

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація конвеєра тістових заготовок машини кінцевого розстоювання Т1-ХР-2А-30

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МОм-61
спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

Мацєга Р. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Зварич Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворощук В.Я
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Вітєнко Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри обладнання харчових технологій

_____ д.т.н., проф. Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«_____»

2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(Назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Мацезі Роману Ігоровичу

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

1. Тема роботи

Модернізація конвеєра тістових заготовок машини кінцевого розстоювання Т1-ХР-2А-30

Керівник роботи

Зварич Наталя Миколаївна

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

Затверджені наказом по університету від 16.11.2023 року № 4/7-1062

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Паспорт машини кінцевого розстоювання тістових заготовок Т1-ХР-2А-30

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасного технологічного обладнання для виготовлення хлібобулочних виробів, вибір і обґрунтування напрямку дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції машини кінцевого розстоювання Т1-ХР-2А-30. 4. Математичне моделювання технологічної або технічної системи, що розглядається в роботі. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) Машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30. Вигляд загальний 1Ф.А1. Вал привідний машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30. Складальне креслення. 1Ф.А1. Люлька машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30. Складальне креслення. 1Ф.А1. Структурна та кінематична схеми машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30 1Ф.А1. Плакати (слайди): 3D моделювання зірочки конвеєра машини кінцевого розстоювання тістових заготовок. Дослідження теплообміну через зовнішні стінки машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30, аналіз результатів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І., доц. каф ОХ, Стручок В.С., стар. викл. каф. ОХ		
Нормоконтроль	Ворошук В.А, доц. каф.ОХ		

7. Дата видачі завдання 16.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	<i>Вступ.</i>	20.11.2023	
1.	<i>Аналіз сучасного технологічного обладнання для виготовлення хлібобулочних виробів, вибір і обґрунтування напрямку дослідження.</i>		
2.	<i>Методи та методика досліджень.</i>	25.11.2023	
3.	<i>Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції машини кінцевого розстоювання Т1-ХР-2А-30</i>	30.11.2023	
4	<i>Математичне моделювання технологічної або технічної системи, що розглядається в роботі</i>	04.12.2023	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.</i>	10.12.2023	
	<i>Висновки. Перелік посилань</i>	15.12.2023	
	Графічна частина		
1.	<i>Машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30 . Вигляд загальний 1Ф.А1.</i>	22.11.2023	
2	<i>Вал привідний машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30. Складальне креслення. 1Ф.А1.</i>	27.11.2023	
3.	<i>Люлька машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30. Складальне креслення. 1Ф.А1.</i>	03.12.2023	
4	<i>Структурна та кінематична схеми машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-301Ф.А1</i>	15.12.2023	
5	<i>Плакати (слайди) 4Ф.А1:</i>	15.12.2023	
	<i>3D моделювання зірочки конвеєра машини кінцевого розстоювання тістових заготовок. Дослідження теплообміну через зонісні стінки машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30, аналіз результатів..</i>		

Студент

(підпис)

Мацєга Р.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Зварич Н.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мацєга Р. І. Модернізація конвеєра тістових заготовок машини кінцевого розстоювання Т1-ХР-2А-30.133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2023

В кваліфікаційній роботі розглянуто вплив конструктивних параметрів машини кінцевого розстоювання Т1-ХР-2А-30 на процес обробки тістових заготовок та запропоновано заходи з модернізації.

Ключові слова: конвеєр тістових заготовок, зірочка, кінцеве розстоювання, теплообмін

ABSTRACT

Matseha R. I. Modernization of the conveyor for dough pieces in the final proofing machine, model T1-XR-2A-30. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University. - Ternopil, 2023.

The impact of construction parameters of the final proofing machine model T1-XR-2A-30 for the process of production of dough pieces was researched in the thesis. Modernization measures for the final proofing machine, model T1-XR-2A-30 are suggested.

Keywords: conveyor for dough pieces, sprocket, final proofing, heat exchange.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1. Сучасні конструкції технологічного обладнання для розстоювання тістових заготовок і обґрунтування їх застосування при виробництві хлібобулочних виробів	9
1.2. Техніко-економічне обґрунтування модернізації розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30.....	20
1.3. Мета і задачі кваліфікаційної роботи.....	22
2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
2.1. Обґрунтування вибору методів і засобів досліджень.....	24
2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання	25
3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ КІНЦЕВОГО РОЗСТОЮВАННЯ Т1-ХР-2А-30	26
3.1.Опис технологічної операції, яка виконується за допомогою розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30	26
3.2. Загальний опис конструкції і принципу дії машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30	27
3.3. Технологічний розрахунок машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30	34
3.4. Визначення потужності необхідної для приводу конвеєра	35
3.5. Аналіз структури машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30	36
3.6. Розроблення і розрахунок кінематичної схеми розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30	37
3.7. Конструктивні розрахунки окремих вузлів і елементів машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30	42

3.7.1. Розрахунок вала привідного приводу розстійної шафи	42
3.7.2. Розрахунок клинопасової передачі приводу машини кінцевого розстоювання	47
3.7.3. Розрахунок ланцюгової передачі машини кінцевого розстоювання марки T1-XP-2A-30	51
4. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АБО ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ, ЩО РОЗГЛЯДАЄТЬСЯ В РОБОТІ	57
4.1. Дослідження втрат теплоти через стінки розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки T1-XP-2A-30	57
4.2. Розрахунок теплопередачі через панелі із різних матеріалів та різних конструкцій	63
4.2.1. Результати розрахунків залежності коефіцієнта теплопередачі, втрат тепла та вартості матеріалів при використанні в якості обшивки розстійної шафи сендвіч - панелей з наповнювачем із пінополістиролу та обкладок з сталі та алюмінію	64
4.2.2. Результати розрахунку залежностей коефіцієнта теплопередачі, втрат тепла та вартості матеріалів при використанні в якості обшивки розстійної шафи сендвіч - панелей з наповнювачем із мінеральної вати та обкладок з сталі та алюмінію	68
4.2.3. Результати розрахунків коефіцієнтів теплопередачі, втрат теплоти через прозорі елементи стінки в залежності від їх товщини	69
4.2 Проведення оптимізації форми привідної зірочки конвеєра.....	73
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
5.1. Охорона праці.....	76
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	79
Площа об'єкта	81
ВИСНОВКИ.....	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	85
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Безперервне підвищення технологічного і технічного рівня підприємств викликає необхідність підвищення кваліфікації робітників та удосконалення знань інженерно-технічних робітників підприємств та об'єднань.

Створення нового технологічного обладнання для харчової промисловості нерозривно пов'язано з використанням найновіших досягнень в області тепло і масообміну. Особливе значення тепло і масообмін має в таких технологічних процесах як процес сушіння і процес випікання хлібобулочних виробів.

За останні роки в хлібопекарній промисловості здійснювалася, і досі триває реконструкція діючого обладнання та введення нових конструкцій, в яких забезпечений оптимальний режим, створений в відповідності з основними положеннями загальної теорії процесу випічки.

Харчове обладнання має відповідати не лише високим стандартам якості продукції, але й враховувати різноманітні технічні та економічні вимоги.

Ключові вимоги до оптимальних конструкцій харчового обладнання включають:

1. Простоту, компактність та технологічність конструкцій з огляду на їх легкість виготовлення, монтажу та ремонту, стандартизацію вузлів та деталей.
2. Механічну надійність, міцність, жорсткість, стійкість та тривалу експлуатацію обладнання.
3. Відповідність технологічним вимогам, забезпечення необхідного режиму (температури, вологості, часу обробки), виготовлення продукту відповідної якості, зручність обслуговування та очищення, регулювання та контроль роботи.

4. Забезпечення безпеки обслуговування, включаючи наявність огорожувальних пристроїв.
5. Мінімізацію вартості проектування, виробництва та експлуатації.
6. Зручність у транспортуванні (можливість розміщення окремих частин у габаритах залізничного рухомого складу та вага, що не перевищує вантажопідйомність вагона або платформи).

Задовольнити всі ці вимоги абсолютно практично неможливо. Однак завдання конструктора полягає в створенні максимально раціональної конструкції, орієнтованої на технічні умови та виробничі потреби.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Сучасні конструкції технологічного обладнання для розстоювання тістових заготовок і обґрунтування їх застосування при виробництві хлібобулочних виробів

Після ферментації тісто піддають обробці. У випадку тіста з пшеничного борошна, процес включає кілька етапів: розділення тіста на частини, їх округлення та переднє розстояння, а також формування та кінцеве розстоювання. В обробці тіста з житнього або житньо-пшеничного борошна є деякі відмінності, оскільки вона включає лише розділення на частини, їх формування та кінцеве розстояння. Усі ці процеси виконуються спеціальними машинами та пристроями: роздільними машинами для тіста, машинами для округлення, формуючими машинами та конвеєрними системами для переднього та кінцевого розстояння.

Процес розстоювання тістових заготовок складається з двох етапів: попереднього розстоювання та кінцевого. Попереднє розстоювання застосовується у випадках обробки тіста з сортової пшеничної муки. Цей етап відбувається після округлення і триває 5—7 хвилин, не вимагаючи конкретних параметрів середовища. Часто цей процес здійснюється безпосередньо в цеху під час переміщення шматків тіста за допомогою транспортних пристроїв.

Останній етап розстоювання проводиться після фінішного формування тістових заготовок протягом 35—60 хвилин в залежності від типу виробів. Протягом цього часу, завдяки процесу бродіння, структура тіста стає рівномірно-пористою, об'єм заготовок збільшується в 1,4—1,5 рази, а густина знижується на 30—35%. Це призводить до отримання заготовок з

однорідною, гладкою та еластичною поверхнею. Для проведення цього етапу необхідне середовище з відносною вологістю 75—80% та температурою 35—40 °С.

Часто остаточне розстоювання виконують у спеціальних камерах або шафах різної конструкції.

Обладнання для попереднього розстоювання пшеничного тіста може бути виконане у вигляді відкритих стрічкових транспортерів або шаф. У середині них встановлюється система стрічкових транспортерів або ланцюговий конвейер. Відкриті стрічкові транспортери (рис. 1.1.а) виконуються однорядними або в декілька рядів і розташовуються, як правило, на висоті 2—3 м, де температурні та вологостні умови найбільш сприятливі.

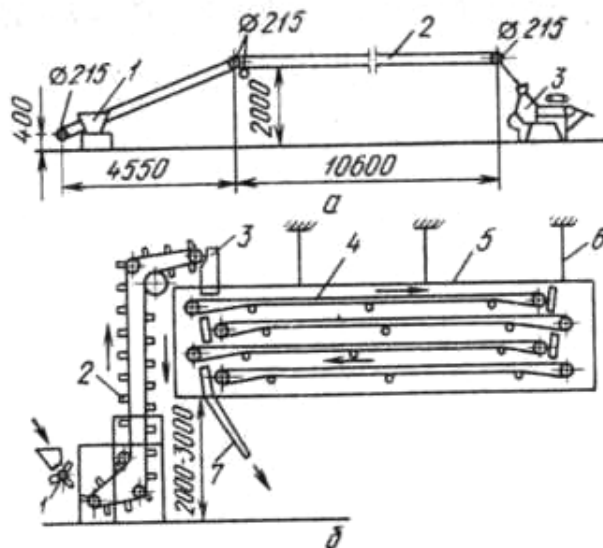


Рисунок 1.1. – Обладнання для попереднього розстоювання тістових заготовок: а) стрічковий транспортер відкритого типу; б) шафа з транспортером стрічкового типу

У першому випадку тістові заготовки безпосередньо з округлювача 1 переходять на стрічковий транспортер 2 і направляються в тістозакочувальну машину 3.

На рисунку 1.1.б показана шафа 5 для попереднього розстоювання тіста, де встановлено кілька окремих стрічкових транспортерів 4. Шафу монтується під міжповерховим перекриттям за допомогою підвісок 6.

Шматки тіста постачаються в ковшовий ланцюговий елеватор 2, який через лоток-розподільник 3 направляє шматки на верхній стрічковий транспортер. Потім шматки переміщуються по черзі із стрічки на стрічку, а через лоток 7 вони подаються в машину для формування. Це переміщення сприяє рівномірному розстоюванню, уникаючи одностороннього висихання шматків тіста. Недоліком таких шаф є їх великі розміри та те, що нижня частина кожного стрічкового транспортера не використовується.

На рис. 1.2 показана шафа з вертикальним люльковим конвейєром, призначена для попереднього розстоювання тістових заготовок для дрібних виробів (рогаликів, булочок).

Усередині шафи 2 розташований двохланцюговий люльковий конвейєр 3, який складається з семи пар ланцюгових зірочок 4. Пара зірочок 10 є привідною. До ланцюгів конвейєра прикріплено 100 люлок 1, які мають по 10 комірок і виготовлені у формі рамок, покритих матеріалом.

Шматки тіста з ділильно-заокруглювальної машини подаються в кожну люльку. Після проходження конвейєра люлки наближаються до розвантажувального пристрою і, зіштовхуючись своїми роликами з направляючими 5, викидаються. Шматки тіста через лотки 6 потрапляють на приймальний транспортер 8, який веде їх до машин для формування. Якщо потрібно збільшити час розстоювання, вихідні отвори лотків 6 закриваються поворотними планками 7. У цьому випадку шматки тіста направляються через лоток 9 в попередню люльку, але в комірки, розташовані ліворуч від тих, з яких вони випали (з точки зору розвантаження). Ця процедура може повторюватися до п'яти разів залежно від необхідного часу розстоювання.

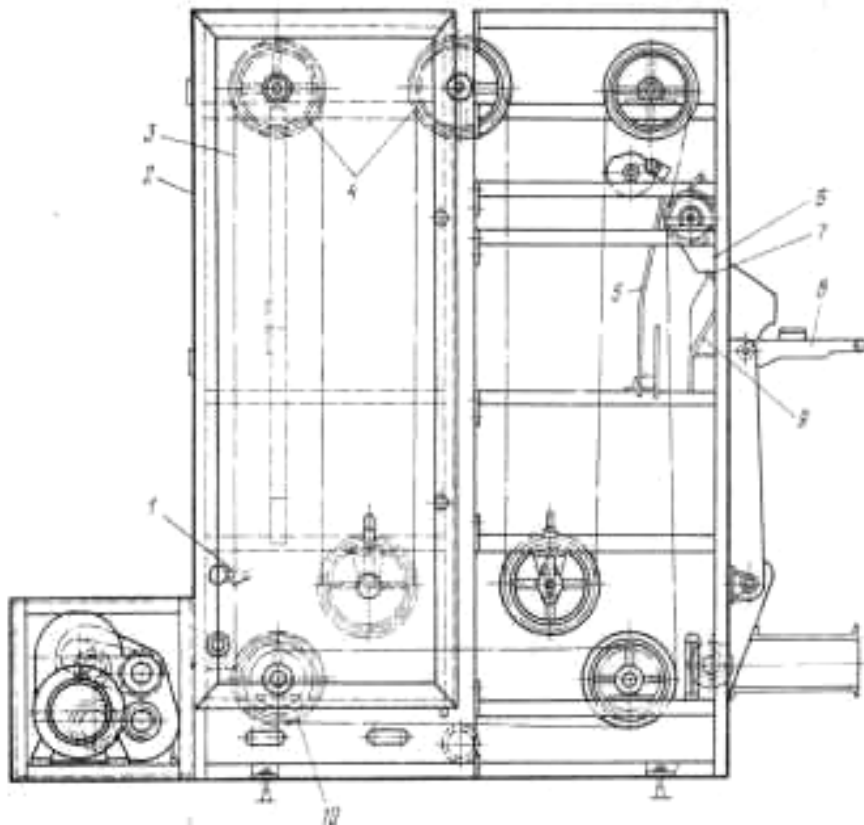


Рисунок 1.2. – Шафа з люльковим ланцюговим конвейєром для попереднього розстоювання

Тривалість розстоювання в цій шафі можна регулювати в межах від 2 до 10 хв. Продуктивність — до 5000 заготовок в годину. Конвейєр приводиться в рух від електродвигуна ($N = 4,5 \text{ кВт}$, $n = 930 \text{ об/мин}$).

Обладнання для остаточного розстоювання тіста. В даний час найчастіше для остаточного розстоювання використовуються конвейєрні шафи.

За розташуванням ланцюгового конвейєра шафи можуть бути горизонтальні і вертикальні; за технологічним призначенням — універсальні і спеціалізовані. Універсальні конвейєрні шафи призначені для остаточного розстоювання тістових заготовок при виробництві широкого асортименту хлібобулочних виробів, що є їх перевагою. Недоліком їх є - утруднення механізації завантаження і розвантаження люльок.

На рисунку 1.3, *a* показана конвеєрна шафа Т1-ХР-2А-30. Ця шафа має Г-подібну форму і каркас *б* зварної конструкції з кутового прокату, який складається з уніфікованих секцій *7*. Каркас облицьований щитами *5* та *22* і дверцятами *9*, виконаними у вигляді сталевих панелей, всередині яких укладений теплоізоляційний матеріал. Між щитами і дверцятами укріплені ущільнюючі гумові прокладки. Консольна частина шафи спирається на дві стійки *15*, виготовлені із сталі швелерного профілю. Усередині шафи розташований ланцюговий конвеєр, що складається з семи пар ланцюгових зірочок *23*, *3*, *4*, *10*, *12*, *14* і *19* і двох тягових пластинчато-каткових ланцюгів *8* з кроком 100 мм, які переміщуються по направляючих *18*.

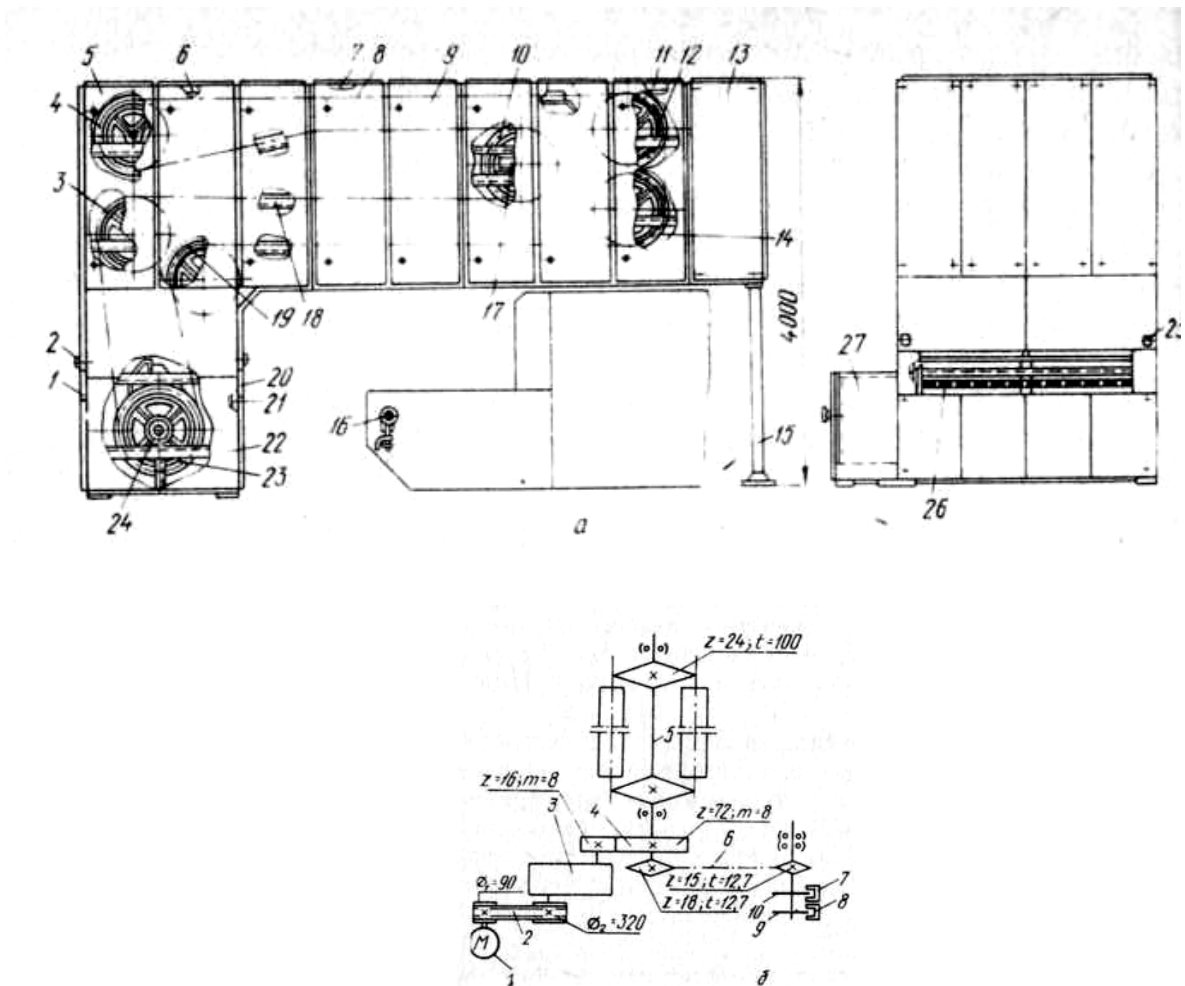


Рисунок 1.3. - Конвеєрна шафа Т1-ХР-2А-30: *a* - загальний вид,
б - кінематичний схема

Пара зірочок 23, яка становлена на головному валу 24, є привідною, решта зірочок є веденими і вільно насаджені на осі. Пара зірочок 10 має натяжну станцію 17. До ланцюгів на спеціальних консольних пальцях шарнірно підвішені 34 двохполичні люльки 26 розміром 340x1930мм, з кроком 500 мм, причому верхня полиця знімається при розстоюванні тістових заготовок формового хліба.

Ручне завантаження та вивантаження тістових заготовок відбуваються через вікна 1 та 20 у вертикальній секції 21. Для створення оптимальної температури та вологості в середовищі всередині шафи використовується автоматичний кондиціонер 13, який регулює зазначені параметри в кінцевій секції 11 шафи.

Розстоювання подових виробів здійснюється на листах, які встановлюються на двох полицях; розстоювання формового хліба — на нижній полиці, при цьому верхня полиця знімається. Пуск двигуна конвеєра шафи виконується вручну за допомогою кнопочового пускача 25. Для вмикання конвеєра в аварійних випадках встановлений вимикач 2. Конвеєр шафи приводиться в рух від електродвигуна 1 ($N= 1,3$ кВт, $n=1500$ об/хв. (рис. 1.3. б), який через клинопасову передачу 2, циліндричний редуктор 3 типу Ц24-160-40-12КУ2 і зубчасту передачу 4 обертає привідний вал 5 конвеєра. Рух конвеєра переривистий, що забезпечується механізмом регулювання тривалості розстоювання. Механізм складається з двох алюмінієвих дисків 9 і 10, які обертаються одночасно від привідного вала 5 конвеєра через ланцюгову передачу 6. Кожний диск має по вісім прапорців, які при обертанні диска проходять через безконтактні шляхові перемикачі 7 і 8.

Регулювання часу розстоювання здійснюється зміною числа завантажуваних люльок. При максимальному часі розстоювання всі люльки конвеєра зупиняються і завантажуються тістовими заготовками. При необхідності скорочення часу розстоювання частина люльок пропускається без завантаження. Пропускання певної кількості люльок без завантаження

здійснюється за допомогою дисків 9 і 10 з прапорцями і безконтактних шляхових перемикачів 7 і 8, зв'язаних і керованих кроковим шукачем, який встановлений на пульті управління. При підході люльки до місця завантаження диск 9 при обертанні прапорцем впливає на безконтактний шляховий перемикач 8, при цьому спрацьовує котушка крокового шукача, який встановлений на пульті управління. Кроковий шукач здійснює один крок і вимикається. При цьому електродвигун приводу конвеєра відключається і люлька зупиняється.

На панелі пульта управління конвеєром шафи встановлений перемикач, на шкалі якого вказано різне число робочих люльок, необхідне для завантаження при встановленому часі розстоювання. Наприклад, на шкалі вказано число робочих люльок з інтервалом в дві люльки 15, 17, 19, 21, 23 і т. д., причому останнє число робочих люльок вказано підряд, наприклад 27, 28, 29, 30. При необхідності встановити заданий час розстоювання перемикач встановлюється на шкалі на відповідне число робочих люльок. Наприклад, 27 робочих люльок, при цьому кроковий шукач, пов'язаний з перемикачем за повний оборот конвеєра, тричі блокуватиме безконтактний шляховий перемикач 8 і відповідно ланцюг магнітного пускача електродвигуна. В результаті електродвигун приводу не зупиняється і люлька конвеєра, не зупиняючись, проходить мимо завантажувального вікна. Управління рухом конвеєра шафи проводиться з пульта управління, в схемі якого передбачено два режими управління: «ручний» і «Автоматичний». При ручному режимі управління включення електродвигуна конвеєра шафи здійснюється від кнопкового пускача 25 (рис. 1.3,а), а зупинка конвеєра за допомогою диска 10, який своїми прапорцями, впливаючи на безконтактний шляховий перемикач 7, блокує ланцюг магнітного пускача і відключає двигун конвеєра. При роботі в автоматичному режимі включення конвеєра шафи проводиться контактами 16 від механізму приводу печі. Включення конвеєра для зупинки люльки під завантаження проводиться при дії прапорця диска 9 (рис. 1.3,б) на безконтактний шляховий перемикач 8.

Шафи конвеєрні універсальні Т1-ХР2-Г-30 і Т1-ХР2-Г-48 мають однакову структуру і представляють собою подібність. Ці шафи призначені для остаточного розстоювання тістових заготовок різноманітних хлібобулочних виробів. Їх встановлюють разом із печами, які можуть бути люльковими або стрічковими, із шириною від 1.4 до 1.5 м та площею до 8 м². Обидві конвеєрні шафи мають Г-подібну форму та ланцюговий конвеєр із кроком пластинчасто-каткового ланцюга 100 мм.

На консольних пальцях ланцюгів ушарнірно підвішені двохполочні люльки розміром 340x1500 мм із кроком 500 мм. Перше виконання зазначених шаф містить 30 робочих люлек, а друге виконання - 48 робочих люлок.

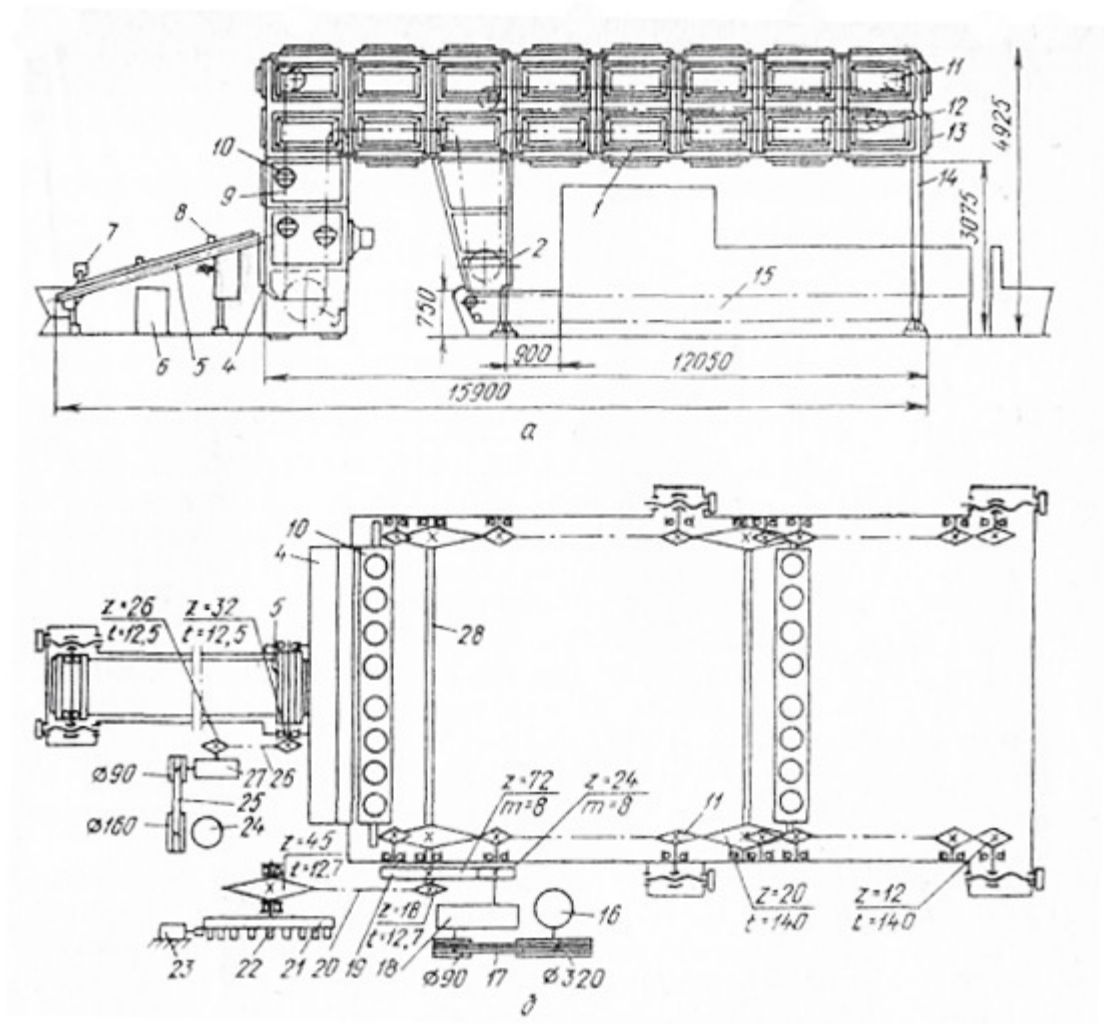


Рисунок 1.4. - Конвеєрна шафа Т1-ХР3:

a – загальний вигляд, *б* — кінематична схема приводу

Конвеєрна шафа Т1-ХРЗ (рис. 1.4, а)призначена для остаточного розстоювання тістових заготовок при виробництві круглого подового хліба масою 1 кг в автоматизованих потокових лініях з печами зі стрічковим і люльковими подами площею від 25 до 50 м². Ця шафа виготовляється трьох модифікацій: Т1-ХРЗ-80 для печей з площею поду 25 м²; Т1-ХРЗ-120 для печей з площею поду 40 м²; Т1-ХРЗ-140 для печей з площею поду 50 м². Ці шафи однакові по конструкції і розрізняються між собою кількістю горизонтальних секцій каркаса і люльок.

В комплект шафи входять подаючий стрічковий транспортер 5, механічний посадчик 4 тістових заготовок маятникового типу, механізм 2 розвантаження люльок на под печі, пульт управління 6 і патрубки 13 для подачі в шафу кондиційованого повітря. Конвеєрна шафа є каркасом, зібраним з уніфікованих секцій 1. Консольна частина шафи спирається на стійки 14. У середині шафи змонтований чотирьохнитковий конвеєр, який складається з дев'яти пар ланцюгових зірочок і двох нескінченних втулково-роликів тягових ланцюгів 9 з кроком 100 мм. Зірочки 3 є привідними, а дві пари зірочок 11 і 12 — натяжними. До ланцюгів через кожні три ланки з кроком 300 мм шарнірно підвішені восьмикишенькові люльки 10 в кількості 80, 120 або 140 шт., залежно від модифікації шафи.

Рух конвеєра шафи для розстоювання періодичний. Конвеєрна шафа може працювати в ручному і автоматичному режимах. При автоматичній роботі тестоділильна машина працює періодично і зупиняється після видачі кожних восьми тістових заготовок. Пуск ділильника проводиться від датчика, розташованого на печі. Тістові заготовки в кількості 8 шт. по черзі з округлювача поступають на стрічковий транспортер 5, стрічка якого посипається боршном з борошнопосипача 7. Далі, проходячи під гнучкі кантувачі 8, заготовки поступають в механічний посадчик 4, який укладає їх в кишеню люльки конвеєра. Після укладання в люльку восьми заготовок датчик включає електродвигун конвеєра розстоювання, внаслідок чого

ланцюг переміщається на один крок люльок і зупиняється кінцевим вимикачем механізму регулювання часу розстоювання.

Після проходження люльками робочої ділянки ланцюга закінчується розстоювання, і коли люлька доходить до механізму 2 розвантажувального упора, касета люльки перекидається і тістові заготовки укладаються на под печі 15. Повернення касет люльок в початкове положення приводиться також з допомогою подальших двох упорів. При випічці виробів на люльковому поді в тупикових печах вивантаження тістових заготовок з люльок конвейєра шафи проводиться на площину посадочного механізму.

Ланцюговий конвеєр шафи (рис. 1.4, б) приводиться в рух від електродвигуна 16 ($N=1,7$ кВт, $n=1420$ об/хв.), який через клинопасову передачу 17, циліндричний редуктор 18 і зубчасту передачу 19 обертає привідний вал 28.

Тривалість розстоювання регулюється шляхом зміни числа завантажуваних люльок за допомогою диска, що обертається, 21 з десятьма упорами 22. Привід диска здійснюється від привідного валу конвеєра за допомогою ланцюгової передачі 20. Все число робочих люльок умовно розділено на партії по 20 люльок. Кожною парною люлькою в партії управляє один упор диска. При висуненні на диску одного упора останній взаємодіє з роликком кінцевого вимикача 23, який блокує виключення електродвигуна 16. В результаті цього одна парна люлька з 20 буде проходити без зупинки під завантаження. Те ж відбувається при висуненні двох, трьох і більш упорів. При висуненні десяти упорів десять парних люльок з кожних 20 проходять без зупинки під завантаження. В цьому випадку час розстоювання скоротиться в два рази. Таким чином, діапазон регулювання часу розстоювання складає 1:2.

Подаючий транспортер приводиться в рух від електродвигуна 24 ($N = 0,6$ кВт, $n=1350$ об/хв) через клинопасову передачу 25, черв'ячний редуктор 27 і ланцюгову передачу 26.

Підсумовуючи переваги та недоліки різних конструкцій розстійних шаф, можна визначити ключові вимоги до їх оптимальних конструкцій:

1) простота, компактність, технологічність конструкцій з точки зору зручності і дешевизни виготовлення, монтажу і ремонту, стандартизація вузлів і деталей;

2) механічна надійність, міцність, жорсткість, стійкість і довговічність обладнання;

3) відповідність технологічним вимогам: дотримання потрібного режиму (температури, вологості, часу перебування), виробництво продукту належної якості, зручність обслуговування та очищення, регулювання та контроль роботи.;

4) питання безпеки обслуговування, та наявності огорожувальних пристроїв;

б) досягнення мінімальної вартості проектування, виготовлення і експлуатації;

7) зручність перевезення (окремі частини повинні вміщатися в габарити залізничного рухового состава, а вага — не перевищувати вантажопідйомності вагона або платформи).

Задовольнити всі ці вимоги у повній мірі практично неможливо. Однак завданням конструктора є створення найбільш раціональної конструкції, орієнтуючись на технічні умови та потреби конкретного виробництва.

1.2. Техніко-економічне обґрунтування модернізації розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

Агрегат кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30 призначений для вкладання тістових заготовок круглого подового хліба масою 0.7 ... 1.0 кг з пшеничного борошна в люльки, їх остаточного розстоювання та пересадки на под тунельної печі. Агрегат встановлюється між тісторозділювальним обладнанням та тунельною піччю з сітковим подом шириною 2.1 метра.

Ключовою частиною правильно організованого процесу остаточного розстоювання є наявність розстійної шафи, яка відповідає всім потрібним технічним та технологічним параметрам. При цьому важливо звертати увагу на якість обшивки металевго каркасу шафи та рівень її теплоізоляції, оскільки це впливає на збереження та підтримку в робочому просторі необхідних температурно-вологісних умов. Це також перешкоджає утворенню конденсату на стінах шафи, що безпосередньо впливає на кінцеву якість виробу. Розстійна шафа агрегату остаточного розстоювання є самою енергоємною його складовою. Використання як обшивки сталевих листів приводить до значних тепловтрат при експлуатації шафи і, як наслідок, підвищення температури в цеху. Крім того використання як обшивки сталевих листів надзвичайно збільшує металоємність конструкції.

З метою підвищення енергозбереження агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30 проводимо модернізацію розстійної шафи агрегату шляхом заміни панелей обшивки металевго каркаса на антикорозійний матеріал з високими теплоізоляційними властивостями.

Панелі є конструкцією з полегшеного алюмінієвого профілю з використанням як заповнення “сендвич”- панелей на основі пінополістирола (густина – 40 кг/куб.м, теплопровідність 0,038 - 0,04 Вт/м^{°С}), фанерованого з двох сторін удароміцним пластиком.

Завдяки пластиковій поверхні заповнення і полімерному покриттю профілів, в порівнянні із фарбованими поверхнями, спрощується процес санобробки панелей. Матеріал не схильний корозії і, до того ж, має красивий естетичний вигляд.

Використання енергозберігаючих “сендвич” - панелей забезпечує збереження температурно-вологісного режиму у середині розстійної шафи та економію енергоресурсів.

Для забезпечення проведення процесу остаточного розстоювання в оптимальному режимі важливе значення має конструкція люльки. Суцільна металева люлька перешкоджає рівномірній циркуляції теплого вологого повітря усередині розстійної шафи і розстоювання тістових заготовок відбувається нерівномірно, що погіршує якість готового хліба.

Тому модернізацією розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30також передбачено зміну конструкції люльки для остаточного розстоювання череневого житньо-пшеничного хліба з суцільно-металевої на каркасну. Люлька має жорсткий перфорований каркас череня, що перекидається, з окремими осередками для тістових заготівок, що дозволяє набути заготовці необхідного об'єму, при цьому дія температурно-вологісного середовища рівномірно розподіляється по всій заготовці. Також дана конструкція люльки дозволяє здійснювати автоматичну пересадку тестових заготівок на черінь печі.

Запропонована модернізація не тільки приведе до підвищення енергозберігаючих властивостей агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30(зменшення встановленої потужності електронагрівачів з 14 до 12 кВт), але й до зменшення металоємності конструкції приблизно на 1500кг, покращення умов обслуговування, покращення процесу розстоюванні, і в кінцевому випадку до зменшення собівартості та покращення якості кінцевого продукту.

1.3. Мета і задачі кваліфікаційної роботи

Теплова обробка тістових заготовок є основним процесом утворення хліба з тіста. В процесі випічки в тістових заготівках протікають складні теплофізичні, біохімічні, мікробіологічні, колоїдні процеси. Обробка заготовок на обладнанні для розділення тіста приводить до утворення щільної структури м'якуша, таке тісто зразу випікати не можна. Тому шматочки тіста піддають допоміжному бродінню - розстоюванню.

Якість випеченого хліба багато в чому залежить від правильно організованого процесу остаточного розстоювання на відповідному технологічному обладнанні, яке б відповідало всім необхідним технічним і технологічним параметрам.

Важливо враховувати якість обшивки металевого каркасу шафи та рівень її теплоізоляції, оскільки це впливає на збереження та підтримку необхідних температурно-вологісних умов у робочому просторі шафи. Це безпосередньо впливає на кінцеву якість продукції.

Для забезпечення проведення процесу остаточного розстоювання в оптимальному режимі важливе значення має конструкція люльки. Суцільна металева люлька перешкоджає рівномірній циркуляції теплого вологого повітря усередині розстійної шафи і розстоювання тістових заготовок відбувається нерівномірно, що погіршує якість готового хліба.

Тому доцільно провести модернізацію розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30 шляхом заміни панелей обшивки металевого каркаса на антикорозійний матеріал з високими теплоізоляційними властивостями, а також змінити конструкцію люльки з суцільнометалевої на каркасну.

Для цього необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз сучасних конструкцій технологічного обладнання для розстоювання тістових заготовок та основних технологічних процесів при виробництві хлібобулочних виробів,
- провести техніко-економічне обґрунтування модернізації розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30;
- проаналізувати технологічну операцію, яка виконується за допомогою розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30;
- провести технологічний розрахунок розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30 та визначення потужності необхідної для приводу конвеєра розстійної шафи;
- провести загальний опис конструкції і принципу дії агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30;
- розробити структурну та кінематичну схеми розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30;
- провести розрахунок окремих вузлів і деталей розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30: вала привідного приводу розстійної шафи, клинопасової передачі приводу розстійної шафи, ланцюгової передачі конвеєру розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30
- провести аналіз впливу технологічних та конструктивних параметрів на процес розстоювання тістових заготовок в розстійній шафі агрегату кінцевого розстоювання марки;
- провести теоретичне дослідження процесів, які відбуваються в розстійній шафі машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30;
- розробити заходи з охорони праці і техніки безпеки при експлуатації агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30.

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування вибору методів і засобів досліджень

Для проведення досліджень в кваліфікаційній роботі використано методи аналізу, синтезу, математичного моделювання, аналогії, ідеалізації, порівняння.

Метод аналізу використовувався при розгляді особливостей технології виробництва, будови та принципу роботи технологічного обладнання використовуваного при виробництві хлібобулочних виробів, дослідженні процесу розстоювання тіста, дослідженні теплообміну через стінку машини кінцевого розстоювання. Він передбачав детальний розгляд окремих елементів дослідження.

Метод синтезу в основному використовувався при узагальненні та поєднанні отриманих результатів, формулюванні висновків, рекомендацій з модернізації.

При розгляді процесу розстоювання тістових заготовок неможливо одночасно оцінити і врахувати всі фактори, які впливають на процес. Тому використовуємо метод ідеалізації для спрощення проведення досліджень, коли впливом деяких параметрів нехтуємо через їх незначний вплив, а деякі параметри вважаємо «ідеальними», тобто такими, що відповідають загально відомим принципам, формулюванням, залежностям.

Метод аналогії використовувався для перенесення і використання аналогічних результатів, формулювання рекомендацій по роботі.

Метод порівняння використовувався для встановлення мінімальних, максимальних, оптимальних даних, адекватності результатів дослідження.

2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання

В роботі широко використані сучасні методи математичного моделювання і обробки результатів. Методи математичного моделювання суттєво спрощують проведення досліджень, оскільки дозволяють вивчити значно більше параметрів і варіацій їх параметрів, а також зручно і наглядно представити отримані результати.

Всі розрахунки і представлення результатів виконані з використанням сучасних комп'ютерних методик. Розрахунки і обробка результатів виконані переважно за допомогою програмних продуктів «MS Excel», «*Mathcad*», які дозволяють ефективно обробляти дослідні данні і проводити інженерні розрахунки, віалізувати результати.

Креслення і рисунки виконані за допомогою AutoCAD, зображення оброблені в AdobeReader.

3D-моделювання зірочки конвеєра машини кінцевого розстоювання виконано за допомогою програми «SolidWorks».

Така обробка і представлення результатів дозволяють ефективно проводити дослідження, підвищують їх точність, допомагають уникати похибок, гарно віалізувати результати.

3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ КІНЦЕВОГО РОЗСТОЮВАННЯ Т1-ХР-2А-30

3.1.Опис технологічної операції, яка виконується за допомогою розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

Обробка тістових заготовок на обладнанні для розділення тіста спричиняє формування щільної структури м'якуша. У зв'язку з цим шматочки тіста піддаються процесу додаткового бродіння, відомого як розстоювання.

Процес розстоювання тістових заготовок складається з двох етапів: попереднього та кінцевого. Попереднє розстоювання застосовується при обробленні тіста з сортової пшеничної муки, проводиться після округлення протягом 5—7 хв і не потребує конкретних параметрів середовища. У деяких випадках його виконують безпосередньо в цеху під час переміщення шматків тіста за допомогою транспортних засобів.

Кінцеве розстоювання проводиться після остаточного формування тестових заготовок протягом 35—60 хв, залежно від виду виробу. Процес бродіння протягом цього часу призводить до однорідно-пористої структури тіста, збільшення об'єму заготовок у 1,4—1,5 рази, зниження густини на 30—35%. Заготівка набуває рівної, гладкої та еластичної поверхні. Кінцеве розстоювання проводять в середовищі з відносною вологістю 75—80% при температурі 35—40 °С.

Тому, для кінцевого розстоювання використовують спеціальні камери або шафи різної конструкції. На хлібозаводі ТОВ “Надзбруччя хліб” у потоковій лінії виробництва подових сортів хліба операцію кінцевого розстоювання проводять у розстійній шафі агрегату під назвою Т1-ХР2-3.

3.2. Загальний опис конструкції і принципу дії машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

Машина кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30 є складовою агрегату, призначеного для вкладання тістових заготовок круглого подового хліба масою 0.7 ... 1.0 кг з пшеничного борошна в люльки, їх кінцевого розстоювання та пересадки на под тунельної печі.

Агрегат встановлюється між тісторозділювальним обладнанням та тунельною піччю з сітковим подом шириною 2.1 метра.

В склад агрегату входять:

- конвеєр подачі,
- шафа кінцевого розстоювання,
- щит керування,
- маніпулятор-вкладач,
- механізм включення,
- механізм зупинки.

Машини агрегату зв'язані між собою та послідовно виконують ряд технологічних операцій, таких як вкладання, розстоювання та пересадка тістових заготовок. Цей агрегат електрично з'єднаний з тістоділильною машиною, і вони працюють у складі механізованої лінії.

Маніпулятор-вкладач групує округлені тістові заготовки по вісім штук і поміщає їх в люльки шафи для кінцевого розстоювання. У цього маніпулятора-вкладача є клинопасовий варіатор, який дозволяє змінювати його продуктивність.

Шафа для кінцевого розстоювання має пристрій для дистанційного регулювання тривалості розстоювання і вбудовану систему кондиціонування повітря, що автоматично створює та регулює необхідний мікроклімат у шафі. Температура контролюється в діапазоні від 32 до 40 градусів за допомогою

регулятора температури, а відносна вологість в межах 70 до 90% — за допомогою регулятора відносної вологості.

Для координації роботи агрегату з хлібопекарною піччю та тістоділильною машиною у автоматичному режимі, він оснащений механізмом включення, який монтується на натяжній станції печі, та механізмом зупинки тістоділильної машини.

В склад агрегату розстоювання входить щит, що керує роботою системи кондиціювання повітря та всіх інших механізмів агрегату.

Головні елементи агрегату кінцевого розстоювання марки T1-XP2-3.

Конвеєр подачі призначений для транспортування тістових заготовок від тістоокруглювальної машини до маніпулятора-вкладача. Технічні дані конвеєра подачі наведені в таблиці 2.

Конвеєр подачі являє собою металоконструкцію, на якій змонтовані привід, ведучий та натяжний барабани, борошнопідсипач, кантователі та борошнозбірники.

Каркас конвеєра зібраний зі зварних рам. Барабани охоплюються транспортерною стрічкою. Натяг стрічки здійснюється за допомогою натяжних гвинтів. На кронштейні закріплений борошнопідсипач, який складається з місткості з перфорованим дном, яке дотикається скребка та важільного пристрою, який зв'язаний з натяжним барабаном. Під ведучим і натяжним барабанами є знімні борошнозбірники.

Привід конвеєра змонтований на рамі, що зварена з кутників, і складається з двигуна 4AX71A4 (N=0.55кВт, n=1390об/хв), клинопасової передачі (i=1.12), черв'ячного редуктора (14-63A-20-52-1-2-У3) та ланцюгової передачі.

Таблиця 3.1. – Технічна характеристика конвеєру подачі агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

	Назва параметра	Характеристика
1.	Швидкість руху стрічки, м/с	0.4
2.	Потужність електродвигуна, кВт	0.55
3.	Габаритні розміри, мм	
	довжина	2900
	ширина	500
	висота	1450
4.	Маса, кг	194

Натяг ланцюга здійснюється за допомогою зірочки. Кут нахилу конвеєра та його висота регулюються за допомогою гвинтових опор. Каркас конвеєра облицьований щитами, які легко знімаються.

Конвеєр працює таким чином: тістові заготовки з тістозаокруглювача поступають на неперервно рухому стрічку конвеєра, посипаються борошном за допомогою борошнопосипача та кантовачів і подаються в маніпулятор-укладач для укладки в люлюки шафи кінцевого розстоювання.

Шафа кінцевого розстоювання призначена для кінцевого розстоювання тістових заготовок круглого подового хліба масою 0.7 ... 1.0 кг з пшеничного борошна.

Шафа для розстоювання тістових заготовок складається з уніфікованих секцій, в ній змонтований чотирьох нитковий люльковий конвеєр.

Каркаси уніфікованих секцій являють собою зварні конструкції з кутового прокату 75x75x6 мм. Секції лобова, спеціальна і кінцева мають однакові розміри і відрізняються одна від одної наявністю додаткових кутників для кріплення окремих елементів агрегату.

Таблиця 3.2. – Технічна характеристика шафи кінцевого розстоювання агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

	Назва параметра	Характеристика
1.	Продуктивність технічна при випіканні круглого подового хліба масою 1.0 кг (при повному завантаженні і тривалості розстоювання 45 хв.), кг/год, не менше	575
2.	Кількість ки шень в люльці, шт	8
3.	Віддаль між кишнями, мм	255
4.	Крок підвішування люльок, мм	300±1
5.	Кількість люльок, шт	
	загальна	90
	робочих	60
6.	Встановлена потужність, кВт	
	електродвигунів	2.4
	електронагрівачів	14.0
7.	Габаритні розміри, мм	
	довжина	5370
	ширина	3400
	висота	4990
8.	Маса, кг, не більше	7750

Конвеєр шафи складається з двох паралельних пластинчато-каткових тягових органів з кроком 100 мм, які охоплюють ведучі, поворотні та натяжні зірочки. Тяговий орган має консольні пальці для підвішування люльок, які розміщені через кожні 300 мм (3 ланки). Своїми катками тяговий орган переміщається по направляючим, які виконані з кутників 75x75x6 мм.

Ведучі зірочки 25 жорстко закріплені на валу 15 змонтованому в підшипниках кочення 37. На консольній частині привідного вала є запобіжна

муфта, яка складається з повідка 21, жорстко закріпленого на валу, і привідного зубчатого колеса 16, встановленого з можливістю повороту на ступиці повідка. Поводок та зубчате колесо зв'язані між собою запобіжним штифтом 17. Штифт фіксується болтом спеціальним 33. На валу 15 також закріплена зірочка 19 привода механізму зупинки.

Поворотні зірочки змонтовані на валах, які кріпляться до бокових кутників секції. Там же кріпляться натяжні станції. Натяжна станція являє дві рамки, по направляючим яких переміщуються повзуни з зірочками. Повзуни рухаються за допомогою гвинтових пар.

В розвантажувальній секції в місці розвантажування люльок встановлений розвантажувальний вал з зірочками, який має опори, що регулюються по висоті.

Зупинка конвеєра здійснюється механізмом зупинки, який одночасно служить і для регулювання тривалості розстоювання шляхом пропуску частини люльок без завантаження і розвантаження.

При скороченні тривалості розстоювання в процесі роботи частина завантажених раніше люльок повинна при новому режимі пропускатися без завантаження.

Для запобігання здвоювання рядів тістових заготовок на поду печі при завантаженні цих люльок (завантажених при роботі в попередньому режимі) агрегат оснащений блокувальним пристроєм, який контролює наявність тістових заготовок в люльках.

Якщо люлька у відповідності з новим режимом роботи повинна бути порожньою, але виявляється завантаженою, припиняється подача заготовок в агрегат на час одного циклу. Після витримки заданого часу, протягом якого ряд заготовок на поді печі переміщується на один крок, включається привід агрегату розстоювання і люлька розвантажується. Через декілька секунд вмикаються всі машини, які подають заготовки в агрегат.

Система кондиціювання повітря створює стабільний кліматичний режим усередині шафи кінцевого розстоювання. На каркасі, що закріплений

на передній стінці лобової секції шафи, змонтовані два блоки кондиціонування повітря. Кожний блок складається із відцентрового вентилятора, електронагрівача та зволожувача і з'єднаний з повітровою системою, який змонтований вздовж стінки всередині шафи. Повітроводи мають бокові отвори з шиберами для подачі кондиційованого повітря в шафу. Регулювання температури та відносної вологості пароповітряної суміші, що поступає в шафу, здійснюється за допомогою автоматичної системи регулювання. Контроль і регулювання параметрів пароповітряної суміші в шафі здійснюється за допомогою датчиків вологості і температури та дистанційних приладів, встановлених в шафі керування кондиціонером. В розстійній шафі відбувається вирівнювання температури всередині тістових заготовок та їх розстоювання в найбільш сприятливих умовах, що створює система кондиціонування повітря.

Для зменшення прилипання тістових заготовок до кишень люльок та покращення санітарного стану останніх в розстійній шафі передбачена камера сушки, через яку проходить холоста гілка конвеєра. Сушка вологих кишень здійснюється за допомогою інфрачервоних нагрівачів, установлених в камері під холостою гілкою. У вставній секції розміщені бактерицидні лампи для дезинфікуючої обробки кишень люльок.

Шафа облицьована швидко знімними теплоізоляційними щитами та дверками. Для герметизації шафи щити і дверки горизонтальної частини шафи мають гумові ущільнюючі прокладки.

Агрегат працює таким чином. Пшеничне тісто, приготовлене за заданою рецептурою, подається в приймальний бункер тістоділильної машини А2-ХТН. Остання періодично включається механізмом включення, встановленим на печі, після переміщення сітки печі на відстань, що дорівнює кроку між виробами. Після видачі восьми тістових заготовок тістоділильна машина виключається механізмом зупинки.

Пройшовши округлення, тістові заготовки конвеєром подачі подаються на приймальний лоток маніпулятора для укладки тістових заготовок в

люльки. Перед поступленням на маніпулятор поверхню тістових заготовок оброблюють борошном. Перша з восьми тістових заготовок на шляху до рольгангу маніпулятора-укладача взаємодіє з датчиком, який подає імпульс на включення приводу маніпулятора-вкладача. Вісім тістових заготовок по одній поступають на приймальний лоток маніпулятора, захоплюються однокишеньковим барабаном, що обертається, та укладаються в ківш ковшового конвеєра, що синхронно переміщується. Вісім ковшів одночасно перекидаються при русі по ступінчастій напрямній під дією сили тяжіння, пересаджуючи тістові заготовки через напрямний лоток в люльку нерухомого конвеєра розстоювання. Потім за допомогою важільного пристрою та безконтактного датчика подається імпульс на вимкнення приводу маніпулятора. Механізм включення від печі включає привід конвеєра розстоювання, який переміщує конвеєр на один крок і подає чергову люльку на позицію завантаження.

Розстоювання тістових заготовок відбувається в найбільш сприятливих кліматичних умовах, що створюється системою кондиціонування повітря. Тривалість розстоювання тістових заготовок регулюється зміною кількості завантажуваних люльок за допомогою системи дистанційного керування.

3.3. Технологічний розрахунок машини кінцевого кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

Продуктивність конвеєрної шафи Q_p (в кг/год.) визначається за формулою [5]:

$$Q_p = \frac{60 \cdot k_p \cdot G \cdot n \cdot k}{t_p},$$

де k_p - число робочих люльок в розстійній шафі. Згідно даних технічного паспорта:

$$k_p = 60;$$

G - маса однієї тістової заготовки, кг:

$$G = 1.0 \text{ кг};$$

n -число тістових заготовок на одній люльці:

$$n = 8;$$

k – число полиць на одній люльці:

$$k = 1;$$

t_p – максимальна тривалість розстоювання, хв.:

$$t_p = 45 \text{ хв.}$$

Отже, максимальна продуктивність конвеєрної шафи буде:

$$Q_p = \frac{60 \cdot 60 \cdot 1.0 \cdot 8 \cdot 1}{45} = 640 \text{ кг/год.}$$

Загальна довжина ланцюга конвеєра шафи для розстоювання $L_{заг}$:

$$L_{заг} = k_{заг} \cdot a$$

де $k_{заг}$ – загальне число люльок в розстійній шафі. Згідно даних технічного паспорта:

$$k_{заг} = 90;$$

a – відстань між люльками;

$$a = 300 \text{ мм} = 0.3 \text{ м.}$$

Отже:

$$L_{заг} = 90 \cdot 0.3 = 27 \text{ м.}$$

Швидкість ланцюгів конвейєра при рівномірно-переривистому русі із зупинкою кожної люльки при завантаженні і розвантаженні v (м/с):

$$v = \frac{L_{заг}}{60 \cdot t_{об}},$$

де $t_{об}$ - час, протягом якого ланцюги рухаються при повному обороті конвейєра без врахування часу, затраченого на вистоювання кожної люльки при завантаженні і розвантаженні, хв:

$$t_{об} = t_p - t_3 \cdot k_{заг} = 45 - 0.44 \cdot 90 = 5.4 \text{ хв},$$

де $t_3 = 0.44$ хв - час вистою люльки при її завантаженні та вивантаженні [5].

Тоді:

$$v = \frac{27}{60 \cdot 18} = 0.083 \text{ м/с}.$$

3.4. Визначення потужності необхідної для приводу конвеєра

Потужність N_p (кВт) електродвигуна конвеєра розстійної шафи визначаємо за формулою []:

$$N_p = \frac{K_3 \cdot P \cdot v}{1000 \cdot \eta},$$

де K_3 - коефіцієнт запасу потужності (1.25...1.3). Приймаємо $K_3 = 1.25$;

$P = 10.51$ к Н – тягове зусилля на привідних зірочках;

$v = 0.025$ м/с – швидкість ланцюгів;

η - к.к.д. приводу конвеєра, η приймається в межах 0,8...0,85.

$$N_p = \frac{1.25 \cdot P \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{1.25 \cdot 10510 \cdot 0.083}{1000 \cdot 0.85} = 1.283 \text{ кВт}.$$

Згідно ГОСТ 19523-81 вибираємо трьохфазний асинхронний двигун змінного струму типу 4АС80А4У3. Потужність електродвигуна $N=1.3$ кВт, частота обертання $n = 1380$ об/с.

3.5. Аналіз структури машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

На рисунку 3.1 наведена структурна схема розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30.

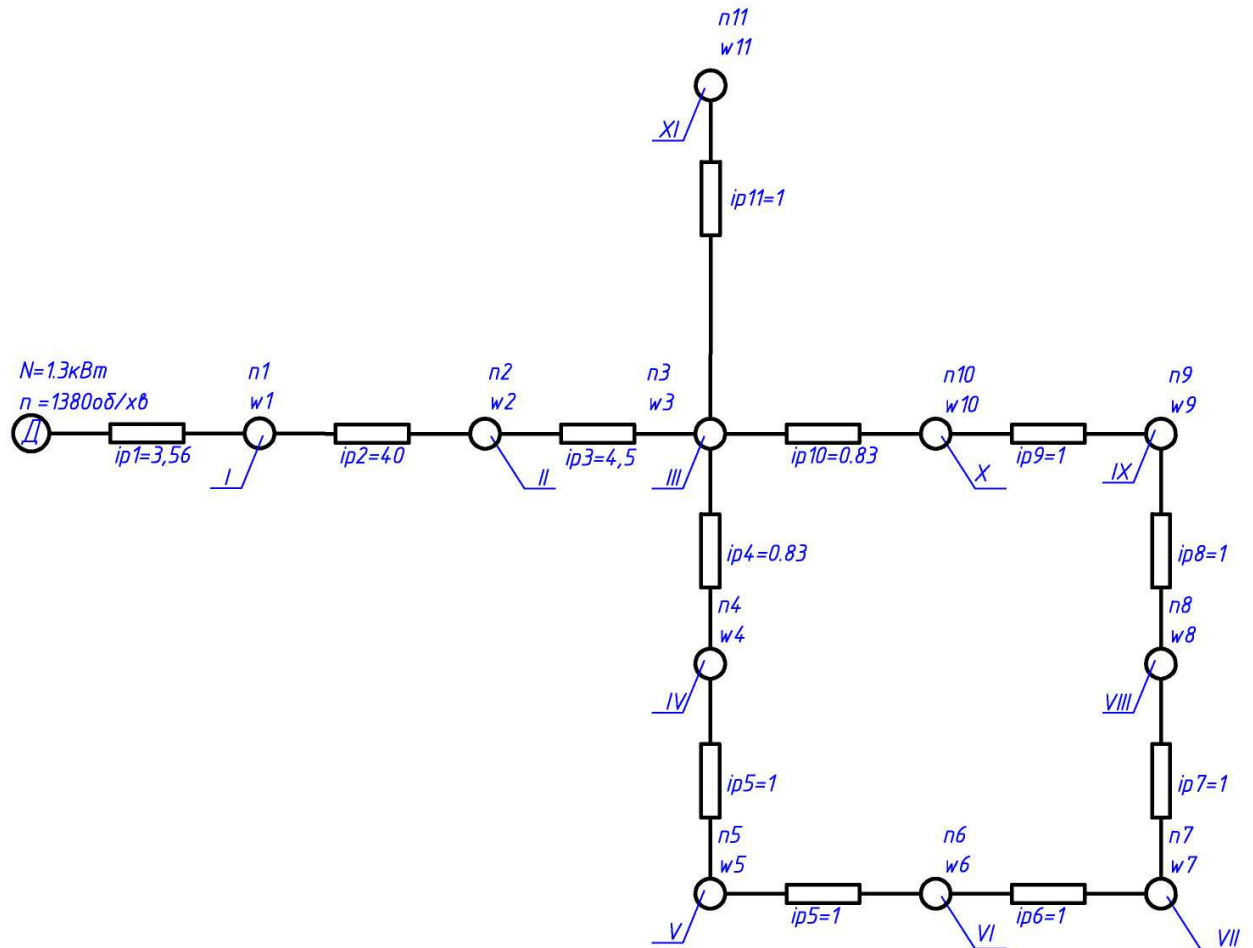


Рисунок 3.1. - Структурна схема машини кінцевого розстоювання

Схема включає електропривід, клинопасову передачу, зубчасту передачу, ланцюгові передачі, робочі органи (люльки для розстоювання тістових заготовок).

За принципом дії даний агрегат відноситься до обладнання з механічним приводом. Робочі органи відносяться до деталей типу – “вал” і здійснюють обертовий рух.

3.6. Розроблення і розрахунок кінематичної схеми розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

На рисунку 3.2 показана кінематична машина кінцевого розстоювання. Привід конвейера розстійної шафи від електродвигуна здійснюється через клинопасову передачу, циліндричний редуктор та зубчасту пару. Конвеєр шафи складається з двох паралельних пластинчато-каткових тягових органів з кроком 100 мм, які охоплюють ведучі, поворотні та натяжні зірочки.

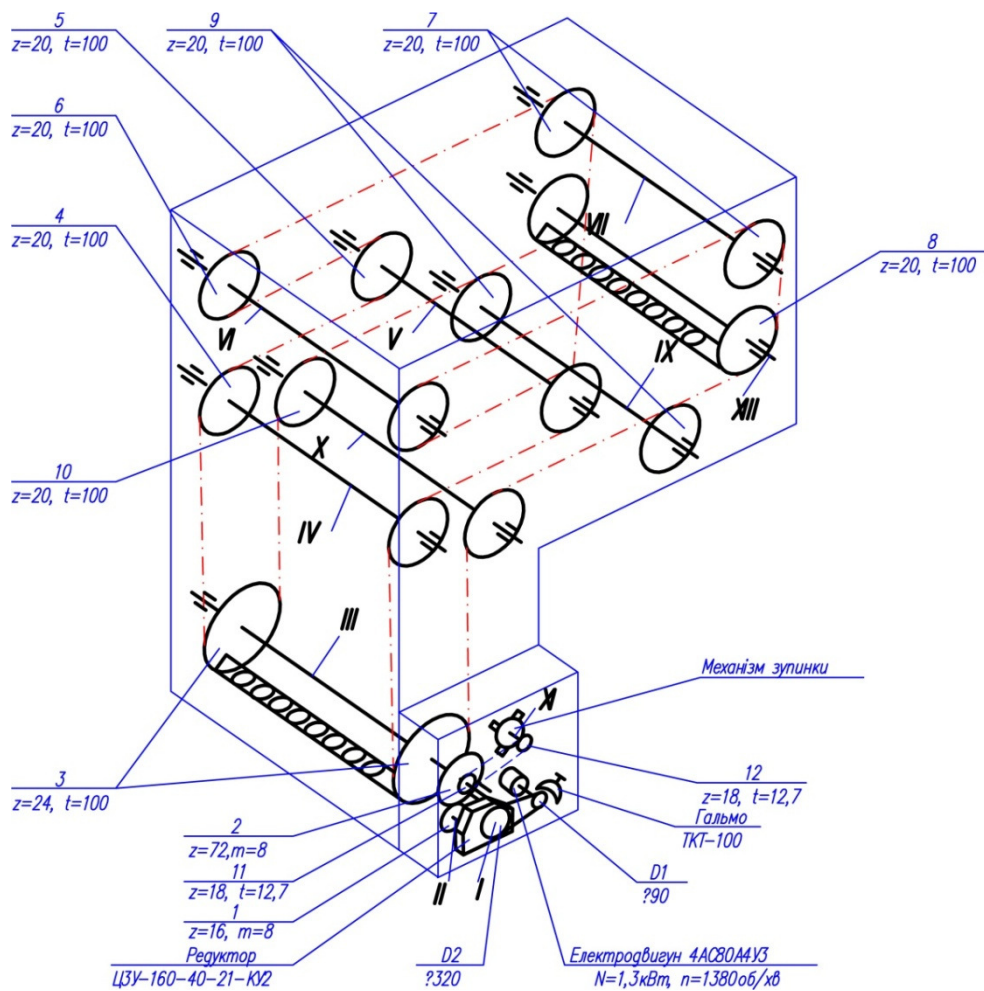


Рисунок 3.2. - Кінематична схема машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

Попередньо був вибраний двигун з числом обертів :

$$n_{\text{ДВ}} := 1380 \quad \text{об/хв,}$$

та потужністю:

$$N_{\text{ДВ}} := 1.3 \quad \text{кВт.}$$

Кутова частота обертання двигуна

$$\omega_{\text{ДВ}} := \frac{n_{\text{ДВ}} \cdot \pi}{30} \quad \omega_{\text{ДВ}} = 144.513 \quad (\text{рад/с})$$

Крутний момент на валу електродвигуна буде :

$$T_{\text{ДВ}} := \frac{N_{\text{ДВ}} \cdot 1000}{\omega_{\text{ДВ}}} \quad T_{\text{ДВ}} = 8.996 \quad (\text{Нм})$$

Для забезпечення заданого часу перебування тістових заготовок в розстійній шафі, необхідно щоб конвейєр рухався з швидкістю:

$$v_k := 0.083 \quad \text{м/с.}$$

$$z_3 := 24 \quad t_3 := \frac{100}{1000}$$

Для забезпечення такої швидкості необхідно щоб вал, на якому закріплені привідні зірочки обертася з частотою:

$$n_3 := \frac{v_k \cdot 60}{z_3 \cdot t_3} \quad n_3 = 2.075 \quad \text{об/хв}$$

Необхідне загальне передаточне число:

$$i := \frac{n_{\text{ДВ}}}{n_3} \quad i = 665.06$$

Передаточне відношення клинопасової передачі:

$$D_1 := 90 \quad \text{мм} \quad D_2 := 320 \quad \text{мм}$$

$$i_1 := \frac{D_2}{D_1} \quad i_1 = 3.556$$

Частота обертання валу I:

$$n_1 := \frac{n_{\text{дв}}}{i_1} \quad n_1 = 388.125 \quad \text{об/хв}$$

Кутова частота обертання валу I

$$\omega_I := \frac{n_1 \cdot \pi}{30} \quad \omega_I = 40.644 \quad (\text{рад/с})$$

К.к.д. клинопасової передачі:

$$\eta_1 := 0.96$$

Крутний момент на валу I буде :

$$T_I := T_{\text{дв}} \cdot i_1 \cdot \eta_1 \quad T_I = 30.705 \quad (\text{Нм})$$

Передаточне число циліндричного редуктора::

$$i_p := 40$$

Частота обертання валу II:

$$n_2 := \frac{n_1}{i_p} \quad n_2 = 9.703 \quad \text{об/хв}$$

Кутова частота обертання валу II

$$\omega_{II} := \frac{n_2 \cdot \pi}{30} \quad \omega_{II} = 1.016 \quad (\text{рад/с})$$

К.к.д. циліндричного редуктора:

$$\eta_2 := 0.85$$

Крутний момент на валу II буде :

$$T_{II} := T_I \cdot i_p \cdot \eta_2 \quad T_{II} = 1.044 \times 10^3 \quad (\text{Нм})$$

Передаточне відношення зубчатої пари:

$$z_1 := 16 \qquad z_2 := 72$$

$$i_3 := \frac{z_2}{z_1} \qquad i_3 = 4.5$$

Частота обертання валу III:

$$n_3 := \frac{n_2}{i_3} \qquad n_3 = 2.156 \qquad \text{об/хв}$$

Кутова частота обертання валу III (валу на якому закріплені привідні зірочки)

$$\omega_3 := \frac{n_3 \cdot \pi}{30} \qquad \omega_3 = 0.226 \qquad (\text{рад/с})$$

К.к.д. зубчатої передачі:

$$\eta_3 := 0.97$$

Крутний момент на валу III:

$$T_{III} := T_{II} \cdot i_3 \cdot \eta_3 \qquad T_{III} = 4.557 \times 10^3 \qquad (\text{Нм})$$

Передаточні відношення 3-4 і 3-10 однакові, оскільки однакові кількості зубів у зірочок 4 і 10:

$$z_4 := 20 \qquad z_{10} := 20$$

$$i_4 := \frac{z_4}{z_3} \qquad i_4 = 0.833$$

$$i_{10} := \frac{z_{10}}{z_3} \qquad i_{10} = 0.833$$

Частота обертання валів IV і X:

$$n_4 := \frac{n_3}{i_4} \qquad n_4 = 2.587 \qquad \text{об/хв}$$

$$n_{10} := n_4 \quad n_{10} = 2.587 \quad \text{об/хв}$$

Передаточні відношення 4-5, 5-6, 6-7, 8-9, 9-10 дорівнюють 1, оскільки однакові кількості зубів у зірочок 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 і, відповідні їх частоти обертання:

$$i_5 := 1 \quad n_5 := n_4 \quad n_5 = 2.587 \quad \text{об/хв}$$

$$i_6 := 1 \quad n_6 := 2.587 \quad \text{об/хв}$$

$$i_7 := 1 \quad n_7 := 2.587 \quad \text{об/хв}$$

$$i_8 := 1 \quad n_8 := 2.587 \quad \text{об/хв}$$

$$i_9 := 1 \quad n_9 := 2.587 \quad \text{об/хв}$$

Кутові частоти обертання валів IV, V, VI, VII, VIII, IX також однакові і дорівнюють:

$$\omega_4 := \frac{n_4 \cdot \pi}{30} \quad \omega_4 = 0.271 \quad (\text{рад/с})$$

Крутні моменти на валах IV, V, VI, VII, VIII, IX:

$$T_{IV} := T_{III} \cdot i_4 \quad T_{IV} = 3.797 \times 10^3 \quad (\text{Нм})$$

Загальне передаточне число буде:

$$i := i_1 \cdot i_p \cdot i_3 \quad i = 640$$

Дійсна швидкість руху ланцюга конвейера розстійної шафи буде:

$$z_3 := 24 \quad t_3 := \frac{100}{1000}$$

$$v_k := \frac{n_3 \cdot z_3 \cdot t_3}{60} \quad v_k = 0.086 \quad \text{м/с}$$

3.7. Конструктивні розрахунки окремих вузлів і елементів машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

3.7.1. Розрахунок вала привідного приводу розстійної шафи

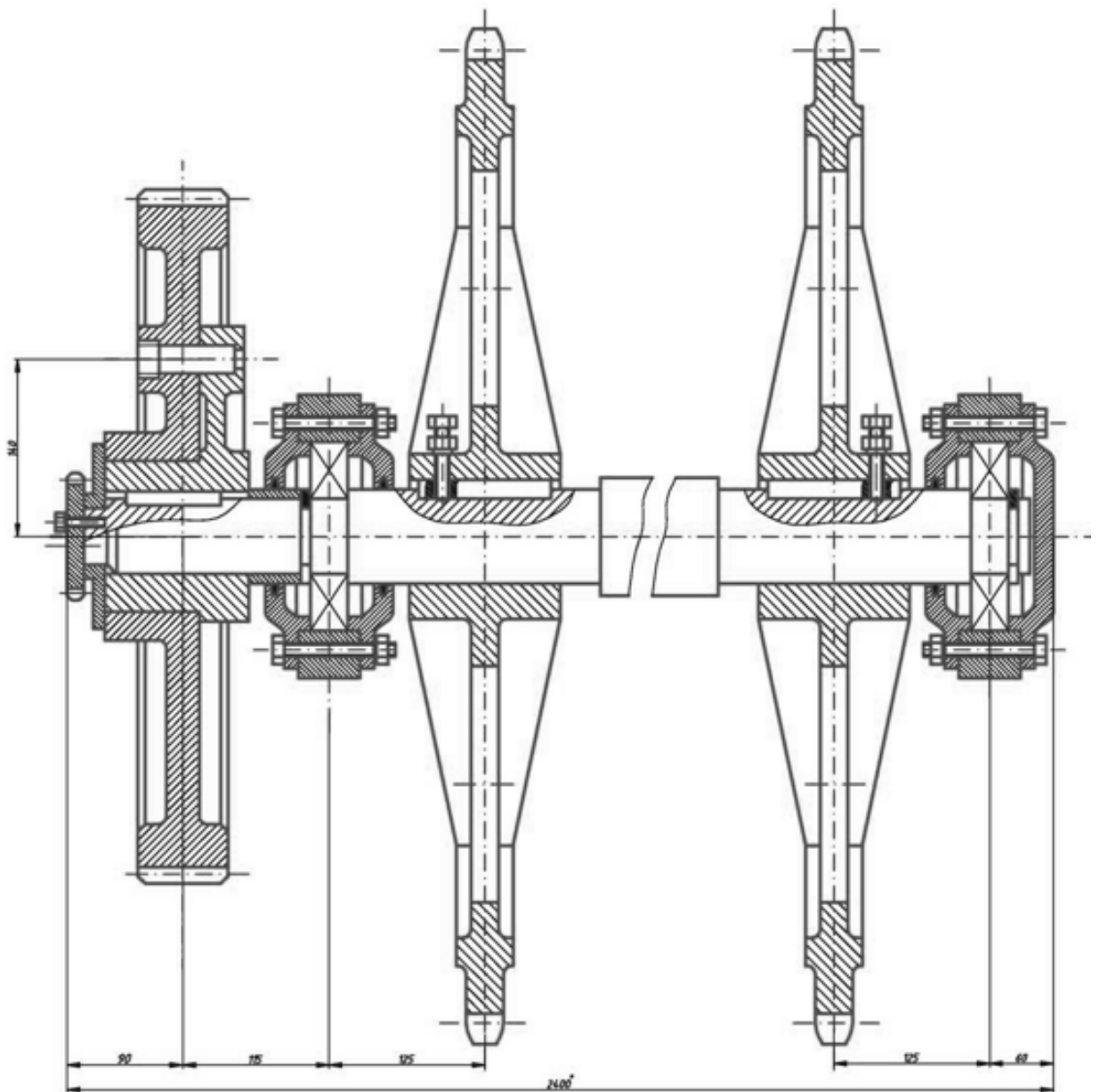


Рисунок 3.3. – Вузол вала привідного приводу розстійної шафи агрегату

Для виконання проектного розрахунку вала привідного та його опор використаємо дані кінематичного розрахунку: $T=4557$ Н·м, $n=2,156$ об/хв,

ширина зірочок 128 мм, діаметр зірочок $d = 800$ мм, на вихідному кінці вала встановлена пальцева муфта. Матеріал вала сталь 45, $\sigma_B = 570$ МПа, $\sigma_T = 290$ МПа. Строк служби тривалий, навантаження приближене до постійного, допускається двохкратне короткочасне перевантаження.

Наближено оцінюємо середній діаметр вала при $[\tau] = 12$ МПа.

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0.2 \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{4557}{0.2 \cdot 12}} = 59 \text{ мм}$$

Розробляємо конструкцію вала і за кресленням оцінюємо його розміри: діаметр в місці посадки зірочок 60 мм,

діаметр в місці посадки підшипників: $d_n = d - 5 = 55$ мм,

довжина вала $l = 2000$ мм;

відстані від опор до місця посадки зірочок $a = b = 125$ мм;

відстань від опори до муфти $c = 115$ мм; $D = 140$ мм.

Визначаємо допустиме радіальне навантаження на вхідному кінці вала:

$$F_m = 250 \cdot \sqrt{T} = 250 \cdot \sqrt{4557} = 16876 \text{ Н.}$$

Визначаємо сили в зачепленні:

$$F_t = \frac{2T}{d_1} = \frac{2 \cdot 4557 \cdot 10^3}{800} = 11390 \text{ Н;}$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 11390 \cdot 0.364 = 4145 \text{ Н;}$$

Розглянемо реакції в опорах від сил F_t та F_r , що діють у вертикальній площині.

$$\text{Сума проєкцій:} \quad 2F_r = A_1 + B_1,$$

$$\text{Сума моментів:} \quad B_1 \cdot l = F_r \cdot (l - b) + F_t \cdot a$$

Звідки:

$$B_1 = \frac{F_r \cdot (l - b) + F_t \cdot a}{l} = \frac{4145 \cdot (2000 - 125 + 125)}{2000} = 4145 \text{ Н;}$$

$$A_1 = 2F_r - B_1 = 4145 \text{ Н.}$$

Розглянемо реакції в опорах в горизонтальній площині:

$$\text{Сума проєкцій:} \quad A_2 + B_2 = 2F_t - F_m,$$

Сума моментів: $B_2 \cdot l = F_t \cdot (l - b) + F_t \cdot a - F_M \cdot (l + c)$

Звідки:

$$B_2 = \frac{F_t \cdot (l - b + a) - F_M \cdot (l + c)}{l} = \frac{11390 \cdot (2000 - 125 + 125) - 16876 \cdot (2000 + 115)}{2000}$$

$$B_2 = -6456.37 \text{ Н}$$

$$A_2 = 2F_t - F_M - B_2 = 2 \cdot 11390 - 16876 + 6456.37 = 12360.37 \text{ Н.}$$

Визначаємо запаси опору втомлюваності в небезпечних перерізах.

Прораховуємо два небезпечних перерізи (рис. 3.4) :

- переріз I - I під зірочкою, ослаблений шпонковим пазом та
переріз II – II біля підшипника, ослаблений галтеллю.

Для першого перерізу згинний момент:

$$M = \sqrt{(A_1 \cdot a)^2 + (A_2 \cdot a)^2} = \sqrt{(4145 \cdot 0.125)^2 + (12402 \cdot 0.125)^2} = 1.635 \cdot 10^3 \text{ Н·м.}$$

Крутний момент: $T = 4557 \text{ Н·м}$

Напруження згину:

$$\sigma_z = \frac{M}{W_z} = \frac{1.635 \cdot 10^3}{0.1 \cdot (60 \cdot 10^{-3})^3} = 48.77 \cdot 10^6 \text{ Па} = 48.77 \text{ МПа}$$

Напруження кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{4557}{0.2 \cdot (60 \cdot 10^{-3})^3} = 52.76 \cdot 10^6 \text{ Па} = 52.76 \text{ МПа}$$

Границі витривалості:

$$\sigma_{-1} = 0.4 \sigma_B = 0.4 \cdot 570 = 228 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 0.2 \sigma_B = 0.2 \cdot 570 = 114 \text{ МПа}$$

$$\tau_B = 0.6 \cdot 650 = 390 \text{ МПа}$$

За табл 15.1 [5] для шпонкового паза: $K_\sigma = 1.7$, $K_\tau = 1.4$.

За графіком рис. 15.5 [5] : $K_d = 0.72$

За графіком рис. 15.6 [5] для шліфованого вала : $K_F = 1$

Приймаючи $\psi_\sigma = 0.1$, $\psi_\tau = 0.05$ [5] знаходимо:

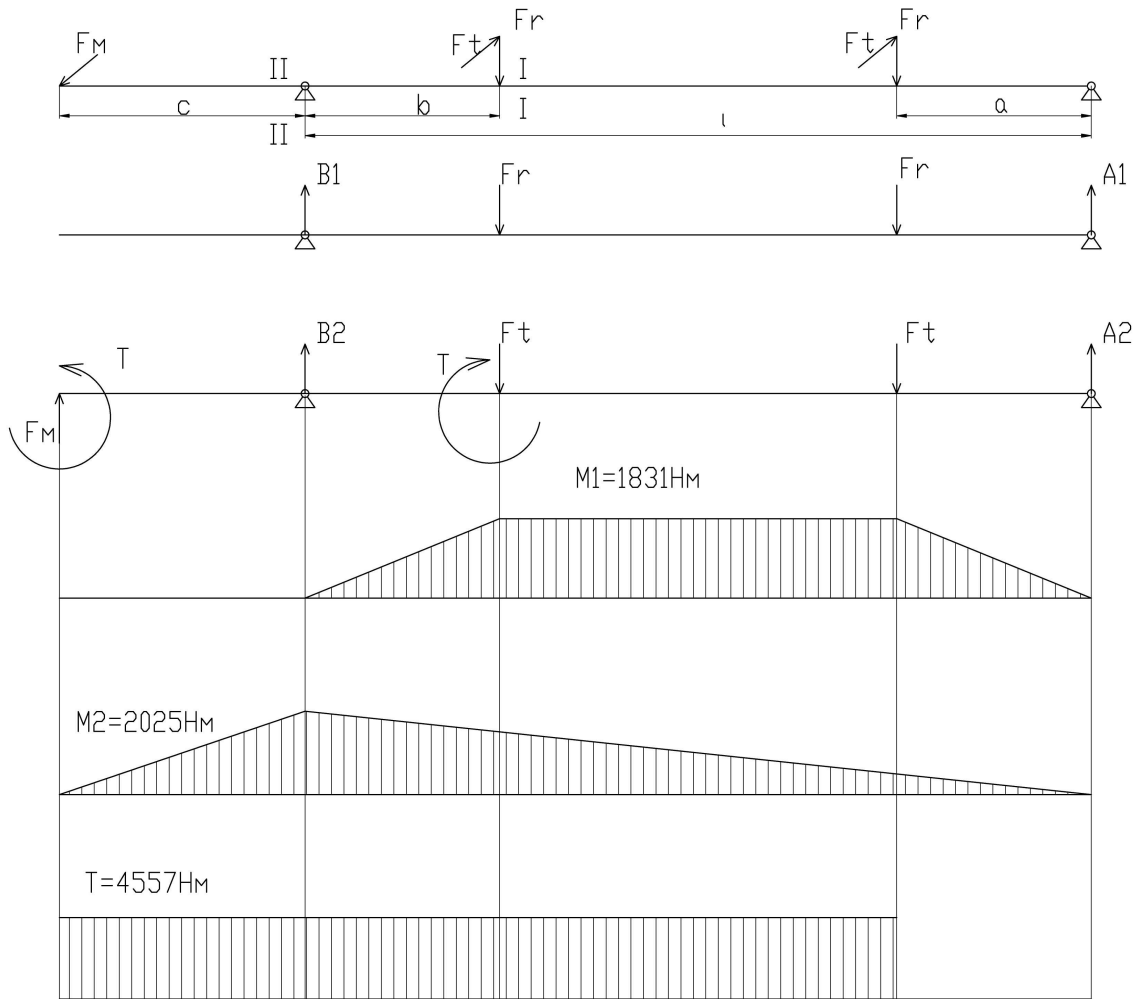


Рисунок 3.4. - Епюра сил, згинних та крутних моментів, що діють на валу привідному конвеєра розстійної шафи

$$s_{\sigma} = \frac{228 \cdot 0.72}{1.7 \cdot 48.77} = 2.38$$

$$s_{\tau} = \frac{114}{\left(1.4 \cdot \frac{26}{0.72} + 0.05 \cdot 26\right)} = 2.45$$

$$s = \frac{1.98 \cdot 2.19}{\sqrt{1.98^2 + 2.19^2}} = 2.18 > [s] = 1.5$$

Для другого перерізу згинний момент:

$$M_2 = F_M \cdot c = 16876 \cdot 0.12 = 2.03 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Крутний момент: $T=4557$ Н·м

Напруження згину:

$$\sigma_3 = \frac{M}{W_3} = \frac{2.03 \cdot 10^3}{0.1 \cdot (55 \cdot 10^{-3})^3} = 53.48 \cdot 10^6 \text{ Па} = 53.48 \text{ МПа}$$

Напруження кручення:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{4557}{0.2 \cdot (55 \cdot 10^{-3})^3} = 63.37 \cdot 10^6 \text{ Па} = 63.37 \text{ МПа}$$

За табл 15.1 [5] для галтелі: $K_\sigma = 2$, $K_\tau = 1.6$.

За графіком рис. 15.5 [5]: $K_d = 0.72$

$$s_\sigma = \frac{228 \cdot 0.72}{2 \cdot 53.48} = 1.98$$

$$s_\tau = \frac{114}{\left(1.4 \cdot \frac{31.19}{0.72} + 0.05 \cdot 31.19\right)} = 2.19$$

$$s = \frac{1.98 \cdot 2.19}{\sqrt{1.98^2 + 2.19^2}} = 1.78 > [s] = 1.5$$

Більше навантажений другий переріз.

Перевіряємо статичну міцність другого перерізу при перевантаженнях.

При перевантаженнях напруження подвоюються:

$$\sigma_3 = 106.96 \text{ МПа,}$$

$$\tau = 126.74 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{ek} = \sqrt{\sigma_3^2 + 3\tau^2} = \sqrt{106.96^2 + 3 \cdot 126.74^2} = 207.19 \text{ МПа} < [\sigma]$$

$$[\sigma] = 0.8\sigma_T = 0.8 \cdot 290 = 232 \text{ МПа.}$$

3.7.2. Розрахунок клинопасової передачі приводу машини кінцевого розстоювання

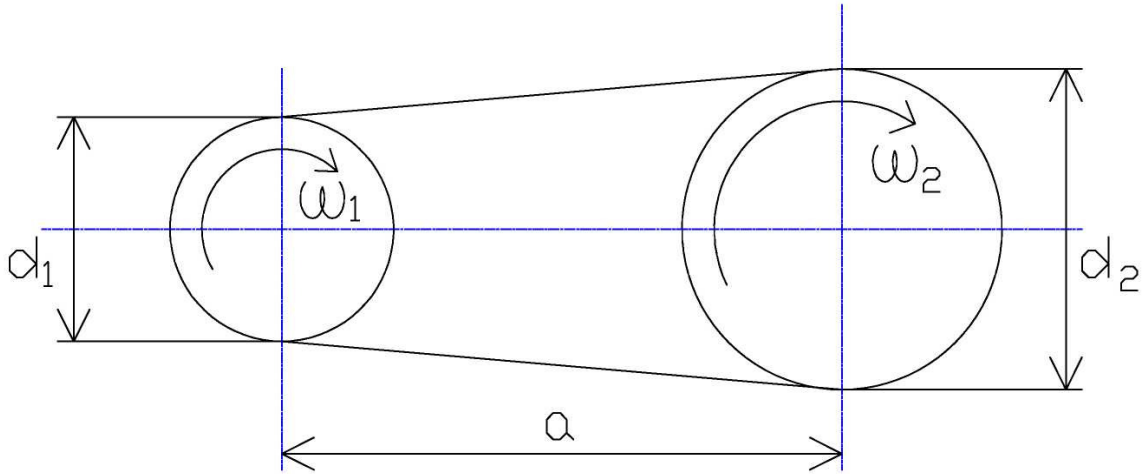


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

Максимальна потужність, яку передає передача $N_1 := 1.3$ (кВт)
 при кутовій швидкості ведучого шківa $\omega_1 := 144.513$ (рад/с);
 кутова швидкість вхідного вала редуктора
 $\omega_2 := 40.644$ (рад/с);

передача працює в три зміни при постійному навантаженні.

Передаточне число передачі

$$u := \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad u = 3.556$$

На ведучому шківі обертовий момент:

$$T_1 := \frac{N_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 8.996 \quad (\text{Н*м})$$

Відповідно до рекомендацій [5] будемо орієнтуватись на клинові паси нормального перерізу В. Для тихих пасів за табл. П15 [6] маємо площу поперечного перерізу

$$A := 230 \text{ (мм)},$$

$$\text{(мм}^2\text{), базову довжину } l_0 := 2500 \text{ (мм)}.$$

$$\text{Діаметр меншого шківа } d_1 := 90 \text{ (мм)}.$$

Діаметр веденого шківа

$$d_2 := u \cdot d_1 \quad d_2 = 320.002 \text{ (мм)}.$$

За стандартом беремо розрахунковий діаметр веденого шківа рівним

$$d_2 := 320 \text{ (мм)}.$$

Фактичне передаточне число передачі:

$$u := \frac{d_2}{d_1} \quad u = 3.556$$

Швидкість паса

$$v := \omega_1 \cdot \frac{d_1 \cdot 0.001}{2} \quad v = 6.503 \text{ (м/с)}$$

Орієнтовно приймаємо міжосьову віддаль:

$$a' := 1.5 \cdot (d_1 + d_2) \quad a' = 615 \text{ (мм)}.$$

Потрібна довжина паса:

$$l' := 2 \cdot a' + \pi \frac{(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a'} \quad l' = 1.896 \times 10^3 \text{ (мм)}.$$

За стандартом вибираємо розрахункову довжину паса

$$l := 2000 \text{ (мм)}.$$

Дійсна міжосьова відстань, яка відповідає довжині паса:

$$a := \frac{\left[2 \cdot l - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{\left[2 \cdot l - \pi \cdot (d_1 + d_2) \right]^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2} \right]}{8}$$

$$a = 668.089 \quad (\text{мм}).$$

Оцінка довговічності паса за числом його пробігів

$$i := \frac{1000v}{l} \quad i = 3.252 \quad (\text{с}^{-1})$$

що менше від $[i] = 12 \text{ (с}^{-1}\text{)}$

Кут обхвату меншого оківа

$$\alpha_1 := 180 - 57 \cdot \frac{(d_2 - d_1)}{a} \quad \alpha_1 = 160.377^\circ$$

Допустиму потужність $[P]$ для даного перерізу паса B визначаємо за [10].

За діаметром меншого шківів та кількістю обертів

з [5] вибираємо $P_0 := 3.6 \quad (\text{кВт})$

Коефіцієнт

$$C_\alpha := 1 - 0.003 \cdot (180 - \alpha_1) \quad C_\alpha = 0.941$$

$$C_1 := \sqrt[6]{\frac{l}{l_0}} \quad C_1 = 0.963$$

Коефіцієнт $C_p := 1$, а коефіцієнт $C_z := 0.85$

при орієнтовному

$$z := 5$$

$$IPI := P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_1 \cdot C_p \cdot C_z \quad IPI = 2.775 \quad (\text{кВт})$$

Необхідне число пасів, що працюють паралельно на шківках передачі:

$$z := \frac{N_1}{IPI} \quad z = 0.469$$

Приймаєм $z := 2$

Силу попереднього натягу гілок комплекту клинових пасів визначаємо за формулою:

$$F_0 := \frac{0.85 \cdot N_1 \cdot 1000 \cdot C_1}{v \cdot C_\alpha \cdot C_p} \quad F_0 = 173.957 \quad (H)$$

Тоді навантаження на вали пасової передачі:

$$R := 2 \cdot F_0 \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1 \cdot \pi}{2 \cdot 180}\right) \quad R = 342.825 \quad (H)$$

3.7.3. Розрахунок ланцюгової передачі машини кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

Конвеєр шафи складається з двох паралельних тягових органів, які охоплюють ведучі, поворотні та натяжні зірочки. Найбільш навантаженою є ланцюгова передача, при якій здійснюється зміни частоти обертання, тому проведемо її розрахунок.

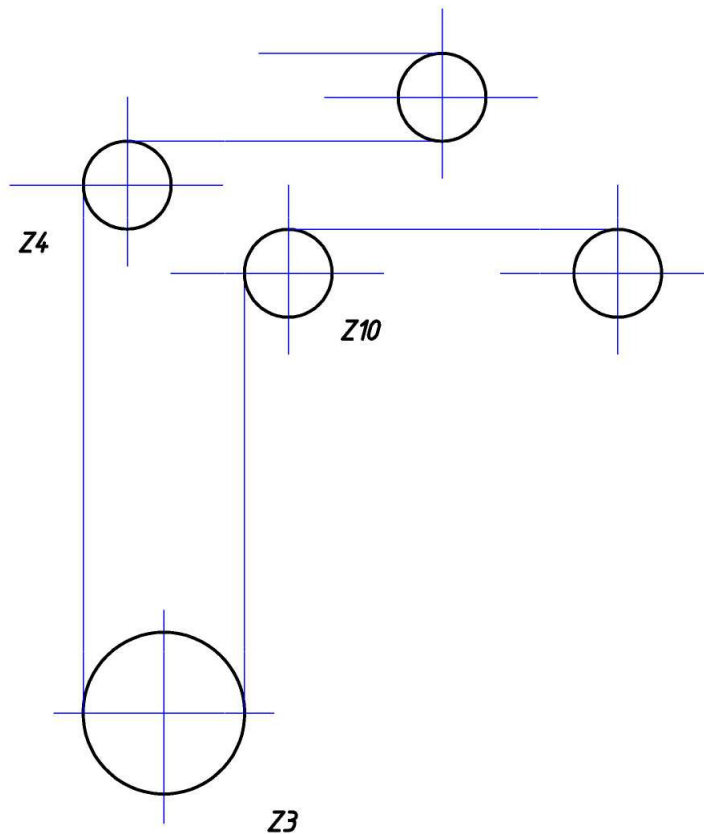


Рисунок 3.6. – Фрагмент ланцюга конвеєру розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

Передаточне відношення ланцюгової передачі:

$$i := 0.83$$

Потужність, що передає передача:

$$N := 1.3 \quad \text{кВт.}$$

Крутні моменти:

- на ведучій зірочці:

$$T_3 := 4557 \quad \text{Нм}$$

- на веденій зірочці:

$$T_4 := T_3 \cdot i \quad T_4 = 3.782 \times 10^3 \quad \text{Н*м.}$$

Швидкості:

- ведучої зірочки:

$$n_3 := 2.156 \quad \text{об/хв.}$$

$$\omega_3 := \frac{\pi \cdot n_3}{30} \quad \omega_3 = 0.226 \quad \text{1/с.}$$

- ведених зірочок:

$$n_4 := \frac{n_3}{i} \quad n_4 = 2.598 \quad \text{об/хв.}$$

$$\omega_4 := \frac{\pi \cdot n_4}{30} \quad \omega_4 = 0.272 \quad \text{1/с.}$$

$$n_{10} := \frac{n_3}{i} \quad n_{10} = 2.598 \quad \text{об/хв.}$$

$$\omega_{10} := \frac{\pi \cdot n_4}{30} \quad \omega_{10} = 0.272 \quad \text{1/с.}$$

Згідно ГОСТ 13568-75 вибираємо ланцюг привідний роликів однорядний ПР та визначаємо його крок за формулою [5]:

$$t = 2.8 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_3 \cdot K_e}{z_3 \cdot I_p I \cdot m}}$$

де $K_e = k_g \cdot k_a \cdot k_H \cdot k_p \cdot k_{3M} \cdot k_{II}$

$k_g := 1.25$ - для передачі з помірними поіштовхами;

$k_a := 1$

$k_H := 1$ - для передач з кутом нахилу ланцюга $\alpha = 0$;

$k_p := 1.25$ - для передач з періодичним регулюванням натягу ланцюга;

$k_{3M} := 1.5$ - для передач з періодичним змашуванням ланцюга;

$k_{II} := 1.25$ - при роботі передачі в три зміни.

Отже $K_e := k_g \cdot k_a \cdot k_H \cdot k_p \cdot k_{3M} \cdot k_{II} \quad K_e = 2.93$

$u := 6.9$

Число зубів ведучої зірочки:

Приймаємо: $z_3 := 24$

Тоді число зубців ведених зірочок $z_4 := i \cdot z_3 \quad z_4 = 19.92$

$z_{10} := i \cdot z_3 \quad z_{10} = 19.92$

Приймаємо: $z_4 := 20 \quad z_{10} := 20$

Уточнене передаточне відношення:

$i := \frac{z_4}{z_3} \quad i = 0.833$

Відхилення передаточного відношення:

$\Delta i := \frac{0.833 - 0.83}{0.833} \cdot 100 \quad \Delta i = 0.36 \quad \%, \text{ що допустимо.}$

За таблицею 7.18 [5] приймаємо значення $[\sigma_H] := 42 \text{ МПа при } z_3 := 24$

Кількість рядів ланцюга: $m := 1$

Тоді крок ланцюга :

$$t := 2.8 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_3 \cdot 1000 \cdot K_e}{z_3 \cdot |p| \cdot m}} \quad t := 96.2 \quad \text{мм.}$$

За таблицею 7.15 [5] приймаємо ланцюг ПР-100-18000 ГОСТ13568-75

$$t := 100 \quad \text{мм,}$$

$$\text{проекція опорної поверхні шарніра:} \quad A_{\text{оп}} := 139.6 \quad \text{мм}^2,$$

$$\text{руйнівне навантаження} \quad Q := 320 \cdot 10^3 \quad \text{Н,}$$

$$\text{вага 1м ланцюга} \quad g := 25.75 \quad \text{кг/м.}$$

Проводимо перевірку ланцюга за двома проказниками:

а) за частотою обертання.

За таблицею 13.1 [5] допустима для ланцюга з заданим кроком

$$\text{частота обертання} \quad |n| := 200 \quad \text{об/хв. Оскільки}$$

то умова $n_2 < |n|$ виконується

б) за тиском в шарнірах.

$$\text{Для даного ланцюга при} \quad n_3 = 2.156 \quad \text{об/хв} \quad \text{за таблицею 7.18 [5]}$$

$$\text{при} \quad z_3 := 24$$

$$|p| := 35 \quad \text{МПа.}$$

Розрахуємо тиск в шарнірах ланцюга за формулою [5]:

$$p = \frac{F_t \cdot K_e}{A_{\text{оп}}}$$

де $F_t = \frac{N}{v_3}$ - колова сила, що діє на елементи ланцюга,

$$v_3 := \frac{z_3 \cdot t \cdot n_3}{60 \cdot 10^3} \quad v_3 = 0.086 \quad \text{м/с, - швидкість ланцюга.}$$

$$\text{Тоді: } F_t := \frac{N \cdot 10^3}{v_3} \quad F_t = 1.507 \times 10^4 \text{ Н,}$$

$$p := \frac{F_t \cdot K_e}{A_{оп}} \quad p := 35.3 \quad \text{МПа,}$$

Умова $p < [p]$ виконується.

Ділильні діаметри зірочок

- ведучої:

$$d_3 := \frac{t}{\sin\left(\frac{\pi}{z_3}\right)} \quad d_3 = 766.13 \quad \text{мм,}$$

- веденої:

$$d_4 := \frac{t}{\sin\left(\frac{\pi}{z_4}\right)} \quad d_4 = 639.245 \quad \text{мм.}$$

Визначаємо зовнішні діаметри зірочок при діаметрі ролика ланцюга

$$d_r := 20.51 \quad \text{мм,}$$

- ведучої:

$$De_3 := t \cdot \left(\frac{1}{\tan\left(\frac{\pi}{z_3}\right)} + 0.7 \right) - 0.31 \cdot d_r \quad De_3 = 823.217 \quad \text{мм,}$$

- веденої:

$$De_4 := t \cdot \left(\frac{1}{\tan\left(\frac{\pi}{z_4}\right)} + 0.7 \right) - 0.31 \cdot d_r \quad De_4 = 695.017 \quad \text{мм,}$$

Визначаємо мінімальну допустиму міжосьову віддаль передачі

$$a_{\min} := \frac{(De_3 + De_4)}{2} + 15 \quad a_{\min} = 838.217 \quad \text{мм.}$$

Число ланок ланцюга:

$$W' := 2 \cdot \frac{a_{\min}}{t} + 0.5 \cdot (z_3 + z_4) + \frac{t}{a_{\min}} \cdot \frac{(z_3 - z_4)^2}{(2 \cdot \pi)^2} \quad W' = 38.813$$

Приймаємо $W := 40$

Розрахункова міжосьова відстань:

$$a_0 := \frac{t}{4} \cdot \left[W - 0.5 \cdot (z_3 + z_4) + \sqrt{\left[W - 0.5 \cdot (z_3 + z_4) \right]^2 - 8 \cdot \frac{(z_4 - z_3)^2}{(2 \cdot \pi)^2}} \right]$$

$$a_0 = 897.743 \text{ мм}$$

Міжосьова відстань передачі із забезпеченням провисання веденої гілки:

$$a := a_0 - 0.002 \cdot a_0 \quad a = 895.947 \quad \text{мм.}$$

Визначаємо сили, діючі на ланцюг:

$$\text{колова сила:} \quad F_t = 1.507 \times 10^4 \text{ Н,}$$

$$\text{відцентрова сила:} \quad F_v := g \cdot v_3 \quad F_v = 2.221 \text{ Н,}$$

від провисання ланцюга:

для ланцюга розміщеного під кутом до горизонту приймаємо коефіцієнт провисання:

$$k_f := 3$$

$$F_f := 9.81 \cdot k_f \cdot g \cdot a_0 \cdot 10^{-3} \quad F_f = 680.33 \text{ Н.}$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності:

$$s := \frac{Q}{k_g \cdot F_t + F_v + F_f} \quad s := 8.2$$

Нормативний коефіцієнт запасу міцності [5] $IsI := 7.1$

Умова $s > IsI$ виконується.

4. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АБО ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ, ЩО РОЗГЛЯДАЄТЬСЯ В РОБОТІ

4.1. Дослідження втрат теплоти через стінки розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30

Втрати теплоти через стінки розстійної шафи:

$$Q_{cm} = K_{cm} \cdot (T_{нов} - T_{нс})$$

де $T_{нс}$ - температура навколишнього середовища

$$K_{cm} = k_{cm} \cdot S_{cm}$$

S_{cm} - площа стінок камери розстійної шафи:

$$S_{cm} = 2 \cdot (4.6 \cdot 2.1 + 1.6 \cdot 2.8 + 2.4 \cdot 1.6) + 2.66 \cdot (1.4 + 2.4 + 2.8 + 4.5 + 4.9 + 4.6) = \\ = 90.3 \text{ м}^2;$$

k_{cm} - коефіцієнт теплопередачі через стінки розстійної шафи:

$$k_{cm} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{2\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_{ym}}{\lambda_{ym}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

де δ_{cm} - товщина сталі стінок розстійної шафи

$$\delta_{cm} = 0.002 \text{ м};$$

δ_{ym} - товщина утеплювача:

$$\delta_{ym} = 0.03 \text{ м};$$

λ_{cm} - коефіцієнт теплопровідності сталевих стінок розстійної шафи:

$$\lambda_{cm} = 58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}};$$

λ_{ym} - коефіцієнт теплопровідності утеплювача:

$$\lambda_{ym} = 0.1 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$$

α_1 - загальний коефіцієнт тепловіддачі до внутрішньої поверхні стінки;

α_2 - загальний коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінки.

Загальні коефіцієнти тепловіддачі визначаються однаково - як сума коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією ($\alpha_{кон}$) і випромінюванням ($\alpha_{вип}$):

$$\alpha_{заг} = \alpha_{кон} + \alpha_{вип}$$

де перша складова:

$$\alpha_{кон} = \frac{Nu \cdot \lambda}{h_{см}}$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності повітря;

$h_{см}$ - визначаючий розмір стінок камери розстійної шафи - їх висота:

$$h_{см} = 4,9 \text{ м.}$$

Для обмивання газами вертикальних поверхонь критерій Нуссельта:

$$Nu = 0.15 \cdot (Gr_{нов} \cdot Pr_{нов})^{1/3}$$

де Pr - число Прандтля характеризує собою властивості середовища;

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot h_{см}^3 \cdot \Delta t}{\nu^2}$$

де g - прискорення вільного падіння;

Δt – різниця температур між середовищем і омиваною ним поверхнею;

β - функція, що зв'язує зміну густини середовища з температурою.

Для газів:

$$\beta = 1/T;$$

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості середовища.

друга складова загального коефіцієнта тепловіддачі:

$$\alpha_{вип} = \delta_{см} \cdot \varepsilon_{см} \frac{\left[\left(\frac{T_{см}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{нов}}{100} \right)^4 \right]}{(T_{см} - T_{нов})}$$

де $\varepsilon_{см}$ - ступінь чорноти стінок:

$$\varepsilon_{см} = 0,9;$$

$T_{см}$ - температура стінок °С;

δ_{cm} - постійна Стефана-Больцмана:

$$\delta_{cm} = 5.67 \frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}$$

Виходячи з того, що температура на внутрішній і зовнішній поверхні стінок розстійної шафи є невідомими величинами, приймаємо в *першому* наближенні:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 10 \frac{Вт}{м^2 \cdot зр}$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі через стінки розстійної шафи буде:

$$k_{cm} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{2 \cdot 0.002}{58} + \frac{0.03}{0.1} + \frac{1}{10}} = 2 \frac{Вт}{м^2 \cdot зр}$$

Звідки

$$Q_{cm} = 2 \cdot (40 - 20) \cdot 90,3 = 3612 Вт.$$

При цих даних температура на внутрішній поверхні стінок камери розстійної шафи складе

$$T_{cm1} = T_{нов} - \frac{Q_{cm}}{S_{cm} \cdot \alpha_1} = 40 - \frac{3612}{90.3 \cdot 10} = 36^\circ,$$

аналогічно, на зовнішній поверхні

$$T_{cm2} = T_{нс} + \frac{Q_{cm}}{S_{cm} \cdot \alpha_2} = 20 + \frac{3612}{90.3 \cdot 10} = 24C^\circ$$

В другому наближенні:

Для внутрішньої поверхні стінок:

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

$$Gr_1 = \frac{g \cdot (T_{нов} - T_{cm1}) \cdot h_{cm}^3}{T_{нов} \cdot \nu_{нов}^2} = \frac{9.81 \cdot (40 - 36) \cdot 4.9^3}{(40 + 273) \cdot (16.96 \cdot 10^{-6})^2} = 5.13 \cdot 10^{10}$$

Тоді:

$$Nu_1 = 0.15 \cdot (Gr_1 \cdot Pr_1)^{1/3} = 0.15 \cdot (5.13 \cdot 10^{10} \cdot 0.699)^{1/3} = 494.64,$$

$$\alpha_{кон1} = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_{нов}}{h_{см}} = \frac{494.64 \cdot 2.76 \cdot 10^{-2}}{4.9} = 2.78 \frac{Вт}{м^2 \cdot гр}$$

Значення коефіцієнта тепловіддачі випромінюванням:

$$\alpha_{вун1} = 5.67 \cdot 0.9 \cdot \frac{\left[\left(\frac{313}{100} \right)^4 - \left(\frac{309}{100} \right)^4 \right]}{(313 - 309)} = 6.14 \frac{Вт}{м^2 \cdot гр}$$

Отже, загальний коефіцієнт тепловіддачі до внутрішньої поверхні стінок розстійної шафи складає

$$\alpha_{заг1} = \alpha_{кон1} + \alpha_{вун1} = 2.78 + 6.14 = 8.92 \frac{Вт}{м^2 \cdot гр}$$

Аналогічно, для зовнішньої поверхні стінок розстійної шафи:

$$Pr_2 = 0,703 \text{ (при } T = 20^\circ C)$$

Враховуючи, що при $T = 20^\circ C$

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

одержимо:

$$Gr_1 = \frac{g \cdot (T_{см2} - T_{нов}) \cdot h_{см}^3}{T_{нов} \cdot v_{нов}^2} = \frac{9.81 \cdot (24 - 20) \cdot 4.9^3}{(20 + 273) \cdot (15.06 \cdot 10^{-6})^2} = 6.95 \cdot 10^{10}$$

Тоді:

$$Nu_2 = 0.15 \cdot (Gr_2 \cdot Pr_2)^{1/3} = 0.15 \cdot (6.95 \cdot 10^{10} \cdot 0.703)^{1/3} = 548.37,$$

Звідки, враховуючи, що при $T = 20^\circ C$:

$$\lambda = 2.59 \cdot 10^{-2} \frac{Вт}{м \cdot гр}.$$

одержимо

$$\alpha_{кон2} = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_{нов}}{h_{см}} = \frac{548.37 \cdot 2.59 \cdot 10^{-2}}{4.9} = 2.9 \frac{Вт}{м^2 \cdot гр}$$

Значення коефіцієнта тепловіддачі випромінюванням:

$$\alpha_{вун2} = 5.67 \cdot 0.9 \cdot \frac{\left[\left(\frac{297}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right]}{(297 - 293)} = 5.24 \frac{Вт}{м^2 \cdot зр}$$

Отже, загальний коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінок розстійної шафи складе

$$\alpha_{заг2} = \alpha_{кон2} + \alpha_{вун2} = 2.9 + 5.24 = 8.14 \frac{Вт}{м^2 \cdot зр}$$

Коефіцієнт теплопередачі через стінки розстійної шафи в другому наближенні буде:

$$k_{сн} = \frac{1}{\frac{1}{8.92} + \frac{2 \cdot 0.002}{45} + \frac{0.03}{0.1} + \frac{1}{8.14}} = 1.87 \frac{Вт}{м^2 \cdot зр}$$

Втрати теплоти через стінки розстійної шафи становитимуть

$$Q_{сн} = 1.87 \cdot (40 - 20) \cdot 90.3 = 3377.22 Вт.$$

При цих даних температура на внутрішній поверхні стінок камери розстійної шафи складе

$$T_{сн1} = T_{нов} - \frac{Q_{сн}}{S_{сн} \cdot \alpha_1} = 40 - \frac{3377.22}{90.3 \cdot 8.92} = 35.81^\circ C,$$

аналогічно, на зовнішній поверхні

$$T_{сн2} = T_{нс} + \frac{Q_{сн}}{S_{сн} \cdot \alpha_2} = 20 + \frac{3377.22}{90.3 \cdot 8.14} = 24.95^\circ C$$

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

$$\delta_{m'} = 100 \times (36 - 35.81) / 36 = 0.6\%;$$

$$\delta_{m''} = 100 \times (24.95 - 24) / 24 = 3.9\%.$$

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

Для них виконаємо перевірку на наявність або відсутність конденсації пари з парогазової середовища на внутрішній поверхні стінок камери

розстійної шафи. Щоб уникнути небажаної конденсації пари необхідно, щоб температура на внутрішній поверхні стінок T_{cm1} перевищувала температуру точки роси T_p :

$$T_{cm1} > T_p.$$

Для оптимальних (розрахункових параметрів) розстоювання - температури парогазової середовища $40\text{ }^\circ\text{C}$ і відносної вологості 75% , температура точки роси

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

Звідси витікає, що в нашому випадку конденсація пари на внутрішній поверхні стінок в усталеному режимі роботи розстійної шафи відсутня.

Остаточна формула втрати теплоти через стінки розстійної шафи, з урахуванням того що

$$K_{cm} = k_{cm} \cdot S_{cm} = 1.87 \cdot 90.3 = 168.861 \frac{\text{Вт}}{\text{}^\circ\text{C}}$$

запишеться як

$$Q_{cm} = 168.891 \cdot (T_{нов} - T_{нс})$$

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

4.2. Розрахунок теплопередачі через панелі із різних матеріалів та різних конструкцій

Використання сталевих листів як обшивки розстійної шафи призводить до великих тепловтрат під час експлуатації, що у свою чергу спричиняє підвищення температури в цеху.

Сучасні "сендвіч"-панелі надають альтернативу і мають різноманітні характеристики:

панелі на основі пінополістиролу, обшиті з обох боків удароміцним пластиком;

Мінераловатна плита, яка з обох сторін обшита алюмінієвими листами або листами металу, які мають полімерне покриття (особливо корисні для ділянок з високим тепловантаженням).

Сендвіч-панелі, які складаються зі сталевих або алюмінієвих листів із наповнювачем з мінеральної вати або пінополістиролу, з'єднані клеєм на основі поліуретану, також знаходять широке застосування.

Крім того, існують інші інноваційні матеріали з високими теплоізоляційними характеристиками, такі як:

Прозорі панелі з органічного скла;

Прозорі панелі із полікарбонату.

4.2.1. Результати розрахунків залежності коефіцієнта теплопередачі, втрат тепла та вартості матеріалів при використанні в якості обшивки розстійної шафи сендвіч - панелей з наповнювачем із пінополістиролу та обкладок з сталі та алюмінію

Пінополістирол є матеріалом, що має практично повітряну структуру, а оскільки повітря відзначається одним з найнижчих показників теплопровідності (0,027 Вт/(м•К)), тому коефіцієнт теплопровідності пінополістирольних виробів зазвичай коливається від 0,037 до 0,042 Вт/(м•К). Ці значення знаходяться на значно нижчому рівні порівняно з коефіцієнтами теплопровідності таких матеріалів, як деревина (0,12 Вт/(м•К)), цегла (0,7 Вт/(м•К)), керамзит (0,12 Вт/(м•К)) та інші. Завдяки низькій теплопровідності пінополістирольних виробів можна досягти високої енергоефективності. Наприклад, всього лише 10 см пінопласту може забезпечити теплоізоляцію на рівні, яку зазвичай досягають стіни товщиною 1 м 80 см з цегли чи 50 см з дерева.

Фізико-технічні характеристики пінополістиролу наведені у таблиці 4.1, а цінова інформація — у таблиці 4.2.

Сендвіч-панель складається з двох шарів облицювання — внутрішнього та зовнішнього. Внутрішнє облицювання може бути виконане з тонкого оцинкованого, фарбованого або покритого пластиком сталевого листа або алюмінію. Також, вона містить наповнювач — у даному випадку, пінополістирол. Товщину фарбування або оцинковування у розрахунки не включають, оскільки її значно менше в порівнянні з іншими шарами.

Отже, процес передачі тепла через облицювання розстійної шафи представляє класичний тип теплопередачі через багат шарову стінку, який зображений на рисунку 4.1.

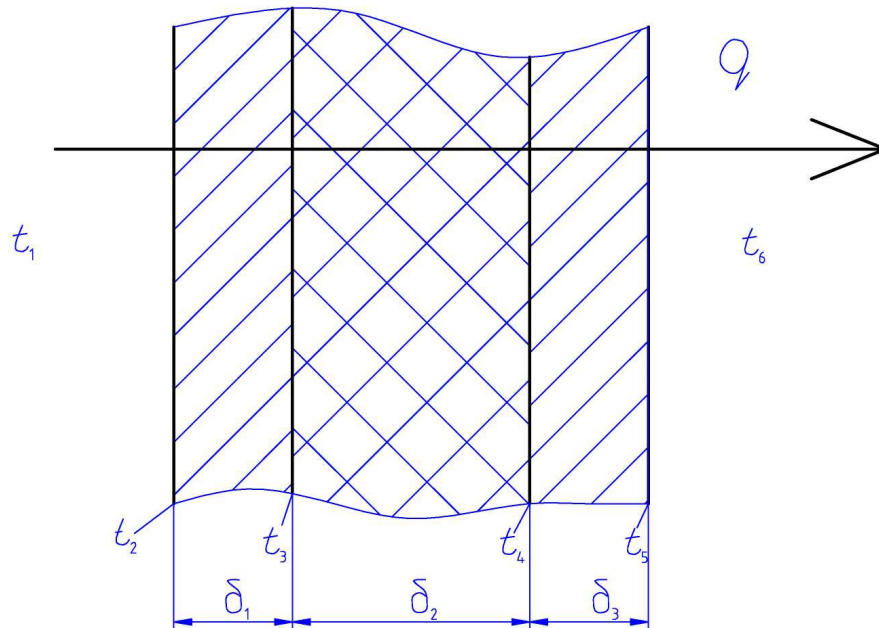


Рисунок 4.1. – Схема процесу теплопередачі крізь сендвіч-панель

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

де δ_1, δ_3 - товщини лицювання стінок розсточної шафи, м;

δ_2 -значення товщини наповнювача, м;

λ_1, λ_3 -значення коефіцієнтів теплопровідності лицювання стінок розстойної шафи; $\frac{Вт}{м \cdot К}$;

λ_2 -значення коефіцієнту теплопровідності наповнювача; $\frac{Вт}{м \cdot К}$

α_1 - значення загального коефіцієнту тепловіддачі до внутрішньої поверхні стінки;

α_2 - значення загального коефіцієнту тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінки.

$$\alpha_1 = 8.92 \frac{Вт}{м^2 \cdot гр}$$

$$\alpha_2 = 8.14 \frac{Вт}{м^2 \cdot гр}$$

Ціна матеріалів для облицювання розстійної шафи

$$B = S_{cm} \cdot (\delta_1 \cdot Ц_1 + \delta_2 \cdot Ц_2 + \delta_3 \cdot Ц_3)$$

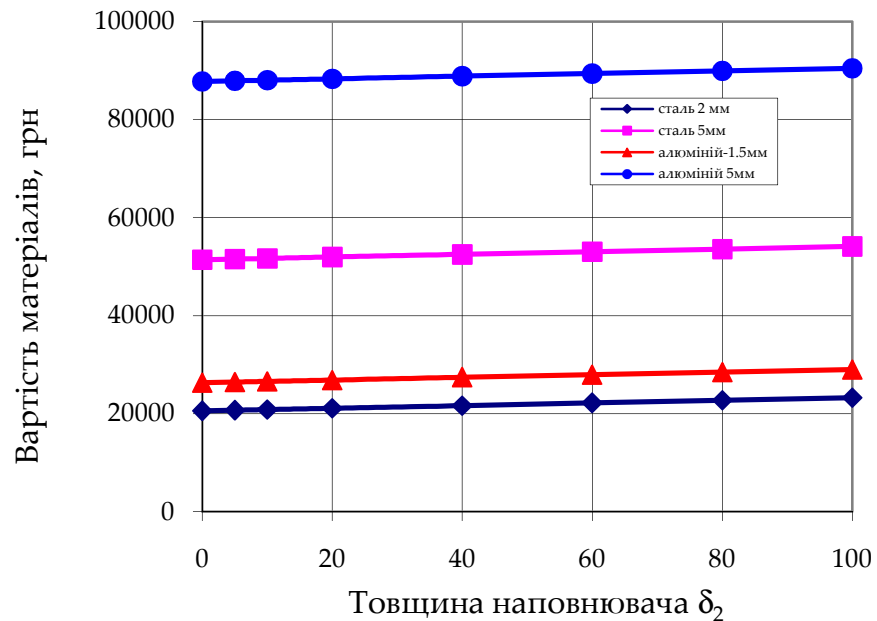
де $Ц_1, Ц_3$ –вартість матеріалу для обкладок стінки розстійної шафи, $грн/м^3$;
 $Ц_2$ –вартість матеріалу наповнювача панелі, $грн/м^3$.

Проведемо обчислення зміни коефіцієнта теплопередачі, втрат тепла та вартості матеріалів сендвіч-панелей, залежно від товщини облицювання і наповнювача.

Проведені розрахунки відносно облицювання у формі сендвіч-панелей з обкладинками із сталі та алюмінію різної товщини. В якості наповнювача використовувався пінополістирол різних марок: ПСБ-С-15, ПСБ-С-25, ПСБ-С-35.

Результати обчислень (див. рис. 4.2., рис 4.3) вказують, що при використанні різних марок пінополістиролу та обкладок різної товщини (сталь, алюміній), теплоізоляційні характеристики панелей практично не відрізняються. Отже, у наступному розділі будуть представлені лише отримані результати для пінополістиролу ПСБ-С-25.

Також, втрати тепла через стінки шафи практично не відрізняються, де зміна втрат тепла через стінки шафи в основному зумовлена товщиною



наповнювача.

Рисунок 4.2. – Залежність вартості матеріалів, які використовуються для облицювання розстійної шафи, від товщини наповнювача - пінополістиролу ПСБ-С-25 при використанні сталі товщиною 2 мм, 5 мм та алюмінію товщиною 1,5 мм, 5 мм..

Затрати на матеріали значно відрізняються (рис. 4.2), що стосується виготовлення таких панелей, і важливим фактором у вартості матеріалів є вартість сталі та алюмінію.

4.3.2. Результати розрахунку залежностей коефіцієнта теплопередачі, втрат тепла та вартості матеріалів при використанні в якості обшивки розстійної шафи сендвіч - панелей з наповнювачем із мінеральної вати та обкладок з сталі та алюмінію

Основною властивістю мінеральної вати (як, до речі, й скловати) є негорючість у поєднанні з високою тепло- та звукоізолюючою здатністю, стійкістю до температурних деформацій, негігроскопічністю, хімічною та

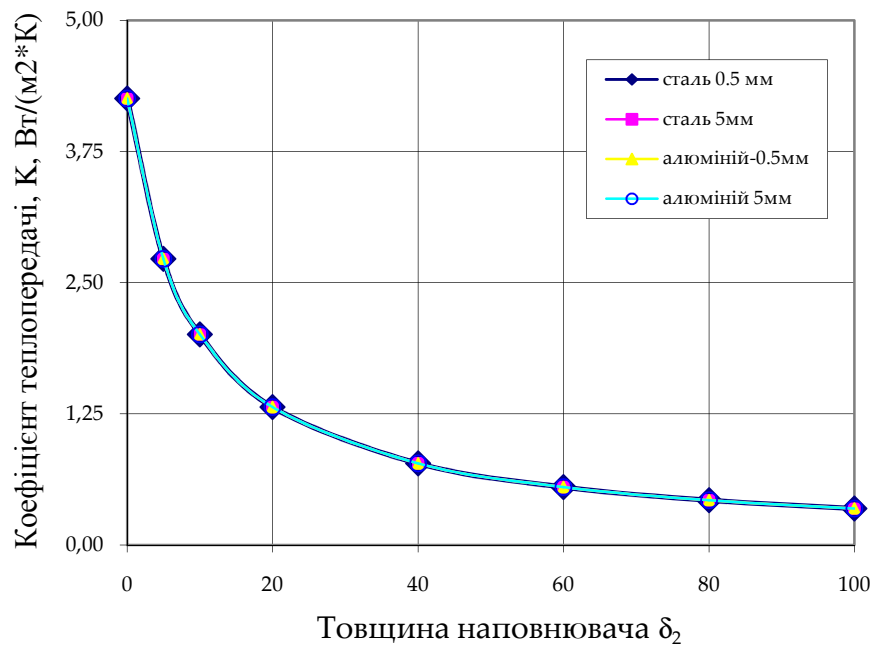


Рисунок 4.3. - Залежності коефіцієнту теплопередачі від товщини наповнювача – мінеральної (базальтової) вати при використанні в якості обкладок сталі товщиною 0.5 мм, 5 мм та алюмінію товщиною 0.5 мм, 5 мм

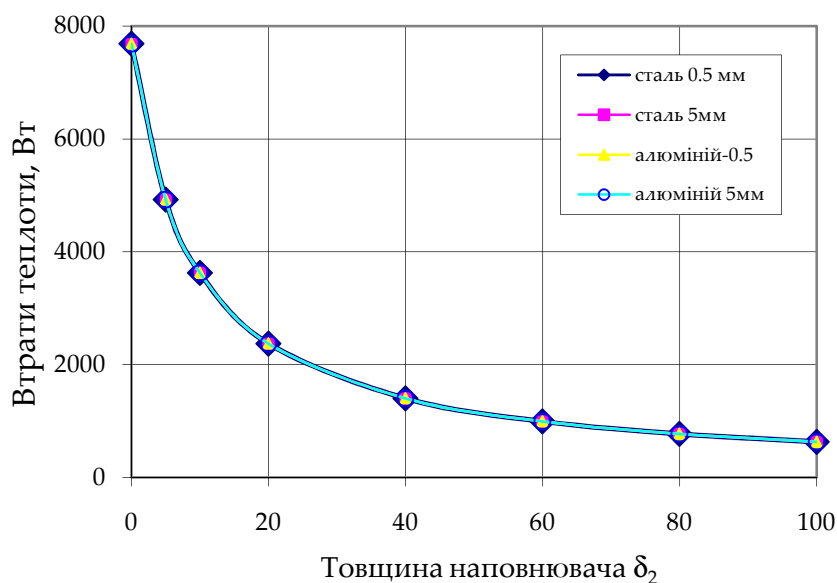


Рисунок 4.4. – Залежність втрат теплоти через стінки шафи від товщини наповнювача – мінеральної (базальтової) вати при використанні в якості обкладок сталі товщиною 0.5 мм, 5 мм та алюмінію товщиною 0.5 мм, 5 мм

4.2.3. Результати розрахунків коефіцієнтів теплопередачі, втрат теплоти через прозорі елементи стінки в залежності від їх товщини

Під час остаточного розстоювання тістових заготовок в розстійній шафі агрегату Т1-ХР-2А-30, важливо контролювати якість розстоювання. Оцінка якості процесу проводиться візуально. Для забезпечення зручності контролю за якістю процесу та станом обладнання, цілком доцільно розмістити світлопрозорі панелі у точках контролю.

Перевіримо можливість використання наступних матеріалів для створення цих світлопрозорих елементів: скло, оргскло, прозорий ПВХ, прозорий полікарбонат.

Проведемо розрахунки коефіцієнтів теплопередачі та втрат теплоти через прозорі елементи стінки розстійної шафи в залежності від їх товщини та вартості матеріалів, необхідних для їх виготовлення.

Дослідимо процес теплопередачі через прозорі елементи стінки розстійної шафи. Схема теплопередачі показана на рисунку 4.14.

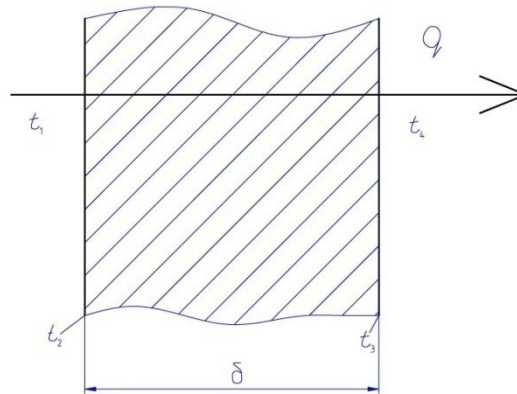


Рисунок 4.5. – Схема теплопередачі через прозорій елемент стінки розстійної шафи

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

де δ товщина стінки розстійної шафи, м;

λ ,- коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки розстійної шафи;

$Вт/(м \cdot К)$;

α_1 - загальний коефіцієнт тепловіддачі до внутрішньої поверхні стінки,

$Вт/(м^2 \cdot К)$;

α_2 - загальний коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінки,

$Вт/(м^2 \cdot К)$.

Розглянемо питання вартості матеріалів, які використовуються для облицювання стінок розстійної шафи.

$$B = S \cdot Ц$$

де $Ц$ -вартість матеріалу прозорих елементів, $грн/м^2$;

S – значення площі прозорих елементів, m^2 .

Розрахунки здійснюємо за допомогою прикладного пакету Excel . Для розрахунку вибираємо прозорі листові матеріали з різною товщиною.

Програми для розрахунків та результати представлені в додатку Б.

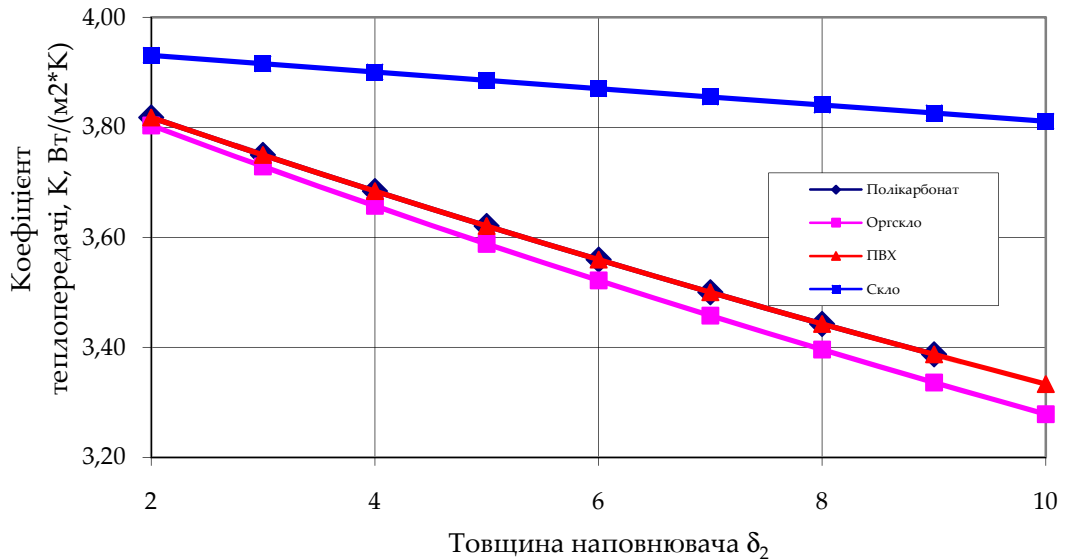


Рисунок 4.6. - Залежність коефіцієнтів теплопередачі прозорого елемента стінки розстійної шафи від товщини цього елемента і матеріалу, з якого він виготовлений.

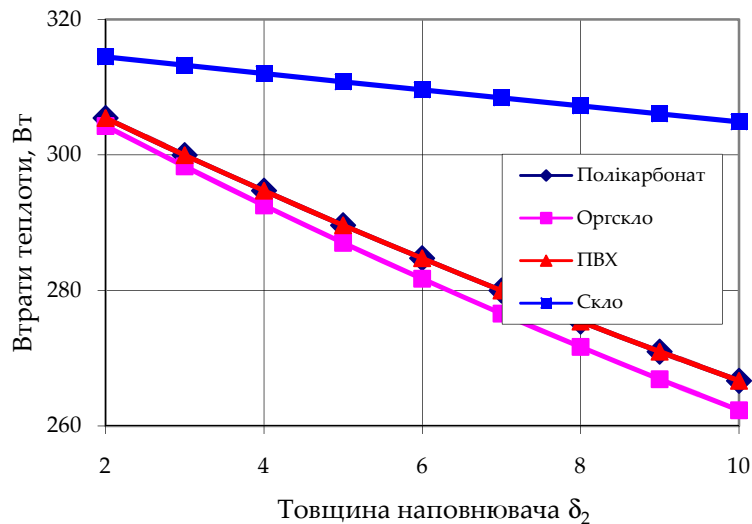


Рисунок 4.7. – Зміна втрат теплоти через прозорі елементи стінки розстійної шафи від товщини цих елементів та матеріалу, з якого вони виготовлені.

Дані, отримані в результаті обчислень, викладені в прикладі Б і проілюстровані на графіках у рисунках 4.6 - 4.8.

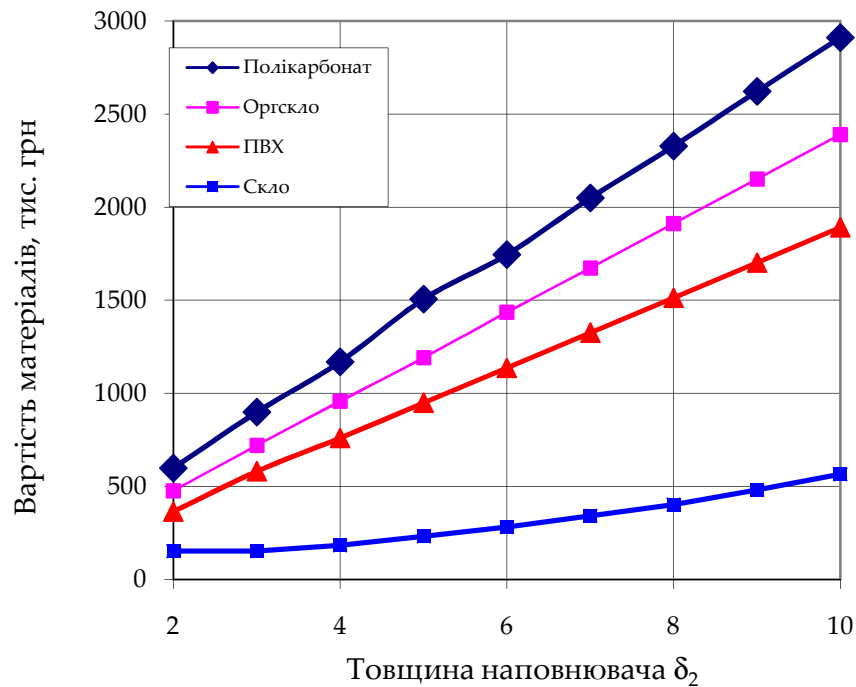


Рисунок 4.8. – Залежність вартості матеріалів, що складають прозорі елементи стінки розстійної шафи, від товщини цих матеріалів

Результати обчислень вказують на те, що найменші втрати тепла відбуватимуться, якщо використовувати прозорі елементи із органічного скла, тоді як найнижчі витрати на матеріали будуть при використанні звичайного скла.

4.2 Проведення оптимізації форми привідної зірочки конвеєра

Для проведення оптимізації форми зірочки конвеєра з метою зменшення її маси використовуємо її кресленням зірочки та навантаженням, отримані з конструктивного розрахунку. Скориставшись SolidWorks отримуємо 3D модель зірочки з та результати розрахунків напружень, переміщень, деформацій, запасів міцності.

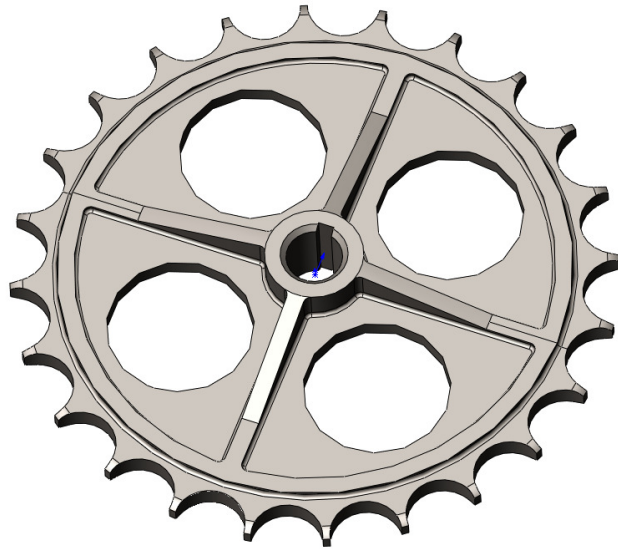


Рисунок 4.9. - Конструктивна схема зірочки.

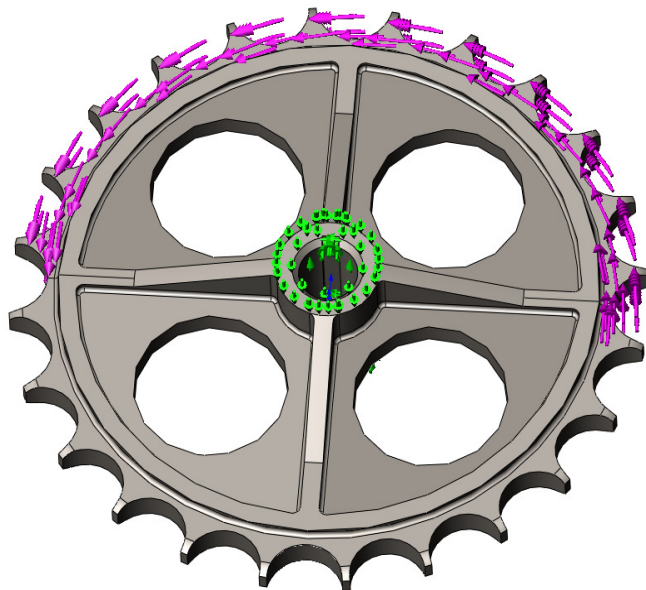


Рисунок 4.10. - Розрахункова схема зірочки

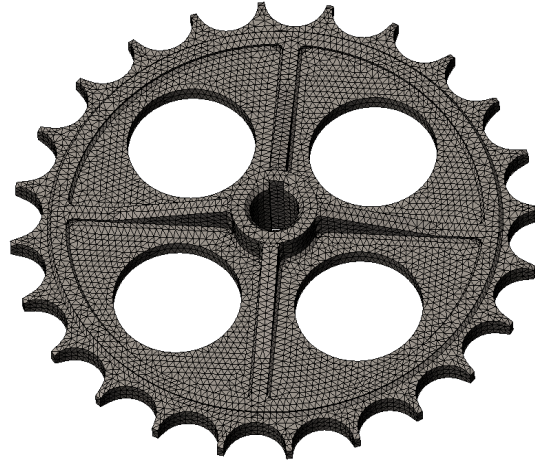


Рисунок 4.11. -Розрахункова сітка зірочки на основі кривизни.

Имя модели: Шестерня
 Название исследования: Исследование топологии 1 (По умолчанию)
 Тип элторы: Статическое упругое напряжение Переменное напряжение топологии1
 Шкала деформации: 62,3508

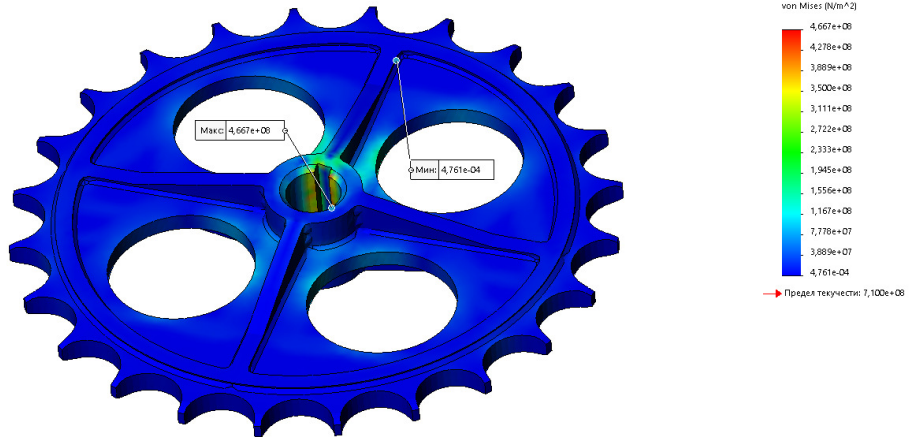


Рисунок 4.12. - Напряжения за фон Мизесом для зірочки.

Имя модели: Шестерня
 Название исследования: Исследование топологии 1 (По умолчанию)
 Тип элторы: Статическое перемещение Переменное перемещение топологии1
 Шкала деформации: 62,3508

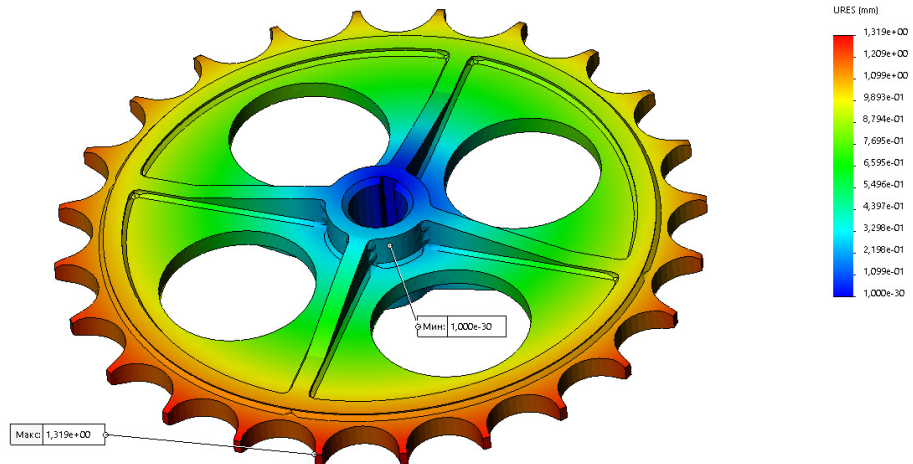


Рисунок 4.13. - Статичне переміщення для зірочки.

Имя модели: Шестерня
Название исследования: Исследование топологии 1[-По умолчанию-]
Тип элора: Статическая деформация. Переменная деформация топологии 1
Шкала деформации: 62,3508

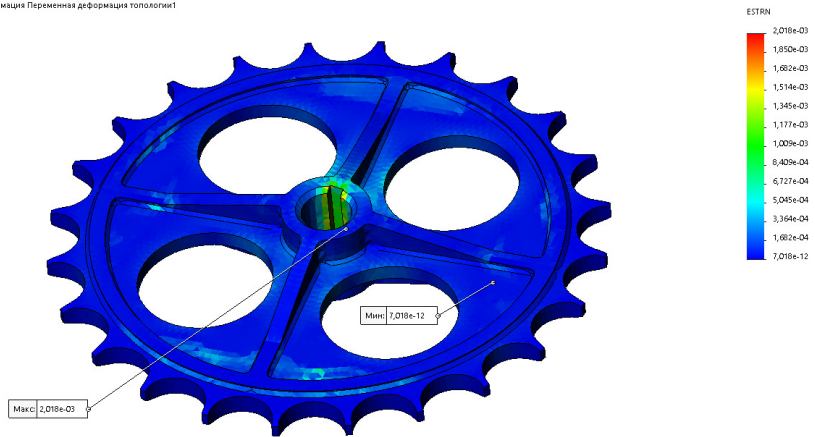


Рисунок 4.14.- Статична деформація для зірочки

Имя модели: Шестерня
Название исследования: Исследование топологии 1[-По умолчанию-]
Тип элора: Запас прочности. Запас прочности 1
Критерий: Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,5

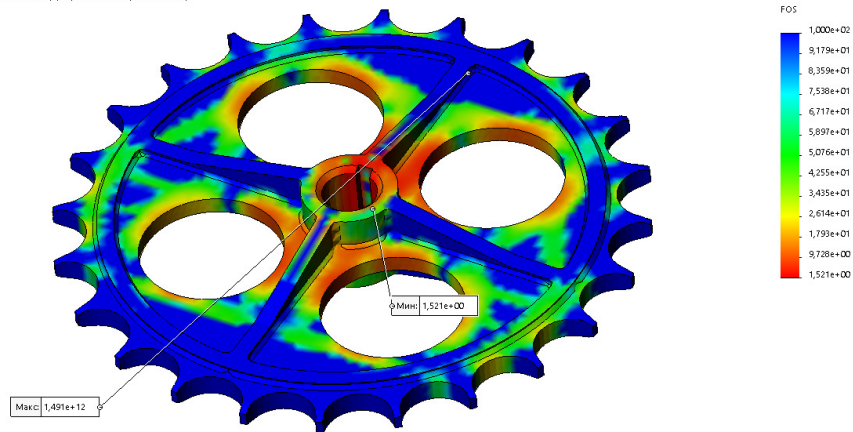


Рисунок 4. 15. – Запас міцності (FOS) для зірочки

Имя модели: Шестерня
Название исследования: Исследование топологии 1[-По умолчанию-]
Тип элора: Масса материала
Расчитанная масса элемента: 64,35507kg

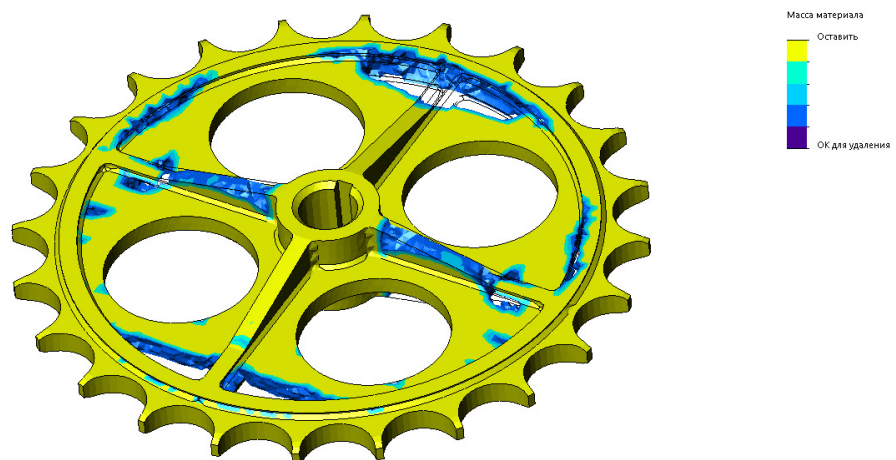


Рисунок 4.16.- Дослідження топології зірочки

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці

Борошняний пил при певних умовах може створити небезпеку загоряння і вибуху. Для пилу борошняного температура загоряння (іскріння і спалахи) коливається в межах 315—725 °С, а температура запалення 600—800 °С. Можливість вибуху пилу повинна бути відвернена виконанням профілактичних заходів. Насамперед не можна допускати запиленості повітря і скупчення пилу. Для цього необхідно забезпечити справну роботу аспірації всіх джерел утворення пилу, правильний і своєчасний нагляд за устаткуванням.

Для переносного освітлення в складі сировини треба використовувати електричні лампи напругою 12—36 В в герметичному виконанні зі скляним ковпаком і металевою сіткою, з живленням від трансформаторів у герметичному виконанні. Опускати електролампочки в бункери, силоси не дозволяється. Мастильні й обтиральні матеріали необхідно зберігати в спеціальних залізних шухлядах на відведених місцях.

Велику небезпеку має статична електрика, що, накопичуючись на металевих частинах устаткування в процесі переміщення і просіювання борошна, а також на вставках з органічного скла, може утворювати поля високої напруги (до 50000 В). Тому все устаткування необхідно заземлювати. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Важливим заходом, що запобігає нагромадження статичної електрики, є підтримка у виробничому приміщенні вологості повітря, рівної 70%. Тому поряд з контролем запиленості повітря необхідно регулярно визначати вологість повітря і, якщо є можливість, зволожувати його.

Заходи безпеки при експлуатації машини кінцевого розстоювання марки T1-XP-2A-30.

При монтажу та експлуатації машини необхідно дотримуватися загальних правил техніки безпеки устаткування для хлібопекарних підприємств.

До обслуговування машини допускаються особи, які не молодші 18 років, які вивчили будову і принцип роботи агрегату, та пройшли інструктаж і освоїли безпечні прийоми роботи. Персонал, що обслуговує агрегат, повинен володіти безпечними методами роботи і дотримуватися запобіжних заходів. Робітники, які обслуговують агрегат кінцевого розстоювання марки T1-XP2-3, повинні дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку. Згідно галузевих норм робітникам видається спецодяг. Заміна робітника може бути зроблена лише майстром і тільки на робітника, який пройшов інструктаж і практичне навчання з техніки безпеки.

2. Робоче місце агрегату повинне бути освітлене (не менш 60 Люкс) і постійно утримуватися в чистоті і порядку.

3. При проведенні монтажних, ремонтних та налагоджувальних робіт використовувати інструмент і пристрої слід тільки по призначенню.

4. Агрегат слід підключати до мережі змінного трьохфазного струму з заземленою нейтраллю.

5. Провід заземлення необхідно надійно закріпити на корпусі агрегату.

6. Під час пусконаладжувальних робіт:

- на конвеєрах агрегату не повинні знаходитися сторонні предмети;
- огороження агрегату повинні бути надійно закріплені.

При обслуговуванні агрегату кінцевого розстоювання марки T1-XP2-3 характерні такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори: небезпечні – деталі привода, конвеєрів, падіння деталей при їх заміні, підвищена напруга електричного струму, статична електрика; шкідливі – підвищений шум.

Характерні травми можуть виникати через обслуговування складових агрегату на ходу в результаті захвату рук, одягу деталями, що обертаються,

падіння деталей через невикористання засобів механізації при їх заміні. При нещасному випадку робочий повинен вміти надати першу допомогу.

Перед початком роботи необхідно:

- ознайомитися з результатами роботи попередньої зміни, вияснити всі технічні неполадки в роботі агрегату, їх причини і способи усунення;
- уважно оглянути робоче місце і перевірити чи нема на робочому місці сторонніх предметів; чи вільні проходи, перевірити справність освітлення, підключення заземлення; зовнішнім оглядом перевірити справність електроапаратури і проводів, змонтованих на агрегаті; наявність, справність інструментів;
- перевірити наявність і справність огорожень приводів, запобіжних решіток;
- у випадку знаходження несправностей треба повідомити майстра і діяти по його вказівці.

При пуску агрегату треба впевнитися, що на ньому нема сторонніх предметів, інструментів і приспособлень.

Електропроводка не повинна мати порушень ізоляції, а місця підключення повинні бути ретельно ізолювані.

Необхідно не допускати скупчення борошняного пилу на внутрішній і зовнішній поверхнях верстата.

Електроустаткування в цеху і машина повинні бути заземлені. При відсутності заземлення забороняється включати електроустаткування. Усі роботи з огляду, ремонту й очищенню електроустаткування повинні проводитись тільки при цілком знятій напрузі.

Важливе місце в безпечній роботі приділяється пристроям для пуску і зупинки машин. Вони повинні бути надійними, легкодоступними для користування з робочого місця, добре помітними і не вимагати великих зусиль. Найбільше зручне кнопкове керування.

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Оцінка інженерної обстановки хлібозаводу при проведенні аварійно-рятувальних робіт

Обсяги і терміни проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт залежать від ступенів руйнування будинків, споруд, а також об'єктів. При визначенні ступеня руйнування враховується кілька чинників, зокрема, характер руйнування, збитки та можливість подальшого використання конкретних будинків чи споруд.

Ступені руйнування поділяються на кілька видів: повні, сильні, середні та слабкі. Кожному ступеню руйнування відповідає своє значення збитку, обсяг рятувальних та аварійних робіт, а також обсяги і терміни проведення відновлювальних робіт.

Повне руйнування — руйнування всіх елементів будинків, включаючи підвальні приміщення, ураження людей, що знаходяться в них. Збитки складають більше 70% вартості основних виробничих фондів (більше 70% балансової вартості будинків, споруд, комунікацій), подальше їх використання неможливе. Відновлення можливе тільки за умови нового будівництва.

Сильне руйнування — руйнування частини стін і перекриття верхніх поверхів, виникнення тріщин в стінах, деформація перекриття нижніх поверхів, ураження значної частини людей, що знаходилися в них. Збитки складають від 30 до 70% вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будинків, споруд і комунікацій), можливе обмежене використання потужностей, що збереглися. Відновлення можливе в порядку капітального ремонту.

Середнє руйнування — руйнування, головним чином, другорядних елементів будинків та споруд (покрівлі перегородок, віконних і дверних

заповнень), виникнення тріщин в стінах. Перекриття, як правило, не повалені, підвальні приміщення збереглися, ураження людей — здебільшого уламками конструкцій. Збитки складають від 10 до 30% вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будинків, споруд і комунікацій). Промислове обладнання, техніка, засоби транспорту відновлюються в порядку середнього ремонту, а будинки і споруди після капітального ремонту.

Слабке руйнування — руйнування віконних і дверних заповнень та перегородок. Можливе ураження людей уламками конструкцій. Підвали і нижні поверхи повністю збереглися і придатні для тимчасового використання після поточного ремонту будинків, споруд, обладнання і комунікацій. Збитки складають до 10% вартості основних виробничих фондів (будинків і споруд). Відновлення можливе в порядку середнього або поточного ремонту.

Під час проведення оцінки інженерної обстановки на об'єктах господарської діяльності (ОГД) максимально повинні використовуватися розрахункові дані та результати паспортизації будинків, споруд та інженерно-технічних систем забезпечення.

Ступінь руйнування конкретного об'єкта може бути орієнтовно визначений за ступенем руйнування основних будинків, споруд, а також комунікацій при надлишковому тиску ударної хвилі для руйнувань слабого, середнього, сильного і повного типу.

Для промислових підприємств об'єктів слабкі, середні, сильні і повні ступені руйнування можуть бути визначені залежно від кількості вибухових речовин (тротилу) або від тиску в фронті ударної хвилі від вибуху газоповітряної суміші згідно з даними, які наведені в табл. 5.1.

Стан інженерних мереж і комунікацій визначається залежно від ступеня руйнування об'єкта господарської діяльності і довжини комунікацій на квадратний кілометр площі об'єкта за табл. 5.2.

Таблиця 5. 1 – Визначення ступеня руйнування об'єктів господарської діяльності залежно від характеру дії на нього

Характер дії на об'єкт	Ступінь руйнування об'єкта господарської діяльності			
	слабкий	середній	сильний	повний
Вибух вибухової речовини (тротил) т.	4,5	13,5	24	45
Вибух газоподібної суміші (вибухово-повітряна сила), кг/с/см ²	0,1	0,2	0,3	0,5

Таблиця 5. – Кількість аварій на інженерних мережах і комунікаціях залежно від ступеня ураження об'єкта господарської діяльності

Площа об'єкта в км ²	Протяжність комунікацій в м/км ²	Ступінь руйнування об'єкта господарської діяльності		
		середній	сильний	повний
1	5000/10000	2/3	3/5	5/9
2		3/4	4/6	6/12
3		3/5	5/7	7/14
4		4/6	7/13	10/20
5		5/8	10/19	13/27
10		8/16	19/37	27/55

Примітка. Структура аварій: водозабезпечення — 20%; каналізація — 20%; газозабезпечення — 25%; теплозабезпечення — 15%; електрозабезпечення — 20%.

Залежно від ступенів ураження об'єкта визначається склад сил і засобів для проведення інженерних робіт. Тривалість виконання робіт одного виду в годинах (T) визначається за формулою:

$$T = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot W}{\Pi},$$

де b_1 — коефіцієнт, що враховує погіршення умов роботи на задимленій, загазованій території та при дії інших факторів, який становить 1,4—2,0;

b_2 — коефіцієнт, що враховує роботу в нічний час і який дорівнює 1,3—1,4;

W — вірогідний обсяг виду роботи;

Π — продуктивність формування при виконанні робіт.

Залежно від ступенів ураження об'єкта визначається склад сил і засобів для проведення інженерних робіт. Тривалість виконання робіт одного виду в годинах (T) визначається за формулою:

$$T = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot W}{\Pi},$$

де b_1 — коефіцієнт, що враховує погіршення умов роботи на задимленій, загазованій території та при дії інших факторів, який становить 1,4—2,0;

b_2 — коефіцієнт, що враховує роботу в нічний час і дорівнює 1,3 – 1,4;

W — вірогідний обсяг виду роботи;

Π — продуктивність формування при виконанні робіт.

Кількість формувань (N_ϕ) для виконання певної роботи визначаємо за формулою:

$$N_\phi = \frac{T}{t}$$

де t — тривалість роботи за зміну (орієнтовно 10 годин).

При визначенні інженерної обстановки на об'єкті господарської діяльності до уваги необхідно брати комплексний підхід, який враховує всі елементи можливої дії на об'єкт як первинних, так і вторинних факторів ураження.

ВИСНОВКИ

Успішний процес остаточного розстоювання вимагає належної уваги до різноманітних технічних і технологічних параметрів розстійної шафи. В цьому контексті, висока якість обшивки металевго каркаса та його ефективна теплоізоляція є ключовими, оскільки вони визначають збереження та підтримку необхідних температурних та вологостівних параметрів всередині робочого простору шафи. Це відповідає за запобігання утворенню конденсату на стінках шафи і безпосередньо впливає на остаточну якість виробів.

Розстійна шафа агрегату остаточного розстоювання є самою енергоємною його складовою. Використання як обшивки сталевих листів приводить до значних тепловтрат при експлуатації шафи і, як наслідок, підвищення температури в цеху.

З метою підвищення енергозбереження агрегату кінцевого розстоювання марки T1-XP-2A-30 проводимо модернізацію розстійної шафи агрегату шляхом заміни панелей обшивки металевго каркаса на антикорозійний матеріал з високими теплоізоляційними властивостями.

Панелі є конструкцією з полегшеного алюмінієвого профілю з використанням як заповнення “сендвич”- панелей на основі пінополістирола, фанерованого з двох сторін удароміцним пластиком.

Завдяки пластиковій поверхні заповнення і полімерному покриттю профілів, в порівнянні із фарбованими поверхнями, спрощується процес санобробки панелей. Матеріал не схильний корозії і, до того ж, має красивий естетичний вигляд.

Використання енергозберігаючих “сендвич” - панелей забезпечує збереження температурно-вологосного режиму у середині розстійної шафи та економію енергоресурсів.

Для забезпечення проведення процесу остаточного розстоювання в оптимальному режимі важливе значення має конструкція люльки. Суцільна металева люлька перешкоджає рівномірній циркуляції теплого вологого повітря усередині розстійної шафи і розстоювання тістових заготовок відбувається нерівномірно, що погіршує якість готового хліба.

Тому модернізацією розстійної шафи агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР-2А-30 також передбачено зміну конструкції люльки для остаточного розстоювання череневого житньо-пшеничного хліба з суцільно-металевої на каркасну. Люлька має жорсткий перфорований каркас череня, що перекидається, з окремими осередками для тістових заготівок, що дозволяє набути заготовці необхідного об'єму, при цьому дія температурно-вологового середовища рівномірно розподіляється по всій заготовці. Також дана конструкція люльки дозволяє здійснювати автоматичну пересадку тестових заготівок на черінь печі;

Запропонована модернізація не тільки приведе до підвищення енергозберігаючих властивостей агрегату кінцевого розстоювання марки Т1-ХР2-3, але й до зменшення металоємності конструкції, покращення процесу розстоюванні, і в кінцевому випадку до зменшення собівартості та покращення якості кінцевого продукту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закалов О.В. Обладнання переробних та харчових підприємств. – Тернопіль, 2001.
2. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого – Вінниця: Нова книга, 2001. –576с.
3. Василенко С.М., Українець А.І., Олішевський В.В. Основи тепломасообміну. — К.,2004. – 249с
4. Закалов О.В. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв. Навчальний посібник. / Закалов О.В., Ворощук В.Я. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 350 с.
5. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш., О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
6. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б.,Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007.304с.
7. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого Вінниця: Нова книга, 2001р. 576с.
8. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості; навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Р.О.,Українець А.І. та ін..-Вінниця: Нова книга, 2004.-288с.
9. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І.Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
- 10.Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. — 2-ге вид., перероб. Затверджено МОН / Стеблюк М.І. — К., 2010. — 487 с.
- 11.Васійчук В.О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк. - Львів: Видавництво НУ "ЛП", 2010. - 417с.

12. Бедрій І.Я., Нечай В.Я. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. 2006, 2007. 499 с.
13. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці. К.: Центр учбової літератури, 2009. 209 с.
14. Желібо Є.П., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Підручник. 2009.
15. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 156 с.
16. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. 150 с.
17. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту. 2010. 418с.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**ХІІ Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023

УДК 664.6

Р. І. Мацега, С. С. Наконечний, Н. М. Зварич, к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ

R. I. Matseha, Nakonechnyi S. S., N. M. Zvarych, Ph.D, Assoc. Prof

MODERN REQUIREMENTS FOR BAKERY EQUIPMENT

Основною з світових тенденцій розвитку сучасної цивілізації є швидка зміна вимог споживачів до продукції, що виробляється. Це також стосується і хлібопекарської галузі. Постійно змінюються вимоги до якості продукції, її асортименту, цільового призначення (дієтична продукція, з певними добавками тощо), екологічності [1, 2]. Щоб бути конкурентоспроможними на ринку, хлібопекарським підприємствам необхідно задовольняти вимоги і смаки споживачів, що в свою чергу залежить також від наявного на підприємствах технологічного обладнання.

Вивчаючи досвід закордонних виробників хлібопекарського обладнання, можна зауважити що воно має відповідати вимогам [3]:

1. Забезпечувати точний контроль температури. Одним з основних параметрів всього технологічного процесу виробництва хлібобулочних виробів є чітке дотримання температурних режимів на усіх етапах виробництва продукції. Якісне хлібопекарське обладнання повинно забезпечувати точне регулювання температури, незалежно чи це промислове обладнання чи обладнання для домашнього користування.

2. Відповідати вимогам міцності і довговічності. Виробники хлібопекарського обладнання повинні використовувати відповідні матеріали (в зонах контакту з харчовим продуктом – нержавіючу сталь), забезпечувати необхідну конструктивну міцність елементів обладнання та їх довговічність. Оскільки обладнання створюється для тривалого використання а довговічність гарантує довший термін його служби, мінімізує ризик поломки, забезпечуючи безперервний процес виробництва продукції.

3. Бути універсальним і легко налаштовуватися. Сучасні виробники пропонують обладнання з рядом настроюваних функцій: від регульованих налаштувань швидкості до універсальних елементів керування обладнанням, забезпечуючи гнучкість виробництва. Універсальність пекарського обладнання дає змогу пекарям освоювати нові рецепти, експериментувати з різними техніками та розширювати свої кулінарні навички [3].

4. Бути оснащеним функціями безпеки. Під час роботи з хлібопекарським обладнанням безпека завжди має бути головним пріоритетом. Оснащення обладнання функціями безпеки, захищає користувачів від потенційної небезпеки. Такими функціями можуть бути механізми автоматичного відключення, термостійкі ручки або блокування безпеки тощо.

5. Бути енергоефективним. У сучасному екологічно свідомому світі енергоефективність є важливою задачею. Енергоефективні машини не тільки знижують експлуатаційні витрати, але й сприяють екологізації хлібопекарської галузі.

Література

1. Сучасне хлібопечення формує майбутнє хліба: веб-сайт. URL: <https://harch.tech/2021/08/25/majbutne-hliba-lesaffre/>: (дата звернення: 29.11.2023).
2. The development of bakery equipment: веб-сайт. URL: <https://www.aocnobake.com/news/61.html> (дата звернення: 29.11.2023).
3. The Ultimate Guide to Quality Baking Equipment: Enhancing Your Baking Experience: веб-сайт. URL: https://www.aocnobake.com/News_details/6.html (дата звернення: 30.11.2023).

12.	М. А. Тримбашевський, Т. П. Друк АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА	281
13.	М. С. Маракін, Д. Р. Гавліч ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БОРОШНА В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА	283
14.	М. І. Шпікула ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ МОРОЗИВА	284
15.	Р. В. Береговий, Н. М. Кость, М. М. Череватий, О. І. Бакалець МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ БІЛКІВ МОЛОКА	285
16.	М. А. Стадницький, В. І. Кравець ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГОМОГЕНІЗАТОРА КЛАПАННОГО ТИПУ	286
17.	Р. Г. Погайдак; В. І. Кравець; О. І. Кравець ЗМІНА РОЗМІРІВ ЧАСТОК КАЗЕЇНУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО СУШІННЯ В УСТАНОВЦІ ІЗ ПСЕВДО ЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ	287
18.	С. І. Саварин, В. І. Саварин, Р. М. Варениця ПІДХОДИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ МАШИН	288
19.	А. В. Деркач ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА В ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗІ	289
20.	В. О. Пастушенчин, Л. А. Сторож ВИКОРИСТАННЯ ТОПНАМБУРА В ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ВИРОБІВ	290
21.	М. Д. Кухтин, М. В. Кухтин МОНІТОРИНГ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ РЕЧОВИН У ЗАМОРОЖЕНІЙ РИБІ ІМПОРТОВАНОЇ В УКРАЇНУ	291
22.	Р. І. Журбик, К. Є. Дацишин РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТОНІЗУЮЧОГО МОЛОКОВІСНОГО ФЕРМЕНТОВАНОГО НАПОЮ	292
23.	А. І. Журбик, К. Є. Дацишин ВПЛИВ РІЗНИХ РЕАГЕНТІВ НА ВИХІД МОЛОЧНО-РОСЛИННОГО СИРУ ПРИ ТЕРМОКИСЛОТНОМУ СПОСОБІ ЙОГО ОТРИМАННЯ	293
24.	О. А. Цибіна, Л. А. Сторож ПАЖИТНИК ЯК СМАКО-АРОМАТИЧНА ДОБАВКА ДЛЯ РОЗСІЛЬНИХ СИРІВ	294
25.	Є. І. Кучерявий, А-І. М. Голояд ІТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕПЛОНОСІЯ В ПІДГРІВАЧІ СОЛОДУ	295
26.	В. В. Корницький ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ	297
27.	Р. І. Маєга, С. С. Наконечний, Н. М. Зварич СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ	299
28.	П. М. Чорний, Я. В. Фриз, Н. М. Зварич ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	300
29.	А. Т. Лялик, Л. І. Божик ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ У ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ	301
30.	О. С. Покотило, Д. Я. Далєвська, В. М. Далєвський ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РЯЖАНКИ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТАЦІЇ	302