

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

РОЗРОБКА ПОБУТОВОЇ ТЕПЛОВОЇ
КАМЕРИ

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
3 курсу група ЕТс-21-1


Підпис

Грибан В.С.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

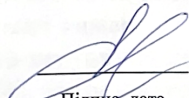
Білий Л.А., д.т.н, проф.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

С.І. Пухович
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

17 06 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

14. 06 .2024

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Грибан Владислав Сергійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка теплової побутової камери**

Керівник роботи **Білий Л.А., д.т.н, професор**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру МАЕЕС

3. Вихідні дані до роботи: **типові теплові камери для сушки продуктів харчування та отримання іншої продукції, технологічні характеристики процесу сушки**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Огляд та аналіз існуючих технологій та технічних рішень

використання побутових теплових камер

2 Розробка конструкції та схеми керування побутової теплової камери

3 Розрахунки, що підтверджують працездатність побутової теплової камери

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Пристрої для сушки та повороту полиць теплових камер.

Документ оглядовий (A1). Аркуш 2. Структурна схема керування

побутовою тепловою камерою. (A1). Аркуш 3. Схема електрична

принципова (A1). Аркуш 4. Схема керування вологічно-температурним

режимом теплової камери. (A1). Аркуш 5. Механізми повороту полиць

побутової теплової камери (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

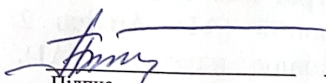
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд та аналіз існуючих технологій та технічних рішень використання побутових теплових камер	05.05.24р.	
2 Розробка конструкції та схеми керування побутової теплової камери	20.05.24р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність побутової теплової камери	20.06.24р.	

Студент


Підпис

Грибан В. С.
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Грибан Владислав Сергійович
2. Тема бакалаврської роботи Розробка побутової теплової камери
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання рецензента _____
4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень ___ арк., сторінок записки ___

5. Ця робота присвячена розробці побутової теплової камери з поліпшеними властивостями та системи керування нею для забезпечення оптимальних параметрів сушки продуктів та отримання іншої продукції.

У роботі описується розробка та реалізація конструкції побутової теплової камери з поліпшеними властивостями та системи керування нею.

В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам.

В першому розділі кваліфікаційної роботи здійснюється огляд та аналіз існуючих технологічних процесів та технічних рішень застосування побутових теплових камер. Наведено технічні вимоги до використання побутових теплових камер. Здійснено огляд та аналіз існуючих конструкцій пристроїв, що працюють із застосуванням технології нагрівання..

У другому розділі було розроблено систему контролю характеристик температури та вологості нагрівальної камери. Було розроблено структурну схему, а потім макетну плату з використанням програмного середовища Fritzing. Підібрані необхідні елементи і на їх основі можуть створюватись промислові зразки.

У третьому розділі виконано розрахунки для перевірки доцільності проектування побутової теплової кімнати. Зокрема, розраховувався тепловий баланс камери нагріву під час сушіння продукту. Розраховано робочий об'єм термостатичної камери. Виконано розрахунки теплових елементів та системи вентиляції термокамери. Розраховано конструктивні елементи механізму переміщення полиць у термостатичній камері.

Підпис студента 

« 17 » 06 20 24 р.


РІШЕННЯ ЕК

Протокол 14 від « 28 » 06 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК добре 7С

Рекомендації ЕК _____

Особливі відмітки _____

Технічний секретар 

« 28 » 06 20 24 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	7
1 Огляд та аналіз існуючих технологій та технічних рішень використання побутових теплових камер	9
1.1 Технологічні передумови використання побутових теплових камер ...	9
1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій побутових теплових камер	12
2 Розробка конструкції та схеми керування побутової теплової камери....	23
2.1 Розробка конструкції побутової теплової камери	23
2.2 Розробка конструкції пристрою переміщення полиць теплової камери.	28
2.3 Розробка електричної схеми живлення нагрівальних елементів побутової теплової камери	30
2.4 Розробка системи керування вологісно-температурними параметрами та системою переміщення полиць побутової теплової камери	31
2.4.1. Розробка структурної схеми системи керування побутової теплової камери	31
2.4.2 Розробка та підбірка елементів системи керування вологісно-температурними параметрами та системою переміщення полиць побутової теплової камери	33
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність побутової теплової камери	45
3.1 Тепловий баланс побутової теплової камери	45
3.2 Розрахунок робочого об'єму побутової теплової камери	49
3.3 Розрахунок теплових елементів побутової теплової камери	51

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БРМА 24.00.00.000 ПЗ					
		Грибан	<i>[Signature]</i>		Розробка побутової теплової камери	Лит.	Арк.	Акрюшів		
		Білий	<i>[Signature]</i>							
						ХНУ гр.ЕТс-21				
		Полішук	<i>[Signature]</i>							

3.4 Розрахунок вентиляційної системи побутової теплової камери	54
3.5 Розрахунок конструктивних складових механізму переміщення полиць побутової теплової камери	56
Висновки.....	60
Перелік джерел посилань.....	61
Додатки.....	63

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Нагрівання є одним із технологічних процесів, який використовується для прискорення різних фізичних і фізико-хімічних процесів. Він також використовується для зміни фізичних і хімічних властивостей матеріалів у різних харчових продуктах, сільськогосподарських продуктах, електротехнічних матеріалах, хімічній, оптичній, взуттєвій і текстильній промисловості, особливо при вологотермічній обробці текстильних матеріалів. підігріві і сушінні їжі; переробці сільськогосподарської продукції (отримання курчат з яєць), вулканізації деталей взуття та ін.

Під час нагрівання як безпосередні джерела тепла використовуються електрична енергія, повітря і водяна пара.

Вибір теплоносія залежить від температури, необхідної для нагрівання, інтенсивності теплообміну всередині теплоносія, вартості та доступності теплоносія та інших факторів.

У опалювальних процесах використовується обладнання з різною конструкцією та методами керування технологічними процесами, що здійснюються на них. Тому необхідно знайти нові шляхи узагальнення пристроїв, що працюють за принципом нагріву. Це означає, що нам потрібно розробити універсальні конструкції обладнання, які використовують нагрівання для виконання якомога більшої кількості операцій.

Вирішити цю проблему можуть теплові камери. Це контейнери з ізольованим корпусом, зазвичай містять нагрівальний елемент і систему контролю для регулювання температури в центрі камери.

Пристрій має бути компактним і зручним у використанні для домогосподарств і малих підприємств, які працюють у цих регіонах. Метою та завданням кваліфікаційної роботи є розробка інфрачервоної камери загального призначення для домашнього використання. Для досягнення поставлених цілей необхідно вирішити такі завдання:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- здійснити огляд та аналіз технічних параметрів процесів нагрівання з використанням різних методів та пристроїв, що використовують у своїй роботі тепло;

- розробка проекту побутових опалювальних приміщень;

- розробка системи контролю техніко-технічних параметрів термокамер;

- виконання технічних розрахунків для перевірки працездатності конструкції термокамери.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Огляд та аналіз існуючих технологій та технічних рішень використання побутових теплових камер

1.1 Технологічні передумови використання побутових теплових камер

В даний час в технічних машинах використовуються різні способи нагріву.

Нагрівання водяною парою. Водяна пара спеціально готується в парогенераторах або одержується у вигляді надлишкового продукту при сушінні, вологотепловій обробці, випаровуванні води з відкритих поверхонь. В обох випадках при нагріванні води утворюється пара. При нагріванні води при постійному тиску зростають її температура, внутрішня енергія, ентропія, ентальпія і питомий об'єм. Нагрівання при постійному тиску закінчується при досягненні необхідної температури (кипіння). Під час наступного нагрівання температура не зміниться, доки вся рідина не випарується.

Витрата пари на нагрівання визначається із теплового балансу [1]:

$$G_n = \frac{m \cdot c(t_{\text{кінц}} - t_{\text{поч.}}) + Q_n}{i - 4,2t_{\text{кінц}}} \quad (1.1)$$

де m - маса рідини, яка нагрівається, кг;

c - питома теплоємність рідини, яка нагрівається кДж/(кг К);

Q_n - втрати теплоти у навколишнє середовище;

$t_{\text{поч.}}$ - початкова температура рідини, яка нагрівається;

$t_{\text{кінц}}$ - кінцева температура рідини, яка нагрівається.

Нагрівання газом. Природний газ використовується як паливо для нагрівання парогенераторів, сушарок, парових котлів тощо. Спалювання газу відбувається в газовому пальнику. Горіння - це хімічний процес, який поєднує атмосферний кисень із вуглецевим паливом. Виходить, що для спалювання 1000 кг пали-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ва потрібно 1,12 м³ повітря. За теплотворною здатністю розрізняють гази з низькою, середньою і високою калорійністю. Виражається як кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні 1 м³ газу. Це означає, що чим більша теплота згорання газу, тим більша кількість повітря потрібна для згорання. Потужність пальника – це об’єм газу, який виходить із відповідного сопла за одиницю часу, коли пальник налаштований на максимальну витрату палива під час повного згорання.

Кількість теплота, яка виділяється пальником при номінальній витраті газу визначається за формулою [1]:

$$Q = B \cdot Q_n^p \quad (1.2)$$

де Q_n^p - невисока теплота згорання палива, кДж/м³.

B - продуктивність горілки, м³/с.

$$B = S \cdot k_e \sqrt{2p_r / \rho} \quad (1.3)$$

де S - площа поперечного перерізу сопла пальника;

k_e - коефіцієнт витрати, що залежить від кута конуса сопла пальника;

p_r - тиск газу перед пальника;

ρ - густина газу, що спалюється.

Опалення теплим повітрям. Цей процес використовується для технічної обробки продукції в сушарках і обладнанні. Обігрівач за допомогою електричного струму або пари нагріває повітря до необхідної температури, стискує його і подає до об’єкта, що обробляється. Нагрівання відбувається за рахунок примусової конвекції. Кількість теплоти, що передається від повітря об’єкту технологічної обробки. Ця кількість теплоти визначається за формулою конвективного теплообміну. Для теплових розрахунків конвективного сушіння необхідно знати ви-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трати повітря при сушінні, Мв (кг/с).

$$M_{\epsilon} = X_{\text{ex}} = M_{\epsilon} \cdot X_{\text{вих}} + W \quad (1.4)$$

де X_{ex} - вологовміст повітря на виході із сушарки, кг/кг повітря;

$X_{\text{вих}}$ - вологовміст повітря на вході у сушарку, кг/кг повітря.

Тоді,

$$M_{\epsilon} = \frac{W}{X_{\text{ex}} - X_{\text{вих}}} \quad (1.5)$$

Нагрівання електричним струмом. Електрику можна використовувати для нагрівання в дуже широкому діапазоні температур. Регулювання та підтримка необхідної температури нагріву здійснюється без проблем відповідно до заданого технологічного режиму. У більшості випадків використовується електрообігрів опору. Вся потужність обігрівача використовується для опалення приміщення. Знаючи опір нагрівача R , довжину L і площу поперечного перерізу дроту, S можна знайти потужність за формулою [1]:

$$N = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2 \cdot S}{\rho \cdot L} \quad (1.6)$$

де U - падіння напруги (різниця потенціалів), В;

ρ - питомий опір дроту, В/м².

За напругою електричної мережі U визначаємо силу струму I за формулою [1]:

$$I = N / U \quad (1.7)$$

За граничною густиною струму $i_{\text{зр}}$, знаходимо площу перетину провідника:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = \frac{I}{i_{ep}} \quad (1.8)$$

$$i_{ep} = \frac{I_{ep}}{S} \quad (1.9)$$

де I_{ep} - гранична сила струму. Вибирається з довідників - найближче до розрахункового значення площі перетину, за яким знаходимо довжину провідника [1].

До недоліків нагрівання електричним струмом слід віднести порівняно незначну довговічність нагрівальних елементів, низький коефіцієнт корисної дії, довготривалий час нагрівання, значна інерційність нагрівального елемента.

1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій побутових теплових камер

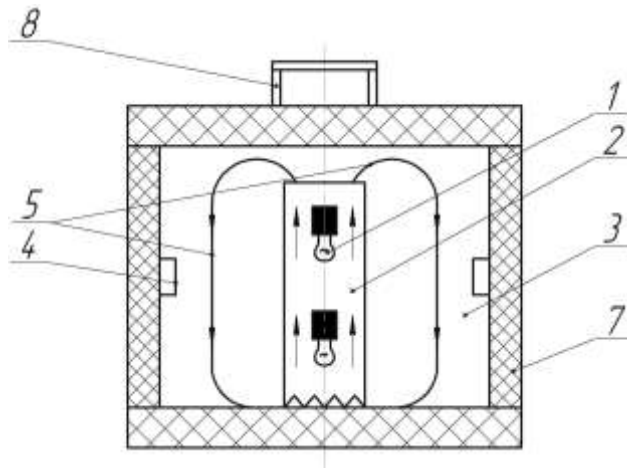
В даний час на ринку побутової техніки представлено безліч різних типів приладів, які працюють за принципом нагріву матеріалу і відрізняються конструкцією, потужністю і рівнем автоматизації.

Проаналізувавши джерела, вдалося виявити велику кількість пристроїв для зберігання сільськогосподарської продукції, заснованих на роботі терморегулятора. Терморегулятор (термостат) - це пристрій, який може встановлювати та підтримувати постійну температуру в закритій ємності. Одна з них – ємність для зберігання коренеплодів в холодну пору року.

На рисунку 1.1. показано загальний вигляд терморегулятора [2]. Корпус складається з окремих панелей, виготовлених з шарів ДВП і пінопласту, з верхньою частиною панелей, покритих ДВП. Всі елементи корпусу перед складанням згруповані і пофарбовані термостійкою емаллю.

Термостат діє як датчик для контролю температури, подібно до холодильника або праски. Датчик кріпиться у верхній частині корпусу. Термостат використовується наступним чином: Ємність 3 встановлюють у корпус 1, завантажують картоплею або іншою продукцією, закривають кришку 2 і підключають термостат до мережі.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1- нагрівальний елемент; 2 - циліндр металевий; 3 - ємність для закладання коренеплодів; 4 – термодатчик; 5 - маршрут циркуляції повітря; 6 - ручка;
7 – корпус теплоізолюваний

Рисунок 1.1 - Термостат для коренеплодів

Подібний контейнер, що складається з утепленого кожуха, відрізняється від попереднього тим, що виготовлений з пінопласту, а в якості нагрівального елемента використовується звичайна лампочка. У центрі терморегулятора розташований циліндр з алюмінієвої пластини товщиною 0,9 мм, всередині якого розміщена лампочка. Нагріте лампочками повітря піднімається по трубці і, вийшовши з неї, рівномірно розподіляється по об'єму термостата і циркулює разом із продуктом у центрі ємності. Коли коренеплід охолоне (нагріється), повітря в камері поступово опускається і надходить у трубу вже в охолодженому стані. Це створює природну конвекцію повітря в центрі контейнера. Завантаження і вивантаження продукції здійснюється зверху.

Є ємності для зберігання овочів і фруктів. Складається з утепленого корпусу та кришки. Камера встановлюється в корпус із зазорами між стіною, підлогою та кришкою. У зазорі між дном ємності і основним корпусом встановлений електронагрівач. Одна з бічних стінок корпусу має вікно викиду з відкидною кришкою, яка може повертатися і переміщатися вперед-назад у горизонтальній площині. Елемент регулювання температури розташований між дном корпусу і дном контейнера і з'єднаний з електронагрівачем і секцією стінки. Контейнер додатко-

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БРМА 24.00.00.000 ПЗ				

ляться козирки 19 і 20. Роз'єм 21 запірною пристрою кріпиться до корпусу 1, що складається із засувки 22, закріпленої на блоці 10, вентиляційної решітки 11 і кришки 9 [3].

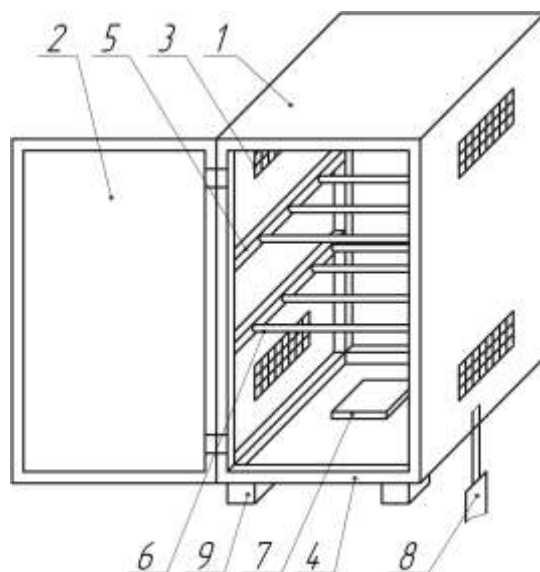
Внутрішній контейнер встановлюється наступним чином. Нижня частина 5 вставляється в корпус 1, а стінки 3 і 4 встановлюються в камеру. Залежно від кількості та виду овочів і фруктів, що упаковуються в тару, камера розділена перегородками 17 на секції різної місткості. Над камерою розміщена вставка сімома вільними кінцями вниз. Вставка 7 запобігає потраплянню овочів і фруктів у зазори між корпусом 1 і стінками 3, 4 і днищем 5 камери. Потім кришка 9 опускається, вікно 8 закривається, а кришка 9 фіксується в закритому положенні засувкою 22. Наповнений контейнер продуктом для зберігання і закривається кришкою 2 футляра 1.

Існує пристрій для копчення м'ясних і рибних продуктів, як показано на рисунку 1.3 [4]. Пристрій складається з герметичного корпусу 1, до верху якого приварена заповнена рідиною герметична кришка 2. Основний корпус апарата закритий зверху кришкою 3, а до кришки 3 прикріплений гідророзподільник. Клапан складається з дозатора 4 з прозорого матеріалу та розширювального конуса 5, до якого підтягнутий гнучкий шланг 6. У нижній частині корпусу знаходиться піддон 7 з тирсою, який встановлюється над електронагрівачем 8.

Герметичний електричний роз'єм надійно підключає ваш пристрій до електромережі. У верхній частині корпусу є перекидна 10 для підвішування м'ясних або рибних продуктів. Камера працює наступним чином. У середині корпусу 1 на електронагрівачі 8 встановлений піддон 7 з тирсою, а на перекидках 10 підвішені попередньо мариновані м'ясні або рибні продукти. Прозорі частини дюйма 2 і гідророзподільника 4 заповнені водою. Електронагрівач 8 підключений до електромережі. Тирса в піддоні починають тліти, створюючи димчастий дим. Під дією диму рідина поступово переміщується від прозорої частини 4 гідророзподільника до конічної частини 5 гідрозатвору, а дим виводиться через гнучкий шланг 6 у димохід. Це діє як сигнал для відключення пристрою від джерела живлення [5].

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фи 1 встановлена електроплита 7 з терморегулятором. Якщо використання електричної плити неможливо, шафу можна встановити на плиту або інше джерело прямого вогню.



1 – корпус шафи; 2 - двері; 3 - вентиляційний отвір; 4 - каркас; 5 - нагрівальний елемент; 6 - планка; 7 – нагрівальний елемент; 8 - заземлення; 9 - підставка

Рисунок 1.5 - Шафа сушильна

Перевагою даної конструкції є простота у виготовленні і експлуатації. Недоліком є використання в пристрої дерев'яних конструкцій, що зменшує довговічність і підвищує пожежонебезпечність.

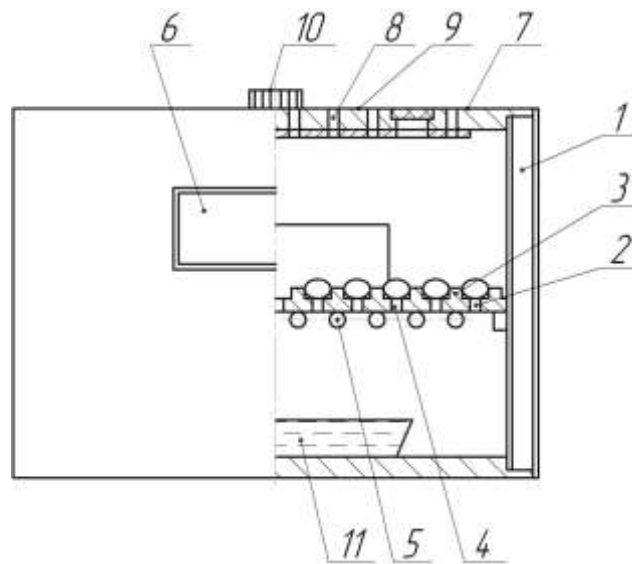
Існують пристрої для вирощування птиці в домашніх умовах, як показано на малюнках 1.6-1.8.

На рисунку 1.6 показано обладнання для вирощування птиці в домашніх умовах, а саме інкубатор. Складається з інкубаційної камери 1, в якій встановлено барабан 2 з ексцентрично розташованим яйцетримачем 3. У центрі барабана 2 за яйцетримачем в ряд розташовані екран 4 і джерело світла 5, наприклад лампочки, а навпроти них в корпусі 6 розташоване вікно 7 з прозорого матеріалу. Барабан 2 і яйцетримач 3 мають механізм, що обертається навколо осі. Екран 4 має

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БРМА 24.00.00.000 ПЗ					

води з ємності 11 повітря піднімається через канавку. Регулювання швидкості руху повітря, вологості та температури здійснюється зміною розміру вентиляційних отворів 8.

Інкубатор працює наступним чином. Після вкладання яєць, лоток 2 поміщають у ванну постійної температури 1, ємність 11 наповнюють водою, а отвір 8 ручкою 10 регулюють до потрібного розміру. ТК 1 підключається до мережі і тепло, що виділяється елементом 5, використовується як для нагрівання самого піддону 2, так і для нагріву повітря в нижній камері.



1 - камера; 2 – лоток; 3 – рамки для яєць; 4 – пази; 5 - нагрівальні елементи; 6 – вікно; 7 – кришка; 8 – отвори; 9 – пластина.; 10 – ручка; 11 - піддон

Рисунок 1.7 –Інкубатор побутовий

Нагріте повітря зволожується вологою, що випаровується з ємності 11, і піднімається через канавку 4 лотка 2 до верху ТК1, зволожуючи яйця. Чисте повітря надходить через вентиляційний отвір 12, а витягнуте повітря виходить через отвір 8. При цьому швидкість руху, вологість і температура повітря всередині ТК 1 регулюються зміною розміру отвору 8 завдяки рухомій пружині 9. Обертання яєць під час висиджування здійснюється за допомогою механізму 3, кінематично пов'язаного з приводним механізмом [7]. Інкубатор простий у виготов-

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БРМА 24.00.00.000 ПЗ					

Перевагою такого обладнання є те, що воно дозволяє обертати різні види яєць. Недоліком цієї конструкції є те, що в ній використовується зворотно-поступальний рух сітки, що вимагає певної площі для перекидання ікринок, які можна використовувати для нересту.

Висновок розділу 1

Проведено інформаційний огляд технічних параметрів процесів теплонагрівання різними методами.

Зроблено огляд та аналіз обладнання, яке використовує нагрівання та сушки. Зокрема, обладнання для короткочасного зберігання сільськогосподарської продукції, обладнання для сушіння та копчення харчових продуктів, обладнання для вирощування птиці в домашніх умовах. Основним недоліком відомих пристроїв є їх обмежена застосовність. Ці пристрої є сезонними і більшу частину року не використовуються.

Якщо пристрої оснащені лотком з рухомим механізмом, джерелом тепла, гаком, піддоном для тирси і ємністю для збору жиру, а також механізмом обертання яєць в інкубаторі, то це робить їх більш універсальними і розширює можливості.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розробка пристрою для термічної обробки продукту, який можна використовувати для різноманітних застосувань.

Ця мета досягається за рахунок виготовлення пристрою у вигляді окремих блоків, що дозволяє зібрати необхідну конструкцію в короткі терміни.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Розробка конструкції та схеми керування побутової теплової камери

2.1 Розробка конструкції побутової теплової камери

Побутові теплові шафи застосовуються для сушіння харчових продуктів, копчення продуктів, тривалого зберігання сільськогосподарської продукції в постійному температурному режимі, отримання курчат з яєць, підігріву різних хімічних речовин, сушіння різних електроприладів (проводів) і т.

До сучасних побутових опалювальних шаф висувається багато вимог, особливо технічних, конструктивних і працездатних. Шафи побутові повинні відповідати таким технічним параметрам, як висока продуктивність установки, висока якість процесу термічної обробки, низькі технічні терміни процесу, низьке енергоспоживання в процесі термообробки.

За конструктивними параметрами домашня опалювальна шафа повинна бути негроміздкою, невеликою за габаритами і легкою вагою, щоб не ускладнювати транспортування. Параметри роботи шафи повинні відповідати всім нормам санітарії та пожежної безпеки.

Проектована тепла шафа повинна виконувати такі функції:

- зберігання сільськогосподарської продукції (коренеплодів, капусти, фруктів, овочів) в умовах постійної температури та вологості.
- сушка овочів, фруктів та інших продуктів при високих температурах з використанням нагрівальних елементів - нагрівальних елементів і обертових механізмів для обертання продуктів.
- отримання молодняка з яєць при дотриманні режиму технічного процесу висиджування з використанням нагрівальних елементів (ламп розжарювання та поворотних механізмів для обертання яєць).
- запропонована система керування забезпечує максимально автоматизований процес підтримки необхідних технічних параметрів у термокамері.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі проведеного аналітичного огляду джерел інформації запропоновано конструкцію термокамери, що включає необхідні конструктивні вузли для забезпечення універсальності використання в побутових умовах.

Побутова тепла камера складається з шафи прямокутної форми. Складається з розбірного корпусу, оснащеного лотком для короткочасного або тривалого зберігання продуктів, сушіння кормів і розміщення інкубаційних яєць.

Камера тепла встановлюється на направляючий блок і кріпиться за допомогою кронштейна. Нагрівальний блок складається з корпусу та ящика, в якому в спеціальних тримачах встановлені нагрівальні прилади (лампочки - для виведення курчат, трубчасті нагрівачі - для сушіння харчових продуктів і матеріалів).

У дверях встановлено оглядове вікно для візуального контролю процесу зберігання. Верхня кришка корпусу має вентиляційні отвори.

Корпус побутової теплової камери (рис.2.1 і рис.2.2) має форму прямокутника з розмірами 1100 x 840 x 640 мм. Він складається з 8 U-подібних кутників, які зварені між собою у вигляді окремих блоків і покриті листовим залізом. Ці блоки, дві бічні стінки і задня стінка, скріплені між собою гвинтами 16 і гайками 13. Для підвищення жорсткості конструкції задня стінка стягнута верхньою кришкою 4 і нижньою кришкою 5. Верхня кришка 4 забезпечена вентиляційними отворами. Ролик 7 кріпиться на бічній стінці і кріпиться на кронштейні 8 під N-подібним кутником

За допомогою кутових кронштейнів на ролики 7 встановлюється ящик зі спеціальним поворотним пристроєм, в якому зберігається продукція і відбувається процес сушіння або підігріву інкубаційних яєць.

Лоток для зберігання і розкладки продуктів складається з передньої стінки 7, задньої стінки 3 і бічних стінок 4, з'єднаних між собою ребрами 2. До передньої стінки 7 прикріплено оглядове вікно. До бічної стінки приварюється куточок 9, за допомогою якого ящик ставиться на ролик

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

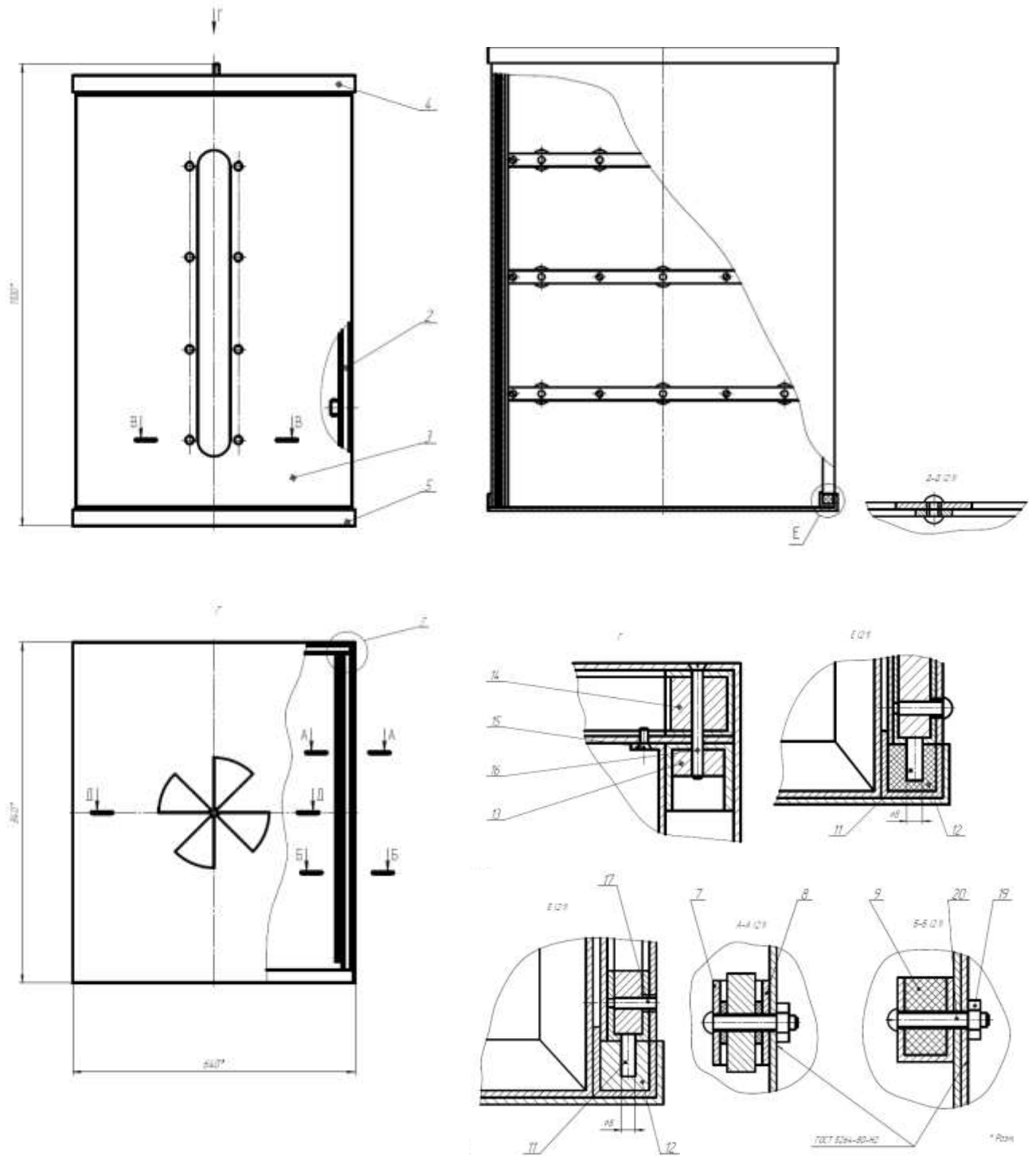


Рисунок 2.1 - Корпус побутової теплової камери

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

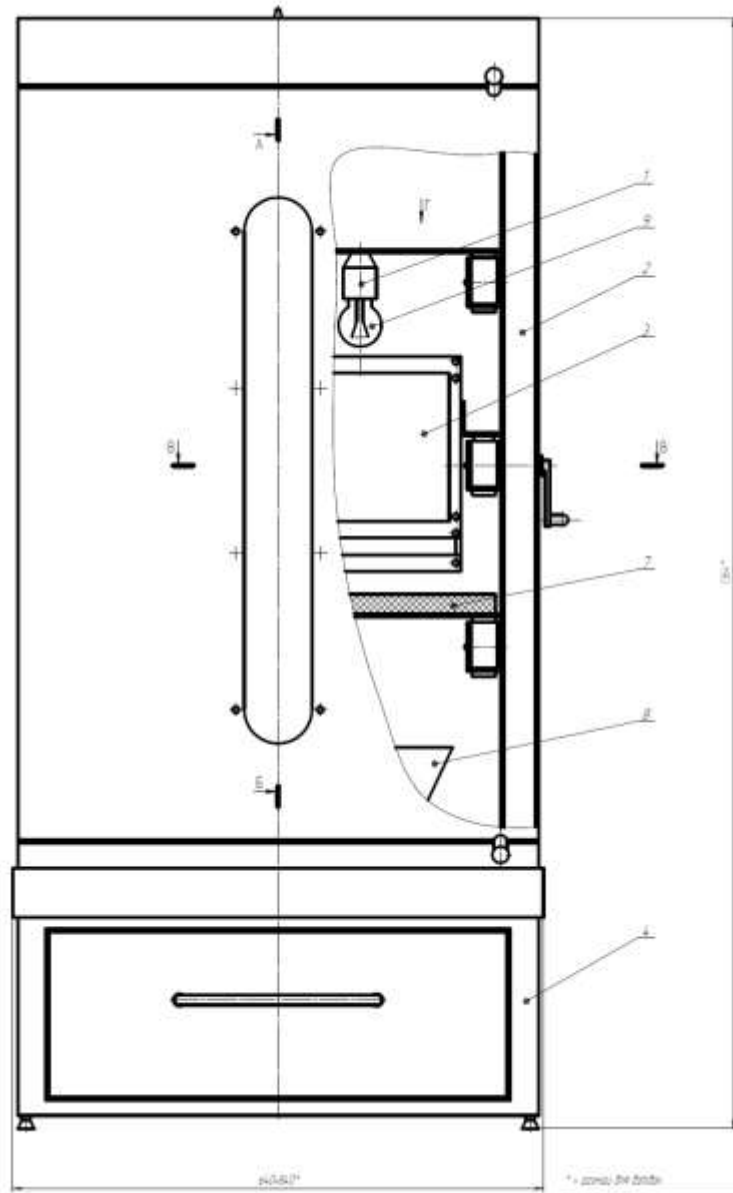


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд побутової теплової камери з ящиком для розміщення нагрівальних елементів (ТЕНів)

Якщо ця термокамера експлуатується в холодну погоду в приміщенні з температурою нижче $+5^{\circ}\text{C}$, вона повинна бути ізольована полівінілхлоридною панеллю товщиною 10 мм з внутрішніми повітряними порожнечами і достатньою питомою теплоємністю.

Вибір цього матеріалу для виготовлення корпусу забезпечує низьку швидкість втрати теплової енергії з об'єму камери, високу механічну міцність, надійність і простоту виготовлення.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Верхня і нижня частини корпусу оснащені відбивачами тепла, що забезпечують максимальне спрямування теплової енергії від зони нагріву ТЕНу (трубчастого ТЕНу ламп розжарювання малої потужності та ТЕНів).

Усередині корпусу нагрівальної камери розташовані наступні основні конструктивні елементи:

– висувний пристрій для переміщення лотків з продуктами, що складається з електродвигуна малої потужності, кривошипного штовхача та направляючої рами та кривошипно-штовхального механізму для його приводу.

- опорний кронштейн для стаціонарного кріплення лотка.

– коробка для продуктів.

– зволожувач. Це пластиковий піддон зі вставленими елементами з мікрофібри, які природним чином зволожують об'єм всередині нагрівальної камери.

– електричний вентилятор для примусового переміщення нагрітого повітря в камері нагрівання, регулювання відносної вологості та періодичного охолодження повітря в камері нагріву.

- джерела тепла. Лампи розжарювання малої потужності та трубчасті нагрівачі. Нагрівальні елементи.

– сенсорний блок, який визначає положення полиці продукту.

– блок датчика контролю температури повітря в опалювальному приміщенні.

– пристрій контролю вологості в камері нагріву.

Як нагрівальний елемент використовувався трубчастий нагрівач.

Використовували три обігрівачі потужністю 400 Вт і п'ять ламп розжарювання малої потужності потужністю 10 Вт. Використання даного типу нагрівального елемента забезпечує дуже ефективну та рівномірну підтримку відповідного температурного режиму протягом усього процесу технічного процесу нагрівання або сушіння.

Крім того, корпус камери нагріву забезпечений великою кількістю вентиляційних отворів, які забезпечують необхідну швидкість потоку повітря всере-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дині робочого простору камери нагріву.

Теплова побутова камера працює наступним чином. Пристрій підключено до мережі. Відповідний режим роботи вибирається на панелі керування теплової камери. Ви можете зберігати продукти, сушити продукти, розігрівати продукти, висиджувати яйця та отримувати курчат.

Потрібно вибрати режим при якому буде відбуватись завантаження продукту. Існують технологічні процеси, в яких використовуються функції нагріву. На технічній панелі термокамери відображається назва відповідного процесу і регулярно відображаються параметри температури і вологості. Після завершення відповідної операції на табло відображається індикація її завершення.

Елементи системи управління камерою автоматично підтримують задані параметри температури і вологості в камері нагріву. Відхилення від відповідних параметрів відображаються на технічній панелі.

2.2 Розробка конструкції пристрою переміщення полиць теплової камери

Розроблена конструкція потрібна для забезпечення одночасного переміщення всіх полиць під час виконання відповідного технологічного процесу з використанням нагріву. Полицю можна поступово відсувати назад і переміщувати коливально. Коли полиця рухається вперед-назад, продукти на полиці (лотку) обертаються (навколо своєї осі) і переміщуються. Під час коливального руху лоток з продуктом переміщається під кутом 45° .

Пристосування для переміщення лотків, що містять продукт, розміщене в корпусі нагрівальної камери. Ескіз розробленого в програмі SolidWorks пристрою для переміщення виробів у лотку наведено на рисунку 2.3.

Пристрій складається з опорної конструкції для позиціонування лотка, малопотужного електродвигуна 1, кривошипно-шатунного штовхача 2 і кривошипно-колісного механізму 3, який приводить в рух направляючу раму і опорну стійку обладнання.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

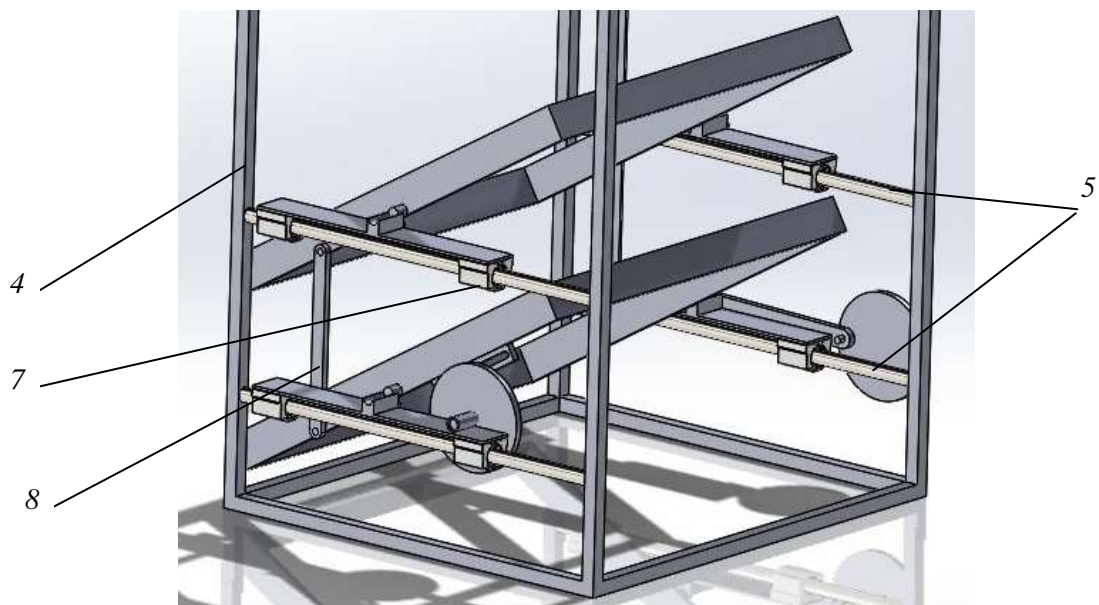
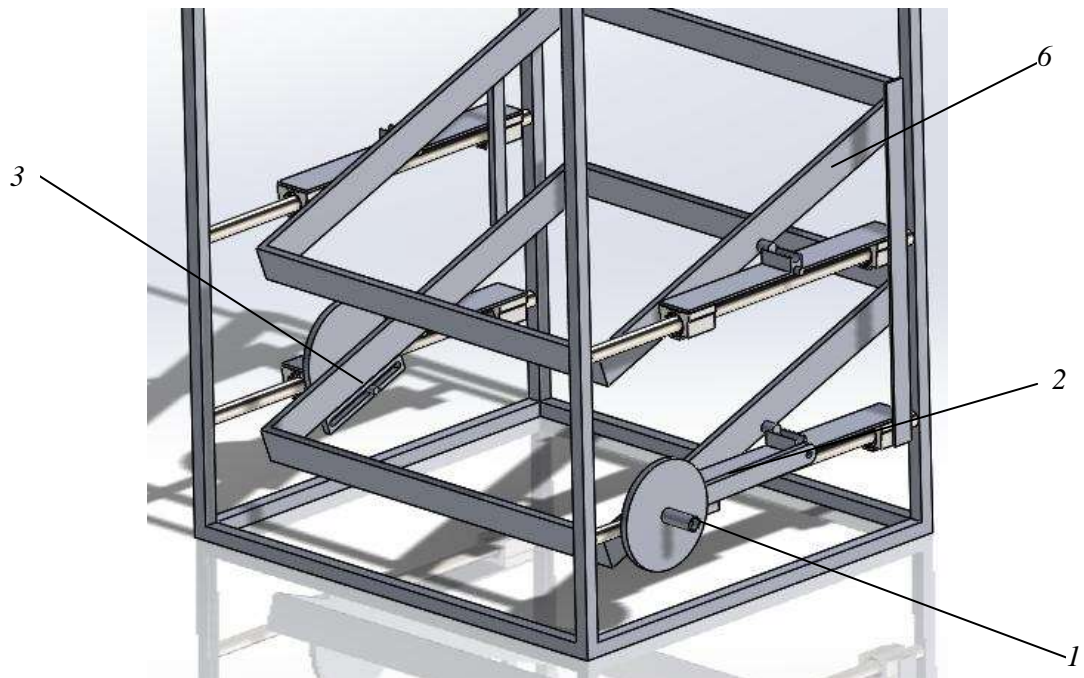


Рисунок 2.3 - Ескізне зображення пристрою для переміщення

Опорна конструкція для розміщення лотка складається із збірної рами з вертикальними полицями 4 та горизонтальними напрямними 5 для розміщення полиць 6. Коли полиця рухається вперед і назад, напрямна 7 рухається всередині опори. Бруси 8 кріпляться до опорної конструкції і з'єднують лотки в єдину конструкцію. Далі лотки з'єднуються між собою вертикальними рамами.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

У графічній частині магістерської роботи [БРМА 24.00.00.000 ДІЗ] представлено модель пристрою для переміщення виробів у термокамері та загальну конструкцію лотка, розроблену в програмі SolidWorks. Габаритне креслення рухомого механізму наведено в аркуші [БРМА 24.00.00.000 ГК].

Принцип дії пристрою для переміщення полиць у термостатичній камері. Деко з готовими продуктами знаходиться на полиці 6. За командою блоку керування вал електродвигуна малої потужності починає обертатися і передає свій рух через кривошипно-шатунно-шатунний механізм на рухому горизонтальну напрямну. Команда обертання надходить на вал двигуна і може здійснювати зворотно-поступальний рух через відповідний механізм передачі. При цьому продукт (яйце) всередині шкаралупи обертається навколо своєї осі, покращуючи нагрів і швидше висихання. При включенні другого двигуна і передачі його руху на кривошипно-шатунний механізм полиця здійснює зворотно-поступальний рух на 45° від горизонталі, що також збільшує нагрівальний ефект продукту.

Для запобігання перекидання полиці під час обертання в конструкцію механізму включений кінцевий вимикач, який спрацьовує при досягненні відповідного кута повороту полиці. Розділ 3 кваліфікаційної роботи містить розрахунки переміщення полиць та розмірів ланок трансмісії (колінчастого вала, шатунів, коромисел).

2.3 Розробка електричної схеми живлення нагрівальних елементів побутової теплової камери

Схема живлення нагрівальних елементів побутової термокамери складається з таких елементів і працює наступним чином: Нагрівальний елемент підключається через вхідну клему, тоді через тиристор V5 і через нагрівальний елемент не протікає струм. Через деякий час, коли термостат охолоне, його опір зростає, а напруга на резисторі R7 зменшується. Коли напруга нижче 1,2 В, транзистори V8 і V9 закриваються.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струм, що протікає через резистори R2 і R4 на початку кожного півперіоду, служить для відкриття транзистора V6. Струм надходить в керуючий електрод тиристора V5 і відкриває його. Робоча напруга 220 В, що протікає через відкритий тиристор V5, сприяє нагріванню ламп розжарювання, які представляють собою трубчасті ТЕНи або ТЕНи малої потужності. У міру того, як температура повітря в нагрівальній камері поступово підвищується, термістор також нагрівається. Його опір зменшується, а падіння напруги на K7 зростає. Це відкриває транзистори V8 і V9 і закриває транзистори V6 і V5. При цьому припиняється живлення ТЕНу і вимикається ТЕН.

Термостат оснащений транзисторами серії КТ 315, КТ312 з коефіцієнтом передачі струму не менше 50. Діоди від V1 до V4 розраховані на постійний струм не менше 3 А і зворотну напругу 400-600 В. Тиристор КУ 202 повинен витримувати максимальну напругу.

2.4 Розробка системи керування вологісно-температурними параметрами та системою переміщення полиць побутової теплової камери

2.4.1. Розробка структурної схеми системи керування побутової теплової камери

Структурна схема - це узагальнена модель, яка відображає принцип роботи побутової теплової камери. Структурна схема створює враження про дизайн, структуру та функціональність пристрою, не привертаючи уваги до схематичного виконання функціональних частин.

На рисунку 2.4 (див. лист графічної частини БРМА 24.00.00.000 С2) представлена схема конструкції системи, розробленої для контролю вологісно-температурних характеристик побутових теплових камер.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

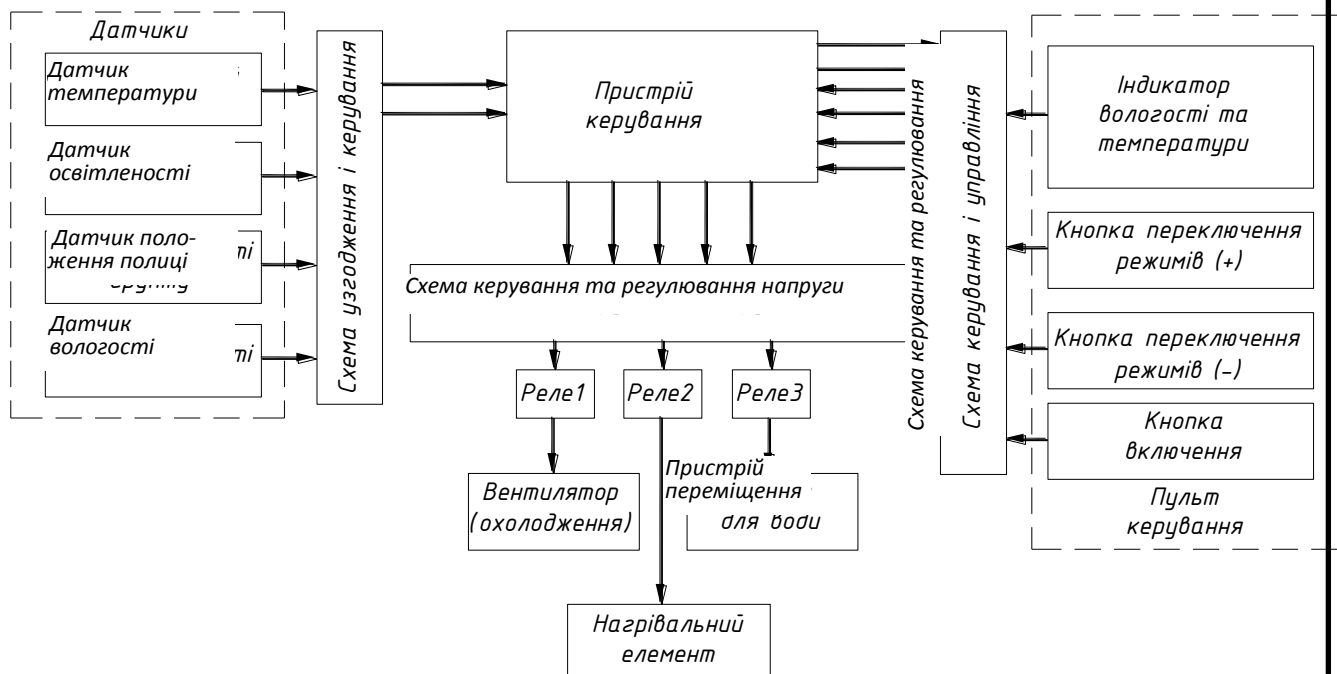


Рисунок 2.4 – Структурна схема керування побутової тепловою камерою

Основними елементами цієї структурної схеми є:

- блок керування.
- реле підключення виконавчих пристроїв (вентиляторів, ТЕНів, механізмів переміщення полиць).
- датчик
- панель управління.

Призначення системи контролю температурно-вологісних характеристик побутових теплових камер:

1. Контроль показників температури та вологості
2. Забезпечити зручне керування показниками температури та вологості
3. Температура та вологість Можливість вибору температури та вологості при різних режимах виконання різних технологічних процесів.

2.4.2 Розробка та підбірка елементів системи керування вологісно-температурними параметрами та системою переміщення полиць побутової теплової камери

Наведено основні технічні характеристики і функціональне призначення пристроїв, що входять до системи керування побутовою тепловою камерою:

- точне підтримання відповідної температури (вибрано в діапазоні значень 4...99,9°C);
- точна підтримка належної вологості (виберіть діапазон значень 5...99,9%);
- зниження потужності нагрівальних елементів і зволожувачів при досягненні заданих значень температури і вологості в камері нагріву;
- світлова сигналізація при відхиленні параметрів мікроклімату від номінальних значень;
- автоматичне чергування полиць через певний проміжок часу (регулюється від 10 хвилин до 8 годин);
- буквено-цифровий дисплей, відображає час, що залишився до повороту полиці для продуктів;
- виведення на дисплей часу, що залишився до виконання заданого технологічного процесу з використанням процесу нагрівання;
- натискання кнопки «Назад» пересуває полицю з продуктом.

Схема керування термокамерою побутового електричного принципу наведена в графічній частині магістерської роботи [БРМА 24.000.00.00 СЗ].

Для підключення датчика температури і вологості використовується екранований кабель. Додатково до джерела живлення паралельно підключається керамічний конденсатор ємністю 0,1 мкФ для запобігання виходу з ладу системи управління та захисту від негативного впливу перепадів напруги в системі.

При використанні датчика температури SHT-21 стежте, щоб напруга жив-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лення не перевищувала 3,6 В. Тому необхідно використовувати вбудований стабілізатор напруги LM1117-3.3 з вихідною напругою 3,3 В, схема [15].

Датчик вологості Sensirion SHT був обраний через його високу точність і наявність цифрового інтерфейсу.

Для повороту полиці використовується механізм, керований електромагнітним реле, що містить дві групи перемикаючих контактів.

Механізм обертання вбудований в мікроконтролер AT89C2051. Конструктивна схема поворотного блоку полиці наведена на рисунку 2.5.

Основні технічні характеристики блоку поворотного механізму:

- - час обертання 1 година +/- 0,2 секунди.
- - контроль положення полиці в залежності від стану кінцевого датчика.
- - контроль вихідних пристроїв електродвигунів або магнітних реле.
- - перевірте горизонтальне положення полиць.
- - створення автоматичного або ручного режимів роботи.
- - напруга живлення + 12 В або + 24 В.

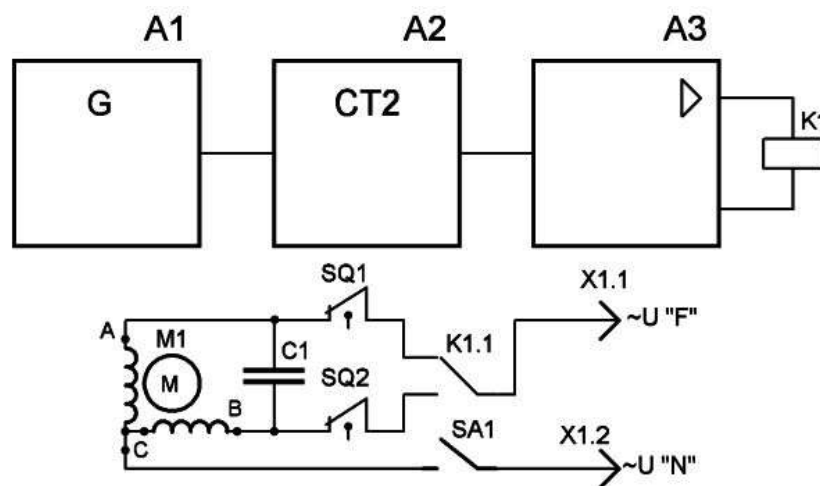


Рисунок 2.5 - Структурна схема блоку повороту полиць теплової камери

До складу пристрою повороту (рис. 2.6) входять: генератор задаючий (A1), ділильний рахувальник (A2), реле (K1), підсилювач (A), ланцюги контролю по-

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БРМА 24.00.00.000 ПЗ					

ложень полиць пристрою, що складаються з кінцевих датчиків SQ1 та SQ2,Ю що працюють на розрив або заміщення, індикація роботи блоку, що сигналізує про роботу блоку повороту полиць [16].

В якості приводу обертання полиць термокамери використовується двигун малої потужності з редуктором РД-09 або СД-54.

Схему розташування кінцевих датчиків у побутовій тепловій камері типу ПХ-10І можна знайти в джерелі [17].

Ефективність нагрівального елемента та зволожувача контролюється повторним напівперіодом зміни напруги. Для цього на платі управління встановлено оптрон МОС3062. Напівпровідник, підключений до оптрону, забезпечує зв'язок між нагрівальним елементом і платою керування, а світлодіоди HL1 і HL2 використовуються для індикації стану нагрівального елемента світлом.

Реле ДО1 служить для включення вентилятора і переміщення потоку повітря всередині термокамери при нагріванні або охолодженні продуктів в ній. Контакт реле ДО1.2 можна використовувати для аварійного відключення ТЕНу.

Коли температура або вологість падає нижче ліміту, система автоматично вмикає зволожувач чи нагрівальний елемент на повну потужність, незалежно від налаштувань температури та вологості.

Коли температура досягає верхньої межі, нагрівальний елемент вимикається і подається світловий і звуковий аварійний сигнал, вентилятор вмикається на провітрювання [15].

Дана система керування мікролімітом для теплової побутової камери проектується за допомогою програмного забезпечення Fritzing для Arduino. Програма Fritzing призначена для розроблення електронних пристроїв від прототипів (у вигляді макетних плат) до кінцевих продуктів (у вигляді друкованих плат).

Пристрій створюється з готових елементів, перелік яких знаходиться в програмі. У цей список входять монтажні плати Arduino, модельні плати, різні аналогові і цифрові мікросхеми, транзистори, світлодіоди, резистори, конденсатори, кнопки, елементи живлення і двигуни в різних конфігураціях від малої до

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

великої. Щоб розмістити їх на схемі, потрібно вибрати їх зі списку, перемістити лівою кнопкою миші в робочу область програми та змінити.

Стандартне представлення Blink програми Fritzing для Arduino показано на рис 2.6.

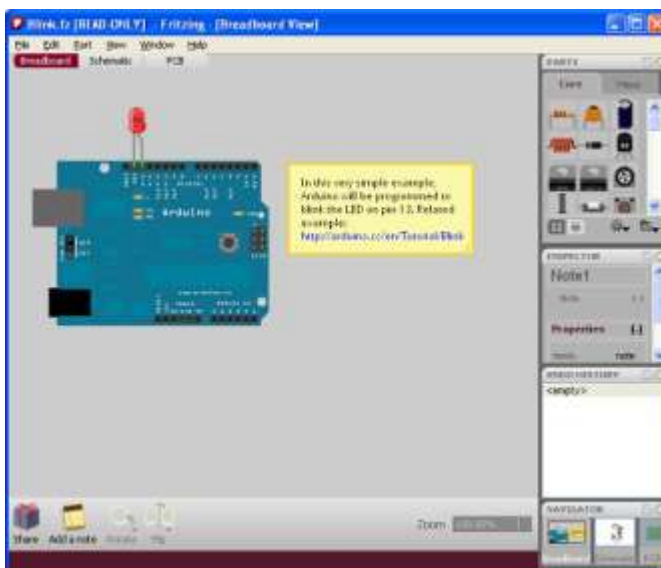


Рисунок 2.6 – Стандартний вигляд програми Fritzing

Основне місце в системі займає плата Arduino Mega Atmega8A (рис.2.7). Ця плата заснована на мікроконтролері ATmega2560 або, як вже було запропоновано, мікроконтролері SC1602ault-ХН-НС-Г. Це кінцева версія плати серії Arduino Mega Atmega8A. Сумісний з усіма платами розширення, розробленими для платформ Uno або Duemilanove.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд контролера Arduino Mega

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БРМА 24.00.00.000 ПЗ	

Пропонований контролер прописаний для програмування автономних мікропроцесорних об'єктів, а також може бути інтерфейсом з програмним забезпеченням, що використовується в комп'ютерах. Щоб використовувати контролер, необхідно підключити його до зовнішнього джерела живлення або акумулятора.

Коли увімкнено, зелений світлодіодний індикатор на контролері світиться, вказуючи на наявність живлення.

Блимаючий помаранчевий світлодіод означає, що комп'ютер підключив новий пристрій. Встановлювати драйвер не потрібно, оскільки драйвер USB COM вбудовано в контролер. Далі буде встановлено програмне забезпечення Arduino. Програмований пристрій підключається через наявні входи і виходи, а зокрема до плати управління для підтримки мікроклімату всередині теплової побутової камери.

Управління контролером здійснюється за допомогою спеціального програмного забезпечення Arduino. Мікроконтролер ATmega2560-16AU поставляється з попередньо встановленими програмними продуктами, які дозволяють легко створювати нові програми без використання зовнішнього програматора. Крім того, є можливість програмувати мікроконтролер через контакти ICS без використання стандартного завантажувача.

Вбудований мікроконтролер має 54 цифрових входи та виходи.

Контролер має можливість підключення послідовної шини, виходи 0 і 1 або Rx, Tx (емулятор RS232). Послідовна шина №1: контакт 19 RX і контакт 18TX. Послідовна шина № 2: контакт 17RX і контакт 16 TX. Послідовна шина №3: Pin 15RX і Pin 14TX. Шини використовуються для надсилання та отримання даних. Виводи 0 і 1 підключені до відповідних виводів мікросхеми послідовної шини ATmega8U2.

Робота контролера гарантується, якщо на плату подається напруга 5 В. Якщо напруга джерела живлення менше 7 В, на виході 5 В може бути менше 5 В, що призведе до нестабільної роботи. Використання напруги вище 12 В може призвести до перегріву регулятора напруги та пошкодження контролера. Реко-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мендований діапазон напруги живлення 7-12 В. Контролер може отримувати зовнішнє живлення через блок живлення на платі керування.

Підключення живлення: VIN - вхід використовується для заживлення від зовнішнього джерела. 5 В – регульоване джерело напруги, яке живить мікроконтролер та інші компоненти на платі керування. 3,3 В – Напруга на виході становить 3,3 В і генерується внутрішнім регулятором на платі. Максимальний струм споживання 50 мА; GND – контакт заземлення.

Характеристики мікроконтролера AT MEGA: - робоча напруга 5В; вхідна напруга (рекомендована) 7 – 12 В; вхідна напруга (обмежена) 6 – 20 В; - аналоговий вхід 16; - постійний струм через вхід/вихід 40 мА; DC 3,3 В 50 мА для виведення; оперативна пам'ять 8 Кбайт; -тактова частота 16 МГц.

Відповідні датчики та модулі, показані на схемі конструкції термокамери, необхідно підключити до плати керування Arduino Mega.

Включення і виключення системи підтримки мікроклімату в термокамері залежить від ряду наступних параметрів: температура всередині камери; вологість в камері.

Ця система містить датчик вологості (рис.2.8). Датчик вологості (гігрометр) для Arduino побудований на мікросхемі LM393 і має окремий чутливий елемент і налаштування чутливості [18].



Рисунок 2.8 – Датчик вологості

Між двома електродами датчика створюється невелика напруга. Коли повітря сухе, опір збільшується, а сила струму зменшується. Коли повітря вологе,

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

калібрування датчика. Використовуваний датчик температури має такі характеристики: Діапазон вимірювання $-40\dots+100$; точність вимірювання 1°C ; залежить від $10\text{ мВ}/^\circ\text{C}$.

Для підключення датчика до плати потрібен резистор $2,2\text{ кОм}$. Регулювання струму через датчик від $0,45\text{ мА}$ до 5 мА (резистор R1) дає напругу на датчику. Він виражає абсолютну температуру в градусах Кельвіна і десятках мВ.

Схема підключення має такий вид (рис.2.10).

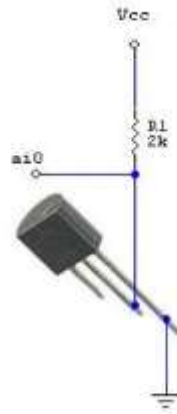


Рисунок 2.10 – Схема підключення термодатчика

Підбір реле для керування силовими пристроями (вентиляторами, нагрівальними елементами, двигунами механізмів, що переміщують полиці термокамери). Контроль цих технологічних процесів відбувається, якщо дані, отримані від датчиків, відповідають певним умовам. Це реле живиться від лінії 5 В і може перемикає до $10\text{ А } 30\text{ В}$ постійного струму та $10\text{ А } 250\text{ В}$ змінного струму.

Реле має дві окремі схеми (рисунок 2.12): схему керування, представлену контактами A1, A2, і схему керування, представлену контактами 1, 2, 3. Контури не з'єднані між собою. Між контактами A1 і A2 розташований металевий сердечник, і при протіканні струму рухливий яр (2) притягується. Контакти 1 і 3 суцільні.

Зауважте, що яр підпружинений і залишатиметься притиснутим до контакту 3, доки ви не подасте струм до сердечника. Як уже згадувалося, при подачі струму сердечник перетворюється на електромагніт і притягується до контакту 1. Коли пружина знову вимикається, яр повертається на контакт 3.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

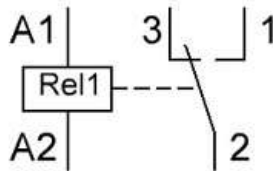


Рисунок 2.12 – Електрична схема реле управління технологічними процесами побутової теплової камери

Модуль має три виходи (стандарт 2,54 мм): VCC: джерело живлення «+»; GND: "-" живлення; IN: вихід вхідного сигналу. З'єднання модулів наступні: VCC до +5 вольт для Arduino. Підключення GND до одного з контактів GND на Arduino. IN до одного з цифрових входів і виходів Arduino. Вентилятор підключається через релейний модуль.

Вибір двигунів до сервопривода. Для регулювання температури повітря в камері нагрівання використовуються три режими: пасивна вентиляція і активна вентиляція, примусовий рух повітря під час сушіння продукту.

Під пасивною вентиляцією розуміють відкриття вентиляційних каналів, під активною — відключення вентилятора при сушінні матеріалів, забезпечення температурного режиму і вологості при інкубації яєць, хорошу циркуляцію нагрітого повітря для сушіння овочів і фруктів. Крім того, сервоприводи використовуються для керування системою переміщення полиць у термокамері. Вентиляційний канал відкривається за допомогою сервоприводу Futaba T306 MG995 (рис.2.14).



Рисунок 2.14 - Сервопривод Futaba T306 MG995

Серводвигун з приводом, що використовується має отакі характеристики:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкість роботи: 0,17 с / 60 градусів (4,8 В без навантаження); крутний момент 13 кг/см при 4,8 В; крутний момент 15 кг/см при 6 В; робоча напруга: 4,8 – 7,2 В; довжина дроту: 300 мм; розміри: 40мм x 19мм x 43 мм; вага: 0,6 кг.

Крім того, сервоприводи застосовуються для приведення в рух системи переміщення полиць всередині побутової теплової камери. Для переміщення полиць зворотно-поступально, використовується сервопривод із редуктором моделі JK60HS88-2804PG3.6, що показана на рисунку 2.15.



Рисунок 2.15 - Сервопривод із редуктором модель JK60HS88-2804PG3.6

Планетарні крокові двигуни-редуктори використовуються для завдань, що вимагають досягнення великих посилень на валу електроприводу на низьких швидкостях. У редукторі використовується планетарна передача з прямозубою передачею, яка має низький люфт. Крім того, завдяки редуктору кроковий двигун не працює в низькому резонансному діапазоні обертів, що забезпечує більш плавну і стабільну роботу електроприводу. Сервопривод має наступні характеристики: вихідна потужність 15 Вт, момент утримання – 3,6 Нм, струм фази – 2,8 А, опір фази – 1,5 Ом, індуктивність фази – 6,8 мФ, кількість виходів – 4, коефіцієнт уповільнення – 3,6, маса – 1,8 кг. Щоб перемістити полицю під кутом 45°, використовуйте сервопривід 24 В CL-75A-3 Артикул № .60-43-2046 (рис.2.16).

Характеристики використовуваних сервоприводів: потужність 200 Вт, робоча швидкість: 2 с / 90 градусів (24 В без навантаження); крутний момент 55 кг см при 24 В; момент крутний 35 кг см при 12 В; робоча напруга: 24 В; довжина дроту: 300 мм; розміри: 120 мм x 48 мм; вага: 0,5 кг.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою роботи є створення системи контролю мікроклімату термокамери на основі мікроконтролера Arduino Mega.

Інструкція з експлуатації системи керування побутовою тепловою камерою.

1. Щоб увімкнути пристрій, підключіть його до постійної мережі живлення через клему «Power». Натиснути кнопку ввімкнення. Одразу загоряється «індикатор роботи» пристрою, а «дисплей температури/вологості» відображає значення температури та вологості, таким чином «датчик температури» та «вологість» відображають температуру та вологість.

2. При включенні починають працювати всі або деякі елементи приладу в залежності від обраного режиму роботи побутової теплової камери.

3. За замовчуванням параметри температури та вологості встановлюються під час завантаження системи.

За допомогою кнопки вибору цього режиму можна змінити технологічний процес, що використовується в термокамері. Можна змінити режим роботи температури та вологості за допомогою кнопок «+» та «-» на панелі керування.

При зміні режиму роботи загоряється відповідний світлодіод і параметри температури і вологості змінюються в залежності від наступного режиму роботи.

Висновки до розділу 2.

На основі інформаційного огляду технічних пристроїв, які працюють з використанням нагріву було розроблено конструкцію побутової теплової камери, зокрема корпуса, розроблено конструкцію пристрою переміщення полиць теплової камери в програмі SolidWorks, розроблено електричну схему підключення нагрівальних елементів побутової теплової камери, розроблено системи керування вологісно-температурними параметрами та механізмом переміщення полиць у побутовій тепловій камері в залежності від вибору технологічного режиму.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунки, що підтверджують працездатність побутової теплової камери

3.1 Тепловий баланс побутової теплової камери

Сумарна витрата тепла у побутовій тепловій камері буде такою [1]:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (3.1)$$

де Q_1 - тепловитрат на нагрівання продуктів;

Q_2 - тепловитрати на нагрівання вологи, що видаляється із продуктів;

Q_3 - тепловитрати на випаровування вологи з продуктів;

Q_4 - тепловитрати нагрітими поверхнями шафи у навколишнє середовище;

Q_5 тепловитрати із видаленого повітря із шафи.

Тепловитрати на нагрівання продуктів визначаються по формулі:

$$Q_1 = \Pi \cdot C_{\bar{o}} (t_{н.б} - t_{н.с}), \quad (3.2)$$

де $C_{\bar{o}}$ - теплоємність продуктів в сухому стані, $C_{\bar{o}} = 1,7$ кДжС./кг.

$t_{н.б}$ - кінцева температура продуктів, $t_{н.б} = 50$ °С.

$t_{н.с}$ - температура зовнішнього середовища, $t_{н.с} = 25$ °С.

$$Q_1 = 5 \cdot 1,7(50 - 25) = 212,5 \text{ кДж/кг.}$$

Тепловитрати на нагрів вологи, яка виходитиме із продуктів визначається за формулою:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = W \cdot C_g (t_{н.г} - t_k), \quad (3.3)$$

де C_g - теплоємність вологи (води), $C_g = 4,186$ кДж/кг;

$t_{н.г}$ - кінцева температура вологи, дорівнює температурі продукту та позначається перед входом у повітропровід.

$$l_t = \frac{L}{W} = \frac{1000}{d_2 - d_{cm}}. \quad (3.4)$$

Значення d_2 та d_{cm} визначаємо за $I - d$ діаграмою вологого повітря [1].

Тоді за формулою l_t одержимо:

$$l_t = \frac{1000}{26 - 20} = 166,6 \text{ кг повітря/кг вологи.}$$

$$\frac{\Delta}{l_{cm}} = \frac{212,5}{416} = 0,5.$$

Дійсний процес сушки за $I - d$ діаграмою у джерелі [1]. Від довільної точки на лінії В-С відкладається відрізок по вертикалі:

$$cE = ef \frac{\Delta}{m}, \quad (3.5)$$

де $m = 1000 \frac{m_1}{m_d}$ та проводиться з точки В₁ - відрізок дійсного значення процесу

В₁С₁ до визначеного значення t_2 .

Величина відрізка $cE = ef \frac{\Delta}{m}$, де $m = 1000 \frac{m_3}{m_d}$.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши $m_3 = 0,89$ $m_d = 0,44$. $ef = 27$ мм і знаходиться cE .

$$cE = 27 \frac{83,3}{200} = 1,12 \text{ мм.}$$

Процес у повній сушці визначається лінією AMB_1C_1M .

В сушці дійсній при рециркуляції дозволяється скорочувати витрати тепла. З рівняння трикутників ABC та MB_1C_1 . бачимо, що $\frac{AB}{DC} > \frac{MB_1}{DC_1}$, а це означає, що витрати тепла без рециркуляції більші.

Витрати повітря, що вийшло у зовнішнє середовище визначається за формулою:

$$l_{c.с} = \frac{1000}{d_2 - d_0}. \quad (3.6)$$

$$l_{c.с} = \frac{1000}{25,5 - 14} = 86,2 \text{ кг повітря/кг.}$$

Витрати вологи і витрати усього повітря, що циркулює у побутовій тепловій камері визначається за формулою:

$$l_{cm} = \frac{1000}{d_2 - d_{cm}}. \quad (3.7)$$

$$l_{cm} = \frac{1000}{25,6 - 20} = 178,5 \text{ кг повітря/кг вологи.}$$

Загальна кількість повітря, що витрачається на сушіння продуктів у побутовій тепловій камері.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = l_{cm} \cdot W \quad (3.8)$$

$$L = 178,5 \cdot 0,5 = 246,7 \text{ кг повітря/г.}$$

Перевірка результату здійснюється за формулою:

$$L = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{C_{c.n} + \frac{C_n - d_{cm}}{1000}(t_2 - t_y)} \quad (3.9)$$

де $C_{c.n}$ - теплоємність повітря сухого, $C_{c.n} = 1 \text{ кДж/кг}$;

C_n - теплоємність водяної пари, $C_n = 1,96 \text{ кДж/кг}$;

t_2 - температура повітря, яке надходить у теплову камеру, °С;

t_y - температура повітря, яке виходиться теплової камери, °С.

$$L = \frac{215,5 + 261,5 + 5949}{1 + \frac{1,96 - 20}{1000}(65 - 50)} = 212 \text{ кг повітря/г.}$$

Підставивши в формулу значення d_y та d_n знаходимо:

$$Q_5 = 2,5(240 + 0,47 \cdot 20) \frac{50 - 40}{25,6 - 20} = 4555,2 \text{ кДж/г.}$$

Сумарна витрата тепла для побутової теплової камери буде:

$$Q_c = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + A \quad (3.10)$$

де A - витрати тепла, які були не враховані в розрахунках, приймаємо близько $A = 5$ відсотків від Q_c .

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_c = 212,5 + 261,6 + 5949 + 549 = 11527 \text{ кДж/г.}$$

Величину сумарних витрат тепла під час сушіння перевіряємо за формулою:

$$Q_c = L_0(I_2 - I_3), \quad (3.11)$$

де I_2 - теплоутримання гарячого повітря нагрітого до температури $t_2 = 65^\circ\text{C}$.

I_3 - теплоутримання зовнішнього повітря, що поступає у сушку, $t_3 = 40^\circ\text{C}$.

Підставивши значення у формулу 3.11 визначимо сумарні витрати:

$$Q_c = 446,2(118 - 92) = 11601,2 \text{ кДж/г.}$$

3.2 Розрахунок робочого об'єму побутової теплової камери

Розміри побутової теплової камери залежать від інтенсивності процесу теплообміну, що в ній відбувається.

Загальна кількість тепла, що споживається за секунду під час процесу сушіння, визначається рівнянням 3.12.

Від загальної кількості теплоти (витрати тепла на обігрів транспортного обладнання, стелажів, лотків, середовища) віднімемо кількість теплоти, що передається за секунду сухому матеріалу в робочому об'ємі камери нагріву.

$$Q = Q_0 - W(q_{mp} + q_n) \quad (3.12)$$

При сушінні формованих виробок чи у інших випадках, коли визначений зв'язок теплообмінної поверхні з вагою матеріалу, розраховуємо коефіцієнт те-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плової віддачі α та поверхню теплообміну за формулою:

$$S_T = \frac{Q}{\alpha \cdot \Delta t_{cp}} \quad (3.13)$$

де Δt_{cp} - середній температурний тиск, °С.

Робочий об'єм теплообмінника вибирається за умови розміщення в ньому виробу або матеріалу розрахункової площі теплообміну.

В інших випадках об'ємний коефіцієнт теплопередачі α_v або об'ємний коефіцієнт тепломасопередачі K_v використовують для безпосереднього розрахунку робочого об'єму теплової камери.

Щоб обчислити роботу осушувача V_p , використовуйте рівняння теплопередачі від осушувача до продукту або матеріалу.

$$V_p = \frac{Q}{\alpha \cdot \Delta t_{cp}} \quad (3.14)$$

Інтенсивність теплообміну в термокамері характеризується питомою продуктивністю кількості роботи до залишкової вологи у виробі або матеріалі і визначається таким співвідношенням:

$$A_v = \frac{W}{V_p} \quad (3.15)$$

Об'ємний коефіцієнт тепломасообміну K_v розраховують за показниками продуктивності пристроїв, що працюють з обігрівом [1]. Це багато в чому залежить від гігроскопічних властивостей і кінцевої вологості продукту або матеріалу, що висушується.

Середній температурний тиск розраховується за такою формулою:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{\lg\left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}}\right)} \quad (3.16)$$

$$\Delta t_{\delta} = t_1 - \Theta_m \quad \Delta t_m = t_2 - \Theta_m \quad (3.17)$$

де t_1, t_2 - температура сушильного агента відповідно - на вході і виході з сушарки. $t_1 = 65^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 50^{\circ}\text{C}$.

У більшості випадків, температуру матеріалу Θ_m можна вважати рівною температурі за вологим термометром t_m . Це можна визначити за допомогою діаграми I-X на основі параметрів осушувача на вході та виході осушувача [1].

$$\Delta t_{cp} = \frac{63 - 51}{\lg\left(\frac{63}{51}\right)} = 15^{\circ}\text{C}.$$

За розрахунками приведеними в підрозділі 3.1, приймаємо загальні втрати тепла Q.

З [1] вибираємо коефіцієнт тепловіддачі α , підставляємо у формулу 3.15 і отримуємо робочий об'єм побутової теплової камери.

$$V_p = \frac{11601,2}{8 \cdot 15} = 0,96 \text{ м}^3.$$

3.3 Розрахунок теплових елементів побутової теплової камери

Потужність ТЕНу повинна бути трохи більшою за потужність максимально можливих теплових втрат при низькій температурі поза камерою нагріву. Коли зовнішня частина нагрівальної камери стає гарячою, існує ризик перегріву (якщо камера використовується як інкубатор) і надмірного висихання продукту (якщо

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагрівальна камера використовується як інкубатор).

Потужність теплових трубчатих нагрівачів (ТЕНів) визначаємо за формулою:

$$P = W \cdot F \quad (3.18)$$

де W - питома поверхнева потужність нагрівального елемента, Вт/см²

F - поверхня теплопередачі (активна поверхня нагрівача), м².

Знаючи розрахункову потужність нагріву $Q_c = 9600,2$ кДж/г чи $Q_c = 1222$ Дж/с, можна визначити установочну потужність нагрівного елемента.

$$P_{уст} = K \cdot P_{роз.г}, \quad (3.19)$$

де K - коефіцієнт запасу, який ураховує потребу у збільшенні потужності через тривале використання ТЕНА, можливість зниження напруги, та збільшення витрат у процесі експлуатації, $K = 1,1 \dots 1,3$. Приймаємо $K = 1,11$.

$$P_{уст} = 1,11 \cdot 1222 = 1356 \text{ Вт.}$$

Приймаємо потужність нагрівального елемента

$$P_{уст} = 1500 \text{ Вт.}$$

За знайденою потужністю, визначаємо поверхню теплопередачі, тобто поверхню нагрівального елемента (ТЕНа).

$$F_{акт} = \frac{P_{уст}}{10W_{дод}}, \quad (3.20)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $W_{\text{доо}}$ - максимальне значення навантаження, $W_{\text{доо}} = 1,5$.

$$F_{\text{акт}} = \frac{1,4}{10 \cdot 1,5} = 0,1 \text{ м}^2.$$

Знаходимо необхідну кількість нагрівальних елементів за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{акт}}}{F_{1\text{акт}}} \quad (3.21)$$

де $F_{1\text{акт}} = \pi d_n \cdot l_n \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; d_n - діаметр нагрівального елемента (трубки), мм; l - довжина нагрівального елемента, м.

$$n = \frac{F_{\text{акт}}}{\pi \cdot d \cdot l_{\text{акт}} \cdot 10^{-3}}. \quad (3.22)$$

Крім того, знайдена кількість нагрівальних елементів повинна відповідати співвідношенню:

$$n = \frac{P_{\text{уст}}}{P_1}, \quad (3.23)$$

де P_1 - потужність одного встановленого нагрівального елемента.

Виходячи, із цих двох параметрів за каталогами обираємо тип нагрівального елемента.

Нагрівальний елемент ТЕН - 85/0,4 S220 має такі характеристики: $P_1 = 1,4$ кВт; $d_n = 13$ мм; $l = 0,85$ м.

$$n = \frac{1,5}{1,4} = 1,07 \text{ штук.}$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По критичному навантаженні, кількість нагрівачів має бути не меншим ніж n .

$$n = \frac{0,1}{3,14 \cdot 13 \cdot 0,85 \cdot 10^{-3}} = 2,8 \text{ штуки.}$$

Так як при навантаженні, умови виконуються остаточно то приймаємо для побутової теплової камери ТЕН- 85 А13/0,4 S220 ГОСТ 132Е8-88 у кількості три штуки.

3.4 Розрахунок вентиляційної системи теплової камери

Під час сушіння продуктів у термостатичних камерах, для покращення сушіння продуктів, а також у разі використання термостатичних камер для культивування, необхідно здійснювати примусове спрямування потоку.

Подача теплого повітря до продукту, постійне провітрювання об'єму камери, в якій розміщені яйця Нормальний склад повітря в камері забезпечується обміном від 4 до 9 разів на годину.

Для охолодження може знадобитися примусовий повітрообмін у камері нагріву, щоб видалити надлишок тепла з камери нагріву.

Швидкість руху повітря в камері нагріву повинна бути 2 м/с або більше. Напрямок потоку повітря різний. В обох випадках примусова вентиляція повинна забезпечувати хороше перемішування повітря.

Погана циркуляція повітря в камері опалення створює температурні зони.

Щоб забезпечити підтримку рекомендованої швидкості повітрообміну в термокамері, ми рекомендуємо використовувати змішаний тип вентиляції.

Повітря в нагрівальній камері переміщується природним і механічним шляхом до припливного та витяжного повітря.

Для розрахунку параметрів системи вентиляції термокамери задайте наступні вихідні дані: швидкість руху повітря в режимі природної вентиляції – 0,4

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

м/с; швидкість руху повітря в режимі примусової вентиляції – 2 м/с; рекомендована частота повітрообміну в термокамері не менше 4 разів.

Визначити об'єм вентиляційного повітря запропонованого типу вентилятора з діаметром отвору дифузора 50 мм.

Розрахунок виконується за формулою .

$$V = A_x \cdot B_x \cdot 3600 \quad (3.24)$$

де A_x - площа вентиляційних отворів у камері, м² ;

B_x - швидкість руху повітря у тепловій камері, м/с.

Сумарна площа вентиляційних отворів в корпусі теплової камери складає, $A_x = 0,00047 \text{ м}^2$.

Із попереднього підрозділу, вибираємо об'єм теплової камери і він складає $V_k = 0,96 \text{ м}^3$.

Підставивши значення в формулу (3.24) знаходимо вентиляційний об'єм повітря:

Для режиму природної вентиляції будуть такі параметри $V_{0,4} = 0,00047 \cdot 0,4 \cdot 3600 = 0,68 \text{ м}^3$.

Для режиму примусової вентиляції будуть такі параметри $V_2 = 0,00047 \cdot 2 \cdot 3600 = 3,4 \text{ м}^3$.

Розділивши величину вентиляційного об'єму повітря V на об'єм теплової камери V_k , одержуємо кратність обміну повітря:

$$N = \frac{V}{V_k}, \quad (3.25)$$

де V - вентиляційний об'єм., м³/год;

V_k - об'єм побутової теплової камери, м³.

Для режиму природної вентиляції буде $N = 0,68/0,96 = 0,78$ год.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для режиму примусової вентиляції буде $N = 3,4/0,96 = 3,5$ год.

За формулою визначаємо продуктивність вентиляційного пристрою камери побутової:

$$L = V_k \cdot N. \quad (3.26)$$

$$L = 0,96 \cdot 4 = 3,84 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За визначеною продуктивністю за (ф.3.26) із відповідних інформаційних джерел вибираємо тип осьовий вентилятор. Bahçivan ВК 200 [16].

Аналізуючи результати проведених розрахунків робимо висновок, що запропонована для використання система вентиляції, здатна забезпечити підтримання необхідного рівня вентиляції побутової теплової камери та ефективного видалення відпрацьованого повітря із повітряного об'єму побутової теплової камери.

3.5 Розрахунок конструктивних складових механізму переміщення полиць побутової теплової камери

Розрахунок розміру кривошипа і повзуна кривошипно-повзунного механізму переміщення полиць виконується геометрично. Синтез механізму та визначення невідомих лінійних параметрів кривошипа 1, шатуна 2 та ходу штока 3 (рисунок 3.1).

Розрахунок ходу повзуна 3 механізму переміщення S , залежно від кута повороту кривошипа 1 визначається за формулою 3.27 [21].

$$S = R \left[(1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\varphi) \right], \quad (3.27)$$

де φ - кут повороту кривошипа механізму; λ - співвідношення, яке декретує

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежність між значенням величиною кривошипа та повзуна, $\lambda = 0,22 \dots 0,26$; R - радіус кривошипа.

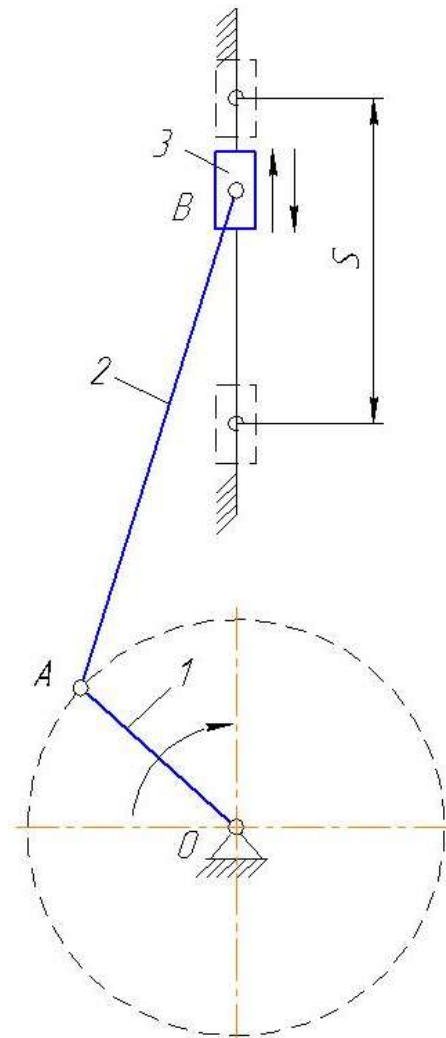


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд кривошипно-повзунного механізму переміщення полиць побутової теплової камери

Коли полиці рухаються вперед-назад, продукти в лотках (яблука, груші, яйця тощо) повинні періодично обертатися на 180° навколо своєї осі. Тому умовно приймемо переміщення повзуна S_x за умови, що при повороті кривошипа на 180° виріб проходить по траєкторії, яку показує рівняння:

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = 2\pi \cdot r, \quad (3.28)$$

де r - опосередкований радіус продукту, що підлягає сушці $r = 20 \dots 24$ мм.

$$L = 2 \cdot 3,14 \cdot 24 = 150,7 \text{ мм.}$$

Визначаємо радіус кривошипа 1 за формулою:

$$R = \frac{S}{2}, \quad S = L. \quad (3.29)$$

$$R = \frac{150,7}{2} = 75,35 \text{ мм.}$$

Довжина шатуна 2 знаходиться із формули:

$$l = \frac{R}{\lambda}. \quad (3.30)$$

$$l = \frac{0,075}{0,22} = 0,34 \text{ мм.}$$

Визначаємо число обертів кривошипа 1 за формулою:

$$n = \frac{30 \cdot 2,3}{0,150} = 460 \text{ об/хв,} \quad (3.31)$$

де V - швидкість руху повзуна механізму приймаємо 2,3 м/с [21].

Розрахунок ходу повзуна 3 механізму проводимо для значень і межах від 0 до 360 із кроком 10, а результати записуємо у таблицю 3.1.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Результати розрахунків переміщення повзуна механізму

Кут повороту кривошипа	Переміщення повзуна S , мм	Кут повороту кривошипа	Переміщення повзуна S , мм	Кут повороту кривошипа	Переміщення повзуна S , мм
10°	0,78°	140°	74,46°	270°	46,24°
20°	3,09°	150°	77,69°	280°	38,98°
30°	6,81°	160°	80,00°	290°	31,62°
40°	11,77°	170°	81,38°	300°	24,45°
50°	17,74°	180°	81,84°	310°	17,74°
60°	24,45°	190°	81,38°	320°	11,77°
70°	31,62°	200°	80,00°	330°	6,81°
80°	38,98°	210°	77,69°	340°	3,09°
90°	46,24°	220°	74,46°	350°	0,78°
100°	53,18°	230°	70,35°	360°	0°
110°	59,61°	240°	65,37°	°	°
120°	65,37°	250°	59,61°	°	°
130°	70,35°	260°	53,18°	°	°

Висновки до розділу 3

У цьому розділі здійснено розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції побутової теплової камери. Зокрема, розраховано тепловий баланс побутової теплової камери при сушінні продуктів.

Пораховано робочий об'єм теплової камери. Зроблено розрахунок теплових елементів та вентиляційної системи побутової теплової камери. Здійснено розрахунок конструктивних складових механізму переміщення полиць у побутовій тепловій камері.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи здійснюється огляд та аналіз існуючих технологічних процесів та технічних рішень застосування побутових теплових камер. Наведено технічні вимоги до використання побутових теплових камер. Здійснено огляд та аналіз існуючих конструкцій пристроїв, що працюють із застосуванням технології нагрівання..

У другому розділі було розроблено систему контролю характеристик температури та вологості нагрівальної камери. Було розроблено структурну схему, а потім макетну плату з використанням програмного середовища Fritzing. Підібрані необхідні елементи і на їх основі можуть створюватись промислові зразки.

У третьому розділі виконано розрахунки для перевірки доцільності проектування побутової теплової кімнати. Зокрема, розраховувався тепловий баланс камери нагріву під час сушіння продукту. Розраховано робочий об'єм термостатичної камери. Виконано розрахунки теплових елементів та системи вентиляції термокамери. Розраховано конструктивні елементи механізму переміщення полиць у термостатичній камері.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік джерел посилань

1. Енергоефективні технології та техніка сушіння харчової сировини : навч. посібник / М. І. Погожих, В. О. Потапов, А. О. Пак, М. В. Жеребкін. – Х.: ХДУХТ, 2016. – 234 с.
2. Описання винаходу до патенту № 981115 А 23 L 3/32. Пристрій для зберігання овочів і фруктів. Михайлов В.С., Михайличенко О.В.
3. Описання винаходу до патенту № 971230 А 23 Е 3/32. Камера для зберігання фруктів і овочів. Молдован Д.А., Щербань О.Г.
4. Описання винаходу до патенту № 1773364 А 23 В 4/044. Пристрій для копчення харчових продуктів. Бондар С.В., Дмитрук Л.О.
5. Описання винаходу до патенту № 1783969 А 23 В 4/04. Пристрій для сирокпчення м'ясних і рибних продуктів. Малишев С.С., Олійник С.В.
6. Описання винаходу до патенту № 1755767 А 23 В 4/044 . Пристрій для копчення харчових продуктів.
7. Описання винаходу до патенту № 1126782 А 23 В 4/044. Шафа сушильна. Сиротюк В.В, Чиж О.О.
8. Описання винаходу до патенту № 1209127 А 01 К 41/00. Інкубатор. Іванова О.В., Остапчук С.О.
9. Описання винаходу до патенту № 1391554 А 01 К 41/00. Інкубатор. Дячук Г.В., Петров О.В.
10. Описання винаходу до патенту № 873995 А 01 К 41/00. Пристрій для перевертання яєць в інкубаторі. Корчинський В.С.
11. Сайт «Микроел». Код доступу: <https://microel.info/incubators/incubator-1000>.
12. Сайт для радіолюбителів DeRex. Код доступу: <http://sokol.radioliga.com/15.htm>.
13. Ремонт і обслуговування побутових машин і приладів: Уч. посібник для проф. освіти / С.П.Петросов, В.А.Смоляниченко, В.В.Левкин та інших. – К.: Ви-

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

давництво центр "Академія", 2003. – 320с.

14. Діагностика й сервіс побутових машин і приладів: Підручник для проф. освіти / С.П.Петросов, С. Альохін, А.В.Кожемяченко та інших. – К.: Видавничий центр "Академія", 2003. – 320с.

15. Проектування ремонтних та технологічних цехів галузі: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт для студентів напряму підготовки «Машинобудування» Г.Б.Параска, С.В.Смутко, С.П.Лісевич. - Хмельницький: ХНУ, 2010. – 63 с.

16. Olvent – вентиляція и обігрів. Каталог товарів. Код доступу: <https://olvent.ua/bahcivan-bk-200/>.

17. Теорія механізмів і машин: тлумачний словник / І. П. Гречка, А. О. Зарубіна, М. А. Ткачук, О. В. Устиненко. – Харків : ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 56 с

18. Теплові насоси та їх застосування: Навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / О. П. Піддубняк, Р. Жилла, О.С. Поліщук, М.Є.Скиба, С.П. Лісевич, С.В.Каретний – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 146 с.

19. Методичні вказівки до лабораторних робіт з вивчення програмно-апаратного комплексу LabVIEW для студ.спец. «Галузеве машинобудування», «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / С.В. Смутко, П.С.Майдан, С.П. Лісевич. – Хмельницький: ХНУ, 2018. – 108 с.

20. Інноваційні, енерго- та ресурсозберігаючі технології галузі: методичні вказівки до вивчення дисципліни для здобувачів вищої освіти ОНР «доктор філософії» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / упоряд.: О.С.Поліщук, М.Є.Скиба, С.П.Лісевич, О.О.Коротич, В.О.Харжевський. Хмельницький : ХНУ, 2021. 212 с.

21. Кіницький Я.Т., Харжевський В.О., Марченко М.В. Теорія механізмів і машин в системі Mathcad: навч.посібник /Я.Т. Кіницький, В.О. Харжевський, М.В. Марченко. – Хмельницький: ХНУ, 2014. – 295 с.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		