – № 3-4, 2010. – С. 38-40.
17. Чепурний М. М. Розрахунок конвективних сушарок методичні вказівки / М. М. Чепурний. – Вінниця : ВПІ, 1994.– 42 с.

18. Бессараб О. С. Технологія сушіння плодів та овочів / О. С. Бессараб, О. В. Шутюк. – К. : НУХТ, 2002. – 84 с.
19. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 528 с.
20. Бурич О. С. Сушка плодов и овощей / О. С. Бурич, Ф. М. Берки. – М. : Пищевая промышленность, 1978. – 364 с.
21. Сушилки Buhler : <http://www.poskliznove-linky.eu/ru/drying/buhler-ru/> Дата звертання 5.06.2018.
22. Степанов Д. В. Котельні установки промислових підприємств / Д. В. Степанов, Є. С. Корженко, Л. А. Боднар. – Вінниця, ВНТУ, 2011. – 119 с.
23. Який хімічний склад соломи деяких с/г культур. <https://www.agroone.info/question/jakij-himichnij-sklad-solomi-dejakh-s-g-kultur-v/> Дата звертання 5.05.2018.
24. Плачков И. В. От огня и воды к электричеству. – <http://energetika.in.ua/ru/books/book-1>. Дата звертання 5.05.2018.
25. Природный газ. Состав, свойства, опасности. – <https://alternativenergy.ru/energiya/243-prirodnyy-gaz-svoystva-opasnosti.html>. Дата звертання 5.05.2018.
26. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М.: Энергия, 1977. – 248 с.
27. Левин Д. М. Термодинамическая теория и расчет сушильных установок / Д. М. Левин. – М. :Пищепромиздат, 1958. – 345с.
28. Лурье М. Ю. Сушильное дело / М. Ю. Лурье. – М. : ГЭИ, 1948. – 221с.
29. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М.–Л. : ГЭИ, 1950. – 358с.
30. Атаманюк В. М. Зовнішній тепломасообмін під час фільтраційного сушіння / В. М. Атаманюк // Промышленная теплотехника. – 2006, Т.28,– №5, – С.47–54.
31. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Л. : Химия, 1970.– 624с.
32. Цугленок Н. В. Методика определения теплофизических свойств зернового материала / Н. В. Цугленок, С. К. Манасян, Н. В. Демский, Н. Н. Конусов // Ве-

- стник Крас ГАУ, № 4. – Красноярск, 2007. – С. 131–133.
33. Справочник химика. – М. : ГХИ, 1951. – 357с.
34. Чернобыльский И. И. Сушильные установки химической промышленности / И. И. Чернобыльский, Ю. М. Тананайко. – К. : Техніка, 1969.– 279с.
35. Тепло– и массообменные аппараты и установки / Под ред. Б. А. Левченко. – Харьков, : ХГПУ, 1999.– 387с.
- 36.Чепурний М. М. Розрахунки тепломасообмінних апаратів / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 129 с.
37. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – М.: Физматгиз 1963. -708 ст.
38. Юренев В. Н. Теплотехнический справочник / В. Н. Юренев. – т. I. – М.: Энергия, 1975г. –744 с.
39. Коваленко Л. М. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи / Л. М. Коваленко, А. Ф. Глушков. – М.: Энергоатомиздат 1986. – 240 с.
40. Лондон А. Л. Компактные теплообменники / А. Л. Лондон, В. М. Кейс. – М.: Энергия, 1967. – 286 с.
41. Соняшникове насіння. – <https://agroexp.com.ua/uk/semena-podsolnechnika>. Дата звертання 25.05.2018.
42. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. К. : 1999. – 47 с.
43. Баум А. Е. Сушка зерна / А. Е. Баум, В. А. Резчиков. – М. : Колос, 1983. – 223 с.
44. Співак О. Ю. Дослідження кінетики процесів сушіння сільськогосподарської сировини в побутових сушарках / О. Ю. Співак, М. О. Кучинський // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012. – №1. – С. 85–89.
45. Ткаченко С. Й. Сушильні процеси та установки / С. Й. Ткаченко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 86 с.
46. Співак О. Ю. Тепломасообмін . Лабораторний практикум / О. Ю. Співак, М. М. Чепурний. – Вінниця, ВНТУ. – 2009. – 111с.

47. Сушильні процеси та установки_Дистанційний курс /
О. Ю. Співак. – Вінниця: ВНТУ, 2012 р.
48. Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки Приклади та задачі /
О. Ю. Співак. – Вінниця, ВНТУ. – 2014. – 112с.
49. Герасимов С.Г.Автоматическое регулирование котельных установок. / Гера-
симов С.Г. – М.:Госэнергоиздат, 1950. – 424 с.
50. Плетнев Г.П. Автоматическое управления и защита теплоэнергетических
установок электрических станций./ Плетнев Г.П. – М.: Энергоатомиздат, 1986.–
340 с.
51. Вискин Ж.В. Сжигание угля в кипящем слое и утилизация его отходов./ Ви-
скин Ж.В – М.: Донецк, 1997.–283 с.
52. Арзуманов Е.С. Розрахунок і вибір регулюючих органів автоматичних сис-
тем./ Арзуманов Е.С. – М.: Енергія, 1971.–112 с.
53. Бужинський В. В. Методичні вказівки до виконання курсового і дипломного
проекування з дисципліни “Автоматизація теплоенергетичних та теплотехноло-
гічних установок” для студентів напряму підготовки 0905 – енергетика / В.
В.Бужинський, М. М. Чепурний – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 26 с.
54. Ктеев А. С. Проектирование систем автоматизации технологических про-
цессов. Справочное пособие. / А. С. Ктеев М.: Энергоиздат, – 1990 - 464 с.
55. Лисенко Г.Л. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт)
для студентів всіх спеціальностей / Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. –
Вінниця: ВНТУ, 2006. – 58 с.
56. Правила використання робочої документації автоматизації робочих проце-
сів: ДСТУ Б.А.2.4-3-95. – [Чинний від 1995-04-06 № 65]. – К.: Держкоммісто-
будування України, 1995. – 42 с.
57. Сайт «Автомобільний світ України». Режим доступу:
http://www.autosvit.com.ua/Iveco_techtruck_21.html.
58. Каталог будівельних машин і інструментів [Електронний ресурс] - Режим
доступу до ресурсу: <http://powertools.co.nz>.

59. ДБН Д.2.2-22-1999. Збірник 26. Тепло-золяційні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 51 с.
60. ДБН 22-20-99- 20. Збірник 20. Вентиляція і кондеціонування повітря.-К: Держстандарт України, 2000.-69 с.
61. Степанова Н. Д. Теплові мережі: Навчальний посібник / Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов. – Вінниця: ВНТУ. – 2009. - 135 с.
62. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання: Навчальний посібник / Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. – Вінниця: ВНТУ. – 2004. – 135 с.
63. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. – Введ. 1993–01–01. – М. : Изд.-во стандартов, 1991. – 15 с.
64. СНиП 2.04.07–86. Тепловые сети / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 55 с.
65. Сайт фірми k-flex [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.k-flex.ua/index.php?hl=ru>.
66. Каталог кранів КС на спеціальному шасі [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.techstory.ru>.
67. Каталог зварювальних апаратів KIND [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://domsvarki.lg.ua>.
68. ДБН Д.2.4-15-2000. Збірник 15. Внутрішні сантехнічні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 106 с.
69. ДБН Д.2.3-7-99. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. – К.: Держстандарт України, 2000. – 47 с.
70. ДБН Д.2.3-6-99. Збірник 6. Теплосилове обладнання. – К.: Держстандарт України, 2000. – 165 с.
71. ДБН Д.2.2-18-99. Збірник 18. Опалення – внутрішнє пристосування. – К.: Держстандарт України, 1999. – 28 с.
72. ДБН Д.2.2-16-99. Збірник 16. Внутрішні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 1999. – 48 с.

73. ДБН Д.2.3-12-99. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 200 с.
74. ДБН Д.2.2-26-1999. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 51 с.
75. Технічні характеристики автомобілів [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://interdalnoboy.com/gruzoviki/>.

Додатки

Додаток А
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТЕ

_____ С. Й. Ткаченко

Підпис

Ініціали та прізвище

“ _____ ” _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на дипломне проектування
08-11.МКР.009.00.00.000ТЗ

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОЛОНКОВОЇ СУШАРКИ
З ПЕРЕВЕДЕННЯМ ЇЇ НА АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВИД ПАЛИВА

08-11.МКР.009.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доц. кафедри ТЕ

_____ Співак О. Ю.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-18 м

_____ Фіник І. В.

Вінниця 2019

1 Найменування та область застосування

Підвищення енергоефективності колонкової сушарки з переведенням її на альтернативний вид палива стосується сільського господарства зокрема первинної переробки с/г продукції. Робота спрямована на підвищення енергоефективності сушарки.

2 Основа для проведення розробки

Наказ ректора ВНТУ № 254 від 02.10.19 р.

Основою для розробки стала технічна документація на сушарку і розрахунок її роботи на альтернативному виді палива. Розрахунки по підвищенню енергоефективності сушарки. Літературні джерела, патентна документація та розробки кафедри ТЕ ВНТУ .

3 Джерела розробки

Основним джерелом розробки є параметри теплоносія в сушильній камері сушарки, а також нормативні дані по необхідних параметрах, наведених в інших теплоенергетичних джерелах:

- 3.1 Ткаченко С. Й. Сушильні процеси та установки/ С. Й. Ткаченко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ. 2008.-98 с.
- 3.2 Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки. Приклади та задачі / О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 112 с.
- 3.3 Патент України. Сушильна шафа. – U200704163.– 16.04.2007. – F26.B9/06. – №29962, опубл. 11.02.2008. – бюл.№3.
- 3.4 Патент України. Пристрій для сушіння. – U200387725. – 14.08.2003. – F26B9/06. – №71120А, опубл. 15.11.2004. – бюл. №11.
- 3.5 Патент України. Пристрій для сушіння. – U200608145. – 20.07.2006. – F26B9/06. – №20276, опубл. 15.01.2007. – бюл. №1.
- 3.6 Патент України. Сушильна камера. – U190041958. – 07.04.1999. – F26B9/06. – №32327, опубл. 15.12.2000. – бюл. №7 – II.
- 3.7 Патент України. Сушильна шафа. – U2001031697. – 13.03.2001. – F26B9/06. – №49170А, опубл. 16.09.2002. – бюл. №9.

4 Мета та призначення розробки

Метою розробки є аналіз та розрахунок роботи сушарки. Модернізація буде проведена з метою підвищення енергоефективності, зниження енерговтрат, використання місцевого поновлюваного виду палива.

5 Технічні вимоги

- 5.1 Створення умов по підвищенню енергоефективності роботи сушарки.

5.2 Переведення сушарки на роботу на альтернативному виді палива.

5.3 Визначити сумарні витрати теплоти в кожній зоні, крім цього визначити поправку політропності процесу в обох зонах сушарки, а також в зоні охолодження. Визначити поправку та побудувати робочий процес в h-d діаграмі і визначити витрату теплоти і газоповітряної суміші. Також визначити годинну витрату палива та питому витрату палива. Розрахувати швидкість газоповітряної суміші в коробах.

6 Економічні показники

Проаналізувати декілька варіантів роботи сушарки на альтернативному виді палива на підставі техніко-економічних розрахунків визнати це оптимальним варіантом.

7 Заходи з енергозбереження

7.1 Автоматичне регулювання основних параметрів роботи сушарки.

7.2 Покращення роботи окремих елементів всього комплексу.

7.3 Встановлення додаткового теплотехнічного обладнання .

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Деталі сушарки повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими, щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість їх ремонту чи заміни.

9 Вимоги з надійності

На ефективність роботи обладнання сушарки впливають якість проекту і якість монтажу. Параметри показників надійності встановлюються у відповідних державних стандартах.

10 Стадії і етапи розробки

10.1 Загальна характеристика об'єкту дипломного проектування.

10.2 Техніко-економічне обґрунтування доцільності підвищення енергоефективності сушарки.

10.3 Розрахунок сушарки.

10.4 Обрахунок повітряного тракту сушарки.

10.5 Перевірка системи очищення теплоносія.

10.6 Монтування сушарки при роботі від котла.

10.7 Розробка функціональної схеми автоматизації.

10.8 Математична модель на ЕОМ.

10.9 Аналіз захисту щодо охорони навколишнього середовища, охорони праці, цивільної оборони.

11 Порядок контролю і прийому розробки

Порядок контролю за виконанням розробки здійснює дипломний керівник відповідно встановленим термінам. Прийом розробки відбувається на попередньому і заключному етапах захисту за участю державної екзаменаційної комісії.

Додаток Б

Форма № 1

Таблиця 7.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість
Кошторисна трудомісткість
Кошторисна заробітна плата
Середній розряд робіт

31,072 тис. грн.
0,064 тис.люд.-год.
1,300 тис. грн.
3,2 розряд

Складений в поточних цінах станом на "20 09" 2019 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E20-1-10	Прокладання повітроводів із листової сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,7 мм, периметром від 1100 до 1600 мм	100м2	0,0726	<u>21676,04</u> 3932,30	<u>87,01</u> 27,99	1574	285	<u>6</u> 2	<u>207,4</u> 1,6753	<u>15,06</u> 0,12
2	E20-1-1	Прокладання повітроводів із листової сталі класу Н [нормальні] товщиною 0,5 мм, діаметром до 200 мм	100м2	0,0998	<u>21626,61</u> 4963,73	<u>109,11</u> 34,88	2158	495	<u>11</u> 3	<u>261,8</u> 2,0876	<u>26,13</u> 0,21
3	E20-13-1	Установлення клапанів зворотних діаметром до 355 мм	клапан	1	<u>4317,36</u> 33,58	<u>1,43</u> 0,44	4317	34	<u>1</u> -	<u>1,75</u> 0,0266	<u>1,75</u> 0,03
4	E26-30-2	Теплоізоляція для труб мінераловатою на бітумному сполучному 40мм	м3	0,33	<u>1122,50</u> 352,25	<u>75,58</u> 23,54	370	116	<u>25</u> 8	<u>17,49</u> 1,4098	<u>5,77</u> 0,47
5	E20-35-1	Установлення теплообмінник ТО-21	шт	1	<u>21774,76</u> 153,01	<u>33,67</u> 8,38	21775	153	<u>34</u> 8	<u>8,28</u> 0,4886	<u>8,28</u> 0,49
Разом прямі витрати по кошторису							30194	1083	<u>77</u> 21		<u>56,99</u> 1,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					30194 29034 1104 878 6,04 196 31072				
		----- -									
		Всього по кошторису					31072				
		Кошторисна трудоємність, люд.год. Кошторисна заробітна плата, грн.					64 1300				

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]