

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин**

«На правах рукопису»
УДК 621.9:697.326

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО
«__» грудня 2021 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи
інженерного дизайну»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: «Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення
теплової тумби»**

Виконав:

студент II курсу, групи МІ-01мп
Кузьменко Андрій Віталійович

Науковий керівник:

доцент, к.т.н.

Слободянюк Іванна Валентинівна

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи інженерного дизайну»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО**

«01» листопада 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Кузьменко Андрію Віталійовичу

1. Тема дисертації «Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення теплової тумби», науковий керівник дисертації Слободянюк Іванна Валентинівна, к.т.н, затверджені наказом по університету від 01 листопада 2021 р. № 3611-с

2. Термін подання студентом дисертації: 13 грудня 2021р.

3. Об'єкт дослідження: Тумба тепла.

4. Вихідні дані: матеріал нагрівання - кераміка, потужність до 25 кВт, температурний режим від 30°C до 90°C.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз існуючих конструкцій тумб теплових; розробка загальної конструкції та дизайну тумби теплової; розрахунок основних конструктивних параметрів; розробка конструкторсько-технологічної документації; дослідження теплових потоків; модернізування загальної конструкції; виготовлення прототипу; розробка стартап-проекту.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: аналіз існуючих конструкцій тумб; базова конструкція тумби; технічний

процес збирання тумби; модернізація базової конструкції; порівняння двох конструкцій; дослідження розсіювання тепла по внутрішньому простору тумби.

7. Консультанти розділів дисертації.

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

8. Дата видачі завдання 02 вересня 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз існуючих конструкцій	02.12.2020	
2	Аналіз технологій нагрівання, матеріалу з якого виготовляють вироби	10.02.2021	
3	Розрахунок габаритних розмірів, проектування прототипу базової конструкції	20.05.2021	
4	Розрахунок нагрівальних елементів	22.06.2021	
5	Модернізація базової конструкції під сучасне виробництво	01.11.2021	
6	Виготовлення функціонального виробу	20.11.2021	
7	Оформлення дисертації та підготовка презентації доповіді	08.12.2021	

Студент

Андрій КУЗЬМЕНКО

Науковий керівник

Іванна СЛОБОДЯНЮК

АНОТАЦІЯ

Кузьменко А.В. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення теплової тумби

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ, 2021.

В результаті виконаної роботи була розрахована та спроектована конструкція тумби теплової за технічним завданням замовника.

Розроблена унікальна система нагрівання та циркуляції повітря, що дозволяє рівномірно розподіляти теплові потоки по всьому внутрішньому просторі тумби.

Для спроектованої тумби було розраховано систему для швидшого нагрівання потрібного об'єму повітря з урахуванням можливості заміни всіх компонентів кваліфікованими робітниками.

Також розроблений базовий технологічний процес виготовлення та складання всіх елементів тумби теплової. Провівши дослідження навантажень, було виготовлено та проаналізовано прототип. Виправши недолі конструкції було розроблена модернізована конструкція та відкоригований технічний процес та процес складання.

Провівши порівняння двох конструкцій було встановлено що модернізована конструкція «виграє» у базової за такими параметрам як: швидкість виготовлення комплектуючих, швидкість збирання, собівартість, точність позиціонування комплектуючих деталей.

Проведено аналіз розсіювання теплових потоків по всьому внутрішньому просторі тумби.

Ключові слова: тепла тумба, проектування, дизайн, технологія виготовлення, тен, теплові потоки.

ABSTRACT

Kuzmenko AV Design and technological support for the manufacture of thermal cabinets

The dissertation on competition of a scientific degree of the master on a specialty 131 - Applied mechanics. National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". - Kyiv, 2021.

As a result of the work performed, the design of the thermal cabinet was calculated and designed according to the customer's wishes.

A unique system of heating and air circulation has been developed, which allows to evenly distribute heat flows throughout the internal space of the cabinet.

For this cabinet, a heating system was designed to heat the required volume of air faster, taking into account the possibility of replacing all components by skilled workers.

Also the basic technological process of manufacturing and assembly of all elements of a thermal curbstone is developed. After studying the loads, a prototype was made and analyzed. After correcting the design flaws, an upgraded design was developed and the technical and assembly process was slightly adjusted.

After comparing the two designs, it was found that the upgraded design "wins" in the base on such parameters as: speed of manufacture of components, speed of assembly, cost, accuracy of positioning of components.

The analysis of heat flux scattering throughout the inner space of the cabinet is carried out.

Key words: heat cabinet, design, design, manufacturing technology, heat exchanger, heat fluxes.

РЕФЕРАТ

Актуальність дослідження. У наші дні актуальним є питання полегшення та покращення умов праці та продуктивності людини. Ці питання можна вирішити підвищенням ергономічних, органолептичних та технологічних характеристик обладнання. Основною проблемою при використанні обладнання в закладах харчування є те що залежно від технологічного процесу (приготування їжі), компоновки, дизайну та інших особливостей воно повинно виконувати задані функції. Широкого використання набуло теплове обладнання, яке дозволяє в заданому діапазоні температур підтримувати готову продукцію.

Сутність проблеми полягає в тому, що для кожного замовника потрібно розробляти новий проект. Тому для вирішення цієї проблеми необхідно розробити конкурентоспроможну та універсальну конструкцію тумби теплової, яка б характеризувалася високою ергономічністю та технологічністю.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертації є розробка конструкції та технології виготовлення тумби теплової з покращеними техніко-експлуатаційними характеристиками.

Для досягнення мети було необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз конструкцій теплового обладнання підприємств громадського харчування.
2. Проаналізувати технологій нагрівання.
3. Синтезувати нову конструкцію тумби теплової.
4. Розробити конструкцію тумби теплової.
5. Провести інженерні розрахунки розробленої конструкції.
6. Розробити технологію виготовлення та збирання тумби теплової.

Об'єкт дослідження – тумба тепла

Предмет дослідження – розроблення конструкції теплової тумби

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач було використано основні знання з теоретичних основ теплотехніки,

матеріалознавства, математичного моделювання, інженерних розрахунків з використанням CAD/CAM систем.

Наукова новизна отриманих результатів.

Розроблено конструкторсько-технологічну документацію теплової тумби для підприємств громадського харчування.

Вперше проведено інженерні розрахунки по втраті тепла на обладнанні харчової промисловості.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблена конструкція теплової тумби виготовляється на підприємстві (акт практичного використання Додаток)

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 29 найменувань, 32 рисунків та 67 таблиць. Основний текст дисертації викладено на 109 стор. Повний обсяг становить 119 стор.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТУМБ ТЕПЛОВИХ.....	10
1.1 Класифікація теплового обладнання підприємств громадського харчування	10
1.2 Вимоги до теплових апаратів підприємств громадського харчування	13
1.3 Матеріали для харчової промисловості	16
1.4 Огляд існуючих конструкцій теплового обладнання	18
1.5 Технології нагрівання в харчовій промисловості	24
1.6 Аналіз ринку.....	27
2. ПРОЄКТНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ТУМБИ	30
2.1 Вибір та обґрунтування матеріалу	30
2.2 Розрахунок гарячого цеха	33
2.3 Розрахунок тумби теплової	39
2.4 Визначення корисного використання тепла	44
2.4.1 Режим розігріву (нестационарний).....	45
2.4.2 Стационарний режим	46
2.4.3 Визначення витрат тепла у навколишнє середовище.....	47
3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕРМОСТАТИЧНОЇ ТУМБИ.....	64
3.1 Базовий технологічний процес.....	64
3.2 Технологічне оснащення	65
3.3 Технологічне пристосування для зварювання.....	74
3.4 Процес складання	77
4. МОДЕРНІЗАЦІЯ.....	81
4.1 Розрахунок заклепувального з'єднання	84
5. СТАРТАП ПРОЄКТ	89
5.1 Ідея проєкту.....	89
5.2 Розробка ринкової стратегії продукту.....	97
5.3 Маркетингова програма стартап-проєкту.....	99

Список використаних джерел	103
ДОДАТОК А. Матеріали презентації	106

ВСТУП

Широкого розповсюдження набули кухні громадського харчування (ресторани, кафе, бар) оснащенні спеціальним обладнанням, яке спрощує та пришвидшує процес приготування їжі. Тенденції розвитку спрямовані на заміну ручної праці людей на техніку. На підприємствах громадського харчування використовуються різні види і моделі теплового обладнання. Основні види теплового обладнання можна класифікувати за:

- призначенням;
- джерелом підігріву;
- способом прогріву.

Процеси нагрівання можуть виконуватися поверхневим, змішаним і прямим способом. При поверхневому нагріванні в обладнанні (печі, котли) повинна бути наявна спеціальна перегородка. До змішаної групи відноситься обладнання (пароварки, духові шафи), яке безпосередньо впливає на температуру продукту водонагрівачі. Для приготування страв використовується загальне обладнання. Однак постає проблема в тому щоб підтримувати відповідну температуру готової продукції, в таких випадках використовують спеціальне теплове обладнання. За джерелом енергії теплове обладнання поділяється на газове, парове, електричне.

До спеціального обладнання, яке використовується у закладах громадського харчування висувається ряд вимог, таких як міцність, довговічність, функціональність та висока продуктивність у використанні. Таке обладнання використовується при високих температурах і вологості, тому матеріали з яких виготовляється повинні бути якісними і витримувати відповідні навантаження. Обов'язково теплове обладнання повинно відповідати експлуатаційній документації та санітарним вимогам, нормам технічного оснащення закладів громадського харчування.

Залежно від профілю та концепції підприємства громадського харчування, теплове обладнання являється найбільш ресурсозатратним та

дорогих. Тому актуальним є розроблення енергоефективних конструкцій теплових тумб, які здатні в заданому діапазоні температур підтримувати готову продукцію. Особливі вимоги, які висувається до такого обладнання показують необхідність при конструюванні та виготовленні використовувати сучасні матеріали, можливості CAD\CAM систем для аналізу та проведення інженерних розрахунків

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТУМБ ТЕПЛОВИХ

1.1 Класифікація теплового обладнання підприємств громадського харчування

Теплове обладнання підприємств громадського харчування можна класифікувати наступним чином:

- 1) за організаційно-технічними ознаками;
- 2) за функціональним або технологічним призначенням;
- 3) за конструктивними особливостями;
- 4) за способом теплообміну;
- 5) за видами джерел теплоти і теплоносіїв;
- 6) за зміною параметрів процесу в часі;
- 7) за ступенем спеціалізації.

За організаційно-технічними ознаками розрізняють теплові апарати безперервної або періодичної дії та комбіновані. В апаратах безперервної дії приготування їжі здійснюється в безперервному циклі, тобто завантаження сировини, приготування виробу і його вивантаження відбуваються одночасно.

Успішний розвиток обладнання громадського харчування може бути здійснено лише за умови розробки та широкого впровадження апаратів безперервної дії, так як вони дозволяють різко підвищити продуктивність праці, скоротити виробничі площі, поліпшити умови роботи обслуговуючого персоналу.

Апарати безперервної дії легко автоматизувати. В апаратах періодичної дії завантаження сировини, приготування їжі і вивантаження готового виробу роз'єднані в часі. Як правило, найбільш тривалим є процес приготування їжі.

Ці апарати важче автоматизувати, їх обслуговування вимагає значних витрат праці. До апаратів комбінованої дії відносяться ті з них, в яких частина процесів здійснюється періодично, а частина відбувається безперервно [23].

За функціональним або технологічним призначенням теплові апарати можна розділити:

- для варіння (в киплячій рідині або на пару);
- для смаження або випікання (на нагрітій поверхні, в середовищі гарячого повітря, у великій кількості харчового жиру, в полі інфрачервоного випромінювання і т.д.);
- апарати для реалізації комбінованих теплових кулінарних процесів (гасіння, запікання, припускання, бланшування і т.д.).

За функціональним (технологічним) призначенням виділяють групу теплового обладнання, призначеного для розморожування і розігрівання (підігрівання їжі, а також для підтримки постійної температури готових кулінарних виробів.

За ступенем спеціалізації апарати поділяють на одноцільові (спеціалізовані) (наприклад, жарочні або варильні, на яких можна проводити тільки один з цих процесів), вузькоспеціалізовані і багатоцільові (універсальні). До перших відносять апарати для реалізації одного процесу, але для всіляких харчових продуктів. Універсальні апарати призначені для здійснення будь-яких процесів теплової обробки їжі, пов'язаної з її нагріванням при обробці [23].

За конструктивними особливостями (ознаками) апарати поділяють на такі групи: секційні і несекційних, модульовані і немодульований. Більш прогресивними вважаються апарати секційного і модульованого типу, що складаються з окремих секцій і модулів.

Це дозволяє шляхом комплектації декількох секцій отримати тепловий апарат необхідної виробничої діяльності. Спеціальне модульне обладнання дозволяє скоротити при його установці на 12-20 % виробничу площу. Це обладнання простіше експлуатувати і обслуговувати.

За способом теплообміну можна виділити три основні групи апаратів, що працюють на принципі конвекції, випромінювання і теплопровідності.

Однак практично у всіх теплових апаратах ці способи перенесення теплоти співіснують, але проявляються в різному ступені. Іноді при

класифікації за цією ознакою апарати поділяють на апарати поверхневі, апарати безпосереднього впливу джерела теплоти на продукт і апарати, в яких здійснюється змішання нагрівається середовища з джерелом теплоти.

В апаратах першого типу обов'язково існує поверхня розділу між джерелом теплоти і нагрівальним елементом. Наприклад, продукт знаходиться в котлі, а джерело теплоти - поза ним. Такою поверхнею служить стінка котла. Переважна більшість теплових апаратів, які використовуються в громадському харчуванні, відноситься до поверхневих.

Як приклад апаратів, в яких відбувається безпосередній контакт джерела теплоти і нагрівального елементу, можна привести пароварні апарати.

За видом джерел теплоти і теплоносія виділяють апарати електричні, парові і вогневі. За виду теплоносія розрізняють апарати, які використовують воду, різні органічні і неорганічні рідини, розплавлені метали, пар, повітря і т. д.

За способом зміни параметрів процесів, що відбуваються в апаратах в часі, класифікують апарати, в яких процеси протікають по сталому (стаціонарному) і несталий (нестационарному) режимам. У першому випадку зміна параметрів, наприклад температури, в будь-якій точці не залежить від часу.

У несталому процесі температура в будь-якій точці залежить не тільки від координат, що характеризують її розташування в просторі, але і від часу. Для переважної більшості теплових апаратів, застосовуваних в громадському харчуванні, найбільш характерні процеси, що протікають в нестационарному режимі. Стаціонарні процеси в їх теперішньому вигляді реалізуються в неперервно-діючих апаратах [23].

1.2 Вимоги до теплових апаратів підприємств громадського харчування

Основні вимоги, що пред'являються до теплового обладнання підприємств громадського харчування, є загальними для більшості теплових апаратів.

Це технологічні, експлуатаційні, енергетичні, конструктивні, екологічні та економічні вимоги. Особливе місце займають вимоги, пов'язані з охороною праці обслуговуючого персоналу.

До технологічних вимог відноситься:

- забезпечення можливості приготування продуктів відмінної якості, що характеризується високою харчовою цінністю і безпечною для вживання;
- забезпечення такої теплової обробки, при якій втрати сировини і самого продукту мінімальні;
- забезпечення приготування продукту за якомога менший період часу.

Основні експлуатаційні вимоги:

- апарати повинні бути зручні і прості в обслуговуванні;
- під час приготування їжі повинна бути забезпечена можливість контролю основних параметрів і регулювання процесу в залежності від технологічних режимів;
- доступність всіх вузлів апарату для їх миття і санітарної обробки, а також профілактичного огляду і виконання поточного ремонту.
- повна безпека персоналу, що обслуговує обладнання.

До енергетичних вимог відноситься:

- робота обладнання в енергозберігаючих режимах (тобто при мінімальних витратах електроенергії, палива, пара і будь-яких інших джерел теплоти і теплоносіїв);
- повинні бути забезпечені пристроями або пристосуваннями, що регулюють кількість енергії, що підводиться в залежності від вимог технологічних режимів на різних етапах приготування їжі.

Основна характеристика енергоємності процесу, реалізованого в теплових апаратах, питома витрати енергії; питома витрата енергії; загальні витрати енергії на роботу апарату протягом усього виробничого циклу; кількість продукції, яке виражається в одиницях маси. З метою економії споживаної енергії апарати повинні мати теплову ізоляцію, істотно скорочує втрати теплоти в навколишнє середовище.

Конструктивні вимоги об'єднують всі інші вимоги, що пред'являються до теплового обладнання. При конструюванні враховуються технологія приготування їжі і умови експлуатації обладнання з урахуванням охорони праці обслуговуючого персоналу. При конструюванні машин і апаратів необхідно прагнути до мінімальної їх енергоємності. Однією з таких вимог є забезпечення низької матеріаломісткості (тобто маса металів і інших конструкційних матеріалів, які необхідні для виготовлення теплових апаратів, повинна бути мінімально можливою).

Для характеристики матеріаломісткості апаратів можна використовувати її питомий показник: питома матеріаломісткість обладнання по продукту; загальна маса обладнання, кількість продукції. Можна також питому матеріаломісткість апаратів відносити до їх об'єму.

Конструкція теплових апаратів повинна передбачати використання в них уніфікованих вузлів і деталей, легко замінних і доступних для ремонту. Оптимальною є конструкція, що складається з секцій або модулів.

До числа конструктивних вимог відносяться також умови транспортування обладнання та їх монтажу. Апарати, які мають великі габарити, що не відповідають розмірам звичайних транспортних засобів, повинні бути розбірними. Монтаж обладнання не повинен бути утруднений. При конструюванні теплових апаратів необхідно враховувати, що їх вузли і елементи, які мають безпосередній контакт з продуктом, повинні бути виготовлені з металів і матеріалів, що не шкідливі для продуктів, обслуговуючий персонал і навколишнє середовище.

Конструктивні вимоги включають в себе безвідмовність, довговічність і ремонтпридатність апаратів, що обумовлює їх надійність в експлуатації. Під безвідмовністю розуміють здатність апарату працювати без порушення його працездатності як в цілому, так і його частин. Довговічність являє собою властивість апарату зберігати високу працездатність до граничного стану, при якому використання апарату неможливо. Вона характеризується напрацюванням (тривалістю роботи) і ресурсом (терміном експлуатації), закладеними при конструюванні [23].

1.3 Матеріали для харчової промисловості

Розглядаючи процес взаємодії сировини і харчових продуктів з матеріалами з яких виробляють обладнання для харчової промисловості, враховуються три важливих фактори: нейтральність матеріалу по відношенню до оброблюваного харчового продукту (відсутність впливу харчового продукту на матеріал); нейтральність продукту до впливу на нього матеріалу; працездатність матеріалу з точки зору виконання вимог технологічного процесу.

Матеріали, які використовуються в технологічному обладнанні харчового виробництва, можна умовно розділити на чотири основні групи:

- конструкційні матеріали для деталей харчового обладнання, що не мають прямих контактів з харчовим сировиною або продуктами;
- матеріали для деталей обладнання, що мають безпосередній контакт з переробленою сировиною або харчовими продуктами;
- зовнішні захисні покриття для деталей, що мають контакт із сировиною, харчовими продуктами, миючими або дезінфікуючими засобами;
- пакувальні матеріали для споживчої і транспортної тари.

Широко використовуються, для виготовлення харчових машин і апаратів легована корозійно стійка сталь. Вибір конкретної марки сталі залежить від корозійних властивостей оброблюваних продуктів або хімічних засобів, що контактують з даним матеріалом. Найбільш широко поширеними марками нержавіючих сталей є аустенітні сталі: AISI-304, AISI-316 і AISI-316L. Дані корозійностійкі сталі мають високі гігієнічні, механічні і технологічні властивості [1]. Завдяки цим властивостям нержавіючі сталі є матеріалом, який схвалений як сировину для виготовлення обладнання для виробництва, зберігання і транспортування харчової продукції.

Також в харчовій промисловості широко використовуються кольорові метали та їх сплави: алюміній, титан, мідь, бронза, латунь та інші. Ці метали та сплави використовують: для виробництва основних і допоміжних деталей

харчових машин, механізмів і апаратів, для виготовлення трубопроводів і емнісного обладнання.

При використанні кольорових металів і сплавів застосовують спеціальні регламенти, які визначають дозволені або заборонені до застосування матеріали для кожного виду продукту. Наприклад, мідь дозволена до застосування в кондитерському обладнанні, але заборонена до застосування в технологічному обладнанні молочних заводів. Алюміній допускається до застосування в молочній промисловості в цілому, однак заборонено його використання в харчовому обладнанні, призначеному для виробництва молочних продуктів для дитячого харчування. Кольорові метали та сплави повинні проходити обов'язкову перевірку і отримувати дозвіл на їх застосування в технологічному обладнанні для виробництва конкретних видів харчових продуктів.

Різнманітні за складом і структурою харчові полімери використовують в харчовій промисловості, як: конструкційні матеріали або покриття для харчових машин і апаратів; таропакувальні матеріали; консервні лаки і емалі; ущільнювальні прокладки; рукава продуктопроводів; транспортерні стрічки; підшипникові вузли та інше.

Комплексна оцінка взаємодії харчових продуктів і різних матеріалів проводиться органами МОЗ та строго регламентується, з точки зору охорони здоров'я потенційного споживача. Для кожного виду харчового продукту визнаються матеріали, допущені або заборонені до контакту з ним, і відповідно, до застосування в процесі виробництва [1].

1.4 Огляд існуючих конструкцій теплового обладнання

Широкого розповсюдження, для зберігання продукції в готовому вигляді зі збереженням відповідної температури набули теплові столи. Візуально вони нагадують тумбу або теплову вітрину. Від звичайного предмету меблів ця поверхня відрізняється тим, що вона підтримує певну температуру (як правило, від 35 до 90 °C). Конструкція столу забезпечує рівномірне і плавне прогрівання, а спеціальні датчики стежать за тим, щоб температура була постійною. Завдяки цьому посуд або готова страва, поміщене на поверхню, довго не остигає. А значить, клієнт завжди буде отримувати гарячу і смачну їжу, незалежно від кількості людей і замовлень в кафе або ресторані.

Теплові шафи тумби доступні в конфігурації з одного, двох або трьох ящиків. Така тумба може поміститися в будь-якому місці, там, де готовий продукт повинен бути гарячим і перебувати в межах досяжності.

Оскільки теплові шафи тумби найчастіше відкриваються - закриваються, то під час такого інтенсивного використання однією з необхідних якостей повинна бути висока вандалостійкість.

Обладнання Alto-Shaam, одне з найпоширеніших, прикладом є тепла шафа-тумба 500-3D (рис. 1.1), яка складається з трьох ящиків. Об'єм - 16 кг на один ящик GN 1/1.

У теплових шафах, тумбах використовується технологія «теплової ковдри» - м'яке, ніжне тепло Halo Heat (запатентовано). Гнучка конфігурація - можна ставити тумби під обладнання, можна ставити їх одна на іншу, можна ставити на стільницю. Вологість продукту зберігається без додавання води. Немає відкритих тенів, відповідно немає конвекції, яка розбиває теплові плями від тена і при цьому сушить продукт. Для зберігання в шафі продуктів з хрусткою скоринкою, повертається заслінка на передній стороні ящика, щоб був відкритий доступ повітря. Дизайн теплових шаф продуманий так, щоб їх було легко мити [6].



Рисунок 1.1 – Теплова шафа-тумба 500-3D

Теплова шафа-тумба TTM Istoma Hold (рис. 1.2) призначена для підтримки готових страв теплими протягом тривалого часу на підприємствах громадського харчування [19].



Рисунок 1.2 – Теплова шафа-тумба TTM Istoma Hold

Особливості:

- система нагріву 3D Surround Heat забезпечує рівномірний розподіл тепла і підтримує в камері однакову температуру навколо продукту без примусової конвекції повітряного потоку;
- рівномірний розподіл тепла забезпечується завдяки нагрівальним елементам, які розташовуються по периметру камери. Такий метод зберігає природну вологість продукту і при цьому виключає використання

висушувальних вентиляторів для розподілу тепла та застосування парозволоження;

- шафа має інтуїтивно зрозуміле електромеханічне керування, яке включає термостат зберігання (від -30°C до $+95^{\circ}\text{C}$).

Характеристики:

- максимальне завантаження – 45 кг;
- в камері встановлено 10 пар напрямних під Гастроємності GN 2/1 з кроком 40 мм;
- внутрішній розмір камери 560x520x660мм;
- в комплект печі входять дві полиці-решітки, піддон, знімний жирозбірник і 4 поворотних колеса;
- висота шафи без коліс 730мм.

Шафа для підігріву TWK120 (рис. 1.3) використовується як нагрівач тарілок з можливістю вибору необхідної температури під різні страви. Матеріал виготовлення - нержавіюча сталь. Управління приладом механічне. Термостат для перемикавання температури від 35°C до 85°C . З індикатором роботи. Нагрівальні елементи шафи високої якості. Підігрівачем просто і зручно користуватися. Дві двостулкові дверцята попереджають втрати тепла. У шафі передбачено розміщення 120 тарілок. Підігрівач легко очищається [14].



Рисунок 1.3 – Шафа-тумба для підігрівання тарілок TWK120

Шафа тепла *GGM WSB1611* [8] (рис. 1.4) легко монтується, повністю виготовлені з нержавіючої сталі. Основні технічні характеристики:

- зовнішні розміри: 715 x 708 x 800 мм;
- простір для дека: 65 мм;
- листи / контейнери: 16 x GN 1/1 мм;
- максимальна температура: 90°C;
- загальна потужність: 1,65 кВт;



Рисунок 1.4 – Шафа тепла GGM WSB1611

Також для зберігання страв гарячим після приготування використовують марміти - харчова ємність, яка складається з полиць, стільниці, каркаса і конфорок. У мармітах за допомогою термостатів можна легко регулювати температуру, необхідну для страви, яке знаходиться всередині ємності. Деякі з них оснащують спеціальними захисними функціями, які попереджають нагрівання обладнання, всередині якого немає ні продуктів, ні рідин.

Зовнішній вигляд марміту *Lincat BS7W* [22] показано на рис. 1. 5. Він має круглу форму і монтується на столі, тип нагрівання водяний. Складається з 6 ємностей об'ємом по 4,5 л; оснащений термостатичним контролем температури, краном для зливу рідини. Габаритні розміри 750x611x324 мм, об'єм 27 л, вага 21,2 кг. Корпус виготовляється з нержавіючої сталі марки 430.



Рисунок 1.5 - Марміт Lincat BS7W

На ринку представлені марміти з сухим типом нагрівання, які монтуються на столі. Одним із поширених представників є *Lincat BM7* [21] (рис. 1.6), який складається з 7 прямокутних ємностей. Габаритні розміри 750x611x290 мм, вага 15,3 кг



Рисунок 1.6 - Марміт Lincat BM7

Пароконвектомат – це вид професійного кухонного теплового обладнання, який використовує різні режими поєднання пари та примусової конвекції для приготування їжі. Пароконвектомат *HOUNÖ Visual Cooking C 1.06* [5] (рис. 1.7) має габаритні розміри 899x831x795 мм, вага 150 кг, автоматичну систему очищення, функцію автоматичного готування. Продуктивність 90 порції; відстань між рівнями 65 мм. Двері розміщено ліворуч, мають подвійне скло для збереження тепла. Корпус виготовлено з нержавіючої сталі AISI 304. Панель керування електромеханічна.

Режими роботи:

- Гаряче повітря (30-300 °C);
- Пар з уприскуванням пара (30-130 °C);

- Розігрів (30-180 ° C);



Рисунок 1.7 - Пароконвектомат HOUNÖ Visual Cooking C 1.06

Пароконвектомат *Retigo B 1011* [18] (рис. 1.8) з габаритними розмірами 933x821x1046 мм, оснащений сенсорною панеллю керування, надає можливість одночасного приготування та зберігання, фіксація дверей у двох положеннях, дозволяє зберігати тепло. Функція Fan Stop – дозволяє вимикати вентилятор при відкриванні дверей. Температурний режим 30-300 °C.



Рисунок 1.8 - Пароконвектомат Retigo B 1011 i

1.5 Технології нагрівання в харчовій промисловості

Прогресивні розробки в галузі електротехніки, хімії, фізики та біології знаходять широке практичне застосування у виробництві та зберіганні м'ясопродуктів, молочних та кондитерських виробів, напівфабрикатів, фруктів, овочів та сипучих продуктів. Прикладом може бути процес штучного копчення. Ця харчова технологія була розроблена як альтернатива класичному димовому копченню і дозволила істотно скоротити тимчасові та матеріальні витрати на підготовку продуктів за даним методом. Коптильні рідини додаються зі спеціями безпосередньо до м'ясної сировини. Прискорення процесу просочування останнього досягається шляхом на продукт електричного поля. Таким чином, період «копчення» м'ясопродуктів скорочується від кількох діб всього до 4–6 хвилин [20].

Ще один метод — обробка радіоактивним випромінюванням, або радуризація — використовується в харчовому виробництві для знищення патогенних бактерій, затримки дозрівання плодів та уповільнення проростання деяких овочів. Обробка продуктів методом радіації широко використовується при в'яленні та сушінні, наприклад, спецій. Опромінення надає ефект, аналогічний будь-якій іншій термічній обробці, не змінюючи зовнішнього вигляду та смакових якостей продукту та збільшуючи термін зберігання. Що особливо важливо, численні міжнародні дослідження, які проводять ВООЗ та ООН, не виявили несприятливого впливу цієї технології на організм людини.

УФ-обробка - харчова технологія, яка широко застосовується для знезараження молочних виробів, води та сипучих продуктів. Ультрафіолет знищує всі відомі мікроорганізми, які можуть призводити до псування продуктів, включаючи бактерії, віруси, дріжджі та плісняву, і не шкодить навколишньому середовищу. На відміну від впливу хімічних реагентів, УФ-випромінювання не викликає утворення токсинів та не змінює хімічного складу продуктів.

ІЧ-нагрів (нагрів продуктів за допомогою інфрачервоного випромінювання) використовується в харчовому виробництві для випікання, сушіння, обсмажування, копчення та стимуляції біохімічних процесів. Зокрема, інфрачервоне сушіння дозволяє практично повністю зберегти вітаміни та біологічно активні речовини (порядку 80–90%), а також природний колір та смак продуктів. Даний метод надає можливість випускати продукти, які не містять консервантів та інших хімічних речовин. При подальшому замочуванні висушені продукти відновлюють усі свої натуральні органолептичні, фізичні та хімічні властивості [20].

Діелектричне нагрівання - метод нагрівання змінним електричним полем. У харчовому виробництві використовується над частотне (НВЧ) нагрівання, що має ряд переваг перед традиційними методами термічної обробки:

- висока швидкість нагрівання;
- збереження вітамінів та інших корисних речовин продуктів;
- економічність процесу;
- можливість створення температурної нерівномірності.

Застосування НВЧ-нагріву дозволяє досягти майже повного вилучення олій з рослинної сировини, а також зберегти їх харчову та біологічну цінність. У хлібопекарській та кондитерській промисловості НВЧ-обробка широко застосовується для знезараження та покращення харчової цінності зерна. Крім того, діелектричне нагрівання застосовується для процесів розморожування, варіння, випічки, знезараження та екстрагування.

Індукційне нагрівання використовується для продуктів з підвищеною вологістю. Реалізується за допомогою зовнішнього змінного магнітного поля. Електромагнітна енергія розсіюється обсягом продукту, викликаючи нагрівання. Індукційні установки поки що не набули широкого поширення на російських підприємствах, проте дана харчова технологія має значні економічні можливості для успішного застосування в майбутньому [20].

Кріозамороження - один із сучасних способів збереження продуктів харчування. Даний метод заморожування здійснюється за допомогою використання кріогенних газів у рідкій фазі - рідкий азот та вуглекислота. Перевага технології полягає в тому, що під час заморожування температура в камері миттєво досягає $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, завдяки чому не відбувається руйнування міжклітинної структури продукту і, відповідно, погіршення його смакових якостей. Друга перевага – швидкість процесу, яка дає мінімальні зміни ваги та зовнішнього вигляду продукту. Зрештою, завдяки «шоковому» заморожуванню термін зберігання продуктів значно зростає [20].

1.6 Аналіз ринку

Останні змінами в світі показують, що економіка нашої країни, так і Європи в цілому, переживає не найкращі часи. Один з основних індикаторів цього – порушення діяльності провідних індексів УМВБ і, як наслідок, курсу української валюти. Втриматись на ринку виробникам різної продукції досить складно [2].

Аналіз на ринку мобільного теплового обладнання показує, що за аналітичними даними, майже 50% теплового обладнання імпортувалося з Китаю під величезною кількістю брендів. До 30% ввозилося з інших країн. На частку українського виробника залишалося менше всього. Особливістю імпорту теплового обладнання є те, що продукція як правило ввозиться на умовах передоплати, і повинна бути оплачена валютою ще до настання літа, щоб з настанням теплового сезону перші партії продукції не тільки прибули до України, але і вже «встали на полиці» магазинів. В умовах стабільних курсів валют ця практика дозволяла робити певні прогнози, встановлювати більш-менш стабільні ціни на весь тепловий сезон, і навіть встановлювати рекомендовані роздрібні ціни, тим самим більш чітко позиціонуючи свій товар у своїй ринковій ніші [2].

Перші поставки в магазини від імпортерів в більшості випадків здійснювалися без прив'язки до долару. Коли відбувається дестабілізація на валютному ринку імпортери обладнання повернулися до практики прямої прив'язки ціни до курсу долара, а решта стали практикувати поетапні підняття гривневої ціни. При цьому, на регулювання рекомендованих роздрібних цін вже не залишається ні часу, ні прогностичних даних. Тому у ряду постачальників і брендів вже склалася парадоксальна ситуація: рекомендовані роздрібні ціни стають нижчими за гуртові, прив'язані до курсу. На цей факт вказують всі поточні маркетингові дослідження ринку. [2]

Така нестабільність може призвести як до спекуляцій на ринку, коли продавець необґрунтовано намагається нажитися на нестабільності і штучно

задирає ціну на вже закуплений товар, так й до падіння маржі продавця аж до прямих збитків, коли продавець змушений демпінгувати, намагаючись конкурувати з імпортерами, які закупили товар ще до стрибків курсу, і тепер намагаються просто позбутися швидше від ризикованої продукції.

Стрибки курсу долара змушують постачальників продукції дешевого сегмента автоматично підняти гривневі ціни на свою продукцію, помістивши їх де-факто в дорогий ціновий сегмент. І виходить, що дешеве обладнання за дорогою ціною не може на рівних конкурувати з топовими торговими марками, не маючи ніяких технічних і сервісних переваг, і автоматично стає ринковим аутсайдером. Як підсумок - підвищення цін в нижньому сегменті опускає доходи дилерів і продавців цього теплового обладнання. Як наслідок, експерти стверджують, що імпортерам і продавцям ця ситуація може загрожувати різким зростанням вартості непроданого товару.

Згідно з прогнозами, в умовах постійних стрибків цін кінцевий покупець буде звертати більшу увагу на ті продукти, які показують велику стабільність. І стабільна цінова політика в цьому є головним критерієм надійності партнерства. Навіть не самі ціни, а саме їх стабільність. Адже в зв'язку зі сформованою ситуацією в Україні і в Європі утримати ціни - це гігантське досягнення. І зробити це здатні лише лідери ринку теплового обладнання.

Основним висновком та рекомендаціями, які безпосередньо впливають з аналізу поточної ситуації, є рекомендація змістити акцент уваги саме на перевірених стабільних партнерів та використання обладнання виготовленого в межах України [2]

Вартість теплового обладнання на світовому ринку приведена в табл. 1.1. На діаграмі (рис.1.9) показано середню вартість теплового обладнання, ціни вказані без доставки до замовника. Згідно цієї діаграми українському користувачеві вигідніше купувати обладнання у вітчизняних виробників.

Таблиця 1.1 - Середня вартість теплового обладнання

	Середня вартість			
Обладнання/ Країна продажу	Америка	Україна	Росія	Європа
Теплова тумба	5334€	3842€	3799€	4415€
Теплова шафа	2435	2240	2028	2456
Паро- конвектомат	16909€	15925€	14205€	16235€
Марміт	2181€	1057€	1413€	1633€
Теплові вітрини	2538€	1919€	1889€	2442€
Бін тепловий	7833€	7028€	7514€	7433€

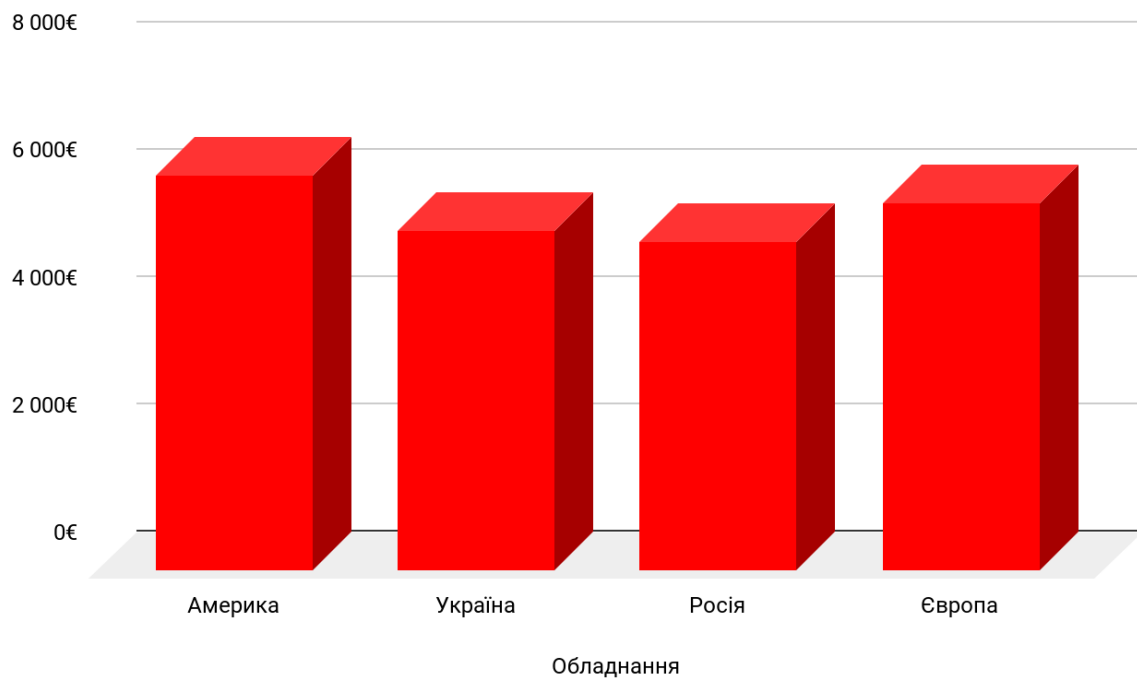


Рисунок 1.9 - Середня вартість теплового обладнання

2. ПРОЄКТНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ТУМБИ

2.1 Вибір та обґрунтування матеріалу

Марка AISI 201 відноситься до аустенітних стійких до корозії сталей. Вона виступає як недорогий аналог хромонікелевих аустенітних сталей 300-ої серії. Особливо ця сталь схожа на AISI 304, що багато в чому пояснюється схожим складом цих марок. Однак у AISI 201 знижено вміст нікелю, зате в ній міститься більше марганцю. Така заміна дозволяє значно здешевити вартість марки AISI 201, але в той же час зберегти її високу стійкість до корозії та багато інших корисних властивостей. На вітчизняному ринку аналогом є 12Х15Г9НД [3].

Дана сталь AISI 201 відрізняється високою міцністю, пластичністю, твердістю та низькою теплопровідністю. Вироби із неї можуть експлуатуватися у дуже широкому діапазоні температур. Головною перевагою марки вважається її висока стійкість до корозії, сталь може тривалий час перебувати в помірно агресивних середовищах, наприклад, кислотних. За цим показником AISI 201 трохи поступається сталям 300-ої групи і істотно перевершує сталі 400-ої групи. [3]

Хімічний склад AISI 201: залізо; вуглець (0.12%); кремній (0,75%); марганець (8.5-10.5%); фосфор (0.06%); азот (0.2%); мідь (2%); нікель (1-1.5%); хром (14-16.5%); сірка (0.03). Легуючими елементами виступають мідь, нікель, марганець, хром, азот і вуглець. Фосфор та сірка є шкідливими домішками. Завдяки азоту сплав набуває властивостей аустенітної сталі, а нікель і хром значно підвищують антикорозійні властивості марки, її зносостійкість, міцність, твердість і червоностійкість. Мідь підвищує технологічність металу. Марганець також підвищує технологічність сталі та знижує в ній вміст сірки та кисню. Вуглець надає сплаву більше пластичності.

Механічні властивості сталі AISI 201: піддається витяжці, зварюванню, штампуванню, пластичній деформації та іншим механічним операціям.

Дослідження показують, що сталь AISI 201 без ушкоджень витримує тривалий контакт із розчином кухонної солі та органічних кислот. Під час експериментів не було помічено жодних слідів корозії, а також марка показала відмінні результати у випробуваннях на тріщиностійкість. Механічні ушкодження були зафіксовані навіть за значного збільшення навантаження. Завдяки високій стійкості до корозії, марка може використовуватися в харчовій промисловості для приготування та обробки продуктів харчування [3].

Під час випробувань на стійкість до високих температур було встановлено, що окалини утворюються на сталі AISI 201 лише після її нагрівання понад 760 °C. За нижчих температур сплав не зазнає змін, крім появи райдужного забарвлення при нагріванні понад 500 °C. Під час тривалого нагрівання ємностей зі сплаву зміна зовнішнього вигляду стін не фіксувалася.

Сплав добре обробляється куванням за температури від 1260 °C. Поковки можуть охолоджуватись навіть на відкритому повітрі при кімнатній температурі. При цьому сталь не втрачає своєї аустенітної структури та інших корисних властивостей. Завдяки наявності міді у складі сплаву він відрізняється високою пластичністю, що значно полегшує такі операції зі сплавом як волочіння та протяжка. Також мідь скорочує час деформаційного ущільнення сплаву та підвищує його корозійну стійкість у деяких ситуаціях [3].

При холодній обробці сталь AISI 201 також не втрачає своїх якостей, сплав зберігає свою пластичність і твердість. Тому сплав добре підходить для таких холодних операцій як глибока витяжка, вигин, висадка, штампування та інші. AISI 201, як і маркам 300-ої серії, властиво деформаційне ущільнення.

Механічна обробка заготовок та виробів із сталі AISI 201 в цілому схожа з аналогічними операціями зі сплавами 300-ої серії, але потребує великого застосування сил. Справа в тому, що марки 200-ої групи відрізняються більшою твердістю і міцністю, ніж марки 300-ої серії.

Сталь AISI 201 відмінно зварюється, операцію можна проводити при температурі до 800 °C, при вищих температурних навантаженнях на поверхні виробу або заготовки можуть утворитися окалини. Як присадки при зварюванні можна використовувати 308 марку та інші марки цієї серії. Імовірність утворення міжкристалічної корозії приблизно дорівнює тій, що спостерігається при зварюванні AISI 304. [3]

Сфера використання:

Відносно низька вартість та високі антикорозійні властивості сталі AISI 201 роблять її дуже популярним конструктивним матеріалом для виготовлення різних кухонних предметів, а також деталей для техніки та харчового обладнання. Так, із цієї марки виготовляють кухонні предмети, посуд, цистерни для рідин, інші ємності для зберігання води, наприклад, фляги, термоси та інше. У харчовій промисловості ця марка використовується в устаткуванні, яке безпосередньо стикається з продуктами харчування та водою.

2.2 Розрахунок гарячого цеха

Гарячий цех - це основний цех на підприємстві, в якому завершується технологічний процес приготування їжі:

- здійснюється теплова обробка продуктів і напівфабрикатів;
- варіння бульйонів;
- приготування супів, соусів, гарнірів, других страв;
- виконується теплова обробка продуктів для холодних і солодких страв;
- приготування гарячих напоїв.

Гарячий цех займає на підприємстві основне місце і повинен мати зручні проходи до м'ясо-рибного цеху, до складськими приміщеннями та зручний взаємозв'язок з холодним цехом, мийкою кухонного посуду і торговим залом.

Процеси, які відбуваються в гарячому цеху повинні відповідати вимогам державних стандартів, стандартів галузі, технологічним і техніко-технологічними картами при дотриманні санітарних правил для підприємств громадського харчування [4].

Виробнича програма гарячого цеху складається на підставі асортименту страв, що реалізуються через торговий зал.

Гарячий цех оснащують тепловим, холодильним та не механічним обладнанням.

Устаткування для гарячого цеху підбирається за нормами оснащення торгово-технологічним і холодильним обладнанням відповідно до типу і кількістю посадкових місць підприємства, режимом його роботи, максимальним завантаженням торгового залу в години пік, а також формам обслуговування. Для зручності організації процесів приготування гарячих страв використовується секційне модульоване устаткування, яке можна встановлювати острівним способом. Це обладнання економить виробничу площу (на 5-7%), підвищує ефективність використання обладнання, знижує стомлюваність працівників, підвищує працездатність. Воно забезпечене

індивідуальним витяжним пристроєм, що видаляє з цеху шкідливі гази, що утворюються при смаженні продуктів, що сприяє створенню сприятливого мікроклімату в цеху і поліпшенню умов праці [4].

У гарячому цеху бажано розподілити робочі місця по ходу технологічного процесу, для прискорення певних виробничих операцій. Площа гарячого цеху повинна забезпечити безпечні умови праці і дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Площа складається з корисної площі, зайнятої під різним технологічним обладнанням, а також площа проходів.

Площа гарячого цеху розраховується за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \frac{S_{\text{кор}}}{K_{\text{вп}}}$$

де $S_{\text{заг}}$ - загальна площа цеха, м^2 ;

$S_{\text{кор}}$ - корисна площа цеху, зайнята під устаткуванням, м^2 ;

$K_{\text{вп}}$ - коефіцієнт використання площі, що враховує прохід між обладнанням. Для гарячого цеху коефіцієнт прийнятий - 0,25.

Для розрахунку площі гарячого цеху необхідно розрахувати обладнання, необхідне для роботи.

Для кожного цеху і підприємства громадського харчування визначають чисельність працівників, що виконують ту чи іншу роботу, технологічні операції, пов'язані з виробництвом і реалізацією продукції, миттям посуду, тари та інвентарю, обслуговуванням споживачів [4].

Чисельність виробничих працівників в цехах можна розраховувати за нормами часу (на одиницю готової продукції), а також за нормами виробітку з урахуванням фонду робочого часу одного працюючого за певний період і виробничої програми цеху за той же період (табл.2.1).

Чисельність виробничих працівників, безпосередньо зайнятих в процесі виробництва, визначають за нормами часу відповідно до формули:

$$N_1 = \sum \frac{n \cdot t}{3600 \cdot T \cdot \lambda}$$

де N_1 - чисельність виробничих працівників, безпосередньо зайнятих в процесі виробництва, чол;

n - кількість, виготовлених страв (виробів) м за день, порцій, кг, шт .;

t - норма часу на виготовлення одиниці виробу, хв;

T - тривалість робочого дня працівника, год.; $T = 11$

λ - коефіцієнт, що враховує зростання продуктивності праці. ($\lambda = 1,14$)

Таблиця 2.1 – Норми часу для приготування

Найменування страв, що готуються	Кількість страв, приготованих за день	Кількість страв, приготованих за день	Кількість часу по даному найменуванню.
Суп-гуляш	30	2,9	0,11
Суп з дичини з яєчної локшиною	30	2,5	0,099
Сирний суп з креветками	29	3	0,11
Другі страви			
Форель під соусом	30	4,5	0,17
Спагеті з морепродуктами в томатному соусі	25	0,45	0,014
Яловичина тушкована з рисом і зеленою квасолею	25	3	0,099
Свинина по-італійськи з кабачками	25	4	0,132
Грибочки «Лісова загадка»	25	3,4	0,112
Котлетки з судака з картопляним пюре	25	3,5	0,116
Рис відварний	27	1	0,035
«Їжачки в лісі»	25	3,6	0,119
Всього:	-	-	1,116

Загальна чисельність виробничих працівників з урахуванням вихідних і святкових днів, відпусток, днів хвороби визначається за формулою:

$$N = N' \times K_1$$

де K_1 - коефіцієнт, збільшення чисельності з урахуванням режиму роботи персоналу. $K_1 = 1,59$

Загальна чисельність виробничих працівників буде дорівнювати:

$$N = 1,116 \times 1,59 = 1,774$$

Округлюємо до 2 людей в гарячому цеху.

Розрахунок кількості столів здійснюється за формулою:

$$L = l_1 \times N$$

де L - довжина виробничих столів, які підлягають встановленню, м;

$l_1=1,25$ (норма довжини столу на 1 кухаря);

N - кількість працівників.

За цією формулою розраховуємо довжину виробничих столів, які підлягають встановленню:

$$L = 1,25 \times 2 = 2,5\text{м}$$

Щоб розрахувати кількість столів, нам необхідна формула:

$$n_{\text{ст}} = \frac{L}{l_{\text{габ}}}$$

де $n_{\text{ст}}$ - кількість столів;

$l_{\text{габ}}$ - габаритний розмір стола, $l_{\text{габ}}=1,5\text{м}$

За даною формулою розраховуємо кількість столів, необхідних для роботи в гарячому цеха:

$$n_{\text{ст}} = \frac{2,5}{1,5} = 1,6 = 2 \text{ стола}$$

Ми отримали, що в гарячому цеху необхідно мати 2 столи.

Після розрахунку основного обладнання (табл. 2.2), необхідного для роботи, розраховуємо площу гарячого цеху. У табличній формі складається перелік підбраного обладнання із зазначенням марки обладнання, його кількості, габаритних розмірів і площі. Отриману величину загальної площі $S_{\text{заг}}$ ділять на коефіцієнт використання площі $K_{\text{вп}}$.

$K_{\text{вп}} = 0,35$ - для м'ясного, рибного, овочевого, м'ясо-рибний і холодного цехів, для мийного столового посуду;

$K_{\text{вп}} = 0,3$ - для гарячого, кондитерського та кулінарного цехів;

$K_{\text{вп}} = 0,4$ - для цехів обробки зелені, доготівних, різання хліба, мийних кухонного посуду і напівфабрикатної тари.

Таблиця 2.2 – Основне обладнання гарячого цех

Найменування устаткування	Тип марки обладнання	Кількість одиниць	Габаритні розміри обладнання	Площа одиниць обладнання, м ²	Корисна площа, м ²
Шафа холодильна	ШХ – 0,4 М	1	750х750х1820	0,56	0,56
Плита електрична	ПЕСМ – 4 ш	2	840х840х860	0,7	1,4
Стіл виробничий	СВ - 1470	1	1470х840х860	1,23	1,23
Стелаж вироб. стаціонарний	СВС - 1	1	1470х840х2000	1,23	1,23
Стіл для установки засобів малої механізації	СММСМ	1	1400х800х860	1,23	1,23
Раковина для миття рук	РВ-01	1	500х400	0,2	0,2
Фритюрниця	ФЕСМ - 20	1	420х840х860	0,35	0,35
Сковорода електрична	СЕСМ –0,5	2	1470х840х860	1,23	2,46
Шафа жарова	ПЖЕСМ-2	2	830х800х1500	0,66	1,32
Марміт	МСЕСМ	2	400х700х1030	0,28	0,28
Кавоварка	«Касіко»	1	-	-	-
Мийка	МЗН-1	1	630х630х860	0,4	0,4
Електрокип'ятильник	КНЕ-50	1	-	-	-
Гриль настільний	ГЕ-15	1	-	-	-
Вставка	ВМ-500-01	2	-	-	-
Ваги	РН-10Ц13У	1	-	-	-
Всього $S_{\text{кор}}$	-	-	-	-	11,89

Розрахунок площі виконуємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \frac{S_{\text{кор}}}{K_{\text{вп}}}$$

де $K_{\text{вп}}$ - коефіцієнт використання площі цеху (0,3);

$S_{\text{заг}}$ - площа цеха;

$S_{\text{кор}}$ - площа, яку займає обладнання.

За даними таблиці, розраховуємо площу гарячого цеху:

$$S_{\text{заг}} = \frac{11,89}{0,3} = 39,6 \text{ м}^2$$

Площа гарячого цеху становить 40 м²

В якості базового виробу для проектування теплової тумби будемо використовувати стіл виробничий

2.3 Розрахунок тумби теплової

В якості базового виробу для проектування теплової тумби будемо використовувати стіл виробничий. Стіл виробничий (рис. 2.1) за стандартом складається з таких частин як каркас (1) стільниці (3) та полиці (4). Якщо стіл довший ніж 1350 полиця має бути посилено додатковою траверсою для забезпечення жорсткості конструкції. Особливих вимог щодо стільниці не висувалося, тобто додатково комплектувати бортом не потрібно. Для проектування тумби теплової використовуємо стіл виробничий з полицею.

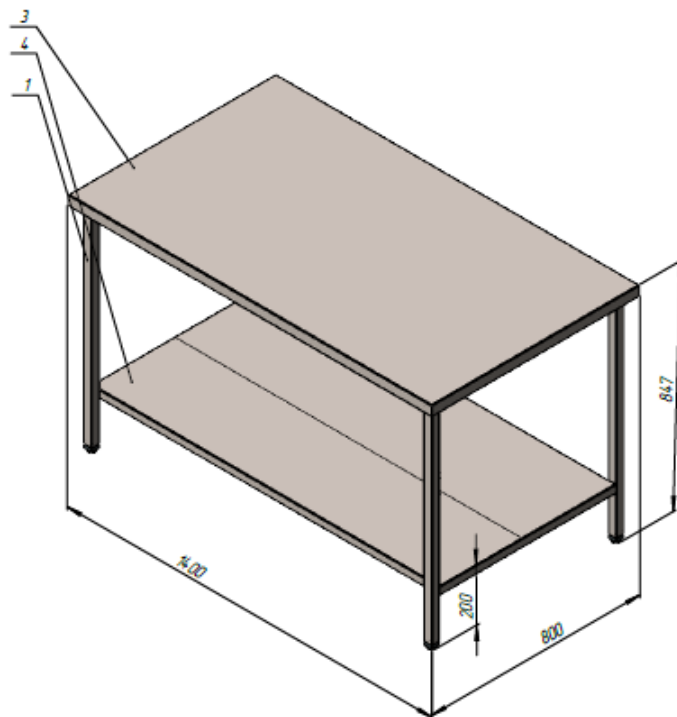


Рисунок 2.1 – Стіл виробничий без борта, з полицею

За допомогою конструкторських програм розраховуємо міцність каркасу, оскільки на каркас буде прикладатись максимальна кількість сил та навантаження.

Вихідні дані для розрахунку на міцність каркасу стола виробничого:

- сила тяжіння $q = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;
- розподілене навантаження на ніжки каркасу $q_1 = 1000 \text{ Н}$;
- розподілене навантаження на полицю $q_2 = 490 \text{ Н}$;

Прикладаємо навантаження та будуємо епюри деформація (рис. 2.2), запас міцності (рис. 2.3), напруження (рис. 2.4), переміщення (рис. 2.5), напруження в активних точка (рис. 2.6).

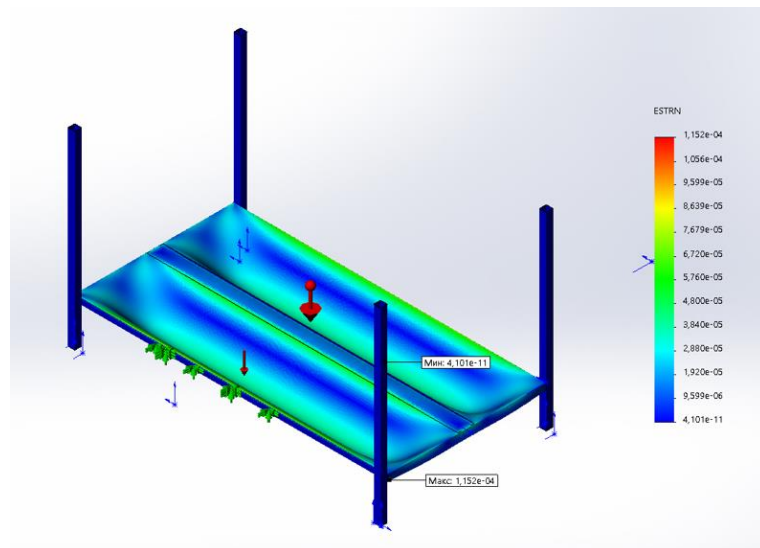


Рисунок 2.2 - Епюра деформації

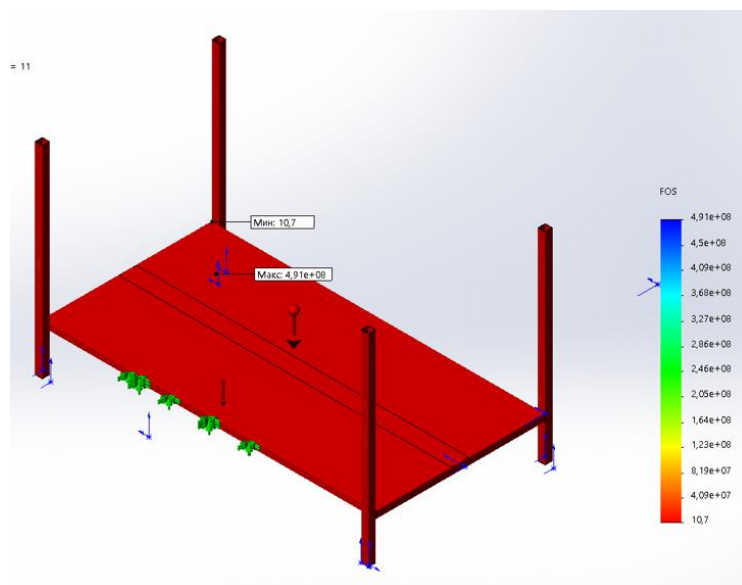


Рисунок 2.3 - Епюра запасу міцності

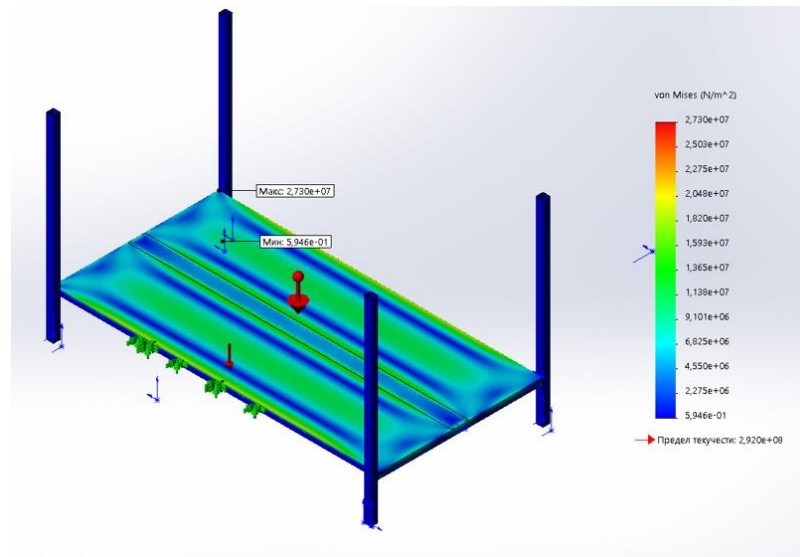


Рисунок 2.4 - Епюра напруження

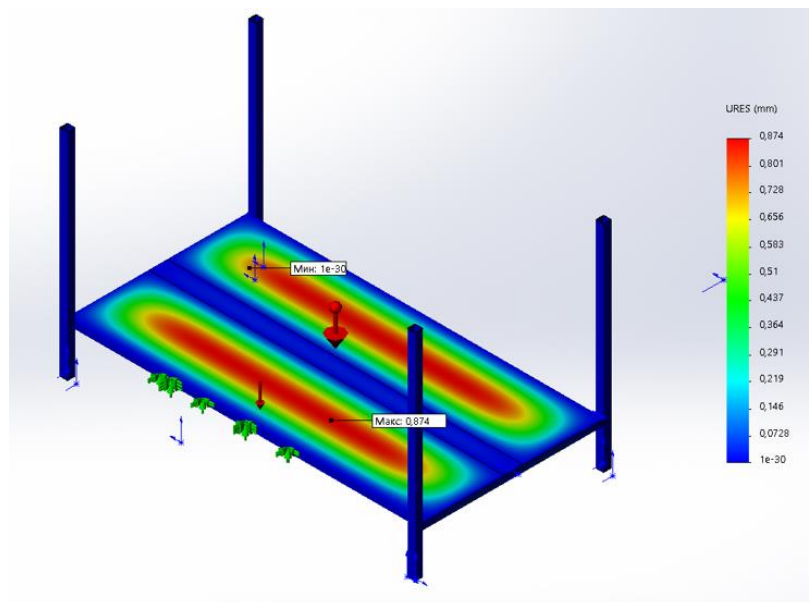


Рисунок 2.5 - Епюра переміщення

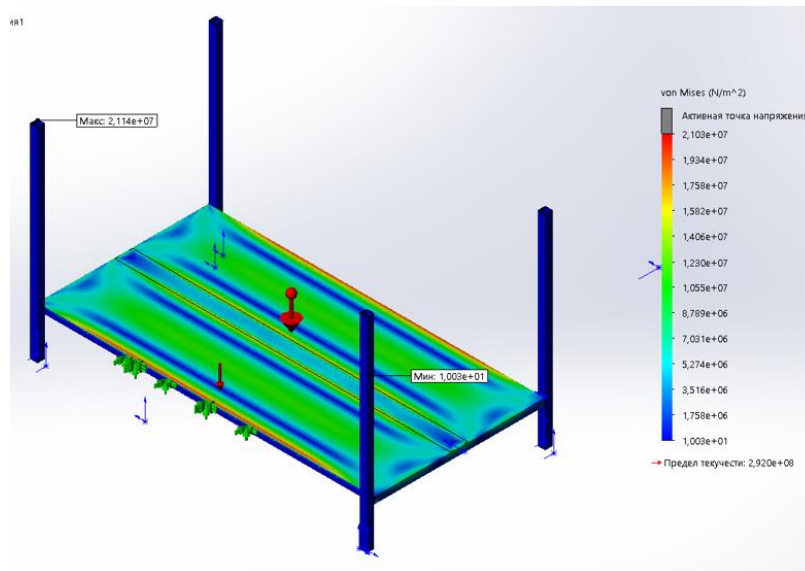


Рисунок 2.6 - Епюра напруження активних точок

Після необхідних розрахунків програма SolidWorks, допомогла промодельовати вплив сил на каркас тумби.

За результатом аналізу рис. 2.1 -2.6 встановлено, що:

- Матеріали підібрані правильно;
- Геометрія підібрана правильно;
- Максимальне переміщення становить 0,87мм.

Що в підсумку дає задовільний результат для виробу, додаємо до конструкції бокові стінки (рис. 2.7). Внутрішній простір (рис. 2.8) потрібно поділити на дві зони, перша зона – зона нагрівання повітря, друга зона – зона нагрівання тарілок. Під час розрахунку каркасу тумби, в значення сил було вкладено вплив на конструкцію додаткових елементів. Тобто повторний розрахунок не потрібен для даної конструкції.

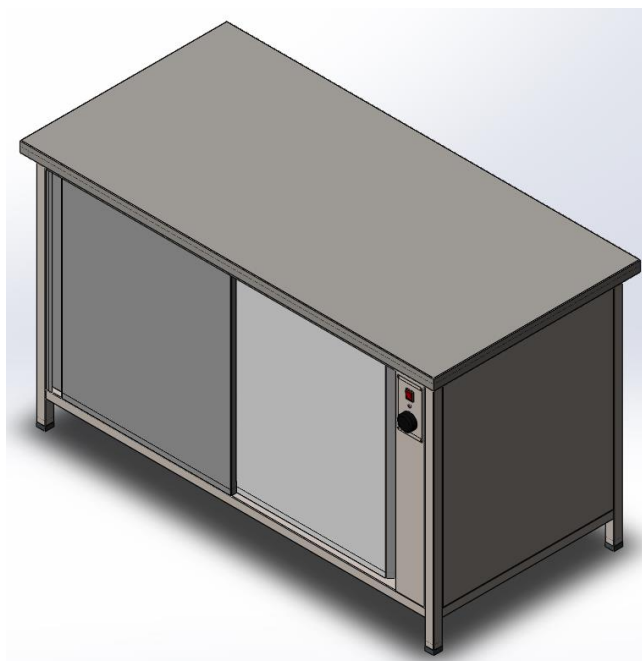


Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд теплової тумби

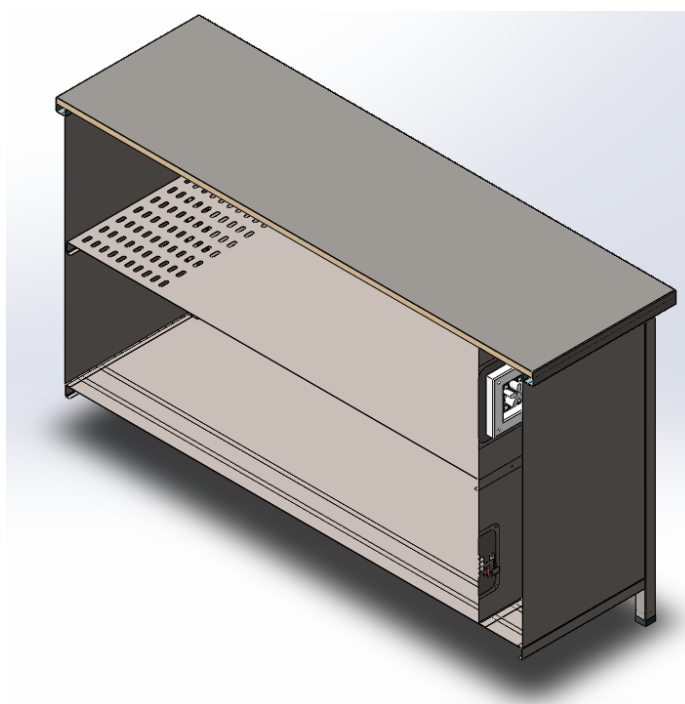


Рисунок 2.8 – Зображення внутрішнього простору в розрізі

2.4 Визначення корисного використання тепла

До основних складових енергетичних витрат під час роботи електричних теплових апаратів відносяться:

- корисна теплота $Q_{\text{п}}$, що витрачається на безпосередню обробку продукту;
- втрати тепла в довкілля $Q_{\text{ср}}$;
- втрати тепла на нагрівання обладнання $Q_{\text{об}}$.

Теплове обладнання характеризується високою тепловою інерційністю. Тому розрахунок проводять для двох режимів роботи – нестационарного (розігріву) та стаціонарного (безпосередньої роботи).

Під нестационарним режимом розуміється початковий період роботи обладнання, в процесі якого воно виходить на заданий тепловий режим, при якому робочі камери, поверхні або середовища, що гріють (повітря, вода, жир) досягають заданої температури. В умовах стаціонарного режиму теплообмін відбувається без істотних змін температури зазначених конструктивних елементів.

У загальному вигляді рівняння теплового балансу виглядає так:

для нестационарного режиму

$$Q' = Q'_{\text{п}} + Q'_{\text{ср}} + Q'_{\text{об}}$$

для стаціонарного режиму

$$Q'' = Q''_{\text{п}} + Q''_{\text{ср}} + Q''_{\text{об}}$$

Де Q' і Q'' - сумарна теплова енергія, що витрачається відповідно при нестационарному та стаціонарному режимах роботи обладнання.

Так як нестационарний та стаціонарний режими протікають послідовно і незалежно один від одного, то необхідну потужність обладнання визначають за тим рівнянням теплового балансу, сума якого виявиться більшою (Q' або Q'').

Розрахунок $Q_{\text{п}}$, кДж/год, жарочного устаткування зазвичай виробляють шляхом визначення витрат енергії протягом години роботи устаткування чи 1 кг оброблюваної продукції.

2.4.1 Режим розігріву (нестационарний)

При розрахунку гарячого обладнання в умовах нестационарного режиму корисна теплота витрачається на нагрівання повітря. Кількість повітря, що нагрівається, визначають за об'ємом камери.

Для розрахунку корисного тепла, що витрачається на нагрівання повітря у тепловій тумбі в режимі розігріву, скористаємося формулою

$$Q'_{\text{п}} = V_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}} \cdot (t_1 - t_0) \cdot \frac{1}{\tau'},$$

де $V_{\text{п}}$ – об'єм повітря, л;

$C_{\text{п}}$ – теплоємність повітря 1 кДж/(кг·°C);

t_1 – температура нагрівання повітря приймаємо рівною 50 - 60 °C;

t_0 - Початкова температура повітря, °C;

τ' - час нагрівання повітря, год.

Кількість одночасно завантажувального продукту для нагрівання у тумбі знаходимо з виразу з формули

$$G_0 = \frac{V_k \cdot \phi \cdot \delta_k \cdot \delta_{\text{п}}}{\delta_n + \gamma \cdot \delta_{\text{п}}}$$

де G_0 - кількість одночасно завантаженого продукту для нагрівання, кг;

V_k – об'єм завантажувальної камери тумби, дм³;

ϕ – коефіцієнт заповнення тумби ($\phi=0,6-0,7$);

δ_k – справжня щільність завантажувального продукту (кераміка), кг/дм³, що дорівнює 0,85 кг/дм³;

$\delta_{\text{п}}$ – щільність повітря 1,225 кг/дм³;

γ – кратність кількості повітря кількості продукту (щонайменше 4).

$$G_0 = 63,8 \text{ кг}$$

Об'єм повітря при нагріванні у тумбі повинен перевищувати кількість одночасно завантажувального продукту мінімум у 4 рази.

$$V_{\text{п}} = 63,8 \cdot 7 = 446,6 \text{ л.}$$

Таким чином, корисне тепло, що витрачається на нагрівання повітря у тумбі, буде рівно

$$Q'_{\text{п}} = 446,6 \cdot 1 \cdot (60 - 20) \cdot \frac{1}{0,3} = 59546,6 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

2.4.2 Стаціонарний режим

При стаціонарному режимі корисно використовуване тепло складається з окремих доданків і визначається за формулою

$$Q''_{\text{п}} = M \cdot c \cdot (t_2 - t_4) + 0,01 \cdot \varpi_n \cdot M \cdot r + 0,01 \cdot M \cdot (t_3 - t_2) + 0,01 \cdot m_{\text{ж}}$$

де перший доданок - витрата тепла на нагрівання продукту; друге - витрата тепла на випаровування вологи з продукту; третє - витрата тепла на нагрівання повітря, що додається в процесі роботи;

M – годинна продуктивність за сировиною, кг/год,

$$M = \frac{60 \cdot G_0}{\tau} = \frac{60 \cdot 63,8}{15} = 250 \text{ кг/год}$$

де G_0 - кількість одночасно завантажувального продукту для нагрівання, кг;

τ – тривалість циклу обробки, хв (15 хвилин);

c – теплоємність продукту 3,308 кДж/(кг·°С);

t_2 – температура нагрівання продукту, що приймається рівною 50-60 °С;

t_4 – початкова температура продукту 20 °С;

ϖ_n – справжній продукт нагрівання, приймаємо рівним 17%;

r – прихована теплота випаровування при атмосферному тиску, що приймається рівним 2258,2 кДж/кг;

$m_{\text{ж}}$ - витрата повітря на нагрівання сировини у %; приймаємо у межах від 15 до 20%;

t_1 – робоча температура повітря рівна 60 °С;

t_0 - Початкова температура повітря, °С.

$$Q''_{\text{п}} = 250 \cdot 3,308 \cdot (60 - 20) + 0,01 \cdot 17 \cdot 250 \cdot 2258,2 + 0,01 \cdot 250 \cdot (0 - 20) \cdot 0,01 \cdot 17 = 12904,5 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

2.4.3 Визначення витрат тепла у навколишнє середовище

Втрати в довкілля під час роботи теплового устаткування переважно пов'язані з теплообмінними процесами, що відбуваються між довкіллям і огорожею (корпусом) устаткування.

Для визначення втрат тепла нагрівального апарату в довкілля при нестационарних та стаціонарних режимах можна скористатися такою формулою:

$$Q_{\text{сер}} = Q^0 + Q^{\text{ДВ}} + Q^{\text{Д}},$$

де Q^0 – втрати тепла через стінки апарату в навколишнє середовище, кДж;

де $Q^{\text{ДВ}}$ – втрати тепла через дверцята апарату в навколишнє середовище, кДж;

де $Q^{\text{Д}}$ – втрати тепла через дно апарату в навколишнє середовище, кДж;

Тепловтрати через дно незначні, оскільки теплові потоки спрямовані знизу нагору, тому при розрахунку не враховуються. Втрати тепла в довкілля через окремі елементи поверхні обладнання визначаються за формулою:

$$Q_{\text{сер}} = \alpha_0 \cdot F \cdot (t_n - t_0) \frac{1}{\tau};$$

де F - площа поверхні теплообміну (кришка, стінки), м^2 ;

α_0 – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до навколишнього середовища, $\text{кДж}/\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$;

t_n – середня температура поверхні, $^\circ\text{C}$;

t_0 – температура довкілля, $^\circ\text{C}$;

τ - тривалість періоду теплової обробки в годинах.

У процесі віддачі тепла огорожею в довкілля має місце тепловіддача конвекцією та променевипусканням, тому коефіцієнт тепловіддачі в даному випадку визначається за формулою:

$$\alpha_0 = \alpha_K + \alpha_L$$

де α_K – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, кДж/м² °С;

α_L – коефіцієнт тепловіддачі променевипусканням, кДж/м² °С.

При визначенні коефіцієнта тепловіддачі конвекцією необхідно з'ясувати характер теплообміну: чи відбувається він при вимушеному чи вільному русі повітря відносно тепловіддаючої поверхні.

При вимушеному рух коефіцієнт тепловіддачі визначається за допомогою критерію Рейнольдса Re і Прандтля Pr . Перший характеризує динаміку потоку, другий – фізичні константи робочого тіла.

Віддача тепла стінками апарату в докілья відбувається при вільному русі повітря, тому визначальними є критерії Грасгофа Gr і Прандтля Pr . Перший характеризує інтенсивність конвективних потоків, що виникають внаслідок різниць щільностей робочого тіла (повітря) та перепаду температур між ними та стінкою апарату з урахуванням геометричної характеристики тепловіддаючої поверхні.

На основі визначальних критеріїв знаходиться критерій Нуссельта Nu , що включає значення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією і характеризує теплову подоби.

Зазначені критерії мають такий вигляд:

$$Re = \frac{\omega \cdot l}{\nu}; \quad Pr = \frac{\nu}{a}; \quad Gr = \beta \frac{g l^3}{\nu^2} \Delta t; \quad Nu = \frac{\alpha_K \cdot l}{\lambda};$$

де ω – швидкість руху конвективного середовища, м / с;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с

l – визначальний геометричний розмір, м; Визначальним геометричним розміром вибирається при цьому найбільший лінійний розмір або діаметр огороження;

a – коефіцієнт температуропровідності повітря, м²/с;

g – прискорення сили тяжіння, м²/с;

λ – коефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/м °С;

β – коефіцієнт об'ємного розширення повітря, 1/°С;

$$\beta = \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{273 + \Delta t}$$

α_K – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, кДж/м² °С;

Δt – перепад температур між огороженою та повітрям

$$\Delta t = t_{\pi} - t_o$$

При вільній конвекції в необмеженому просторі критичне рівняння має вигляд:

$$Nu = c(Gr \cdot Pr)^n$$

Величини c і n окремих областей зміни твору $(Gr \cdot Pr)$ можна прийняти з таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – коефіцієнт $(Gr \cdot Pr)$

$Gr \cdot Pr$	c	n
$1 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^2$	1,18	1/8
$5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^7$	0,54	1/4
$2 \cdot 10^7 - 1 \cdot 10^{13}$	0,135	1/3

Визначальною температурою є напівсума температур робочого тіла (повітря) та стінки.

За величиною визначальної температури повітря вибираємо по таблиці фізичні параметри повітря: коефіцієнт температуропровідності a , коефіцієнт теплопровідності λ , коефіцієнт кінематичної в'язкості ν , потім знаходять добуток $(Gr \cdot Pr)$, c і n і чисельну величину критерію Nu .

За значенням критерію Нуссельта визначається коефіцієнт тепловіддачі конвекцією

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}$$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням α_L визначається за формулою Стефана-Больцмана:

$$\alpha_L = \frac{E \cdot C_0}{t_{\pi} - t_0} \cdot \left[\left(\frac{T_{\pi}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right]$$

де E - ступінь чорноти повного нормального випромінювання поверхні, для різних матеріалів (для сталі шліфованої $E = 0,58$)

C_0 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт/(м² · К⁴);

$$C_0 = 5,67 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4\text{)};$$

$t_{\text{п}}$ - середня температура тепловіддаючої поверхні, °С;

t_0 - температура навколишнього поверхню повітря, °С;

$T_{\text{п}}$ - абсолютна температура поверхні, К

$T_{\text{п}} = t_{\text{п}} + 273$ T_0 - абсолютна температура навколишнього середовища, °К

$$T_0 = t_0 + 273$$

Нестационарний режим

Для розрахунку втрат тепла в довкілля можна скористатися формулою:

$$Q_{\text{ср}}^I = \alpha'_0 \cdot F(t'_{\text{п}} - t_0) \cdot \frac{1}{\tau'},$$

де τ' – час розігріву повітря, години;

α'_0 - Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні огорожі в навколишнє середовище, кДж/м² °С;

$t'_{\text{п}}$ - середня температура поверхні за час розігріву, °С

$$t'_{\text{п}} = \frac{t_{\text{к}} + t_{\text{н}}}{2} = \frac{t_{\text{к}} + t_0}{2},$$

$t_{\text{к}}$ - температура поверхні огорожі до кінця розігріву, °С;

$t_{\text{н}}$ - початкова температура поверхні огорожі приймається рівною температурі навколишнього середовища, °С.

Температуру окремих поверхонь апарату до кінця розігріву можна прийняти:

а) для вертикальних поверхонь $t_{\text{к}} = 60 - 65$ °С;

б) для ізольованих дверцят обладнання для нагрівання $t_{\text{к}} = 70$ °С;

При визначенні коефіцієнта тепловіддачі конвекцією визначальна температура для повітря, що оточує корпус (огорожу) дорівнюватиме:

$$t' = \frac{t'_n + t_o}{2},$$

Втрати тепла через дверцята

Розміри дверцят 585х634 мм ($F_{кр} = 0,37089 \text{ м}^2$)

$$t'_n = \frac{t_K + t_H}{2} = \frac{60 + 20}{2} = 40^\circ\text{C}$$

$t = 0,5(t'_n + t_o) = 0,5(40 + 20) = 30^\circ\text{C}$ – це визначальна температура повітря поблизу дверцят, за нею приймаємо такі величини:

$$a = 2,71 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}; v = 18,97 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

$$\lambda = 0,0291 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

$$\text{Pr} = 0,696$$

$$\beta = \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{273 + \Delta t} = 1/(273 + 90 - 20) = 0,0029$$

$$\text{Gr} = \beta \frac{g l^3}{v^2} \Delta t = 0,0029 \frac{9,8 \cdot 0,188^3}{(18,97 \cdot 10^{-4})^2} \cdot 70 = 3673,3$$

$$(\text{Gr} \cdot \text{Pr}) = (3673,3 \cdot 0,696) = 2556,6$$

$$\text{Nu} = 0,54(2556,6)^{1/4} = 3,8$$

$$\alpha_K = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{l} = \frac{3,8 \cdot 0,0291}{0,188} = 0,588 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$C_0 = 5,67 \text{ Вт}(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$$

$$\alpha_n = \frac{E \cdot C_0}{t_n - t_o} \cdot \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_o}{100} \right)^4 \right]$$

$$\alpha_n = \frac{0,5 \cdot 5,67}{90 - 20} \cdot \left[\left(\frac{363}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 4,047 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_0 = \alpha_K + \alpha_n = 0,588 + 4,047 = 4,635 \text{ Дж/м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot 3600 = 16,686 \text{ кДж/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{ср}}^K = 16,686 \cdot 0,03534(90 - 20) \cdot \frac{1}{0,3} = 137,6 \text{ кДж}$$

Втрати тепла через стінки обладнання за нестационарного режиму

Розміри фритюрниці 460х510х430

$$t'_{\text{п}} = \frac{t_{\text{к}} + t_{\text{н}}}{2} = \frac{t_{\text{к}} + t_0}{2} = \frac{60 + 20}{2} = 40^{\circ}\text{C} \quad t = 0,5(t'_{\text{п}} + t_0) = 0,5$$

$(40 + 20) = 30^{\circ}\text{C}$ – це визначальна температура повітря поблизу стін, нею приймаємо такі величини:

$$a = 2,29 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}; \quad v = 16 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

$$\lambda = 0,0268 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,701$$

$$\beta = \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{273 + \Delta t} = \frac{1}{273 + 20} = 0,0034$$

$$\text{Gr} = \beta \frac{g l^3}{v^2} \Delta t = 0,0034 \frac{9,8 \cdot 0,51^3}{(16 \cdot 10^{-4})^2} \cdot 20 = 1726,54$$

$$(\text{Gr} \cdot \text{Pr}) = (1726,54 \cdot 0,69) = 1191,31$$

$$\text{Nu} = 0,54(1191,31)^{1/4} = 3,17$$

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{l} = \frac{3,17 \cdot 0,0268}{0,51} = 0,167 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$C_0 = 5,67 \text{ Вт(м}^2 \cdot \text{K}^4)$$

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{E \cdot C_0}{t_{\text{п}} - t_0} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{п}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right]$$

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{0,5 \cdot 5,67}{40 - 20} \cdot \left[\left(\frac{313}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 3,15 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha_0 = \alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}} = 3,32 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} = 3,32 \cdot 3600 = 11,941 \text{ кДж/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$Q_2^0 = 11,941 \cdot 0,8342(40 - 20) \cdot \frac{1}{0,3} = 664 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{ср}}^I = 137,6 + 664 = 801,6 \text{ кДж}$$

Стаціонарний режим

При стаціонарному режимі втрати тепла у довкілля визначається:

$$Q_{cp}^{II} = \alpha''_0 \cdot F \cdot (t_n'' - t_0) \cdot \frac{1}{\tau''},$$

де α''_0 - Коефіцієнт тепловіддачі при стаціонарному режимі від поверхні в навколишнє середовище, кДж/м²°С;

t_n'' - середня температура поверхні огорожі за стаціонарного режиму, °С;
 $t_n'' \approx const$ для даної поверхні; прийняти рівній температурі окремих поверхонь до кінця розігріву t_K ;

τ'' - тривалість стаціонарного режиму варіння, година.

При визначенні коефіцієнта тепловіддачі конвекцією, що визначає середня температура повітря, що стикається з огорожею, дорівнюватиме:

$$t'' = \frac{t_n'' + t_0}{2}$$

При цій температурі для стаціонарного режиму вибираємо фізичні параметри повітря: коефіцієнт температуропровідності α , коефіцієнт теплопровідності λ , коефіцієнт кінематичної в'язкості ν , потім визначають добуток (GrPr), величини s і n і чисельну величину критерію Nu.

За значенням критерію Nu при стаціонарному режимі визначається коефіцієнт тепловіддачі конвекцією α_K''

$$\alpha_K'' = \frac{Nu \cdot \lambda}{l},$$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням a_L визначається за формулою Стефана-Больцмана:

$$a_0 = a_K + a_L = 5,924 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2} \text{°С} = 5,924 \cdot 3600 = 21,33 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2} \text{°С}$$

$$\alpha_L'' = \frac{E \cdot C_0}{t_n - t_0} \cdot \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right]$$

Втрати через дверцята

$$t_n'' = 160^\circ\text{C}; t'' = \frac{t_n'' + t_0}{2} = 0,5(160 + 20) = 90^\circ\text{C}, \text{ тоді}$$

$$a = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}; \nu = 22,1 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

$$\lambda=0,0314 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,69$$

$$\beta = \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{273+\Delta t} = \frac{1}{273+140} = 0,0024$$

$$\text{Gr} = \beta \frac{g l^3}{\nu^2} \Delta t = 0,0024 \cdot \frac{9,8 \cdot 0,188^3}{(22,1 \cdot 10^{-4})^2} \cdot 140 = 4479,76$$

$$(\text{Gr} \cdot \text{Pr}) = (4479,76 \cdot 0,69) = 3091,0344$$

$$\text{Nu} = 0,54(3091,0344)^{1/4} = 4,026$$

$$\alpha_K = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{l} = \frac{4,026 \cdot 0,0314}{0,188} = 0,664 \quad \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$C_0 = 5,67 \text{ Вт}(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$$

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{E \cdot C_0}{t_{\text{л}} - t_0} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{л}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right]$$

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{0,5 \cdot 5,67}{160 - 20} \cdot \left[\left(\frac{443}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 5,26 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_2^K = 21,33 \cdot 0,0353 \cdot (160 - 20) \cdot 1 = 105,412 \quad \text{кДж/ч}$$

Втрати тепла через стінки при стаціонарному режимі

$$t_n'' = 60^\circ\text{C}; \quad t'' = \frac{t_n'' + t_0}{2} = 0,5(60^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C}) = 40^\circ\text{C}, \text{ тоді}$$

$$a = 2,43 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}; \quad \nu = 16,96 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

$$\lambda = 0,0276 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0,699$$

$$\beta = \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{273+\Delta t} = \frac{1}{273+40} = 0,0032$$

$$\text{Gr} = \beta \frac{g l^3}{\nu^2} \Delta t = 0,0032 \cdot \frac{9,8 \cdot 0,51^3}{(16,96 \cdot 10^{-4})^2} \cdot 40 = 57848,87$$

$$(\text{Gr} \cdot \text{Pr}) = (57848,87 \cdot 0,699) = 40378,5$$

$$\text{Nu} = 0,54(40378,5)^{1/4} = 7,65$$

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} = \frac{7,65 \cdot 0,0276}{0,51} = 0,414 \quad \text{Вт/м}^{2 \cdot 0}\text{С}$$

$$C_0 = 5,67 \text{ Вт}(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$$

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{E \cdot C_0}{t_{\text{п}} - t_0} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{п}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right]$$

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{0,5 \cdot 5,67}{60 - 20} \cdot \left[\left(\frac{333}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 3,49 \text{ Вт/м}^{2 \cdot 0}\text{С}$$

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_{\text{л}} = 3,904 \text{ Вт/м}^{2 \cdot 0}\text{С} = 3,904 \cdot 3600 = 14,05 \text{ кДж/м}^{2 \cdot 0}\text{С}$$

$$Q_2^0 = 14,05 \cdot (2 \cdot 0,46 \cdot 0,43 + 2 \cdot 0,51 \cdot 0,43) \cdot (60 - 20) \cdot 1 = 468,82$$

кДж

$$Q_2^{\text{стац}} = 574,23 \text{ кДж}$$

Визначення витрат тепла на розігрів конструкції

Втрати тепла на нагрівання обладнання пов'язані з поглинанням теплоти конструкційними матеріалами, насамперед металевими сплавами, з яких виготовлено обладнання. Найбільшого нагрівання піддаються робочі камери, де відбувається теплова обробка.

Для розрахунку тепла на розігрів конструкції останньої ведеться для нестационарного і стаціонарного режимів роботи апарату.

При нестационарному режимі витрата тепла на розігрів конструкції тумби визначається виразом:

$$Q_3 = Q_3^{\text{М}} + Q_3^{\text{И}},$$

де $Q_3^{\text{М}}$ - тепло, що витрачається на нагрівання металевих конструкцій тумби, кДж;

$Q_3^{\text{И}}$ - тепло, що витрачається на нагрівання ізоляції тумби, кДж;

$$Q_3^{\text{М}} = \sum G_{mi} \cdot c_{mi} \cdot (t_{mi} - t_0),$$

де G_{mi} – маса і-го елемента металевої конструкції (кришка, чаша тощо),

кг.

Для кожного елемента вага розраховується за формулою

$$G_{mi} = V_i \cdot \rho_i,$$

де V_i - обсяг елемента i -ої конструкції, м^3 ;

ρ_i – густина матеріалу елемента конструкції, $\text{кг}/\text{м}^3$;

c_{mi} – питома теплоємність матеріалу конструкції, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. T_{mi} – середня кінцева температура нагрівання металоконструкції казана, $^\circ\text{C}$.

t_0 - Початкова температура металоконструкції фритюрниці, $^\circ\text{C}$.

Кінцеву температуру за елементами конструкції можна прийняти:

- внутрішня поверхня фритюрниці – 170°C ;
- кришка фритюрниці – 70°C ;
- зовнішні стіни – $55\text{-}60^\circ\text{C}$;

$$Q_3^{\text{И}} = G_I \cdot c_i \cdot (t_i - t_0),$$

де G_I - вага ізоляційної конструкції фритюрниці, кг ;

$$G_i = \delta_i \cdot F_i \cdot \rho_i$$

δ_i - Товщина ізоляційного шару, м , визначається за формулою

$$\delta_i = \frac{\lambda_i(t_{\text{вн}} - t_{\text{кож}})}{q}$$

де λ_i – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу в залежності від середньої температури ізоляції;

$q = a_0(t_{\text{вс}} - t_0)$, $\text{Вт}/\text{м}^2$, - питомі теплові втрати поверхні ізольованої тумби;

c_i – теплоємність ізоляції, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.

t_i – середня температура нагрівання ізоляції, $^\circ\text{C}$.

$$t_i = \frac{t_{\text{вн}} + t_{\text{кож}}}{2},$$

де $t_{\text{внутр}}$ – температура частин ізоляції, дотичних до нагрівальних ємностей;

$t_{\text{н.с}}$ – температура частин ізоляції, дотичних до зовнішніх стін тумби, $^{\circ}\text{C}$

t_0 – початкова температура ізоляції, рівна температурі оточуваного середовища, $^{\circ}\text{C}$.

Нагрівання дверцят та вертикальних поверхонь

Сталь нержавіюча: $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$; $c = 462 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C}$

$$G_{mi} = V_i \cdot \rho_i = ((0,188 \cdot 0,188) + 0,113) \cdot 0,001 \cdot 7800 \text{ кг/м}^3 = 1,05 \text{ кг}$$

$$Q_3^{\text{Д}} = 1,05 \cdot 0,462 \cdot (160 - 20) = 68,2 \text{ кДж}$$

Розігрівання корпусу

$$G_{mi} = V_i \cdot \rho_i = (2 \cdot 0,001 \cdot 0,53 \cdot 0,56 + 2 \cdot 0,001 \cdot 0,53 \cdot 0,61 + 0,001 \cdot 0,56 \cdot 0,61) \cdot 7800 = 8,864 \text{ кг}$$

$$Q_3^{\text{корпус}} = 8,864 \cdot 0,462 \cdot (60 - 20) = 206,758 \text{ кДж}$$

$$Q_3^{\text{мет}} = 274,958 \text{ кДж}$$

Нагрівання теплоізоляції корпусу

$$\lambda_{\text{и}} = 0,53 + 0,00022 \cdot 110 = 0,5542 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$$

$$\alpha'_0 = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{\text{огр}} - t_0) = 9,74 + 0,07 \cdot (60 - 20) = 10,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$q = \alpha'_0 (t_{\text{н.с}} - t_0) = 10,2 (60 - 20) = 400,8 \text{ Вт/м}^2$$

$$\delta_{\text{и}} = \frac{\lambda_{\text{и}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{кож}})}{q} = \frac{0,5542 \cdot (160 - 60)}{400,8} = 0,138 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$$

$$F_{\text{и}} = 0,8342 \text{ м}^2$$

$$G_u = \delta_u \cdot F_u \cdot \rho_u = 0,138 \cdot 0,8342 \cdot 30 = 3,45 \text{ кг}$$

$$Q_3^{\text{II}} = G_u \cdot c_u \cdot (t_u - t_0) = 3,45 \cdot 0,9 \cdot (110 - 20) = 279,7 \text{ кДж}$$

$$Q_3 = 279,7 + 274,958 = 554,6 \text{ кДж.}$$

Результати розрахунків витрат тепла наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків

Розхід тепла, кДж/ч	Режим розігрівання	Стаціонарний режим режим
Корисно використоване тепло	$Q_{II}^I = 6117,4$	$Q_{II}^{II} = 1951,13$
Втрати тепла в оточуюче середовище	$Q_{CP}^I = 801,6$	$Q_{CP}^{II} = 574,23$
Втрати тепла на розігрівання конструкції	$Q_{OB}^I = 554,6$	-
Всього	7473,6	2525,36

2.4.3.1 Конструювання та розрахунок електронагрівачів

Для виконання розрахунку електронагрівача потрібно знати його потужність, допустимі питомі потужності на поверхні трубки тена, номінальне напруження, робоча температура та середовище, в якому буде працювати нагрівач.

Потужність обладнання розраховується на основі теплового розрахунку по формулі:

$$P = \frac{Q}{\tau},$$

де Q – максимальне тепло, підведене до апарата за час розігрівання Q' або стаціонарного режиму Q'' (розраховується з теплового балансу), Дж;

τ – час розігрівання або стаціонарного режиму, с.

Потужність одного тена P_e , кВт, розраховується по формулі:

$$P_e = \frac{P}{n},$$

де n – кількість тенів в апараті, обумовлене призначення апарату та схемою регулювання нагрівання.

Для виконання розрахунку по таблиці 2.5 вибираємо допустиму питому потужність W на поверхні трубки тена в залежності від робочого середовища.

Таблиця 2.5 – Рекомендоване значення питомої потужності тенів

Робоче середовище	Рекомендовані матеріали оболонки тенів	Питома потужність W , Вт / м ²
Жири харчові	Ст. 10, Ст. 20 з захисним покриттям	$3 \cdot 10^4$
Повітря	Ст. 10, Ст. 20 з захисним покриттям	$2,2 \cdot 10^4$
Вода	Нержавіюча сталь марки X18H10T.	$11 \cdot 10^4$

З креслення «Схема положень електронагівачів» повна довжина електронагівача $L_{\text{пов}}$ складає 1,246 м. Вираховуємо активну довжину після опресування L_a , м,

$$L_a = L_{\text{повна}} - 2L_n,$$

де L_n - довжина пасивних кінців трубки тенів, м, приймаємо рівній 0,004м.

Довжина активної частини тена до опресування L_{a1} складається

$$L_{a1} = \frac{L_a}{\gamma},$$

де γ – коефіцієнт подовження трубки після опресування; приймаємо рівним 1,15.

Повна довжина трубки тена після опресування $L_{\text{повна}}$ складається

$$L_{\text{повна}} = L_a + 2L_n$$

де $L_{\text{повна}}$ – довжина пасивних кінців трубки тена; приймаємо в межах 0,04 - 0,05 м.

За значенням L_{a1} розраховуємо діаметр трубки корпусу тена D , м,

$$D = \frac{P_3}{\pi L_{a1} W}$$

Електричний опір проволони тена після опресування, R , Ом, розраховується

$$R = \frac{U^2}{P_3},$$

де U – напругення мережі, $U = 220\text{В}$.

Опір проволони тенів до опресування R , Ом, розраховується

$$R_0 = R \cdot a_r$$

де a_r – коефіцієнт зміни електричного опору проволони в результаті опресування; приймаємо рівним 1,3.

Знаючи R_0 можна розрахувати діаметр і довжину проволони спіралі, користуючись відомими залежностями:

$$R_0 = \rho \frac{l}{S} = \frac{4\rho l}{\pi d^2},$$

де d – діаметр проволони, м; приймаємо в межах от 0,0004 до 0,001

S – переріз проволони, м^2 ;

l – довжина проволони опору (активна), м.

Довжина проволони тена згідно формули буде дорівнювати

$$l = \frac{R_0 S}{\rho} = \frac{R_0 \frac{\pi d^2}{4}}{\rho},$$

де d – прийнятий діаметр проволони, м;

ρ - питомий опір проволони при робочій температурі розраховується по формулі, $\text{Ом} \cdot \text{м}^2$

$$\rho = \rho_{20} [1 + a(t - 20)],$$

де ρ_{20} – питомий опір проволони при 20°C ; по таблиці 2.6;

a – температурний коефіцієнт опору (див. таблицю 2.6)

Таблиця 2.6 – Характеристики

Марка сплаву	Питомий опір, при 20°C, Ом·м	Температурний коефіцієнт опору, 1/°C	Допустима температура, °C	
			гранична	робоча
X15H60	(1,06...1,16) 10 ⁻⁶	0,17·10 ⁻³	1000	950
X20H80	(1,03...1,13) 10 ⁻⁶	0,15·10 ⁻³	1100	1050
X13Ю4	(1,18...1,34) 10 ⁻⁶	0,15·10 ⁻³	1000	900
0X27Ю5А	(1,37...1,47) 10 ⁻⁶	0,15·10 ⁻³	1300	1250

Довжина одного витка спіралі l_B , м; в середньому становить

$$l_B = 1,07\pi(d_{ст} + d), \text{ м,}$$

де 1,07-коефіцієнт, що враховує пружинність спіралі при навивці;

$d_{ст}$ – діаметр стержня для навивки спіралі, м.

Число витків спіралі складає

$$n = \frac{l}{l_B},$$

Відстань між витками дорівнює

$$a = \frac{L_a - nd}{n},$$

Для нормального відведення тепла від спіралі необхідно, щоб відстань між витками перевищувала діаметр дроту спіралі вдвічі-втричі. Однак чим більша відстань між витками, тим краще умови роботи спіралі і тим вона довговічніша.

Перетворюючи формулу, отримаємо коефіцієнт кроку спіралі

$$K = \frac{h}{d} = \frac{a + d}{d} = \frac{L_a}{nd} = 2 \dots 3,$$

Потрібна кількість дроту для одного елемента з урахуванням навивки на

кінці стрижнів контактних по 20 витків складе.

$$L_{\text{потр}} = l + 2 \cdot 20 \cdot l_{\text{в}},$$

2.4.3.2 Розрахунок електронагрівачів

$$P = \frac{Q}{\tau} = \frac{7473,6}{3600} = 2,08 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{э}} = \frac{P}{n} = \frac{2,08}{2} = 1,04 \text{ кВт}$$

$$W = 3 \cdot 10^4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$$

$$L_{\text{полн}} = 1,1356 \text{ м}$$

$$L_{\text{а}} = L_{\text{полн}} - 2L_{\text{н}} = 1,246 - 2 \cdot 0,04 = 1,165 \text{ м}$$

$$L_{\text{а1}} = \frac{L_{\text{а}}}{\gamma} = \frac{1,165}{1,15} = 1,013 \text{ м}$$

$$D = \frac{P_{\text{э}}}{\pi L_{\text{а1}} W} = \frac{1040}{\pi \cdot 1,013 \cdot 3 \cdot 10^4} = 11 \text{ мм}$$

Приймаємо $D = 12 \text{ мм}$

$$R = \frac{U^2}{P_{\text{э}}} = \frac{220^2}{1040} = 46,54 \text{ Ом}$$

$$R_0 = R \cdot a_{\text{r}} = 46,54 \cdot 1,3 = 60,5 \text{ Ом}$$

$$R_0 = \rho \frac{l}{S} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}; l = \frac{R_0 S}{\rho} = \frac{R_0 \frac{\pi d^2}{4}}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + a(t - 20)] = 1,1 \cdot 10^{-6} [1 + 0,7 \cdot 10^{-3} (950 - 20)] = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$l = \frac{R_0 S}{\rho} = \frac{R_0 \pi d^2}{4\rho} = \frac{60,5 \cdot 3,14 \cdot 0,0005^2}{4 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 5,94 \text{ м}$$

$$l_{\text{в}} = 1,07\pi(d_{\text{ст}} + d) = 1,07 \cdot 3,14(0,007 + 0,001) = 0,0202 \text{ м}$$

$$n = \frac{l}{l_{\text{в}}} = \frac{5,94}{0,0202} = 294 \text{ витка}$$

$$a = \frac{L_{\text{а}} - nd}{n} = \frac{1,165 - 294 \cdot 0,001}{294} = 0,0029$$

$$K = \frac{h}{d} = \frac{a + d}{d} = \frac{L_{\text{а}}}{nd} = \frac{1,165}{294 \cdot 0,0005} = 7,9$$

$$L_{\text{порт}} = l + 2 \cdot 20 \cdot l_{\text{Б}} = 5,94 + 2 \cdot 20 \cdot 0,0202 = 6,75 \text{ м}$$

3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕРМОСТАТИЧНОЇ ТУМБИ

3.1 Базовий технологічний процес

При виготовленні розробленої конструкція теплової тумби, основні технологічні процеси будуть виконуватися з листовим матеріалом та трубними заготовками. Базовий технологічний процес наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Базовий технологічний процес

№	Назва операції	Суть операції
005	Лазерна з ЧПК	Вирізання розкрою з листового матеріалу
010	Згинальна з ЧПК	Згинання нарізаних заготовок в деталі
015	Аргонове зварювання	Проварювання кутів та проміжків в зігнутих заготовках
020	Контрольна	Перевірка розмірів деталі
025	Шліфувальна	Шліфування зварних швів
030	Полірувальна	Полірування зварних швів
035	Збиральна	Збирання деталей у готовий виріб (зварювання та заклепування)
040	Контрольна	Контроль відповідності зібраної конструкції кресленням, контроль якості виготовлення, контроль габаритів
045	Пакувальна	Пакування готового виробу, підготовка до транспортування

3.2 Технологічне оснащення

На виробництві використовуються наступне технологічне оснащення:

Волоконний лазерний верстат MSFL1530T із труборізом.

Волоконний лазерний верстат з ЧПК відкритого типу зі змінним робочим столом MSFL1530T, системою різання металевих труб це найсучасніший комплекс, призначений для лазерного криволінійного різання металів. У волоконному верстаті для різання металу MSFL1530T використовуються останні світові розробки в області лазерних технологій і систем з числовим програмним управлінням. Волоконний верстат MSFL1530T є модифікацією популярної моделі лазерного верстата волокна MSFL1530, укомплектованого сучасною системою розкрою труб (труборізом). Як і молодша модель верстат металу MSFL1530T є безкомпромісним професійним обладнанням здатним до цілодобової роботи довгі роки. Волоконний лазерний верстат для криволінійного розкрою металу MSFL1530T із системою розкрою металевих труб [10].

Волоконний лазер MSFL1530T можна укомплектувати такими лазерними джерелами:

- Raucus - 1 кВт; 1,5 кВт; 2 кВт, 3 кВт, 4 кВт.
- IPG - 1 кВт; 1,5 кВт; 2 кВт, 3 кВт, 4 кВт.

Застосування волоконного верстата MSFL1530T: криволінійне різання металу, виробництво систем вентиляції, водоводів, розкрій труб, виробництво електричних вимикачів, виробництво побутових електричних приладів, виробництво кухонного приладдя, обробка та виробництво інструментів, виробництво ліфтів, виробництво металевих ящиків для електронних компонентів, промисловість та багато іншого.

Основні компоненти волоконного лазерного верстата MSFL1530T:

- Тип оптоволоконного верстата: відкритий;
- Лазерне волоконне джерело: Raucus або IPG
- Лазерна головка: Raytools (Швейцарія);

- Система передачі: подвійний привід; зубчаста рейкова передача;
- Напрямні 35 мм ТНК (Японія);
- Косозуба рейка/ шестерня: Arix;
- Редуктор: Motovario (Італія);
- Серводвигуни: Schneider Electric (Франція);
- Водохолоджувач / чіллер: S&A (КНР);
- Система керування: Bosch;
- Програмне забезпечення: Cypcut (російською мовою);
- Електромагнітний клапан: Airtac (Тайвань);
- Сполучні затискачі: Weidmuller (Німеччина);
- Реле: Siemens (Німеччина);
- Комп'ютер: промисловий комп'ютер Advantech (Тайвань).

Так як технології не стоять на місці та відбувається постійне оновлення обладнання, верстат MSFL1530 T може комплектуватися деталями інших виробників, аналогічними за характеристиками та функціональністю [10].

Особливості конструкції волоконного лазерного верстата з ЧПК MSFL1530T:

Лазерна голова оснащена двигуном, який забезпечує автоматичне фокусування лазерної головки в процесі роботи, залежно від нерівностей матеріалу.

Зварна станина виготовлена з листової сталі товщиною понад 12 мм, що дозволило звести вібрації верстата до мінімуму та виконувати різання на максимальних швидкостях, при цьому без погіршення якості різання. Як і раніше, станина після зварювання проходить спеціальну термічну обробку, що підвищує стабільність та точність.

Поперечний портал виготовлений із алюмінію методом лиття під тиском, що дозволяє йому служити довгі роки. При тому, що він полегшав, портал залишився досить міцним, як і раніше, забезпечує виняткову точність різання. [10]

Спеціальна конструкція станини дозволяє видаляти пил у процесі виробництва, що знижує кількість шкідливих речовин, що викидаються у навколишнє середовище.

Система криволінійного різання труб (труборіз) може обробляти труби діаметром до 200 мм та профілю, розміром до 150x150 мм. У базовій комплектації оснащений механічним патроном. Опціонально можна встановити пневматичний затискний патрон.

Автоматична система зміни столів підвищує продуктивність верстата та скорочує час простою обладнання. Процес зміни робочих поверхонь займає лише 15 секунд. [10]

Максимальна товщина металів підходить для розкрою на волоконному лазерному верстаті MSFL1530T з джерелами різної потужності табл.3.2:

Таблиця 3.2 Потужність MSFL1530T

Потужність, Вт	1000	1500	2000	3000	4000
Вуглецева сталь	10 мм	12 мм	16 мм	20 мм	25 мм
Нержавіюча сталь	5 мм	6 мм	6 мм	10 мм	12 мм
Алюміній	2 мм	4 мм	6 мм	10 мм	12 мм
Латунь	1 мм	3 мм	4 мм	5 мм	8 мм
Мідь	1 мм	3 мм	4 мм	6 мм	8 мм

Технічні характеристики лазерного верстата по металу MSFL1530T:

- Довжина хвилі лазера: 1070-1080 нм;
- Номінальна вихідна потужність: 1000-4000 Вт (залежно джерела);
- Якість лазерного променя: менше 0,373 mrad;
- Швидкість різання: до 45 м/хв (залежить від матеріалу);
- Максимальне навантаження на робочий стіл: 900 кг;
- Робоче поле верстата: 1500*3000 мм (опціонально 1500*4000 мм, 1500*6000 мм, 2000*4000 мм, 2000*6000 мм, 2500*6000 мм);

- Довжина обробки труб: 3 м (опціонально 6м);
- Діаметр труб, що обробляються: 20-200 мм;
- Кріплення труб: механічний патрон (опціонально пневматичний);
- Хід по осі X: 1500 мм (2000 мм, 2500 мм);
- Хід по осі Y: 3000 мм (4000 мм, 6000 мм);
- Хід осі Z: 220 мм;
- Точність позиціонування, що відтворюється: 0,03 мм;
- Потужність обладнання: до 27 кВт;
- Електроживлення: 3 фази, 380, 50 (60) Гц;
- Клас захисту: IP54.

Необхідні умови експлуатації для стабільної роботи волоконного лазерного верстата з ЧПУ MSFL1530T:

- Температура довкілля: від 15 до 30 градусів Цельсія. Якщо температура може підніматися вище за 35 градусів — рекомендується встановлювати верстат у кондиціонованому приміщенні;
- Електроживлення обладнання здійснюється від чотирьохпровідної 3-фазної промислової електричної мережі 380В, частотою 50 ± 1 Гц;
- Охолодження системи здійснюється автономно. Як охолоджувальну рідину необхідно використовувати дистильовану воду. Підтримка необхідної температури рідини, що охолоджує, відбувається автоматично за допомогою контролера.
- Для видалення продуктів горіння та технологічного пилу лазерний верстат необхідно підключити до зовнішньої витяжної вентиляції або оснастити додатковою спеціалізованою фільтраційно-витяжною станцією.
- Компоненти не повинні піддаватися впливу прямого сонячного проміння;
- Кондиціонування точки роси навколишнього повітря повинно бути менше 10 градусів, щоб запобігти випаданню конденсату на холодильній частині верстата;

- Рекомендується використовувати приміщення без вібрації від іншого обладнання;
- Фарба, розчинник або велика кількість пилу в повітрі поглинатиме потужність лазерного променя, що негативно впливає на функції системи верстата. Також таке сусідство вкрай вибухонебезпечне!
- Для різання необхідно використовувати промисловий кисень у балонах зі ступенем очищення не менше 99.7% або азот зі ступенем очищення не менше 99.97%.

Вертикальний листозгинальний прес WC67Y-40T/2000.

Вертикальний листозгинальний прес WC67Y-40T/2000 [9]

Основні характеристики:

- Торгова марка Монакс
- Країна-виробник КНР
- Робоча довжина 2000 мм
- Налаштування заднього упору 500 мм
- Зусилля 40 т
- Відстань між колонами 1790 мм
- Глибина подачі (зів) 250 мм
- Осі Y; X; (опція R)
- Робоча швидкість осі Y 60 мм/с
- Робоча швидкість осі X 200 мм/с
- Робоча швидкість повороту інструменту вісь Y 50 мм/с
- Робоча швидкість згину вісь Y 7 мм/с X ід 90 мм
- Просвіт 325 мм
- Об'єм масляного бака 120 л.

Параметри підключення: потужність двигуна 4.0 кВт

Габарити: довжина 2600 мм, ширина 1700 мм, висота 1900 мм.

Додаткові параметри: точність позиції 0.03 мм

Особливості використання вертикального листозгинального пресу Монакс WC67Y-40T/2000 призначений для холодного згинання листового металу із зусиллям до 40 тонн. Міцна зварена рама, що піддалася термічній обробці, гарантує жорсткість преса; Надійна гідравлічна система з компонентами від світових виробників. Висока швидкість та точність гнуття. Синхронізовано роботу 2-х силових гідроциліндрів за рахунок жорсткого з'єднання через трубчастий торсіон. Завдяки цьому забезпечується точність роботи станка. Управління по осі Y регулюється контролером Estun E21, який задає кут згину [9].

Листозгинальний прес застосовується для виготовлення корпусних деталей для обладнання, транспортних засобів, електротехнічних пристроїв різного призначення.

Профілі, одержувані при використанні згинального преса (рис. 3.1), можуть бути різної конфігурації, залежно від призначення.

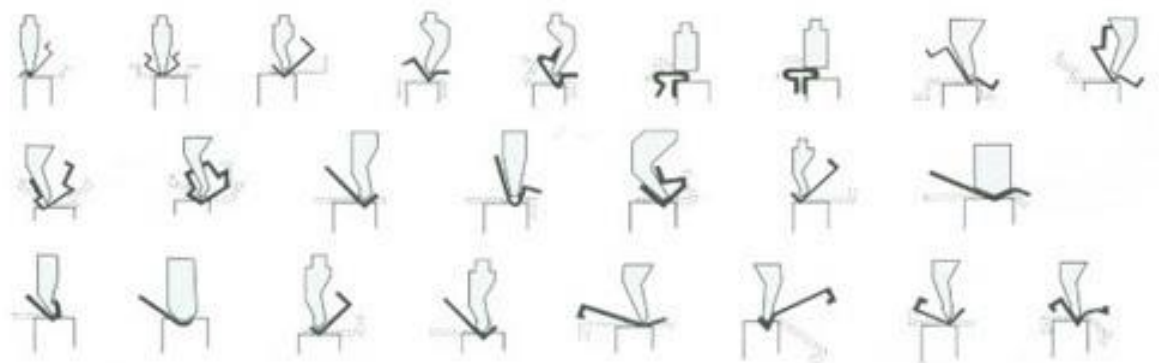


Рисунок 3.1 – Профілі деталей

Стандартний інструмент показано на рис. 3.2:

- TIG (аргонодугове зварювання) так

Характеристики обладнання аргонодугового зварювання (TIG):

- Зварювальний струм макс. (TIG), А 200
- Зварювальний струм мін. (TIG), А 10
- Спосіб збудження дуги HF
- Час продування газом до зварювання, з 0 – 1
- Час продування газу в кінці зварювання, з 1 – 10
- Діапазон пульсації, А 10 – 200
- Діапазон частоти імпульсу, Гц 0.5 – 300
- Скважність імпульсу (коефіцієнт заповнення), % 10 – 90
- Баланс полярності, % 10 – 80
- Час спаду струму, з 0 – 10
- Напруга холостого ходу (TIG), 56
- Робоча напруга на дузі (TIG), 10.4 – 18.0

Характеристики зварювального пальника:

- Діаметр вольфрамового електрода, мм 1.0 – 3.2
- Режим керування пальником 2Т/4Т

Характеристики енергопостачання (приводу, двигуна):

- Напруга мережі живлення, В 190 – 240
- Частота мережі живлення, Гц 50/60
- Споживаний струм (TIG), А 28
- Потужність (TIG), кВт 4.6
- Потужність (ММА), кВт 6.7
- Активна потужність (ММА), кВт 6.2
- Активна потужність (TIG), кВт 4.3
- Коефіцієнт корисної дії, % 85
- Коефіцієнт потужності, cos 0.93
- Область використання, призначення
- Клас обладнання професійний

- Зварювання кольорових та інших металів так
- Кількість видів зварювання 2
- Комфортність та безпека використання
- Ступінь захисту IP21
- Клас ізоляції F
- Захист від перегріву є
- Захист від перенапруги є

Умови експлуатації:

- Температурний діапазон роботи, °C -5...+40

Масо-габаритні характеристики:

- Вага, кг 30
- Розміри (ДхШхВ), мм 610х475х465

Важлива особливість: точне налаштування параметрів режимів зварювання за допомогою 9 аналогових регуляторів. Вони дозволяють регулювати: 1. Стартовий зварювальний струм у режимі TIG (Start A) – відображається на дисплеї. 2. Робочий зварювальний струм у режимі TIG та MMA (Welding A) – не відображається на дисплеї. 3. Нижній рівень зварювального струму для пульсу (Back ground A). 4. Заварювання кратера (Down Slope) - працює тільки в 4Т-режимі. 5. Частоту пульсу (Pulse Frequency). 6. Баланс пульсу (Pulse Width). 7. Продування металу газом після зварювання Post Flow (Post Time). 8. Баланс змінного струму (AC Balance). [15]

Легкість зміни режимів. Цього вдалося досягти за допомогою тумблерів на передній панелі, які відповідають за такі функції: 9. Увімкнення/вимкнення дистанційного керування (при роботі без д/в перемикач має бути у положенні «OFF»). 10. Увімкнення/вимкнення режиму «Пульс». 11. Перемикання між режимами TIG та MMA. 12. Перемикання між 2- та 4-тактними режимами роботи. 13. Перемикання між постійним та змінним струмом (AC/DC). [15]

3.3 Технологічне пристосування для зварювання

Зварювальний стіл займає важливе місце у облаштуванні робочого місця зварювальника. Він повинен забезпечувати комфортне та безпечне виконання будь-якої зварювальної технології.

Різноманітність видів зварювальних робіт зумовлює конструктивні особливості столів (рис. 3.3). Як простих, так професійних можна назвати загальні складові. Головною відмінністю є плита (стільність). Наявність конструктивних елементів типу отворів і пазів на ній забезпечує кріплення оснастки для точного позиціонування деталей, що зварюються. Міцна рама служить для кріпиться плита (стільність). Регульовані опори дозволяють виставити поверхню в горизонтальному положенні та забезпечити зручну для роботи зварювальника висоту.

Стіл може бути обладнаний як закритими, так і відкритими полицями. У закритих полицях розташовується робочий і вимірювальний інструмент, у відкритих - тимчасове оснащення та інші пристрої, що застосовуються в разовому порядку. Столи обладнуються піддоном для збирання зварювального пилу та інших технологічних відходів.



Рисунок 3.3 – Поворотний круглий стіл серії ПСТ

По контуру є кронштейни, що використовуються для кріплення зварювального дроту та приєднання до заземлюючого контуру. Безпосередньо у зону зварювання підводиться всмоктувальний рукав від системи вентиляції.

Зварювальні столи повинні відповідати ГОСТ 21694-92. Цей документ класифікує їх як механічне зварювальне обладнання. До базисних вимог ГОСТ 21694-92 стосовно них відносяться вимоги електробезпеки та комплектація універсальними пристроями, що забезпечують функціонування обладнання. Інші вимоги, наприклад, освітленість робочого місця та інші залежать від конкретних умов експлуатації. [16]

Зварювання в умовах цеху різне відрізняється від зварювання в гаражі. На виробництві застосовуються не тільки спеціальні технології, але і спеціальні пристрої. Вони покликані спростити працю зварювальника та прискорити роботу. Оскільки найчастіше саме від кількості випущеної продукції залежить прибуток підприємства. [13]

Кондуктор зварювальний (зварювально-складальний кондуктор, складальний кондуктор, кондуктор для збирання, кондуктор для зварювання і т.д.) - це спеціальний пристрій, призначений для фіксації та попереднього збирання металоконструкцій. За допомогою кондуктора складальні деталі надійно фіксуються на одному місці, їх зручно зварювати і стежити за ходом виконання робіт.

Зварювальний стіл-маніпулятор (рис. 3.4.) найчастіше використовують для фіксації обертання труб, а також інших великогабаритних деталей. Наприклад, металеві балки. При використанні зварювального столу-маніпулятора полегшується праця зварювальника. При зварюванні труб, дозволяє обертати трубу в заданому напрямку, не змінюючи при цьому свого положення і виконуючи зварювання, по суті, стаціонарно. Такі пристрої не просто зручні, вони також прискорюють зварювальні роботи, в перспективі збільшуючи прибуток підприємства. Широке використання при роботизованому зварюванні [13].



Рисунок 3.4 – Зварювальний стіл-маніпулятор

3.4 Процес складання

Процес складання починається після того як всі компоненти виготовлені: труби порізані правильної довжини, комплектуючі вирізані на лазері та зігнуті на верстаті, замовлені базові елементи.

Процес збирання можна розділити на декілька етапів:

- збирання стільниці;
- збирання камері нагрівання;
- збирання дверей купе;
- збирання каркасу

Для зварення каркасу потрібно взяти полицю (4_201_08mm_1PS) попередньо зварена з траверсой посилення (5_201_08mm_1PS) та в відповідних вирізах вставити труби та обварити по контуру(рис. 3.5) і так з кожним вирізом.

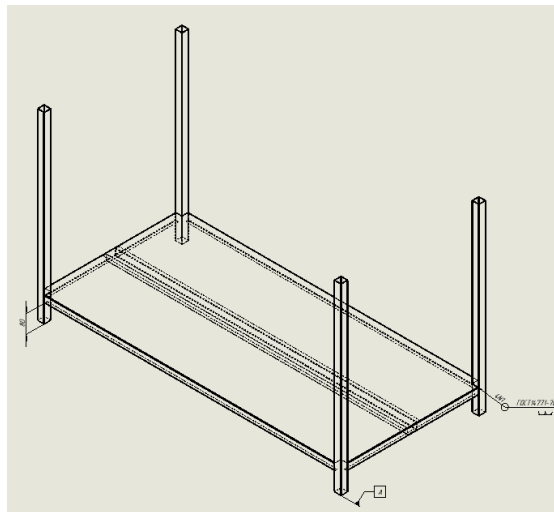


Рисунок 3.5 – Зварювання каркасу

Наступний етап – це монтування на зібрану конструкцію камери нагівання, попередньо в яку вже вмонтовані тени для нагрівання та вентилятор. Тени та вентилятори кріпляться на бовтові з’єднання М4 (рис.3.6)

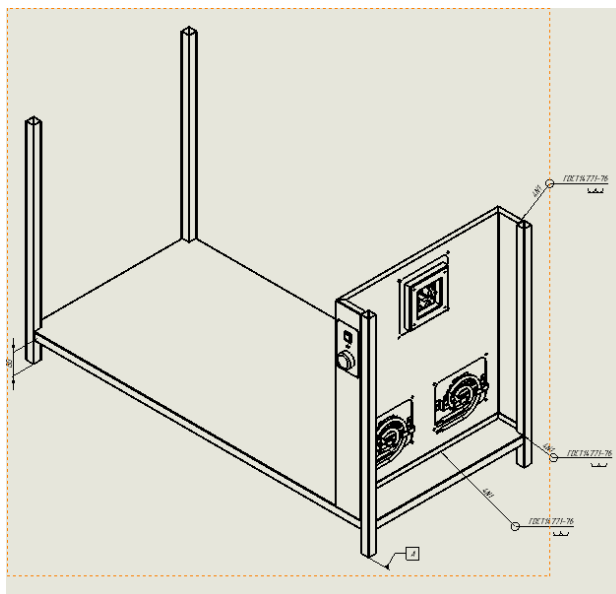


Рисунок 3.6 – Монтаж камери нагрівання

Наступний етап, приварення елементів зашивки до трубного каркасу та полиці (6_201_08mm_2PS та 7_201_08mm_1PS) рис. 3.7.

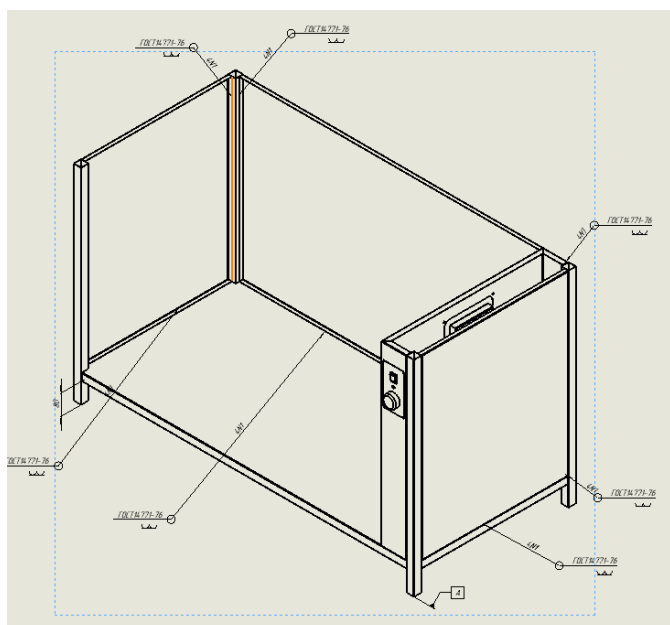


Рисунок 3.7 – Зварення елементів зашивки корпусу

Останнім етапом в зварюванні корпусу це приварення проміжної полиці з перфорацією (7_201_08mm_1PS) рис. 3.8

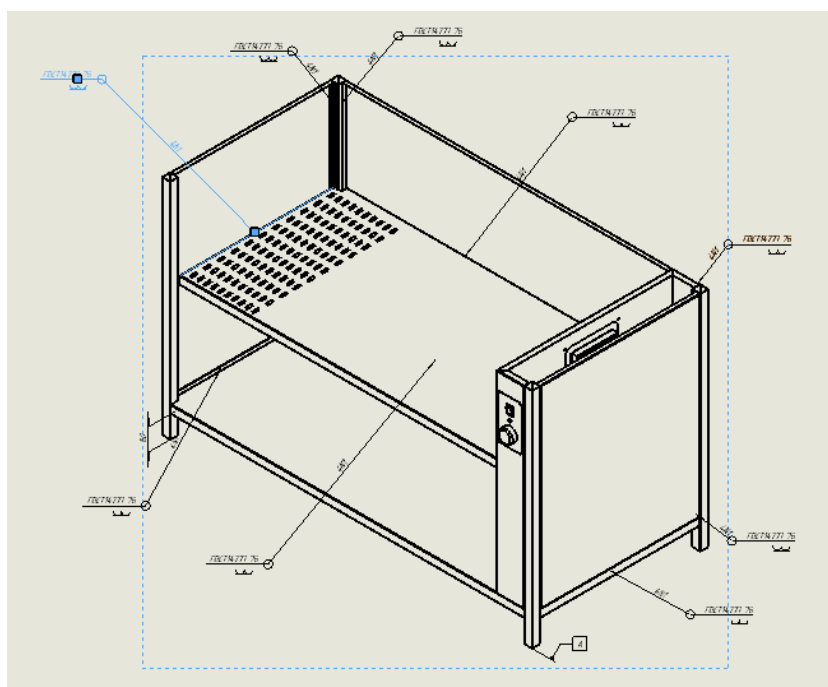


Рисунок 3.8 – Приварення проміжної полиці

Після закінчення зварювання каркасу, потрібно вмонтувати двері купе, двері купе також укомплектовані гумовою гофрую для герметичності (рис. 3.9)

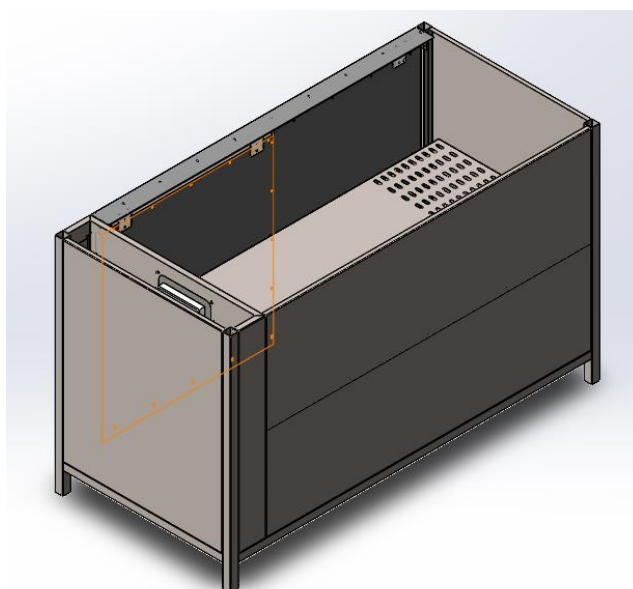


Рисунок 3.9 – Монтаж дверей купе

Фінальний етап збирання це приварення зібраної раніше стільниці тумби та встановлення ніжок регулювання по висоті. Данні ніжки мають велику перевагу тим що кожен замовник під особисті цілі може вирівняти тумбу по

висоті.. Всі комплектуючі стільниці вирізані та зігнуті, ДСП попередньо вирізана та приклеєна до (1_201_08mm_IPS) рис. 3.10 та рис. 3.11

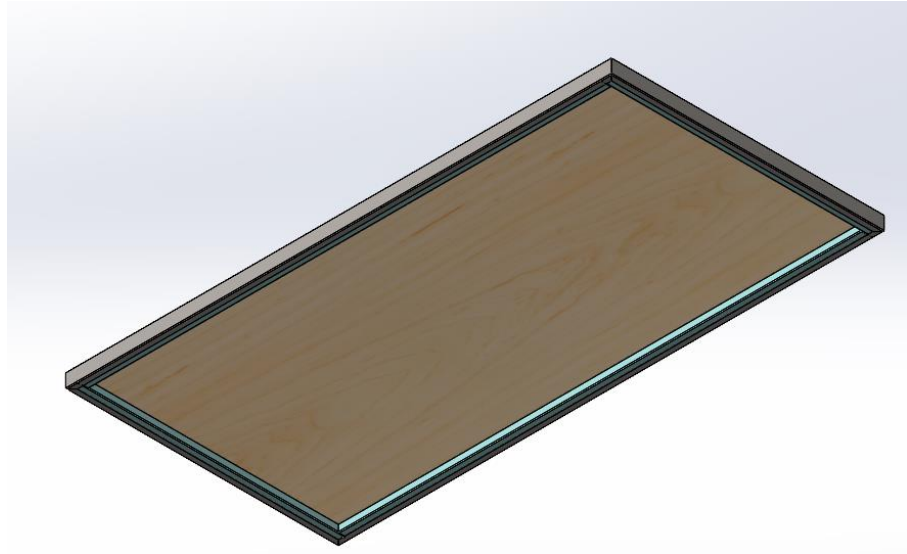


Рисунок 3.10 – Зібрана стільниця

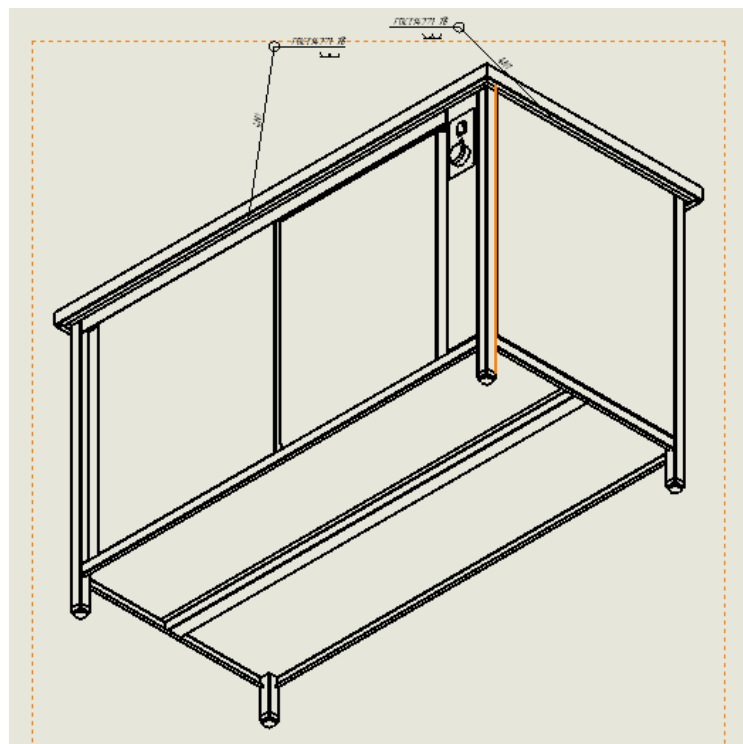


Рисунок 3.11 – Зварювання стільниці до каркасу

Після збирання тумби шліфуємо всі зварні з'єднання, та перевіряємо на відповідність габаритні розміри. Пройшовши операцію контролю, виріб запаковується та відправляється до замовника.

4. МОДЕРНІЗАЦІЯ

Після виготовлення першої пробної партії в кількості двадцяти штук, постало питання щодо модернізації процесу виготовлення тумби, можливі зміни в конструктиві даного виробу [17].

Сьогодні складно представити підприємство, яке б не займалось оновленням, реконструкцією чи модернізацією іменного обладнання. Програми модернізації та розвитку зустрічаються у багатьох компаній.

У вирішенні доволі непрості задачі, підприємства, як правило, відштовхуються від двох факторів. Перший з них – бажаний результат. Іншими словами, це відповідь на питання, які цілі необхідно досягнути? Це може бути збільшення обсягів виробництва, скорочення виробничих циклів, покращення якості продукції. Іншим вирішальним фактором є фінансові можливості підприємства. В визначені кінцевої цілі знати вимоги, пред'явлені сьогодні до виробництва. По-перше - це технологічність. Прогрес не стоїть на місці. Стрімко змінюється ринок і вимоги до виробництва. Сучасне обладнання з однієї сторони повинно відповідати цим вимогам, а з іншої сторони забезпечувати високу якість продукції в досить короткі терміни. [17]

Ще однією із вимог є доступність обладнання. При всьому своєму вдосконаленні, складності та унікальності, обладнання може стати бездоганним придбанням, якщо для роботи на ньому співробітників доведеться шукати по всій Україні.

Одним із показників якості обладнання є стан навколишнього середовища. Екологічність стала однією з важливих характеристик обладнання. Також для багатьох компаній істотними вимогами є економічність обладнання. В це поняття вкладається не тільки можливість економити на обладнанні або його установі (хоч економія без збитків якості, зрозуміло, бажана для будь-якого керівника) [17]. Є у вигляді відсутності необґрунтованих витрат на саме обладнання, його транспортування та установку, а також витрати на електроенергію та матеріали. Велике значення

мають і такі вимоги як якість обладнання, обсяг виробництва та безпека. Кожна компанія вибирає свій шлях модернізації. Це може бути установка нового обладнання на вже наявному виробництві. Обладнання, яке встановлюється в таких випадках, може покращити якість вже наявних послуг, або розширити виробництво, запропонувати новий етап.

Доволі поширеною є реконструкція старого обладнання, його вдосконалення та модернізація. Подібні роботи дозволяють збільшити потужність, збільшити обсяги виробництва, уникнути поломок. Крупні компанії, ведучі активну соціальну політику, все частіше модернізують обладнання не тільки з метою збільшення обсягів виробництва, але прагнуть до високого рівня безпеки та екологічності. Розроблені за допомогою власних технологій випробовуються на окремих підприємствах компанії і потім, у разі успіху, використовувати на інших виробництвах. [17]

У деяких випадках прибігають до створення додаткових виробництв, які дозволяють удосконалити виробничий процес. Однак встановлення чи модернізація обладнання недостатньо для досягнення поставлених задач. Один із найважливіших складових надійної роботи обладнання є добре продуманою кадровою політикою. У цьому випадку необхідно досягнути оптимального поєднання ремонтно-сервісної діяльності, своєчасного контролю за станом обладнання та навчання персоналу для роботи на нових потужностях. В підсумок, можна сказати, що процес модернізації є обов'язковим етапом, що впливає на ефективність роботи виробництва. [17]

Термостатична тумба побудована на базі стола виробничого. Каркас стола виготовлений з профільної труби квадратного перерізу.

Основні переваги каркасу з металу:

- простота в монтажі;
- дешевизна;
- велика швидкість зведення;
- здатність витримувати досить високі навантаження

Оскільки для виготовлення даного виробу було використано операцію зварювання конструкція досить жорстка та громіздка. В майбутньому є варіанти зменшення зварювальних операцій та заміна їх на з'єднання за допомогою заклепок.

Переваги та недоліки зварних з'єднань у порівнянні із заклепочними[11]

Переваги:

- простота конструкції зварного шва і менша трудомісткість у виготовленні, обумовленої порівняльною простотою технологічного процесу зварювання.

- значне зниження маси конструкції при тих же габаритах: порівняно з литими – на 30-50%, порівняння із заклепувальними та болтовими – до 20%. При заміні заклепувальних з'єднань зварними економія у вазі виходить за рахунок відмови від застосування різних накладок, необхідних у заклепувальних з'єднаннях, а також частини ваги самих заклепок; при заміні литих деталей зварними конструкціями вага їх зменшується за рахунок вищих механічних властивостей прокатного металу. [11]

- можливість з'єднання деталей будь-яких форм;
- герметичність та щільність з'єднання;
- безшумність технологічного процесу зварювання;
- можливість автоматизації зварювального процесу;
- зварне з'єднання дешевше за заклепувальне.
- з'єднання деталей може виконуватися без накладок.
- Можливість зварювання товстих профілів.

Недоліки:

- виникнення залишкових напруги у зварюваних елементах;
- короблення деталей через нерівномірне нагрівання в процесі зварювання;
- залежність якості шва від виконавця та труднощі контролю; застосування автоматичного зварювання усуває цей недолік.

- схильність до утворення тріщин у місцях переходу від шва до цільного металу внаслідок термічної напруги, що виникає при охолодженні. Тріщини особливо небезпечні при динамічних навантаженнях (вібраційних та ударних), тому в таких випадках зварні шви намагаються не застосовувати, замінюючи їх заклепочними з'єднаннями. Термічна напруга може бути частково або повністю усунута термообробкою зварного з'єднання (низькотемпературним відпалом). Термічна обробка виключає також подальше жолоблення зварних конструкцій. [11]

4.1 Розрахунок заклепувального з'єднання

Зазвичай зсув супроводжується зминанням, вигином, концентрацією напружень, контактними напруженнями. Дотичні напруження при зрушенні виявляються розподіленими нерівномірно. Умова міцності при розрахунку на зсув:

$$\tau = \frac{Q}{A} \leq \tau_{adm}$$

Тут Q - зсувна сила; A - площа зсуву; τ_{adm} - допустимі дотичні напруження в розрахунках на зсув (встановлюється нормами, технічними умовами тощо). Умова міцності на зминання, що часто супроводжує зсув, має вигляд. [12]

$$\sigma_{cm} = \frac{F}{A_{cm}} \leq \sigma_{adm}$$

де A_{cm} - напруження, що змінюються; F - змінна сила; $A_{ш}$ - площа зминання; σ_{adm} - допустиме нормальне напруження в розрахунках на зминання.

Заклепкові з'єднання є нероз'ємними, а болтові - роз'ємними з'єднаннями, але їх розрахунки на міцність багато в чому однакові. Введемо припущення.

1. Зусилля між заклепками (болтами) розподілені рівномірно (на кожне заклепування або болт припадає однакова сила).

2. Сили тертя, що виникають між елементами, що з'єднуються, не враховуються.

Розглянемо розрахунок заклепувальних з'єднань на зріз. Вважатимемо дотичні напруги по поперечному перерізу заклепки розподіленими рівномірно.

Використовуючи формулу, запишемо умову міцності заклепок на зріз (рис. 4.1):

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot n_{\text{ср}} \cdot t} \leq \tau_{\text{adm}}$$

де F - зсувна сила; d - Діаметр заклепки; $n_{\text{ср}}$ - число заклепок у заклепковому з'єднанні з умови міцності на зріз; t - число зрізів у однієї заклепки. Воно на одиницю менше кількості деталей, що з'єднуються заклепкою. На рис. 4.1 зображено однозрізне з'єднання ($t = 1$) листів внахлестку. Зобразимо заклепкове з'єднання з двома накладками (рис. 6.3): тут $t = 2$ це двозрізне з'єднання.

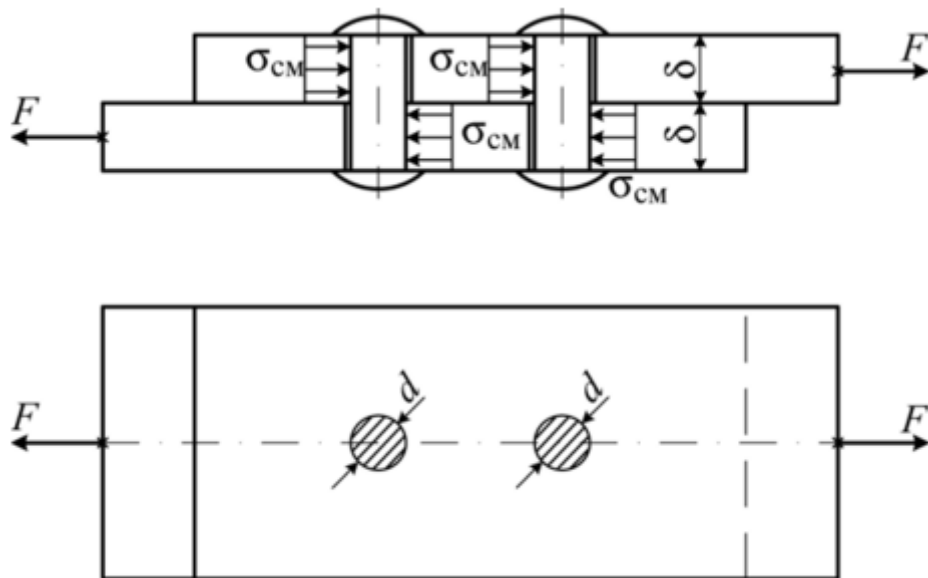


Рисунок 4.1 - однозрізне з'єднання

Розглянемо розрахунок заклепки з'єднання на зминання. Для установки заклепок у призначені для них отвори в листах діаметр отворів має бути

більшим за діаметр заклепок. Коли сформувалася друга головка заклепки, діаметр стрижня заклепки дещо збільшиться, але проміжок між заклепкою і листами може зберегтися. [12]

Під дією зсуву сил F (див. рис. 4.1) листи зміщуються і зазор між заклепуванням і отвором з одного боку закривається, циліндрична поверхня заклепки піддається зім'яттю на майданчику контакту з циліндричною поверхнею отвору.

Приблизний вид епюри напружень, що змінюють, по периметру заклепки показаний на рис. 4.2 а. По товщині листа напруження асм вважаємо рівномірно розподіленими.

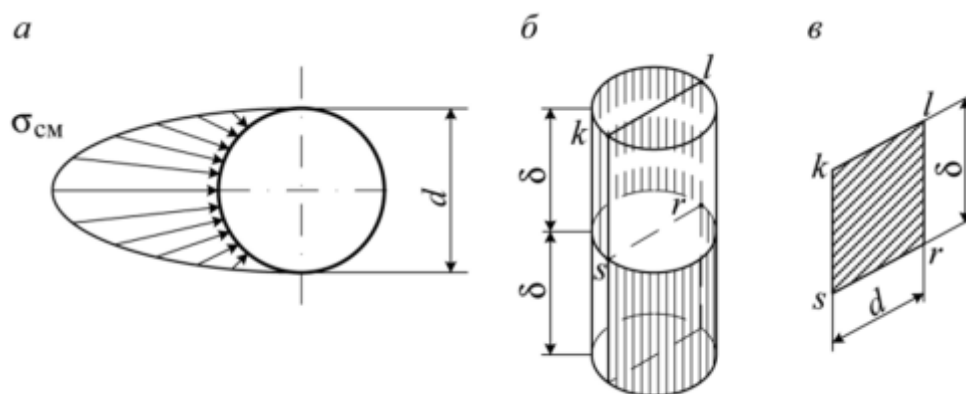


Рисунок 4.2 – епюри сил

На рис. 4.2 б вертикальними штрихами показані частини поверхні заклепки, що піддаються зминання (рис. 4.2 відповідає заклепочному з'єднанню, зображеному на рис. 4.1). У практичних розрахунках умовно вважаємо напруження стсм розподіленими рівномірно по діаметральній площині поздовжнього перерізу заклепки klrs (рис. 4.2, в). Тоді на підставі формули умова міцності однозрізної заклепкової сполуки на зминання набуде вигляду

$$\sigma_{см} = \frac{F}{\delta d n_{см}} \leq \sigma_{adm}$$

де δ - Товщина листів; n_{cm} — число заклепок з умови міцності на зминання, решта пояснень раніше. [12]

Якщо з'єднання багатозрізне, то замість 5 у формулу підставляємо ($\min ZS$) — мінімальну суму товщин листів, що примикають до заклепки з одного боку стику:

$$\sigma_{cm} = \frac{F}{(\min \sum \delta) d n_{cm}} \leq \sigma_{adm}$$

З формули визначимо число заклепок із умови міцності на зминання:

$$n_{cm} = \frac{F}{(\min \sum \delta) d \sigma_{cm}}$$

У ряді випадків необхідно забезпечити не тільки міцність, але й щільність заклепки, тобто непроникність його для рідин і газів, наприклад, в резервуарах, котлах і т.п. Розрахунок на щільність аналогічний розрахунку заклепок на зріз, але при знижених допустимих напругах τ_{adm} на зріз. Для однозрізного з'єднання τ_{adm} приймають 50-70 МПа, а для двозрізного з'єднання - 90-120 МПа. [12].

Заклепки послаблюють листи отворами для них (рис. 4.3) перевіряємо міцність листів на розрив:

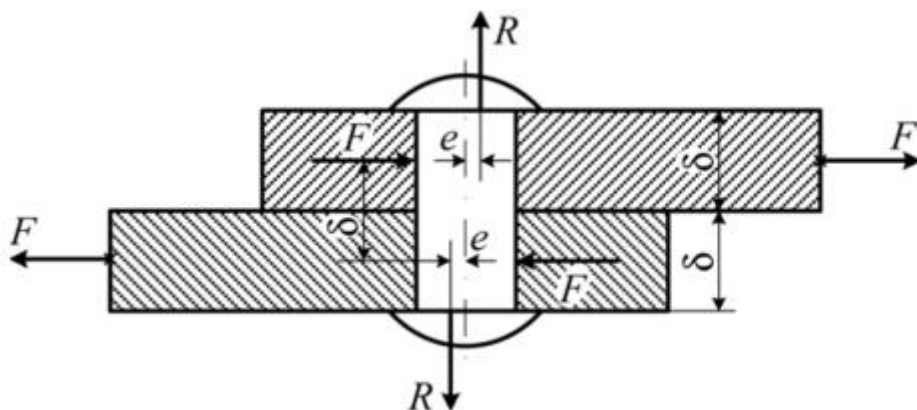


Рисунок 4.3 – герметичне з'єднання

$$\sigma_{nt} = \frac{F}{A_{nt}} = \frac{F}{A_{br} - \Delta A} = \frac{F}{b\delta - id\delta}$$

$$\sigma_{nt} = \frac{F}{\delta(b - id)} \leq \sigma_{adm}$$

У формулі позначено: b - ширина листів; i - число заклепок в одному ряду (рис. 4.4).

Розрахунок болтових з'єднань та розрахунок заклепувальних з'єднань аналогічні.

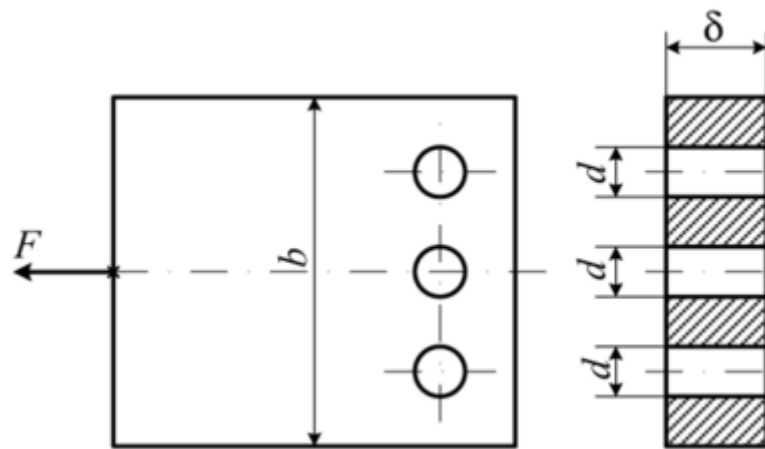


Рисунок 4.4 – послідовність розташування

Мета розрахунку зварних з'єднань – забезпечити рівномірність основного та наплавленого металів. Допустимі напруження зварного шва залежить від типу зварювання (газо- або електрозварювання), від виду шва та від матеріалу електрода. Допустимі напруження для зварного шва зазвичай менша за допустиму напругу матеріалу електрода внаслідок технологічних дефектів.

5. СТАРТАП ПРОЄКТ

5.1 Ідея проєкту.

У цьому розділі описується концепція продукту, основні особливості та відмінності від існуючих проєктів, а також обговорюються ринкові можливості, а також можливі застосування. Методологічна основа створення такого типу проєкту взята з посібника [7] Опис ідеї стартап проєкту в табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Ідея проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувача
Створення стандартизованої під конкретне виробництво теплової тумби, що дозволить нагрівання керамічних посудин перед подачею блюд для клієнта	Нагрівання тарілок до стандартизованої температури подачі	Швидке, високорівневе обслуговування відвідувачів закладів
	Зберігання готових порцій блюд в заданому температурному діапазоні	

У таблиці 5.2 наведено порівняння техніко-економічних характеристик розробленого мною проекту та найближчого конкурента проекту. Вирішальними ознаками є ціна, складність виробництва, зовнішній вигляд, складність конструкції, стандартизація та взаємозамінність, ергономічність.

Таблиця 5.2 – Слабкі, нейтральні та сильні характеристики проекту

№	Техніко-економічні характеристики	Потенційні конкуренти			W	N	S
		Мій проєкт	Конкурент 1	Конкурент 2			
1	Ціна	Стілпрофмед	TTM Istoma Hold	Lincat	+	-	-
2	Складність виробництва				-	+	-
3	Зовнішній вигляд				+	-	-
4	Складність конструкції				-	+	-
5	Стандартизація та взаємозамінність				-	-	+
6	Ергономічність				+	-	-

У таблиці 5.3. Розглянуто необхідну технологію для реалізації проекту. Пункти «технічної доступності», доступні в довіднику, були замінені на «купівлю» (включаючи покупку деяких елементів у іншої компанії). Через потребу в різних технологіях проект логічно розділений на кілька частин. [7]

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність проекту

№	Частина проекту	Технологія створення	Наявність технологій	Закупівля
1	Листовий метал	Порізка в розмір і згинання матеріалів корпусу	+	-
2	Обробка швів після зварювання	Шліфування, полірування швів після зварювання	+	-
3	Заклепування	З'єднання матеріалів корпусу клепанням	+	-
6	Металеві п'ятки для ніжок	Виготовлення металевих п'яток з різьбою	-	+
7	Тени та вентилятор	Замовлення тенів та вентилятора з сайту виробника	-	+
8	Труби	Порізка труб в розмір	+	-
9	ДСП	Порізка в розмір та склеювання з металевими частинами стільниці	+	-
10	Поліамідні листи	Порізка в розмір	+	-
11	Упаковка	Проектування та виготовлення упаковки	+	-

Щоб визначити ринкові можливості для запуску цього стартап-проекту, розглянемо таблицю 5.4, де раніше описувалося ринок, який має продовжувати суттєво зростати через дефіцит енергоресурсів, і тому характеризується зростанням цін. [7]

Таблиця 5.4 – Попередній аналіз ринку

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
3	Наявність обмежень для входу	значний початковий капітал для організації виробництва
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Наявні специфічні вимоги до сертифікації. Спеціальні сертифікати відповідності.
5	Середня норма рентабельності в галузі, %	35

Далі в таблиці 5.5 описується потенційна цільова аудиторія та визначаються її потреби та особливі вимоги до продукту. Після визначення «портрету» потенційних клієнтів було проведено короткий аналіз ринкового середовища, включаючи фактори загроз (табл. 5.6) та фактори можливості (табл. 5.7).

Таблиця 5.5 – Опис потенційних клієнтів

№	Потреба	Цільова аудиторія	Відмінність цільових груп	Вимоги до товару
1	Спеціалізоване обладнання для забезпечення температурного режиму готових страв	-Заклади громадського харчування -Лікувально-профілактичні заклади та заклади відпочинку -Домовласники	Для різних закладів необхідна різна конфігурація так як меню та послуги у них різні	- Ергономічність - Продуктивність - Дизайн - Матеріали - Якість

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Недофінансування	Фінансування даного проєкту буде недостатньо для запуску виробництва	Необхідність пошуку додаткового фінансування
2	Критичні помилки в конструкції	Тумба теплова матиме характеристики нижчі ніж заявлені	Необхідність модернізації конструкції

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Тендери	Виграш тендерів по закупівлі великої кількості обладнання	Швидко зростає капітал компанії, що надає можливість розширити виробничі можливості
2	Міжнародний ринок	Вихід компанії на міжнародний ринок	Швидко зростає капітал компанії, що надає можливість розширити виробничі можливості

Нижче наведено аналіз пропозиції (табл. 5.8), що визначає загальні характеристики ринкової конкуренції та більш детальний аналіз галузевої конкуренції М. Портера. [7]

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Характеристика ринкового середовища	Як ця характеристика проявляється	Вплив на дії компанії
Тип конкуренції (монополістична)	Наявність великої кількості фірм, які виготовляються схожі вроби з деякими відмінностями	Необхідність виділити на фоні інших свій виріб
Рівень конкурентної боротьби (міжнародний)	Оскільки готові теплові тумби досить важкі і габаритні, міжнародні перевезення будуть дорогі	Необхідність передбачити логістику
Галузева ознака (внутрішньогалузева)	Зменшення вартості виробництва та розширення ринків збуту	Необхідно одразу створити високотехнологічне виробництво
Конкуренція за видами товарів (товарно-родова)	Конкуренція взаємозамінних товарів	Необхідність збільшення вимог до якості
Характер конкурентних переваг (цінова)	Зменшення вартості виробу	Необхідність збільшення терміну амортизації
Інтенсивність (марочна)	Один із основних інструментів маркетингу є марка, тобто назва фірми	Необхідність вкласти значні ресурси для утвердження нової торгової марки

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	TTM Istoma Hold GGM WSB1611 Lincat	Виробники меблів з нержавіючої сталі	Виробники листового металу, металопрокату, фурнітури	Швидкий строк амортизації	Звичайні столи
Висновки	Висока інтенсивність конкурентної боротьби	Підвищення рівня життя в країні зумовить збільшення закладів харчування, що в свою чергу збільшить кількість конкурентів	Постачальники не диктують умови на ринку	Клієнти хочуть низької вартості і кращої якості	Товари-замінники не вносять обмежень до роботи на ринку

Проаналізувавши інформацію, наведену в таблицях 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, щоб сформулювати демонстрацію факторів конкурентоспроможності (табл. 5.10), на основі чого проведено аналіз конкурентоспроможності (табл. 5.11) та SWOT аналіз даного підприємницького проекту.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Вартість	Вартість виробу в основному залежить від габаритних розмірів, ціни закупного матеріалу
2	Продуктивність	Продуктивність розраховується по
3	Час експлуатації	Матеріал виробу – нержавіюча сталь, завдяки цьому виріб можна експлуатувати дуже великими термінами
4	Ергономічність	Завдяки ергономічності конструкції робота за даним виробом зменшить швидкість появи втомленості та буде зручною
5	Дизайн	Мінімалістичний та водночас класичний дизайн

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз конкурентоспроможності *GGM WSB1611*

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Вартість	13				+			
2	Продуктивність	16						+	
3	Час експлуатації	18		+					
4	Ергономічність	16				+			
5	Дизайн	15							+

Таблиця 5.12– SWOT-аналіз стартап-проєкту

Сильні сторони: Підвищення жорсткості та міцності. Конструкції, зменшення затрат часу на зварювальні операції та обробку швів, ергономічність	Слабкі сторони: Можливе підвищення ціни
Можливості: тендери, вихід на міжнародний ринок	Загрози: недофінансування, критичні помилки в конструкції

Альтернатив ринкової поведінки, насправді, немає. Оскільки представлений проєкт потребує значних капіталовкладень.

5.2 Розробка ринкової стратегії продукту.

Основний крок у розробці ринкової стратегії – вибір цільової аудиторії (табл. 5.13), наступний – визначення базової стратегії розвитку (табл. 5.14).

Таблиця 5.13– Цільова група потенційних споживачів

№	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживача сприйняти продукт, %	Орієнтований попит в межах цільової групи, тис	Інтенсивність конкуренції у сегменті, %	Простота входу у сегмент, %
1	Заклади громадського харчування	85	3	100	70
2	Лікувально-профілактичні заклади та заклади відпочинку	75	2	100	70
3	Домовласники	0	0,5	100	70

Таблиця 5.14– Визначення базової стратегії розвитку

№	Альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи
1	Модульна конструкція	Масовий маркетинг	Взаємозамінність, продуктивність, дизайн, надійність конструкції
2	Цільна конструкція	Диференційована	Розробка конструкції під конкретного замовника, дизайн, надійність конструкції

Оскільки компанія не є першопроходцем на ринку, конкурентна поведінка буде сполучного типу. З огляду на те, що виріб не відноситься до категорії товарів, які потребуються частої заміни, виникає необхідність

пошуку нових споживачів, але оскільки його особливі властивості роблять його помітним на ринку, деяка частина споживачів буде переходити від конкурентів. На основі вимог споживачів до продукту, а також відповідно до обраних стратегій поведінки та розвитку компанії, розробляється стратегія позиціонування (табл. 5.15), яка полягає в узагальненні комплексу асоціацій, за яким споживачі будуть ідентифікувати торговельну марку. [7]

Таблиця 5.15– Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Ключові конкурентоспроможні позиції проєкту	Асоціації, які мають сформувати комплексну позицію продукту
1	Вартість	-	-
2	Продуктивність	+	+
3	Час експлуатації	+	+
4	Ергономічність	+	+
5	Дизайн	-	-

Як результат цього аналізу, було розроблено стратегію поведінки компанії, що визначатиме напрям та методи її роботи на ринку.

5.3 Маркетингова програма стратап-проєкту.

Першим пунктом створення маркетингової програми є формування маркетингової концепції товару, у якій підсумовано потреби споживачів та те, як продукт зможе їх задовольнити, але через те, що ця інформація вже кілька разів повторювалася у попередніх розділах, узагальню: цей продукт задовольняє потребу споживачів у ергономічності та збільшенні продуктивності; відрізняється від конкурентів тим, що є корпусними та модульними меблями.

В подальшому розроблено трирівневу модель продукту, у якій уточнено його ідею, фізичні складові а також особливості процесу надання цього продукту споживачеві (таблиця 5.16). [7]

Таблиця 5.16– Трирівнева модель продукту

Рівні товару	Сутність та складові
1. Продукт за задумом	Продукт забезпечує потребу споживачів в нагріванні тарілок в потрібному діапазоні
2. Продукт у реальному виконанні	Товар повинен відповідати стандартам ринку. Оптимальним буде його відповідність стандартам GFSI для безпроблемної інтеграції на міжнародний ринок.
	Продукт пакується у картонні коробки та пінопласт з відповідними маркуваннями, шаблон яких прописано згідно GFSI.
	Назва організації – “СТІЛПРОФМЕД”, продукту – “тумба-теплова”
3. Продукт із підкріпленням	Розглядаються можливості демонтажу встановлених у клієнтів тумб теплової та підготовка “майданчика” для встановлення нашої станції.
	Встановлення та налаштування тумби теплової, продаж комплектуючих, телефонні та онлайн консультації
Від копіювання потенційний продукт захищено наукоємністю розробки і значною початковою капіталізацією для запуску подібного виробництва на прибутковому рівні.	

Ціна на продукт буде встановлена на рівні приблизно 220-250% його собівартості.

Система збуту буде реалізована за допомогою інтернет магазинів-дистриб'юторів. Будуть проводитись прямі продажі за допомогою сайту компанії. [7]

Загальний висновок

В ході виконання магістерської дисертації були проаналізовані існуючі конструкції схожих виробів, їх основні характеристики, способи нагрівання та візуальний дизайн, формулювання основних вимог до теплового обладнання.

Під час дослідження світового ринку було виявлено основні критерії що до виробу, а саме конкурентоспроможність. Проведено пошук матеріалів з яких згідно стандартів ISO та GFSI потрібно виготовляти виріб. На базі цих аналізів було розроблено базову модель конструкції, основним матеріалом для виготовлення складає нержавіюча сталь марки AISI 201, обґрунтовані основні переваги використання даного типу сталі.

Було проведені розрахунки теплового балансу на основі конкретного проекту, під час яких було розраховані основні складові енергетичних затрат при роботі тумби теплової в різних режимах (стаціонарному та розігріванні): корисна теплоємність під час режиму розігрівання $Q_{II}^I=12568,4$; втрати тепло в оточуюче середовище $Q_{CP}^I=1603,6$; втрати тепла на розігрівання конструкції $Q_{OB}^I=1185,6$; під час стаціонарного режиму корисна теплоємність $Q_{II}^{II}=3152,13$; втрати тепло в оточуюче середовище $Q_{CP}^{II}=1235,23$. Після виготовлення дослідницького зразка конструкції були виявлено ряд недоліків, точність позиціонування деталей при збиранні занадто мала, досить велика собівартість виробу, час на виготовлення та складання виробу. Було прийнято рішення модернізувати готовий проект, основною ціллю якої було зменшення кількості зварних з'єднання шляхом заміни на заклепувальне з'єднання, також прийнято рішення заміни основних елементів каркасу (труб квадратного перерізу 30мм х 30мм) на копіювання профілю.

На основі даних вирішень питань було зміно конструкцію та проведено тепловий аналіз розподілення потоку повітря в внутрішньому просторі, були визначено середню температуру $57,5^{\circ}\text{C}$, густина потоку $881,53 \text{ кг/м}^3$, час виходу на стаціонарний режим 93хв., потужність тепло-нагрівачів 14кВт.

Технологія виготовлення є універсальною тобто кожна тумба виготовляється в індивідуальному порядку та не матиме аналогів.

Список використаних джерел

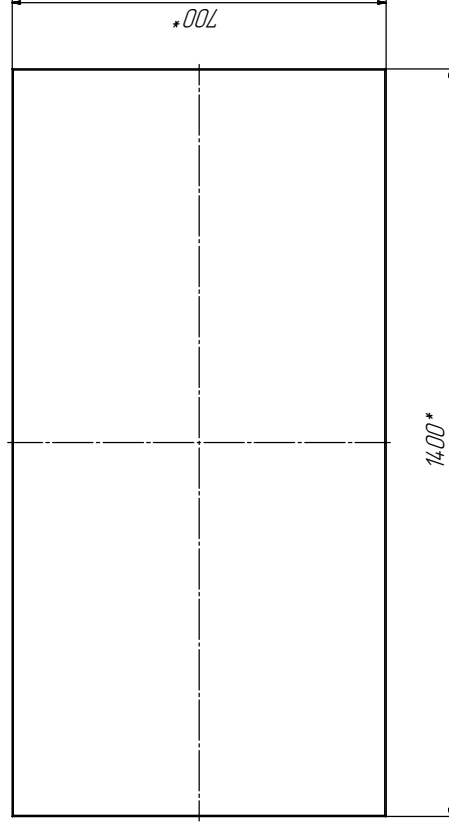
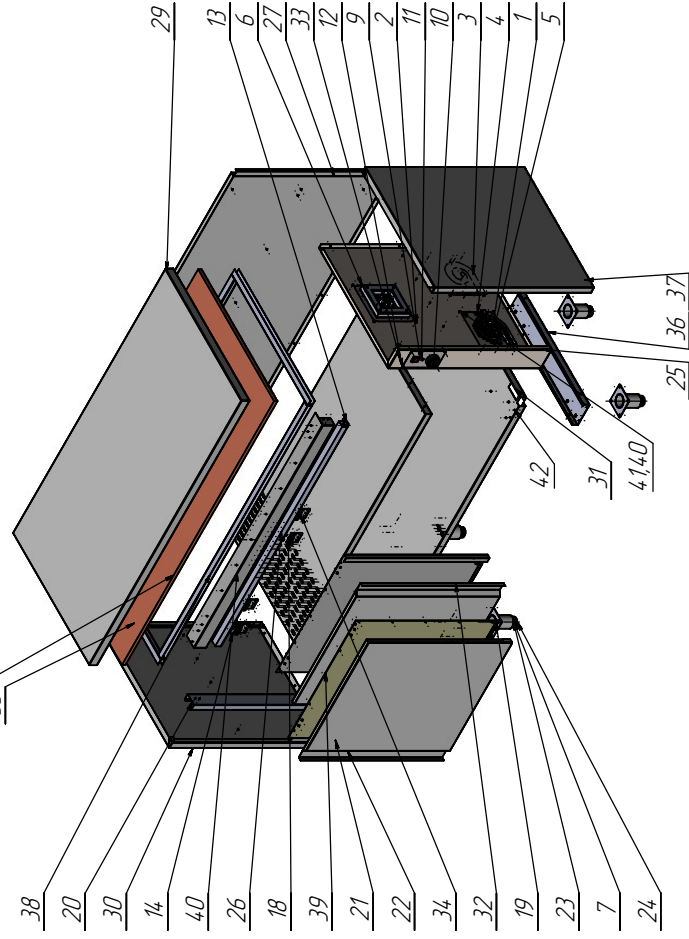
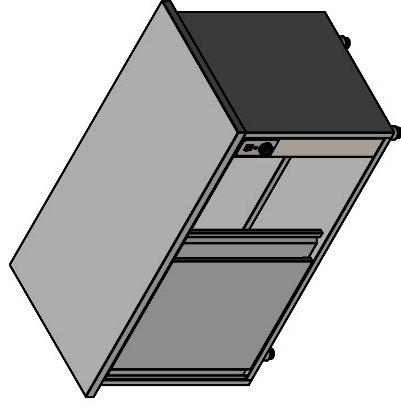
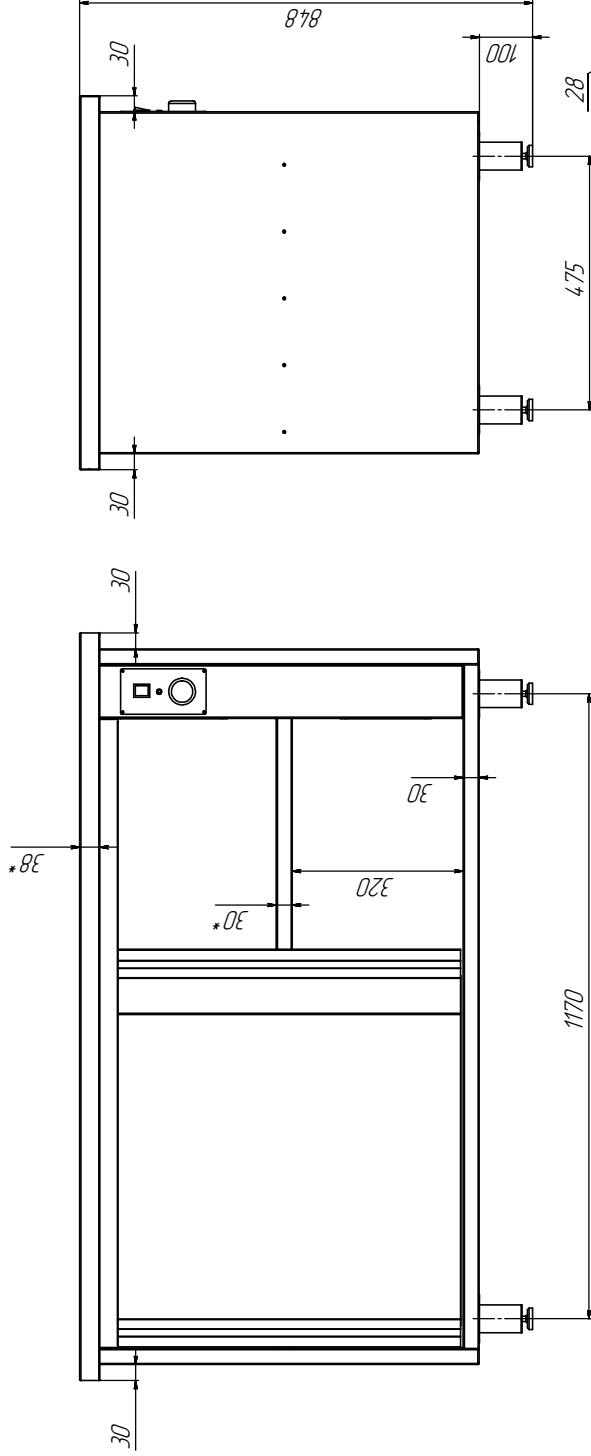
1. Mastermilk – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <http://mm.pl.ua/articles/materiali-pischevogo-oborudovaniya.html>
2. Теплотрейд – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <http://ttreid.ru/inform-tsentr/informatsionnye-stati/425-cto-proiskhodit-na-rynke-teplovogo-oborudovaniya.html>
3. Пассат – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: http://www.allmetal.ru/manual/xarakteristiki/stal_AISI_201/
4. Foodtours, кулінарія і продукти харчування – [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <http://www.foodtours.ru/toiks-1020-3.html>
5. HOUNÖ – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <http://www.houno.com/combi-ovens/visual-cooking/choose-your-visual-cooking/1.06.aspx>
6. Alto-shaam – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://alto-shaam.nl/warmhoudladen/500-3d-warmhoudladen/>
7. Elakpi – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38864>
8. Masshold, харчове обладнання – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://masshold.com.ua/shkaf-teplovoy-ggm-wsb1611>
9. Prom – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://prom.ua/p1183680571-vertikalnyj-listogibochnyj-press.html>
10. Prom – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://prom.ua/ua/p929556926-volokonnyj-lazernyj-standok.html>
11. Студопедія – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://studopedia.org/1-13267.html>
12. Studref – [Електронний ресурс] – режим доступ до ресурсу: https://studref.com/562753/stroitelstvo/raschyoty_sdvig_raschyot_zaklyopochnyh_boltovyh_soedineniy

13. Svarkaed – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://svarkaed.ru/oborudovanie-dlya-svarki/detali-i-prisposobleniya/chtotakoe-svarochnyj-konduktor.html>
14. Технофуд – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://technofood.com.ua/ua/shop/product/shkaf-dlia-podogreva-tarelok-twkl20>
15. Tesla weld, сварочное оборудование – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://teslaweld.com/apparat-argonodugovoy-svarki-tesla-weld-tig-mma-256-ac-dc>
16. Weldelec, все о сварочных электродах – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://weldelec.com/p/svarshhiku/svarochnyj-post/stol/>
17. Экспоцентр – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://www.expocentr.ru/ru/articles-of-exhibitions/2016/modernizaciya-proizvodstva/>
18. Фуд-сервис, пищевое оборудование – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://www.food-service.com.ua/parokonvektomat-retigo-b-101li-p18263>
19. Кий-В – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://www.kiy-v.ua/ua/pech-nizkotemperaturnaja-ttm-istoma-hold.html>
20. Комсомольська правда – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://www.kp.ru/guide/pishchevoe-proizvodstvo.html>
21. Lincat 5с – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://www.lincat.co.uk/index.php/view/BM7>
22. Lincat 5с – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://www.lincat.co.uk/index.php/view/BS7W>
23. Realbrest – [Электронный ресурс] – режим доступ до ресурсу: <https://www.realbrest.by/obo-vse-po-nemnogu/klassifikacija-teplovogo-oborudovanija-predpriyatii-obschepita.html>

24. Белобородов В.В., Гордон Л.И. Тепловое оборудование предприятий общественного питания - М.: Экономика, 1983, - 303.
25. Вышелесский А.Н. Тепловое оборудование предприятий общественного питания - М.: Экономика, 1976.-399 с. Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов- М.; Экономика, 1983,- 303.
26. Золин В. П. Технологическое оборудование предприятий общественного питания: Учебник для нач. проф. Образования: Учеб. Пособие для сред. Проф. Образования/Виктор Петрович Золин. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 248 с.
27. Кисимов Б. М., Сторожева Е. Д. Расчет теплового оборудования: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ 2006. - 48 с.
28. Методичні вказівки з організаційних питань магістерської роботи за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування. Спеціалізація - “Інструментальні системи та технології формоутворення деталей”.[Текст] / Уклад.: В.А.Пасічник, В.І.Солодкий, О.В. Глоба,. КПІ ім. І.Сікорського. – 2016, – 64 с.ойдом - [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://moydom.media/other/optimalnye-razmery-komnat-v-chastnom-dome-2791>
29. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания.-Киев.: Экономика,2003.

ДОДАТОК А. Матеріали презентації

Вид ізометрія
(1:10)



1 • Розміри для добіток.

2 ДСТУ ISO-2768mk;

2. ДС 19150-2/06мт;
3. Перекося при збиранні не дописуватися.

3. Перекося при закриванні не допускаються.
4. Прорізні тапішні йм'ятини на поверхню не допускаються.

4. Шаропини, тріщини, дм'ятини на
5. Прізмії 40.11.2 буквалі, умови

[illegible]

[illegible]

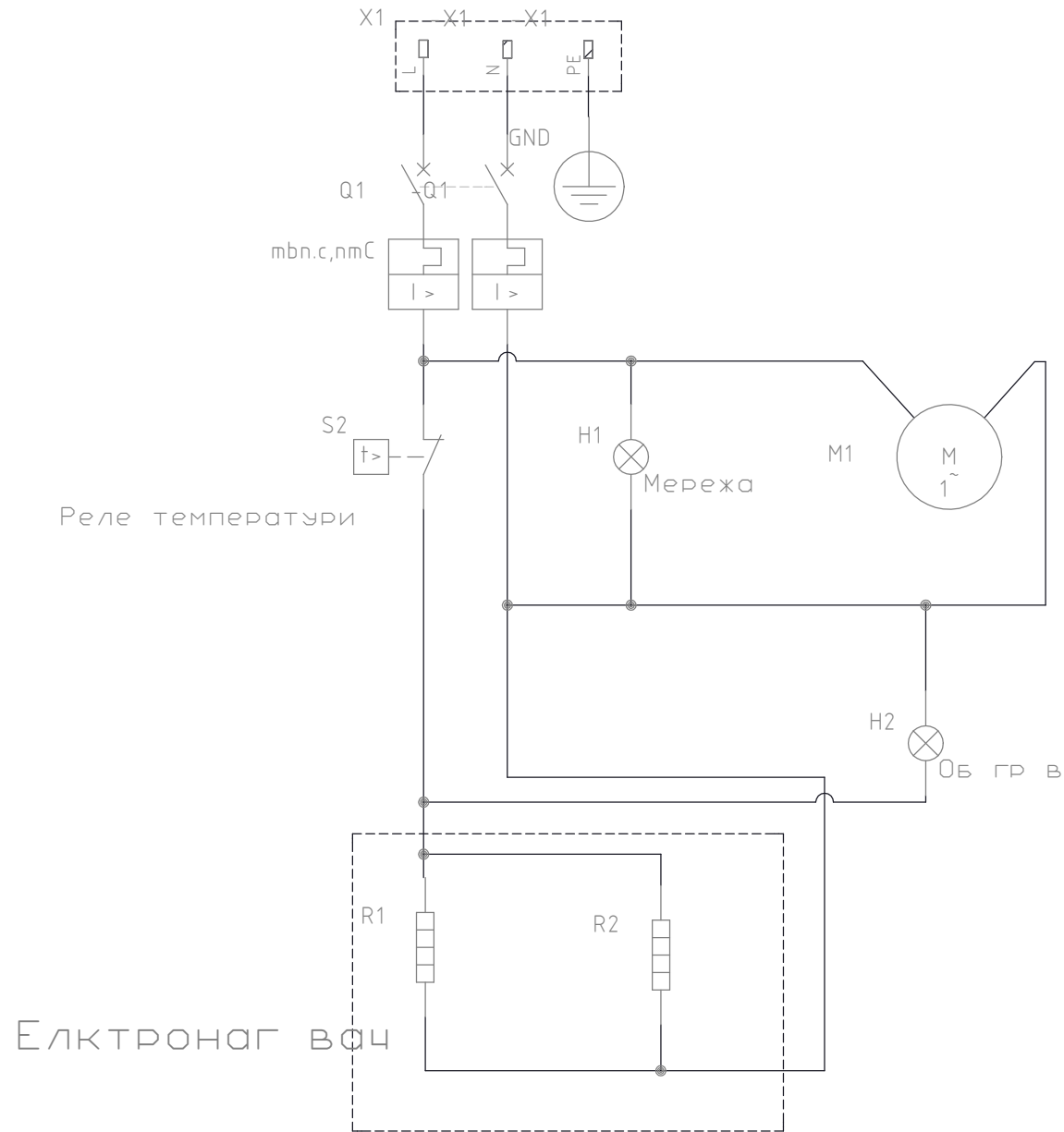
[illegible]

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

п. и дата

А



А

1. Тени підключаються паралельно
2. При вмиканні живлення спрацьовують тени та вентилятор
3. При досягненні заданої температури, електронагівачі

[Company logo here]



SOLIDWORKS

Fluid Flow Simulation Project
Report

[company name here]

[city, state here]

[company url here]

[name]

[title]

[email address]

(###) ###-####

SOLIDWORKS Flow Simulation Project Report

December 14, 2021

[Model Picture here]

[Learn more about SOLIDWORKS Flow Simulation](#) 🍌

Table of Contents

1	General Information	1
1.1	Analysis Environment	1
1.2	Model Information	1
1.3	Project Comments:	1
1.4	Size of Computational Domain	1
1.5	Simulation Parameters	1
1.5.1	Mesh Settings	1
1.5.2	Material Settings	2
1.5.3	Initial Conditions	2
1.5.4	Boundary Conditions	2
1.5.5	Volumetric Heat Sources	8
1.5.6	Engineering Goals.....	8
1.6	Analysis Time	9
2	Results	10
2.1	Analysis Goals.....	10
2.2	Global Min-Max-Table	10
2.3	Results	10
2.4	Conclusion	11
3	Appendix	12
3.1	Material Data.....	12

1 General Information

Objective of the simulation: Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut a pulvinar lacus. Vivamus adipiscing adipiscing eleifend. Pellentesque eget ante in ante suscipit gravida in non lorem. Suspendisse hendrerit sagittis lacus non aliquam. Proin pellentesque, lorem quis consequat porta, lectus nunc vestibulum lectus, nec rhoncus libero dui ut felis. Vestibulum eu aliquet tellus. Curabitur suscipit ornare sem. Suspendisse pulvinar pharetra ultrices. Suspendisse a quam massa

1.1 Analysis Environment

Software Product:	Flow Simulation 2019 5.0. Build: 4725
CPU Type:	Intel(R) Core(TM) i5-9300H CPU @ 2.40GHz
CPU Speed:	2400 MHz
RAM:	16304 MB / 134217727 MB
Operating System:	Windows 10 (or higher) (Version 10.0.19043)

1.2 Model Information

Model Name:	5768_26_Тумба теплова ТТН-1400x700-П-пр1-011.SLDASM
Project Name:	Проект(1)

1.3 Project Comments:

Unit System:	Custom Units
Analysis Type:	Внутренняя

1.4 Size of Computational Domain

Размер

X min	-0.001 m
X max	1.340 m
Y min	-0.002 m
Y max	0.702 m
Z min	-0.640 m
Z max	-1.616e-04 m
Размер X	1.341 m
Размер Y	0.704 m
Размер Z	0.640 m

1.5 Simulation Parameters

1.5.1 Mesh Settings

1.5.1.1 Basic Mesh

Размеры базовой сетки

Число ячеек по X	24
Число ячеек по Y	12

Fluid Flow Simulation Report

Число ячеек по Z	12
------------------	----

1.5.1.2 Analysis Mesh

Total Cell count:	103517
Fluid Cells:	103517
Solid Cells:	80665
Partial Cells:	57051
Trimmed Cells:	7

1.5.1.3 Additional Physical Calculation Options

Heat Transfer Analysis:	Теплопроводность в твердых телах: Включено
Flow Type:	Ламинарное и турбулентное
Time-Dependent Analysis:	Выключено
Gravity:	Выключено
Radiation:	
Humidity:	
Default Wall Roughness:	0 micrometer

1.5.2 Material Settings

Настройки материала

Текущая среда

Air

1.5.3 Initial Conditions

Начальные условия

Термодинамические параметры	Статическое давление: 101325.00 Pa Температура: 20.05 °C
Параметры турбулентности	Интенсивность и масштаб турбулентности Интенсивность: 2.00 % Длина: 4.800e-04 m

1.5.4 Boundary Conditions

Вентиляторы

Выходной внешний вентилятор 1

Тип	Выходной внешний вентилятор
Кривая вентилятора	8414NGL
Выходные поверхности	ЗАГЛУШКА386-1/Импортированный1//Поверхность
Выходная система координат	Координатная система, привязанная к поверхности
Базовая ось на выходе	X
Параметры потока на выходе	Направление вектора выходного потока: По

	нормали к поверхности
Термодинамические параметры	Давление окружающей среды: 101325.00 Pa
Переключатель	Включено

Граничные условия

Массовый расход на входе 1

Тип	Массовый расход на входе
Поверхности	ЗАГЛУШКА388- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА391- 1/Импортированный1//Поверхность
Система координат	Глобальная система координат
Базовая ось	X
Параметры потока	Направление векторов течения: Закрученный поток Массовый расход: 0.521 kg/s Вид профиля: 0 Угловая скорость: 0.500 rad/s Радиальная скорость: 1.000 m/s
Термодинамические параметры	Тип температуры: Температура исходных компонентов Температура: 99.85 °C
Параметры турбулентности	Интенсивность и масштаб турбулентности Интенсивность: 2.00 % Длина: 4.800e-04 m
Параметры пограничного слоя	Тип пограничного слоя: Турбулентный

Давление окружающей среды 1

Тип	Давление окружающей среды
Поверхности	5768_26_26_201_08mm_1PS1- 1/Угол1//Поверхность 5768_26_26_201_08mm_1PS1- 1/Угол1//Поверхность
Система координат	Глобальная система координат
Базовая ось	X
Термодинамические параметры	Давление окружающей среды: 101325.00 Pa Тип температуры: Температура исходных компонентов Температура: 59.85 °C
Параметры турбулентности	Интенсивность и масштаб турбулентности Интенсивность: 2.00 % Длина: 4.800e-04 m
Параметры пограничного слоя	Тип пограничного слоя: Турбулентный

Давление окружающей среды 2

Тип	Давление окружающей среды
Поверхности	ЗАГЛУШКА418- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА505- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА502- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА414- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА424- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА419- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА409- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА435- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА474- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА494- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА423- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА433- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА451- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА412- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА408- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА514- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА421- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА430- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА512- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА498- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА471- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА488- 1 /Импортированный1 // Поверхность ЗАГЛУШКА487-

1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА486-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА495-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА483-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА462-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА454-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА459-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА475-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА477-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА503-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА493-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА427-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА444-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА513-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА480-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА461-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА504-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА492-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА413-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА426-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА428-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА490-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА478-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА422-

1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА429-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА445-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА476-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА507-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА509-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА511-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА481-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА458-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА473-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА443-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА449-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА438-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА510-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА453-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА437-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА457-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА485-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА497-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА482-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА441-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА470-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА467-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА506-

1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА452-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА472-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА455-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА479-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА484-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА450-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА463-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА464-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА466-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА465-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА501-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА442-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА420-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА432-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА411-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА410-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА417-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА508-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА439-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА436-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА515-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА516-
1/Импортированный1//Поверхность
ЗАГЛУШКА456-

	1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА448- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА469- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА468- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА496- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА500- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА491- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА415- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА440- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА431- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА489- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА499- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА446- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА447- 1/Импортированный1//Поверхность ЗАГЛУШКА460- 1/Импортированный1//Поверхность
Система координат	Глобальная система координат
Базовая ось	X
Термодинамические параметры	Давление окружающей среды: 101325.00 Pa Тип температуры: Температура исходных компонентов Температура: 20.05 °C
Параметры турбулентности	Интенсивность и масштаб турбулентности Интенсивность: 2.00 % Длина: 4.800e-04 m
Параметры пограничного слоя	Тип пограничного слоя: Турбулентный

1.5.5 Volumetric Heat Sources

1.5.6 Engineering Goals

1.6 Analysis Time

Calculation Time: 1746 s

Number of Iterations: 257

Warnings: Возникновение обратного течения на границе Граничное условие : Давление окружающей среды 1 ; Входное течение/выходное течение=0.999933

2 Results

2.1 Analysis Goals

Цели

Имя	Единица измерения	Значение	Выполнение процесса	Критерии	Дельта	Использовать в сходимости
-----	-------------------	----------	---------------------	----------	--------	---------------------------

2.2 Global Min-Max-Table

Таблица Min/Max значений

Имя	Минимум	Максимум
Давление [Pa]	101284.24	101359.53
Плотность (текучая среда) [kg/m ³]	959.09	997.56
Температура (текучая среда) [°C]	20.05	99.85
Касательное напряжение [Pa]	0	1.21
Относительное давление [Pa]	-40.76	34.53
Индикатор неколлинеарности теплового потока []	0	1.0000000
Индикатор теплового сопротивления []	0	1.0000000
поверхностная плотность теплового потока (конвекция) [W/m ²]	-1.941e+08	3.734e+07
Акустическая мощность [W/m ³]	0	4.229e-18
Уровень акустической мощности [dB]	0	0

2.3 Results

2.4 Conclusion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut a pulvinar lacus. Vivamus adipiscing adipiscing eleifend. Pellentesque eget ante in ante suscipit gravida in non lorem. Suspendisse hendrerit sagittis lacus non aliquam. Proin pellentesque, lorem quis consequat porta, lectus nunc vestibulum lectus, nec rhoncus libero dui ut felis. Vestibulum eu aliquet tellus. Curabitur suscipit ornare sem. Suspendisse pulvinar pharetra ultrices. Suspendisse a quam massa

3 Appendix

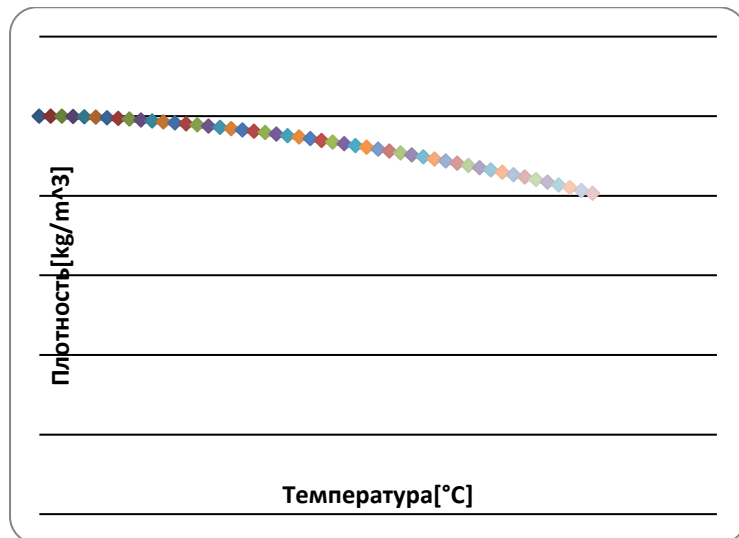
3.1 Material Data

Инженерная база данных

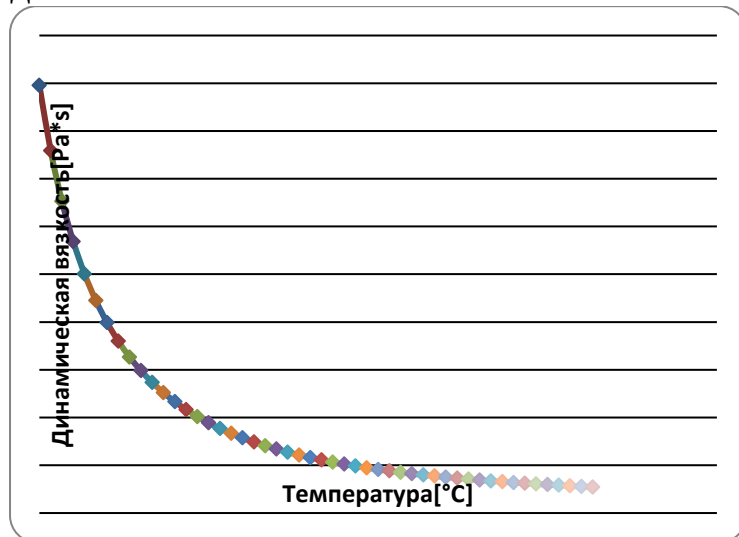
Газ

Air

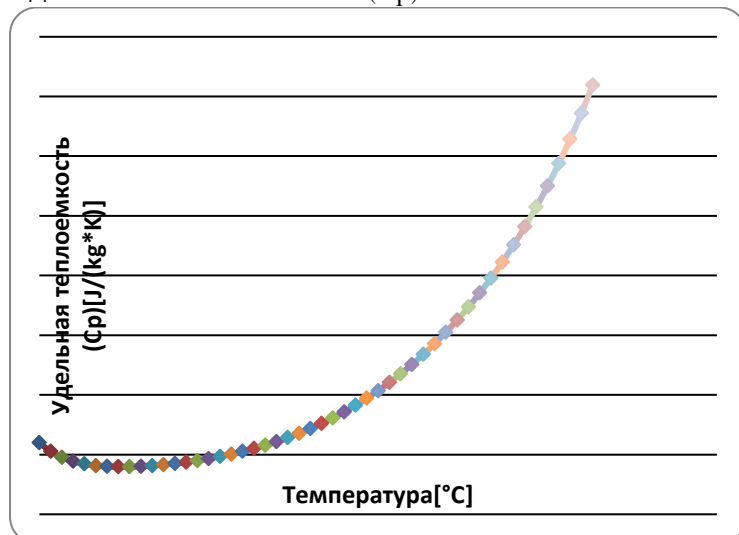
Плотность



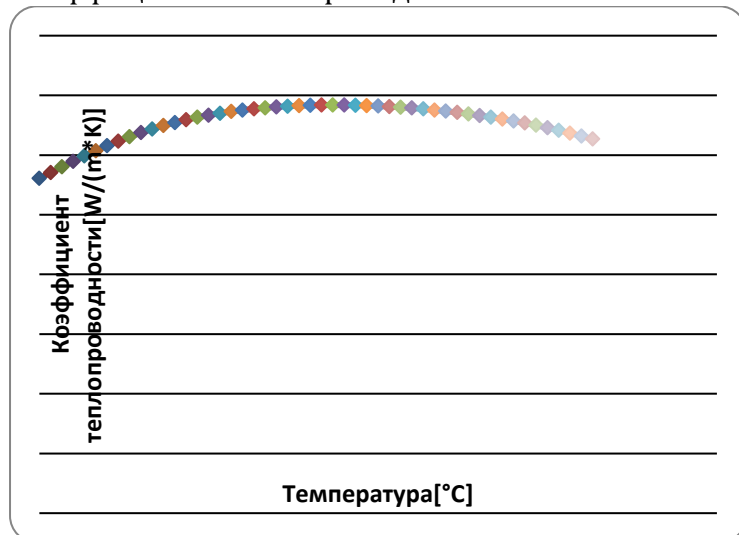
Динамическая вязкость



Удельная теплоемкость (C_p)



Коэффициент теплопроводности

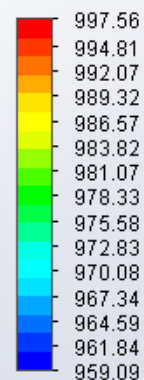
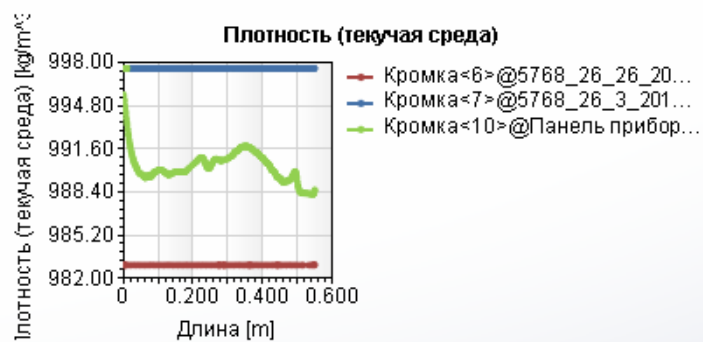


Эффект кавитации: Да

Температура: 59,65 $^{\circ}\text{C}$

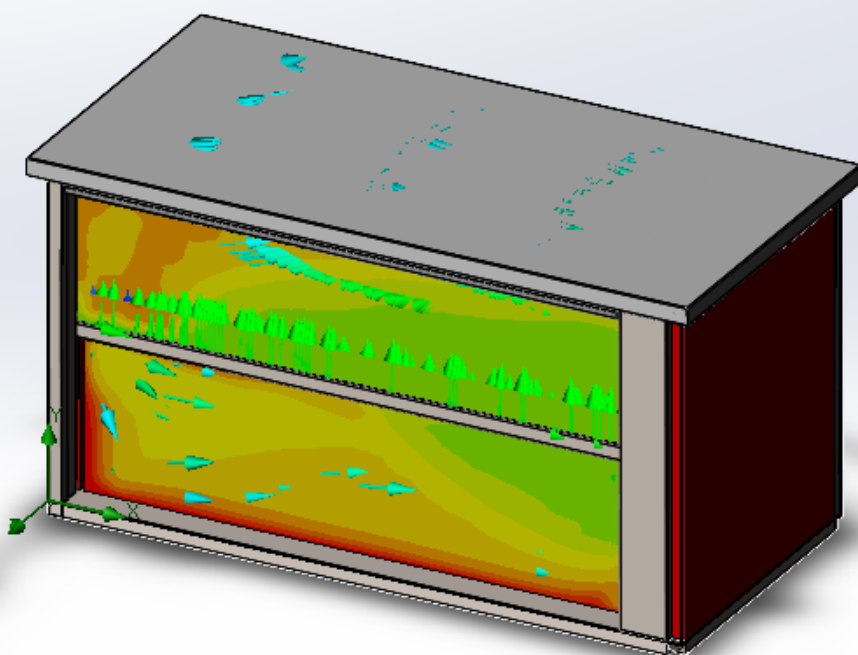
Давление насыщения: 0 Pa

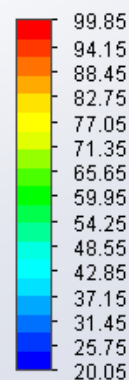
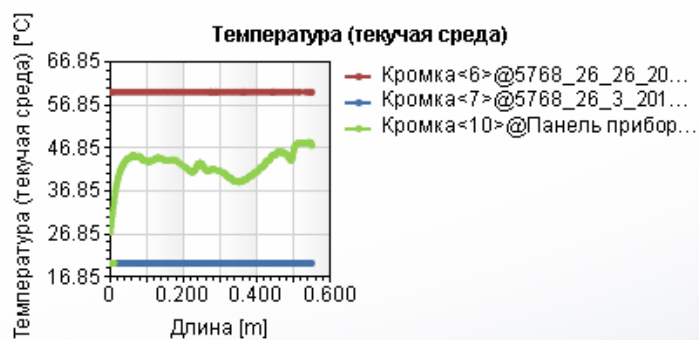
Радиационные свойства: Нет



Плотность (текучая среда) [kg/m³]

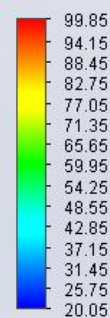
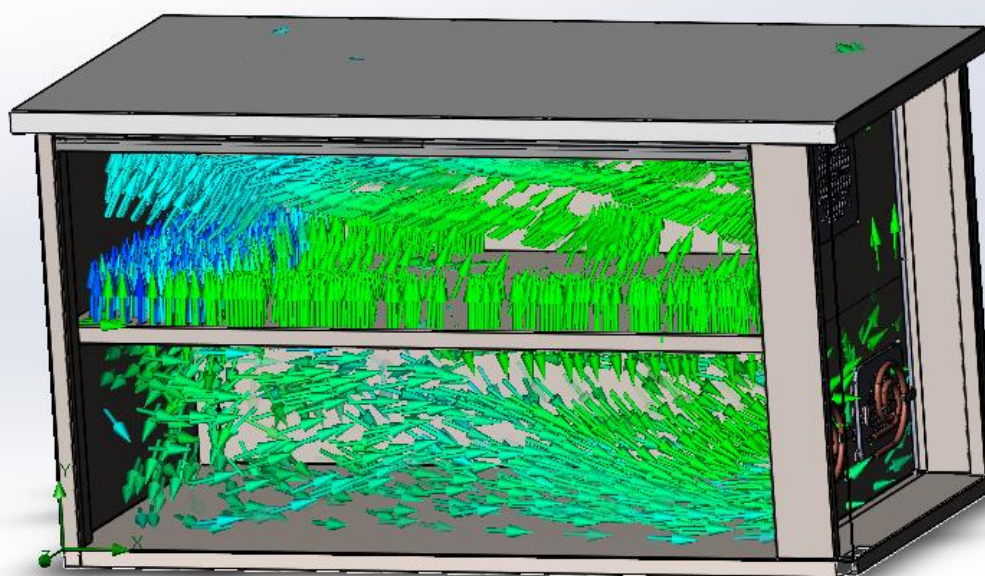
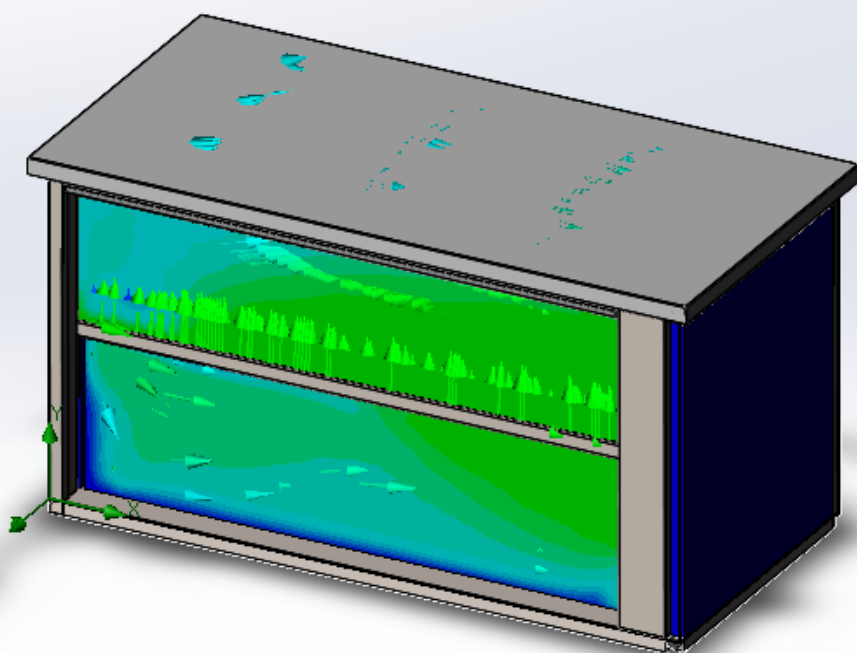
Картина на поверхности 1: заливка





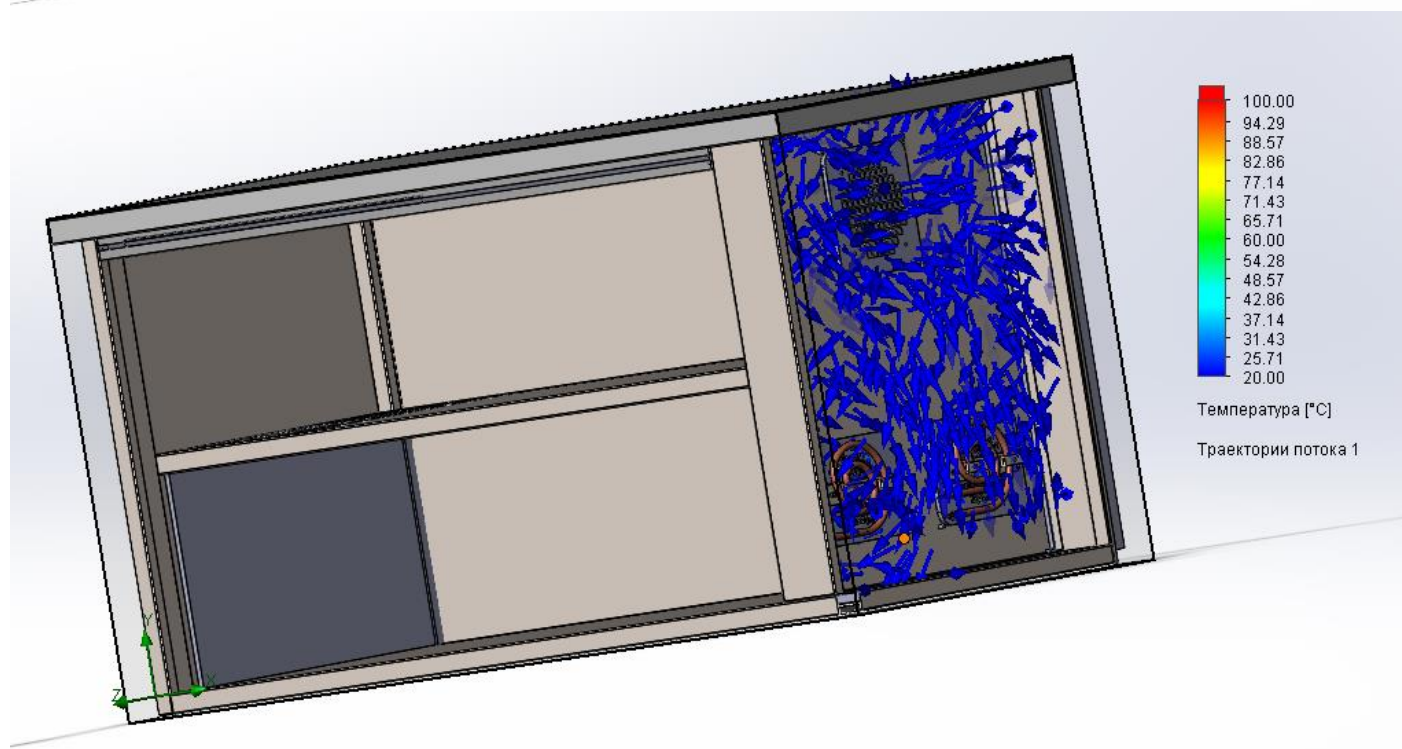
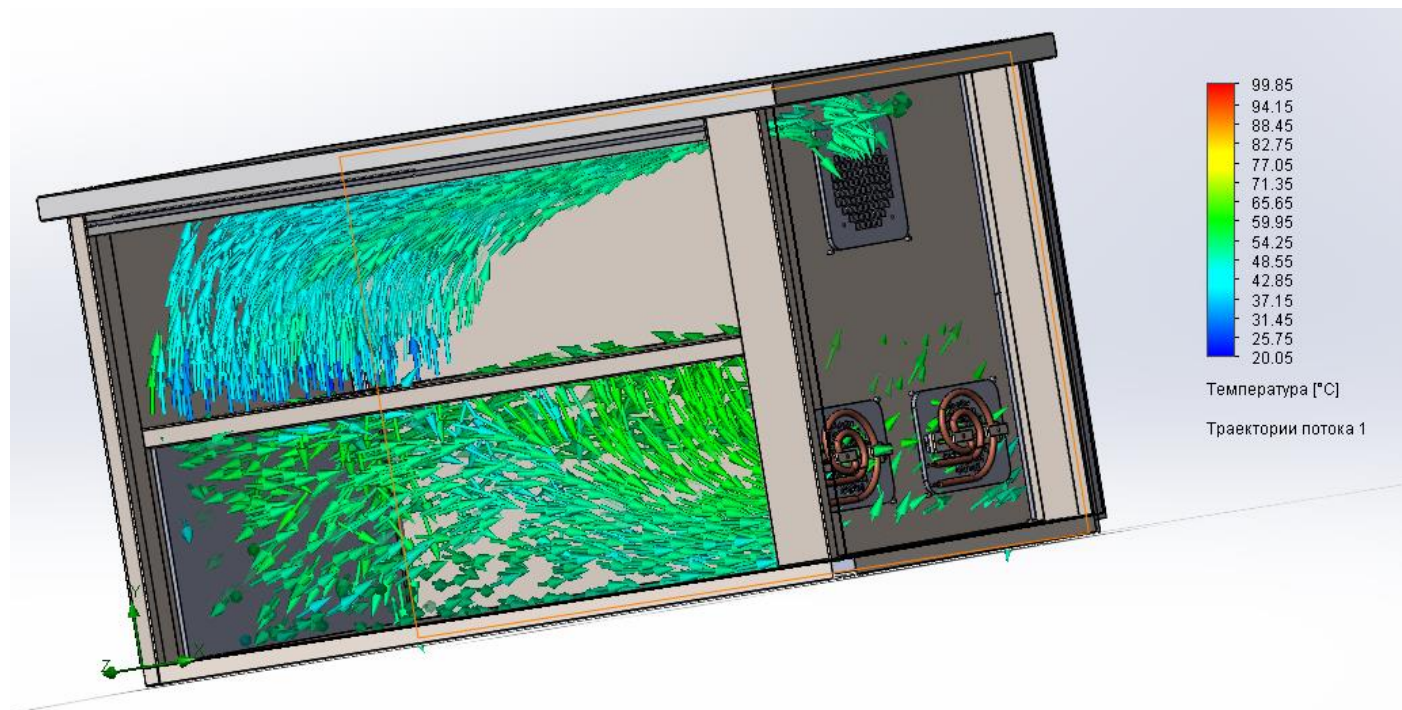
Температура (текущая среда) [°C]

Картина на поверхности 1: заливка



Температура [°C]

Траектории потока 1
 Фракция 1



Затверджую:
Директор ТОВ "Стілпрофмед"

_____ (Павлюк С.І.)

” ____ ” _____ 20__ р.

М. П.

Технічне завдання

на науково-дослідну роботу

«Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення тумби теплової»

Замовник:
Директор

_____ Павлюк С.І

Виконавець:
Завідувач кафедрою ІТМ

_____ Данильченко Ю.
Кандидат технічних наук, доцент

_____ Слободянюк І.В.
Студент групи МІ-01мп

_____ Кузьменко А.В.

Київ 2021

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Повна назва розробки та її умовне позначення

«Розробка конструкції та технології виготовлення тумби теплової для нагрівання керамічних тарілок »

1.2 Назви підприємств розробника та замовника системи та їх реквізити

Замовник:

ТОВ "Стілпрофмед"

юр.адр.: м. Київ, вул. Лятошинського, 7-А/29

пошт.адр.: вул. Одеська, 24, с. Крюківщина,

Києво-Святошинський р-н, Київська область

Виконавець:

Кафедра інтегрованих технологій
машинобудування

КПІ ім. Ігоря Сікорського

1.3 Порядок оформлення та пред'явлення замовникові результатів робіт

По закінченню роботи подається: креслення тумби теплової, робочі креслення складових деталей, технологія виготовлення, проектні роботи по модернізації .

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ

2.1 Мета створення розробки

Розробити тумбу теплову для нагрівання тарілок.

2.2. Вихідні дані

- оброблюваний матеріал – сталь AISI 201,
- матеріал який нагрівається - кераміка.

3. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1 Середовище розробки 3D моделей та креслень – SolidWorks 2020.

4. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Етап та його зміст	Термін виконання	Результат
1. Аналіз конструкцій теплового обладнання, розробка робочого креслення тумби теплової	17.09.2021р	Креслення тумби теплової
2. Розробка технології виготовлення тумби теплової	23.09.2021р	Маршрутна технологія виготовлення тумби теплової
3. Розробка процесу модернізації	02.10.2021р	Акт випробувань
4. Дослідження теплових потоків	10.10.2021р	Графічна симуляція теплових потоків в програмі SolidWorks

5. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

- 5.1 Технологічний та конкурентоспроможний пристрій.
- 5.2 Рівномірне нагрівання внутрішнього простору тумби

6. МАТЕРІАЛИ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

- 6.1 Складальне креслення модернізованої тумби теплової
- 6.2 Технологія виготовлення тумби теплової.
- 6.3 Дослідження розподілення теплових потоків.

7. ПОРЯДОК РОЗГЛЯДУ ТА ПРИЙМАННЯ РОБОТИ

- 7.1 Результати роботи передаються по акту приймання робіт.

Затверджую:
Директор ТОВ "Стілпрофмед"

_____ (Павлюк С.І.)

” ____ ” _____ 20__ р.

М. П.

Акт
приймання робіт
науково-дослідної роботи

«Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення тумби теплової»

В результаті виконання робіт з розробки конструкції та технології виготовлення тумби теплової, виконавець надав:

- креслення тумби теплової,
- робочі креслення складових компонентів,
- технологію виготовлення тумби теплової,
- технологічні дослідження теплових потоків .

Результати роботи планується реалізувати при замовленні клієнтами теплової тумби.

Замовник:
Директор

_____ Павлюк С.І.

Виконавець:
Завідувач кафедрою ІТМ

_____ Данильченко Ю.
Кандидат технічних наук, доцент

_____ Слободянюк І.В.
Студент групи МІ-01мп

_____ Кузьменко А.В.

Затверджую:
Директор ТОВ "Стілпрофмед"

С.І. Павлюк (Павлюк С.І.)



2021 р.

Технічне завдання

на науково-дослідну роботу

«Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення тумби теплової»

Замовник:
Директор

С.І. Павлюк Павлюк С.І.

Виконавець:
Завідувач кафедри ІТМ

Данильченко Ю.
Кандидат технічних наук, доцент

Слободянюк І.В.
Студент групи МІ-01мп

Кузьменко А.В.

Київ 2021

Затверджую:

Директор ТОВ "Стілпрофмед"



(Павлюк С.І.)

2011 р.

Акт

приймання робіт
науково-дослідної роботи

«Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення тумби теплової»

В результаті виконання робіт з розробки конструкції та технології виготовлення тумби теплової, виконавець надав:

- креслення тумби теплової,
- робочі креслення складових компонентів,
- технологію виготовлення тумби теплової,
- технологічні дослідження теплових потоків.

Результати роботи планується реалізувати при замовленні клієнтами теплової тумби.

Замовник:
Директор

С.І. Павлюк Павлюк С.І.

Виконавець:
Завідувач кафедри ІТМ

Данильченко Ю.
Кандидат технічних наук, доцент

Слободянюк І.В.
Студент групи МІ-01мо

Кузьменко А.В.

Захист магістерської дисертації на тему :
«Конструкторсько-технологічне забезпечення
виготовлення теплової тумби»



Виконав студент гр. МІ-01мп

Кузьменко А.В.

Керівник к.т.н., доцент

Слободянюк І.В.

Мета дослідження – розробка технологічного виробу згідно GFSI(Global Food Safety Initiative)

Об'єкт дослідження – тумба теплова

Предмет дослідження – теплові потоки та їх розподілення в внутрішньому просторі тумби

Методи дослідження – середовище CAD/CAM програм

Завдання від замовника:

1. Розробити тумбу в розмірному діапазоні по ширини(500мм...800мм) і довжині(800мм...1800мм). Висота по стандарту 850мм.
2. Витримка температурного режиму від 30°C до 90°C
3. Матеріал нагрівання – кераміка

Цілі:

- Виріб має відповідати стандартам GFSI;
- Виконувати поставлену задачу, нагрівання керамічних тарілок до температури 45°C;
- Бути конкурентно спроможним

Аналіз існуючих аналогів конструкції

Теплова шафа-тумба 500-3D



Характеристики	
Температура нагрівання С°	від -5 до +70
Габаритні розміри ДхШхВ мм	560х550х660
Потужність кВт	17
Максимальне завантаження кг	48

Теплові шафи тумби доступні в конфігурації з одного, двох або трьох ящиків. Така тумба може поміститися в будь-якому місці, там, де готовий продукт повинен бути гарячим і перебувати в межах досяжності.

Теплова шафа TTM Istoma Hold



Характеристики	
Температура нагрівання С°	-30 до +95
Габаритні розміри ДхШхВ мм	560х520х660
Потужність кВт	15
Максимальне завантаження кг	45

Теплова шафа TTM Istoma Hold призначений для підтримки готових страв теплыми протягом тривалого часу на підприємствах громадського харчування.

Шафа-тумба для підігрівання тарілок TWK120



Характеристики	
Температура нагрівання С°	від -5 до +80
Габаритні розміри ДхШхВ мм	600х700х550
Потужність кВт	17
Максимальне завантаження кг	40

Шафа для підігріву TWK120 використовується як нагрівач тарілок з можливістю вибору необхідної температури під різні страви.

Шафа теплова GGM WSB1611



Характеристики	
Температура нагрівання С°	від -5 до +70
Габаритні розміри ДхШхВ мм	560х550х660
Потужність кВт	17
Максимальне завантаження кг	48

Теплові шафи значно виграють у плані місткості. Їхній робочий об'єм вміщує велику кількість готових страв, займаючи відносно невелику площу.

Мармім Lincat BS7W



Характеристики	
Температура нагрівання С°	від -5 до +50
Габаритні розміри ДхШхВ мм	750х611х324
Потужність кВт	2
Максимальне завантаження кг	27

Електричні марміти сухого нагріву Мармім Lincat BS7W та Мармім Lincat BM7 призначені для короткочасного зберігання та підтримання в гарячому стані приготуваних страв.

Мармім Lincat BM7



Характеристики	
Температура нагрівання С°	від -5 до +50
Габаритні розміри ДхШхВ мм	750х611х290
Потужність кВт	1
Максимальне завантаження кг	315

Пароконвектомат HOUNC Visual Cooking C 106



Характеристики	
Температура нагрівання С°	від -30 до +130
Габаритні розміри ДхШхВ мм	900х830х795
Потужність кВт	9
Максимальне завантаження кг	70

Пароконвектомати Hounc ефективно високопродуктивне обладнання, яке підходить для використання в умовах інтенсивної щоденної експлуатації.

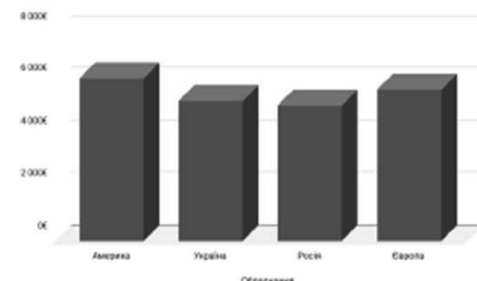
Пароконвектомат Retigo B 1011 i



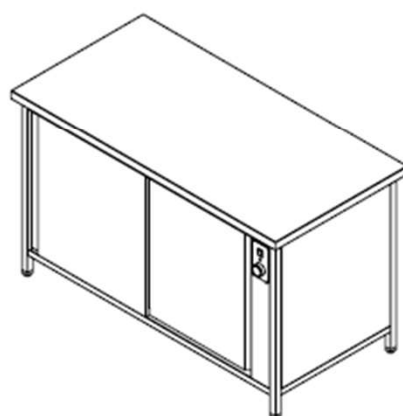
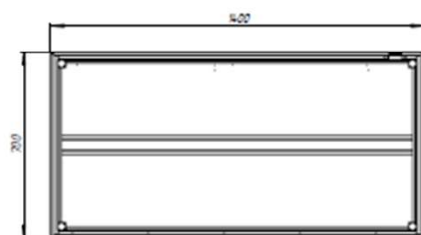
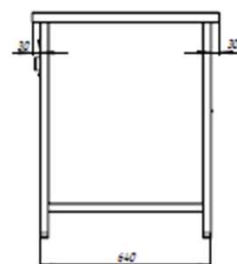
Характеристики	
Температура нагрівання С°	від -30 до +300
Габаритні розміри ДхШхВ мм	940х820х1050
Потужність кВт	18,6
Максимальне завантаження кг	65

– VISION TOUCH склокерамічна сенсорна панель керування;
– масивна двопозиційна ручка дверей (повертається в обидва боки)
– для комфортної та безпечної роботи;

Діаграма середніх цін на теплове обладнання



РОЗРОБКА БАЗОВОЇ МОДЕЛІ КОНСТРУКЦІЇ ТУПЛОВОЇ ТУМБИ

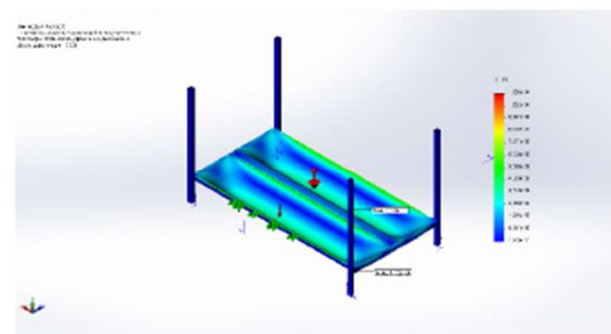


Технічні характеристики:

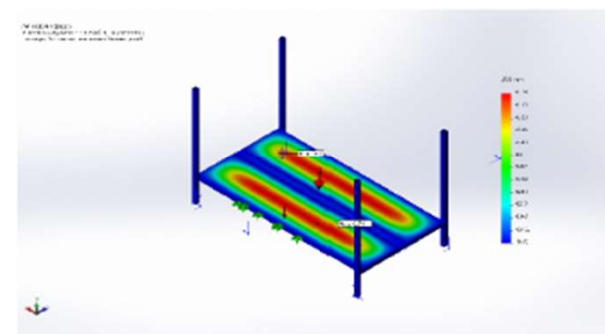
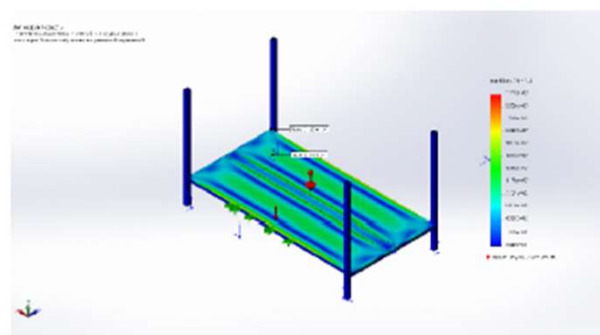
1. Напруга 220 В;
2. Потужність нагрівачів 14кВт;
3. Довжина 1400мм;
4. Ширина 700мм;
5. Висота 850мм;
6. Допустиме навантаження на стільницю 50кг;
7. Допустиме навантаження на кожну з полиць 25кг;
8. Матеріал AISI 201, ДСП, ПВХ;
9. Час виходу на стаціонарний режим 98хб.
10. Загальна маса 98кг



Дизайн готового виробу



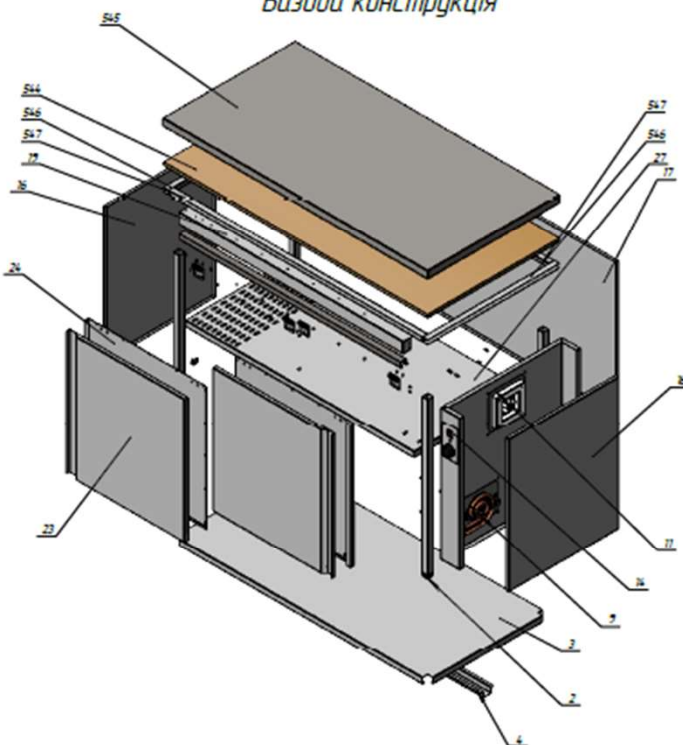
Епюра статичної деформації, по шкалі ESTRN
(min 1.152 ; max 4.101)



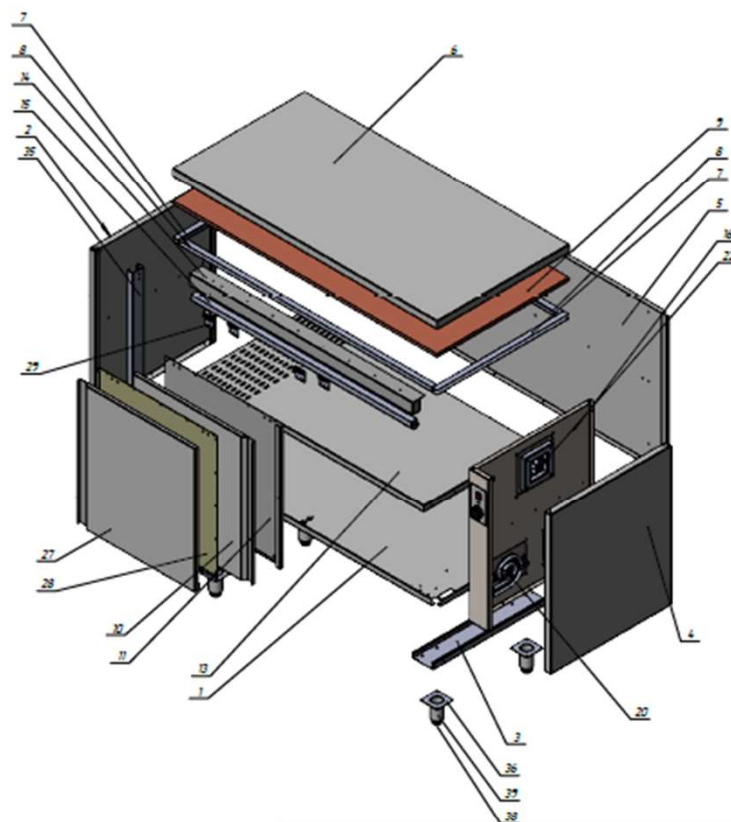
Епюра статичного переміщення
min 0.07мм; max 0,8мм

Порівняння двох конструкцій

Базова конструкція



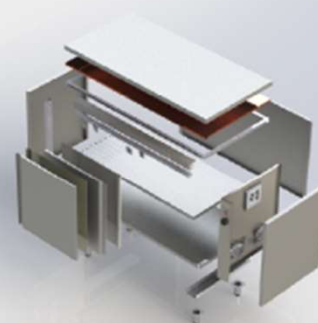
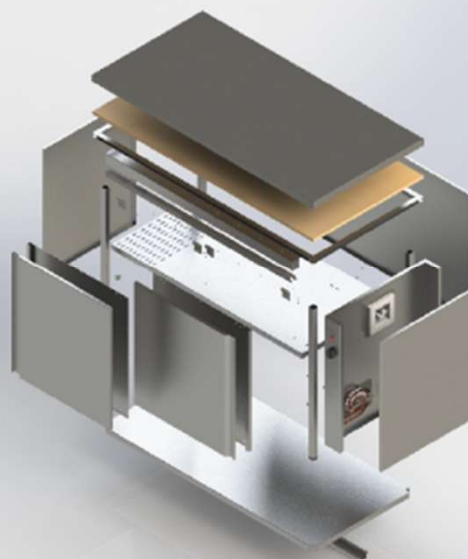
Модернізована конструкція



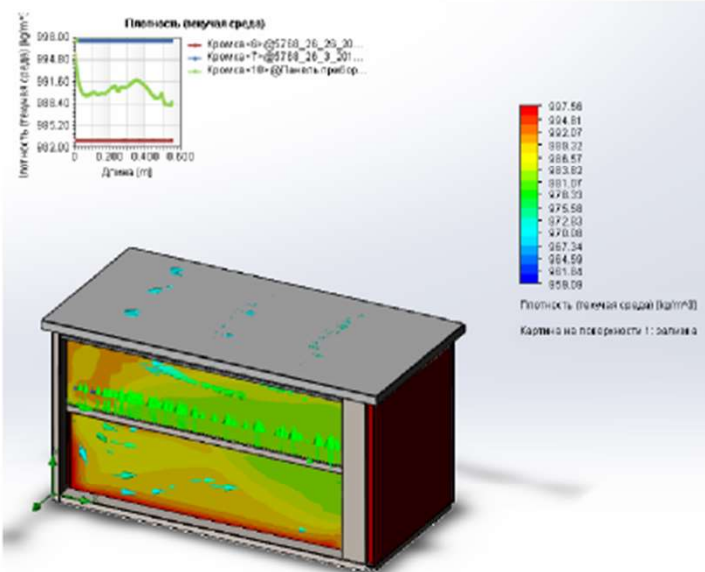
Основні критерії порівняння:

1. Маса
2. Час збирання
3. Відхилення під час збирання
4. Надійність
5. Час на виготовлення комплектуючих

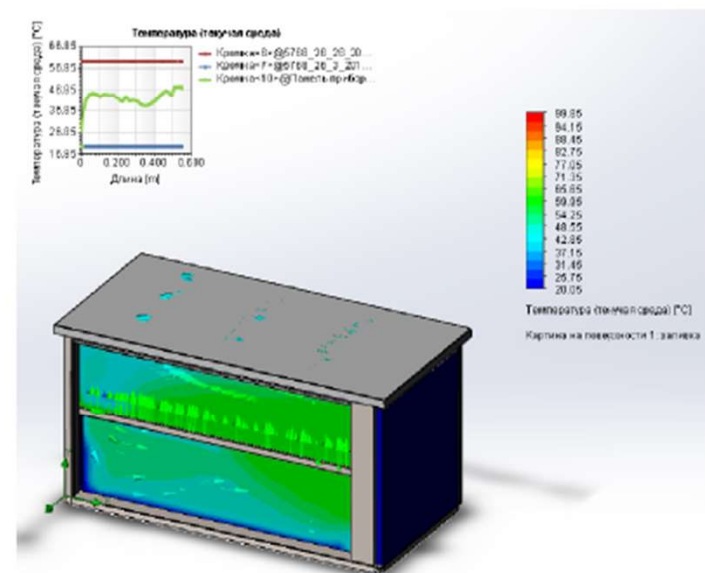
	Порівняльна таблиця	
	Базова конструкція	Модернізована конструкція
Маса	155 кг	117 кг
Час на виготовлення комплектуючих	297 д	252 д
Відхилення під час збирання	Під час збирання конструкції є необхідність підбору розміру деталізації по точності в виконанні розмірів	За рахунок зменшення кількості деталей збирання по збільшенню деталізації точність збирання забезпечується надійністю з'єднань під заклепки
Надійність	14500 год	18000
Час збирання	447 д	355 д



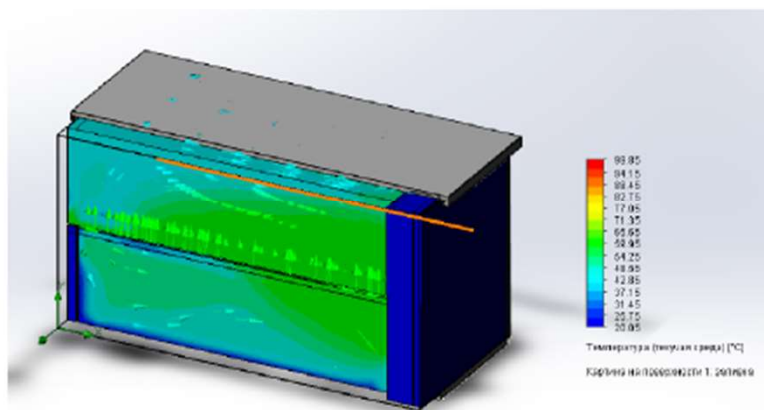
Дослідження теплових потоків



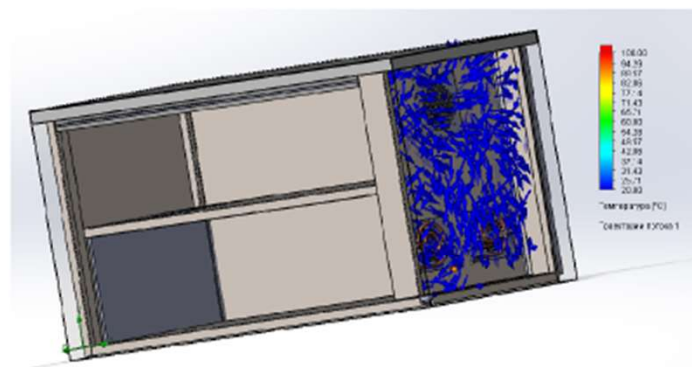
Шільність потоку



Графік розподілу температури по поверхні



Температура внутрішніх поверхонь



Рух потоку повітря в камері нагрівання

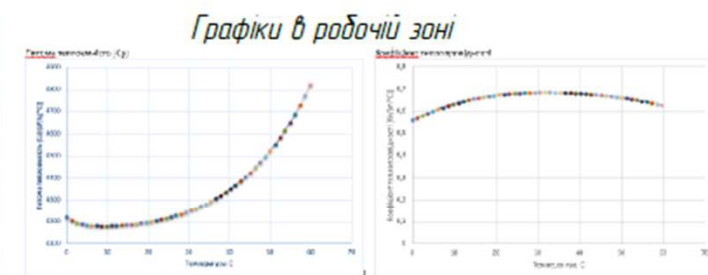


Температура стільниці пульту



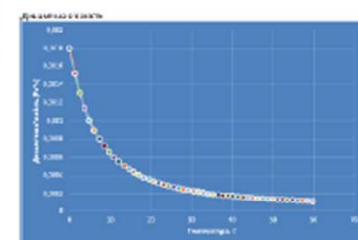
Температура повітря для блоку плати

Випробання температури під час стаціонарного режиму

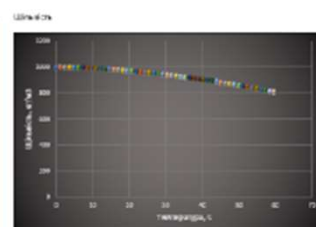


Питома теплоємність

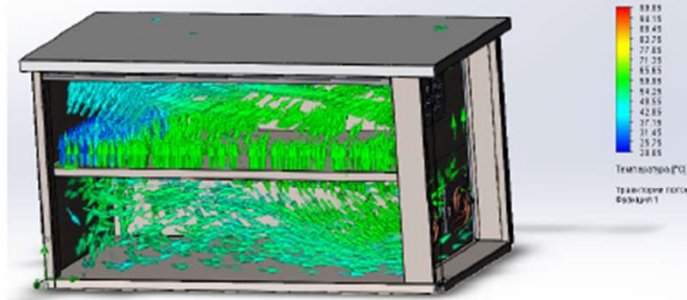
Коефіцієнт теплопровідності



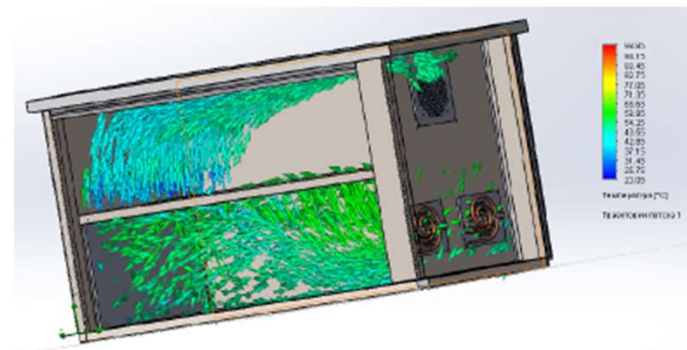
Динамічна в'язкість



Шільність потоку



Рух потоку повітря разом з фракційними частинками



Рух потоку повітря

Стартап-проект

Зміст ідеї:

Створення виробу для покращення обслуговування клієнтів закладів громадського харчування.

Вигоди для користувача:

Забезпечення витримки температурного режиму згідно стандартів GFSI.

Запобігання фінансових витрат на дороге обладнання.

Збільшення робочого об'єму а ніж в конкурентів

Сильні сторони:

Підвищення жорсткості та міцності. Конструкції, зменшення затрат часу на зварювальні операції та обробку швів, ергономічність

Можливості:

тендери, вихід на міжнародний ринок

Слабкі сторони:

Можливе підвищення ціни

Загрози:

недофінансування, критичні помилки в конструкції

Фото готових виробів згідно побажань замовника



Тумба теплова на колесах

Тумба теплова разом з тепловою вітриною



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!