

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Олександр ГАВВА
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Дослідження вистоявання тістових заготовок у шафах та
їх модернізація для підвищення ефективності їх роботи

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗОХ-2-1м

Колесник Роман Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник: доц. Доломакін Юрій Юрійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навч.-науковий інженерно-технічний інст. ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олександр ГАВВА

“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Колесник Роман Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження вистоювання тістових заготовок у шафах та їх модернізація для підвищення ефективності їх роботи

керівник роботи Доломакін Юрій Юрійович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закл. вищої осв. від “08” листопада 2023 року № 918-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна нормативна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст; вступ, огляд існуючих процесів, математичний розрахунок шафи, створення графічної моделі та задання її граничних умов, результати моделювання, правила монтажу, охорона праці, охорона навколишнього середовища, технологія складання приводу шафи вистою, загальні висновки, список використаних літературних джерел, додатки

5. Перелік графічного матеріалу

Шафа вистоювання АІ

Укладальник шафи АІ

Технологія складання приводного валу шафи АІ

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія</i>	<i>доц. Бойко Юрій Іванович</i>		
<i>машино-</i>			
<i>будування</i>			

7. Дата видачі завдання 5 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>05.11.23</i>	
2	<i>Вступ</i>	<i>10.11.23</i>	
3	<i>Огляд існуючих процесів</i>	<i>21.11.23</i>	
4	<i>Математичний розрахунок шафи</i>	<i>05.12.23</i>	
5	<i>Створення графічної моделі та</i>		
	<i>завдання її граничних умов</i>	<i>15.12.23</i>	
6	<i>Результати моделювання</i>	<i>15.01.24</i>	
7	<i>Правила монтажу</i>	<i>19.01.24</i>	
8	<i>Охорона праці</i>	<i>22.01.24</i>	
9	<i>Охорона навколишнього середовища</i>	<i>25.01.24</i>	
10	<i>Технологія складання приводу шафи вистою</i>	<i>27.01.24</i>	
11	<i>Загальні висновки</i>		
12	<i>Список використаних літературних джерел</i>		
	<i>Креслення</i>	<i>31.01.24</i>	
	<i>Презентація</i>	<i>05.02.24</i>	

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Роман КОЛЕСНИК

(прізвище та ініціали)

Юрій ДОЛОМАКІН

(прізвище та ініціали)

Магістерська робота на тему дослідження вистоювання тістових заготовок в шафах із метою підвищення ефективності їх роботи.

В процесі дослідження параметрів роботи шаф вистоювання вирішені наступні задачі:

Створені тривимірні моделі шаф вистоювання РШВ та Gostol та адаптовані математичні моделі відповідних шаф вистоювання.

Створені імітаційні комп'ютерні моделі шаф вистоювання.

Отримані графічні та чисельні дані розрахунків швидкостей руху повітря, зміни температури, дисипаційних процесів. В результаті моделювання запропоновані конструкційні заходи для покращення роботи.

Проведено огляд сучасних існуючих процесів вистоювання та обладнання, розглянуті напрямки підвищення ефективності обладнання наведені правила монтажу, безпечної експлуатації та ремонту обладнання, охорони праці та охорони довкілля.

Ключові слова: вистоювання, конвекція, моделювання, шафа, батон

Summary

Master's thesis on the study of proofing of dough pieces in cabinets in order to increase the efficiency of their work.

In the process of studying the parameters of proofing cabinets, the following tasks were solved:

Three-dimensional models of RSV and Gostol proofing cabinets were created and mathematical models of the corresponding proofing cabinets were adapted.

Simulation computer models of proofing cabinets were created.

Graphical and numerical data were obtained for calculations of air velocities, temperature changes, and dissipation processes. As a result of the modeling, design measures to improve the operation were proposed.

A review of modern existing proofing processes and equipment is carried out, directions for improving the efficiency of equipment are considered, and rules for installation, safe operation and repair of equipment, labor protection, and environmental protection are given.

Keywords: proofing, convection, modeling, cabinet, loaf

Зміст

Вступ.....	6
1. Огляд сучасних існуючих процесів вистоювання та обладнання.....	8
1.1 Класифікація конструкцій шаф вистою.....	10
2. Розробка повної математичної моделі процесів в шафі вистоювання.....	31
3. Використання методики імітаційного комп'ютерного моделювання процесів в шафах вистоювання.....	46
4. Результати моделювання процесів шафах вистоювання.....	52
5. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.....	70
6 Охорона праці.....	76
7 Охорона навколишнього середовища.....	86
8 Технологія машинобудування.....	91
Висновки.....	99
Список використаної літератури.....	100
Додатки.....	102

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доломакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Зміст	22214.1.KP.12.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/	

ВСТУП

Забезпечення вироблення хліба та хлібобулочних виробів високої якості багато в чому залежить від рівня технічного оснащення підприємств.

На хлібопекарських підприємствах застосовується велика різноманітність вітчизняного та імпортного обладнання.

Для забезпечення стабільно хорошої якості готових виробів виникає необхідність у контролі технологічних процесів і якості напівфабрикатів. Основними напрямками в розвитку хлібопекарської промисловості є впровадження на хлібозаводах нових технологій, сучасного прогресивного устаткування і подальша комплексна механізація та автоматизація виробничих процесів. Особливу увагу в промисловості слід приділяти розробленню нових технологій і обладнання, зменшенню витрат електроенергії та матеріальних ресурсів, зниженню частки ручної праці та металоємності конструкцій. Вирішення цих завдань можливе лише на основі глибоких знань технологічних процесів і наявного обладнання.

Останніми роками умови роботи хлібопекарської промисловості змінюються. Майже всі хлібозаводи та пекарні приватизовані, почали діяти військові закони. Намітилося зменшення споживання хліба і відповідно його вироблення. На хлібозаводах скорочуються робочі місця, консервується технологічне обладнання, припиняються інвестиції, а отже виробництво нового обладнання. Одночасно відкриваються нові пекарні, які виробляють широкий асортимент хлібобулочних виробів і борошняних кондитерських виробів. Однак, деякі пекарні, не витримавши конкуренції, були закриті.

Основними напрямками в розвитку хлібопекарської промисловості в даний час є:

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доламакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Вступ	22214.1.KP.12.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/	

- впровадження прогресивних технологічних схем, прискорених способів приготування тіста з використанням обладнання, що дає змогу скорочувати терміни технологічних операцій;
- значне підвищення якості виготовлення машин і апаратів, їх експлуатаційної надійності;
- випереджальні темпи створення технологічного обладнання для невеликих пекарень;
- оснащення ліній, окремих ділянок і машин комп'ютерною та мікропроцесорною технікою;
- збільшення вироблення хлібобулочних виробів підвищеної біологічної цінності, для дитячого харчування, дієтичних сортів.

Одними з головних умов розв'язання цих завдань для підприємств із виробництва хлібобулочних, кондитерських і макаронних виробів є впровадження та ефективна експлуатація сучасного високотехнологічного обладнання. Раціональна експлуатація такого обладнання передбачає значне підвищення вимог до інженерної служби та технологів переробних виробництв.

1. Огляд сучасних існуючих процесів вистоювання та обладнання

Однією з найважливіших технологічних операцій випічки хлібобулочних виробів є процес вистоювання тістових заготовок. Вистоювання тіста є передостанньою стадією виробництва, на якій відбувається остаточна підготовка тістової заготовки до процесу випічки.

До процесу вистоювання сформована тістова заготовка має безпористу структуру. Тому для протікання процесу релаксації напруг, розпушування тістової заготовки, тобто додання їй пористої структури і форми майбутнього хліба або хлібобулочного виробу проводиться процес остаточного вистоювання.

Щоб цей процес протікав досить інтенсивно і без підсохлої скоринки на поверхні тістової заготовки, параметри повітря (T_v , W_v) в шафі вистоювання повинні відповідати певним значенням температури і відносній вологості ($35...45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $75...85\%$).

При вистоюванні протікають біохімічні, мікробіологічні, фізичні процеси.

Під час вступу тістової заготовки в шафу вистоювання на її поверхні конденсується волога і інтенсифікується процес теплопередачі від пароповітряної середовища до тістової заготовки.

В результаті цього швидкість прогрівання її поверхні збільшується. Волога, покриває тістову заготовку, запобігає її завертання. Конденсація вологи припиняється після досягнення поверхнею тістової заготовки температури точки роси.

Після видалення діоксиду вуглецю в результаті формування тістової заготовки, він знову починає продукуватися хлібопекарськими дріжджами. На початку вистоювання процес газоутворення протікає досить інтенсивно.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доламакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа МАХФВ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Огляд сучасних існуючих процесів вистоявання та обладнання	22214.1.KP.12.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/	

Це можна пояснити підвищенням активності дріжджових клітин в результаті насичення тістової заготовки киснем після її оброблення і частковим видаленням продуктів життєдіяльності дріжджів.

При вистоюванні утворюється діоксид вуглецю затримується тістом, що призводить до збільшення його обсягу та створення пористої структури.

Тиск міхурів діоксиду вуглецю, що утворюються навколо дріжджових клітин, збільшуючись, приводить до розтягування клейковинного каркаса і утворення пір, які при подальшому газообразуванні збільшуються в обсязі.

Вирівнювання внутрішнього тиску між порами здійснюється по капілярах. У момент збільшення пор в розмірах відбувається зниження в них внутрішнього тиску і відповідно зняття внутрішніх напружень каркаса клейковини, тобто в тісті періодично відбувається релаксація накопичуються напруження.

Це сприяє утворенню тонкостінної пористої структури. На релаксацію напруг впливають також ферментативні процеси. Зміна температури тістової заготовки і її структури призводить до зміни кінематичної в'язкості.

Властивості житнього і пшеничного тіста неоднакові і тому режими вистоювання для них різні. Тістові заготовки житнього тіста після формування піддаються вистоюванню, а потім надходять в піч.

При роботі ж з пшеничним тістом необхідно забезпечити шматках тіста забезпечити два види вистоювання - попередню і остаточну. Час кінцевого вистоювання залежить від якості борошна, сорти і розважування хліба, підйомної сили дріжджів, від температури і консистенції тіста і інших чинників.

Час вистоювання буде тривалішим при сильному борошні, багатшою рецептурою, невеликій кількості дріжджів, при низькій температурі, крутому тісті і збільшеній кількості солі.

Готовність тіста при вистоюванні визначається органолептичними способом. Зазвичай вистояне тісто стає м'яким. Збільшується в об'ємі. Якщо

при легкому натисканні пальцем поглиблення на поверхні шматка тіста швидко зникає, то вистоювання ще недостатнє.

При нормальному вистоюванні поглиблення на поверхні тіста зникає повільно. Коли тісто перестояло, воно робиться плоским і непружним. Пористість м'якушки також змінюється від характеру вистоювання.

При нормальному вистоюванні пори мають круглу форму, при недостатній - подовжену догори і при надмірній - подовжену паралельно нижньої кінці хліба.

При визначенні готовності тіста після вистоювання необхідно враховувати, що тісто, посаджене в піч, в початковій стадії випічки ще буде збільшуватися в об'ємі, так як бродіння до моменту інактивації дріжджів ще триває. При цьому чим більше вагу тіста, тим бродіння в печі буде більш тривалим, тому що температура всередині виробу при більшій масі тістової заготовки, підвищується повільніше, ніж при малій.

Якщо це не прийняти до уваги, то можна отримати хліб незадовільної якості.

Забезпечення оптимальної механічної обробки тісту при його обробленні і оптимальних параметрів вистоювання покращує якість хліба і подовжує термін збереження його свіжості.

1.1 Класифікація конструкцій шаф вистою базується на таких характерних ознаках:

- Залежно від призначення розрізняють шафи попереднього і остаточного вистоювання.
- Залежно від конструкції конвеєра шафи бувають стрічковими, колисковими, одно- і багатоярусними.
- За пристосованості до асортименту шафи бувають універсальними і спеціалізованими. Останні пристосовані для вистоювання тістових заготовок лише одного виду виробів, універсальні - для декількох видів виробів.
- За способом обслуговування розрізняють шафи вистоювання з

автоматичним і ручним завантаженням та вивантаженням тістових заготовок на під печі.

- Залежно від способу підтримки робочих параметрів середовища в камері розрізняють шафи з ручним і автоматичним управлінням.
- По напрямку розміщення робочої частини ланцюгового конвейєра — на вертикальні, горизонтальні, комбіновані;
- По зовнішній формі шафи вистою — на П-, Т-, Г-подібні;
- По способу завантаження та розвантаження тістових заготовок — на механізовані та ручні (в останньому випадку можливе використання багатоповерхових колисок).

Науково-дослідні роботи по вистоюванню проводились у багатьох країнах світу.

У Франції розроблена шафа, яка з метою зменшення площі має циліндричну форму з вертикальною віссю. Тістові заготовки розміщені на гнучкій транспортерній стрічці, яка рухається по просторовій спіралі, одночасно переміщаються навколо вертикальної осі та по висоті.

В безперервнодіючих шафах заготовки укладені на колиски, що закріплені між двома ланцюгами, можуть також заготовки пересуватись на лотках, які не мають жорсткого з'єднання з приводом, а періодично сполучаються з ним за допомогою захватів: виступів чи кронштейнів. У французькій вистійній шафі змонтовані спеціальні канали, по яких повітря подається індивідуально до кожної полиці з тістовими заготовками.

У США побудована вистійна шафа, рух лотків в якій відбувається по замкненому контуру, що складається з двох горизонтальних та двох вертикальних ділянок. Параметри температури та вологості повітря витримуються постійними по всьому простору шафи вистою.

Багато вітчизняних і зарубіжних конструкцій шаф вистою для нагрівання повітря використовують теплоту, що йде від печі. На хлібозаводах Німеччини використовується шафа, для якої гаряче повітря відбирається

безпосередньо з топочної камери печі. Спеціальними каналами воно розподіляється по шафі вистою та крізь отвори подається до кожного листа із заготовками.

Для того, щоб тістові заготовки одразу після попадання в шафу набували потрібної температури, у США розроблена шафа, в якій є три зони: у першій заготовки піддаються мікрохвильовому нагріванню, у другій тісто не нагрівається, і температурні поля в середині нього вирівнюються; у третій зоні знову використовується мікрохвильове нагрівання. Вистоювання відбувається якісно та в короткий термін.

В разі відхилення параметрів повітря у шафі вистою відбувається погіршення якості процесу. Поверхня тістової заготовки висихає та завітрюється, заготовка може швидко перестоятись та почати опадати. Для створення спеціального режиму у США, Великобританії, Німеччині та інших країнах працюють шафи де заготовки вміщуються у попередньо нагріті форми, розташовані на конвеєрі. Потім ці форми закриваються кришками.

Таким чином заготовки опиняються в замкнутому теплому середовищі, де обмежені втрати вологи з поверхні. У такому вигляді вони йдуть і в піч випікання відбувається при значно менших втратах маси заготовки на упікання. На останній стадії перебування заготовки в печі кришки відходять від форм, на відкритих поверхнях хліба утворюється скоринка.

Розглянемо конструкції шаф вистою, які використовуються на хлібозаводах.

У них забезпечується процес вистоювання тістових заготовок як для круглого подового хліба, так і для заготовок видовженої овальної форми.

Шафа вистою FKR фірми Gostol

Вистійна шафа типу FKR (Рис 1.1) призначена для вистою тістових заготовок батоноподібних виробів. В ній на транспортуючому ланцюзі 1 розміщені люльки з касетами 2, зплетеними з тростини, в яких через шафу переміщуються заготовки.

Шафа має власний мікроклімат. Температуру та вологість встановлюють за допомогою термостату та гідростату, які знаходяться всередині шафи вистою. Пусті касети сушить сушильний агрегат, оснащений вентилятором та теном. Для обох транспортуючих ланцюгів по обох сторонах шафи встановлені тавотниці 5.

Ярмо 4 забезпечує, при постійній продуктивності, зміну тривалості витою в залежності від кількості люльок 2 з заповненими касетами.

Шафа оснащена двома головними приводами №2, №3, кожен з яких оснащений електродвигуном і через черв'ячний редуктор, ланцюгові та зубчасті передачі передає обертання на приводні зірочки. Приводи працюють з зупинками: вмикаються одночасно, і як тільки люльки з касетами переміщуються на два кроки ланцюга вперед, приводи зупиняються. З окремим підключенням вхідного №2 або вихідного №3 привода скорочується або збільшується час вистою. Спеціальна синхронізація з іншими машинами не потрібна, оскільки шафа працює з зупинками і її вмикають подані з попередніх машин тістові заготовки.

Шафа захищена від перевантаження і механічних пошкоджень штифтами, які встановлюються на середніх валах обох приводів. Корпус шафи з огороженням є самонесучим, виготовлений із листової сталі. В середній частині в області ярма розміщені вікна, так щоб можливо було змінювати положення

Технічна характеристика

Кількість робочих люльок:

— максимальна 393

— мінімальна 261

Кількість всіх люльок 502

Вага готового хліба, кг 0,5

Продуктивність, шт/год 3920

Час вистою, хв. 40 – 60

Температура при вистою, °C 35 – 50

22214.1.KP.12.000.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш
6

Вологість при вистою, %	75 – 90
Параметри пари:	
– тиск, бар	0,3 – 0,5
– температура, °C	106 – 110
– підвід пари	Ø ¾"
– відвід пари	Ø ½"
Підведена потужність	20 кВт, 70 А
Вага, кг	17000

Роботу машини можна поділити на три фази:

1. Завантаження шафи.
2. Вистій.
3. Розвантаження тістових заготовок на піч.

1. Завантаження шафи. Шафу заповнює подвійний автоматичний посадчик №4, котрий складається з двох комплексів: формуючий транспортер 27 з посипачем борошна 28, та транспортер 29 з механізмом для перевертання 30. Формуючий транспортер 27 працює безперервно, транспортер 29 працює періодично.

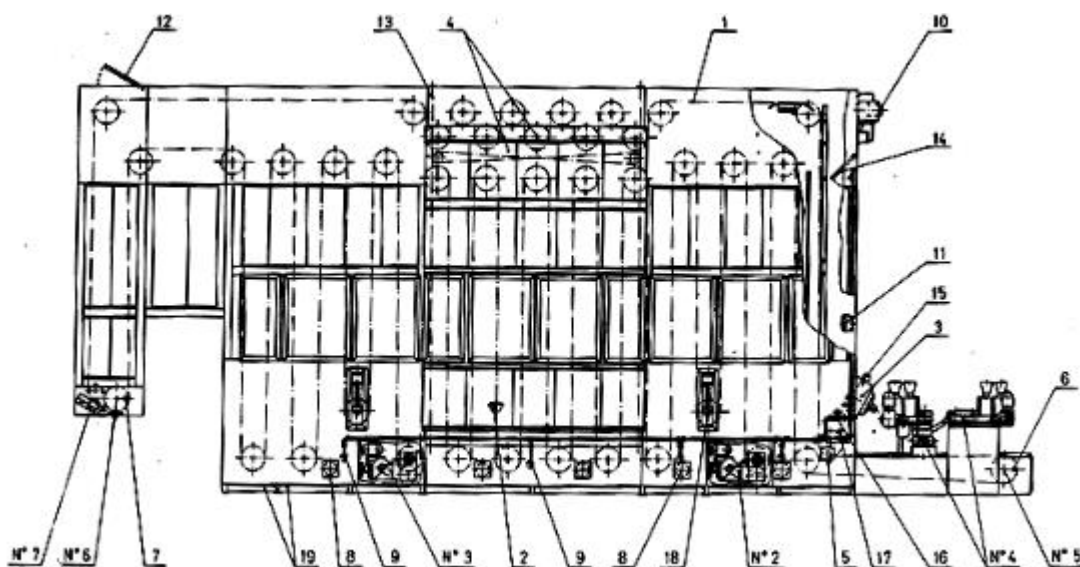


Рис.1.1 Шафа вистою тістових заготовок FKR фірми Gostol

Заготовка, яка надходить з тістоподільника, подається на формуючий транспортер 27, де їй надають кінцевої форми. З формуючого транспортера заготовка подається на транспортер 29. При цьому спрацьовує ультразвуковий вимикач 31, який приведе до руху стрічку транспортера 29 на один крок вперед. Як тільки транспортер 29 заповниться, механізм для перевертання 30 нахилить його на 60° і заготовки скотяться в люльки, котрі в цей момент знаходяться під транспортером. Посадчик №4 завантажує дві суміжні люльки з касетами 2 одночасно. Тому після нахилу обох транспортерів 29 ланцюг 1 переміститься на два кроки вперед. Одразу ж кожен транспортер 29 повертається в горизонтальне положення і починає приймати нові тістові заготовки.

2. Вистій. Заготовки вистоюються в овальних плетених касетах з тростини, котрі закріплені на несучих люльках 2. В шафі шириною 3 м на люльці розміщуються 10 касет. Люльки 2 гнучко закріплені на транспортному ланцюгу 1 та проходять під час вистою заготовок через шафу від входу до виходу. Рух люльок в шафі здійснюється з зупинками, довжина кроку дорівнює подвійній відстані між двома суміжними люльками. Вхідний №2 і вихідний привод №3 вмикаються одночасно і після одного кроку зупиняються. Команду для старту подають заготовки які заповнили транспортер 29. Команду стоп подає кінцевий вимикач на вхідному валу №5.

Тривалість вистою змінюється положенням ярма 4, за допомогою якого можна збільшити або зменшити довжину робочої вітки конвеєра. Тим самим збільшується або зменшується час проходження заготовок через шафу.

Мікроклімат забезпечують тени 8, зволожувачі 9 та вентилятори 10. Обігрів електричний, температуру регулює термостат на пульті керування шафи вистою. Зволоження здійснюється шляхом подачі технологічної пари, вологість регулюється термостатом на пульті керування шафою. Вентилятор з системою розвідних каналів забезпечує рівномірне розподілення температури та вологості в шафі вистою.

Сушильний агрегат 3 підсушує пусті касети перед новим завантаженням. Разом з тим, також передбачені ультрафіолетові лампи, котрі призначені для дезінфекції люльок.

3. Розвантаження шафи. Після закінчення вистою люльки з повними касетами проходять через упор №6 до перекидача №7. Тут люльки з касетами перевертаються навколо своєї осі, і заготовки з касет скочуються на сітку печі. Пусті люльки з касетами знову повертаються на завантаження. Оптимальне перекидання заготовок з касет на сітку печі досягається правильним встановленням обох частин 36 та 37 перекидача на лівій та правій стороні шафи.

Шафа вистою тістових заготовок Г4-РШВ

Напрямок руху гілок ланцюгового конвеєра в цій шафі (рис.1.2) вертикальний. Це дає можливість зменшити габарити шафи, повністю механізувати операції завантаження та розвантаження колисок. За рахунок зміни кількості гілок розміри шафи можна узгоджувати з тунельними печами з площею поду 16...30 м².

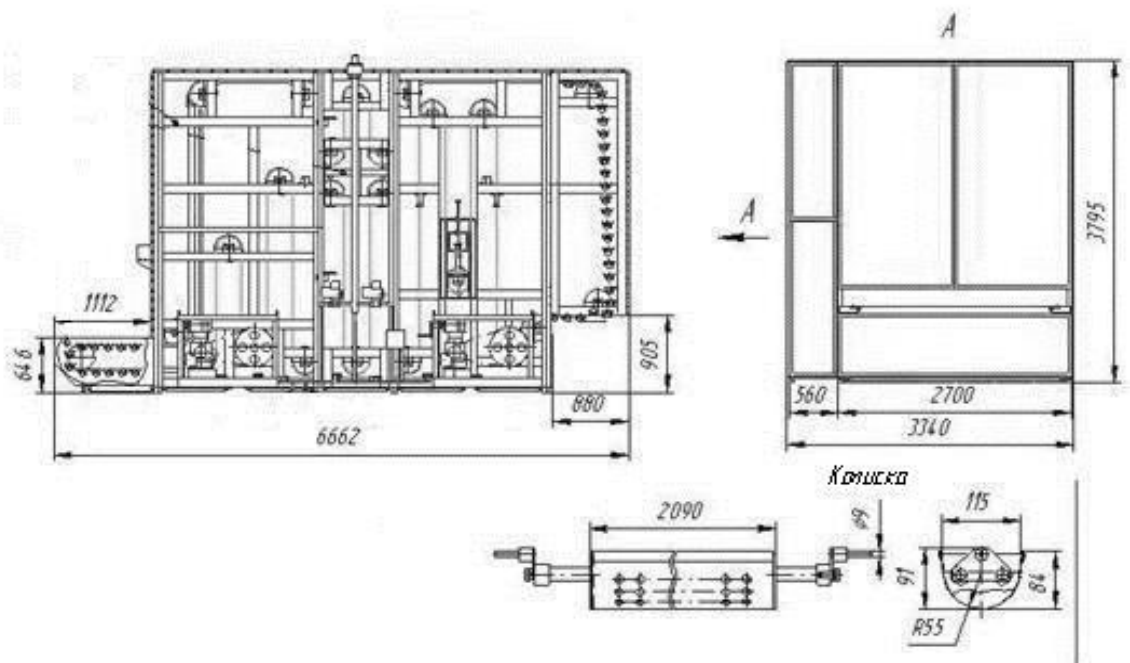


Рис.1.2 Шафа вистою тістових заготовок Г4-РШВ

Технічна характеристика:

22214.1КР.12.000.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш
9

Час вистоювання, хв.	40-50
Кількість люльок	313
Крок ланцюга, мм	76,2
Крок посадки тістових заготовок на під печі, мм	162,4
Крок підвіски люльок	152,4
Розмір люльок (жолоб: Д×Ш×В), мм	2090×125×85
Ширина підвіски люльок, мм	2344
Кількість заготовок в люльці	6
Крок заготовок на люльці	345±5
Розміри з приводом, мм	6652×3340×3945
Маса, кг	6000

Шафа має каркасну будову. З боків та згори шафа закрита з'ємним огородженням. В середині шафи розташовані 23 пари зірочок, на які натягнуті ланцюги конвеєра, що містить колиски для тістових заготовок. Колиски підвішені через кожні дві ланки ланцюга. Вони являють собою прямокутну раму, на якій закріплена тканина. Тканина прогинається під масою тістової заготовки, формуючи профіль її верхньої поверхні. Для натяжки конвеєра використовується натяжна станція. Під час руху порожніх колісок на холостій вітці в зону завантаження вони підсушуються. Розвантаження колісок відбувається на барабані стрічкового транспортера, який переносить їх на під печі.

Робота шафи відбувається в такому порядку. Заготовки подаються стрічковим транспортером на роторно-стрічковий посадчик в кишені ротора, який рівномірно обертається. Коли кишеня опиняється внизу, заготовка випадає на стрічку укладального транспортера, який рухається вздовж коліски. Завдяки цьому крок між заготовками витримується постійними. Коли на транспортері накопичиться повний ряд заготовок, стрічка його зупиняється і транспортер нахилиється так, що заготовки падають у колиску

вистійної шафи. Після цього стрічковий транспортер повертається в попереднє положення та цикл роботи повторюється.

Шафа вистою має спеціальний керуючий пристрій, за допомогою якого узгоджується переміщення колісок, робота укладальника та тістоподільника.

Для розвантаження шафи та пересадки тістових заготовок на под печі використовується спеціальний транспортер. Коли стрічка обходить барабан, вона опиняється безпосередньо поруч з траєкторією коліски. Остання рухаючись вгору притискається до стрічки, причому швидкості їх збігаються. В момент виходу коліски на горизонтальну ділянку вона перевертається, заготовка м'яко перекладається на стрічку, а спорожнена коліска рухається вгору.

Шафа вистою SHOR PROOFER

Призначена для вистоювання тістових заготовок в формі батонів масою 0,4 і 0,5 кг.

Корпус шафи (рис.1.3) виконаний з кутової сталі і огорожений металевими панелями. Шафа складається з окремих секцій, в яких розміщений ланцюговий конвеєр, що спирається на сімнадцять пар ланцюгових зірочок, одна з них натяжна. На ланцюгу підвішено 232 люльки.

Привідні зірочки конвеєра закріплені на ведучому валу. Привод конвеєра здійснюється від електродвигуна через черв'ячний редуктор. На валу черв'ячного редуктора закріплений кулак з упором, який впливає на кінцевий вимикач, що здійснює включення привідного двигуна і періодичне переміщення вистійного конвеєра на один крок.

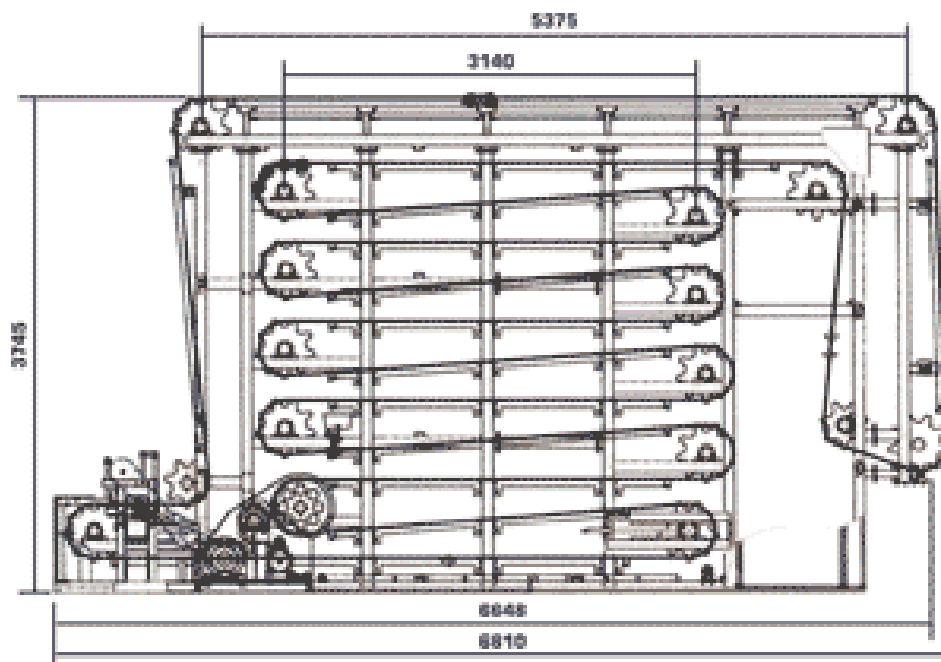


Рис. 1.3 Шафа вистою SHOR PROOFER

Технічна характеристика:

Кількість люльок	232
Крок ланцюга, мм	100
Площа, м ²	не більше 31,5
Робоча температура, °С	не більше 50
Тривалість роботи на добу, год	не більше 23
Габаритні розміри, мм	
довжина	6700
ширина	4770
висота	3750
Маса, кг	не більше 11 000

Завантаження шафи заготовками здійснюється завантажувачем, який зупиняється при виході колиски на позицію укладання і з допомогою спеціальної прямої перекладає тістові заготовки в колиски вистійної шафи. Після вистоювання заготовки вивантажуються з колісок шафи за

допомогою перекидача, заблокованого з надрізчиком.

Робота вистійної шафи здійснюється таким чином. Тістові заготовки транспортером подаються в живильник, який рівномірно завантажує кожен кошик вирівнювача кроку. Після виходу шести кошиків із заготовками на позицію укладання — ланцюговий конвеєр вирівнювача кроку зупиняється.

У цей момент напрямні повертаються, і тістові заготовки перекладаються в кошик вистійної шафи. За час укладання шести заготовок на кошик вистійної шафи упор кулачка приводу вирівнювача кроку робить один оберт і після повернення кошиків в початкове положення включає привід вистійної шафи. По мірі пересування конвеєра вистійної шафи чергова кошик підходить до місця розвантаження і перекидає поворотну рамку з тістовими заготовками, останні при цьому перекладаються на під печі.

Включення приводу надрізчика - обприскувача здійснюється з допомогою фотореле, датчик якого розташований над пічним конвеєром. При проходженні ряду тістових заготовок перед датчиком вони перекривають потік світла від спеціального світильника і включають фотореле.

Шафа вистою заводу „ТАГРО”.

Основою шафи є сталевий каркас. Він складається з окремих частин, котрі збираються на місці монтажу. На каркасі встановлені вали з зірочками на які вдягають ланцюг. На ньому розміщені спеціальні люльки.

Конвеєр забезпечує безперервне переміщення тістових заготовок всередині шафи в середовищі необхідному для вистоювання. Для забезпечення безперебійної роботи конвеєр оснащений пристроєм натягу ланцюга, приводним валом з запобіжною муфтою, захищаючою конвеєр від надмірних навантажень.

Просторова конфігурація шафи може мати П-подібну, Г-подібну, Т-подібну або прямокутну форму. Подібна різноманітність конструкції дозволяє значно економити виробничі площі.

Час вистоювання тістових заготовок може регулюватися в межах 30 – 60 хвилин, в залежності від технології. В процесі вистою в шафі підтримується необхідна температура 35-40°C та відносна вологість повітря 75 – 80%, за допомогою парового або водяного теплообмінника та паро зволожувального пристрою, який представляє собою конструкцію типу „труба в трубі” з системою відводу конденсату.

Зовні шафа облицьована фарбованими штампованими панелями з теплоізоляцією. При необхідності шафа оснащується площадками огляду.

В конструкції даної шафи передбачене встановлення сушильного пристрою сукна люльок, котрі використовують тепло відпрацьованих газів печі, що проходять через витяжну трубу.

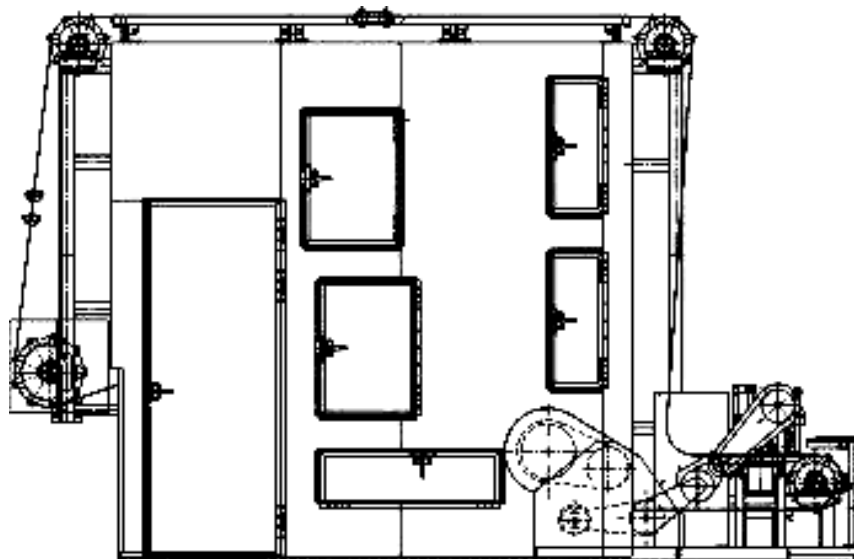


Рис1.4 Шафа вистою заводу „ТАГРО”

Технічна характеристика:

Кількість люльок	216
Час вистоювання, хв.	30-60
Температура середовища шафи, °C	35-40
Відносна вологість середовища шафи, %	75 – 80

Шафа вистою РЗ-ШРТЗ

Шафа (рис.1.5) призначена для вистою батоноподібних тістових заготовок. Шафа встановлюється в механізованій лінії між тістообробним обладнанням і тунельною піччю з шириною поду 3 м.

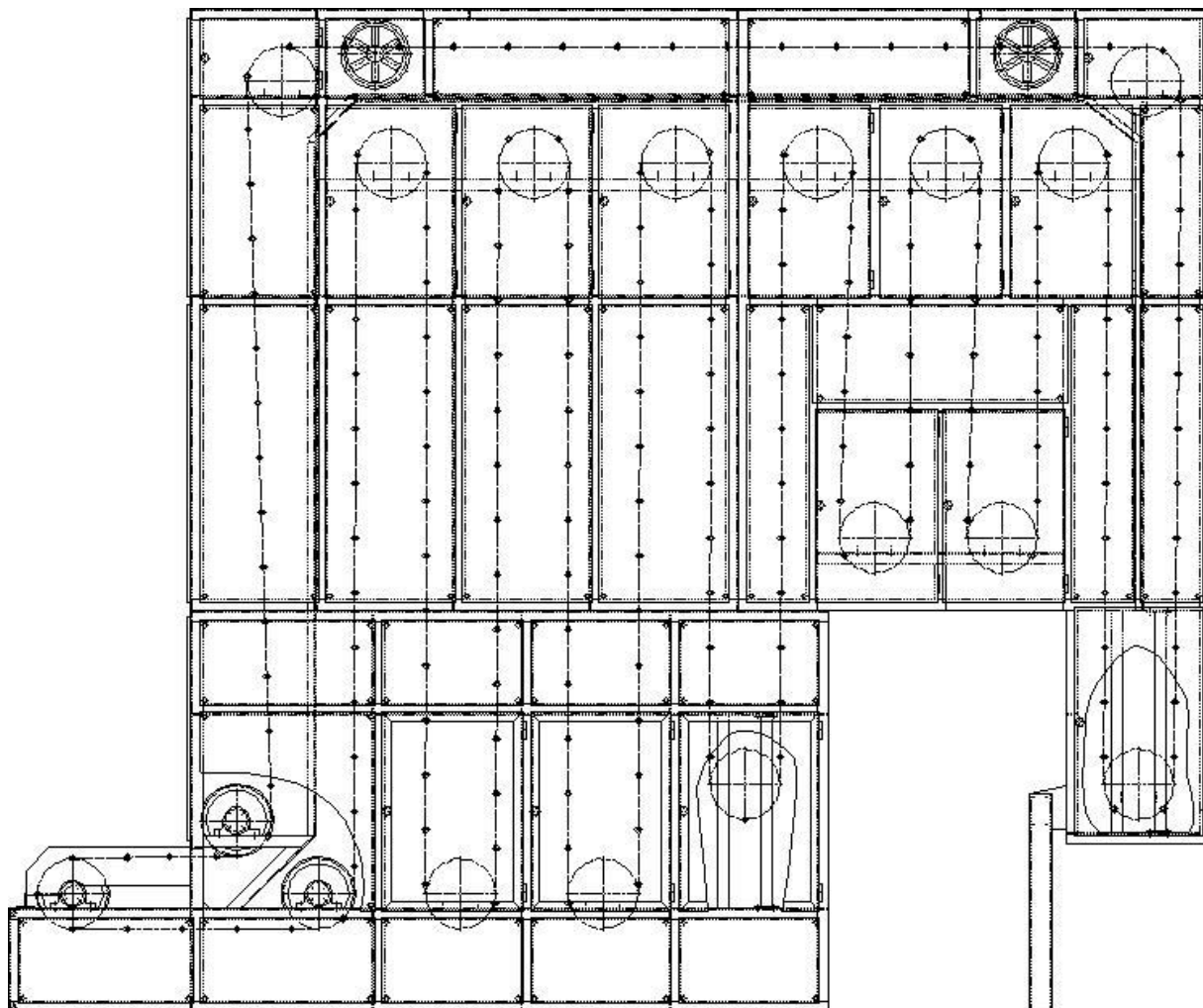


Рис.1.5 Шафа вистою РЗ-ШРТЗ

Технічна характеристика

1. Кількість люльок в шафі, шт.:	
загальна	208
робочих	160
2. Крок ланцюга конвеєра, мм	100
3. Крок підвіски люльок, мм	300
4. Встановлена потужність електродвигуна	

привода, кВт	2,2
5. Частота обертання приводного вала, об/хв	3,5
6. Тривалість вистою найбільша, хв	50
7. Габаритні розміри, мм:	
довжина	6600
ширина	3400
висота	5500

Шафа складається з каркаса, приводного, натяжного, розвантажувального і проміжних валів, ланцюгового конвеєра. Шафа, крім місць завантаження і розвантаження тістових заготовок, огорожена щитами і дверима. В нижній частині шафи двері прозорі.

Каркас шафи складається із зварних бокових, з'єднаних між собою стяжками на болтах. На каркасі встановлені ведучий, натяжний, розвантажувальний та 14 проміжних валів.

Зірочки на валах огинаються тяговими ланцюгами, крок яких 100 мм. На горизонтальних ділянках конвеєра ланцюги підтримуються направляючими. Вистоювання тістових заготовок здійснюється в люльках, які на пальцях підвішені між двома гілками конвеєра. Розвантаження люльок на сітчатий під печі механізоване.

Холоста ділянка конвеєра відділена від робочої перегородкою з листової нержавіючої сталі, покладеної на кутники. Підсушка касет відбувається за допомогою чотирьох осьових вентиляторів, а також передбачена установка бактерицидних ламп.

Для періодичного огляду та технічного обслуговування верхньої частини шафи передбачена площадка.

Підтримання відповідної відносної вологості в робочій зоні забезпечується парозволожувачами, а температури - паропідігрівачами.

Боковини каркаса, вали, щити і двері поставляються замовнику в

зібраному вигляді. Загальне складання і електромонтаж виконуються на місці. Шафа повинна встановлюватися в приміщенні, яке відповідає санітарним вимогам і технічному процесу, на горизонтальній підготовленій площадці.

Каркас монтується з боковин і стяжок, рама привода кріпиться на фундаменті чотирма анкерними болтами.

Необхідно забезпечити і ретельно перевірити горизонтальність приводного вала. Зірочки проміжних і натяжних валів, які посаджені на шпонці, розташовуються в шахматному порядку. Між двома гілками конвеєра навішуються люльки, які фіксуються шплінтами.

Під час обкатки конвеєра вистоювання ланцюги повинні бути змащені, за рахунок чого досягається плавний легкий хід конвеєра. Натяг ланцюгів встановлюється такий, що не затрудняє їх рух. Механізм розвантаження встановлюється в оптимальному положенні під час наладки.

Шафа вистою РШВ

Напрямок руху гілок ланцюгового конвеєра в цій шафі (рис.1.6) вертикальний. Це дає можливість зменшити габарити шафи, повністю механізувати операції завантаження та розвантаження колисок. За рахунок зміни кількості гілок розміри шафи можна узгоджувати з тунельними печами з площею йоду 25,40 та 50 м². Шафа поставляється разом з роторно-стрічковим посадчиком тістових заготовок у колиски та стрічковим пересадчиком заготовок на сітчастий під печі. Шафа має каркасну будову.

З боків та згори шафа закрита з'ємним огородженням 13. В середині шафи розташовані 23 пари зірочок 6, на які натягнуті ланцюги конвеєра 3, що містить колиски для тістових заготовок. Колиски підвішені через кожні чотири ланки ланцюга. Вони являють собою прямокутну раму, на якій закріплена тканина. Тканина прогинається під масою тістової заготовки,

формує профіль її верхньої поверхні. Зірочки 15 закріплені на ²⁵ приводному валу 19. Для натяжки конвеєра використовується натяжна станція 16. Зворотна гілка конвеєра 5 розташована ззовні шафи та спирається на зірочки 4,7,8. Під час руху порожніх колисок в зону завантаження 1 вони підсушуються. Розвантаження колисок відбувається на барабані 9 стрічкового транспортера 10, який переносить їх на під печі.

Робота шафи відбувається в такому порядку. Заготовки подаються стрічковим транспортером на роторно-стрічковий посадчик в кишені ротора 26, який рівномірно обертається. Коли кишеня опиняється внизу, заготовка випадає на стрічку укладального транспортера 17, який рухається вздовж колиски. Завдяки цьому крок між заготовками витримується постійними.

Коли на транспортері накопичиться повний ряд заготовок, стрічка його зупиняється і транспортер нахилиється так, що заготовки падають у колиску вистійної шафи. Після цього стрічковий транспортер повертається в попереднє положення та цикл роботи повторюється.

Шафа вистою має спеціальний керуючий пристрій, за допомогою якого узгоджується переміщення колисок, робота укладальника та тістоподільника. Для розвантаження шафи та пересадки тістових заготовок на под печі використовується спеціальний транспортер 9. Коли стрічка обходить барабан 12, вона опиняється безпосередньо поруч з траєкторією колиски. Остання рухаючись вгору притискається до стрічки, причому швидкості їх збігаються.

В момент виходу колиски на горизонтальну ділянку вона перевертається, заготовка м'яко перекладається на стрічку, а спорожнена колиска рухається вгору.

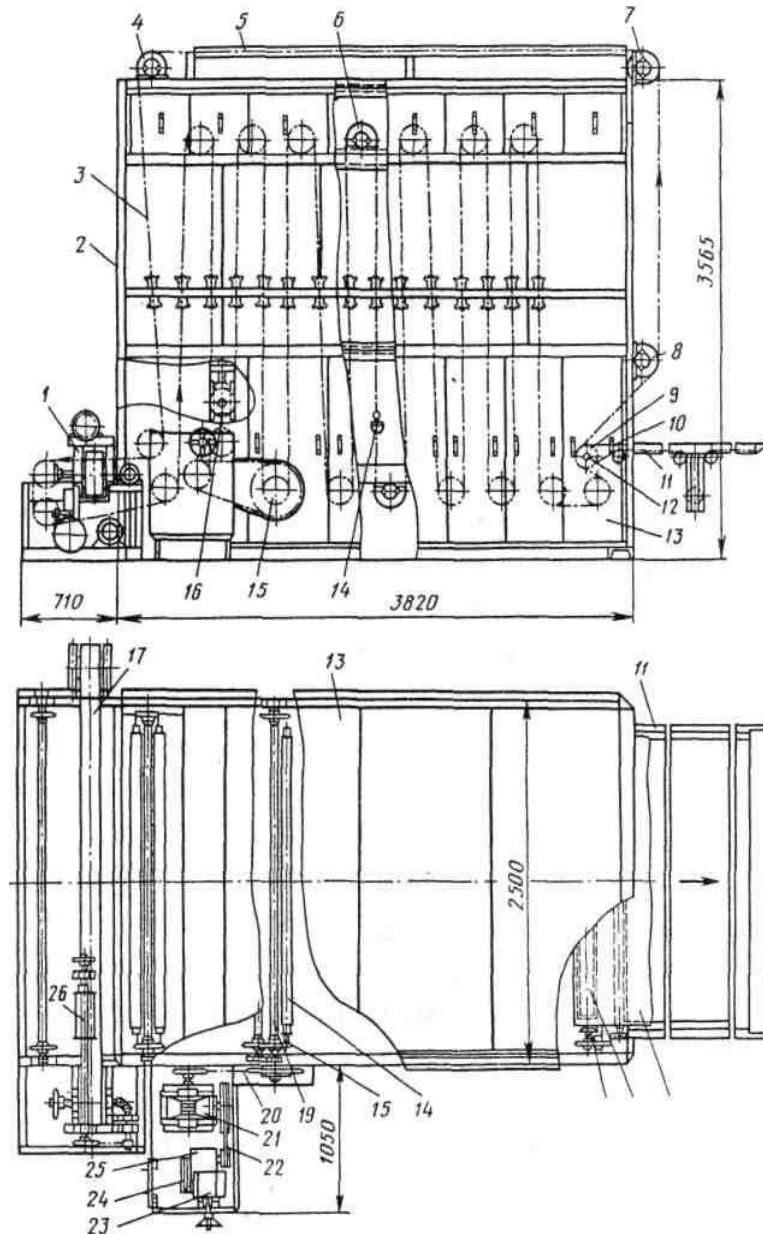


Рис.1.6 Шафа вистою РШВ

Вистійно-пічний агрегат Г4-РПА-80 призначений для вироблення формового хліба

До складу агрегату (рис.1.7) входять:

- подільник-укладальник ШЗЗ-ХДЗУ;
- шафа кінцевого вистоювання Г4-ХРВ-80;
- піч блокова колискові Г4-ХПФ-36.

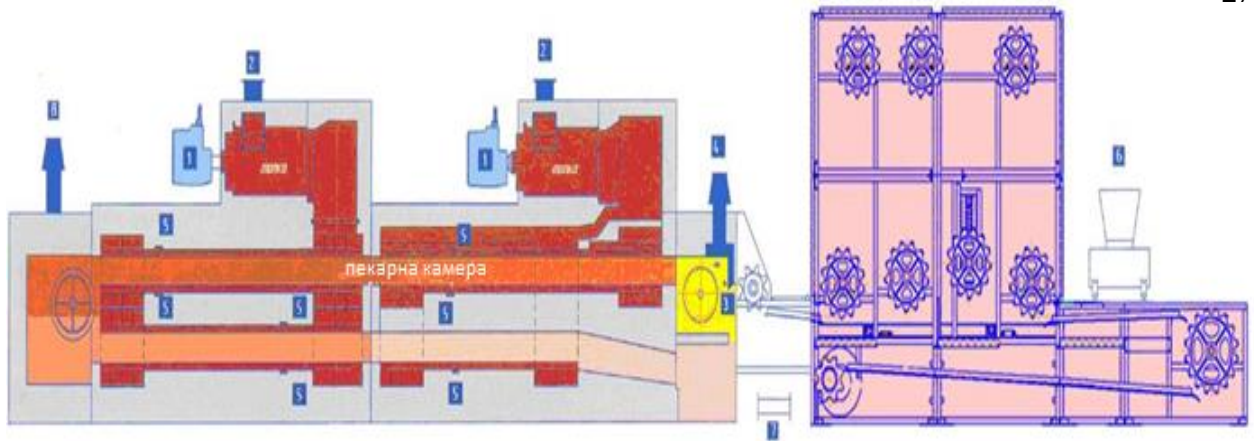


Рис.1.7 Вистійно-пічний агрегат Г4-РПА-30

- 1 Пальник газовий
- 2 Відведення продуктів згоряння
- 3 Зона пароутворення
- 4 Відведення пароповітряної суміші із зони парозволоження
- 5 Шибер регулювання газу в газоході
- 6 Посадник тістових заготовок
- 7- Транспортер готової продукції
- 8- Відведення пари

Залежно від продуктивності можна вибрати вистійно-пічний агрегат необхідної потужності: Г4-РПА-12М, Г4-РПА-15М, Г4-РПА-20. Остання цифра позначає кількість продукції в тонах, яке може виробити агрегат на добу.

З метою створення необхідних параметрів температури і вологості середовища в шафах кінцевого вистоювання використовуються кондиціонери або пароелектричні калорифери.

З виникненням невеликих підприємств, що спеціалізуються на виробництві хлібобулочних виробів, підвищився попит на обладнання, що дає можливість оперативно переходити з вироблення одного виду продукції на інший.

Компактна шафа «Бриз плюс»

Призначена для механізації процесу попереднього вистоювання тестових заготовок безпосередньо після їх округлення перед операцією

остаточного формування. «Бриз плюс» (рис. 1.8) представляє собою камеру, в якій переміщається ланцюговий конвеєр з 50-ю касетами по 5 осередків у кожній.

У роботі 1 знаходиться 42 касети. В осередку касет роздавальник укладає задану кількість тестових заготовок (від 1 до 5), що надходять з округлювача. Після вистоювання тестові заготовки вивантажуються на стрічку транспортера, який подає їх в бункер тістозакаточні машини.

Багатофункціональна система управління шафою на базі промислового контролера дозволяє працювати в трьох режимах:

- синхронний режим: вивантаження шафи синхронізується з завантаженням, продуктивність його визначається продуктивністю тістоділителів;
- режим автоматичного вивантаження: завантаження не виконується, продуктивність вивантаження задається на пульті шафи;
- режим ручної вивантаження за допомогою кнопки на пульті управління, ланцюговий конвеєр і транспортер переміщаються безперервно.

Шафи вистоювання електричні «Бриз-122», «Бриз-222», «Бриз-322» призначені для кінцевого вистоювання тістових заготовок на стелажних візках і рекомендуються для роботи з печами «Муссон-ротор» різних моделей. Можливо, параметри робочого середовища підтримуються за допомогою приладів управління.

Розглянуті пристрої для вистоювання тістових заготовок завдяки досконалості конструкції і надійності в процесі експлуатації знайшли широке застосування в хлібопекарській промисловості.

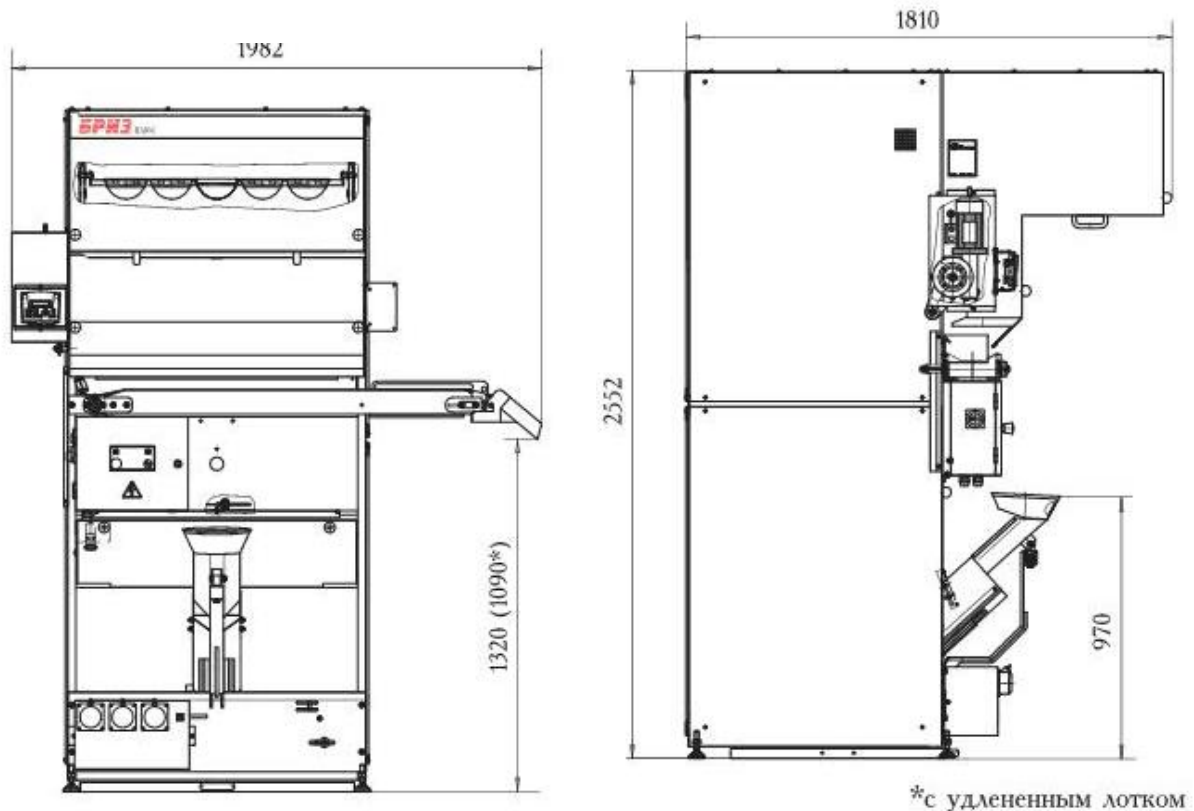


Рис. 1.8 Компактна шафа «Бриз плюс»

Вистійна шафа «Мінел» для дрібноштучних булочних виробів.

Такі шафи (рис. 1.9) широко застосовуються в лініях для вистоювання дрібноштучних булочних виробів масою від 50 до 500 г.

Вони комплектуються механічними укладальниками, пересадчиками, а іноді і нарізниками тістових заготовок. Являють собою повністю механізовані агрегати, які вдало компонуються з сучасними тунельними печами.

Шафа вистою фірми «Мінел» (рис.) являє собою камеру 1, виконану з металевого каркаса 2, обгородженого теплоізоляційними панелями 3, бічними заскленними дверцятами 4 і знімними панелями 9. У нижній частині шафи встановлені висувні днища 10. У середині шафи розміщений ланцюговий конвеєр 7 з підвішеними на ньому ляльками 5, виконаними у вигляді поздовжніх рамок, затягнутих фетровому або бельтінговій тканині.

Зверху в шафі розміщений калорифер 8, призначений для підсушування тканинних хусток неодружених колик. У робочій камері

шафи необхідні вологовміст і температура повітря підтримуються за допомогою подачі пари за допомогою ручного регулятора. Для контролю цих показників шафа обладнана термометром і гігрометром 6. Шафа забезпечений механізованими укладальником і пересадчиком. Останній виконаний у вигляді проміжного транспортера з варіатором швидкості, що дозволяє змінювати відстані між рядами тістових заготовок на транспортері.

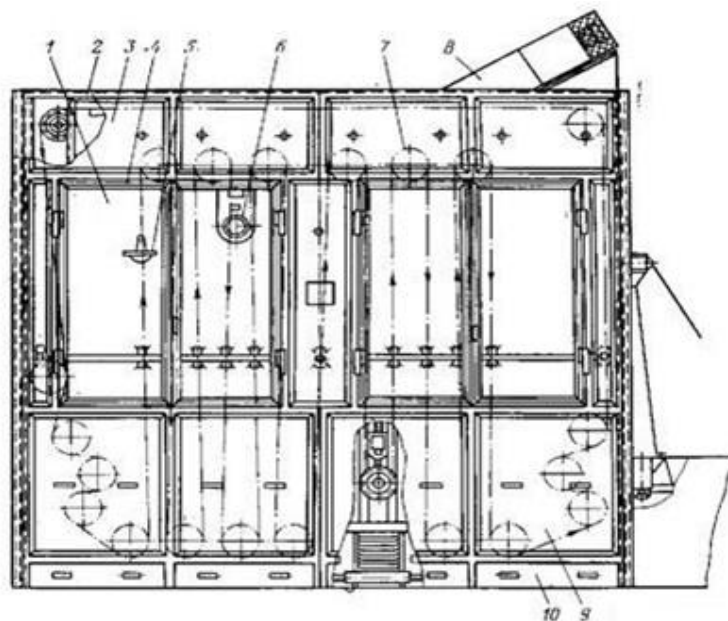


Рис 1.9 Шафа вистоювання «Мінел»

2. Розробка повної математичної моделі процесів в шафі

вистоювання

Розробка повної математичної моделі процесів в шафі вистоювання виробляється по законах термодинаміки і теплопередачі (теплообміну).

2.1 Модель підтримки заданої температури

Під час роботи шафи в його камері протікають складні теплообмінні процеси.

Основним джерелом тепла в шафі вистоювання є нагрівачі елементи, що знаходяться в потоці повітря, циркуляція якого забезпечується циркуляційним насосом. Підігріте повітря передає теплову енергію тістовим заготовкам, прогрівачі їх. Одночасно частина енергії витрачається на прогрівання колик, а частина енергії втрачається за рахунок теплопередачі через стінки шафи.

При роботі системи підтримки заданої вологості разом з паром в камеру шафи також потрапляє енергія.

Отже, рівняння теплового балансу шафи вистоювання виглядає наступним чином:

$$Q_{\text{повітря}} = Q_{\text{наг}} + Q_{\text{пару}} - Q_{\text{тіста}} - Q_{\text{кол}} - Q_{\text{ст}}, \quad (2.7)$$

$Q_{\text{повітря}}$ - теплота витрачається на прогрівання повітря;

$Q_{\text{наг}}$ - тепловий потік з поверхні нагрівачів;

$Q_{\text{пару}}$ - кількість теплоти, що вноситься в камеру шафи разом з паром, необхідною для підтримання в камері шафи заданого рівня відносної вологості повітря;

$Q_{\text{тіста}}$ - кількість теплоти, що йде на прогрівання тіста;

$Q_{\text{кол}}$ - кількість теплоти, що йде на прогрівання колісок;

$Q_{\text{ст}}$ - втрата тепла через стінки.

Теплота, що витрачається на прогрівання повітря, може бути описана як:

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доламакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва		22214.1.KP.12.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.	Математична модель процесів в шафі вистоювання		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/

$$Q_{\text{повітря}} = c_{\text{пов}} \times m_{\text{пов}} \times (dT_{\text{пов}} / dt), \quad (2.8)$$

де $c_{\text{пов}}$ - теплоємність повітря:

$$c_{\text{пов}} = (c_{\text{п}} + c_{\text{пар}} \times d_{\text{пов}} / 1000),$$

де $c_{\text{п}}$ - теплоємність сухого повітря;

$c_{\text{пар}}$ - теплоємність перегрітої пари;

$d_{\text{пов}}$ - вологовміст повітря.

Так як вологовміст вологого повітря залежить від його температури і вологості, то і теплоємність вологого повітря залежить від цих параметрів.

$$m_{\text{пов}} = \rho_{\text{пов}} \times V_{\text{пов}} \quad (2.9)$$

$m_{\text{пов}}$ - маса повітря в шафі вистоювання;

$\rho_{\text{пов}}$ - густина вологого повітря в камері шафі вистоювання;

$V_{\text{пов}}$ - обсяг повітря в камері шафи.

$dT_{\text{пов}} / dt$ - швидкість зміни температури повітря.

Звідки:

$$\frac{dT_{\text{пов}}}{dt} = \frac{Q_{\text{пов}}}{c_{\text{пов}} \times m_{\text{пов}}} \quad (2.10)$$

Тепловий потік з поверхні нагрівачів описується за допомогою рівняння конвективної теплопередачі:

$$Q_{\text{наг}} = \alpha_{\text{наг}} \times S_{\text{наг}} \times (T_{\text{наг}} - T_{\text{пов}}), \quad (2.11)$$

$\alpha_{\text{наг}}$ - коефіцієнт тепловіддачі нагрівачів;

$S_{\text{наг}}$ - площа поверхні нагрівачів;

$T_{\text{наг}}$ - температура нагрівачів ;

$T_{\text{пов}}$ - температура циркулюючого повітря.

При цьому, надлишки енергії нагрівачів йдуть на зміну їх температури:

$$\frac{dT_{\square \text{наг}}}{dt} = \frac{P_{\square \text{наг}} - Q_{\square \text{наг}}}{c_{\square \text{наг}} \times m_{\square \text{наг}}} \quad (2.12)$$

де dT / dt - швидкість зміни температури нагрівачів;

$P_{\text{наг}}$ - потужність нагрівачів;

$Q_{\text{наг}}$ - тепловий потік з поверхні нагрівачів;

$c_{\text{наг}}$ - теплоємність матеріалу нагрівачів;

$m_{\text{наг}}$ - маса нагрівачів.

Тепловий потік, що вноситься з парою, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{пару}} = (P_{\text{наг вол}} / r) \times h_{\text{п}}, \quad (2.13)$$

$P_{\text{наг вол}}$ - потужність нагрівачів, використовуваних для підігріву і випаровування води, з метою зволоження повітря в шафі вистою;

r - теплота пароутворення води;

$h_{\text{п}}$ - питома ентальпія насиченої пари.

Тепловий потік, одержуваний тістовими заготовками і використовується для їх прогрівання, може бути описаний формулою конвективного теплообміну:

$$Q_{\text{тіста}} = \alpha_{\text{тіста}} \times S_{\text{тіста}} \times (T_{\text{пов}} - T_{\text{тіста}}), \quad (2.14)$$

де $\alpha_{\text{тіста}}$ - коефіцієнт тепловіддачі поверхні тістових заготовок;

$S_{\text{тіста}}$ - площа поверхні тістових заготовок;

$T_{\text{тіста}}$ - температура тістових заготовок, швидкість зміни якої, з урахуванням того, що при вистоюванні в тістових заготовках виділяється енергія $Q_{\text{тіста вид}}$, складає:

$$\frac{dT_{\square \text{тіста}}}{dt} = \frac{Q_{\square \text{тіста}} + Q_{\square \text{тіста вид}}}{c_{\square \text{тіста}} \times m_{\text{тіста}}} \quad (2.15)$$

$S_{\text{тіста}}$ - теплоємність тістових заготовок;

$m_{\text{тіста}}$ - маса тістових заготовок.

Аналогічно, тепловий потік, одержуваний колисками і використовується для їх прогрівання, також може бути описаний формулою конвективного теплообміну:

$$Q_{\text{кол}} = \alpha_{\text{кол}} \times S_{\text{кол}} \times (T_{\text{пов}} - T_{\text{кол}}), \quad (2.16)$$

$\alpha_{\text{кол}}$ - коефіцієнт тепловіддачі поверхні візків;

$S_{\text{кол}}$ - площа поверхні візків;

$T_{\text{кол}}$ - температура візків, швидкість зміни якої:

$$\frac{dT_{\square \text{кол}}}{dt} = \frac{Q}{c_{\square \text{кол}} \times m_{\square \text{кол}}}, \quad (2.17)$$

де $c_{\text{кол}}$ - теплоємність візків;

$m_{\text{кол}}$ - маса візків.

Втрати теплоти через стінки шафи розраховуються по рівнянню теплопередачі:

$$Q_{\text{ст}} = k_{\text{ст}} \times S_{\text{ст}} \times (T_{\text{пов}} - T_{\text{нс}}), \quad (2.18)$$

де $k_{\text{ст}}$ - коефіцієнт теплопередачі через стінки;

$S_{\text{ст}}$ - площа стінок камери шафи вистоювання;

$T_{\text{нс}}$ - температура навколишнього середовища;

Слід врахувати, що коефіцієнти тепловіддачі конвекцією ($\alpha_{\text{тен}}$, $\alpha_{\text{тіста}}$, $\alpha_{\text{кол}}$) і коефіцієнт теплопередачі $k_{\text{ст}}$ (також залежить від коефіцієнта тепловіддачі поверхонь стінок) в свою чергу залежать від багатьох чинників: від температур поверхонь і омиває їх середовища, від швидкості руху останньої, від її теплопровідності, в'язкості, щільності і теплоємності (в свою чергу також залежних від температури середовища), від конфігурації і стану поверхонь і їх геометричних параметричних розмірів.

2.3 Модель підтримки заданої вологості повітря

Відносна вологість повітря в шафі знаходиться по рівнянню:

$$\varphi_{\text{пов}} = \rho_{\text{п}} / \rho_{\text{мах}}, \quad (2.19)$$

де $\rho_{\text{мах}}$ - максимально можлива абсолютна вологість повітря при даній температурі;

$\rho_{\text{п}}$ - дійсна абсолютна вологість ненасиченого повітря, швидкість зміни якої ($d\rho_{\text{п}}/dt$) може бути виражена як:

$$\frac{d\rho_{\text{п}}}{dt} = \frac{G_{\text{втрат}} - G_{\text{пари}}}{V_{\text{пов}}}, \quad (2.30)$$

де $V_{\text{пов}}$ - обсяг циркулюючого в шафі вистоювання вологого повітря;

$G_{\text{втрат}}$ - витрата пари на конденсацію на стінках камери шафи і на поверхні тістових заготовок;

$G_{\text{пара}}$ - витрата пара на зволоження повітря в камері шафи вистоювання:

$$G_{\text{пара}} = R_{\text{наг вол}} / r, (2.31)$$

де r - теплота пароутворення води;

$R_{\text{наг вол}}$ - потужність нагрівачів, використовуваних для підігріву і випаровування води, з метою зволоження повітря в шафі.

У зв'язку з тим, що в процесі вистоювання необхідно підтримувати задану вологість, дані нагрівачі включені тільки поки щодо відповідності вологість повітря в камері шафи менше заданої.

2.4 Рівняння теплового балансу шафи вистоювання

Рівняння теплового балансу шафи вистоювання :

$$Q_{\text{повіт}} = Q_{\text{наг}} - Q_{\text{тіста}} - Q_{\text{кол}} - Q_{\text{ст}}, (2.32)$$

$Q_{\text{пов}}$ - теплота витрачається на прогрівання повітря;

$Q_{\text{наг}}$ - тепловий потік з поверхні нагрівачів;

$Q_{\text{тіста}}$ - кількість теплоти, що йде на прогрівання тіста;

$Q_{\text{кол}}$ - кількість теплоти, що йде на прогрівання коликосок;

$Q_{\text{ст}}$ - втрата тепла через стінки.

Розпишемо всі складові цього рівняння.

2.4.1 Теплота, що витрачається на прогрівання повітря

$$Q_{\text{пов}} = c_{\text{пов}} \times m_{\text{пов}} \times (dT_{\text{пов}} / dt), (2.8)$$

звідки:

$$\frac{dT_{\text{пов}}}{dt} = \frac{Q_{\text{пов}}}{c_{\text{пов}} \times m_{\text{пов}}}, (2.10)$$

де $dT_{\text{пов}} / dt$ - швидкість зміни температури повітря.

$c_{\text{пов}}$ - теплоємність повітря:

$$c_{\text{пов}} = (c_{\text{п}} + c_{\text{пар}} \times d_{\text{пов}} / 1000),$$

де $c_{\text{п}}$ - теплоємність сухого повітря, при температурах 40°C :

$$c_{\text{п}} = 1005 \text{ Дж} / (\text{кг} \times \text{K});$$

$c_{\text{пар}}$ - теплоємність перегрітої пари:

$$c_{\text{пар}} = 2000 \text{ Дж} / (\text{кг} \times \text{K});$$

$d_{\text{пов}}$ - вологовміст повітря, при температурі 40°C і відносної вологості 75% він дорівнює:

$$d_{\text{пов}} = 36,9 \text{ г / кг};$$

Таким чином:

$$C_{\text{пов}} = (1005 + 2000 \times 36,9 / 1000) = 1079 \text{ Дж / (кг} \times \text{K)};$$

$m_{\text{пов}}$ - маса повітря в шафі;

$$m_{\text{пов}} = \rho_{\text{пов}} \times V_{\text{пов}}$$

$\rho_{\text{пов}}$ - густина вологого повітря в камері шафи, при температурі 40°C і відносній вологості 75%:

$$\rho_{\text{пов}} = 1,11 \text{ кг / м}^3;$$

$V_{\text{пов}}$ - обсяг повітря в камері шафи:

$$V_{\text{пов}} = 3,4 \text{ м}^3;$$

Таким чином:

$$m_{\text{пов}} = 1,11 \times 3,4 = 3,774 \text{ кг};$$

2.4.2 Тепловий потік з поверхні нагрівачів

описується за допомогою рівняння конвективної теплопередачі:

$$Q_{\text{наг}} = K_{\text{наг}} \times (T_{\text{наг}} - T_{\text{пов}}), \quad (2.11)$$

$T_{\text{наг}}$ - температура нагрівачів;

$T_{\text{пов}}$ - температура циркулюючого повітря.

$K_{\text{наг}}$ - коефіцієнт, розрахований по формулі:

$$K_{\text{наг}} = \alpha_{\text{тен}} \times S_{\text{тен}},$$

де $S_{\text{наг}}$ - площа поверхні нагрівачів:

$$S_{\text{наг}} = l_{\text{наг}} \times \pi \times d_{\text{наг}},$$

де $l_{\text{наг}} = 2 \text{ м}$ - довжина нагрівачів;

$d_{\text{наг}} = 0,008 \text{ м}$ - діаметр нагрівачів,

Звідки:

$$S_{\text{наг}} = 2 \times \pi \times 0,008 = 0,0503 \text{ м}^2;$$

$\alpha_{\text{наг}}$ - коефіцієнт тепловіддачі. Даний коефіцієнт розраховується по критеріальному рівнянню:

$$Nu = 0,238 \times Re_f^{0,6},$$

Re_f - число Рейнольдса, обчислюється:

$$Re_f = v \times d_{\text{наг}} / \nu,$$

v - швидкість потоку повітря:

$$v = 5 \text{ м / с}$$

$d_{\text{наг}}$ - діаметр нагрівачів - їх визначальний розмір:

$$d_{\text{наг}} = 0,008 \text{ м};$$

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, для повітря при температурі 40°C:

$$\nu = 16,96 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Таким чином:

$$Re_f = 5 \times 0,008 / 16,96 \times 10^{-6} = 2358,5$$

отже:

$$Nu = 0,238 \times 2358,5^{0,6} = 25,13$$

Звідки:

$$\alpha_{\text{наг}} = Nu \times \lambda / d_{\text{наг}},$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності повітря, при температурі 40°C:

$$\lambda = 2,76 \times 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К}),$$

значить:

$$\alpha_{\text{наг}} = 25,13 \times 2,76 \times 10^{-2} / 0,008 = 86,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

Таким чином:

$$K_{\text{наг}} = 86,7 \times 0,0503 = 4,358 \text{ Вт / К}$$

також

$$Q_{\text{наг}} = 4,358 \times (T_{\text{наг}} - T_{\text{пов}}). \quad (2.33)$$

При цьому, надлишки енергії нагрівачів йдуть на зміну їх температури:

$$\frac{dT_{\square_{\text{наг}}}}{dt} = \frac{P_{\square_{\text{наг}}} - Q_{\square_{\text{наг}}}}{c_{\square_{\text{наг}}} \times m_{\square_{\text{наг}}}}, \quad (2.12)$$

де dT / dt - швидкість зміни температури нагрівачів;

$P_{\text{наг}}$ - потужність нагрівачів.

$$P_{\text{наг}} = 2500 \text{ Вт}$$

$Q_{\text{наг}}$ - тепловий потік з поверхні нагрівачів;

$c_{\text{наг}}$ - теплоємність матеріалу нагрівачів, для нагрівачів виготовлених

з Кантана А-1:

$$c_{\text{наг}} = 470 \text{ Дж} / (\text{кг} \times \text{К});$$

$m_{\text{наг}}$ - маса нагрівачів:

$$m_{\text{наг}} = \rho_{\text{наг}} \times l_{\text{наг}} \times \pi \times d_{\text{наг}}^2 / 4 ,$$

де $l_{\text{наг}} = 2 \text{ м}$ - довжина нагрівачів;

$d_{\text{наг}} = 0,008 \text{ м}$ - діаметр нагрівачів,

$$\rho_{\text{наг}} = 7100 \text{ кг/м}^3;$$

Звідки:

$$m_{\text{наг}} = 7100 \times 2 \times \pi \times (0,008)^2 / 4 = 0,714 \text{ кг}.$$

2.4.3 Тепловий потік, одержуваний тістовими заготовками

Тепловий потік, одержуваний тістовими заготовками і використовуваний для їх прогрівання, може бути описаний формулою конвективного теплообміну:

$$Q_{\text{тіста}} = K_{\text{тіста}} \times (T_{\text{пов}} - T_{\text{тіста}}), \quad (2.14)$$

$$K_{\text{тіста}} = \alpha_{\text{тіста}} \times S_{\text{тіста}} ,$$

$S_{\text{тіста}}$ - площа поверхні тістових заготовок:

$$S_{\text{тіста}} = 3 \times 10 \times 0,45 \times 0,66 = 9 \text{ м}^2;$$

$\alpha_{\text{тіста}}$ - коефіцієнт тепловіддачі поверхні тістових заготовок, розраховується по експериментальній критеріальній формулі:

$$Nu = 0,216 \times Re^{0,8},$$

Re - число Рейнольдса, обчислюється за формулою:

$$Re = v \times l_{\text{тіст}} / \nu ,$$

v - швидкість потоку повітря:

$$v = 0,4 \text{ м} / \text{с}$$

$l_{\text{тіст}}$ - визначальний розмір тістових заготовок:

$$l_{\text{тіст}} = 0,25 \text{ м};$$

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, для повітря при температурі 40°C:

$$\nu = 16,96 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Таким чином:

$$Re = 0,4 \times 0,25 / 16,96 \times 10^{-6} = 5900,$$

отже:

$$Nu = 0,216 \times 5900^{0,8} = 224,46,$$

Звідки:

$$\alpha_{\text{тіста}} = Nu \times \lambda / l_{\text{тіст}},$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності повітря, при температурі 40°C:

$$\lambda = 2,76 \times 10^{-2} \text{ Вт/(м} \times \text{К)},$$

значить:

$$\alpha_{\text{тіста}} = 224,46 \times 2,76 \times 10^{-2} / 0,25 = 24,8 \text{ Вт/(м}^2 \times \text{К)}.$$

Таким чином:

$$K_{\text{тіста}} = 24,8 \times 9 = 223,2 \text{ Вт / К}$$

$$Q_{\text{тіста}} = 223,2 \times (T_{\text{пов}} - T_{\text{тіста}}), (2.34)$$

де $T_{\text{тіста}}$ - температура тістових заготовок, швидкість зміни якої, з урахуванням того, що при вистоюванні в тістових заготовках виділяється енергія $Q_{\text{тіста}}$ вид, складає:

$$\frac{dT_{\square \text{тіста}}}{dt} = \frac{Q_{\square \text{тіста}} + Q_{\text{тіста вид}}}{c_{\text{тіста}} \times m_{\square \text{тіста}}}, (2.15)$$

де $c_{\text{тіста}}$ - теплоємність тістових заготовок:

$$c_{\text{тіста}} = 3000 \text{ Дж / (кг} \times \text{К)}$$

$m_{\text{тіста}}$ - маса тістових заготовок:

$$m_{\text{тіста}} = n_{\text{тіст заг}} \times m_{\text{тіст заг}},$$

де $n_{\text{тіст заг}} = 225$ шт. - Число тістових заготовок;

$$m_{\text{тіст заг}} = 0,575 \text{ кг - маса тістової заготовки;}$$

Звідки:

$$m_{\text{тіста}} = 225 \times 0,575 = 129,4 \text{ кг,}$$

2.4.4 Тепловий потік одержуваний колисками

Аналогічно, тепловий потік, одержуваний колисками і використовується для їх прогрівання, також може бути описаний формулою конвективного теплообміну:

$$Q_{\text{кол}} = K_{\text{кол}} \times (T_{\text{пов}} - T_{\text{кол}}), (2.16)$$

$$K_{\text{кол}} = \alpha_{\text{кол}} \times S_{\text{кол}},$$

$S_{\text{кол}}$ - площа поверхні колисок:

$$S_{\text{кол}} = 3 \times (10 \times 0,45 \times 0,66 + 4 \times 4 \times 0,02 \times 1,8) = 10,5 \text{ м}^2;$$

$\alpha_{\text{кол}}$ - коефіцієнт тепловіддачі поверхні колисок, розраховується по експериментальній критеріальній формулі:

$$Nu = 0,064 \times Re^{0,8},$$

Re - число Рейнольдса, обчислюється за формулою:

$$Re = v \times l_{\text{кол}} / \nu, (2.35)$$

v - швидкість потоку повітря:

$$v = 0,4 \text{ м / с}$$

$l_{\text{кол}}$ - визначальний розмір візків:

$$l_{\text{кол}} = 0,66 \text{ м};$$

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, для повітря при температурі 40°C:

$$\nu = 16,96 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Таким чином:

$$Re = 0,4 \times 0,66 / 16,96 \times 10^{-6} = 15566,$$

отже:

$$Nu = 0,064 \times 15566^{0,8} = 144,52 ,$$

Звідки:

$$\alpha_{\text{кол}} = Nu \times \lambda / l_{\text{кол}} ,$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності повітря, при тій-температурі 40°C:

$$\lambda = 2,76 \times 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К}),$$

значить:

$$\alpha_{\text{кол}} = 144,52 \times 2,76 \times 10^{-2} / 0,66 = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

Таким чином:

$$K_{\text{кол}} = 6 \times 10,5 = 63 \text{ Вт / К}$$

$$Q_{\text{кол}} = 63 \times (T_{\text{пов}} - T_{\text{кол}}), (2.36)$$

$T_{\text{кол}}$ - температура колисок, швидкість зміни якої:

$$\frac{dT_{\square\text{КОЛ}}}{dt} = \frac{Q_{\text{КОЛ}}}{c_{\square\text{КОЛ}} \times m_{\square\text{КОЛ}}}, (2.17)$$

де $c_{\text{КОЛ}}$ - теплоємність колисок:

$$c_{\text{КОЛ}} = 500 \text{ Дж} / (\text{кг} \times \text{K});$$

$m_{\text{КОЛ}}$ - маса колисок:

$$m_{\text{КОЛ}} = 75 \text{ кг.}$$

2.4.5 Втрати теплоти через стінки шафи

Розраховуються за рівнянням теплопередачі:

$$Q_{\text{СТ}} = K_{\text{СТ}} \times (T_{\text{ПОВ}} - T_{\text{НС}}), (2.18)$$

$T_{\text{НС}}$ - температура навколишнього середовища.

$$K_{\text{СТ}} = k_{\text{СТ}} \times S_{\text{СТ}},$$

$S_{\text{СТ}}$ - площа стінок камери шафи:

$$S_{\text{СТ}} = (1,85 \times (1,8 + 0,7) + 1,8 \times 0,7) \times 2 = 11,77 \text{ м}^2;$$

$k_{\text{СТ}}$ - коефіцієнт теплопередачі через стінки:

$$k_{\square} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{2\delta_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}} + \frac{\delta_{\text{ІЗОЛ}}}{\lambda_{\text{ІЗОЛ}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, (2.37)$$

де $\delta_{\text{СТ}}$ - товщина стали стінок шафи:

$$\delta_{\text{СТ}} = 0,001 \text{ м};$$

$\delta_{\text{ІЗОЛ}}$ - товщина ізоляції:

$$\delta_{\text{ІЗОЛ}} = 0,03 \text{ м};$$

$\lambda_{\text{СТ}}$ - коефіцієнт теплопровідності сталевих стінок шафи:

$$\lambda_{\text{СТ}} = 45 \text{ Вт} / (\text{м} \times \text{K});$$

$\lambda_{\text{ІЗОЛ}}$ - коефіцієнт теплопровідності ізоляції:

$$\lambda_{\text{ІЗОЛ}} = 0,1 \text{ Вт} / (\text{м} \times \text{K});$$

α_1 - загальний коефіцієнт тепловіддачі до внутрішньої поверхні стінок шафи;

α_2 - загальний коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінок шафи.

Загальні коефіцієнти тепловіддачі методично оцінюються однаково - як сума коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією ($\alpha_{\text{кон}}$) та випромінюванням ($\alpha_{\text{вип}}$),

$$\alpha_{\text{заг}} = \alpha_{\text{кон}} + \alpha_{\text{вип}}, \quad (2.5)$$

де перша складова:

$$\alpha_{\text{кон}} = \text{Nu} \times \lambda / h_{\text{ст}},$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності повітря;

$h_{\text{ст}}$ - визначальний розмір стінок камери шафи - їх висота:

$$h_{\text{ст}} = 3.565 \text{ м};$$

Nu - коефіцієнт подібності Нуссельта:

Для обтікання газами вертикальних поверхонь:

$$\text{Nu} = 0,15 \times (\text{Gr}_{\text{пов}} \times \text{Pr}_{\text{пов}})^{1/3},$$

де Pr - число Прандтля характеризує собою властивості середовища;

$$\text{Gr} = \beta \times g \times h_{\text{ст}}^3 \times \Delta t / \nu^2 - \text{число Грасгофа},$$

де g - прискорення вільного падіння;

Δt - температурний перепад між середовищем і обтікаємою поверхнею;

β - функція, що зв'язує зміну густини середовища з температурою. Для газів можна прийняти:

$$\beta = 1 / T;$$

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості середовища.

друга складова загального коефіцієнта тепловіддачі:

$$\alpha_{\text{вип}} = \delta_{\text{ст}} \times \varepsilon_{\text{ст}} \times \left[\left(\frac{T_{\text{ст}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{нс}}}{100} \right)^4 \right] / (T_{\text{ст}} - T_{\text{нс}}), \quad (2.38)$$

де $\varepsilon_{\text{ст}}$ - ступінь чорноти стінок: $\varepsilon_{\text{ст}} = 0,9$;

$T_{\text{ст}}$ - температура стінок, °C

$\delta_{\text{ст}}$ - постійна Стефана-Больцмана: $\delta_{\text{ст}} = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{K}^4)$.

Виходячи з того, що температура на внутрішній і зовнішній поверхні стінок шафи є невідомою величиною, приймаємо в першому наближенні:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 10 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{K});$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі через стінки шафи складе:

$$k_{\square} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{2 \times 0,001}{45} + \frac{0,03}{0,1} + \frac{1}{10}} = 2 \frac{Bm_{\square}}{(m^2 \times K)} \quad (2.39)$$

звідки

$$Q_{ст} = 2 \times (40 - 20) \times 11,77 = 470,8 \text{ Вт.}$$

При цих даних температура на внутрішній поверхні стінок камери шафи складе

$$T'_{вн} = T_{ст} - \frac{Q_{ст\square}}{S_{\square} \times \alpha_1} = 40 - \frac{470,8}{11,77 \times 10} = 40 - 4 = 36 \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad (2.40)$$

аналогічно, на зовнішній поверхні

$$T''_{зов\square} = T_{ст} + \frac{Q_{ст\square}}{S_{\square} \times \alpha_2} = 20 + \frac{470,8}{11,77 \times 10} = 20 + 4 = 24^{\circ}\text{C}, \quad (2.41)$$

У другому наближенні:

Для внутрішньої поверхні стінок:

$$Pr_1 = 0,699 \text{ (при } T = 40^{\circ}\text{C)}$$

З огляду на, що при $T = 40^{\circ}\text{C}$

$$\nu_{пов} = 16,96 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с},$$

отримаємо:

$$Gr_1 = \frac{g \times (T - T'_{вн}) \times h_{\square}^3}{T_{пов} \times \nu_{пов}^2} = \frac{9,81 \times (40 - 36) \times 3,358^3}{(40 + 273) \times (16,96 \times 10^{-6})^2} = 2,7596 \times 10^9 \quad (2.42)$$

тоді:

$$Nu_1 = 0,15 \times (Gr_1 \times Pr_1)^{1/3} = 0,15 \times (2,7596 \times 10^9 \times 0,699)^{1/3} = 186,724$$

Звідки, враховуючи, що при $T = 40^{\circ}\text{C}$

$$\lambda_{пов} = 2,756 \times 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К}),$$

отримаємо

$$\alpha_{кон1} = Nu_1 \times \lambda_{пов} / h_{ст} = 186,724 \times 2,76 \times 10^{-2} / 3,358 = 2,79 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$$

Значення коефіцієнта тепловіддачі випромінюванням:

$$\alpha_{вип1} = \frac{5,67 \times 0,9 \times \left[\left(\frac{313}{100} \right)^4 - \left(\frac{309}{100} \right)^4 \right]}{40 - 36} = 6,14 \frac{Bm_{\square}}{(m^2 \times K)}. \quad (2.43)$$

Отже, загальний коефіцієнт тепловіддачі до внутрішньої поверхні стінок шафи становить

$$\alpha_1 = \alpha_{\text{кон1}} + \alpha_{\text{вип1}} = 2,79 + 6,14 = 8,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

Аналогічно, для зовнішньої поверхні стінок шафи:

$$\text{Pr}_1 = 0,703 \text{ (при } T = 20^\circ \text{ C)}$$

З огляду на, що при $T = 20^\circ \text{ C}$

$$\nu_{\text{пов}} = 15,06 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с},$$

отримаємо:

$$\text{Gr}_2 = \frac{g \times (T_{\text{зн}} - T) \times h_{\text{ш}}^3}{T_{\text{пов}} \times \nu_{\text{пов}}^2} = \frac{9,81 \times (24 - 20) \times 3,358^3}{(20 + 273) \times (15,06 \times 10^{-6})^2} = 3,7388 \times 10^9$$

тоді:

$$\text{Nu}_2 = 0,15 \times (\text{Gr}_2 \times \text{Pr}_2)^{1/3} = 0,15 \times (3,7388 \times 10^9 \times 0,703)^{1/3} = 207$$

Звідки, враховуючи, що при $T = 20^\circ \text{ C}$

$$\lambda_{\text{пов}} = 2,59 \times 10^{-2} \text{ Вт} / (\text{м} \times \text{К}),$$

отримаємо

$$\alpha_{\text{кон2}} = \text{Nu}_2 \times \lambda_{\text{пов}} / h_{\text{ст}} = 207 \times 2,59 \times 10^{-2} / 3,358 = 2,898 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$$

Значення коефіцієнта тепловіддачі випромінюванням:

$$\alpha_{\text{вип2}} = \frac{5,67 \times 0,9 \times \left[\left(\frac{297}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right]}{24 - 20} = 5,24 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \times \text{К})} \quad (2.44)$$

Отже, загальний коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої по-поверхні стінок шафи становить

$$\alpha_2 = \alpha_{\text{кон2}} + \alpha_{\text{вип2}} = 2,898 + 5,24 = 8,14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі через стінки шафи в другому наближенні складе:

$$k_{\text{ш}} = \frac{1}{\frac{1}{8,93} + \frac{2 \times 0,001}{45} + \frac{0,03}{0,1} + \frac{1}{8,14}} = 1,87 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \times \text{К})} \quad (2.45)$$

звідки втрати теплоти через стінки шафи:

$$Q_{\text{ст}} = 1,87 \times (40 - 20) \times 11,77 = 440,2 \text{ Вт}.$$

При цих даних температура на внутрішній поверхні стінок камери шафи вистоювання складе:

$$T'_{вн\Box} = T_{пов} - \frac{Q_{см\Box}}{S_{-\Box} \times \alpha_1} = 40 - \frac{440,2}{11,77 \times 8,93} = 35,8C^0, \quad (2.40)$$

аналогічно, на зовнішній поверхні

$$T''_{зн\Box} = T_{пов} + \frac{Q_{-\Box}}{S_{-\Box} \times \alpha_2} = 20 + \frac{440,2}{11,77 \times 8,14} = 24,6^0 C, \quad (2.41)$$

Ступінь розбіжності між першим і другим наближеннями для кожної з цих температур:

$$\delta_T = 100 \times (36 - 35,8) / 36 = 0,6\%;$$

$$\delta_T = 100 \times (24,6 - 24) / 24 = 2,6\%.$$

Це допустимо. У зв'язку з цим результати другого наближення приймаємо за остаточні.

Для них виконаємо перевірку на наявність або відсутність конденсації пара з парогазового середовища на внутрішній поверхні стінок шафи вистоювання. Щоб уникнути небажаної конденсації пари необхідно, щоб температура на внутрішній поверхні стінок $T'_{ст}$ перевищувала температуру точки роси T_p :

$$T'_{ст} > T_p.$$

Для оптимальних (розрахункових параметрів) вистоювання - температури парогазового середовища $40^{\circ}C$ і відносній вологості 75%, згідно з даними таблиць, температура точки роси

$$T_p = 34,5^{\circ}C.$$

Звідси випливає, що в нашому випадку конденсація пари на внутрішньою поверхні стінок в сталому режимі роботи шафи вистоювання відсутня.

Остаточна формула втрати теплоти через стінки шафи, з урахуванням того що $K_{ст} = k_{ст} \times S_{ст} = 1,87 \times 11,77 = 22 \text{ Вт/гр}$,

запишеться як
$$Q_{ст} = 22 \times (T_{пов} - T_{нс}), \quad (2.46)$$

де $T_{нс}$ - температура навколишнього середовища.

3. Використання методики імітаційного комп'ютерного моделювання процесів в шафах вистоювання.

3.1 Опис можливостей CFD

Можливості моделювання:

3D стаціонарні / нестаціонарні стискувані / слабостискуючі / нестискувані потоки рідини.

- Ламінарні або турбулентні потоки.
- Моделі турбулентності:
 - К-е - подібні моделі,
 - К-ω - подібна SST модель,
 - Модель Spalart-Allmaras.
- Перенесення скалярних величин і їх флуктуацій.
- Вільні поверхні.
- Горіння попередньо перемішаних / неперемішаних газових сумішей.
- Сполучений тепло- масо перенос.
- Граничні умови на стінці:

Прослизання / Прилипання.

Статечної і логарифмічний закони для турбулентних течій.

Адіабатичні / ізотермічні / тепловий потік / теплообмін / пов'язаний теплообмін.

- Граничні умови, що залежать від часу.
- Періодичні та пов'язані граничні умови.
- Змінна сітка.

Метод рішення:

- Звичайно-об'ємний метод.
- Явний і неявний методи.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доламакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Використання методики імітаційного моделювання	22214.1.KP.12.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/	

Неявний алгоритм розщеплення для вирішення рівняння Нав'є-Стокса.

Схема розрахунку рівнянь переносу підвищеної точності.

Рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь методами:

Сполученого градієнта з використанням неповного розкладання Холеского.

- Модифікований метод поточної верхньої релаксації.

Постпроцесор:

- Вектори на площині або поверхні.
- Ізолінії або тонова заливка на площині або поверхні.
- Відрізати або напівпрозорі поверхні.
- Анімація руху маркерів.
- Інтегрування параметрів течії рідини по перетину і по поверхні.
- Локальні характеристики.

3.2 Основні моделі руху рідини і газу, наявні в CFD

Тепломассоперенос в твердій фазі

Ламінарний нестисливий потік

Турбулентний нестисливий потік

Турбулентний слабостискаємий потік

Турбулентний стискаємий потік

Двофазний потік з вільною поверхнею

Потік з горінням

3.3 Нестислива рідина

Для опису процесів в шафі вистоювання оберемо параметри нестисливої рідини.

Дана модель описує течії в'язкої рідини / газу при малих числах Маха ($M < 0.3$), малих і великих (турбулентних) числах Рейнольдса. Допускаються малі зміни щільності, що дозволяє природним чином врахувати підйомну силу. У модель входять рівняння Нав'є-Стокса, енергії і рівняння конвективно-дифузійного переносу концентрації домішки.

У моделі присутні наступні рівняння:

Рівняння Нав'є-Стокса:

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V} \otimes \mathbf{V}) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla \left((\mu + \mu_t) (\nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T) \right) + \mathbf{S} \quad (3.1)$$

$$\nabla \mathbf{V} = 0, \quad (3.2)$$

Де $\mathbf{S}$ дорівнює :

$$\mathbf{S} = \left(1 - \frac{\rho_{hyd}}{\rho} \right) \mathbf{g} + \mathbf{B} + \frac{\mathbf{R}}{\rho} \quad (3.3)$$

В обертовій системі координат сили обертання (Коріоліса і відцентрова) мають вигляд:

$$\mathbf{B} = -2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{V} - \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}. \quad (3.4)$$

Рівняння енергії :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V}h) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + \frac{Q}{\rho} \quad (3.5)$$

Модель масопереноса

$$\frac{\partial g}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{V}g) = \frac{1}{\rho} \nabla(\mu_t \nabla g) + Q_g$$

3.4 Створення графічної моделі та задання її граничних умов

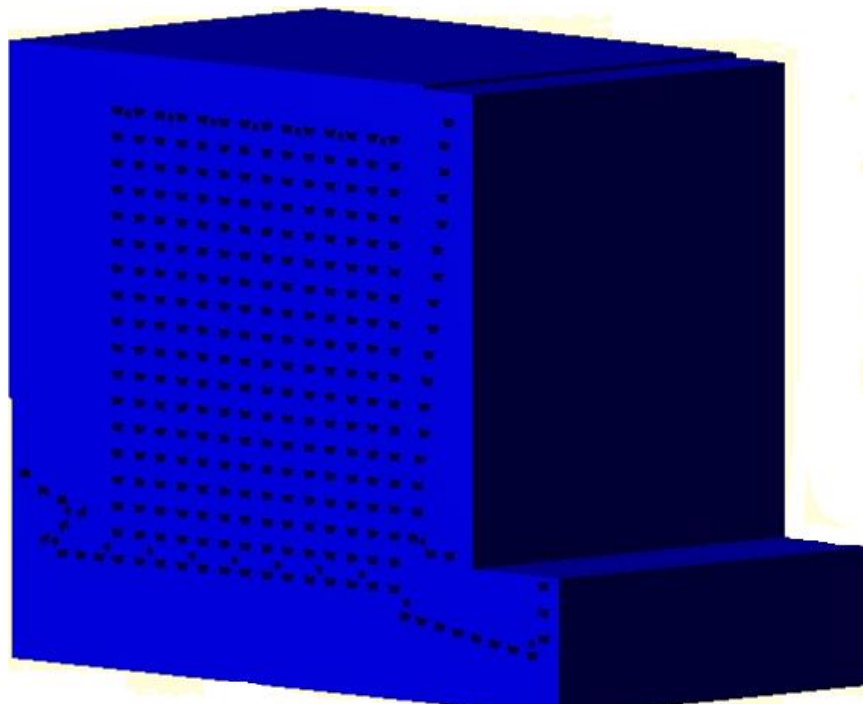


Рис 3.1 Геометрична модель Шафи вистоявання РШВ

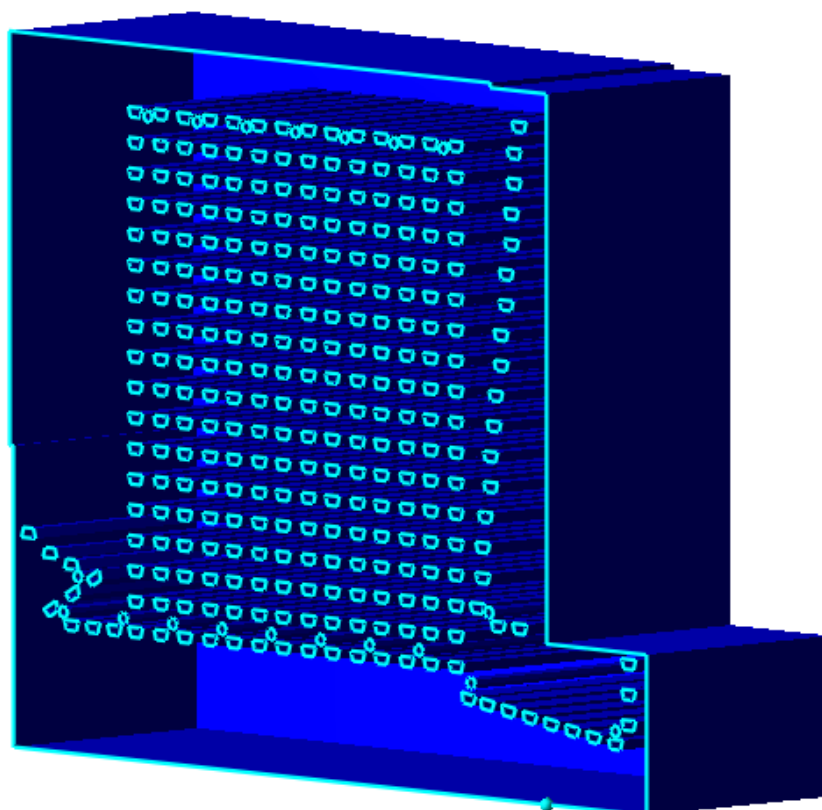


Рис 3.2 Геометрична модель шафи вистоювання РШВ в розрізі

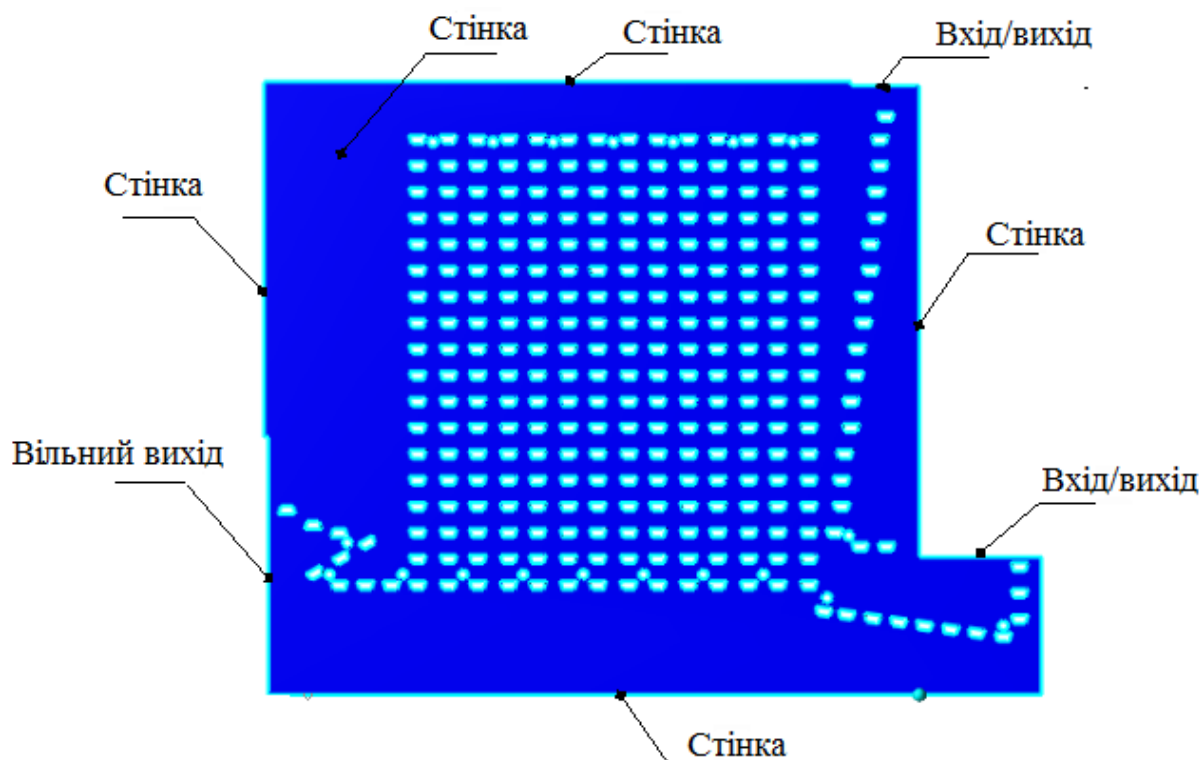


Рис 3.3 Задання граничних умов «Стінка» тривимірні моделі шафа вистоювання РШВ

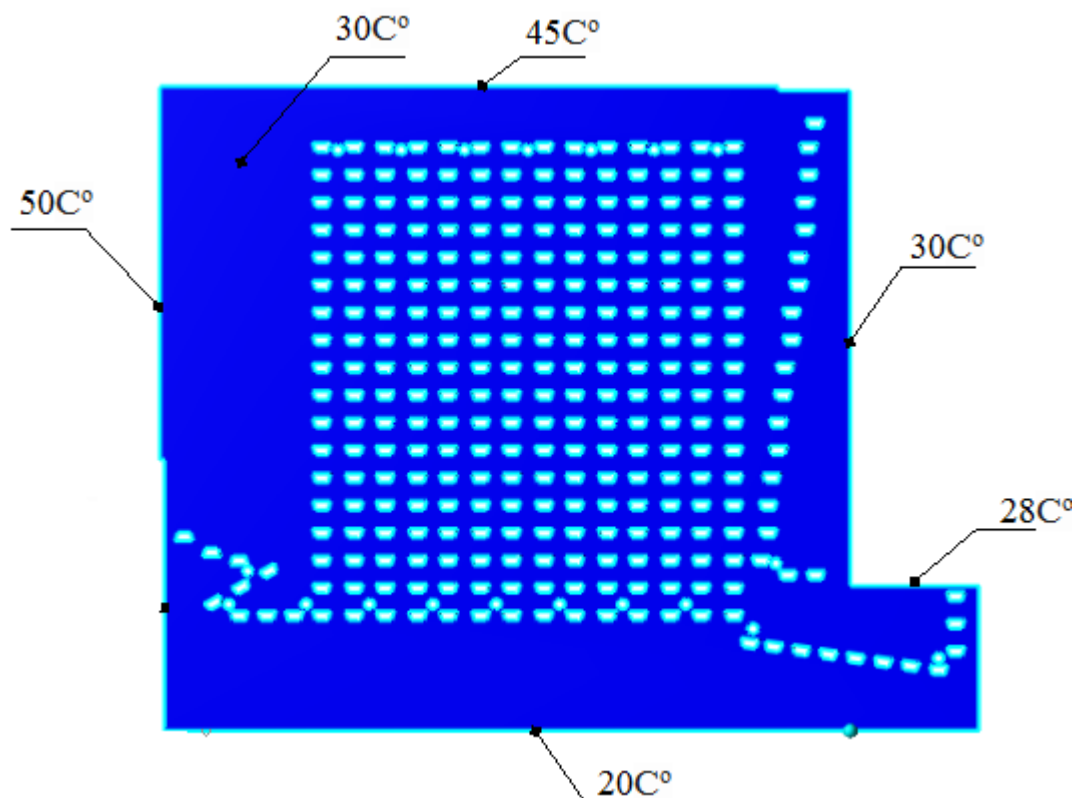


Рис 3.4 Задання граничних умов по температурі в шафі вистоювання РШВ

Граничні умови шафи вистоювання РШВ задані у вигляді стінок та температур. Граничні умови задані як для шаф вистоювання РШВ так і для шаф вистоювання Gostol.

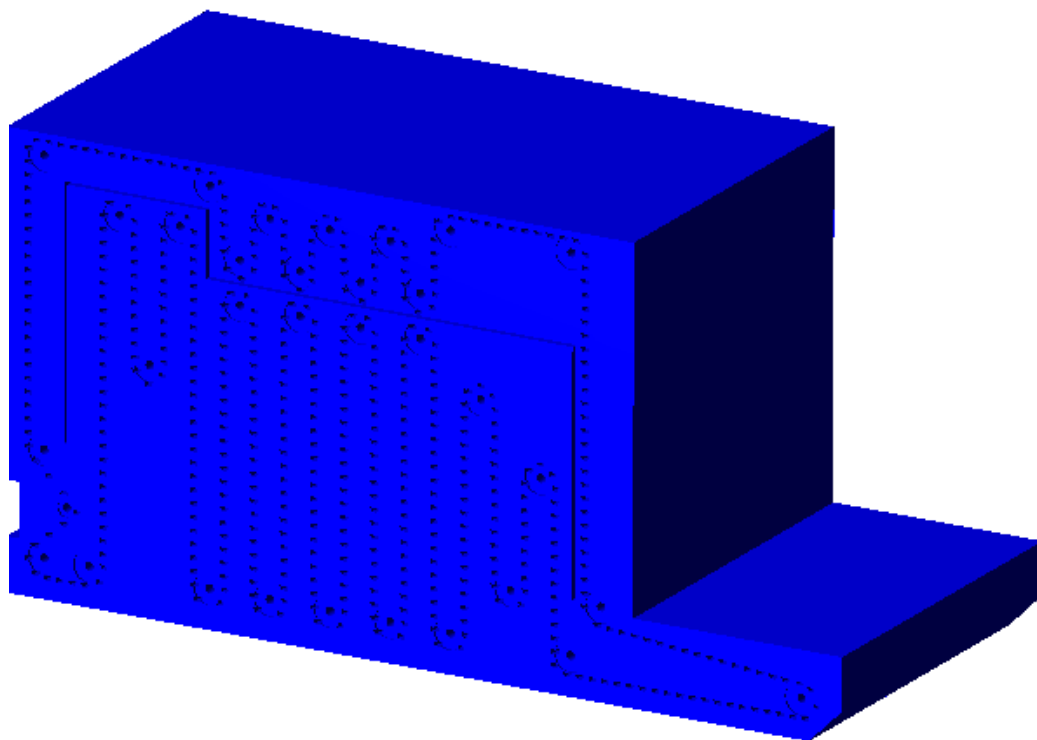


Рис 3.5 Геометрична модель Шафи вистоювання Gostol.

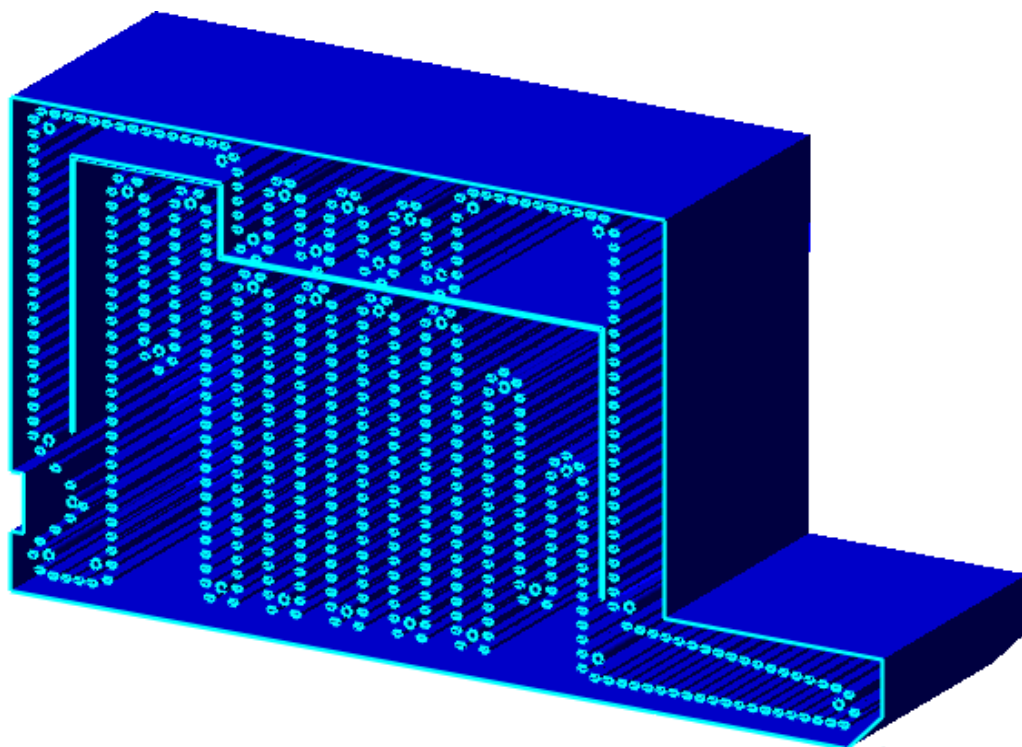


Рис 3.6 Геометрична модель Шафи вистоювання Gostol.

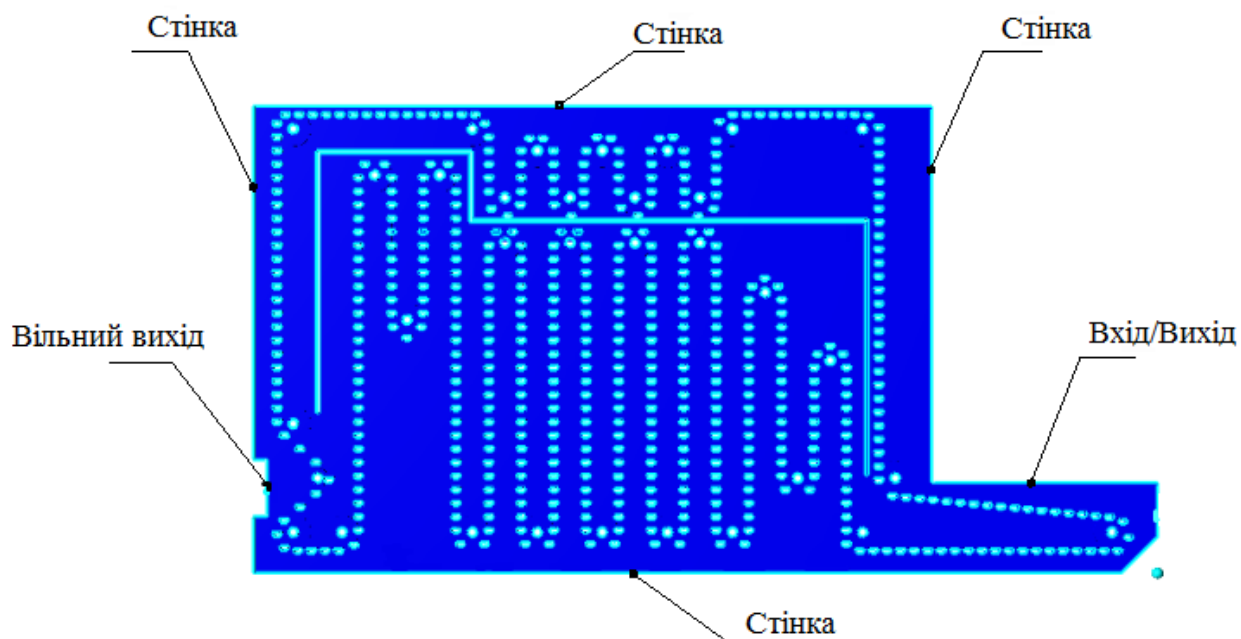


Рис 3.7 Задання граничних умов «Стінка» тривимірні моделі шафа вистоювання Gostol

4. Результати моделювання процесів шафх вистоювання

4.1 Створення тривимірних моделей шафх вистоювання РШВ до модернізації

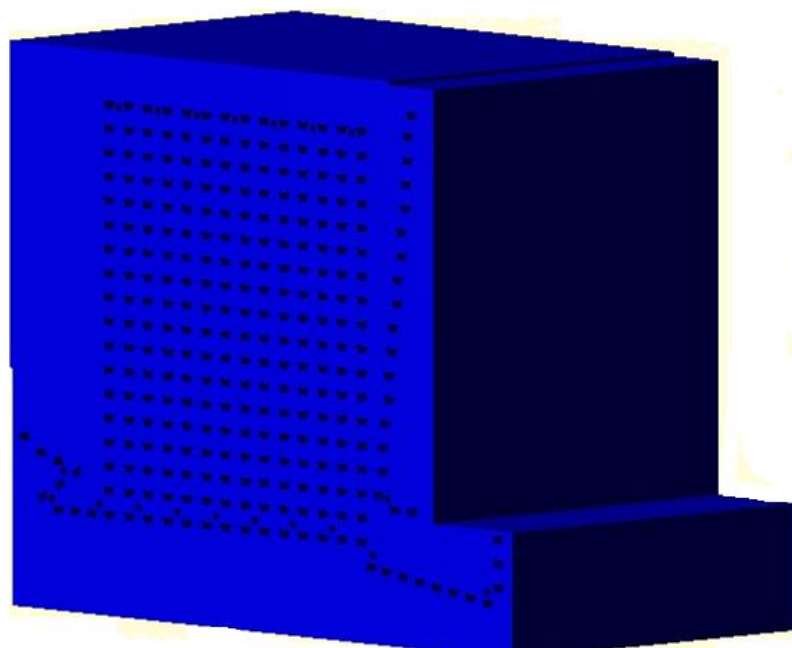


Рис 4.1 Геометрична модель Шафи вистоювання РШВ (до модернізації)

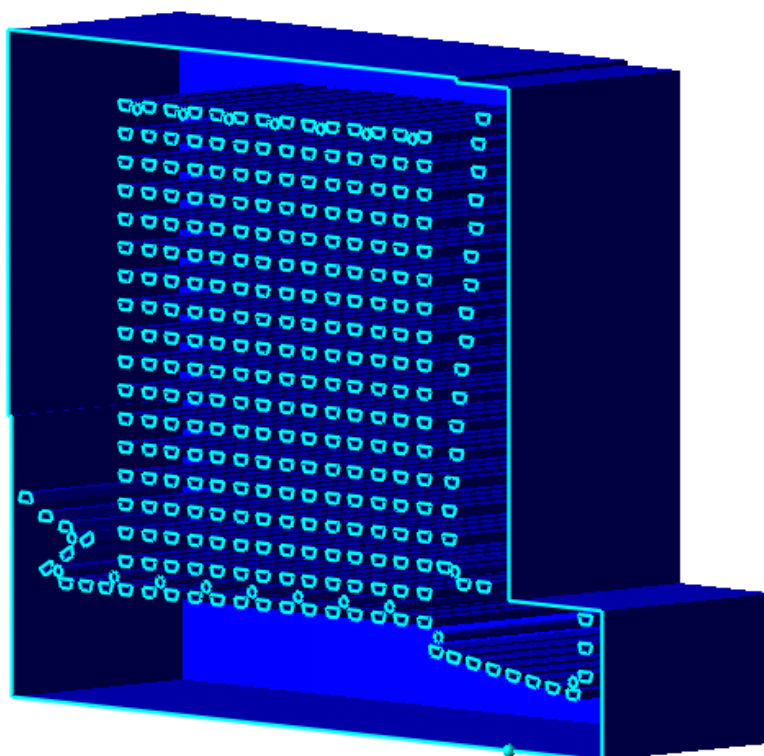


Рис 4.2 Геометрична модель шафи вистоювання РШВ в розрізі (до модернізації)

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доламакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа МАХФВ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Результати моделювання процесів шафх вистоювання		22214.1.KP.12.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/

4.2 Конвективні процеси в шафі вистоювання РШВ до модернізації

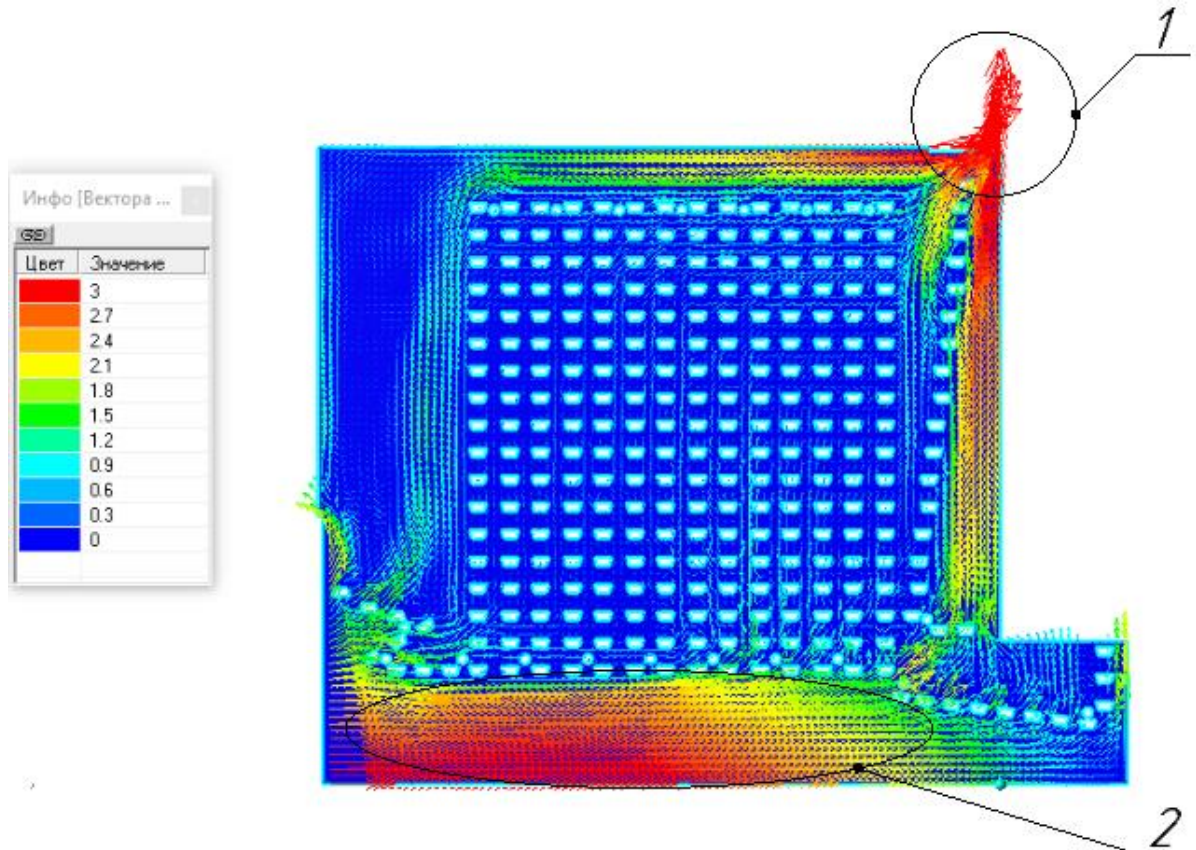


Рис.4.3 Розподіл швидкості повітря в шафі вистоювання РШВ (до модернізації)

На рис. 4.3 наведені траєкторії руху повітря в середині шафи. Технологічний отвір 1 та проблемна зона 2 утворюють взаємопов'язану систему утворення сталого конвективного руху повітря.

Вхід повітря в шафу здійснюється в нижній частині біля технологічного отвору (пересадка тістових заготовок в піч).

Біля торцевої стінки з боку печі та збоку посадчика утворюються стабільні вертикальні потоки нагрітого повітря.

Під стелею шафи та внизу горизонтальні потоки нагрітого повітря рух яких здійснюється в напрямку відкритого проєму.

Наявність отвору в стелі шафи є визначальною причиною активної конвекції.

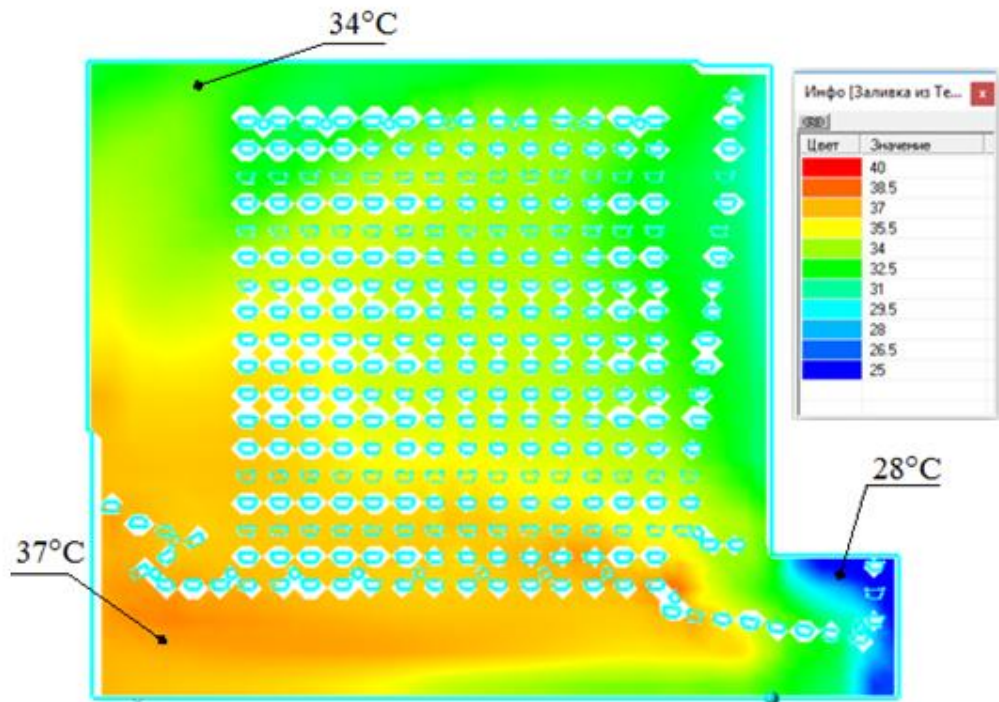


Рис.4.4. Розподіл температури повітря в шафі вистоювання РШВ (до модернізації)

В результаті моделювання розподілу температури повітря в шафі вистоювання РШВ відмічено великий перепад температур в робочій камері шафи як по висоті шафи вистоювання так і за рахунок розміщення шафи вистоювання близько біля пекарної камери.

З рис видно, що перепад температур сягає близько 9 С°. Температура розподіляється не рівномірно по шафі вистоювання, що є негативним фактором для процесу вистоювання і якості вистоювання тістових заготовок.

З розподілу температури повітря ми бачимо, що більш нагріте повітря потрапляє в шафу вистоювання через вікно пересадки тістових заготовок.

Біля торцевої стінки з боку посадчика тістових заготовок вгорі спостерігається значне зменшення температури яке спричинено технологічним отвором для виходу холостої гілки ланцюгового конвеєра.

Також значне зменшення температури є і в самому посадчику тістових заготовок. Тепле повітря циркулює тільки внизу шафи вистоювання температура зменшується з висотою шафи вистоювання.

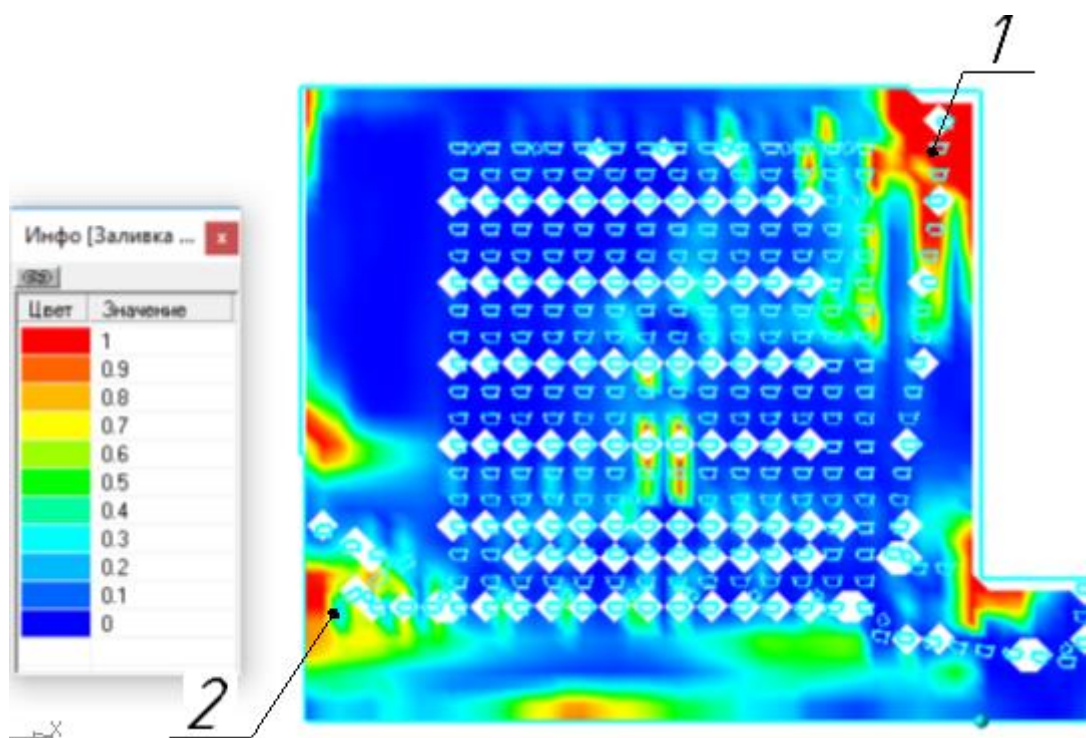


*Рис.4.5 Дисипаційні процеси в шафі вистоювання РШВ
(до модернізації)*

В результаті моделювання виявлено зони виникнення дисипаційних процесів.

В зоні 1 дисипацій процеси значні це зумовлено завихренням повітря при виході його з робочої камери шафи вистоювання на зовні.

Дисипаційні процеси показують перехід потенціальної енергії в кінетичну за рахунок перепаду температури та швидкостей в середині шафи вистоювання. В зоні 2 дисипаційні процеси утворені попаданням повітря з робочої камери хлібопекарської печі в шафу вистоювання. З рисунка видно, що в шафі наявні декілька областей з відмінними дисипаційними характеристиками, тобто відсутня стабільність умов процесу вистоювання.

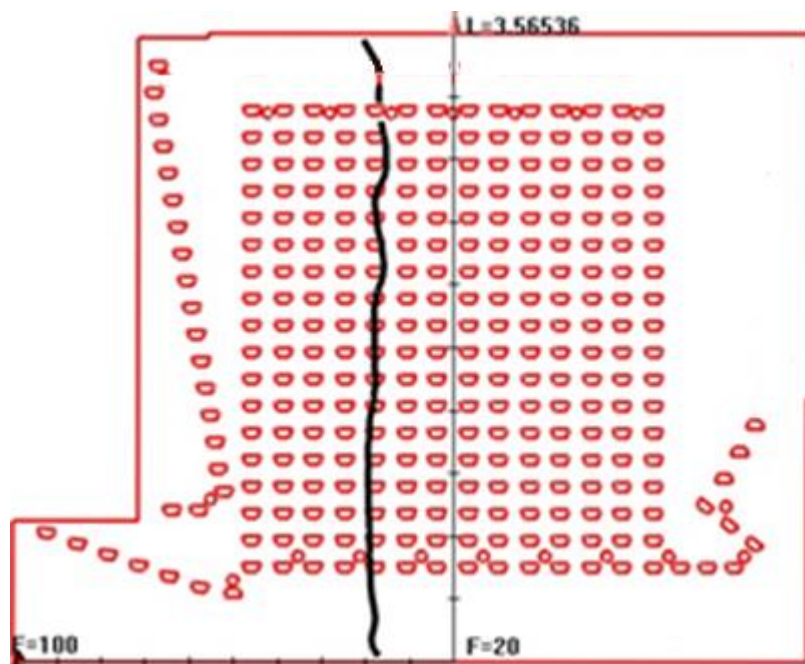


Рис. 4.6 Графік коливання температури повітря по висоті шафи вистоювання РШВ (до модернізації)

На графіку зображений розподіл температури по висоті шафи вистоювання. Лінія має незначні відхилення вгорі це зумовлене не рівномірним розподіленням температури по висоті шафи вистоювання.

Якщо аналізувати перепад температур повітря всередині шафи, то також можна помітити, що при вертикальному русі колисок вони періодично попадають в області підвищеної та зниженої температури.

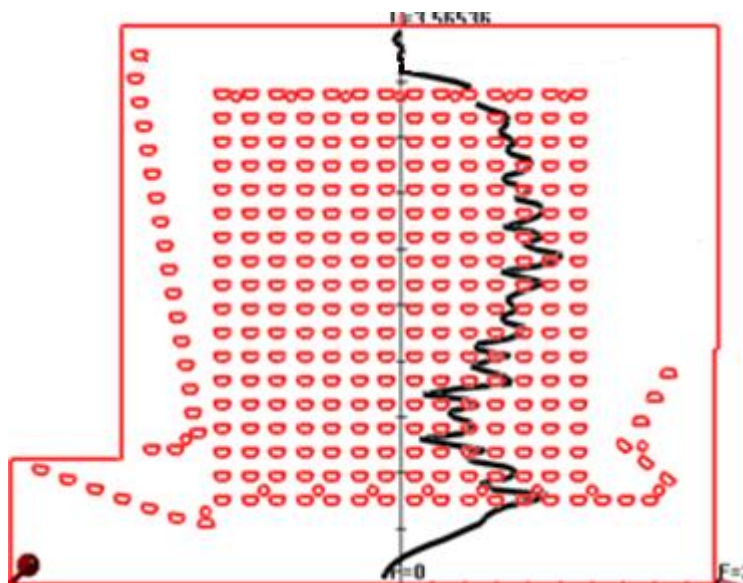


Рис 4.7 Графік коливання швидкості руху повітря по висоті шафи вистоювання РШВ (до модернізації)

На графіку зображено коливання швидкості руху повітря по висоті шафи. Зображені дуже значні відхилення, зумовлені високими швидкостями повітря в середині робочої камери.

Також видно, що колиски з тістовими заготовками під час перебування в шафі обдуваються з боків повітрям різної швидкості та температури. Такі умови негативно впливають на рівномірність умов вистоювання.

4.3 Створення тривимірних моделей шаф вистоювання РШВ після модернізації

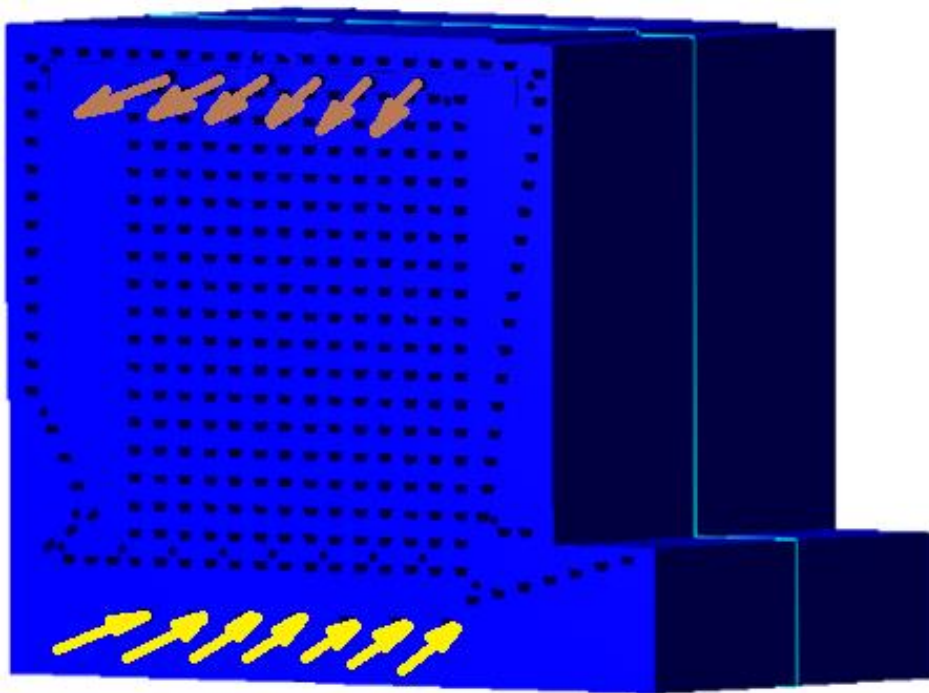


Рис 4.8 Геометрична модель Шафи вистоювання РШВ (після модернізації)

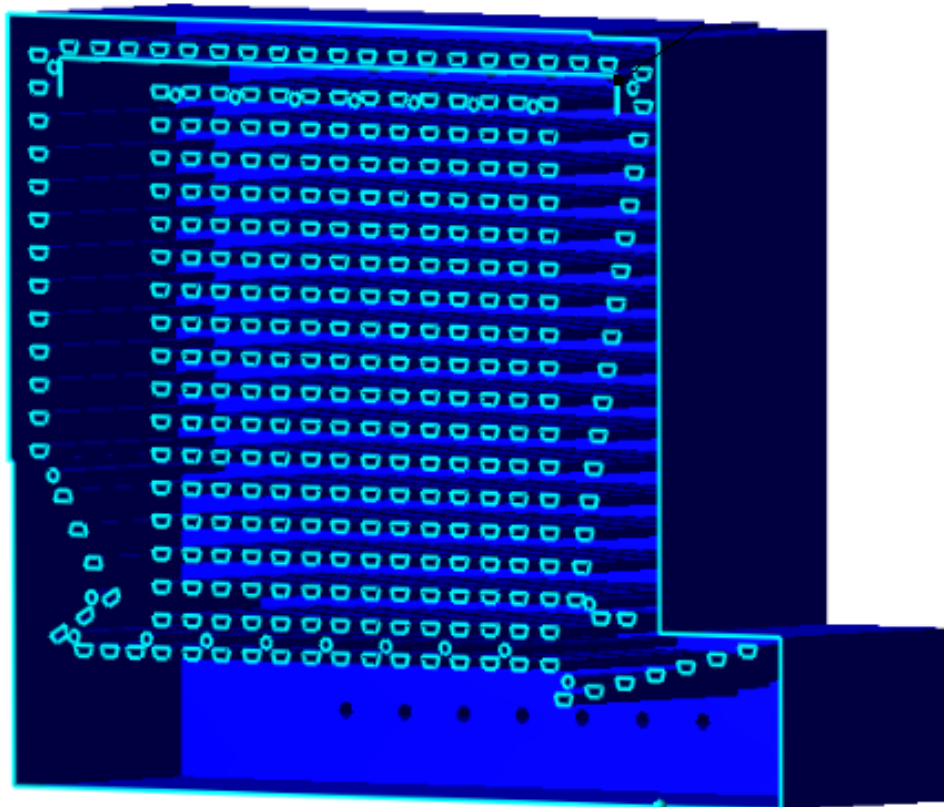


Рис 4.9 Геометрична модель Шкафи вистоювання РШВ в розрізі (після модернізації)

4.4 Конвективні процеси в шафі вистоювання РШВ після модернізації

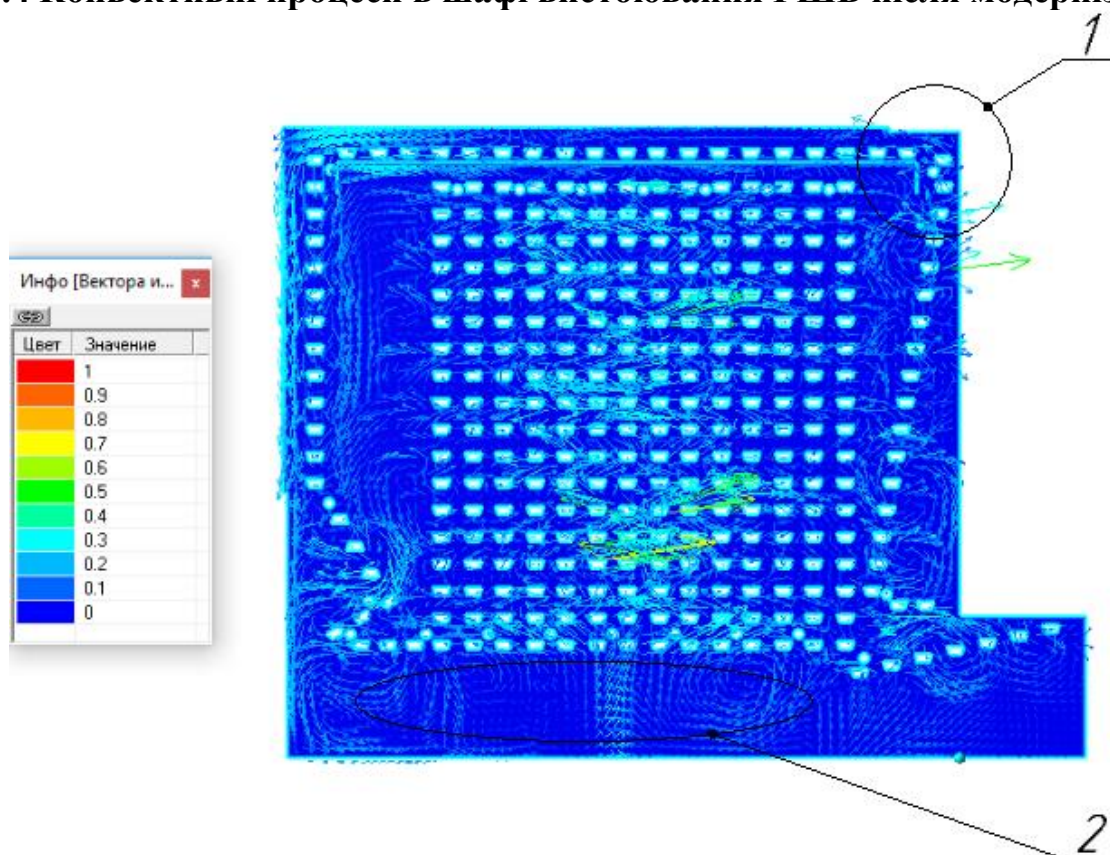


Рис.4.10 Розподіл швидкості повітря в шафі вистоювання РШВ (після модернізації)

На рис. 4.10 наведені траєкторії руху повітря в середині шафи вистоювання після модернізації. Технологічний отвір 1 було закрито. З рисунку видно що швидкість руху повітря значно зменшилася.

Вхід повітря в шафу здійснюється в нижній частині біля технологічного отвору (пересадка тістових заготовок в піч) зі з меншою швидкістю ніж до модернізації .

Явні вертикальні потоки повітря біля стінок біля посадчика тістових заготовок та технологічного отвору входу з хлібопекарської печі тепла зникли.

Під стелею шафи в зоні підсушення колисок горизонтальні потоки нагрітого повітря рух яких здійснюється в напрямку відкритого проєму значно зменшилися.

В зоні 2 рух гарячого повітря зменшився, а також рухається не в горизонтальному напрямку, що покращує робоче середовище шафи вистоювання і якісно впливає на процес вистоювання тістових заготовок.

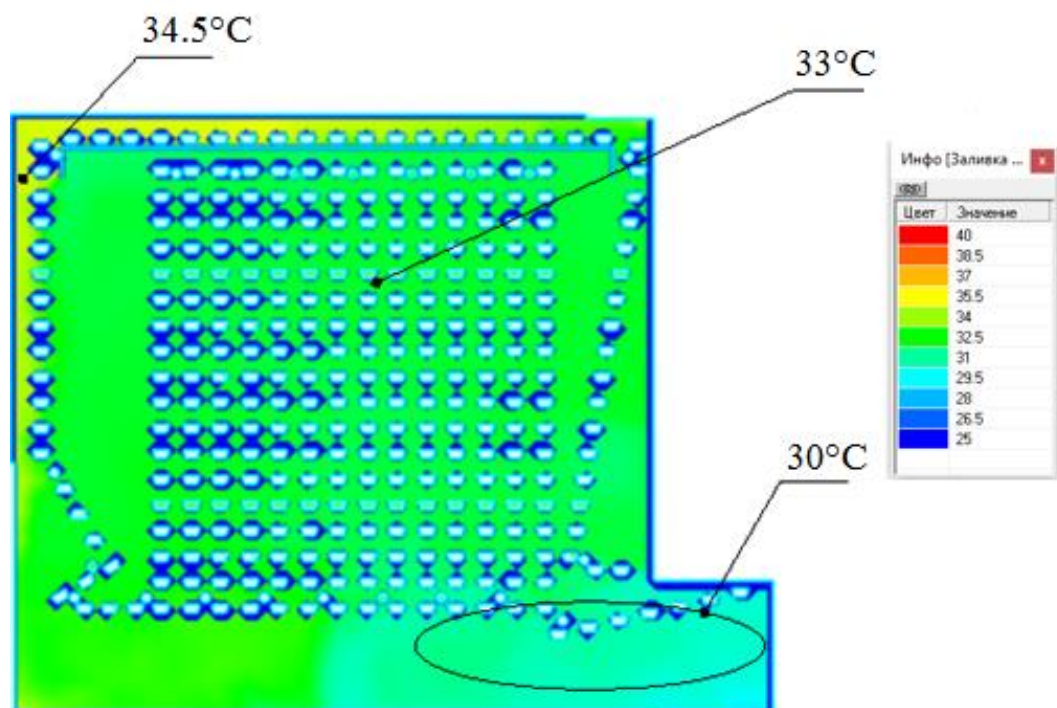


Рис.4.11 Розподіл температури повітря в шафі вистоювання РШВ (після модернізації)

В результаті моделювання розподілу температури повітря в шафі вистоювання РШВ після модернізації розподіл температури значно покращився і став рівномірним по робочому об'єму шафи вистоювання.

З рис видно, що перепад температур зменшився 9°C до 4.5°C .

З розподілу температури повітря ми бачимо, що температура в робочій зоні тримається стало на 33°C .

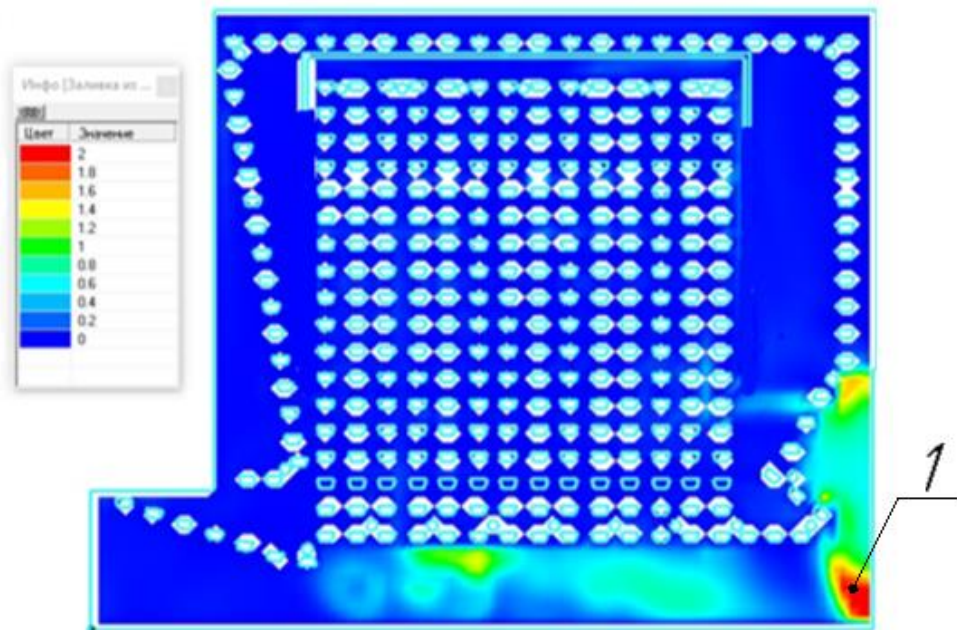


Рис.4.12 Дисипаційні процеси в шафі вистоювання РШВ (після модернізації)

В результаті моделювання виявлено зони виникнення дисипаційних процесів. В зоні 1 після модернізації дисипацій процеси зменшилися як і зменшилося завихренням повітря при попаданні його з хлібопекарської печі в шафу вистоювання.

Після усунення технологічного отвору в духу шафи вистоювання дисипаційні процеси в місці отвору зникли.

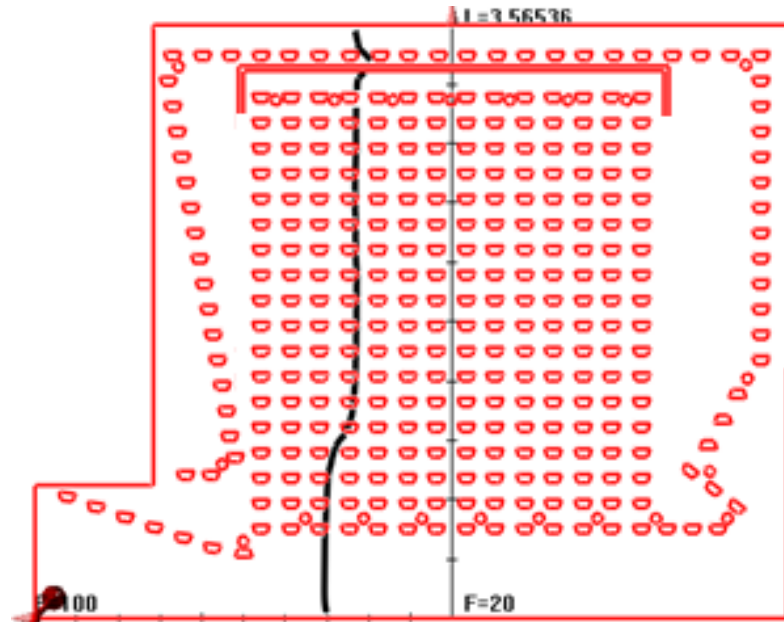


Рис. 4.13 Графік коливання температури повітря по висоті шафи вистоювання РШВ (після модернізації)

На графіку зображений розподіл температури по висоті шафи вистоювання після модернізації.

Якщо аналізувати перепад температур повітря всередині шафи, то також можна помітити, що при вертикальному русі коликоск вони практично не попадають в області підвищеної та зниженої температури, а рухаються в зоні сталого значення температури.

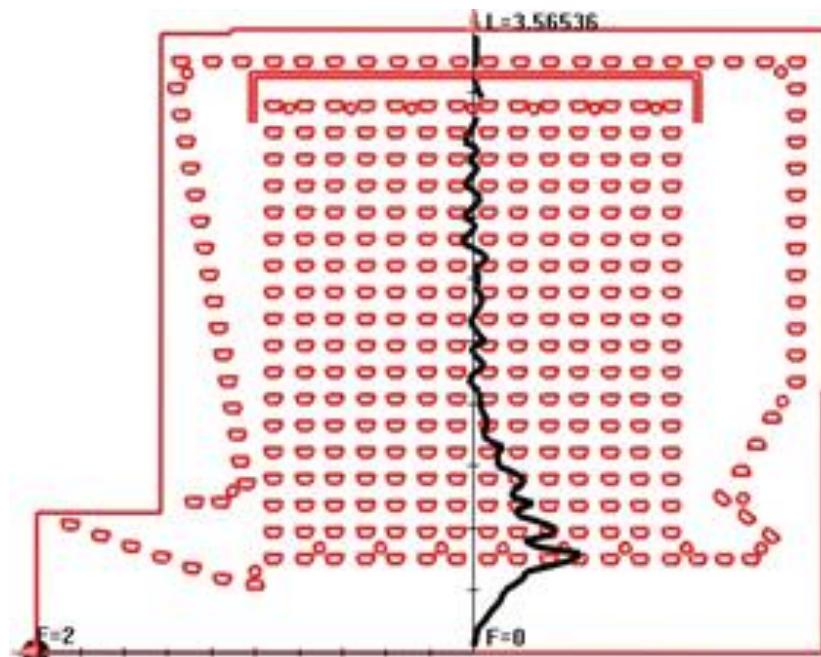


Рис 4.14 Графік коливання швидкості руху повітря по висоті шафи вистоювання РШВ (після модернізації)

На графіку зображено коливання швидкості руху повітря по висоті шафи.

З рисунка видно, що швидкість повітря по висоті розподілу спочатку зростає потім з висотою зменшується.

Зростання швидкості внизу спричинене подачею зволоженого повітря через рециркуляційну установку, колиски не попадають в високі конвективні потоки в середині шафи вистоювання, що зменшує підсушення тістових заготовок в шафі вистоювання.

Також видно, що колиски з тістовими заготовками під час перебування в шафі обдуваються з боків повітрям однакової швидкості та температури. Такі умови позитивно впливають на рівномірність умов вистоювання.

4.5 Створення тривимірних моделей шаф вистоювання Gostol до модернізації

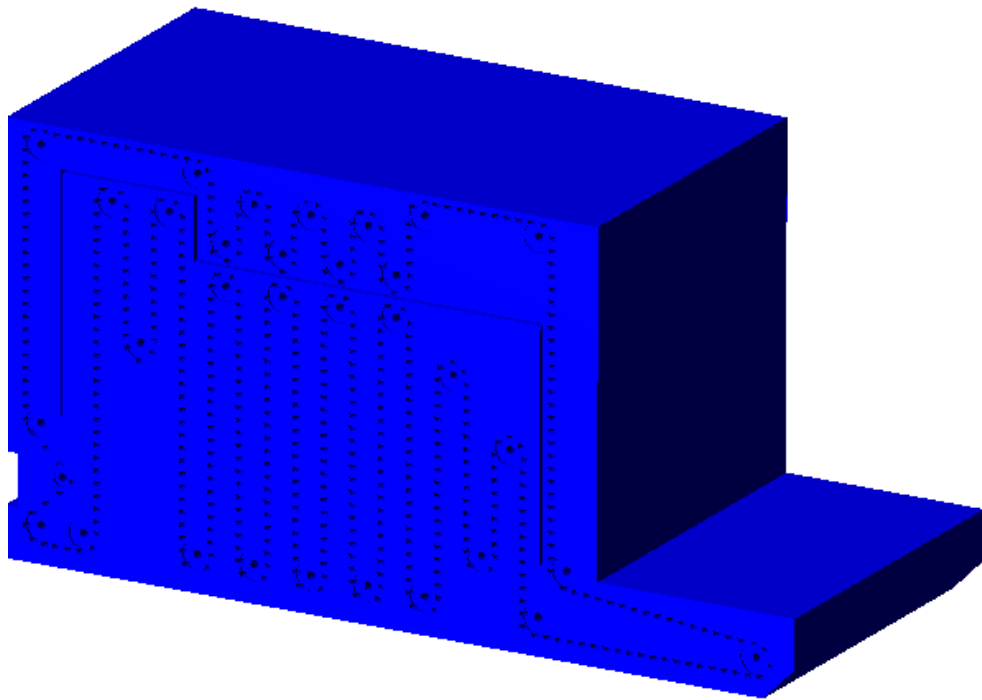


Рис 4.15 Геометрична модель Шафи вистоювання Gostol (до модернізації)

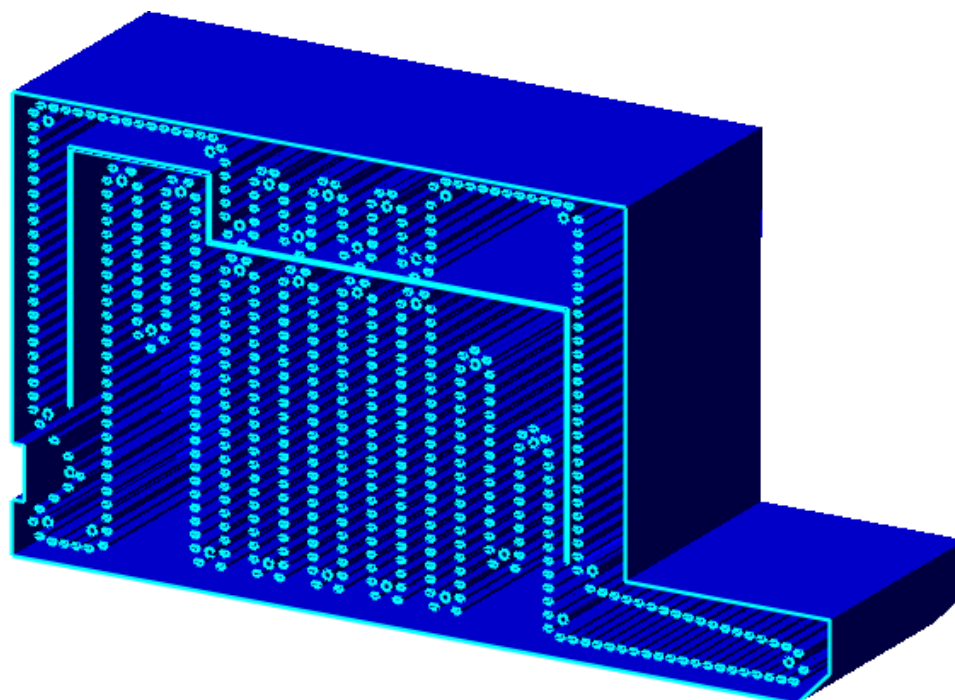


Рис 4.16 Геометрична модель Шафи вистоювання Gostol (до модернізації)

4.6 Конвективні процеси в шафі вистоювання Gostol до модернізації

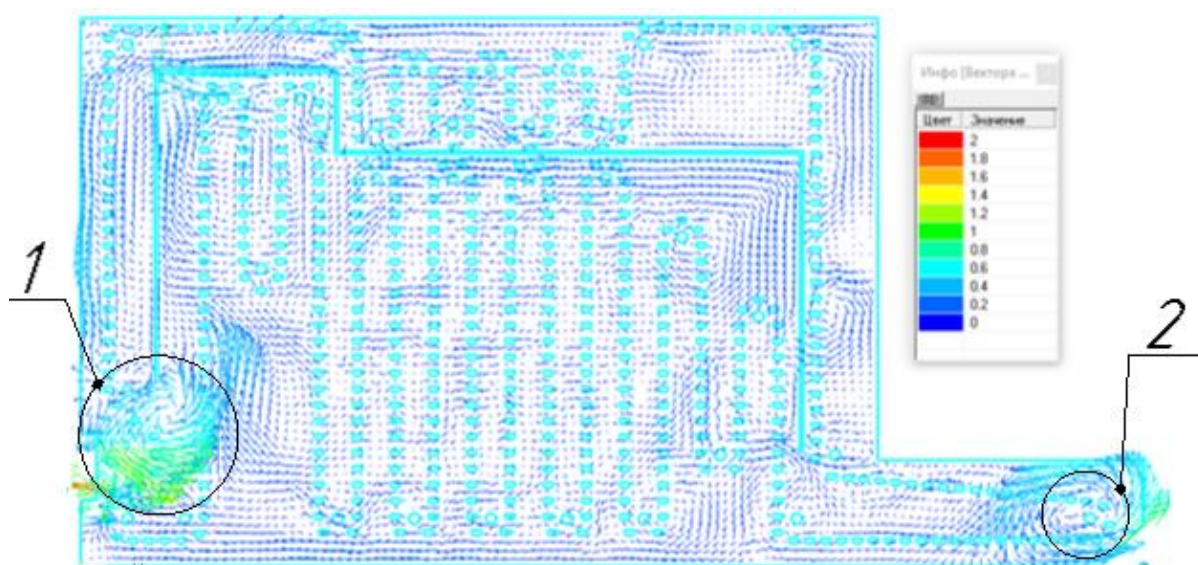


Рис.4.17 Розподіл швидкості повітря в шафі вистоювання Gostol (до модернізації)

Під час дослідження розподілу швидкостей повітря в шафі вистоювання було помічено коливання швидкостей повітря в зонах 1 та 2. Швидкість руху повітря в зоні 1 підвищена за рахунок потрапляння в шафу вистоювання повітря з печі яке має більшу температуру, виникає рушійна сила руху повітря тобто перепад температур і швидкість збільшується.

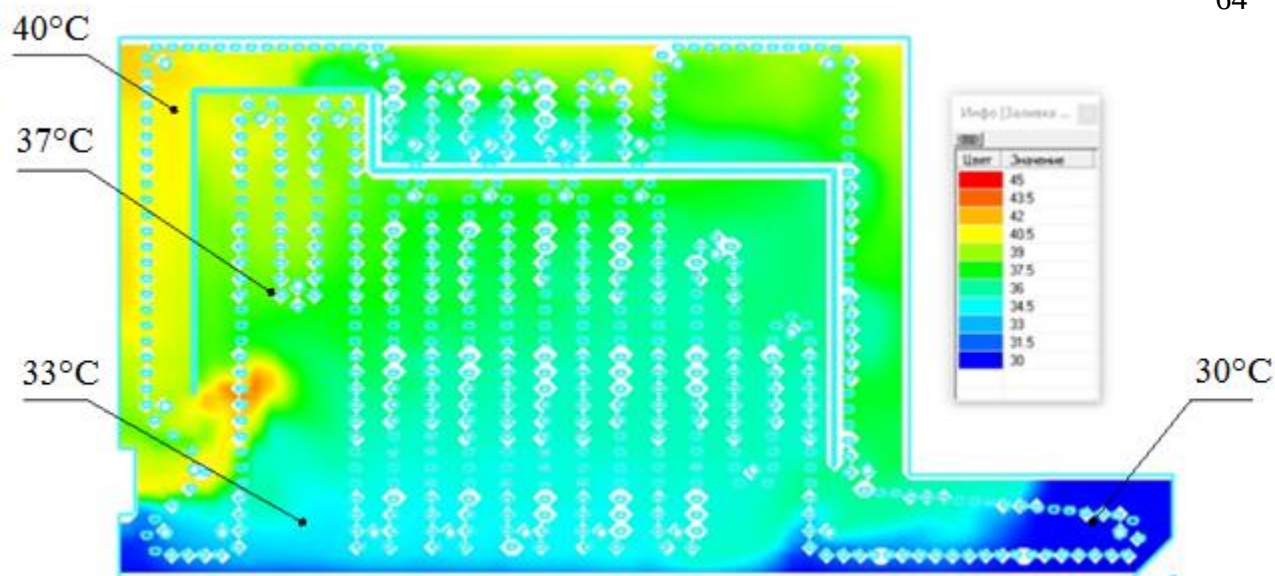


Рис.4.18 Розподіл температури повітря в шафі вистоювання Gostol (до модернізації)

При моделюванні розподілу температури в шафі вистоювання було помічено, що температура розподіляється слоями по висоті шафи. Внизу шафи вистоювання температура має найменше значення, а вгорі найбільше.

Колиски рухаються постійно змінюючи температурний режим з менш нагрітої частини шафи до більш нагрітої і навпаки. Це негативно впливає на процес вистоювання тістових заготовок та на якість вистоювання в цілому.

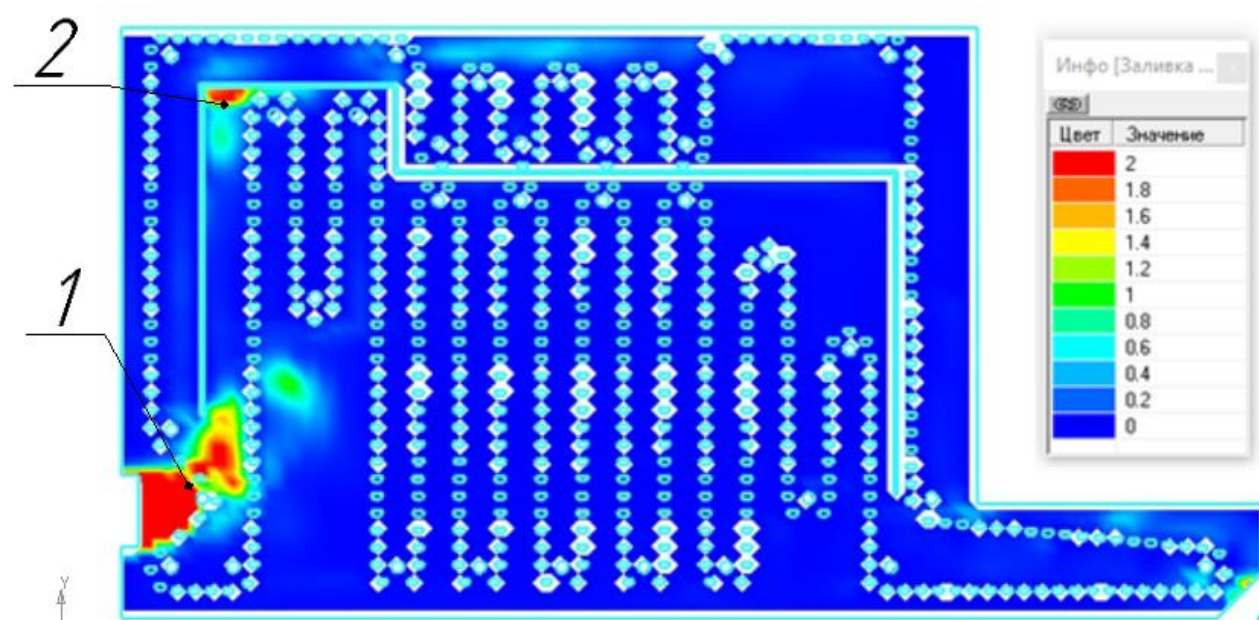


Рис.4.19 Дисипаційні процеси в шафі вистоювання Gostol (до модернізації)

При дослідженні дисипаційних явищ в шафі вистоювання були відмічені проблемні зони 1 та 2. В зоні 1 завихрення виникали через градієнт

температур.

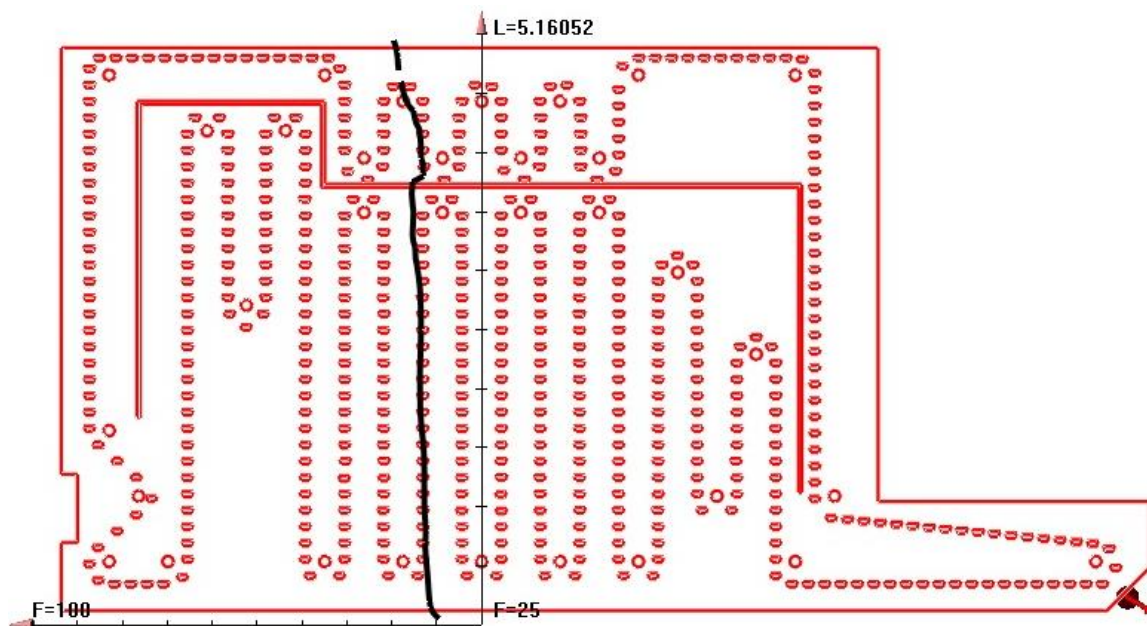


Рис. 4.20 Графік коливання температури повітря по висоті шафи вистоювання Gostol (до модернізації)

На графіку зображений розподіл температури по висоті шафи вистоювання. Лінія має незначні відхилення вгорі, це зумовлене нерівномірним розподіленням температури по висоті шафи вистоювання.

Якщо аналізувати перепад температур повітря всередині шафи, то також можна помітити, що при вертикальному русі кошиків вони рухаються постійно змінюючи температурний режим з менш нагрітої частини шафи до більш нагрітої і навпаки.

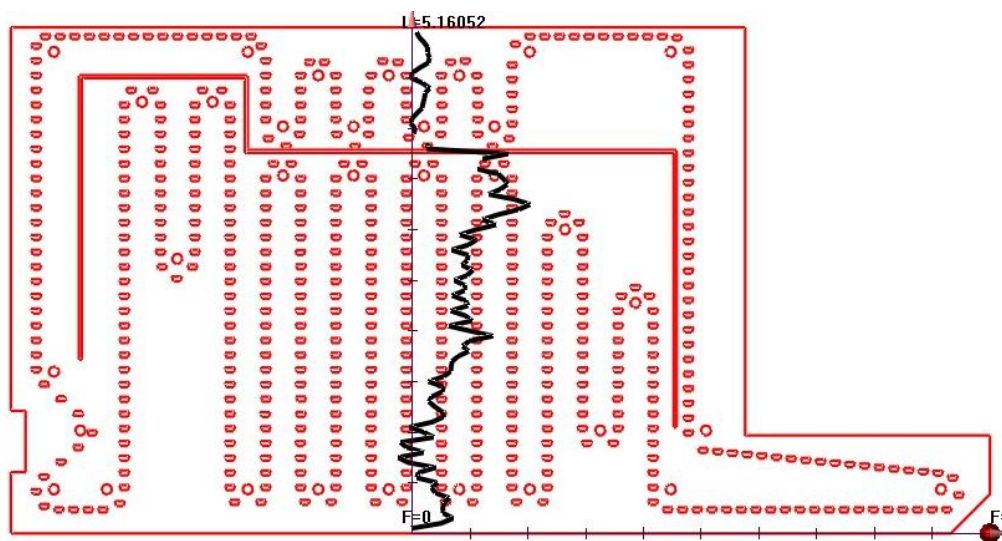


Рис. 4.21 Графік коливання швидкості руху повітря по висоті шафи вистоювання Gostol (до модернізації)

На графіку зображено коливання швидкості руху повітря по висоті

шафи. Зображені дуже значні відхилення, зумовлені високими швидкостями повітря в середині робочої камери.

Також видно, що колиски з тістовими заготовками під час перебування в шафі обдуваються з боків повітрям різної швидкості та температури. Такі умови негативно впливають на рівномірність умов вистоювання.

4.7 Створення тривимірних моделей шаф вистоювання Gostol після модернізації

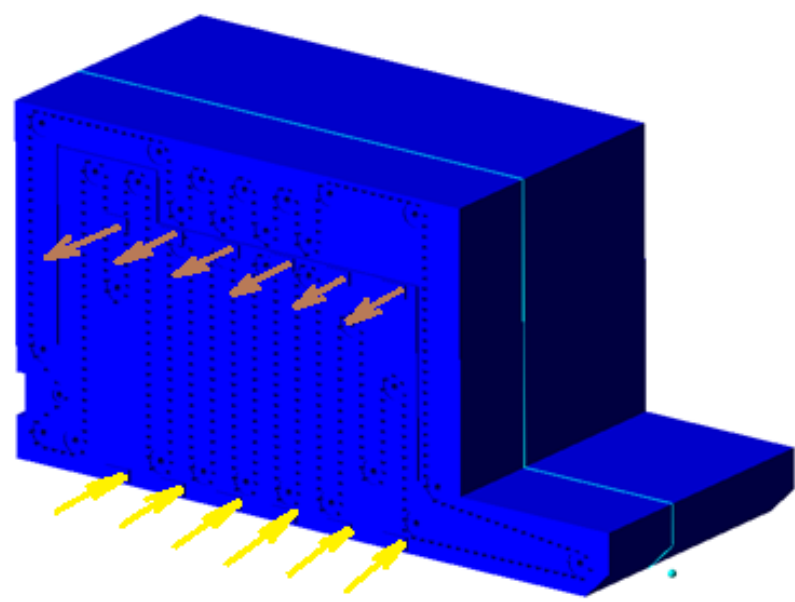


Рис 4.22 Геометрична модель Шафи вистоювання Gostol (після модернізації)

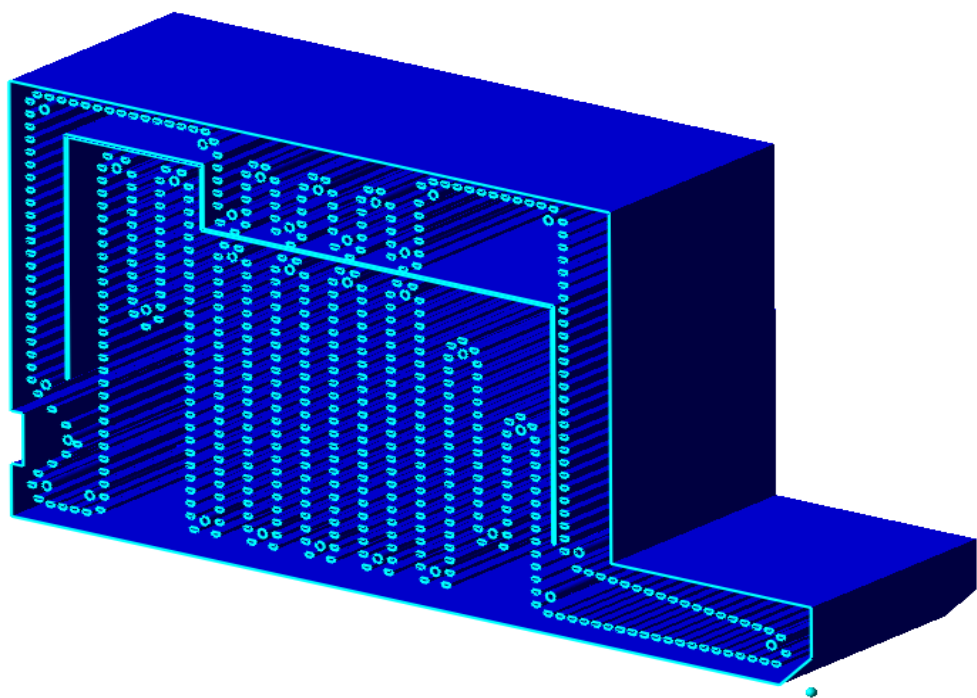


Рис 4.22 Геометрична модель Шафи вистоювання Gostol в розрізі (після модернізації)

4.8 Конвективні процеси в шафі вистоювання Gostol після модернізації

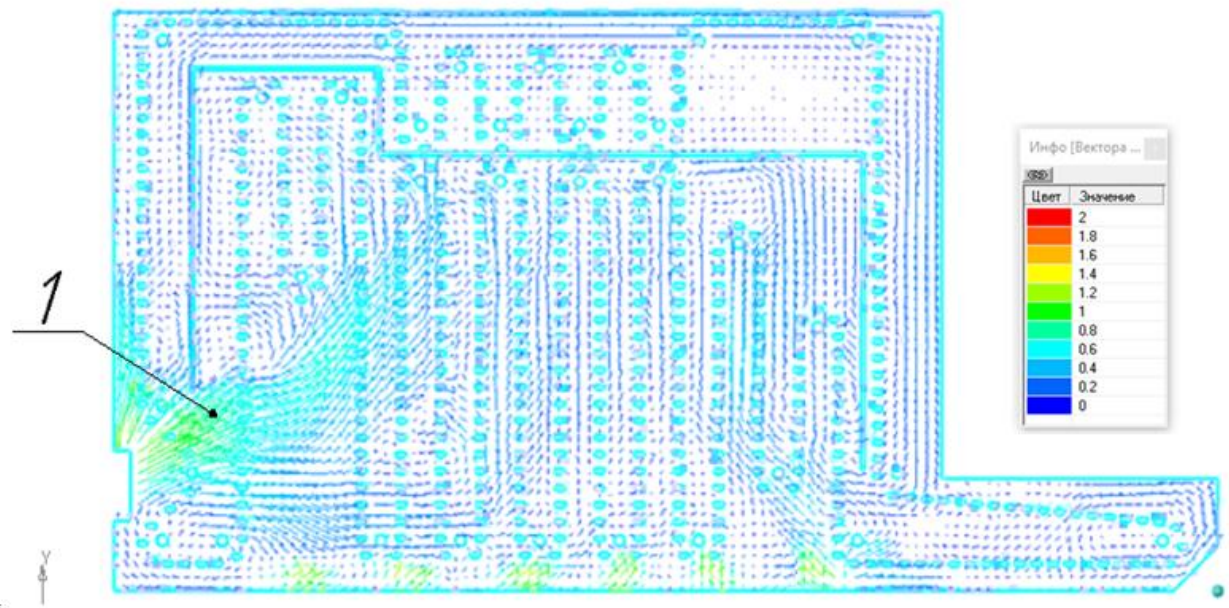


Рис.4.23 Розподіл швидкості повітря в шафі вистоювання Gostol (після модернізації)

Після проведення моделювання швидкості руху повітря в шафі вистоювання можемо зазначити що коливання по діапазону швидкостей значно зменшилося швидкість зменшилася.

Проблемна зона 2 на рисунку відсутня так як швидкість руху повітря там знизилася, в проблемній зоні 1 швидкість руху повітря стала напрямлена в середину робочій зони шафи вистоювання.

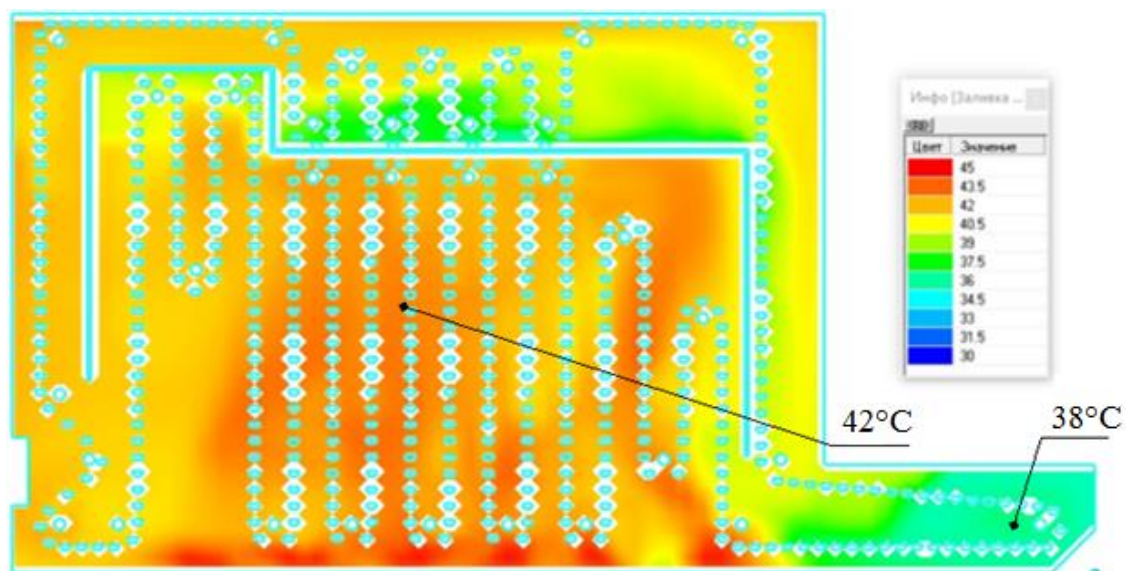


Рис.4.24 Розподіл температури повітря в шафі вистоювання Gostol (після модернізації)

В результаті моделювання розподілу температури повітря в шафі вистоювання РШВ після модернізації розподіл температури значно

покращився і став рівномірним по робочому об'єму шафи вистоювання.

З розподілу температури повітря ми бачимо, що температура в робочій зоні тримається стало на 42 °С.

З рис видно, що перепад температур зменшився до 4 °С.

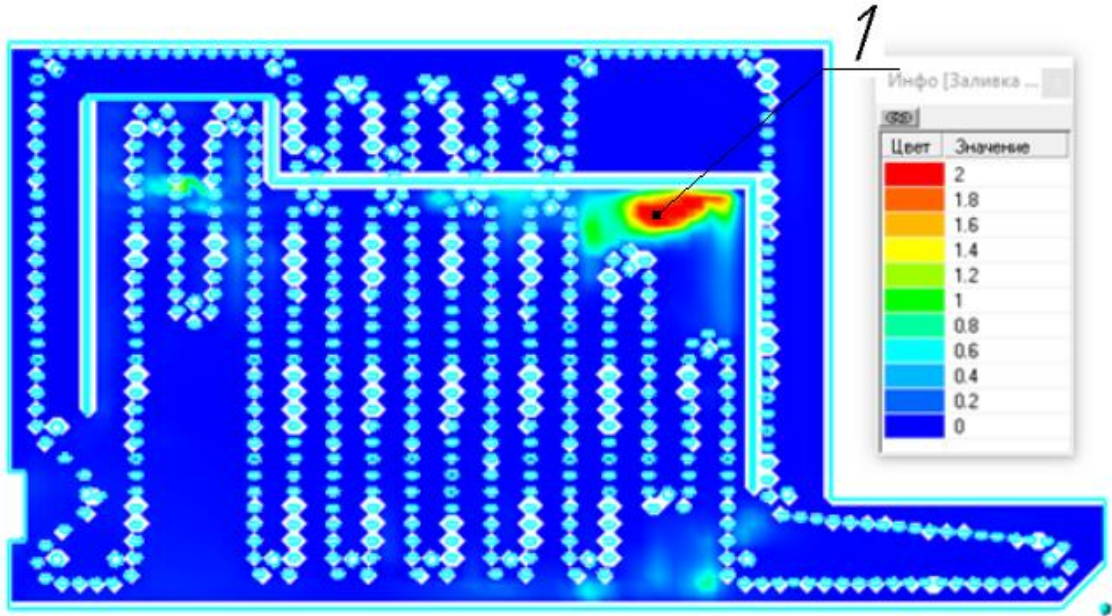


Рис.4.25 Дисипаційні процеси в шафі вистоювання Gostol (після модернізації)

В результаті моделювання виявлено зони виникнення дисипаційних процесів.

В зоні 1 завихрення виникають через зустрічання двох різнонаправлених потоків швидкостей руху повітря в шафі вистоювання.

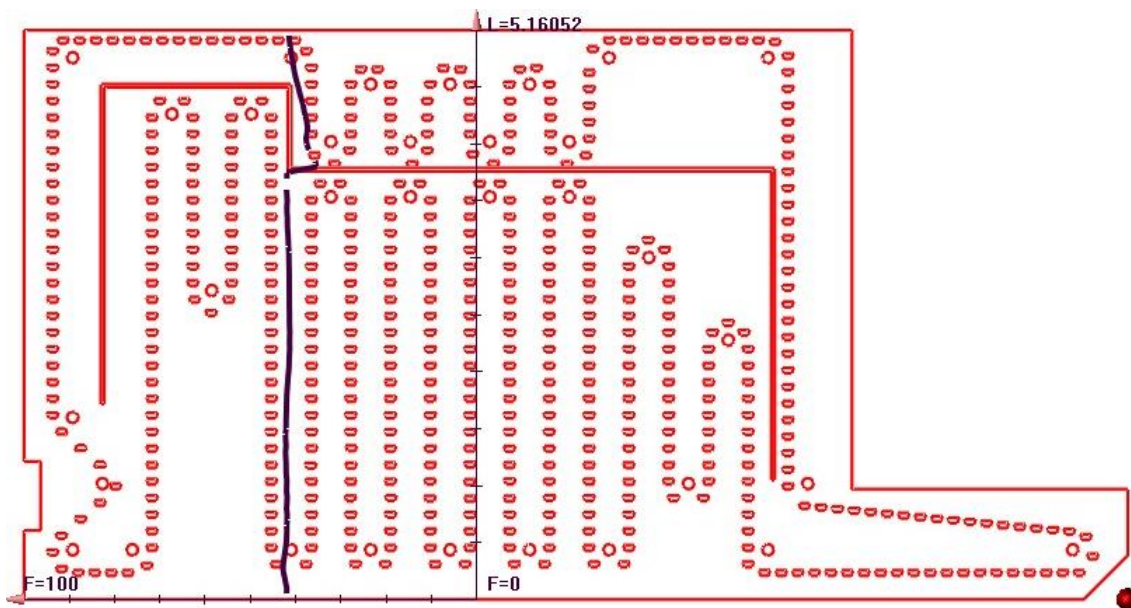


Рис. 4.26 Графік коливання температури повітря по висоті шафи вистоювання Gostol (після модернізації)

На графіку зображений розподіл температури по висоті шафи вистоювання після модернізації.

Якщо аналізувати перепад температур повітря всередині шафи, то також можна помітити, що при вертикальному русі колисок вони практично не попадають в області підвищеної та зниженої температури, а рухаються в зоні сталого значення температури.

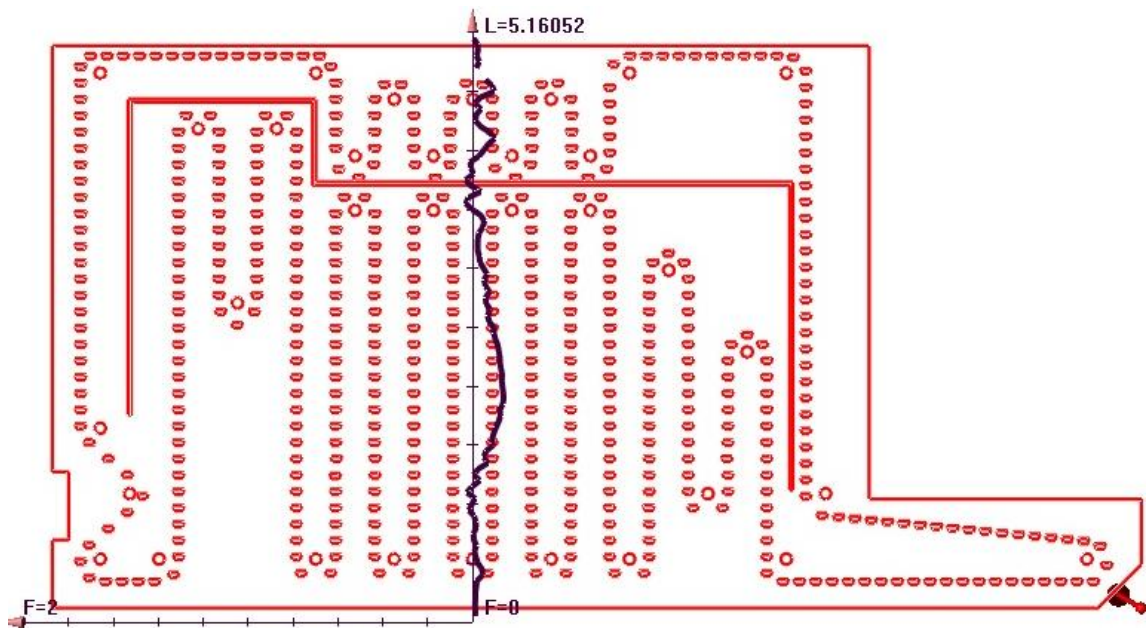


Рис 4.21 Графік коливання швидкості руху повітря по висоті шафи вистоювання Gostol (після модернізації)

На графіку зображено коливання швидкості руху повітря по висоті шафи.

З рисунка видно, що швидкість повітря по висоті розподілу спочатку зростає потім з висотою зменшується.

Зростання швидкості вниз спричинене подачею зволоженого повітря через рециркуляційну установку, колиски не попадають в високі конвективні потоки в середині шафи вистоювання, що зменшує підсушення тістових заготовок в шафі вистоювання.

Також видно, що колиски з тістовими заготовками під час перебування в шафі обдуваються з боків повітрям однакової швидкості та температури. Такі умови позитивно впливають на рівномірність умов вистоювання.

5. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

5.1 Монтаж шафи

Для шафи вистійної на завод доставляють окремі секції каркаса. Це нижня секція, верхня секція, консольна секція і секція розвантаження. Також для шафи окремо доставляються елементи приводу. Під час транспортування каркас встановлювати в один ярус на рівну поверхню і закріпити страхувальними тросами. Елементи приводу поставляються на завод в упаковці заводу виробника.

Шафу вистоявання монтують на місці старої шафи між тістоформувальною машиною і тунельною піччю. Шафа за своєю конструкцією стійка і тому не потребує пристроїв для закріплення і спеціального фундаменту. Площа підлоги, передбачена під установку шафи, має бути рівною і горизонтальною.

Під час монтажу шафи спочатку збирають і кріплять між собою окремі секції та деталі каркаса, який складається з кутової сталі. На рис. 5.1 показано схему стропування секцій виставкової шафи. Після того як зібрано каркас і перевірено посадочні розміри, збирають і кріплять горизонтальні напрямні конвеєрних ланцюгів.

Після складання каркаса і монтажу напрямних встановлюють кліматичну установку. Після неї кріплять вузли приводного, натяжних і проміжних валів, надягають на зубчасті блоки конвеєрні ланцюги. Монтаж валів і ланцюгових блоків проводять за осьовими лініями, а потім перевіряють правильність їх установки за рівнем і схилом. Відстань між зірочками має становити 1370 ± 2 мм. Переконавшись у правильності встановлення валів із зірочками, розпочинають натяг ланцюга.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доламакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа МАХФВ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання		22214.1.KP.12.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/

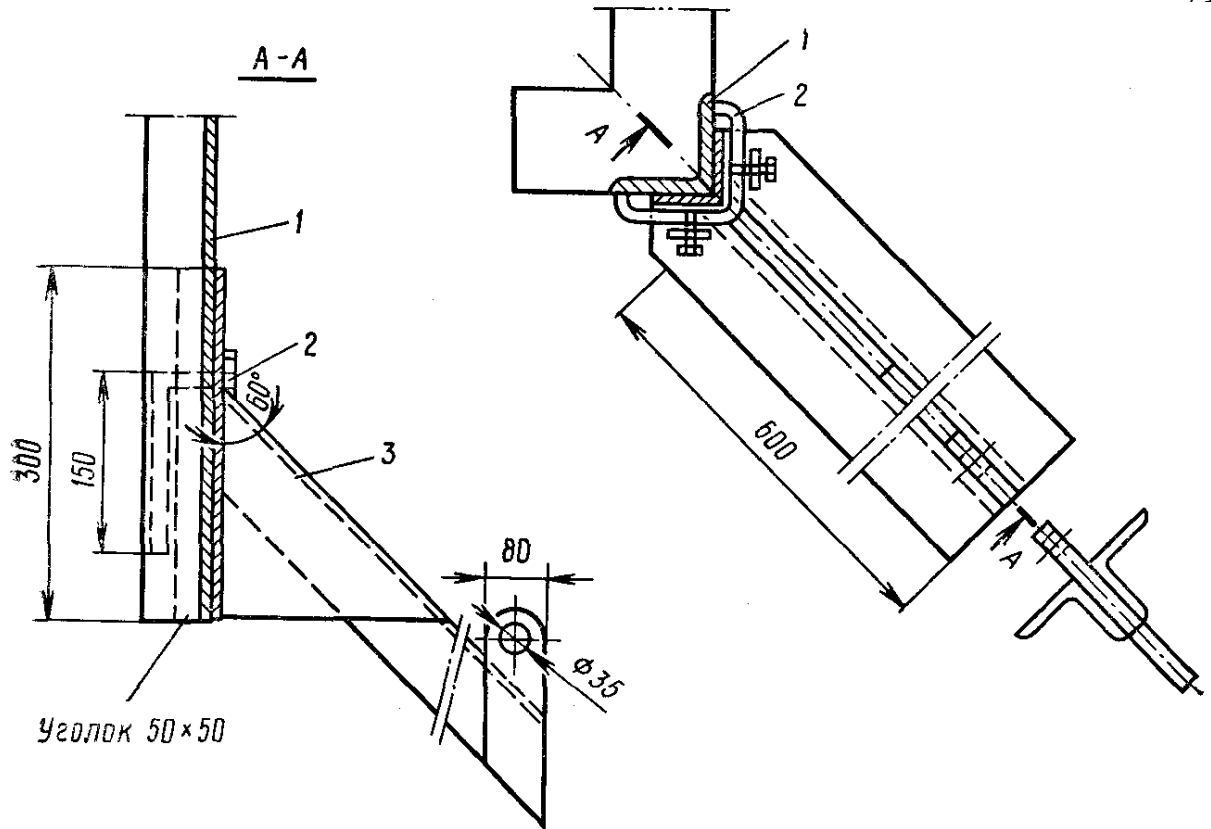


Рис.5.1 Пристрій для стропування секцій вистійної шафи

1 – каркас секцій, 2 – приварювальна скоба, 3 – з'ємний кронштейн з проушиною

Перед укладанням тягового ланцюга встановіть натяжні зірочки в кінцеве положення. Вертикальну гілку транспортера тимчасово прикріплюють до рами. При монтажі ланцюга на нього надягають коліски. Після установки ланцюга приступають до монтажу приводу. Спочатку до фундаменту або до рами шафи кріплять раму приводу. Потім на раму встановлюють редуктор, мотор-редуктор і з'єднують вали муфтами.

Приступають до випробування шафи в режимі холостого ходу, а потім під навантаженням, попередньо змастивши всі механізми тертя. Правильна робота шафи на холостому ходу і під навантаженням визнається в тому випадку, якщо механізм конвеєра працює плавно, без ривків і при повній узгодженості роботи печі і шафи конвеєра.

Після випробування конвеєра під навантаженням і усунення несправностей раму шафи за винятком завантажувально-розвантажувальної частини з усіх зовнішніх сторін закривають спеціальними знімними щитами і

дверцятами, кріплять їх хомутами до рами і здають шафу за актом в експлуатацію.

5.2 Ремонт шафи вистою

Діагностику та налагодження робочих ходів механізму виконує наладчик у присутності головного механіка та електрика. Встановлюються відповідні робочі параметри, вибираються позиції продукту (крок), налаштовується автоматика. Перевірка балансу ходів всіх робочих органів в автоматичному режимі. Управління механізмом здійснюється автоматично за допомогою комбінації датчиків стану, лічильних датчиків і блоків управління. За автоматику відповідає фахівець від постачальника. Під час діагностики виявляються неточності (дефекти) механізму та несправності.

Ремонт здійснюється за допомогою звичайних інструментів (поточний ремонт). Якщо ремонт неможливий, вузли та деталі машини можуть бути замінені, оскільки машина складається з гофрованих вузлів та деталей. Заміну або ремонт блоків управління здійснює постачальник.

Перед початком кожної зміни машина повинна бути візуально оглянута оператором. Якщо він виявить будь-які дефекти під час огляду або під час роботи, він повинен негайно повідомити про це оператора. Якщо необхідна аварійна зупинка, оператор повинен скористатися кнопкою "стоп" на головній панелі управління, яка продубльована на панелі управління поруч з тістоподілювальною машиною. Після цього він повинен повідомити наладчика і головного механіка. Щонеділі головний механік (заступник головного механіка) повинен проводити огляд обладнання. Поточні та капітальні ремонти повинні проводитися в терміни, зазначені в технічному паспорті.

Всі тіла обертання повинні бути закриті в спеціальних кожухах (шафах), щоб запобігти потраплянню в них сторонніх предметів, а також для запобігання нещасним випадкам.

Все електрообладнання повинно бути ізольоване і закрите для запобігання нещасним випадкам (ураження електричним струмом) або пожежі (можливе іскріння може призвести до загоряння сухих горючих частин).

Підлога і робочі частини машини повинні бути завжди в належному стані (відтерті від пилу і борошна), підлога не повинна бути слизькою (бажано, щоб вона була покрита гумовим шаром). Якщо постійно не контролювати наявність сухих речовин на робочих поверхнях, це може призвести до пошкодження дихальної системи людини і, отже, є прямою загрозою для здоров'я людини.

При проведенні ремонтних робіт необхідно дотримуватися всіх відповідних вимог (встановлення попереджувальних знаків типу "Працюють люди", "Не вмикати!"; повне відключення електроживлення). Цей вид робіт повинен виконуватися кваліфікованим працівником (наладчиком), який пройшов інструктаж з техніки безпеки.

Таблиця 5.1 НОРМИ ЧАСУ НА ТЕХНІЧНИЙ ОГЛЯД, ПОТОЧНИЙ ТА КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТИ

Найменування обладнання	Марка обладнання	Огляд		Поточний ремонт		Капітальний ремонт		Категорія складності
		Період між зупинками, дні	Тривалість зупинок, год	Період між зупинками, дні	Тривалість зупинок, год	Період між зупинками, р	Тривалість зупинок, дні	
Шафа вистою	Шафа вистою типу РШВ	10	2	90	48	3	7-14	4,8

5.3 Експлуатація шафи вистою

Перед початком роботи переконайтеся, що розстійна шафа і її привід справні.

Час від часу необхідно перевіряти коліски конвеєра на вільне гойдання в місцях з'єднання ланцюгів, щоб запобігти їх заклинюванню.

У міру подовження тягових ланцюгів їх натягують за допомогою натяжних станцій, для запобігання перекосу колісок обидва ланцюги слід натягувати одночасно.

Не рідше трьох разів на місяць слід очищати внутрішню поверхню конвеєрної шафи від пилу. При цьому видаляється борошняний пил, шматки тіста, що впали, і кришка. Під час чищення розстойної шафи панель управління повинна бути знеструмлена.

Для забезпечення нормальної роботи розстойної шафи необхідно

- не рідше одного разу на місяць заповнювати сальники мастилом мастило;
- після 3000 годин роботи замінити мастило в редукторі;
- не рідше 2 разів на рік розбирати підшипникові вузли стійки і перевіряти ступінь зносу підшипників, а також справність ущільнюючих пристроїв.

Якщо необхідно перемістити привід вручну, надіньте ручку на хвостовик редуктора і поверніть його.

Ремонт і змащування механізмів виконуйте тільки при повній зупинці машини і вимкненому загальному рубильнику.

Металевий корпус розстойної шафи та інші неструмоведучі частини повинні бути надійно заземлені.

Таблиця змащення

Таблиця 5.2

Позиція	Найменування механізму який потребує змащення	Найменування змащувальних матеріалів і № стандарту (замінник)	Спосіб нанесення змащувальних матеріалів	Періодичність змащування, перевірки і заміни мастила	Кількість	Примітки
1.	Транспортуючий ланцюг	Графітова мазь Вапор “Т” або Віскозин „10”	Крапельний	1,5 год/день	2	
2.	Вісь люльки (стальний палець)	Жир ЛИС-2 або Солідол УС-2 ГОСТ 1033-73 (солідол с ГОСТ 4366-64)	Набивка	Кожні 3 місяці	300	
3.	Підшипник вала	Жир ЛИС-2 або Солідол УС-2 ГОСТ 1033-73 (солідол С ГОСТ 4366-64)	Набивка	Кожен місяць	32	
4.	Редуктор	Масло Етол – 290 або Редуктол М320 або Циліндрове ”2”	Заливка мастила	Перша заміна через 200 год, наступні через 3000 год	1	

6. Охорона праці

Вступ

Під охороною праці розуміють систему законодавчих актів, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, які забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини у процесі праці.

Закон України "Про охорону праці в Україні 21 листопада 2002 року Верховна Рада прийняла Закон "Про охорону праці". Цей закон, а також "Кодекс законів про працю в Україні" є основою законодавчої бази з охорони праці. Їх доповнюють державні галузеві та міжгалузеві нормативні акти про охорону праці - це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи, яким надається сила правових норм, обов'язкових для всіх установ.

Проведення інструктажів перед допуском до роботи на лінію виробництва батону

Мета інструктажу - навчити працівника виконувати свої робочі обов'язки правильно і безпечно для себе та оточуючих.

Вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками, які щойно прийняті на роботу (постійну або тимчасову). Вступний інструктаж проводить спеціаліст з охорони праці або особа, призначена наказом для проведення цієї роботи. Місце проведення вступного інструктажу - кабінет охорони праці або інше приміщення, обладнане наочними матеріалами. Запис про проведення вступного інструктажу робиться у спеціальному журналі, а також у трудовій книжці працівника, де розписуються працівник, який інструктує, та працівник, якого інструктують.

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником або працівником, який буде

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доломакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Охорона праці	22214.1.KP.12.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/	

виконувати нову роботу. Програма первинного інструктажу розробляється начальником цеху, узгоджується зі службою охорони праці та затверджується керівником пекарні.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: на роботах з підвищеною небезпекою - один раз на квартал; на інших роботах - один раз на півроку. Проводиться індивідуально або з групою працівників, які виконують однотипні роботи, за програмою первинного інструктажу в повному обсязі.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або змінених нормативно-правових актів з охорони праці;
- у разі зміни технологічного процесу, заміни або модернізації обладнання, пристроїв та інструментів, сировини, матеріалів на лінії та інших факторів, що впливають на охорону праці;
- у разі порушення працівником нормативних актів, що може призвести до травми, отруєння або аварії;
- на вимогу працівника органу державного нагляду або вищестоящої державної чи господарської організації у разі виявлення недостатніх знань працівником безпечних методів праці та нормативних актів про охорону праці;
- у разі перерви в роботі виконавця понад 30 календарних днів (для робіт з підвищеною небезпекою), а для інших робіт - понад 60 днів.

З працівниками проводиться **цільовий інструктаж**:

- при виконанні разових робіт, безпосередньо не пов'язаних з основною роботою працівника;
- при ліквідації наслідків аварії або стихійного лиха
- при виконанні робіт, які оформлюються нарядом, письмовим дозволом та іншими документами;

- у разі проведення екскурсій або організації масових заходів з учнями та вихованцями (походи, спортивні змагання тощо).

Цільовий інструктаж оформляється нарядом-допуском або іншою документацією, яка дозволяє проведення робіт.

Первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі проводить безпосередньо керівник робіт (начальник цеху). Перевірка знань здійснюється шляхом усного опитування або за допомогою технічних засобів навчання, а також шляхом перевірки навичок виконання робіт відповідно до вимог безпеки.

Первинний, повторний і позаплановий інструктажі, навчання та допуск до роботи оформляються реєстрацією в спеціальному журналі. Обов'язковими є підписи як того, кого інструктують, так і того, хто інструктує. Журнали інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані та скріплені печаткою.

Керівник пекарні зобов'язаний видати працівникові примірник інструкції з охорони праці за його професією або вивісити її на робочому місці.

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори при обслуговуванні обладнання вистійно-пічного відділення

У робочій зоні також можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори: підвищення температури повітря (при порушенні режиму роботи обладнання та несправності припливно-витяжної вентиляції); обертові частини електроприводів при відсутності або несправності захисних засобів. Для підтримки нормальних умов праці необхідно забезпечити надійну ізоляцію поверхонь обладнання та подачу свіжого повітря за допомогою системи вентиляції.

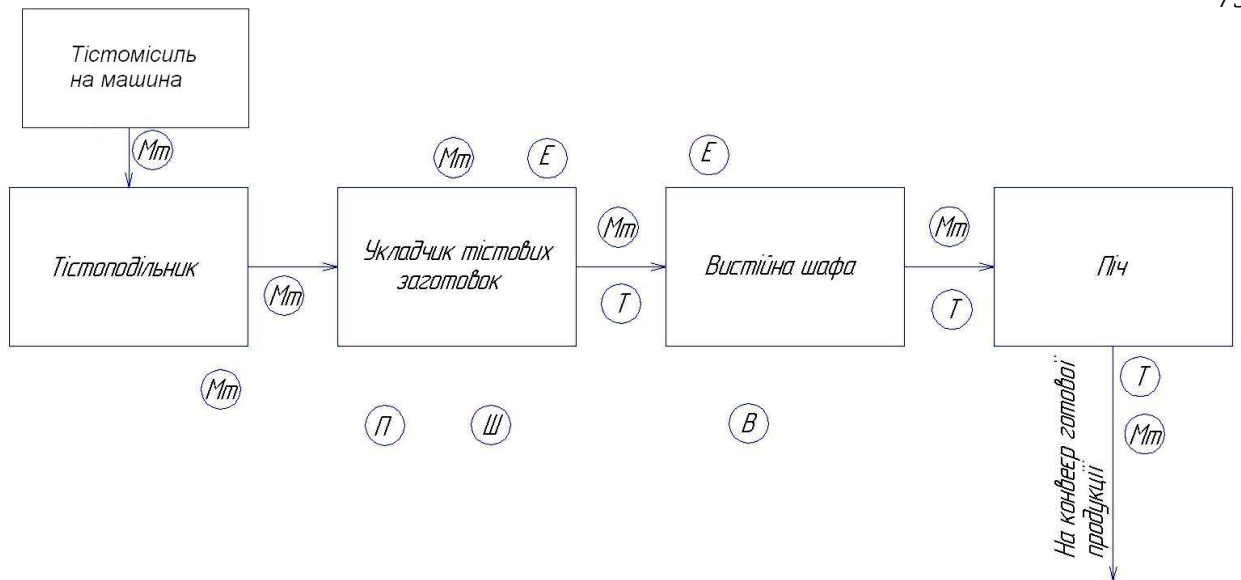


Рис.6.1. Небезпечні чинники на лінії випікання:

Ш – шум, **В** – вібрація, **Мт** – механічні травми, **Е** – електробезпека, **П** – пил,
Т – виділення тепла

Під час виробництва бетона основними шкідливими виробничими факторами у відділенні вистоювання та випікання є

- пил,
- підвищена температура повітря,
- підвищена вологість повітря,
- монотонність праці на деяких операціях,
- небезпека ураження електричним струмом,
- можливий вибух парогенераторів.

Вимоги техніки безпеки до технологічного обладнання вистійно-пічного відділення лінії виробництва бетону

Найбільш травмонебезпечним обладнанням на ділянці розстойної печі лінії є розстійна шафа, сортувальник тістових заготовок і піч.

Конструкція розстійної шафи повинна мати двері, що легко відкриваються в секціях, запобіжні пристрої, які запобігають травмуванню працівників і забезпечують свободу пересування і дій оператора, який

займається завантаженням і вивантаженням тістових заготовок. Для цього на завантажувальному вікні розстійної шафи встановлюється фотоелектричне блокування, яке в разі виникнення перешкоди на шляху світлового променя не дозволяє запустити привід конвеєра. Запуск конвеєра розстойної шафи можливий тільки з боку розвантажувального вікна, а його вимкнення - з обох боків конвеєра.

Конструкція хлібопекарської печі повинна захищати працівників від теплових травм, у тому числі радіаційних. Для зменшення впливу шкідливих речовин, що виділяються при горінні масла і випіканні буханки, з боку посадкового і розвантажувального отворів печі встановлені спеціальні відсмоктувачі - парасольки у вигляді козирка над вхідним і вихідним отворами. Відсмоктування встановлюється у вигляді щілини шириною 200...400 мм над отвором печі по всій його довжині, з центральним кутом відкриття не більше 60°, зі швидкістю повітря 0,5...1,5 м/с. Відсмоктування має природне збурення.

Мікроклімат у вистійно-пічному відділенні

Мікроклімат або метеорологічні умови в приміщенні вистійного відділення визначаються наступними параметрами: температура повітря в приміщенні, відносна вологість повітря, рухливість повітря. Мікроклімат відділення нормується в залежності від теплових характеристик виробничого агрегату, категорії робіт за важкістю і періоду року. Роботи при обслуговуванні обладнання розстойно-пічного відділення відносяться до категорії II-а, II-б робіт середньої важкості.

Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря в робочій зоні сушильно-пічного відділення повинні відповідати ДСТУ 12.1.005. Відповідно до цього стандарту температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря слід вимірювати на висоті 1,0 м від підлоги або робочого настилу при виконанні робіт сидячи, і на висоті 1,5 м - при виконанні робіт стоячи.

Освітлення у вистійно-пічному відділенні

Освітлення нормується згідно з вимогами СНіП П-4-79 "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" в залежності від характеру зорової роботи, коефіцієнта природної освітленості, яскравості фону, контрасту об'єкта і фону, типу джерела світла і системи освітлення.

Котельне відділення відноситься до приміщень з IV-V розрядом зорової роботи, тому тут використовується природне і штучне освітлення. Штучне освітлення використовується комбіноване. У відділенні встановлені люмінесцентні лампи білого світла - ЛБ, в кількості 54 шт, які повністю забезпечують освітлення робочих місць робітників.

Охорона праці висуває наступні вимоги до освітлення: освітлення повинно бути достатнім і відповідати характеру зорової роботи; освітлення повинно бути рівномірним, без різноманітних тіней.

Вентиляція вистійно-пічного відділення

У зв'язку з високим тепловиділенням у топковому відділенні особлива увага приділяється вентиляції. У відділенні встановлена природна витяжна вентиляція, яка забезпечує кратність повітрообміну 10...12. Така ж кратність повітрообміну забезпечується і в зоні між експедицією та піччю, адже після випікання буханці перебувають у цій зоні 10...120 хвилин. Це робиться для того, щоб батони охололи перед відправкою в роздрібну мережу, при цьому їх температура знизилася з 90 до 20°C, а вологість зменшилася на 2%, в результаті чого відбувається значне виділення тепла і вологи.

Електробезпека у вистійно-пічному відділенні

Електробезпека електроустановок відповідає вимогам ПУЕ. Стелажне і пічне відділення відноситься до класу "приміщення з підвищеною небезпекою"

Для безпечної експлуатації обладнання розстойно-пічного відділення передбачено заземлення: конвеєрів, корпусів електродвигунів, пультів управління. На обладнанні передбачено механічне та електричне блокування, що забезпечує відключення електроживлення струмоведучих частин. Всі струмоведучі елементи у відділенні надійно заземлені незалежно від значення струму.

Пожежна безпека

Для своєчасного сповіщення про пожежу в цеху передбачена автоматична пожежна сигналізація. В якості автоматичних сповіщувачів використовуються теплові пожежні сповіщувачі DSP-038. Для ліквідації пожежі в цеху передбачені первинні засоби пожежогасіння. Це пожежні стволи з пожежними рукавами, внутрішні пожежні трубопроводи, вогнегасники, лопати, відра, сухий пісок, азбестові покривала, а також інструменти для розбирання будівельних конструкцій.

Розрахунок необхідної кількості води для тригодинного гасіння пожежі:

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

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

n_1 – витрата води на внутрішнє пожежегасіння, ($n_1=5$ л/с);

n_2 – витрата води на зовнішнє пожежегасіння ($n_2=30$ л/с)

об'єм приміщення рівний :

$V_{\text{пр}} = L \times S \times H$ де L- довжина; S- ширина; H- висота цеху;

$V_{\text{пр}} = 102 \times 54 \times 6 = 33048 \text{ м}^3$, то $n_2 = 20$ л/с.

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 20)}{1000} = 270 \left[\text{м}^3 \right]$$

Приймаємо об'єм резервуара з водою 300 м³.

На випадок пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху повинно бути щонайменше два шляхи евакуації людей. Виходи повинні бути

розташовані на протилежних сторонах будівлі або розосереджені. При⁸³ необхідності одним із шляхів евакуації може бути вікно з пожежною драбиною або сходи, що ведуть на зовнішній двір.

Для підвищення пожежної безпеки необхідно

- дотримання режиму експлуатації обладнання
- надійна герметизація з'єднань
- теплоізоляція поверхонь, що нагріваються;
- запобігання виникненню зарядів статичної електрики;
- використання систем автоматики, блокування, попереджувальної та аварійної сигналізації
- аварійної сигналізації;
- своєчасне проведення оглядів, профілактичних випробувань, планово-попереджувальних ремонтів обладнання.

Техніка безпеки при роботі з шафою вистою та піччю

До роботи з шафою допускаються особи, які вивчили пристрій, правила експлуатації, прийоми роботи і пройшли інструктаж з техніки безпеки на робочому місці.

Приміщення повинно бути обладнане вентиляцією, а робоче місце освітлене відповідно до вимог правил техніки безпеки і виробничої санітарії харчових виробництв.

Регулювання, ремонт, змащування механізмів, а також санітарна обробка

проводяться тільки після повної зупинки конвеєра, відключення електроживлення і обов'язкового вивішування таблички "Не вмикати. Ремонтні роботи".

Всі металеві неструмоведучі частини, пульт управління і електродвигуни

повинні мати надійне заземлення відповідно до "Правил улаштування електроустановок". Усі частини шафи, що обертаються, повинні бути закриті.

Перед початком роботи необхідно переконатися в справності всіх вузлів і механізмів шафи, а також у відсутності сторонніх предметів. Всі тіла, що обертаються, повинні бути закриті в спеціальних кожухах (шафах) для запобігання потрапляння в них сторонніх предметів, а також для запобігання нещасним випадкам.

Все електрообладнання повинно бути ізольоване і закрите для запобігання нещасним випадкам (ураження електричним струмом) або пожежі (можливе іскріння може призвести до загоряння сухих горючих частин). Підлога і робочі частини машини повинні бути завжди в належному стані (відтерті від пилу і борошна), підлога не повинна бути слизькою (бажано, щоб вона була покрита гумовим шаром). Якщо постійно не контролювати наявність сухих речовин на робочих поверхнях, це може призвести до пошкодження дихальної системи людини і, отже, є прямою загрозою для здоров'я людини.

При проведенні ремонтних робіт необхідно дотримуватися всіх відповідних вимог (встановлення попереджувальних знаків типу "Працюють люди", "Не вмикати!"; повне відключення електроживлення). Цей вид робіт повинен виконуватися кваліфікованим працівником (наладчиком), який пройшов інструктаж з техніки безпеки. Ремонт і змащення механізмів необхідно проводити тільки при повній зупинці машини і відключеному загальному вимикачі.

Металевий корпус розстойної шафи та інші частини, які не перебувають під напругою, повинні бути надійно заземлені.

Буханець випікається в пекарній камері печі при температурі 215...265 °С. Температуру в печі необхідно підвищувати поступово, щоб уникнути великих нерівномірних навантажень і, як наслідок, тріщин в конструкції печі.

На розглянутій лінії виробництва батона встановлена піч ПРС-1381, паливом для якої є природний газ. Дане обладнання відноситься до об'єктів підвищеної небезпеки.

До експлуатації цього обладнання допускаються інженерно-технічні працівники, які пройшли навчання та склали іспити комісії, до складу якої обов'язково повинен входити газовий інспектор. Один раз на 3 роки ці працівники проходять періодичну перевірку знань Правил безпеки в газовому господарстві.

Для забезпечення безпечної експлуатації піч обладнана приладами для вимірювання тиску газу біля пальників, повітря в повітропроводі пальників, розрідження в топці або димоході, автоматичними пристроями для відключення подачі газу до пальників, а також у разі зупинки димового насоса або зменшення тяги в димоході.

Під час розпалювання печі оператори повинні дотримуватися особливих заходів безпеки. Топку і газоходи необхідно провітрити протягом 10...15 хвилин, щоб видалити з них вибухонебезпечні гази. З газопроводу необхідно злити конденсат і продути газопровід через продувну пробку. Після цього можна приступати до розпалювання пальників, дотримуючись порядку виконання цієї операції і заходів безпеки.

Висновки і пропозиції з охорони праці

Для покращення умов праці обслуговуючого персоналу впроваджено наступні заходи: за рахунок проектних рішень знижено рівень шуму та вібрації, що генерується запроектованим обладнанням;

зменшено кількість рутинних операцій, що виконуються робітниками;

Використання високопродуктивного обладнання, що максимально виключає ручну працю.

Застосування засобів контролю рівнів шкідливих і небезпечних факторів на робочих місцях.

Облаштування санітарно-побутових приміщень, експлуатація систем вентиляції, аспіраційного пиловловлювання та опалення.

Використання засобів дистанційного керування технологічним процесом.

7. Охорона навколишнього середовища

Сучасні тенденції та підходи до розвитку окремих галузей харчової промисловості свідчать про те, що питання виробництва, споживання та якості продукції взаємопов'язані з питанням "екологізації виробництва" та "екологізації технологій".

Екологізація виробництва - це процес наукового, безперервного впровадження системи технічних, організаційних та інших рішень, що дозволяють підвищити ефективність використання природних ресурсів, поліпшити або зберегти якість навколишнього природного середовища на локальному, регіональному та глобальному рівнях.

Під екологізацією технологій розуміють розробку і впровадження у виробництво таких технологій, які при максимальному поєднанні високої якості продукції забезпечували б збереження екологічної рівноваги в навколишньому середовищі і природного кругообігу речовин та енергії, а також запобігали б забрудненню навколишнього середовища.

Основою екологізації є розробка та впровадження маловідходних, енерго- та ресурсозберігаючих технологій, таких як очищення відпрацьованого повітря та стічних вод. Підхід до екологізації технологічного циклу будь-якого виробництва базується на соціально-, екологічних та економічних принципах.

Хлібопекарська промисловість є матеріаломісткою галуззю, оскільки використовує значну кількість природних ресурсів, сировини, води та паливно-енергетичних ресурсів. Кожне з виробництв харчової промисловості забруднює навколишнє середовище.

Кожне з виробництв харчової промисловості більшою чи меншою мірою забруднює навколишнє середовище, викидаючи в атмосферу, стічні води та тверді відходи низку шкідливих речовин.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доломакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа МАХФВ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Охорона навколишнього середовища		22214.1.KP.12.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/

За рівнем забруднення навколишнього середовища харчова промисловість посідає 14 місце серед галузей і виробництв промислового циклу.

На частку харчових виробництв припадає до 10% стічних вод промислових підприємств.

Характеристики викидів підприємства

Викиди промислових підприємств бувають летючими і нелетючими:

Летючі викиди - це викиди газів, парів, пилу і стічних вод, що утворюються внаслідок витоків в апаратах, установках, трубопроводах, комунікаціях, через вікна та двері, особливо під час відкритих процесів навантаження і вивантаження продукції, а також у разі погано організованого транспорту. Особливу небезпеку для повітряного середовища становлять викиди рідких і газоподібних речовин, що утворюються в разі порушень технологічних процесів та інших обставин.

Організовані викиди - це викиди, що відводяться від місць їх утворення повітропроводами, газоходами (димоходами, шахтами) від технологічного обладнання.

Викиди в атмосферу від підприємств харчової промисловості можна розділити таким чином:

- Викиди, що супроводжуються виділенням енергії та тепла;
- Викиди від підприємств із переробки вторинних матеріальних ресурсів;
- Викиди, пов'язані з основними технологічними процесами.

Хлібопекарська промисловість використовує як паливо газ, мазут і тверде паливо - вугілля.

У хлібопекарських печах здебільшого використовується природний газ або електричне нагрівання.

До специфічних організаційних викидів на хлібозаводі належать борошняний і цукровий пил, вихлопні гази, згоріле паливо, гази, які відходять від повітряних компресорних установок для отримання

стисненого повітря для аерозолювання борошна. У процесі бродіння тіста виділяється вуглекислий газ, який утримує етиловий спирт, альдегіди та ефіри. Для вловлювання парів етилового спирту і домішок газу бродіння повинні проходити через газовловлювачі.

Нині більшість заводів використовують вуглекислий газ як вторинний матеріальний ресурс і викидають його в атмосферу, а не в цех готової продукції.

Для контролю викидів в атмосферу розроблено спеціальні санітарно-гігієнічні норми. Основною фізичною характеристикою атмосферних домішок є концентрація речовини в одиниці об'єму (мг/м³) повітря за нормальних умов.

Розрізняють максимальну разову гранично допустиму концентрацію (ГДК) речовин і середньодобову гранично допустиму концентрацію шкідливих речовин.

У таблиці 7.1 наведено значення ГДК для деяких найпоширеніших забруднювачів повітря.

Табл. 7.1.
Значення деяких найбільш характерних забруднювачів
атмосферного повітря

Речовина	Клас небезпеки	Гранично – допустимі концентрації, мг/м ²	
		ГДК мР	ГДК сд
NO	2	0,085	0,04
CO	4	5,0	3
SO	3	0,5	0,05
Хлор	2	0,1	0,03
Озон	1	0,16	0,003
Аміак	4	0,2	0,04
Спирт:			
Метиловий	3	1	0,5
Етиловий	4	5	5
Пил:			
Борошняний	4	0,5	0,150
Цукровий	4	0,5	0,5
Бенз – (а) - пірен	1	-	1×10 ⁻⁶

Хлібопекарські стічні води (вода, що використовується у виробничому циклі та призначена для скидання у водойми або каналізацію) являють собою складну фізико-хімічну систему. Вона містить не тільки розчинні частинки, а й частинки різного ступеня дисперсності (від 10-3 до 10-2 м.).

Крім зважених часток вони містять значну кількість забруднювальних речовин, розчинних органічного і неорганічного походження.

Хлібопекарські стоки є багатим середовищем для активних мікроорганізмів. Для них характерна наявність завислих часток (150 мг/л) рН 6,0...7,0 загальна біологічна потреба в кисні BS = 500....700 мг O₂/л, хімічна потреба в кисні CS = 600....800 мг O₂/л.

Промислові стоки підприємства не повинні порушувати роботу каналізаційних трубопроводів і споруд, сприяючи корозії або утворенню відкладень, концентрація суспендованих речовин не має перевищувати 500 мг/л, рН не має бути нижчим за 6,5 і вищим за 8,5.

Міські каналізаційні системи також потребують повного очищення стічних вод. Вони проходять тільки механічне очищення через сита, у міські каналізаційні системи надходять на біологічне очищення через сита. Іноді виникає необхідність у видаленні жирових речовин.

У таблиці 7.2 наведено дані про кількість стічних вод, що утворюються на одиницю продукції.

Табл. 7.2

Підприємство	Одиниця продукції	Система водопостачання	Середньорічна кількість стічних вод, що спускаються у водойми на од. продукції		
			Підлягають очищенню		Всього
			виробничі	побутові	
Х/З продуктивністю 15т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	0,83	0,35	1,18
Х/З кондитерським цехом 4 т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	1,7	0,79	2,49

Несвоєчасна і неповна переробка вторинних матеріальних ресурсів і відходів виробництва призводить до їх псування, зараження і, найголовніше, до згубного впливу на навколишнє середовище.

Висновки

Хлібопекарська промисловість забруднює навколишнє середовище незначною мірою. Основними забруднювачами є викиди паливно-енергетичного комплексу, силосно-просіювального відділення, а також викиди під час бродіння тіста і випічки. На всі викиди встановлено ліміти. Вони відповідають екологічним стандартам. Таким чином, дуже важливо впроваджувати у виробництво такі технології, які, забезпечуючи максимально можливу якість продукції, забезпечували б збереження екологічної рівноваги в навколишньому середовищі та природного кругообігу речовин і енергії, а також запобігали б забрудненню довкілля.

8. Технологія складання приводу шафи вистою

Процес складання є заключним етапом виготовлення машини, що визначає в значній ступені її експлуатаційні якості. Процес виготовлення машини може гарантувати досягнення усіх необхідних її експлуатаційних показників, а також надійності і довговічності в експлуатації лише при умові високоякісного проведення усіх етапів складання машини (тобто складання і регулювання окремих складаних одиниць – вузлів і загального складання і випробовування виготовленого виробу в цілому).

Це пов'язано з тим, що в процесі складання по різних причинах можуть виникати похибки взаємного розташування деталей, які суттєво знижують точність і службові якості виробу, що складається.

Трудомісткість складання складає 25...35 % загальної трудомісткості виготовлення виробів, а при великому обсязі припасовувальних робіт (в одиничному і дрібносерійному виробництві) вона досягає 40...50 %.

Тому технологічні процеси механічної обробки завжди підпорядковуються технології складання. Тільки розглядаючи виріб в цілому, можна визначити службове призначення кожної окремої деталі, встановити необхідну ступінь точності і шорсткості, призначити вимоги до поверхневого шару, визначити граничні відхили геометричної форми, тобто призначити технічні умови на виготовлення і складання.

Об'єктами виробництва машинобудівної промисловості є різні машини.

Машини, механізми і установки, їх агрегати або деталі у процесі виробництва їх на машинобудівному підприємстві є виробами.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доломакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Технологія складання приводу шафи вистою	22214.1.KP.12.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/	

Виріб – будь-який предмет або набір предметів, що їх виробляють на підприємстві.

Виріб – одиниця промислової продукції, кількість якої обчислюють в штуках (примірниках).

У залежності від наявності або відсутності складових частин вироби поділяють на розспецифіковані і нерозспецифіковані.

ГОСТ 3.1109 – 82 встановлює такі види виробів:

- деталь;
- базова деталь;
- складання одиниця (складень);
- складальний комплект;
- комплектувальний виріб;
- агрегат.

Деталь – це виріб, який виготовлений із однорідного за найменуванням і маркою матеріалу без застосування складальних операцій.

Базова деталь – це деталі з базовими поверхнями, що виконують в складальному з'єднанні (вузлі), роль з'єднувальної ланки, що забезпечує при складанні відповідне відносне положення інших деталей.

Складання одиниця (складень) – частина виробу, яка складається окремо і в подальшому приймає участь в процесі складання як єдине ціле.

Складальний комплект – це група складових частин виробу, які необхідно подати на робоче місце для складання виробу або його складової частини.

Комплектувальний виріб – це виріб підприємства-постачальника, застосовуваний як складова частина виробу, що його випускає підприємство-виробник.

Агрегат – це складання одиниця, яка має повну взаємозамінність, можливість складання окремо від інших складових частин виробу (або виробу в цілому) і властивість виконувати визначену функцію у виробі або самостійно.

За конструкцією і умовами експлуатації з'єднання деталей можуть бути:

- рухомі;
- нерухомі.

Рухомі і нерухомі з'єднання у залежності від можливості демонтажу поділяються на:

- рознімні (що вільно розбираються);
- нерознімні (що не розбираються).

З'єднання можуть бути:

- нерухомими рознімними (нарізні, пазові, шпонкові, штифтові, конічні) – I клас;
- нерухомими нерознімними (з'єднання, які отримані: запресовуванням, розвальцьовуванням, клепаанням) – II клас;
- рухомими рознімними (вал – вальниця, плунжер – втулка, зубці зубчастих коліс) – III клас;
- рухомими нерознімними (деякі вальниці, запірні клапани) – IV клас.

Найбільш розповсюдженими в машинобудуванні з'єднання класу III, а потім класів I і II. З'єднання класу IV зустрічаються рідко.

В запропонованому проекті проведено модернізацію шафи вистоювання.

Приводний вал шафи є відповідальним вузлом конструкції, оскільки забезпечує передачу крутного моменту від приводної станції до гілок приводного ланцюга конвеєру шафи.

В даному розділі розглянуто технологію складання приводного валу із підшипниками, зірочкою та встановлення вузла на каркасі шафи.

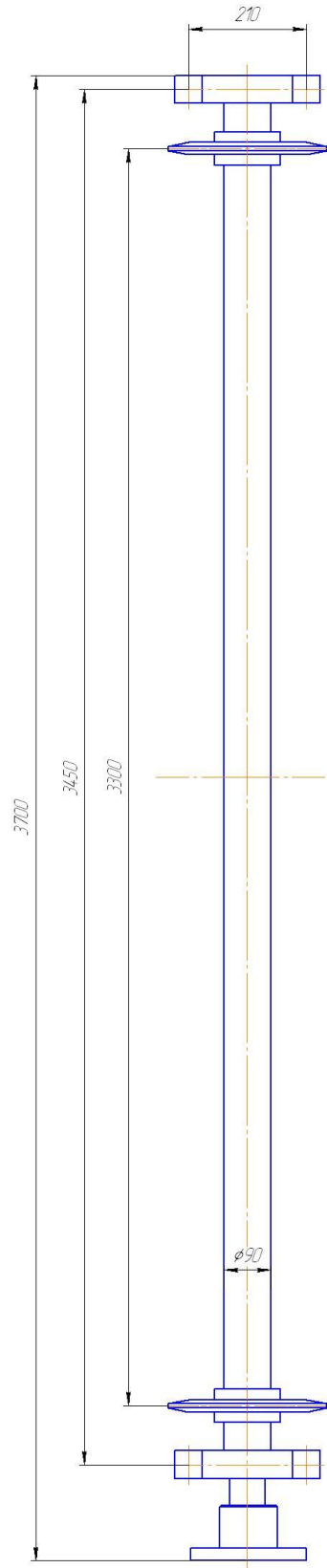


Рис. 8.1. Ескіз вузлу

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1.	Корпус підшипника	1
2.	Кришка підшипника	1
3.	Підшипник	1
4.	Болт М6х24	36
5.	Гайка М6	36
6.	Шайба 6	36
7.	Прокладка	6
8.	Ущільнювач	2
9.	Вал	1
10.	Шпонка напівмуфти	1
11.	Напівмуфта	1
12.	Болт М4х12	1
13.	Шпонка конвеєрної зірочки	2
14.	Конвеєрна зірочка	2
15.	Болт М4х10	2

Табл. 8.2. Технологічний маршрут складання вузлу

Номер переходу	Зміст переходу
10. Встановлення конвеєрної зірочки СК1	
10.1.	Встановити шпонку на вал
10.2.	Змонтувати зірочку
10.3.	Закрутити стопорний болт
20. Встановлення конвеєрної зірочки СК2	
20.1.	Встановити шпонку на вал

20.2.	Змонтувати зірочку
20.3.	Закрутити стопорний болт

30. Збирання підшипникового вузла СКЗ

30.1.	Встановити корпус підшипника на каркас і закріпити його
30.2.	Вставити 6 болтів
30.4.	Встановити підшипник
30.4.	Встановити ущільнювач в кришку підшипника
30.5.	Встановити прокладку
30.6.	Встановити кришку підшипника
30.7.	Встановити на болти 6 шайб
30.8.	Закрутити 6 гайок

40. Збирання підшипникового вузла СК4

40.1.	Встановити корпус підшипника на каркас і закріпити його
40.2.	Вставити 6 болтів
40.4.	Встановити підшипник
40.4.	Встановити ущільнювач в кришку підшипника
40.5.	Встановити прокладку
40.6.	Встановити кришку підшипника
40.7.	Встановити на болти 6 шайб
40.8.	Закрутити 6 гайок

50. Встановлення приводного валу

50.1.	Встановити приводний вал в підшипниках
-------	--

60. Встановлення напівмуфти СК5

60.1.	Встановити шпонку на вал
60.2.	Змонтувати напівмуфту
60.3.	Закрутити стопорний болт

Розрахунок надійності деталі при експлуатації

Проведем розрахунок ймовірності безвідмовної роботи вала для критичного перерізу в місці шпоночного пазу, у якого: $d_1 = 70$ мм, висоту шпонкового пазу $t = 10$ мм, ширину шпонкового пазу $b = 15$ мм. З довідника знаходимо для сталі 45 значення $\sigma_{вр} = 700$ МПа, а з технічної документації на вузол з'ясовуємо, що значення згинаючого та крутного моментів: $M_{зг} = 1323$ Н·м; $M_{кр} = 6084$ Н·м. Розподіл моментів підпорядковується нормальному закону.

3. Шляхом інтерполяції знаходимо ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні вала для шпонки при $\sigma_{вр} = 700$ МПа

$$K_{\sigma} = 1,75; K_{\tau} = 1,6.$$

4. Масштабний фактор при згинанні та крученні вала визначаємо за величиною його меншого діаметра (для вала з шпонковим пазом – діаметр вала d_1).

Для нашого прикладу $d_1 = 70$ мм коефіцієнти дорівнюють: $\varepsilon_{\sigma} = 0,7$; $\varepsilon_{\tau} = 0,7$.

5. Середні значення амплітуд напружень при згинанні та крученні для нашого прикладу визначають за формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_1 - \frac{bt(d_1 - t)^2}{d_1}} = \frac{32 \cdot 1323}{\frac{3 \cdot 14 \cdot 70}{32} - \frac{15 \cdot 10(70 - 10)^2}{70}} = 4,4 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{\pi d_1 - \frac{bt(d_1 - t)^2}{d_1}} = \frac{6084}{\frac{3 \cdot 14 \cdot 70}{32} - \frac{15 \cdot 10(70 - 10)^2}{70}} = 18,1 \text{ МПа},$$

де - $W_{зг}$, $W_{кр}$ - момент опору при згинанні та крученні в критичному перерізі валу, мм³.

6. Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні валу становить відповідно:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \sigma_{и}} = \frac{280}{\frac{1,75}{0,7} \cdot 4,4} = 1,8;$$

$$n_{\tau} = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,6}{0,7} 18,1} = 7,64;$$

де $\sigma_{-1} = 280$ МПа, $\tau_{-1} = 140$ МПа – границі витривалості матеріалу валу (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні (довідникові дані).

7. Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 \cdot n_{\tau}^2}} = \frac{1,8 \cdot 7,64}{\sqrt{1,8^2 \cdot 7,64^2}} = 1,75.$$

8. Середнє квадратичне відхилення амплітуд напружень

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{зг}}{3} = \frac{4,6 \cdot 4,4}{3} = 6,75 \text{ МПа, де } A = \frac{M_{кр}}{M_{зг}} = \frac{6084}{1323} = 4,6.$$

9. Коефіцієнт варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{зг}} = \frac{4,4}{6,75} = 0,3.$$

10. Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд $v_a = 0,3$. Знаходимо за графіком ймовірність відмови (руйнування валу в критичному перетині) при одержаних розрахункових даних ($n = 1,75$; $v_a = 0,3$). Ймовірність руйнування валу в критичному перерізі: $F(t) = 0,08$.

11. Враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$P(t) = 1 - F(t) = 100 - 0,08 = 99,2.$$

Одержаний показник свідчить, що вал має високу експлуатаційну надійність.

Висновки

В процесі дослідження параметрів роботи шаф вистоювання вирішені наступні задачі:

1. Створені тривимірні моделі шаф вистоювання РШВ та Gostol.
2. Створені та адаптовані математичні моделі відповідних шаф вистоювання.
3. Створені імітаційні комп'ютерні моделі шаф вистоювання.
4. Отримані графічні та чисельні дані розрахунків швидкостей руху повітря, зміни температури, дисипаційних процесів.
5. В результаті моделювання запропоновані конструктивні заходи для покращення роботи шаф вертикального типу.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доломакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа МАХФВ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Висновки	22214.1.KP.12.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/	

Література

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1978. – 560 с.
2. Гальперин Д.М., Горбатов В.М. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт оборудования. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 576 с.
3. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. – Х.: Выща шк. Изд-во при ХГУ, 1988. – 142 с.
4. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 208 с.
5. Лунин О.Г., Черноиванник А.Я. Технологическое оборудование предприятий. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 344 с.
6. Михилев А.А. Справочник по хлебопекарному производству. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 287 с.
7. Никитин В.С., Бурашников Ю.М. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1991– 350 с.
8. Организация и планирование производства на предприятиях пищевой промышленности / Донсков В.Е., Зуева Р.В., Кружкова Р.В. и др.; Под ред. Донскова В.Е. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 592 с.
9. Павлице В.Т. Основы конструювання та розрахунок деталей машин. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
10. Сегеда Д.Г., Дашевский В.И. Охрана труда в пищевой промышленности. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 344 с.
11. Справочное руководство по черчению / В.Н. Богданов, И.Ф. Малежик, А.П. Верхола и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Доламакін Ю.Ю.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Колесник Р.	Назва, додаткова назва Література	22214.1.KP.12.000.ПЗ				
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/	

12. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий / Б.М.Азаров, А.Т.Лисовенко, С.А.Мачихин и др.; Под ред. С.А.Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.

13. Технология пищевых производств / Л.П. Ковальская, И.С. Шуб, Г.М. Мелькина и др.; Под ред. Л.П. Ковальской. – М.: Колос, 1997. – 752 с.

14. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.

15. Гальперин Д.М., Миловидов Г.В. Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1990. – 399с.

16. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. – К.: Тов. „Руслана”, 1998. – 415с.

17.Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: Логос, 2002. – 365.

18. Лісовенко О.Т. Технологічне обладнання хлібопекарних і макаронних виробництв. – К.: Наукова думка, 2000. – 286 с.

19. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та інші. За ред. В.Г. Мирончука. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.

20. Хромеев В.М. Технологическое оборудование хлебозаводов и макаронных фабрик. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 496 с.

21.<http://www.zip-service.pp.ua/34-rasstojnyj-shkaf-firmy-unox.html>