

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ _____

Кафедра Машин і апаратів харчових ті фармацевтичних виробництв _____

Освітній ступінь _____ Магістр _____

Спеціальність _____ 133 Галузеве машинобудування _____
(код і назва)

Освітньо-професійна програма _____

Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв _____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Олександр ГАВВА

“ _____ ” _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Слабія Дмитра Юрієвича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема „ Дослідження процесу і аналіз конструкцій обладнання для охолодження нарізного батона з метою розроблення кулера для лінії з тунельною піччю 50 М² „

керівник роботи Теличкун Володимир Іванович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “07” листопада 2022 року № 794-КС

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; креслення обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація; Вступ; Процес охолодження хлібних виробів в умовах сучасного хлібопекарського підприємства; Опис лабораторного обладнання, методик та засобів проведення дослідів процесу охолодження хлібних виробів ; Дослідження процесу охолодження хлібних виробів; Будова та принцип роботи запропонованого конструктивного рішення; Технології машинобудування; Техніко-економічні розрахунки запропонованого конструктивного рішення; Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах з виготовленням хлібобулочних виробів; Висновки; Використана література; Додатки;

5. Перелік графічного матеріалу:

- Загальний вигляд; Перехід; Поперечний розріз; Технологія Збирання

привідного валу

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобу дування	Ю.І.Бойко		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів	01.12.2022	Виконано
2	Вступ	03.12.2022	Виконано
3	Процес охолодження хлібних виробів в умовах сучасного хлібопекарського підприємства	4.12.2022- 07.12.2022	Виконано
4	Опис лабораторного обладнання, методик та засобів проведення дослідів процесу охолодження хлібних виробів	08.12.2022- 11.12.2022	Виконано
5	Дослідження процесу охолодження хлібних виробів	11.12.2022- 14.12.2022	Виконано
6	Будова та принцип роботи запропонованого конструктивного рішення	14.12.2022- 17.12.2022	Виконано
7	Технологія машинобудування		
8	Техніко-економічні розрахунки запропонованого конструктивного рішення	17.12.2022- 20.12.2022	Виконано
9	Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах з виготовленням хлібобулочних виробів	17.12.2022- 20.12.2022	Виконано
10	Висновок	21.01.2023- 22.01.2023	Виконано
11	Графічна частина: 5 аркушів	22.01.2023- 03.02.2023	Виконано
12	Подача ДП на кафедрі	05.02.2023	Виконано

Здобувач _____

(підпис)

Слібій Д.Ю. _____

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Теличкун В.І. _____

(прізвище та ініціали)

Зміст

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	7
1. Процес охолодження хлібних виробів в умовах сучасного хлібопекарського підприємства.....	8
1.1. Сутність та задачі процесу охолодження хліба.....	8
1.2. Огляд наявних способів охолодження хлібних виробів.....	12
1.3. Обладнання що використовується для охолодження хлібних виробів на сучасних підприємствах.....	15
1.4. Теоретичний фундамент процесу охолодження хліба.....	27
2. Опис лабораторного обладнання, методик та засобів проведення дослідів процесу охолодження хлібних виробів.....	29
2.1 Методика проведення досліджень в умовах хлібопекарного виробництва.....	29
2.2 Лабораторна установка для випечення хліба.....	30
2.3 Визначення температурного режиму в пекарній камері.....	31
2.4 Визначення змін маси заготовки під час випікання та охолодження.....	32
3. Дослідження процесу охолодження хлібобних виробів.....	33
3.1 Дослідження процесу охолодження хлібобних виробів в лабораторних умовах та в умовах виробництва.....	33
3.2 Математичне моделювання прогріву заготовок тіста що мають циліндричну форму.....	41

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю	Назва, додаткова назва Зміст	170490.ДП.04.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

4. Будова та принцип роботи запропонованого конструктивного рішення.....	54
4.1. Принцип роботи запропонованого конструктивного рішення.....	54
4.2. Кінематичні розрахунки.....	55
4.3. Розрахунки валу.....	64
4.4. Розрахунок підшипників.....	66
4.5. Вибір відповідного мотора-редуктора та кінематичні розрахунки приводу.....	67
4.6. Розрахунок черв'ячної передачі.....	69
5. Технологія машинобудування.....	77
6. Техніко-економічні розрахунки запропонованого конструктивного рішення.....	82
7. Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах з виготовленням хлібобулочних виробів.....	93
Висновки.....	99
Використана література.....	100

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA

АНОТАЦІЯ

В моїй магістерській роботі продемонстровано результати моїх наукових досліджень з охолодження хліба на підприємствах з безперервним виробництвом.

Сучасні методи охолодження хлібних виробів вимагають застосування великих виробничих площ а також людської праці.

Об'єктом дослідження в моїй магістерській роботі є процес охолодження хлібобулочних виробів перед процесом нарізання та пакуванням. Досліди проводились як в лабораторних так і промислових умовах.

В моїй магістерській роботі проведені експериментальні дослідження процесу охолодження хлібобулочних виробів. Проведено досліди зі зміни часу охолодження та зміни його якості та маси готової продукції при використанні природного способу охолодження. Одержані залежності представлено у вигляді графіків.

Виконано експеримент що фундаментується на математичній моделі термічного оброблювання тістової заготовки що має форму циліндра.

Розроблено конструкцію спірального кулера що застосовується для охолодження хлібулочних виробів.

Було розраховано економічні показники, розроблено заходи із техніки безпеки та охороні праці, що забезпечать безпеку при роботі з обладнанням.

Магістерська дипломна робота складається з пояснювальної записки, рисунків, таблиць і специфікацій креслення.

Ключові слова: охолодження хлібних виробів, спіральний кулер, експериментальні дослідження, математична модель.

SUMMARY

In my master's thesis, the results of my scientific research on bread cooling at enterprises with continuous production are demonstrated.

Modern methods of cooling bread products require the use of large production areas and also human labor.

The object of research in my master's work is the cooling process of bakery products before the cutting and packaging process. Experiments were conducted both in laboratory and industrial conditions.

In my master's thesis, experimental studies of the cooling process of bakery products were carried out. Experiments were conducted on changing the cooling time and changing its quality and mass of finished products when using a natural cooling method. The obtained dependencies are presented in the form of graphs.

An experiment based on a mathematical model of thermal treatment of a dough blank in the shape of a cylinder was performed.

The structure of the spiral cooler used for cooling bakery products has been developed.

Economic indicators were calculated, safety and occupational health measures were developed, which will ensure safety when working with the equipment.

The master's thesis consists of an explanatory note, drawings, tables and drawing specifications.

Key words: cooling of bread products, spiral cooler, experimental research, mathematical model

ВСТУП

На підприємствах з хлібобулочних виробництв відносно до інших виробничих процесів велика частка часу а також зусиль витрачається на охолодження свіжевиробленої продукції, що викликає багато незручностей: використання додаткової ручної робочої сили, багато необхідного місця для охолодження на вагонетках, обумовлює періодичність виробництва. В моїй магістерській дипломній роботі запропоновано вирішення проблем процесу охолодження хліба.

Свіжоипечений гарячий хліб потребує особливого догляду. За недбалого поводження хліб легко піддається механічному впливу, втрачає потрібну форму, структуру та пористість, тобто стає браковим. Свіжоприготований хліб після випечення розміщують на спеціальних вагонетках для подальшого охолодження. Охолодження хліба розпочинається з зовнішніх шарів і повільно переходить до центру м'якиша. Одночасно з охолодженням знижується вологість м'якиша, а отже, і маса хліба, а вологість скоринки збільшується, прямуючи до відносної вологості навколишнього середовища. Подіння маси хліба та хлібобулочних виробів через випаровування з нього частки води а також, деяких продуктів бродіння називають усиханням. Його можна визначити за різницею між масою гарячого та вже охолодженого хліба за деякий проміжок часу і записують у відсотках відносно маси гарячого хліба. Усихання хліба за перші 3-6 год зберігання знаходиться в межах 2 - 4 %. При зберіганні хліба при звичайних умовах через 10 —12 год починається черствіння. Органолептичні показники змінюються разом із зміною структурно-механічних властивостей м'якиша.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Слабій Д.Ю	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	170490.ДП.04.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>

РОЗДІЛ 1. Процес охолодження хлібних виробів в умовах сучасного хлібопекарського підприємства

1.1. Сутність та задачі процесу охолодження хліба

Виробництво хліба можна розподілити на 5 етапів:

- підготовки сировини;
- замішування тіста;
- формовка виробів;
- випікання хліба;
- охолодження готової продукції та пакування хліба.

Для замішування пшеничного тіста існує два способи: безопарний і опарний. За безопарного способу всі компоненти, котрі входять до рецептури тіста, в повному обсязі вносяться одночасно. У результаті замішування отримують тісто густої консистенції. Розвиток дріжджів у ньому ускладнено через що норма додавання дріжджів понад 1,5 % від маси борошна. Тривалість бродіння дріжджів у тісті 3-3,5 год. Економічні переваги не компенсують якість хліба, вона є нижчою, ніж за опарного способу. Опарний спосіб виконують у два етапи. Спочатку отримують опару, до якої вносять 2/3 потрібної води і 1/2 маси борошна. На даній стадії вносяться усі дріжджі: їх потрібно близько 0,75 %. Зменшення необхідної кількості дріжджів зумовлене тим, що опара є рідким середовищем і складається з основних видів сировини (борошно + вода + дріжджі), сіль вноситься в окремих випадках. Опара поділяється на густу - 60-70 % борошна при вологості 45 %, та рідку - 30 % борошна, вологість до 65 %. Після закінчення першої стадії вноситься інше борошно, вода та всі інші за рецептурою

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю	Назва, додаткова назва Процес охолодження хлібних виробів в умовах сучасного хлібопекарського підприємства	170490.ДП.04.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

компоненти. Час бродіння тіста 1-1,5 год. Опарний спосіб в порівнянні із безопарним дозволяє краще керувати процесом приготування тіста, тобто дає вибрати кращі режимні параметри і виробляти ширший асортимент хлібобулочних виробів. Двофазове зброджування сприяє до поліпшення структури клейковини в тісті та дає змогу отримати хліб з більш розвиненою пористістю та з більшим вмістом ферментів що надають хлібу характерні запах і смак. Сумарна тривалість за опарного способу 4,5-6 годин. Машинно-апаратна схема виготовлення хліба представлена на рис. 1.1.1.

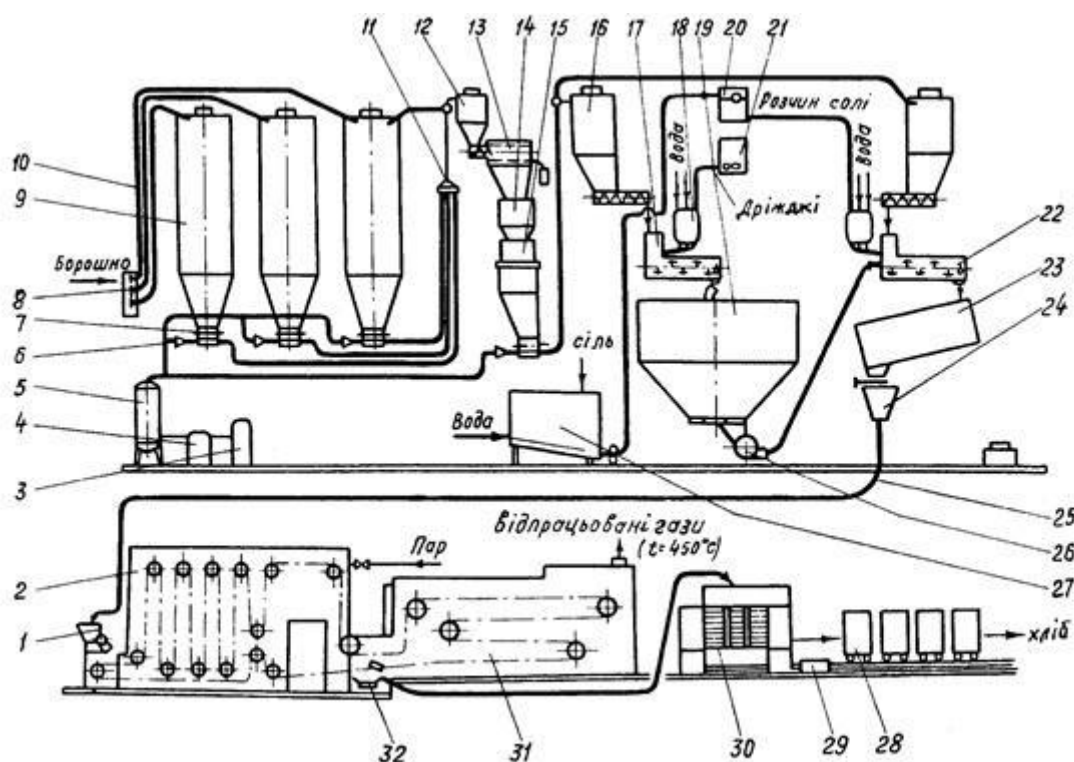


Рис. 1.1.1. Машинно-апаратна схема виробництва хліба

1 — тістоподільник; 2 — шафа вистою; 3 — фільтр для повітря; 4 — компресор; 5 — накопичувач; 6 — надзвукове сопло; 7 — живильник; 8 — приймаючий щит; 9 — силос для борошна; 10 — транспортуючий матеріалопровод; 11 — переключатель напрямку; 12 — повітряний циклон; 13 — борошно-просіювач; 14 — авто-ваги; 15 — бункер проміжний; 16 — бункер; 17 — замішувач опари; 18 — дозатор для рідких компонентів; 19 —

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

бункер бродіння опари; 20 —бачок для розчину солі; 21 — розчинювач дріжджів; 22 — тістоміс; 23 — бункер бродіння тіста; 24 — тісто-приймач; 25 — транспортуюча труба для тіста; 26 — дозатор для опари; 27 — розчинник солі; 28 — хлібні контейнери; 29 — каретка для розподілення; 30 — хлібоукладчик; 31 — тупикова піч; 32 — вивантажувач хліба

Підготовка сировини включає в себе такі стадії: просіювання борошна, приготування опари та розчину солі, підготовка добавок. Спочатку готується борошно: замішують та просіюють його, висіявши магнітні домішки, підігрівають воду до потрібної температури, готують розчин солі, фільтрують його та дають час для відстоювання, готують дріжджовий розчин, очищають і розтоплюють жири або олії, готують інші добавки за рецептом.

Замішування тіста включає тех-операції: замішування опари, бродіння опари, замшування тіста, його бродіння, обминання тіста.

Замішування опари проводиться 4-6 хв. до утворення однорідної маси. Час бродіння опари різниться: 1,5-3 год. Потім компоненти сировини що залишилось, дозують відповідно з рецептурою та повторно перемішують Час замісу тіста триває 5-8 хв. При замісі опари і тіста розпочинається процес бродіння. Дріжджі зброджують моно- та дисахариди, що входять у склад борошна, і дисахарид мальтозу, котра утворюється за гідролізу крохмалю. Мета бродіння – це накопичення у опарі та тісті смакових і ароматизуючих речовин, а також приведення тіста до показників, таких як: газоутримуюча здатність а також фізичні властивості, до стану, що найкраще підходить до поділу тіста і випічки.

Тісто, котре вибродило, направляється на поділення, що включає у себе поділ тіста шматками, маса котрих має бути на 10-15 % більшою, за масу готових виробів з врахуванням упікання та усихання на слідуючих стадіях. Одержані шматки тіста заокруглюють до форми сфери. Після чого шматки

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

тіста одразу направляються до попереднього вистоювання - витримка округлених тістових заготовок з пшеничного тіста у стані спокою 5-8 хв. При вистійці шматки тіста збільшують свій об'єм, покращують фізичні властивості та структура тіста.

Під час формування складних по форми виробів куски тіста направляються на формовочні і закатувальні машини. Після надання необхідної форми він направлється на кінцеве вистоювання. Потреба в кінцевого вистоювання пов'язана з тим, що при формуванні тіста кисень повністю витісняється CO₂, порушується пористість тіста. Задля отримання хліба з необхідною пористістю і об'ємним виходом потрібно, щоб тістові заготовки збільшили об'єм та отримали рівномірну пористість.

Кінцеве вистоювання виконується у спеціальних шафах за температури 35-40°C та вологості 75-85 %. Задля уникнення обвітрювання та утворення затверділої кірки виробу не обдуваються повітрям. Збільшена вологість зберігає кірку виробів еластичною, через що збільшення об'єму, яке відбувається за рахунок інтенсивного бродіння, не призводить до розриву поверхні. Тривалість кінцевого вистоювання – 60 хв. залежно від рецептури і особливостей технології. Сформовані заготовки тіста розміщують на лентовому транспортері, де тісто до кінця вистоюється, після чого заготовки цим же транспортером переноситься до печі.

Кінцевою стадією у виробництві хліба є випечення, котре проводиться у хлібопекарських печах різних конструкцій. Тістову заготовку направляють до випікання, котре проводять за температури 200 - 260°C протягом 25 хв. Режим випечення хліба встановлюються для різних видів хліба в залежності від сортів борошна, показників вологості тіста, маси та форми виробів, способу випечення, параметрів газового середовища пекарної камери та ін.

При збільшенні температури у процесі випікання стається термічна денатурація білків і клейстеризація крохмалю. Форма тістових шматків

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

фіксується та вони перетворюються на хліб. Незмінна форма хліба забезпечується утвореною кіркою та еластичною м'якушкою. Під час випікання хліба завжди присутні втрати маси тіста. Ці втрати називаються упіканням хліба. Чисельно упікання виражається як відношення різниці між масою тіста та гарячого хліба: становить 6 -14 % в залежності від різних факторів. Найбільша частина в масі під час упікання належить вологості - 95 %, решта - спирт, CO₂, летучі органічні речовини.

Охолодження хліба - кінцевий етап виробництва хлібних виробів. За рахунок охолодженню зменшується можливість появи конденсату в упаковці та підвищується можливість переміщення готової продукції. Охолоджувати хліб необхідно за двома причинами:

- для нарізання температура хліба повинна бути нижче 35 °С.
- задля пакування.

Ключовою причиною мікробіологічного псування хлібних виробів є високий вміст води в приміщенні де він зберігається і конденсація у випадку, коли неможливий належний контроль температури. Усі приміщення, де зберігається хліб потрібно утримувати чистим, та підтримувати необхідний склад повітря та усувати сторонні запахи. Повітря, що подається в зону охолодження, повинно бути очищене. Після діставання хліба з печі, він випромінює своє тепло до навколишнього середовища, його маса зменшується через втрати води. Температура хліба з печі становить 96-98°C залежно від ступеня готовності та технології випічки. На стику м'якушки та скоринки температура сягає 100 С. Вологість в кірці від 0 до 3%.

1.2 Огляд наявних способів охолодження хлібних виробів

Свіжовипечений гарячий хліб потребує особливого догляду. При нехлюйському поводженні він легко деформується, втрачає свою форму, пористість та структуру. Готовий хліб одразу після випікання поміщають на

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

вагонетках для охолодження. Охолодження хліба розпочинається з поверхні і поступово рухається до центру м'якушки. Разом з тим знижується вміст вологи, а отже, маса, а вологовміст скоринки підвищується, вирівнюючись з відносною вологістю повітря. Зменшення маси хліба через випаровування з нього частки води та деяких продуктів бродіння називають усиханням. Воно визначається за різницею між масою гарячого та холодного хліба через певний проміжок часу та записують у відсотках до маси гарячого хліба. Усихання хліба за перші 3-6 год зберігання досягає 2 - 4 %. Охолодження виконується на кінцевому етапі виробництва задля забезпечення потрібних для нарізання та упакування виробів. Є найпоширеніші три способи охолодження: природній, кондиційованим повітрям та вакуумний.

Природне охолодження – найдешевший спосіб, але найтриваліший. Свіжовипечена продукція поміщається на склад де охолоджується протягом певного періоду часу. Таке охолодження потребує великих виробничих площ, та багато часу, і використання ручної праці. За такого способу охолодження хлібних виробів після випечення виникає ряд недоліків:

- необхідність великої виробничої площі;
- великий час для охолодження
- нерівномірне розміщення вологи в об'ємі виробів.
- значна бактеріальна забрудненість кірки хліба через

довготривалий контакт з навколишнім повітрям.

Використання **кондиціонованого повітря** скорочує тривалість процесу охолодження.

Подавання повітря здійснюється за рециркуляційною схемою. Повітря з вищою температурою, що забирається у верхній зоні охолодження, зволожується та охолоджується у кондиціонері після повертається в охолоджувач через зону найбільш охолодженого зліба, або 2 потоками в

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

зону з гарячими виробами і до зони зниженої температури, за рахунок чого покращується інтенсивність охолодження та зменшується усихання. Оптимальні параметри для повітряного середовища під час охолодження є температура 15-18°C і вологість 90-95%. Також розповсюдженим способом охолодження хліба є побудова кондиціонуючих камер, так зване шокове охолодження продуктів. Камери шокового охолодження продуктів для хлібобулочних і кондитерських виробів зараз широко застосовуються на заводах з виробництва хліба та кондитерських виробів малоривалого зберігання, і у місцях громадського харчування. У цих камерах продукція охолоджується до температури +3°C. Шокове охолодження поділяють на жорстке і м'яке. Останнє використовують для делікатних продуктів. Перше, навпаки, для продуктів з високою щільністю та жирністю. Ці дві технології збільшують терміни зберігання, але, не настільки, як шокове заморожування.

Вакуумний спосіб охолодження - фундаментується на швидкому зниженні температури кипіння води в хлібові за певного розрідження, тривалість охолодження скорочується.

Вакуумне охолодження виробів фундаментується на холоді, що виникає через випаровування води із продукту. За нормального атмосферного тиску вода закипає при 100 ° С. За цієї температури досягається межа переходу води з рідкого агрегатного стану до газоподібний. Перевагами використання вакуумного способу охолодження хлібних виробів є:

- зменшення часу випікання виробів до 10-30%, а це призводить до зменшення витрат на випікання.
- сильно (до 95%) скорочується час на охолодження хлібних виробів, що дозволяє уникнути задіяння додаткових виробничих площ.
- Покращується якість а також збільшується термін свіжості готових виробів без застосування додаткових хім-добавок.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

1.3 Обладнання що використовується для охолодження хлібних виробів на сучасних підприємствах

Хліб, що є одним з найбільш масових штучних продовольчих вантажів з малим терміном реалізації, потребує суворих санітарних умов, погано витримує механічний вплив, особливо в перший час після випічки. З огляду на це велика роль приділяється до транспортно-складських операцій. Але у порівнянні з механізацією інших процесів виробництва механізація транспортно-складських операцій для готової продукції значно відстає.

Схеми проведення транспортно-складських робіт. Для хлібосховища та експедицій на більшості хлібопекарських виробництв розповсюджено транспортування готових виробів у лотках та вагонетках з ручним способом укладки продукції до лотків і перевантаженням їх на спеціалізовані автофургони.

Більш модерною є схема переміщення хлібних виробів у контейнерах. В такому випадку застосовується спецтранспорт з підйомним бортом, що робить від електричного приводу. Готові вироби з печей їдуть стрічковими транспортерами на сортувальний стіл, де переглядаються та укладаються руками в контейнери, котрі переміщуються в хлібосховище.

Для транспортування контейнерів використовують навантажувачі, підвісні або напольні конвеєри.

Відповідно до заказу навантажені контейнери поміщаються на вантажну платформу, монтуються водієм на опущений борт машини, піднімаються та закриваються до фургону. Після доставки в торгову точку водій розвантажує контейнери до підсобних приміщень або до торгового залу магазину, збирає порожні контейнери та доставляє їх назад. Реалізація хліба проводять в магазинах з контейнерів. Після сан-обробки контейнерів та лотків цикл повторюється.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

На рис. 1.1 показано схему комплексної автоматизації вантажно-розвантажувальних та транспортно-складальних робіт в хліб-сховища та розвозці, що економічно обґрунтована для побудови на хлібозаводі великої потужності та розроблена для механізації всіх операцій - від виходу хліба з пекарної камери, укладки його в тару перед загрузкою у вантажівку. В цій схемі використані агрегати 1, 4, 5 для укладки хліба до лотків а лотків в свою чергу до контейнерів, візок траверсів 2, конвеєр 3, круг поворотний 6, агрегат 7 для укладання в ручну малих виробів в лотки, стіл циркуляційний 8, контейнери з лотками порожніми 9 , підйомник спеціальний 10 для листів з малими виробами, механізми 11 ... 13 підйому і розвантаження хліба із печей, пристрої 14, 15 задля центрування і стикування авантажівок, ворота двостулкові 16, ділянка для доукомплектовки 17, шлях рейковий 18, Комплектуючі візока 19, конвеєри завантажувальні 20, вантажівки 21, половий накопичувач для контейнерів 22, агрегат 23 для сан-обробки лотаків, накопичувач 24 загрузених контейнерів, візок роздавальна 25.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

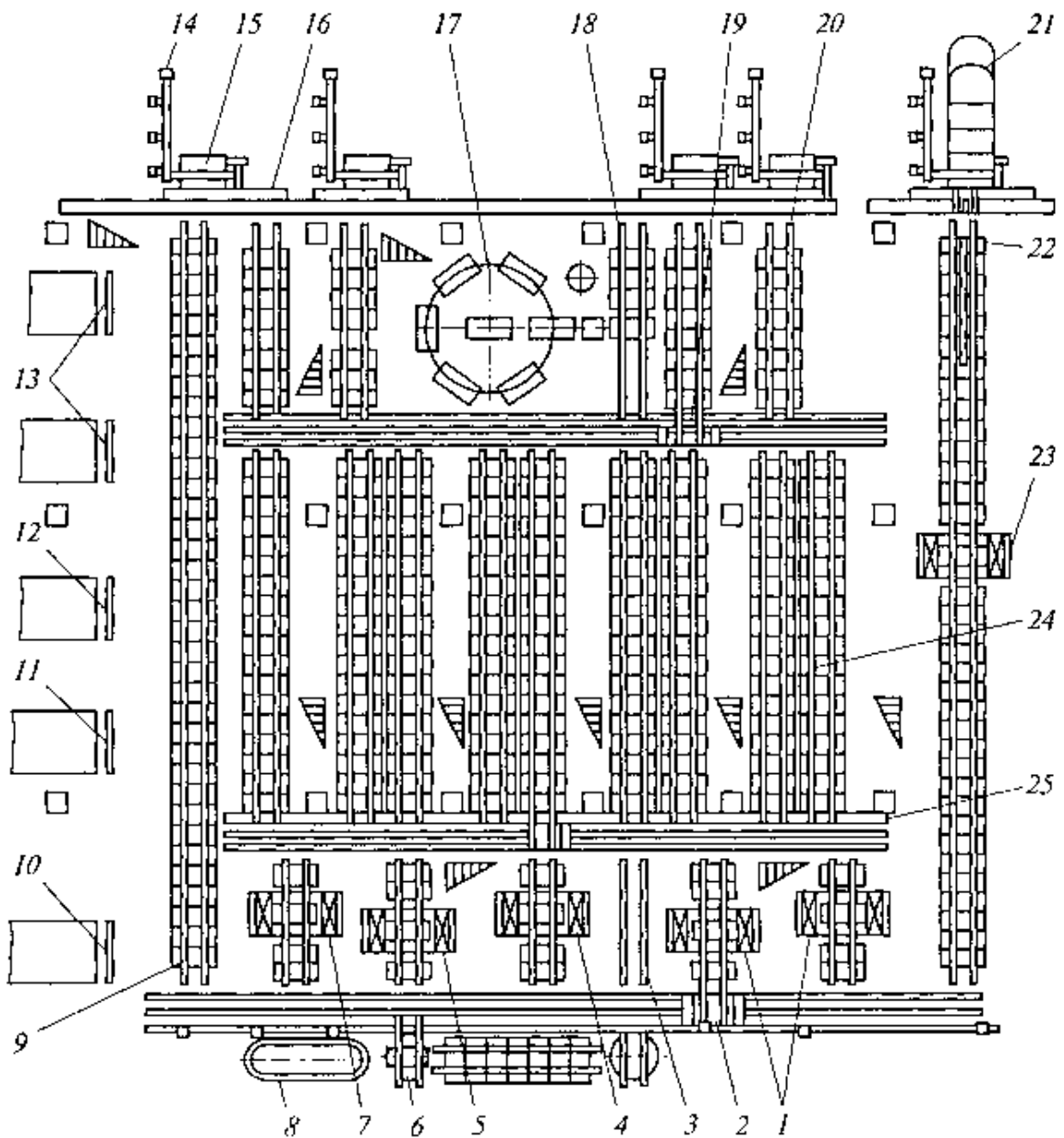


Рис.1.1. Схема комплексної механізації вантажно-вивантажувальної і транспортно-складських робіт в хлібних сховищах і доставці

Вантажно-вивантажувальні і транспортно-складські роботи по цій схемі здійснюється в такий спосіб.

З печі хліб розвантажувальними механізмами по стрічковим конвеєрам доставляється в хлебоукладочние агрегати. Перед подачею до агрегатів хліб проходить механізми центрування.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Від хлібоукладальних механізмів завантажені контейнери візком (див. Рис. 1.1) передаються до конвеєри для збереження хліба - накопичувачі 24. Траверс-візки рухаються по рейкових шляхах перпендикулярно до осей накопичувачів. Кожен сорт (вид) хлібних виробів зберігається на відповідному конвеєрі-накопичувачі до відправлення на торгову мережу. Комплекція відвантажувальних партій контейнерів робиться за автоматичним циклом. Відповідно замовленню оператор вказує програму для комплектувізка.

Доукомплектування контейнера лотками виконують на ділянці 17, що включає з кільцевий конвеєр-комплектувальник, перевантаження лотків механізм, рейкового шляху 18 та пульта. Прокручуючи контейнер навколо осі, можна підвести будь-який накопичувач до завантаження місця в комплектовщик.

Укомплектовані контейнери убираються комплектувальним візком і подаються на вказаний у програмі загрузочний конвеєр 20. Всі загрузочні конвеєри розраховані для зберігання 2 комплектів - 8 контейнерів. Загрузочний контейнер стикується з вантажівкою 27, яка до цього, прибувши на виробництво від торг. точки, зєдналася з лінією приймання контейнерів з порожніми лотками 22 і розвантажила контейнери. Пусті контейнери були направлені в агрегат 23 для сан-обробки. Контейнери, які пройшли сан-обробку, траверс-візком 2 подаються за встановленою програмою до хлібовложувальних агрегатів 1,4,5,7.

Після стикування вантажівки з загрузочним конвеєром вмикається механізм, котрий загрузає весь комплект із чотирьох контейнерів до кузову.

Рахунок готової продукції виконується рахунковим пристроєм. До кузову вантажівки поміщають чотири контейнери, а до кожного контейнеру - 32 стандартизованих лотки.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Зрівняння різних способів модернізації хлібосховища та доставок показує, що контейнерне доставлення з використанням вантажівок з вантажопідємним бортом виключає важку ручну працю, модернізувати процеси переміщення без значних витрат, зменшити простої вантажівок під розвантажуванням і завантаженням і як результат одночасну обробку контейнерів.

Алу впровадження конструкцій модернізованих хлібосховищ та експедицій не мають широкого впровадження в практичну роботу хлібозаводів через те, що ці конструкції є великогабаритними, металоємними, не включають сучасних напрямків у нарізанні та упакуванні готової продукції.

Обладнання для сортування та оброблення свіжевипечених виробів. Для сортовки та обробки хліба перед укладкою їх в лотки використовують циркуляційні столи (рис. 1.2)

: круглий;

з гнучким пластинчастим конвеєром.

Круглий стіл (див. Рис. 1.2) складається з кришки 7 що має форму конуса діаметром 2000 мм з маленьким бортом.

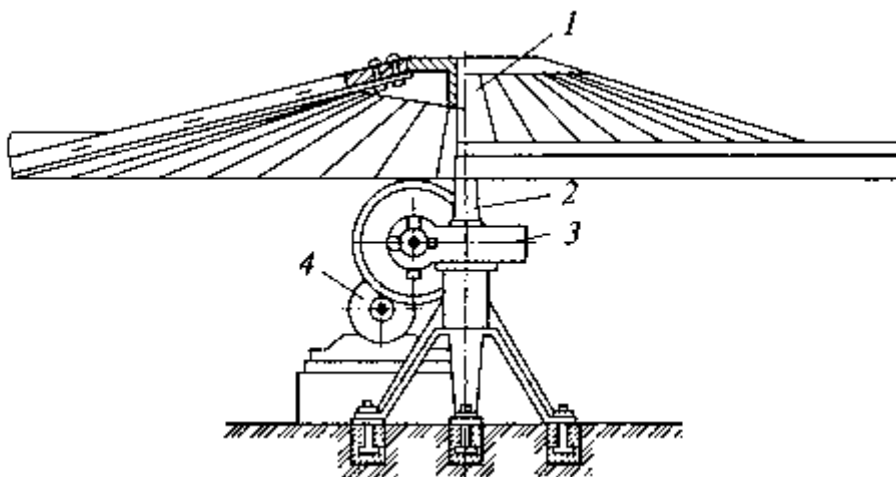


Рис.1.2. Круглий циркуляційні столи

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Кришка зроблена з листової сталі і змонтована на вертикальній стійці 2. На стійку змонтовано черв'ячний редуктор 3. Вал колеса черв'ячного редуктора служить і як віссю для обертання кришки столу. Кришка приводиться до руху від електродвигуна 4 і крутиться з частотою 4 хв^{-1} , ковзаючи від обертання до упору в борт.

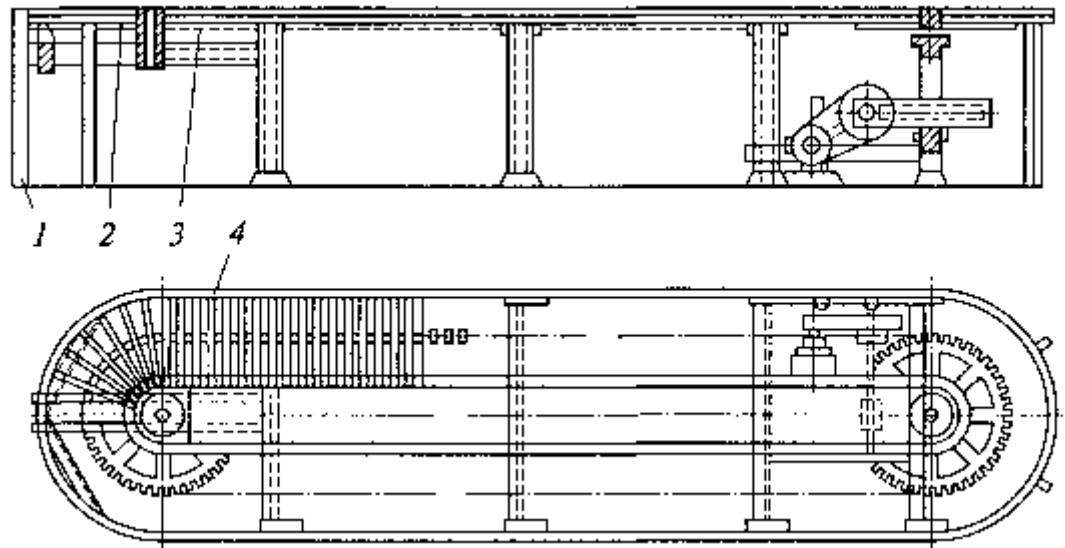


Рис.1.3. Циркуляційний стіл з гнучким пластинчастим конвеєром

Свіжовипечені вироби, що потрапили на стіл зі стрічкового конвеєра чи ковзаючої поверхні, з однаковими проміжками розподіляються по всій його поверхні. Стіл з гнучким конвеєром пластинчастого типу (див. Рис. 1.3.) - це горизонтальний конвеєр, котрий складається з 2 горизонтально змонтованих ланцюгових блоків 2, пластинчато роликового цепка 3, до ланок котрого прикріплені планки 4. Станина 7 має невеличкий борт. У русі конвеєра планки кінчиками ковзають по бортах столу станини, виконаним з уголків.

Вагонетка для хліба (рис. 1.4.) Зроблена для охолодження, збереження та транспортування хлібних виробів продукції на лотках з дерева або пласмаси. Використовується на хліб-заводах, пекарнях приватних, точках

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

громадського харчування і торгівлі. Для підтримки лотків (листів) і запобігання їх випадіння до візків зроблені тримачі. Маневреність та легкість керування забезпечується присутністю у вагонеток чотирьох коліс.

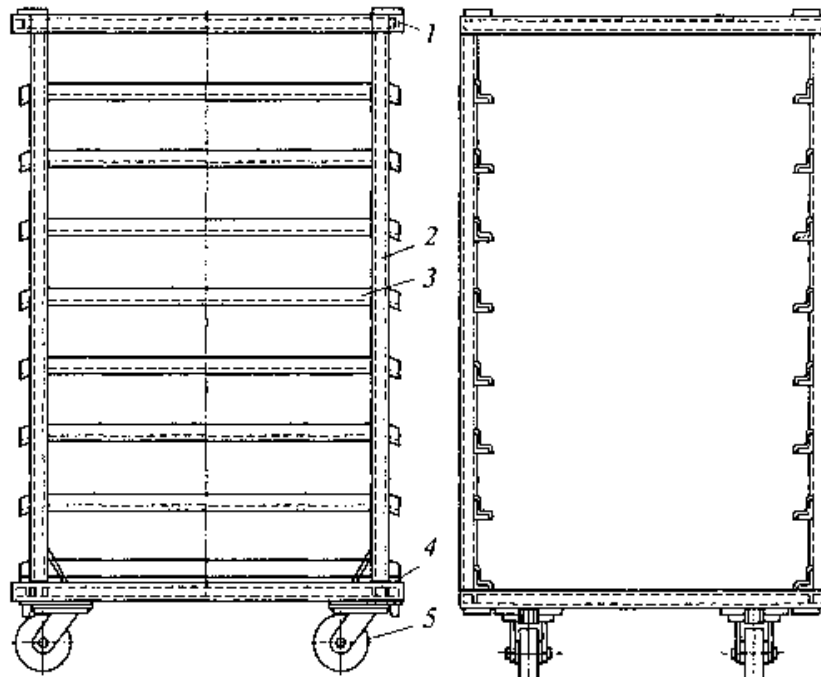


Рис.1.4. Вагонетка для охолодження хлібних виробів

1 – верхня напрямна; 2 – вертикальні стійки; 3 – напрямні; 4 – нижня рама; 5 - колесо

Колисковий кулер є конструкцією рамного типу шафи (рис. 1.5.), в котрій зроблена робота колискового транспортера по принципу роботи шафи вистою. Свіжевипечений хліб складається на коліски гребінчасто-гратчастого типу.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

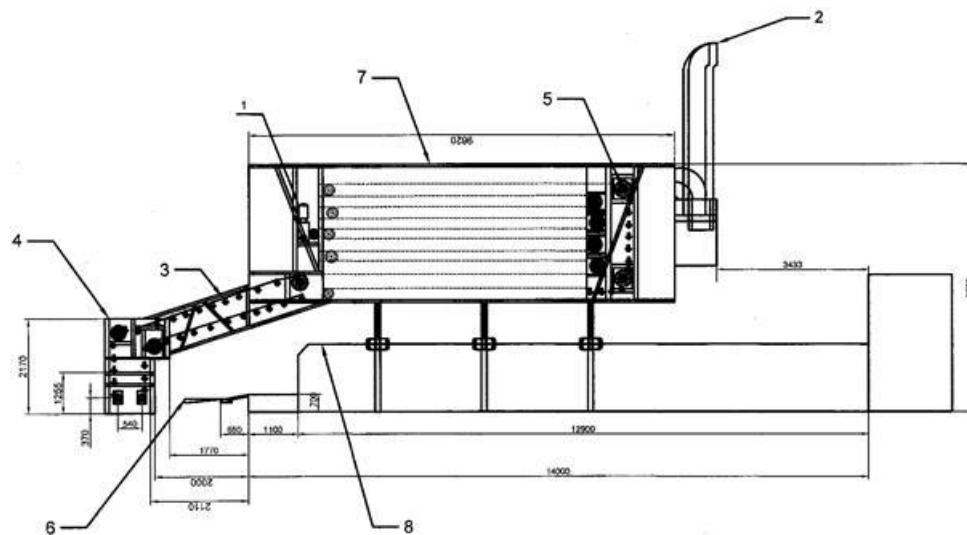


Рис. 1.5. Колісковий кулер для охолодження

1 – обдувач; 2 – труба для витягу гарячого повітря; 3 – коліска; 4 – транспортер завантажувально-розвантажувальний; 5 – вал привідний; 6 – перевантажувальний транспортер; 7 - охолоджувальна камера; 8 – піч тунельного типу; 9 – вал натяжний.

Спіральні кулери (рис. 1.6) мають різні конфігурації в залежності від місця загрузки і вивозки.

Спіральний конвеєр будується з рами, направляючих, 2 обертоальних барабанів, стрічки з модулів, привідних мотор-редукторів і будки управління

Привід монтується з частотним регулятором для плавного регулювання швидкості руху, що робить можливим регулювати продуктивність системи та ступінь охолодження хліба. Система доп-транспортерів може включатив себе: декілька прямих, поворотніх, підємних або опускних транспортерів. Їхню кількість та конфігурацію можна робити залежно від будови цеху та способу організації процесів на виробництві.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA



Рис. 1.6. Спіральний кулер для охолодження

Використання кулерів у тех-схемі виробництва дає можливість забезпечити однаковість охолодження виробів, котрі подаються до нарізання та пакування; прибрати ризик недотримання санітарно-гігієнічних вимог; раціональне використання площі на виробництві; механізувати завешаючі стадії виробництва; підвищити рівень автоматизації виробництва. Кращий товарний вигляд готового продукту виходить в під час природного охолодження, проте в такому випадку процес охолодження збільшується від 0,5 год до 3-5 годин. Кращим рішенням для настільки тривалого процесу – є спіральний конвеєр-кулер. Зважаючи на спіральність геометрії розміщення стрічки у просторі, стає можливим накопичення значної довжини стрічки при мінімальних площах, що дає гарно економити вир-площі. Окрім цього, на стрічці конвеєра продукція транспортується максимально ніжно, без зміни свого розміщення щодо стрічки. Перевагами спірального кулера є:

- швидкість та якість охолодження хлібних виробів;

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

- повна автоматизація процесів на виробництві;
- можливість охолодження широкого асортименту продукції безпереналаджування системи;
- одночасне охолодження різних сортів продукції;

Недоліки спіральних конвеєрів:

- значні габаритні розміри;
- висока енергозатратність;
- довготривале тех-обслуговування.

Спіральні кулери мають різні конфігурації залежно від того де відбувається завантаження та вивантаження хліба та асортименту охолоджуваної продукції.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

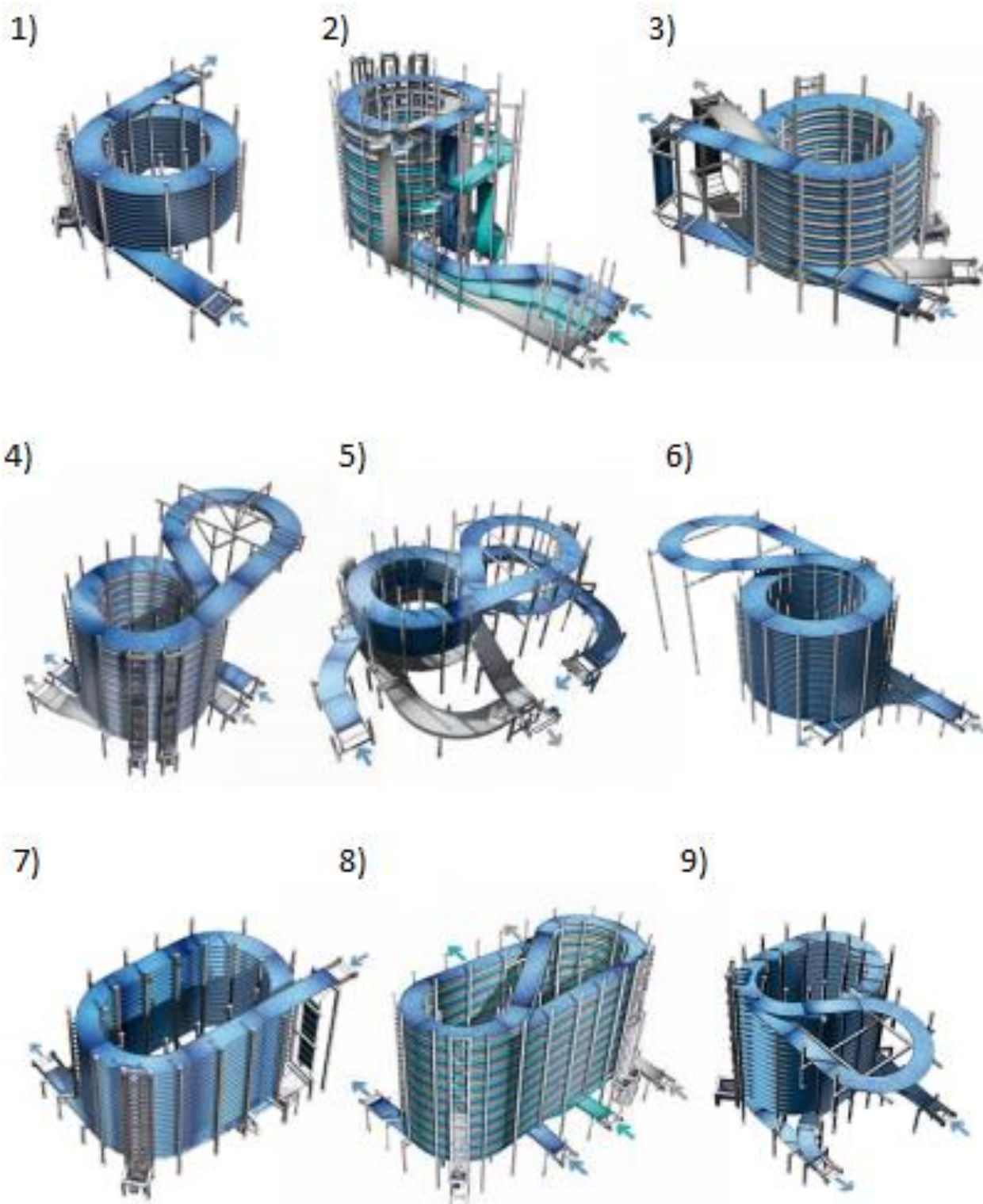


Рис. 1.7. Види спіральних кулерів

За рахунок своєї гнучкості, система переміщення продукту по спіралі дає можливість створити численні конфігурації кулерів: круглі або

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

овальні(варіанти 7,8,9), з одно- (1,6), дво- (3,4,5,9), три- (2,8) або навіть чотирма окремими стрічками на одному «барабані», з виходом і входом продукту будь де. цей підхід повністю задовольняє потреби замовників.

Асортимент типів сіток дає змогу перемувати в просторі абсолютно будь-яку продукцію насипом чи в фасованому вигляді: хлібені та кондитерські вироби, готові запаковані страви і т.д.

Вакуум-випарне охолодження.

Виробники надають різні джерела утворення вакууму в камері, починаючи від викачування пароповітряної суміші вакуум-насосом, завершаючи застосуванням втор-теплоти. На зараз відомі виробники вакуум камер, такі як: Revent, Weber, SGet, BVT, Coldmax та інші.



Рис. 1.8. Вакуум охолоджувач хлібу KMS-100D

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Ця камера має два режими: нормальний або швидкий, дає змогу задати за необхідністю. Гарячі продукти охолоджуються до кімнатної температури швидко, з виключенням можливих пошкоджень і втрати смаку. Вбудована функціональність печі використовується для підготовки. Як альтернатива їжа, котру потрібно зберігати, охолоджується майже миттєво, щоб виразити свіжість, а також покращити смак. Ємність камери – 100 кг, час приготування – 20-30 хв.

1.4. Теоретичний фундамент процесу охолодження хліба

Охолодження після випікання - вагома частина циклу виготовлення хліба. Упакування хліба до повного охолодження призводить до конденсації вологи, що зменшує термін зберігання. Охолодження передбачає 2 зв'язані між собою фізичні явища: випаровування вологи та конвективну тепловіддачу. збільшення коеф. конвективної тепловіддачі призводить до збільшення випареної кількості вологи. Втрати маси через випаровування води в процесі охолодження сягають кілька відсотків від загальної маси свіжевипеченого продукту. Випаровування вологи зазвичай відбувається на початку охолодження. Поверхнєве усихання провокує дифузію вологи крізь скоринку. Після чого відбувається випаровування вологиз продукту, і теплообмін в основному відбувається за рахунок конвективної тепловіддачі.

Температура скоринки хліба, одразу після випечення сягає зовні 130-180 °С і у пепехідній зоні 100 °С. Через що, середня температура скоринки зазвичай знаходиться в межах 110-114 °С. Вологовміст скоринки в момент виходу із печі близька до нуля. Температура м'якиша близька до 98 °С, а вологовміст більший на 1-2% за вологість тіста.

Потрапляючи до хлібосховища, температура в котрому зазвичай рівна 18-25 °, хліб швидко охолоджується, втрачаючи масу за рахунок усихання. Цілком природно, що процес охолодження починається з поверхневих шарів та поступово поширюючись прямує до центру м'якиша хліба.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Актуальність теми моєї дипломної роботи зумовлена необхідністю виробництва в швидкому охолодженні готових виробів до необхідної температури, за якої стає можливим нарізання та упакування готових виробів, зменшення тривалості охолодження хлібних виробів перед нарізанням та пакуванням і використання великих виробничих площ для цих процесів.

Задля забезпечення максимальної якості та свіжості готових продуктів на полицях магазину, необхідно об'єднати переваги всіх відомих способів охолодження: швидкість та потоковість охолодження.

Метою магістерської роботи є вивчення процесу охолодження хліба в автоматизованих потокових лініях, визначення тривалості охолодження залежно від способу охолодження та вплив різних способів охолодження на зміну якості кінцевого продукту та створення на базі зроблених досліджень сучасної конструкції кулера спірального типу для охолодження хлібобулочних виробів.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

РОЗДІЛ 2. Опис лабораторного обладнання, методик та засобів проведення дослідів процесу охолодження хлібних виробів

2.1 Методика проведення досліджень в умовах хлібопекарного виробництва

Проведення досліджень було здійснено для визначення впливу умов охолодження, при зміні температури на усихання виробів залежно від протяжності часу зберігання. Дослідження було проведено у виробничих та лабораторних умовах. Під час першого етапу дослідження проводились в умовах виробництва. Хлібні вироби випікались в печі тунельного типу марки БН-50. Тільки що випечений батон складали до лотків по 12 шт, після чого кожен лоток поміщався на вагонетку, котра вміщує 18 лотків.

Час проходження батону із поду тунельної печі до лотка в середньому становила близько 40с. хліб для дослідів брали в середині лотка, для визначення початкової ваги, зважували за допомогою електронних вагів, та клали назад до лотка для збереження виробничих умов охолодження. Температура в цеху на час проведення досліджень становила 26,9°C.

З експериментальних досліджень нами було визначено переміну температури батону і зміну його маси в під час охолодження.

Під час другого етапу дослідження проводились в лабораторних умовах. Батон випікався в печі електричній та залишали щоб охолоджувався, для пришвидшення процесу обдували виріб кондиційованим повітрям.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю Документ затверджено Гавва О.М.	Назва, додаткова назва Опис лабораторного обладнання, методик та засобів проведення дослідів процесу охолодження хлібних виробів	170490.ДП.04.000.ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

Температура в лабораторії на час проведення досліджень становила – 26,7°C, температура кондиціонованого повітря яким здійснювався обдув- 16°C.

Кожен етап дослідів повторювався не менше п'яти разів задля отримання достовірності зібраних експериментальних даних, після чого дані зводились у таблиці. Фундаментуючись на експериментальних даних збудували графіки. Мат-опрацювання отержаних даних проводились з метою визначення закономірності та зв'язку результатів проведених досліджень.

2.2 Експериментальна установка для випікання

Випечення та сушіння сухих виробів проводилось в пекарній камері лаб-установки. Камера для випікання в свою будову включає - верхню та нижню поверхні нагріву, що мімікрує принципову роботу більшості промислових печей тунельного типу, для котрих і пропонується цей метод вироблення сухарних виробів.

Будова та принцип роботи експериментальної лабораторної установки для випечення та сушіння хлібних виробів, зображено на рис. 2.3.

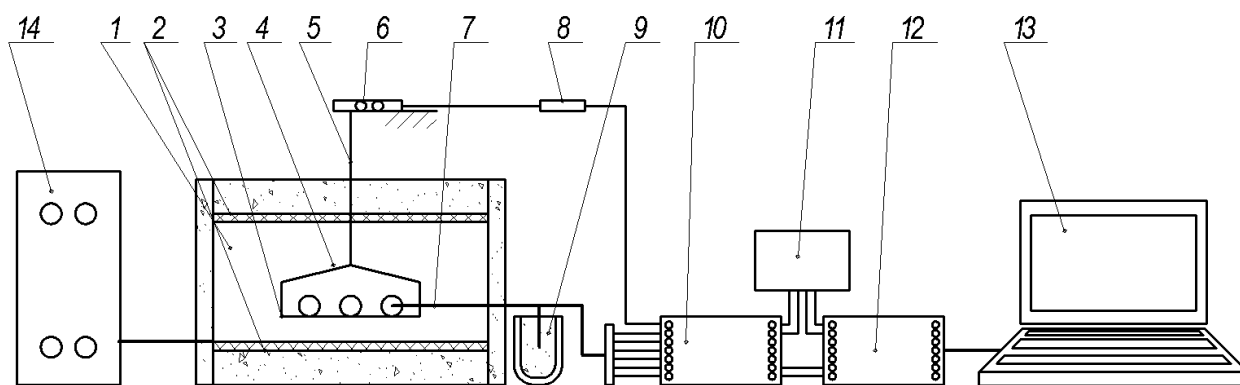


Рис.2.1 Схема лабораторної установки для випечення та сушіння хлібних виробів.

1 – камера випікання, 2 – верхня та нижня поверхні нагріву, 3 – під, 4 – підвіска, 5 – штанга, 6 – ваговий датчик тензометричний, 7 – блок зчитування термопар, 8 – підсилювач сигналу, 9 – Дюарів посуд, 10 – модуль

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

передавання сигналу, 11 – блок живлення, 12 – модуль перетворення, 13 – ЕОМ, 14 – щит керування.

Ця установка складається з камери Випечення 1 з верхньою та нижньою 2 поверхнями нагріву, в якій на поді 3, що тримається на підвісці 4 знаходяться заготовки тіста завантажені через дверцята. Підвіска прикріплена за штангу 5, яка поєднана з ваговим датчиком тензометричним 6 з якого через модуль аналоговий 10 та модуль перетворення 11 знімаються та реєструються на ЕОМ 13 значення ваги тістової заготовки під час процесів випечення та сушіння.

Піч має автономний автоматичний регулятор температури поверхонь нагріву, керування котрими здійснюється з щитка керування 14. Також на цьому щитку відображається температура в пекарній камері.

Визначення температури в шарах тістових заготовок здійснюється термопарами, потенціал з яких зчитується на аналоговим модулем ICP CON I-7018 10, котрий працює від блока живлення 11, та за допомогою перетворення модуля ICP CON I-7520 12 сигнал перетворюється та передається в ЕОМ 13. Для реєстрації даних в ЕОМ використано необхідне програмне забезпечення.

2.3. Визначення температурного режиму в пекарній камері

Вимірювання температури під час дослідів проводилося термопарами котрі складаються з міді та константовими провідниками діаметром до 0,2 мм.

Визначення в різних шарах хліба під час випікання здійснювалось наступним чином: у вистояну заготовку з тіста на різній висоті закладали 7 термопар. Кінці з гарячими спайками, попередньо пофарбованими барвником, просовували в тісто, що дало змогу після випікання дізнатись глибину їх занурення. Холодні спаї термопар поміщали до Дюарову

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

посудину, наповнений льодом з водою. Як ізолятор контактів для термопар використали термостійкий кремнійорганічний лак К-58.

Всі дослідження що проводились в лабораторних умовах за допомогою мідь-константанових термопар було проведено вимірювання температур поверхонь нагріву камери випікання і середовища.

2.4. Визначення зміни маси заготовки в процесі випікання та охолодження

Для дослідження процесів масообміну, що відбуваються під час випікання хлібних виробів, та визначення кількості вологи що конденсується на поверхні тістової заготовки під час гіротермічної обробки та визначення величини втрат маси від упікання ми використовували спеціальний автоматичний пристрій основою якого є тензорезистивний датчик. Зазвичай - це спеціальна пружна конструкція із прикріпленими до неї тензорезисторами та ін. деталями. За відповідної зміни опору тензорезистора вихисляється ступінь деформації, котра буде пропорційною силі, задіяній до конструкції.

Принцип вимірювання маси тензодатчиками фундаментується на врівноваженні маси вантажу, що зважується із пружною мех. силою тензодатчиків і наступного перетворення цієї сили в електро сигнал який поступає до аналогово-цифрового перетворювача, після відображається на екрані ЕОМ за допомогою спеціального ПЗ.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

РОЗДІЛ 3. Дослідження процесу охолодження хлібобних виробів

3.1 Дослідження процесу охолодження хлібних виробів в лабораторних умовах та в умовах виробництва

Результати виконаних досліджень в умовах виробництва були оброблені та побудовані графіки зміни температури і ваги хліба в часі.

Температура батону одразу після виходу з печі, становила приблизно 97,6 °С. Протягом 40 с. в середньому хліб переміщують до лотоків, температура батону укладеного до лотоків знизилась до 97°С. За перші хвилини хліб охолоджується швидше, в середньому за 1 хв. швидкість охолодження була 1,0-1,2 °С/хв. Швидке охолодження відбувається протягом 15 хвилин, після чого швидкість охолодження зменшується. В проміжку з 15-25 хв. Після випечення швидкість охолодження становить – 0,8 °С/хв. З 25 - 40 хв. швидкість становить 0,5°С/хв. За 40 хвилин дослідний зразок охолодився до 64,1°С. Через 40 хвилин після початку процесу охолодження температура зменшується в середньому на 0,2-0,1°С/хв. Падіння температури до значення за якого можливо проводити нарізання та пакування (32,5°С), зайняло 3 год. Результати досліджень продемонстровано на рис. 3. 1.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю	Назва, додаткова назва Дослідження процесу охолодження хлібних виробів	170490.ДП.04.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

падіння маси до 517 г. Після 40 хвилин процесу охолодження швидкість падіння маси зменшувалася, швидкість зменшення маси становить 1 г / 20 хв.. Маса охолодженого виробу становила – 513 г.

$$M_{yc} = \frac{524-513}{524} \cdot 100 = 2,09\%$$

Результати дослідження зменшення маси в результаті усихання зображено на рис. 3.2.

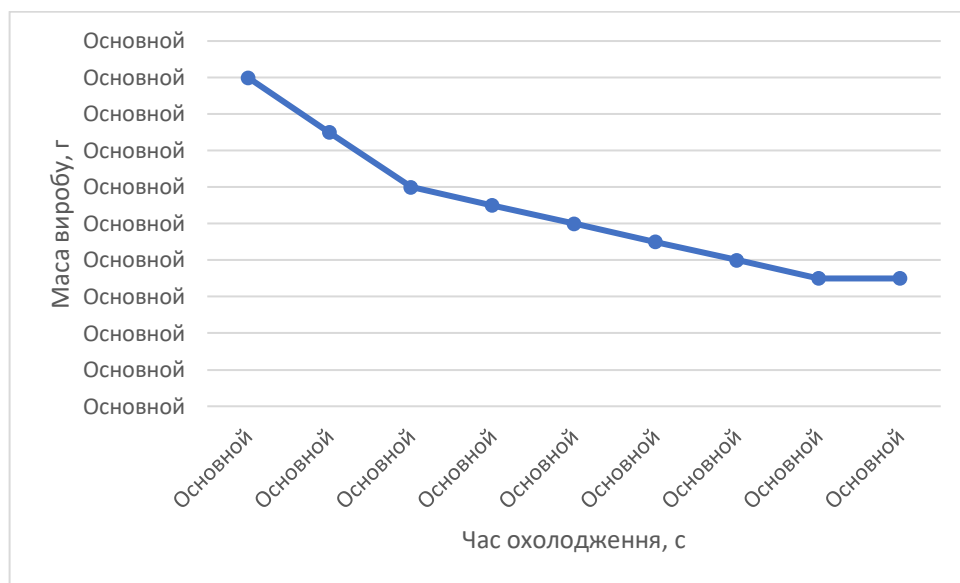


Рис. 3.2. Графік зменшення маси хліба в часі, за природнього способу охолодження

Після проведення досліджень в лабораторних умовах були отримані такі результати: час охолодження, зменшення температури та маси батону в часі. Результати було оброблено та побудовано відповідні графіки залежностей.

Температура батону одразу після виходу з печі, становить 98 °С. За 40 с. хліб клали на лабораторний стіл. Для імітації умов в майбутньому обладнанні використовували вентилятор, температура потоку повітря становила - 16 °С. В перші хвилини батон швидко охолоджується, в середня

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

швидкість охолодження становить 1,5 - 2 °С. Швидко готовий виріб охолоджується до 40 хв., після чого швидкість падіння температури охолодження зменшується. За перші 20 хв. температура знизилась від 98°С до 68,4°С. 20-40 хв. охолодження температура знизилась з 71,3°С до 54°С. Після 40 хв. охолодження швидкість падіння температури середньому падає до 1,5-2°С. Охолодження до необхідної температури до 30°С зайняло 1 год. 40 хв.. Результати лабораторних досліджень зображено на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Графік зміни температури хліба в часі, за використання кондиціованого потоку повітря

Нами проведено дослідження зміни маси батону під час процесу охолодження та визначено частку усихання. Результати зображені на рис. 3.4.

Маса батону після випечення становила – 522г. Вага зменшується відповідно до температури батону. За перші 15 хв. охолодження вага зменшилася на 3г, потім швидкість усихання зменшується, і до кінця процесу охолодження маса зменшилася на 1г. Кінцева маса готового виробу, після охолодження, становила – 515г.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$M_{yc} = \frac{M_{zx} - M_{ox}}{M_{zx}} \cdot 100\%, \text{ де}$$

M_{zx} - маса свіжовипеченого хліба

M_{ox} – маса хліба після процесу охолодження

$$M_{yc} = \frac{523 - 515}{523} \cdot 100 = 1,52\%$$

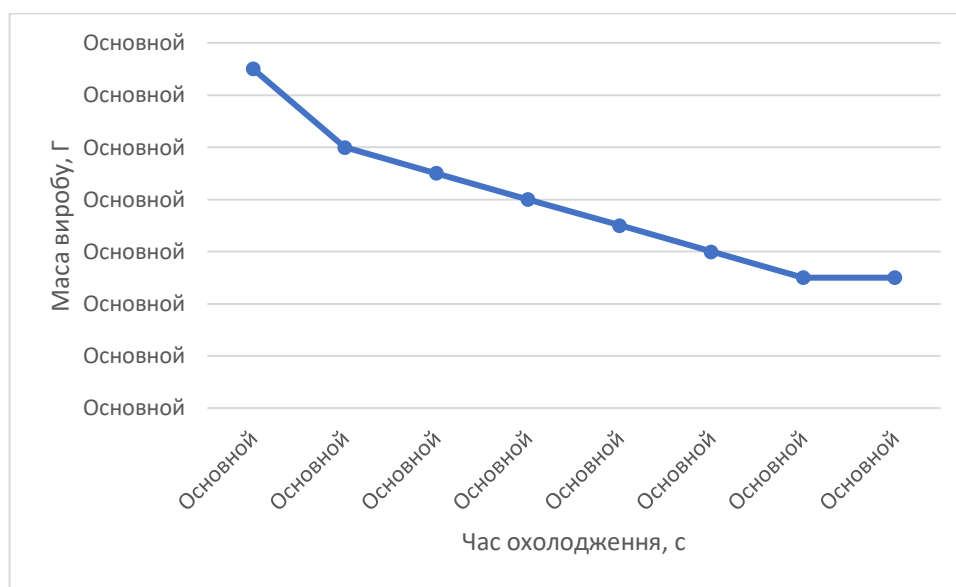


Рис. 3.4. Графік втрати маси батону від часу охолодження, при використанні кондиціонованого повітря

Результати досліджень кажуть про те що охолодження природним способом дуже тривале і займає 2,5 години, частка усихання становить – 2,09%. Використання кондиційованого повітря пришвидшує процес, адже час охолодження зменшується до 1,5 год. а також зменшується частка усихання – 1,52%.

Нами на рис. 3.5. представлено пошарову зміна температури щойно випеченого хліба, що тримався на столі окремо від іншої готової продукції в приміщенні з температурою повітря 24-26 °.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

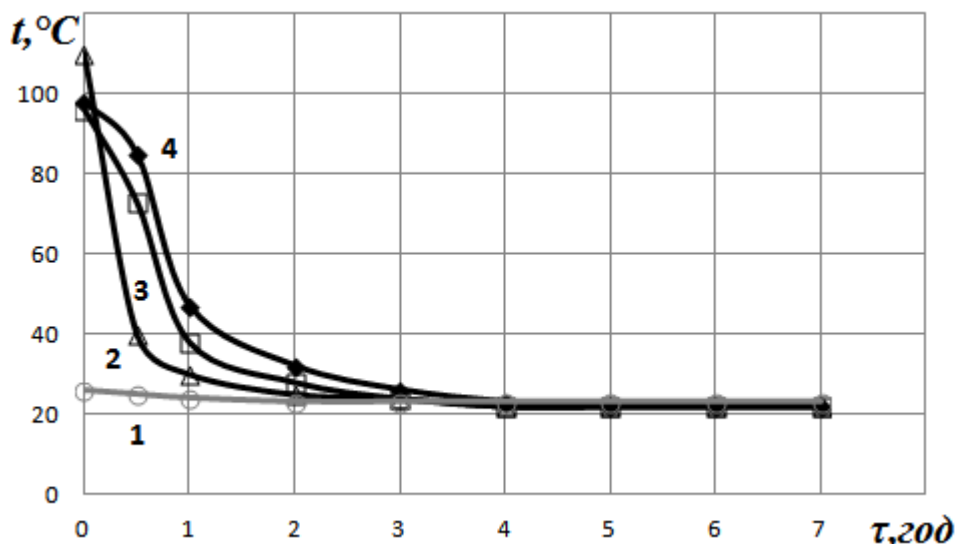


Рис. 3.5. Зміна температури в різних шарах хліба під час охолодження:

- 1 – температура середовища;
 2 – температура скоринки;
 3 – температура підкіркового шару хліба;
 4 – температура центру хліба.

Температура в середині хліба вимірювалася в 3 шарах: в точці № 1 - під скоринкою хліба, в точці № 2 - на відстані 3,5мм від кірки хліба і в точці № 3 - в центрі хліба. Різниця температур в поверхневих та центральних шарах м'якушки досягає максимальних значень в перші 40 хв. охолодження, і поступово вирівнюється за подальшого процесу охолодження хліба.

Як наслідок виникає градієнт температури, що провокує переміщення вологи від центру м'якушки до кірки.

Температура м'якиша після певного часу зберігання стає трохи меншою температури навколишнього середовища. Це відбувається через те, що процес випаровування вологи продовжується, хоч із значно меншою швидкістю, до температури приміщення. Тепло, каоре витрачається на випаровування, забирається з частини м'якушки, що ближче до скоринки, а не з повітря, Залежність, показана на рисунку, наглядно показує зміну

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

температури різних шарів. При використанні традиційних способів охолодження тривалість процесу значно більша.

Одразу після виходу із печі розпочинається падіння вологості всього хліба - та усихання за рахунок втрати вологи через випаровування. Водночас з цим проходить процес перерозподілу вологи в готовому хлібі. Кірка в одразу після виходу хліба з печі майже зневоднена; швидко охолоджується, а волога з м'якиша через різницю концентрації та температури внутрішніх а також зовнішніх шарів хліба, переходить до скоринки, швидко збільшуючи її вологість. При зміні температури та вологості скоринки після випікання можна простежити на рис. 3.6 і рис.3.7.

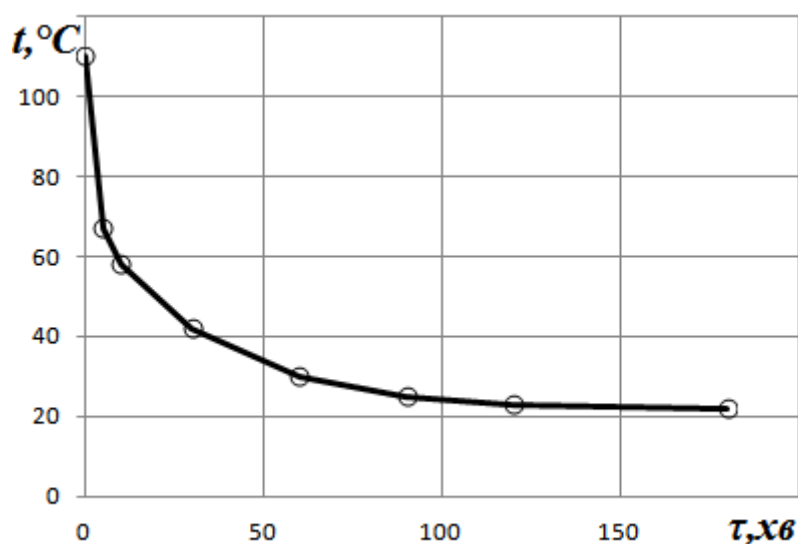


Рис. 3.6. Зміна температури хліба в процесі охолодження

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

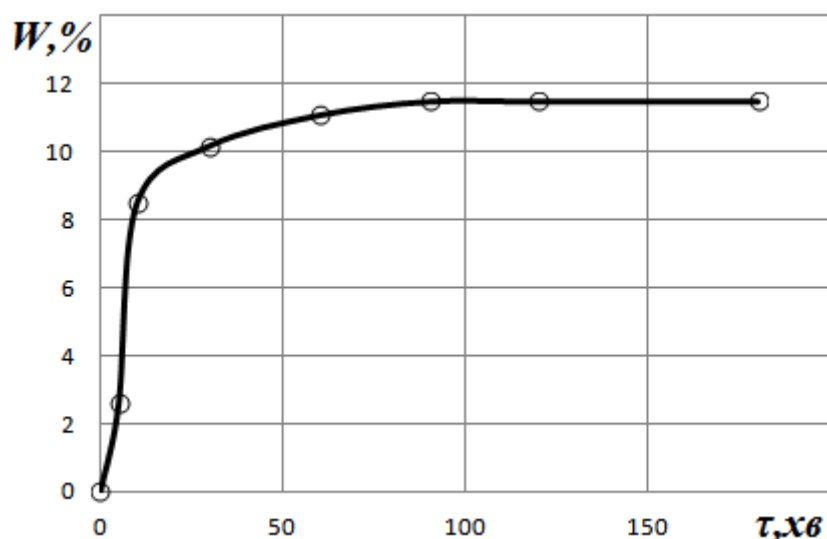


Рис. 3.7. Зміна вологості хліба в процесі охолодження

Охолодження скоринки та збільшення її вологості до 12% відбуваються дуже швидко, і на такому значенні вологість скоринки залишається постійною і при подальшому процесі охолодженні хліба.

На рис. 3.8 продемонстровано залежність, котра характеризує зміну вологовмісту в центральній частині м'якиша а також шару, що прилеглає до скоринки.

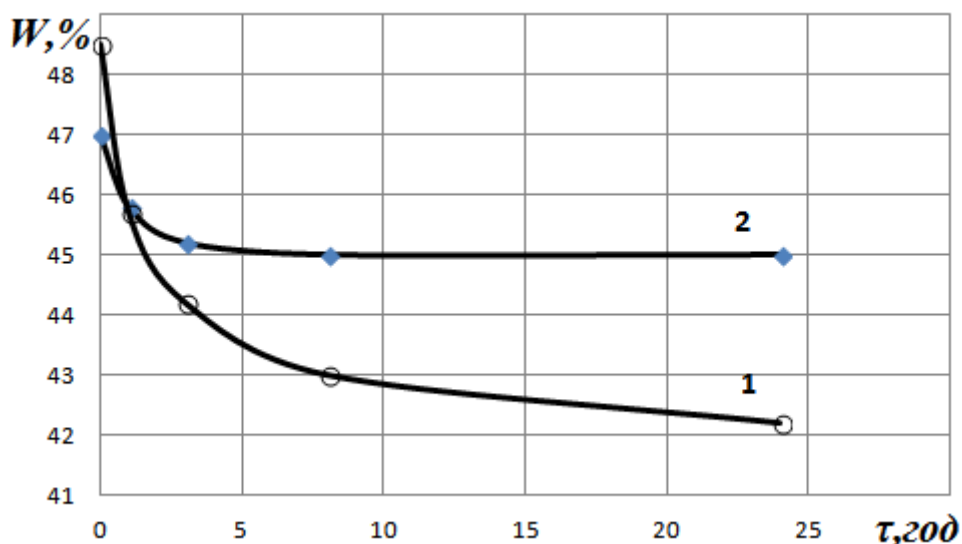


Рис. 3.8. Графік зміни вологості різних шарів м'якишки в процесі охолодження: 1 – підкірковий шар; 2 - центр м'якишки/

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Дані отримані з дослідів свідчать, що через 5 хв. після випечення хліба вологість м'якушки, яка прилягає до скоринки, більша вологовмісту центру м'якушки. Це розтлумачується термовологопровідністю під час процесу випечення із зони, що межує з скоринкою, до шарів м'якушки, прилеглих до кірки. Продовження охолодження та зберігання хліба призводить до того, що шар м'якушки, котрий прилягає до скоринки, втрачає вологовміст набагато швидше, середина м'якушки.

Тож, процес охолодження хліба продукує між скоринкою і м'якушкою хліба градієнт температури, котрий виникає одразу після виходу батону з печі має помітну величину, але з продовженням охолодження поступово зникає зі збільшенням часу охолодження хліба; градієнт вологовмісту, досить різко зменшується за перші декілька хвилин після початку охолодження через збільшення за цей проміжок вологості скоринки, одночасно з цим дуже непомітно і повільно міняється під час подальшого процесу охолодження та зберігання готових виробів.

Один із основних факторів, котрі обумовлюють швидку зміну температури хліба до темп. хлібосховища в перший період його зберігання і охолодження, є градієнт між температурою хліба та середовища. Градієнт температури продукує перерозподіл вологи в скоринці.

3.2. Математичне моделювання прогріву заготовок тіста що мають циліндричну форму

При радіаційно-конвективному способі випечення відбувається наступним чином: прогрів тістової заготовки, котре супроводжується частковою втратою вологи; відповідно до фіз-моделі представлено мат-модель прогріву заготовки.

Заготовку будемо розглядати як циліндр, $d=0.015-0.030$ м., як необмежене тіло з формою циліндра. Прогрів такого тіла має певні

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

особливості, що зумовлені його діаметром. Так як в цих межах діаметрів знаходиться зона переходу тіл від тонких до масивних. Заготовки з мінімальним значенням меж діаметра критерій Фур'є перевищує дану величину для тістевих заготовок дрібних виробів ($Fo=0.01\div 0.02$). Для тах значення діаметру також споглядається перебільшення критерію Фур'є на початку випікання

$$Fo = \frac{\alpha \tau}{R^2} = \frac{22 \cdot 10^{-8} \cdot 60}{0.0075^2} = 0.2347.$$

При несталому процесі переносу тепла в необмеженому циліндрі з радіусом R та рівномірним початковим поширенням температури тепло надається поверхні заготовки шляхом конвекції та випромінюванням.

Засвоєння матеріалом променевої енергії продукує до утворення об'ємного джерела тепла за зак. Бугера, інтенсивність яких падає вздовж розповсюдження випромінювання:

$$q(r) = \mu(1 - \omega)q_0 \exp(-\mu(R - r)), \quad (3.34)$$

r – радіус циліндра тіла, м; q_0 – густина потоку тепла, що направлено на (сприймається) поверхню циліндра, Дж/(м²·с); μ – коеф. послаблення, ω – коеф. відбивання.

Прогрів сухарних виробів описується диф. рівнянням теплопровідності в координатах циліндра:

$$\frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} = a \left[\frac{\partial^2 t(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial r} \right] + \frac{\mu}{c\rho} (1 - \omega)q_0 \exp(-\mu(R - r)),$$

$$\tau > 0,$$

$$0 < r < R$$

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Під час розв'язку задачі прогрівання заготовки з тіста звичайним є однорідність початкового розподілу температури, котру беремо за початкову температуру. Тоді граничні умови виглядатимуть так:

$$t(r,0) = \text{const};$$

$$\frac{\partial t(0,\tau)}{\partial r} = 0; t(0,\tau) \neq \infty;$$

$$\lambda \frac{\partial t(R,\tau)}{\partial r} = \alpha(t_c(\tau) - t(R,\tau));$$

$$t(r,\tau) = f(\tau),$$

$$\tau > 0, \quad ,$$

$$0 \leq r \leq R$$

де $t(r,\tau)$ – поле температури циліндра, К; λ – коеф. теплопровідності, Вт/(м²·К); a – коеф. температуропровідності, м²/с; ρ – густина, кг/м³; c – питома теплоємність, Дж/(кг·К); α – коеф. тепловіддачі, Вт/(м²·К).

Виходячи з умов (3.36, 3.37, 3.38, 3.39), а також вносячи величини $X = \frac{r}{R}$, $Fo = \frac{\alpha \cdot \tau}{R^2}$ отримаємо рівняння та граничні умови для зміни температури:

$$\frac{\partial T(X, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 T(X, Fo)}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \cdot \frac{\partial T(X, Fo)}{\partial X},$$

$$T(X, 0) = 0;$$

$$\frac{\partial T(0, Fo)}{\partial X} = 0;$$

$$\frac{\partial T(1, Fo)}{\partial X} = -Bi(T(1, Fo) - \theta(Fo)),$$

де $Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$ – критерій Біо.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Використання перетворення Лапласа Fo' , L-зображення температури $T(X, Fo')$ визначається співвідношенням:

$$L[T(X, Fo)] = \bar{T}(X, s) = \int_0^{\infty} T(X, Fo) \exp(-sFo) dFo.$$

При умові (3.41) використавши перетворення Лапласа до р-ння маємо:

$$s\bar{T}(X, s) = \frac{\partial^2 \bar{T}(X, s)}{\partial X^2} + \frac{1}{X} \cdot \frac{\partial \bar{T}(X, s)}{\partial X}.$$

Застосовуючи L-перетворення для рівнянь маємо граничні умови

$$\frac{\partial \bar{T}(0, s)}{\partial X} = 0;$$

$$\frac{\partial \bar{T}(1, s)}{\partial X} = -Bi(\bar{T}(1, s) - \bar{\theta}(s)).$$

Переходимо від s до μ , внівши $\mu^2 = -s$. Рішенням р-ння стає наступна функція:

$$\bar{T}(X, \mu) = AI_0(\mu X) + BK_0(\mu X),$$

де $I_0(\mu X)$, $K_0(\mu X)$ – ф-ції Бесселя першого та другого родів нульового порядку.

Беручи до уваги обмеженість t на осі циліндра ($r=0$), а також $K_0(\mu X) = \infty$, отримаємо $B=0$ і з чого випливає:

$$\bar{T}(X, \mu) = AI_0(\mu X).$$

З Рівняння (3.47) знаходимо сталу A :

$$\mu AI_1(\mu) = Bi(AI_0(\mu) - \bar{\theta}(\mu)),$$

де $I_1(z) = -I_0'(z)$ – ф-я Бесселя першого роду та першого порядку.
звідки:

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$A = \frac{\bar{\theta}(\mu)}{I_0(\mu) - \frac{\mu}{Bi} I_1(\mu)}.$$

Тоді

$$\bar{T}(X, \mu) = \bar{\theta}(\mu) \frac{I_0(\mu X)}{\Phi(\mu)},$$

де

$$\Phi(\mu) = I_0(\mu) - \frac{\mu}{Bi} I_1(\mu).$$

Перемножувач $\frac{I_0(\mu X)}{\Phi(\mu)} = W_\theta$ Відноситься до передаточної ф-ї, котра

характеризує переміну температурного поля тіла залежно від зміни температури середовища. Оригінал передавальної функції:

$$G_{\theta, \tau} = L^{-1} \left[\frac{I_0(\mu X)}{\Phi(\mu)} \right] = L^{-1}[W_\theta] = \sum_{m=1}^{\infty} B_m I_0(\mu_m X) \exp(-\mu_m^2 Fo),$$

де

$$B_m = \frac{2\mu_m Bi}{(1+Bi)I_1(\mu_m) + \mu_m I_1(\mu_m)} = \frac{2\mu_m^2 I_1(\mu_m)}{I_0(\mu_m) + I_1^2(\mu_m)},$$

$$\mu_m - \text{корні рівняння } \Phi(\mu) = 0 \text{ або } \frac{I_0(\mu_m)}{I_1(\mu_m)} = \frac{\mu_m}{Bi}$$

скориставшись теоремою добутку зображень [82] отримаємо вирішення задачі, знайшовши оригінал:

$$T(X, Fo) = \int_0^\tau G_{\theta, \tau}(Fo - Fo') \theta(Fo') dFo';$$

$$T(X, Fo) = \int_0^\tau \sum_{m=1}^{\infty} B_m I_0(\mu_m X) \exp(-\mu_m^2 (Fo - Fo')) \theta(Fo') dFo'.$$

Рівняння (3.57) дає змогу розрахувати зміну температури циліндра відносно початкової та знайти температуру в довільній точці в довільний момент часу.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Для вичислення даної моделі використаємо програмний комплекс Flowvision. Ефективні характеристики заготовок, показано у вигляді залежностей одержаних дослідним шляхом, котрі враховують процеси масообміну при прогріванні виробу:

Теплопровідність залежно від температури, Вт/(м·К):

$$\lambda(t) = \begin{cases} 0.0068 \cdot t + 0.339 & \text{при } t = 30 \div 70^\circ\text{C} \\ \frac{1}{(55 - 0,533 \cdot t)^{\frac{1}{29}}} & \text{при } t = 70 \div 100^\circ\text{C} \\ 0.055 & \text{при } t > 100^\circ\text{C} \end{cases}$$

Теплоємність тіста-хліба залежно від температури, кДж/(кг·К) :

$$c(t) = \begin{cases} 10^{0.1418+0.00094t} & \text{при } t = 30 \div 100^\circ\text{C} \\ 2.2 & \text{при } t > 100^\circ\text{C} \end{cases}$$

Густина зразка залежно від температури, кг/м³ :

$$\rho(t) = \begin{cases} -6.875t + 952.5 & \text{при } t = 30 \div 70^\circ\text{C} \\ 470 & \text{при } t > 70^\circ\text{C} \end{cases}$$

Результати розрахункового досліду прогрівання циліндра з поперечним перерізом 24 мм. при температурі робочої камери 190 °С показано на рис. 3.38. Геометричні розміри пекарної камери однакові з фізичною моделлю. З початку експерименту ($\tau=0$ с) (рис. 3,38 а) споглядаємо однорідний (сталий) розподіл температури, густини і коеф. теплопровідності в перерізі зразка; температура в пекарній камері 190 °С, характеристики середовища пекарної

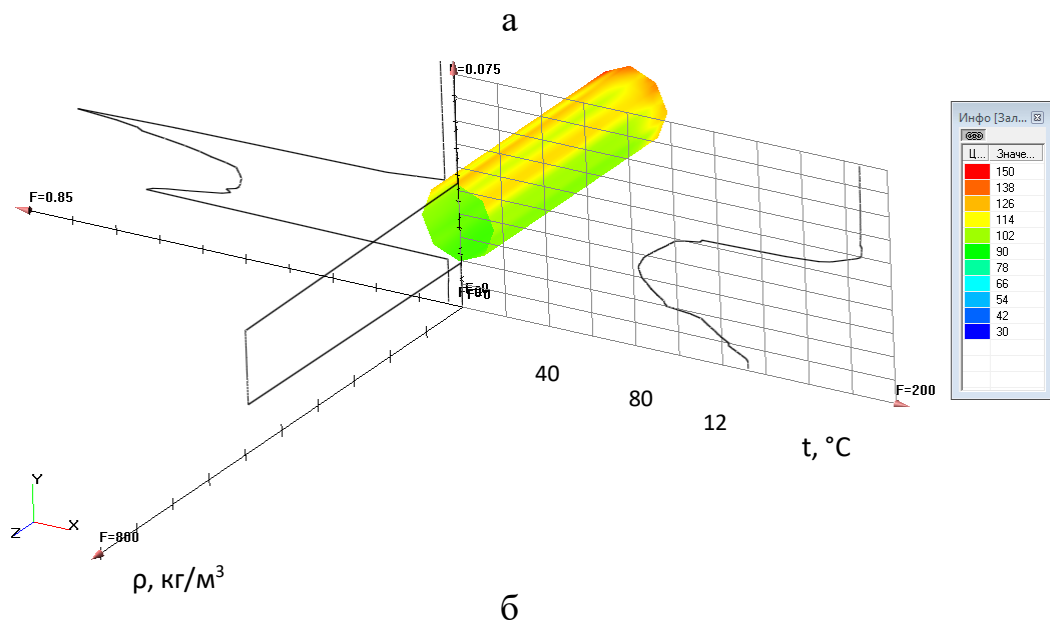
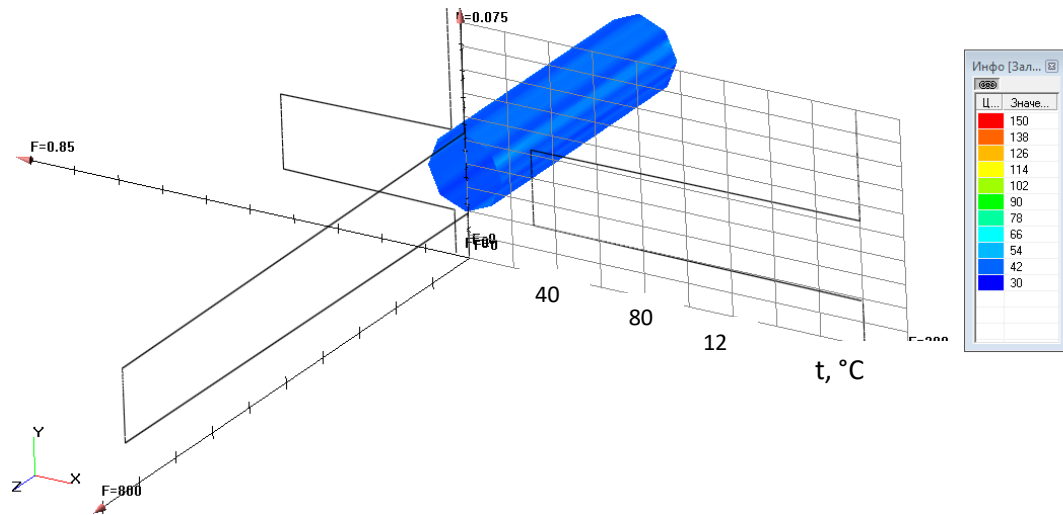
170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

камери характерні для повітря за встановленої температури. Під впливом теплового потоку відбувається прогрів зразка з одночасною зміною її характеристик, котрі залежать від внутрішньої температури.



170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

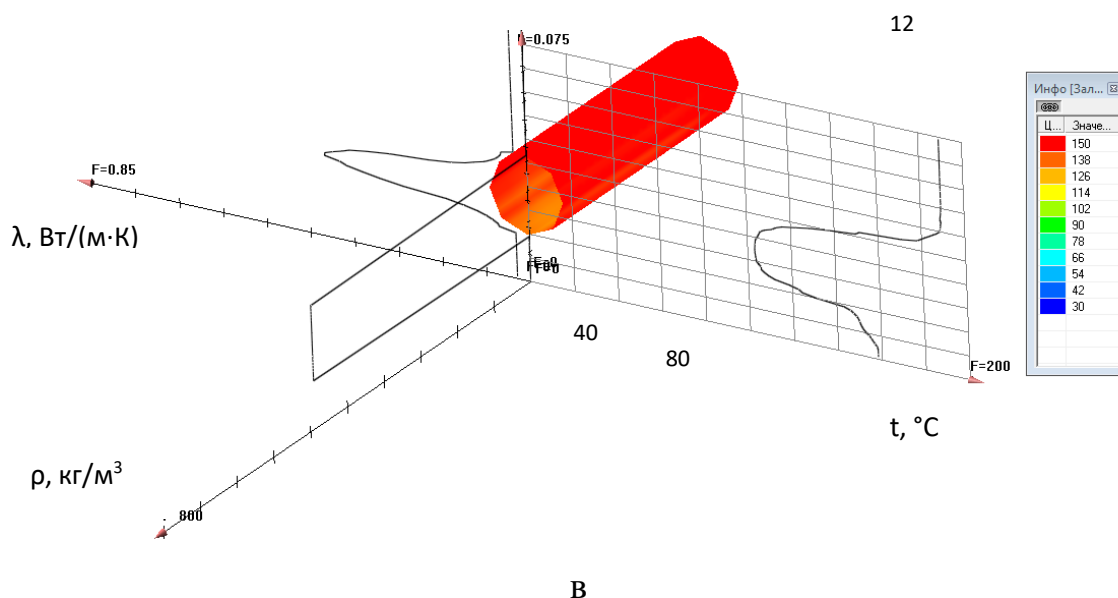


Рис. 3.9. Результати обчислювального експерименту прогріву тістової заготовки в моменти часу τ , с: а – 0, б – 300, в – 600.

Температура прогрітих шарів зразка. Візуалізація процесу прогріву тістової зразка за 300 с показано на рис.3.9 б. Процес прогріву завершується при досягненні центром зразка температури $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, котра досягається при встановлених умовах на 570 с. (рис.3.9 в).

Зрівняння результату обчислювального дослідження з експериментальними результатами дає можливість зробити висновки про правильність математичної моделі часу прогрівання зразка (рис 3.10). Різниця в результатах фізичних і обчислювальних дослідів не перебільшує 5 %.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

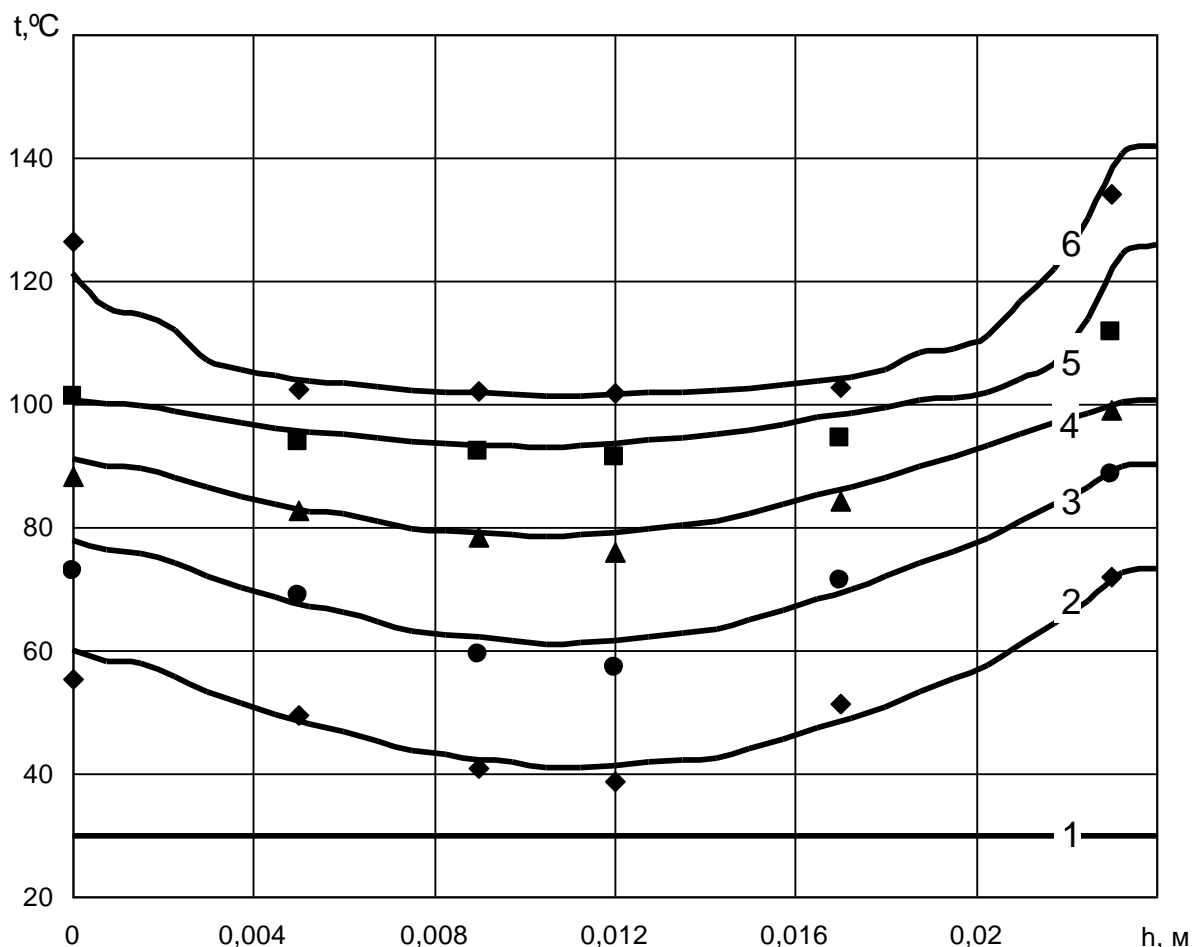


Рис. 3.10 Зміна температурного поля тістової заготовки при прогріванні заготовки циліндричної форми, діаметром 24 мм. в лабораторній печі в момент часу, хв.: 1- в початковий момент, 2-2, 3-4, 4-6, 5-8, 6-10.

Результати дослідів та розрахунків мат моделі прогріву зразка з формою циліндра з врахуванням швидкості ефективних теплофізичних характеристик дає змогу обґрунтувати адекватні параметри режиму випечення.

На базі продемонстрованої мат. моделі ми провели розрахунки процесу охолодження готового хліба від 100°C до температури навколишнього повітря за рахунок процесів теплообміну для упрощення виконання поставленої задачі. Тепломасобмінна складова не бралася до уваги.

Початковий розподіл теплоти після закінчення прогріву має наступний вигляд (рис.3.11)

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

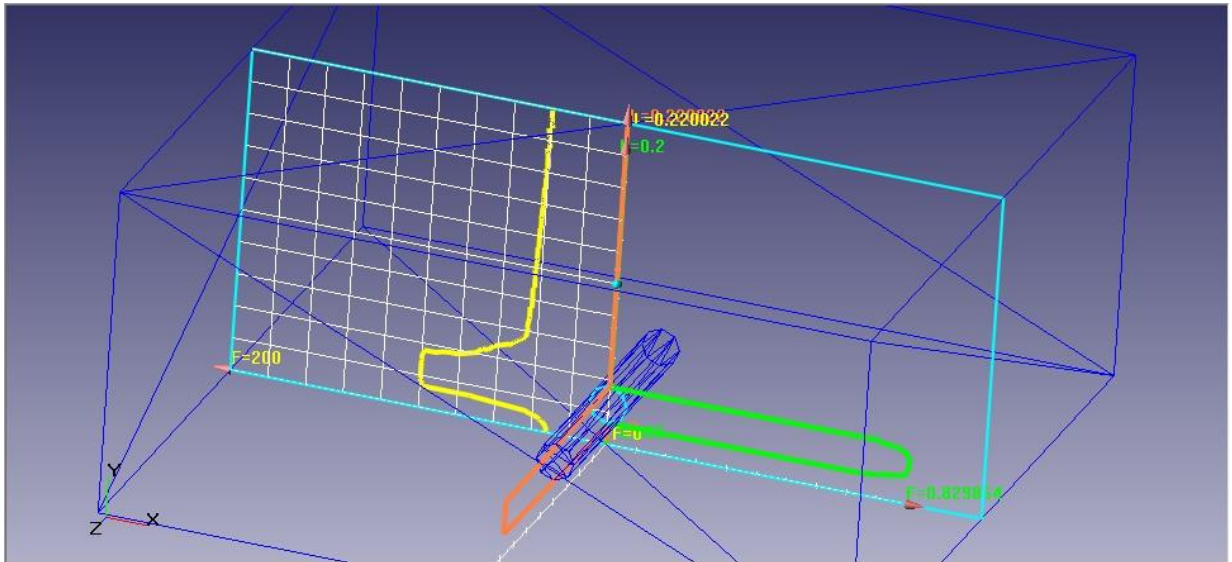


Рис.3.11. Початковий розподіл температури під час прогрівання

Рух часточок в результатах обчислювального дослідження представлено на рис.3.12., що показує втрату виробом вологи під час охолодження.

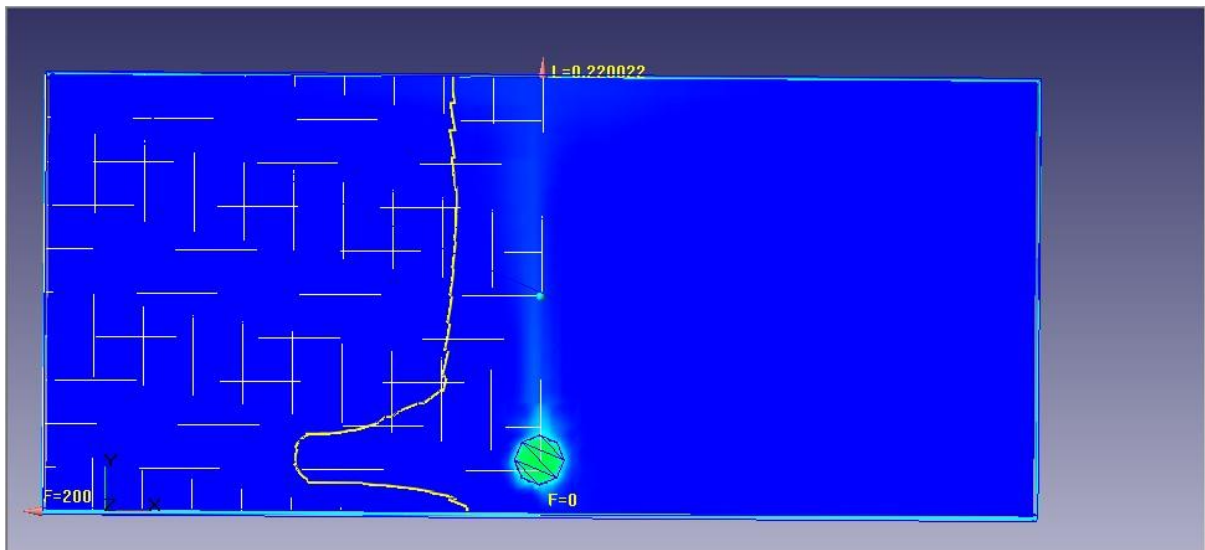


Рис. 3.12. Втрата вологи виробом в навколишнє середовище під час охолодження

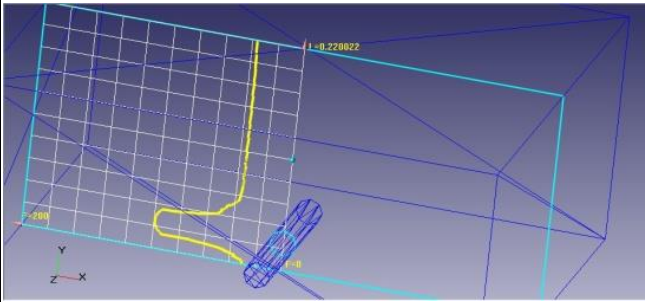
Результати обчислювального дослідження охолодження хліба при різному часі охолодження (рис. 3.13)

170490.ДП.04.000.ПЗ

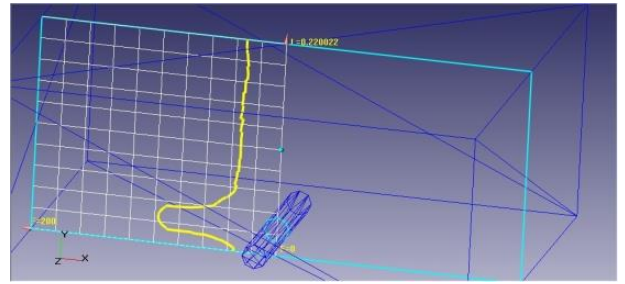
Інд.
змін.

Дата
видання

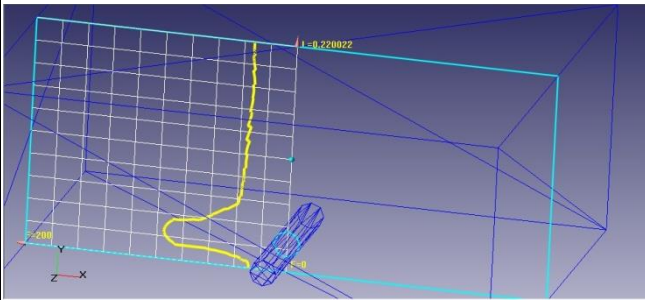
Мова
UA



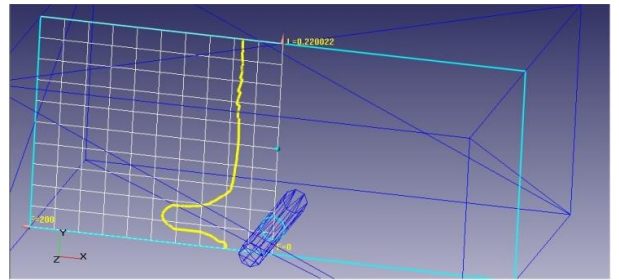
60c



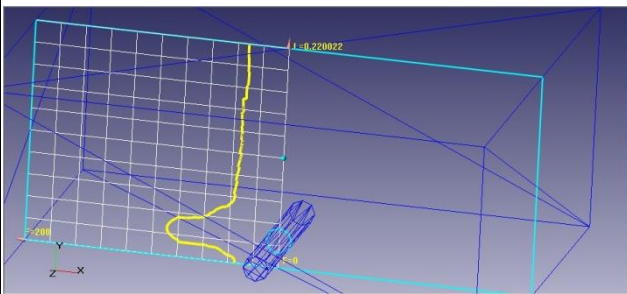
120c



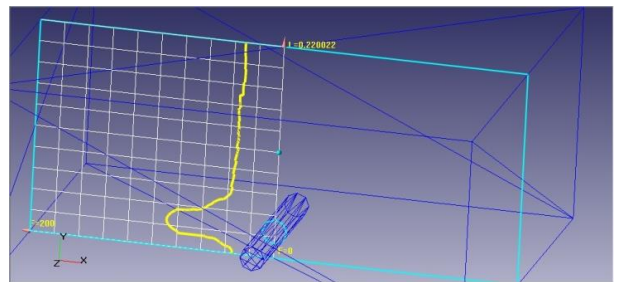
180c



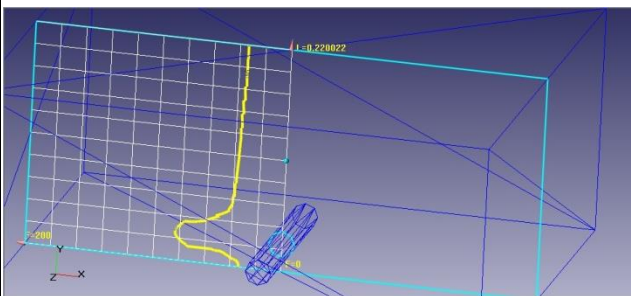
240c



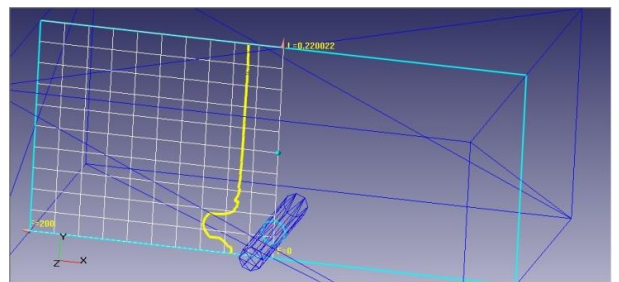
300c



360c



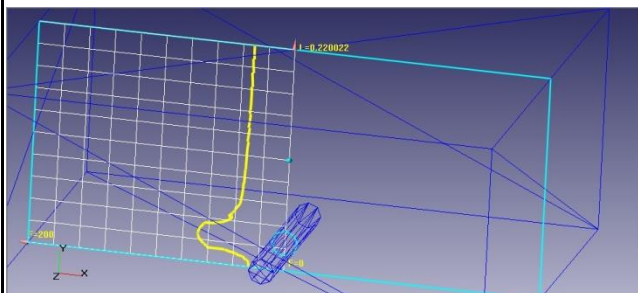
420c



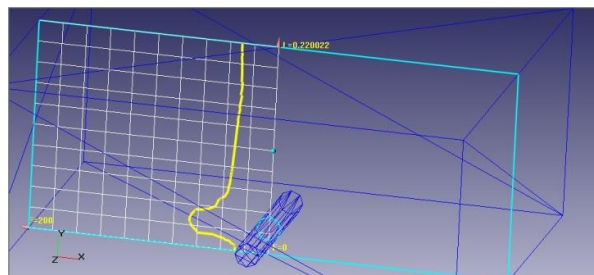
480c

170490.ДП.04.000.ПЗ

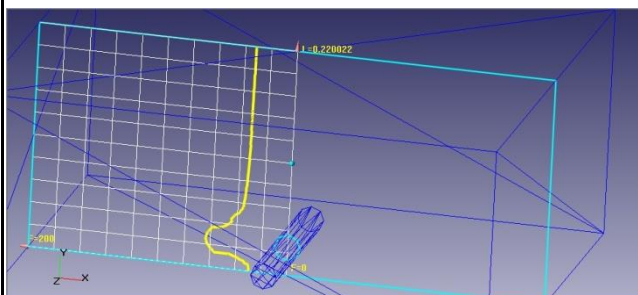
Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA



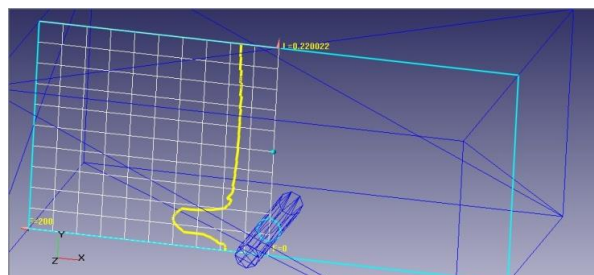
540с



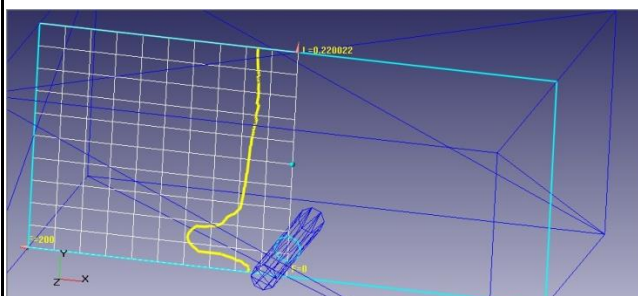
600с



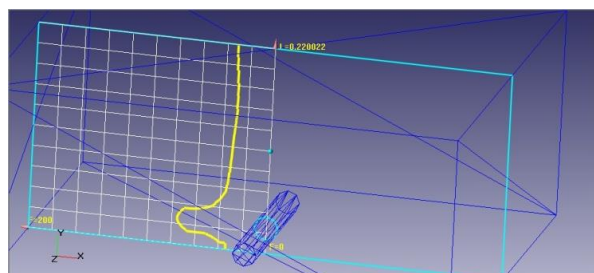
660с



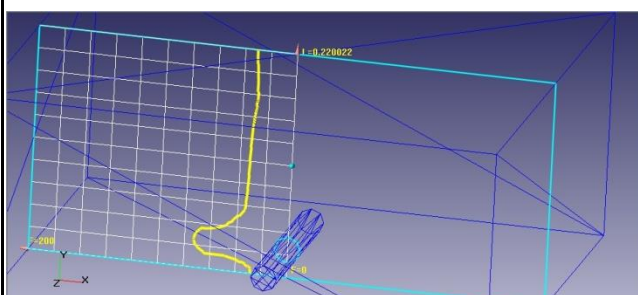
720с



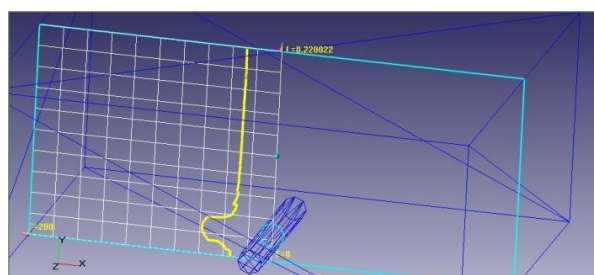
780с



840с



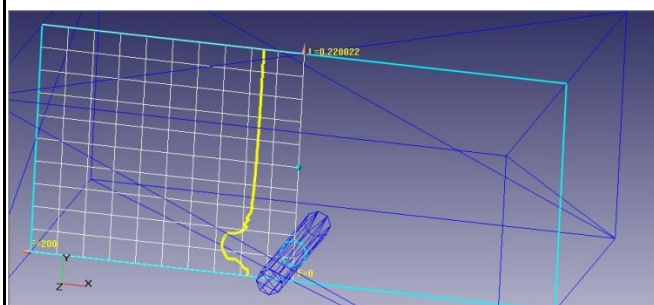
900с



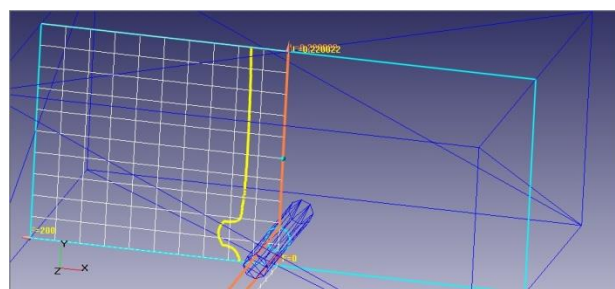
1080с

170490.ДП.04.000.ПЗ

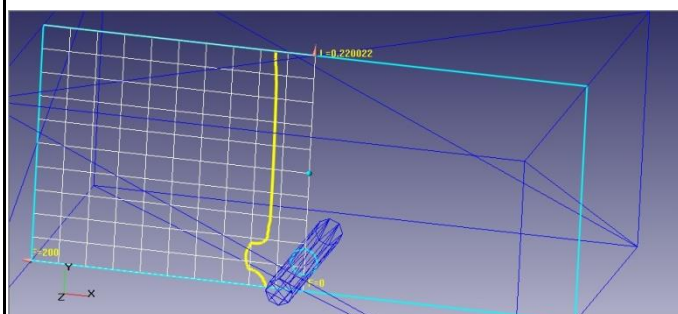
Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA



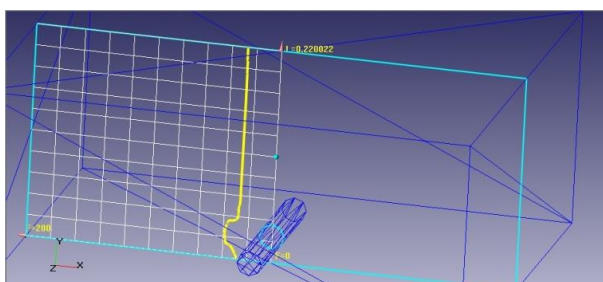
1200с



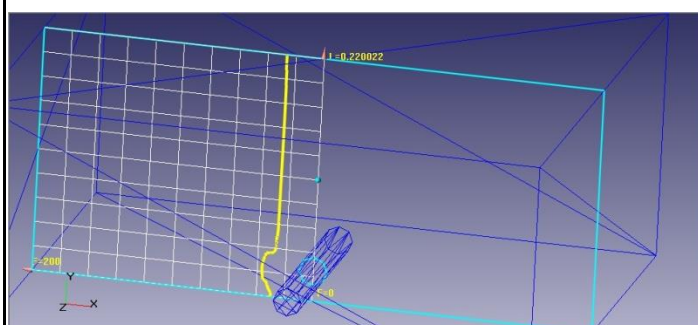
1500с



1800с



2100с



2300с

Рис.3.13. Результат обчислювального експерименту охолодження готових виробів за різної тривалості

Виконані розрахунки підтверджують правильність математичної моделі процесу випечення та охолодження, різниця в даних не перевищує межі в 5%. Включення до моделі тепломасобмінних процесів дає змогу збільшити точність розрахунків через врахунок ефекту фазового переходу вологи.

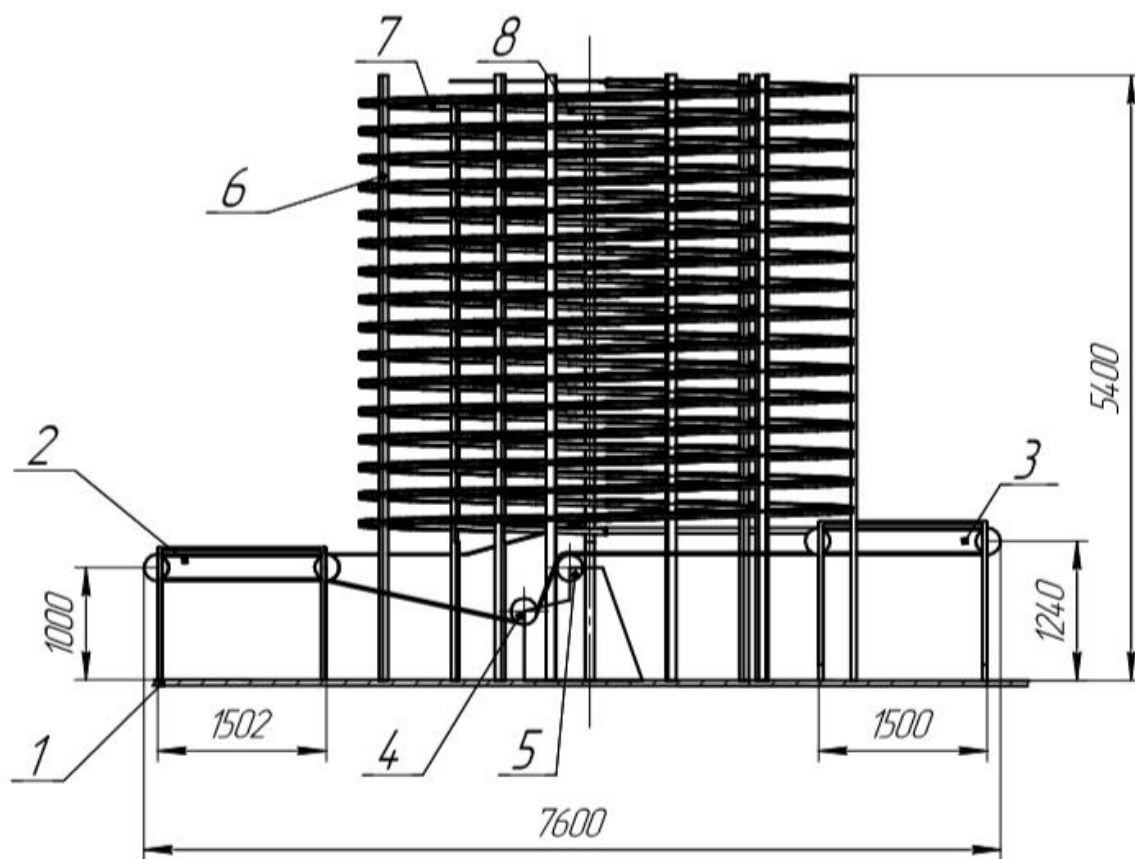
170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA

РОЗДІЛ 4. Будова та принцип роботи запропонованого конструктивного рішення

4. 1. Принцип роботи запропонованого конструктивного рішення

У моїй роботі запропоновано конструкцію спірального конвеєрного кулера, а саме опрацювання ідеї конструкції що складається з двох кулерів, котра дозволяє зробити компактні габаритні розміри, прибрати з будови складні стрічкові з'єднання, виключити використання ручної праці для процесу охолодження. Розроблена конструкція показано на рис. 4.1



Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю	Назва, додаткова назва Будова та принцип роботи запропонованого конструктивного рішення	170490.ДП.04.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

Рис. 2.1 Спиральний кулер для охолодження хліба

1 – стрічковий конвеєр; 2 – стрічковий транспортер 1; 3 – стрічковий транспортер 2; 4 – натяжна зірочка 1; 5 – натяжна зірочка 2; 6 – рама; 7 – зовнішня спіраль; 8 – внутрішня спіраль.

По транспортеру 2 хліб по зовнішній спіралі 7 рухається догори, по внутрішній спіралі 8 зліб спускається донизу і через транспортер 3 передається на упаковку. Натяг здійснюється за рахунок натяжних зірочок 4, 5. Стрічка рухається по направляючим, котра з опорами утворює раму 6.

4.2. Розрахунок продуктивності розробленого обладнання

Для уявлення габаритних розмірів обладнання необхідно визначити його продуктивність. Продуктивність спірального кулера є одним з важливих техніко-економічних показників. Розрахуємо продуктивність спірального кулера за продуктивністю тунельної печі марки БН 50, котра визначається кількістю виробів у кілограмах, що одержана протягом 1 години чи доби. Піч БН-50 призначена для випечення широкого асортименту хлібних виробів і входить до складу механізованих та комплексно-механізованих ліній.

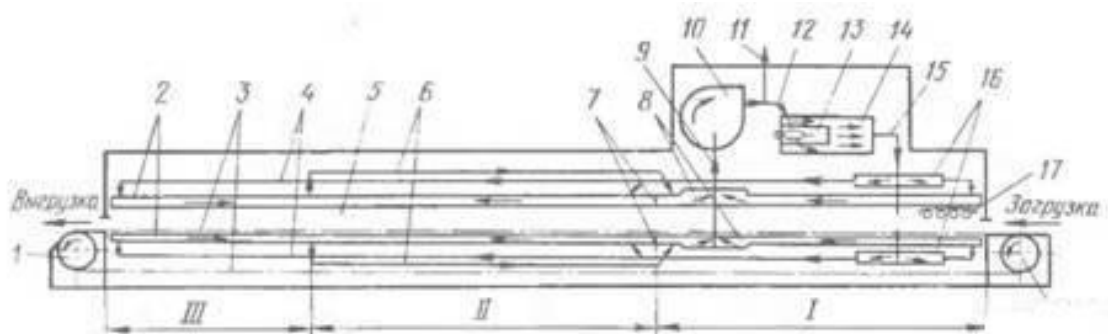


Рис.4.2. Схема пічі марки БН-50: 1- привідний механізм; 2, 4, 6, 8, 9, 12, 15, 16 - нагрівні та розподіляючі канали; 3 - під конвеєрного типу; 5 -робоча камера; 7 - перегородка в каналі; 10 - вентилятор; 11 – димохід; 13 - топка; 14 - камера змішування; 17 - пристрій парозволоження; 18 - натяжний механізм.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Технічна характеристика печі БН-50:

Розміри(мм):

$S_{\text{поду}}=50$ кв/м; $L=24000$ мм; $a = 30$ мм; $l = 280$ мм; $B = 2100$ мм; $b = 110$ мм;

$a_1= 30$ мм;

Для

Розрахунок розміру спірального кулера потрібно розпочати з визначення загальної довжини транспортера:

$$L_k = \left(\frac{P_n \cdot b \cdot l}{g} \right) \cdot \frac{\tau_{\text{ох}}}{B_k} = \left(\frac{0,161 \cdot 0,31 \cdot 0,12}{0,513} \right) \cdot \frac{14400}{0,48} = 350,2 \text{ м}, \quad (4.1)$$

де

P_n – розрахункова продуктивність печі, кг/с;

l – довжина однієї хлібини, м;

g – маса однієї хлібини, кг;

$\tau_{\text{ох}}$ – тривалість охолодження, с;

B_k – корисна ширина стрічки спірального кулера, м;

Продуктивність печі знайдемо за формулою:

$$P_n = \frac{n \cdot g}{\tau_{\text{вип}}} = \frac{474 \cdot 0,510}{1500} = 0,161 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (4.2)$$

де

n – кількість виробів що одночасно знаходяться на поді, шт;

$\tau_{\text{вип}}$ - час випікання, с;

(4.3)

$$n = N_1 \cdot N_2 = 6 \cdot 79 = 474 \text{ шт},$$

де

N_1, N_2 – відповідно кількість виробів що одночасно знаходяться на поді по ширині та довжині, шт

(4.4)

$$N_1 = \frac{B-a}{l+a} = \frac{2,1-0,03}{0,31+0,03} = 6 \text{ шт},$$

де

B – ширина поду, м;

l – довжина виробу, м;

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

a – відступ між виробами, м;

(4.5)

$$N_2 = \frac{L-a}{b+a} = \frac{24-0,03}{0,12+0,03} = 79 \text{ шт.},$$

де

L – довжина подупечі, м;

b – ширина хлібини, м;

Продуктивність кулера розрахуємо по формулі:

(4.6)

$$P_k = \frac{n_k \cdot N_k \cdot g}{\tau_{\text{ох}}} = \frac{4 \cdot 68 \cdot 0,513}{4} = 34,9 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

де

n_k – кількість виробів по ширині стрічки кулера, шт;

N_k – кількість виробів по довжині стрічки кулера, шт;

$$n_k = \frac{B_k}{b} = \frac{0,48}{0,12} = 4 \text{ шт.},$$

$$N_k = \frac{L_{\text{заг}}}{l} = \frac{21,09}{0,31} = 68 \text{ шт.},$$

Вичислимо швидкість руху стрічки:

(4.9)

$$v = \frac{L_k}{\tau_{\text{ох}}} = \frac{350,2}{14400} = 0,02 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

Розрахункова кількість ярусів:

(4.10)

$$z = \frac{L_k}{L_{\text{заг}}} = \frac{350,2}{21,09} = 16,6 \approx 17 \text{ шт.},$$

де

$L_{\text{заг}}$ – довжина одного кола стрічки, м;

(4.11)

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$L_{\text{заг}} = L_1 + L_2 = 9,18 + 11,91 = 21,09\text{м} ,$$

де

L_1, L_2 – відповідно довжина одного кола меншого та більшого кола стрічки, м;

(4.12)

$$L_2 = \frac{L_{\min} + L_{\max}}{2} = \frac{10,05 + 13,78}{2} = 11,91\text{м} ,$$

де

L_{\min}, L_{\max} – відповідно мінімальна та максимальна довжина одного круга більшого кулера, м;

(4.13)

$$L_{\min} = \pi \cdot D_1 = 3,14 \cdot 3,2 = 10,05\text{м} ,$$

де

D_1 – внутрішній діаметр більшого кола, м;

(4.14)

$$D_1 = d_2 + 0,2 = 3 + 0,2 = 3,2\text{м} ,$$

де

d_2 – зовнішній діаметр меншого кола, м;

$0,2$ – зазор між меншим і більшим колом, м;

(4.15)

$$L_{\max} = \pi \cdot D_2 = 3,14 \cdot 4,39 = 13,78\text{м} ,$$

де

D_2 – зовнішній діаметр більшого кола, м;

(4.16)

$$D_2 = D_1 + c = 3,2 + 1,19 = 4,39\text{м} ,$$

де

c – ширина конвеєра враховуючи установчі розміри, м;

(4.17)

$$c = d_2 - d_1 = 3 - 1,81 = 1,19\text{м} ,$$

де

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

d_1 – внутрішній діаметр меншого кола, м;

Визначимо розрахункову висоту конструкції:

(4.18)

$$h = z \cdot a = 17 \cdot 0,3 = 5,1 \approx 5 \text{ м},$$

де

a – відстань між ярусами, м;

4.2. Кінематичний розрахунок

На рис. 2.2.1 показано кінематичну схему приводу кулера спіральнотипу.

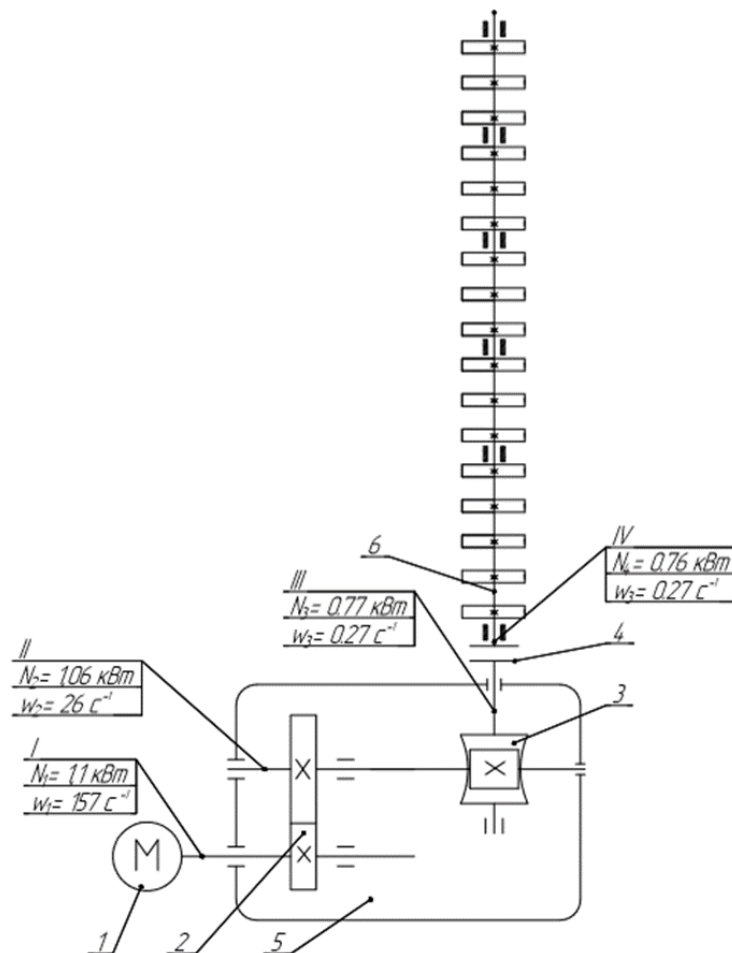


Рис. 4.1. Кінематична схема приводу кулера спіральнотипу.

1 – двигун; 2 – зубчата передача; 3 – черв'ячна передача; 4 – муфта; 5 – корпус редуктора; 6 – приводний вал.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

потрібна потужність на валу приводу:

(4.19)

$$P_{\text{вих}} = F \cdot v = 15 \cdot 0.02 = 0.3 \text{ кВт},$$

де

F – тягове зусилля що на вихідному валу, $F = 15 \text{ кН}$;

v – задана швидкість стрічки транспортера, $v = 0.02 \text{ м/с}$.

розрахункова потужність електродвигуна:

(4.20)

$$P_e = \frac{P_{\text{вих}}}{\eta_{\text{заг}}} = \frac{0,3}{0,7} = 0,4 \text{ кВт},$$

де

$\eta_{\text{заг}}$ – ККД приводу;

(4.21)

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{п}}^4 \cdot \eta_{\text{з.п}} \cdot \eta_{\text{ч.п}} \cdot \eta_{\text{м}} = 0,99^4 \cdot 0,98 \cdot 0,75 \cdot 0,99 = 0,7$$

де

$\eta_{\text{п}}$ – ККД підшипників, $\eta_{\text{п}} = 0,99$;

$\eta_{\text{з.п}}$ – ККД зубчастої передачі $\eta_{\text{з.п}} = 0,98$;

$\eta_{\text{ч.п}}$ – ККД черв'ячної передачі, $\eta_{\text{ч.п}} = 0,75$;

$\eta_{\text{м}}$ - ККД муфти, $\eta_{\text{м}} = 0,99$.

Частота обертання електродвигуна:

(4.22)

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{п}}^4 \cdot \eta_{\text{з.п}} \cdot \eta_{\text{ч.п}} \cdot \eta_{\text{м}} = 0,99^4 \cdot 0,98 \cdot 0,75 \cdot 0,99 = 0,7$$

де

$\eta_{\text{п}}$ – ККД підшипників, $\eta_{\text{п}} = 0,99$;

$\eta_{\text{з.п}}$ – ККД зубчастої передачі $\eta_{\text{з.п}} = 0,98$;

$\eta_{\text{ч.п}}$ – ККД черв'ячної передачі, $\eta_{\text{ч.п}} = 0,75$;

$\eta_{\text{м}}$ – ККД муфти, $\eta_{\text{м}} = 0,99$.

Швидкість на вихідному валу:

(4.23)

$$n_4 = \frac{60000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{60000 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 150} = 2,6 \text{ хв}^{-1},$$

де

D – діаметр зірочки, $D = 150$ мм.

беремо двигун 4А80А4У3, $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$, $N = 1,1$ кВт.

Вираховуємо частоту обертання, потужність, крутний момент на всіх валах.

Вал № I

Частота обертання:

(4.24)

$$n_1 = \frac{n_{\text{дв}} \cdot 2\pi}{60} = \frac{1500 \cdot 2 \cdot 3,14}{60} = 157 \text{ с}^{-1}.$$

Потужність:

(4.25)

$$N_1 = N_{\text{д}} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Крутний момент:

(4.26)

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$M_1 = \frac{N_1}{n_1} = \frac{1100}{157} = 7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Вал № II

Частота обертання:

(4.27)

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{з.п}} = \frac{157}{6} = 26 \text{ с}^{-1}.$$

Потужність:

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{п} \cdot \eta_{з.п} = 1.1 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 1,06 \text{ кВт}.$$

Крутний момент:

(4.29)

$$M_2 = \frac{N_2}{n_2} = \frac{1060}{26} = 40.7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Вал № III

Частота обертання:

(4.30)

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{ч.п}} = \frac{26}{96} = 0,27 \text{ с}^{-1}.$$

Потужність:

(4.31)

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{п}^3 \cdot \eta_{з.п} = 1,06 \cdot 0,99^3 \cdot 0,75 = 0,77 \text{ кВт}.$$

Крутний момент:

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

(4.32)

$$M_3 = \frac{N_3}{n_3} = \frac{770}{0,27} = 2851,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Вал № IV

Частота обертання:

(4.33)

$$n_4 = \frac{n_3}{u_M} = \frac{0,27}{1} = 0,27 \text{ с}^{-1}.$$

Потужність:

(4.34)

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_M = 0,77 \cdot 0,99 = 0,76 \text{ кВт.}$$

Крутний момент:

(4.35)

$$M_4 = \frac{N_4}{n_4} = \frac{760}{0,27} = 2814,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Таблиця 2.1

Зведена таблиця навантаження що діє на вали.

№ валу.	Потужність N, кВт.	Крутний момент M, Н·м.	Частота обертання n, с ⁻¹
I	1,1	7	157
II	1,06	40,7	26
III	0,77	2851,8	0,27
IV	0,76	2814,8	0,27

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA

4.3. Розрахунок валу

З кінематичного розрахунку нам стало відомо про те, що крутний момент на привідному валу становить:

$$M_{кр} = 2814,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Беручи до уваги конструкцію привідного валу, розділяємо загальний крутний момент між всіма зубчастими колесами на валі. Звідси:

$$M_1 = 849,96 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_2 = 590,73 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_3 = 413,5 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_4 = 289,4 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_5 = 202,641 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_6 = 141,84 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_7 = 99,26 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_8 = 69,51 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_9 = 48,66 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{10} = 34,06 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{11} = 23,84 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{12} = 16,69 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{13} = 11,69 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{14} = 8,1 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{15} = 5,75 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{16} = 4,02 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{17} = 2,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

розраховуємо діючі сили що подаються на вал. Ці сили з'являються при контакті зубчастих коліс приводного валу зі стрічкою спірального кулера:

(1)

$$F_{t_1} = \frac{2 \cdot M_1}{d_w} = \frac{2 \cdot 849,96}{0,144} = 11805 \text{ Н},$$

де

F_{t_1} – колова сила у зчепленні, Н;

d_w – діаметр колеса, м.

(2)

$$F_{r_1} = F_{t_1} \cdot \tan(\alpha) = 11805 \cdot \tan(20^\circ) = 4296 \text{ Н},$$

де

F_{r_1} – радіальна сила у зчепленні, Н;

α – кут зчеплення,

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA

$$F_{t_2} = \frac{2 \cdot M_2}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 590,73}{0,144} = 8204,58 \text{ H,}$$

$$F_{r_2} = F_{t_2} \cdot \tan(\alpha) = 8204,58 \cdot \tan(20^\circ) = 4296 \text{ H,}$$

$$F_{t_3} = \frac{2 \cdot M_3}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 413,5}{0,144} = 5743 \text{ H,}$$

$$F_{r_3} = F_{t_3} \cdot \tan(\alpha) = 5743 \cdot \tan(20^\circ) = 4296 \text{ H,}$$

$$F_{t_4} = \frac{2 \cdot M_4}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 289,4}{0,144} = 4019 \text{ H,}$$

$$F_{r_4} = F_{t_4} \cdot \tan(\alpha) = 4019 \cdot \tan(20^\circ) = 1446,8 \text{ H,}$$

$$F_{t_5} = \frac{2 \cdot M_5}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 202,641}{0,144} = 2814,45 \text{ H,}$$

$$F_{r_5} = F_{t_5} \cdot \tan(\alpha) = 2814,45 \cdot \tan(20^\circ) = 1013,202 \text{ H,}$$

$$F_{t_6} = \frac{2 \cdot M_6}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 141,84}{0,144} = 1970 \text{ H,}$$

$$F_{r_6} = F_{t_6} \cdot \tan(\alpha) = 1970 \cdot \tan(20^\circ) = 709,2 \text{ H,}$$

$$F_{t_7} = \frac{2 \cdot M_7}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 99,26}{0,144} = 1378,61 \text{ H,}$$

$$F_{r_7} = F_{t_7} \cdot \tan(\alpha) = 1378 \cdot \tan(20^\circ) = 496,3 \text{ H,}$$

$$F_{t_8} = \frac{2 \cdot M_8}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 69,51}{0,144} = 965,42 \text{ H,}$$

$$F_{r_8} = F_{t_8} \cdot \tan(\alpha) = 965,42 \cdot \tan(20^\circ) = 347,55 \text{ H,}$$

$$F_{t_9} = \frac{2 \cdot M_9}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 48,66}{0,144} = 675,83 \text{ H,}$$

$$F_{r_9} = F_{t_9} \cdot \tan(\alpha) = 675,83 \cdot \tan(20^\circ) = 243,3 \text{ H,}$$

$$F_{t_{10}} = \frac{2 \cdot M_{10}}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 34,06}{0,144} = 473,06 \text{ H,}$$

$$F_{r_{10}} = F_{t_{10}} \cdot \tan(\alpha) = 473,06 \cdot \tan(20^\circ) = 170,3 \text{ H,}$$

$$F_{t_{11}} = \frac{2 \cdot M_{11}}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 23,84}{0,144} = 331,11 \text{ H,}$$

$$F_{r_{11}} = F_{t_{11}} \cdot \tan(\alpha) = 331,11 \cdot \tan(20^\circ) = 119,2 \text{ H,}$$

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$F_{t_{12}} = \frac{2 \cdot M_{12}}{d_{\omega}} = \frac{2 \cdot 16.69}{0.144} = 231.81 \text{ H},$$

$$F_{r_{12}} = F_{t_{12}} \cdot \tan(\alpha) = 231.81 \cdot \tan(20^{\circ}) = 83.45 \text{ H},$$

$$F_{t_{13}} = \frac{2 \cdot M_{13}}{d_{\omega}} = \frac{2 \cdot 11.69}{0.144} = 162.36 \text{ H},$$

$$F_{r_{13}} = F_{t_{13}} \cdot \tan(\alpha) = 162.36 \cdot \tan(20^{\circ}) = 58.45 \text{ H},$$

$$F_{t_{14}} = \frac{2 \cdot M_{14}}{d_{\omega}} = \frac{2 \cdot 8.1}{0.144} = 112.5 \text{ H},$$

$$F_{r_{14}} = F_{t_{14}} \cdot \tan(\alpha) = 112.5 \cdot \tan(20^{\circ}) = 40.5 \text{ H},$$

$$F_{t_{15}} = \frac{2 \cdot M_{15}}{d_{\omega}} = \frac{2 \cdot 5.75}{0.144} = 79.86 \text{ H},$$

$$F_{r_{15}} = F_{t_{15}} \cdot \tan(\alpha) = 79.86 \cdot \tan(20^{\circ}) = 28.75 \text{ H},$$

$$F_{t_{16}} = \frac{2 \cdot M_{16}}{d_{\omega}} = \frac{2 \cdot 4.02}{0.144} = 55.83 \text{ H},$$

$$F_{r_{16}} = F_{t_{16}} \cdot \tan(\alpha) = 55.83 \cdot \tan(20^{\circ}) = 20.1 \text{ H},$$

$$F_{t_{17}} = \frac{2 \cdot M_{17}}{d_{\omega}} = \frac{2 \cdot 2.8}{0.144} = 38.89 \text{ H},$$

$$F_{r_{17}} = F_{t_{17}} \cdot \tan(\alpha) = 38.89 \cdot \tan(20^{\circ}) = 17 \text{ H},$$

4.4. Розрахунок підшипників

Вибір радіально-упорного роликового підшипника здійснюється за такими даними: радіальна навантаження на підшипник $F_r = 1963,6 \text{ H}$; осьова навантаження що діє на валу та сприймається підшипником $F_{ab} = 3512 \text{ H}$; швидкість обертання валу $n = 12 \text{ об/хв}$; діаметр посадки валу для підшипника $d = 25 \text{ мм}$; коеф. обертання кільця $\nu = 1$; коеф. безпеки $K_{\sigma} = 1,2$; температурний коеф. $K_T = 1,05$; потрібна довговічність $L_h \geq 25000 \text{ год}$.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

1. Попередньо беремо підшипник серії 205 за ГОСТ 8338-75, в якого динамічна навантаженість $C = 11000H$; статична навантаженість $C_0 = 7090H$; кут контакту $\alpha = 12^\circ$.

2. Поосьова складова радіальних напруг для підшипника

$$F_s = 0,83 \cdot e \cdot F_r = 0,83 \cdot 0,32 \cdot 1963,6 = 521,53H \text{ де } e = 1,5 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1,5 \cdot \operatorname{tg} 12^\circ = 0,32$$

3. Розрахункове поосьове навантаження $F_a = F_s + F_{ab} = 521,53 + 3512 = 4033H$

4. Розраховуємо співвідношення:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{4033,53}{1 \cdot 1963,6} = 2,05 > e = 0,32$$

Беремо коеф. радіальних а також осьових навантажень: $X = 0,46$ і $Y = 1$.

5. Співставне динамічне навантаження

$$P = (X \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_\sigma K_\tau = (0,46 \cdot 1963,6 + 1 \cdot 4033,53) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 6220H$$

6. По табл. $\frac{C}{P} = 1,6$, потрібна динамічна навантаженість $C = 3,42 \cdot P = 1,6 \cdot 6220,35 = 9952,56H$. Вибраний підшипник серії 205 з динамічною навантаженістю $C = 11000H$ що більша за розрахункової. Тож цей вибір підшипника є вірним.

4.5. Підбір мотора-редуктора та кінематичний розрахунок приводу

Визначаємо частоту обертання:

$$n_b = \frac{120}{t_{\text{перем}} \cdot \pi \cdot \alpha} = \frac{120}{16 \cdot 3,14 \cdot 1,7} = 78,82 \text{ об / хв}$$

$$t_{\text{перем}} = 16 \text{ с, } \operatorname{tg} \alpha = 1,7$$

Після знаходимо потужність приводу:

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$N = V \cdot \rho \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad N = 0,024 \cdot 350 \cdot 0,6 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1,4 = 4,3 \text{ кВт}$$

За привід беремо двигун-редуктор з частотою обертання вихідного валу:

$$n_{\sigma} = 78,82 \text{ об/хв.}$$

Тоді передаточні числа будуть рівні:

$$i = \frac{955}{78,82} = 12,12$$

Розраховуємо потужність привода за ф-ю:

$$N_{\text{пр.}} = \frac{N}{\eta_{\text{привода}}} = \frac{4,3}{0,677} = 2,91 \text{ кВт}$$

де $\eta_{\text{привода}} = \eta_{\text{редуктора}} \cdot \eta_{\text{лан.}} \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{п.}} = 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,75 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,677$;

$\eta_{\text{редуктора}}$ – ККД мотор-редуктора (0,95)

$\eta_{\text{лан.}}$ – ККД ланцюгової передачі (0,97) ;

$\eta_{\text{п.}}$ – ККД пари підшипників (0,99) ;

$$M_{\text{кр.}} = \frac{30 \cdot N_{\text{пр.}}}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 2,91 \cdot 100}{3,14 \cdot 78,82} = 35,27$$

Обираємо для приводау мотор-редуктор, двигун марки 112МА6 з номінальною потужністю $N=3$ кВт та частотою обертання $n=955$ об/хв. І припустимим крутним моментом на валу привода:

$$M_{\text{кр.}} = 40H \cdot m$$

Розраховуємо потужності на окремих валах машини :

$$N_1 = N_{\text{двигуна}} = 3 \text{ кВт};$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{редуктора}} = 3 \cdot 0,95 = 2,85 \text{ кВт};$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{лан.}} = 2,85 \cdot 0,97 = 2,76 \text{ кВт};$$

Розраховуємо частоту обертів для окремих валів на машині:

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 78,82 \text{ об / хв}; \quad n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{лан}}} = \frac{78,82}{1,03} = 81,24 \text{ об / хв};$$

$$n_3 = n_2 = 81,24 \text{ об / хв};$$

Визначаємо кутову швидкість на окремих валів машини.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 4,4}{30} = 0,46 \text{ (рад / с)} \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{\text{лан}}} = \frac{8,25}{1,03} = 8 \text{ рад / с}$$

$$\omega_3 = \omega_2 = 8 \text{ рад / с}$$

Знаходимо крутний момент на окремих валах привода :

$$T_4 = \frac{T}{\eta_{\text{черв}} \cdot \eta_{\text{мід}} \cdot i} = \frac{90}{0,75 \cdot 0,99 \cdot 0,33} = 21,6 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad T_3 = \frac{T_4}{\eta_{\text{мід}}} = \frac{21,6}{0,99} = 21,8 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$T_2 = \frac{T_3}{\eta_{\text{лан}} \cdot i_{\text{лан}}} = \frac{21,8}{0,95 \cdot 1,03} = 22,3 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad T_1 = T_2 = 22,3 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Визначаємо час роботи приводу

$$\sum t = 8 \cdot c \cdot 365 \cdot L \cdot k_{\text{рiч}} \cdot k_{\text{дoб}}, \text{ де } c=12 - \text{кiлькiсть годин у змiнi.}$$

$$\sum t = 8 \cdot 12 \cdot 330 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 0,88 = 83635 \text{ годин}$$

$$t_{\text{екв}} = t_{\sum} \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{T_H} \right)^3 \frac{t_i}{t_H}$$

$$t_{\text{екв}} = 83635 (1^3 \cdot 0,4 + 0,7^3 \cdot 0,4 + 0,47^3 \cdot 0,2) = 46665 \text{ год.}$$

4.6. Розрахунок черв'ячної передачі

Вибір матеріалу основних елементів черв'ятного редуктора.

За табл. 3.30 [3] беремо матеріал черв'яка та оправки черв'ячного колеса. Обираємо для черв'яка ст.45 загартовану з твердістю 45...50 HRC з наступним шліфуванням витків. Матеріал оправки колеса Бр.АЖ9-4 (вилівка в пісок) з мех властивостями $\sigma_T = 200 \text{ МПа}$; $\sigma_B = 400 \text{ МПа}$.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Беремо кількість заходів черв'яка $z_1 = 2$.

Крутний момент на валу з черв'ячним колесом :

$$T_3 = 9550 \cdot 10^3 \cdot \frac{N_2 \cdot U_{\text{чп}} \cdot \eta_{\text{чп}} \cdot \eta_{\text{тп}}}{n_2},$$

$$T_3 = 9550 \cdot 10^3 \cdot \frac{2,91 \cdot 19 \cdot 0,75 \cdot 0,99}{1183} = 331,53 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приблизна швидкість ковзання :

$$V_c = 0,0004 \cdot n_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_3}{1000}},$$

$$V_c = 0,0004 \cdot 1183 \cdot \sqrt[3]{\frac{331,53 \cdot 10^3}{1000}} = 3,27 \text{ м/с}.$$

При такій швидкості за табличними даними потрібна ступінь точності 8-ма.

Допустиме контактне напруження:

$$[\sigma_H] = 300 - 25 \cdot V_c,$$

$$[\sigma_H] = 300 - 25 \cdot 3,27 = 218,25 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження при контакті за розрахунками дії максимального навантаження:

$$[\sigma_{HM}] = 2 \cdot \sigma_T,$$

$$[\sigma_{HM}] = 2 \cdot 200 = 400 \text{ МПа}.$$

Можливе граничне напруження на згин за базового числа зміни напружень $N_{f_0} = 10^6$ для незворотнього навантаження :

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$[\sigma_F]_0^0 = 102 \text{ МПа.}$$

Сумарне число циклів навантажень:

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n_3 \cdot t_{\text{зад}},$$

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot \frac{1183}{19} \cdot 10000 = 37,4 \cdot 10^6.$$

Коеф. довговічності :

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{N_{FO}}{N_{\Sigma}}},$$

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{37,4 \cdot 10^6}} = 0,67.$$

Допустиме максимальне напруження на згин :

$$[\sigma_F] = [\sigma_F]_0^0 \cdot K_{FL},$$

$$[\sigma_F] = 102 \cdot 0,67 = 68,34 \text{ МПа.}$$

максимальне напруження на згин під час розрахунку на дію максимальних навантажень:

$$[\sigma_{FM}] = 0,8 \cdot \sigma_T,$$

$$[\sigma_{FM}] = 0,8 \cdot 200 = 160 \text{ МПа}$$

Число зубців колеса черв'яка

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$z_2 = z_1 \cdot U ,$$

$$z_2 = 2 \cdot 19 = 38 .$$

$28 \leq z_2 \leq 80$ – умова виконується.

Діаметральний коефіцієнт черв'яка розраховуємо за формулою:

$$q = 0,25 \cdot z_2 ,$$

$$q = 0,25 \cdot 38 = 9,5 .$$

беремо стандартне значення $q=10$.

Коефіцієнт, котрий враховує розподіл навантажень по ширині вінця:

$$K_{H\beta} = K_{\beta} = 1 .$$

Коефіцієнт, котрий враховує динамічні навантаження:

$$K_{HV} = 0,3 + 0,1 \cdot n + 0,02 \cdot V_C ,$$

$$K_{HV} = 0,3 + 0,1 \cdot 8 + 0,02 \cdot 3,27 = 1,165 .$$

Знаходимо міжосьову відстань передач із умови контактних витривалостей:

$$a_{\omega} = \left(\frac{z_2}{q} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{ \left(\frac{170}{[\sigma_H] \frac{z_2}{q}} \right)^2 \cdot T_3 \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} } ,$$

$$a_{\omega} = \left(\frac{38}{10} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{ \left(\frac{170}{242,25 \cdot \frac{38}{10}} \right)^2 \cdot 116,53 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1,165 } = 97,4 \text{ мм} .$$

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Модуль зачеплення :

$$m = \frac{2 \cdot a_{\omega}}{z_2 + q},$$

$$m = \frac{2 \cdot 97,4}{38 + 10} = 4,1 \text{ мм}.$$

Беремо стандартне значення $m = 5 \text{ мм}$.

За стандартного модуля міжосьова відстань буде:

$$a_{\omega} = \frac{m \cdot (z_2 + q)}{2},$$

$$a_{\omega} = \frac{5 \cdot (38 + 10)}{2} = 120 \text{ мм}.$$

Обираємо кут підйому черв'яка $\gamma = 11^{\circ} 18' 36''$.

Ділильні діаметри:

черв'яка:

$$d_{\omega 1} = q \cdot m,$$

$$d_{\omega 1} = 10 \cdot 5 = 50 \text{ мм}.$$

колеса:

$$d_{\omega 2} = z_2 \cdot m, \quad (3.37)$$

$$d_{\omega 2} = 38 \cdot 5 = 190 \text{ мм}.$$

Розрахункова швидкість ковзання

$$V_c = \frac{\pi \cdot d_{\omega 1} \cdot n_3}{60000 \cdot \cos \gamma},$$

$$V_c = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 1183}{60000 \cdot 0,9806} = 3,16 \text{ м/с}.$$

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

котре більше попередньо прийнятої $V_c=2,31$ м/с, через що потрібно уточнити параметри передачі.

При швидкості $v_c=3,16$ м/с можливе контактне напруження :

$$[\sigma_H]' = 223 \text{ МПа.}$$

Коеф. рухомого навантаження при $V_c = 3,16$ м/с і 8-й ступені точності

$$K_{HV} = 0,3 + 0,1 \cdot 8 + 0,02 \cdot 3,16 = 1,163.$$

Кут тертя під час роботи бронзового колеса у парі тертя зі сталевим черв'яком при $V_c = 3,16$ м/с - $\varphi' = 1^\circ 38'$.

ККД передачі:

$$\eta = (0,9 \dots 0,96) \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi)},$$

$$\eta = 0,9 \cdot \frac{0,200}{0,230} = 0,78.$$

Дійсний крутний момент на валі черв'ячного колеса:

$$T_3^I = 9550 \cdot 10^3 \cdot \frac{N_2 \cdot U_{\text{чп}} \cdot \eta_{\text{чп}}^I \cdot \eta_{\text{мн}}}{n_2},$$

$$T_3 = 9550 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,024 \cdot 19 \cdot 0,78 \cdot 0,99}{1183} = 121,28 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

За переглянутими параметрами перевіряємо контактне напруження:

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{z_2}{q} + 1}{a_w} \right)^3} \cdot T_3^I \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV},$$

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{38}{10}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{38}{10} + 1}{120}\right)^3} \cdot 121,28 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1,163 = 134,4 \text{ МПа} \leq [\sigma_H] = 223 \text{ МПа}.$$

переглядаємо міцність зубів черв'ячного колеса на згин

$$z_e = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma},$$

$$z_e = \frac{38}{0,9806^3} = 40.$$

Коеф. форми зуба колеса беремо $Y_F = 1,55$

Напруження при згині визначаємо за формулою:

$$\sigma_F = \frac{2 \cdot T_3^I \cdot \cos \gamma}{1,2 \cdot d_{\omega 1} \cdot d_{\omega 2} \cdot m} \cdot Y_F \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV},$$

$$\sigma_F = \frac{2 \cdot 121,28 \cdot 10^3 \cdot 0,9806}{1,2 \cdot 50 \cdot 190 \cdot 5} \cdot 1,55 \cdot 1 \cdot 1,2 = 7,76 \text{ МПа} \leq [\sigma_F] = 68,34 \text{ МПа}.$$

Остаточно беремо параметри передачі :

$$z_1 = 2; z_2 = 38; d_{\omega 1} = 50 \text{ мм}; d_{\omega 2} = 190 \text{ мм}; a_{\omega} = 120 \text{ мм}.$$

Основні розміри черв'ячної передачі:

- діаметр верхніх витків черв'яка:

$$d_{a1} = d_1 + 2m,$$

$$d_{a1} = 50 + 2 \cdot 5 = 60 \text{ мм};$$

- діаметр впадин черв'яка:

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m,$$

$$d_{f1} = 50 - 2,4 \cdot 5 = 38 \text{ мм};$$

- діаметр вершин зубців черв'ячного колеса:

$$d_{a2} = d_2 + 2m,$$

$$d_{a2} = 190 + 2 \cdot 5 = 200 \text{ мм};$$

- діаметр впадин зубців черв'ячного колеса:

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m,$$

$$d_{f2} = 190 - 2,4 \cdot 5 = 178 \text{ мм};$$

- ширина вінця черв'ячного колеса:

$$b_2 = 0,355a_w,$$

$$b_2 = 0,355 \cdot 120 = 42,6 \text{ мм}.$$

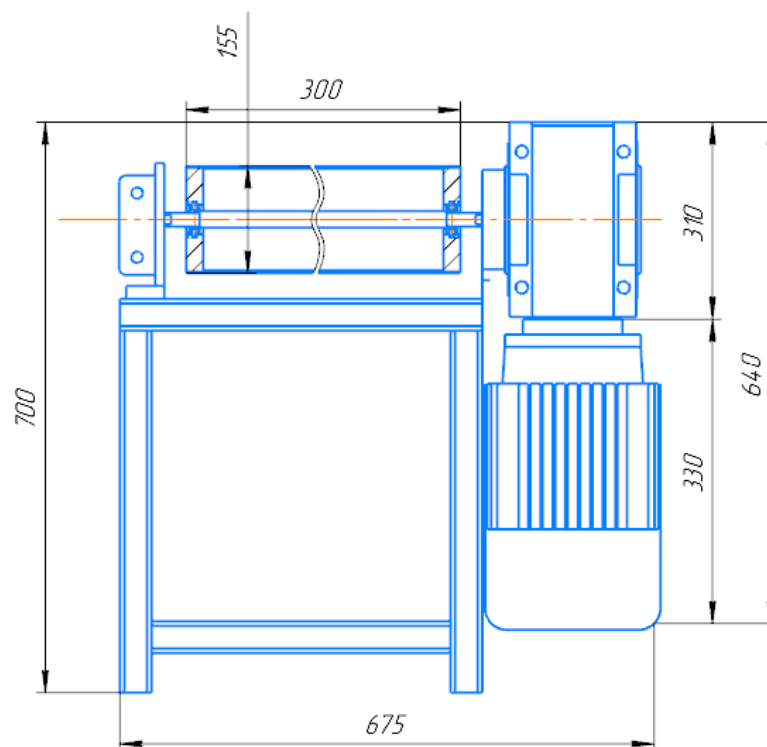


Рис.4.3. Ескіз привода

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

РОЗДІЛ 5. Технологія машинобудування

5.1. Теоретичне підґрунття

Збірка машин — тех цпроцес утворення поєднань складових виробу (поєднання, координування і скріплення деталей у вузли, а вузлів у машину).

В результаті збірки досягається потрібне взаємне розташування запчастин, що поєднуються, рухомість або нерухомість елементів, котрі сполучаються, та міцність конструкції.

Довільна машина складається з окремих запчастин, з яких найпростішою складовою єц деталь (елемент), в котрого відсутні з'єднання. Поєднання декількох деталей, що з'єднані та скріплені між собою а також представляють самостійну частину машини, називають вузлом. В залежності від конструкції та числа деталей у вузлах вони можуть мати різну складності.

Деталь чи вузол, з котрого починають складання, називають базовою деталлю чи базовою групою. Базова деталь оприділяє положення усіх інших деталей. Для полегшення процесу складання, застосовують технологічні схеми складання, на котрих умовно зображена послідовність процесу.

5.2. Виготовлення вузла та аналіз його характеристик

В запропонованому проекті проведено модернізацію печі БН-50

Привідний вал печі є одним з основних вузлів конструкції, так як забезпечує передачу крутного моменту від привідної станції до поду печі.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю	Назва, додаткова назва Технологія машинобудування	170490.ДП.04.000.ПЗ				
Документ затверджено Гавва О.М.	Інд. змін.						

В цьому розділі проглянемо технологію збирання приводного валу із підшитниками, напівмуфтою, приводним барабаном та встановлення вузла на каркасі печі.

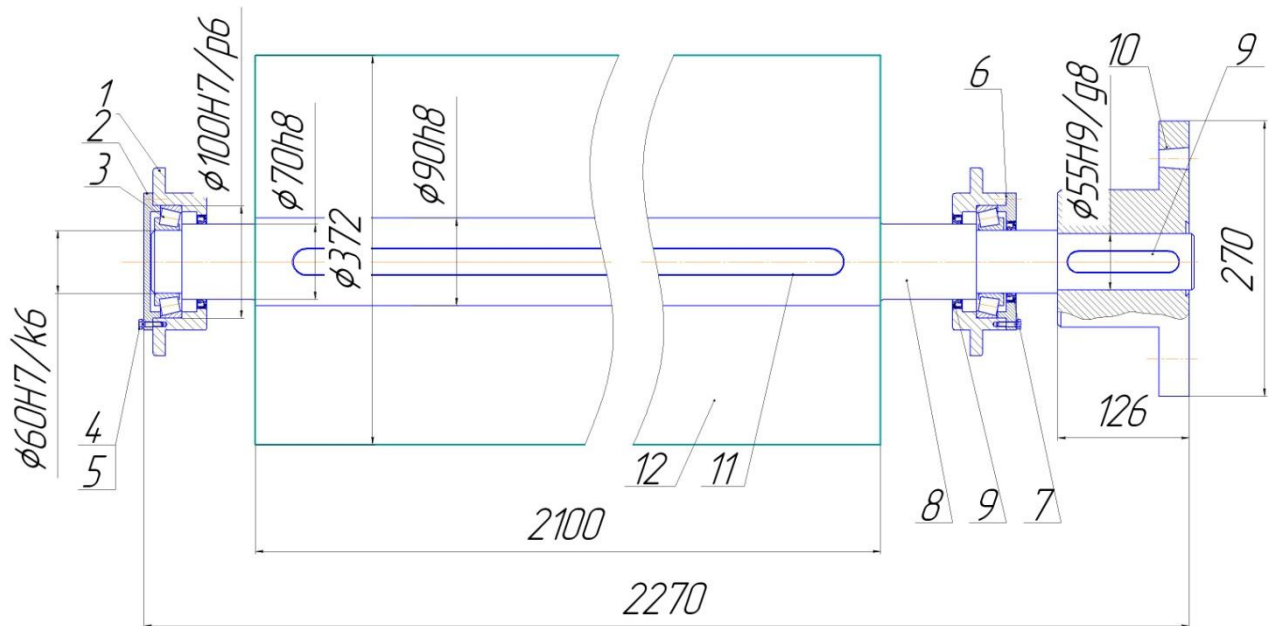


Рис.5.1. Ескіз вузла приводного валу печі БН-50

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Табл.5 .1. Подетальний склад вузла

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1.	Корпуси підшипника	1
2.	Кришки підшипника	1
3.	Підшипники	1
4.	Болт маркування - М6х24	36
5.	Шайби	36
6.	Прокладки в з'єднаннях	6
7.	Ущільнювач	2
8.	Вал приводу	1
9.	Шпонка напів-муфти	1
10.	Напів-муфта	1
11.	Шпонка барабану	1
12.	Барабан	1

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA

	Табл. 5.2 Тех. маршрут.складання вузла
Номер переходу	Зміст переходу
10. Монтування барабану СК1	
10.1.	Встановити шпонку на валу
10.2.	Одягнути барабан на вал
10.3.	Загвинтити стопорні болти
20. Збирання першого підшипникового вузла СК3	
20.1.	Встановлюємо корпус підшипника на каркасі та закріплюємо його
20.2.	Встановлюємо підшипник
20.4.	Встановлюємо ущільнювач до кришки підшипника
20.4.	Встановлюємо прокладку
20.5.	Встановлюємо кришку підшипника
20.6.	Встановлюємо 6 шайб
20.7.	Встановлюємо 6 болтів
30. Збирання другого підшипникового вузла СК4	
30.1.	Встановлюємо корпус підшипника на каркасі та закріплюємо його
30.2.	Встановлюємо підшипник
30.4.	Встановлюємо ущільнювач до кришки підшипника
30.4.	Встановлюємо прокладку
30.5.	Встановлюємо кришку підшипника
30.6.	Встановлюємо 6 шайб
30.7.	Встановлюємо 6 болтів
40. Монтаж привідного валу	
40.1.	Встановлюємо привідний вал у підшипниках

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA

50. Встановлення напівмуфти СК5**50.1.** Встановлюємо шпонку на валу**50.2.** Встановлюємо напівмуфту**60. Контрольна****60.1.** Переглянути вірність встановлення елементів вузла*170490.ДП.04.000.ПЗ**Інд.
змін.**Дата
видання**Мова
UA*

РОЗДІЛ 6. Техніко-економічні розрахунки

Таблиця 6.1. Вхідні дані для розрахунків

№	Показники	Одиниця виміру	Величина
1	Продуктивність	т/добу	22
2	Кількість робочих днів на рік	дів	330
3	Кількість робочих змін	змiна	2
4	Кількість робочих на зміні	чоловік	2
5	Ціна за сировину:		
	борошно вищ. гат.	грн/т	4400
	Олія	грн/кг	13,5
	Цукор	грн/кг	9,5
	Дріжджі	грн/кг	5,3
	Маргарин	грн/кг	12,6
	Вода	грн/м ³	2,25
	Сіль	грн/кг	1,7
6	Загальна отужність електрообладнання лінії	кВт	35
7	Вартість 1 кВт/год	грн.	0,60

Обрахунок обсягу загальних витрат (інвестицій)

Капітальні витрати для впровадження обладнання визначаються на кошторисно-фінансових розрахунках і складаються з:

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа	Статус документа			
НУХТ	Теличкун В.І.	Пояснювальна записка				
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	170490.ДП.04.000.ПЗ			
НУХТ	Слабій Д.Ю	Техніко-економічні розрахунки запропонованого конструктивного рішення				
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
	Гавва О.М.				UA	

- затрати на розроблення, геологорозвідувальні та проектні роботи -4-5% сумарної кошторисної вартості;

- затрати на об'єкти основного виробництва розраховують: для будівель з огляду на кубатуру основного корпусу та вартості 1 м³ будівель;

- затрати на обладнання - за цінами на ринку та врахуванням транспортних витрат (5% вартості обладнання), заготівельно-складських затрат (1,0-1,25% вартості обладнання), монтажу (8-10%), робіт по проекту (3-4%) ціни обладнання, засобів автоматизації.

Ціна інших робіт та затрат становить: підготовка території — 0,5-1,0%; затрати на виробничий, господарський інвентар та інструменти -1,5-4% вартості готового обладнання.

Затрати на матеріали, покупні вироби та напівфабрикати розраховуємо за ф-ю

$$B_M = \Pi_M \cdot M_M / K_B$$

де Π_M - вартість 1кг матеріалу беручи до уваги транспортно-заготівельних затрати;

M_M - вага матеріалів, кг;

K_B – коеф. застосування матеріалів (0,6-0,8).

У нашому випадку ціна нового обладнання складається з такої вартості матеріалів та комплектуючих:

$$B_M = B_{метала} + B_{стрічки} + B_{двигуна} + B_{автоматики}$$

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Таблиця 6.2.

Одиниця матеріалу	Одиниця виміру	Ціна одиниці, грн	Кількість	Коефіцієнт використання	Загальна Вартість, грн..
Квадрат сталевий	м	400	40	0,6	26666
Стрічка	м	120	300	0,7	51428
Двигун	шт	6000	1	-	10000
Автоматика	-	-	-	-	40000
Сталь AISI 304	т	10000	1	-	10000
Сума					138,094

сумарну собівартість створеного обладнання вираховуємо за формулою:

$$C_{II} = B_M + B_i = 138094 + 138094 \cdot \frac{65}{100} = 138094 + 89761 = 227855 \text{ грн.}$$

де B_M - затрати на матеріали, покупні вироби та напівфабрикати, грн;

B_i - затрати по зарплаті, устаткуванню та застосування обладнання, цехові, загально-заводські та інші витрати (приймаємо 65% від B_M).

Оптову ціну щойно виготовленої машини розраховуємо з врахуванням можливого прибутку (15%), тобто:

$$C = C_{II} \cdot 1,15 = 227855 \cdot 1,15 \approx 262033 \text{ грн.}$$

Вирахуємо загальну ціну лінії, котра включає ціну нового обладнання, і визначаємо суміжні додаткові капітальні витрати (початкові інвестиції):

Таблиця 6.3.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA

Обладнання	кулер	конвеєр	піч
Ціна, грн.	262033	100000	180000
Транспортні витрати (5%)	13101	5000	9000
Заготівельно-складські витрати(1%)	2620	1000	1800
Витрати на монтаж (8%)	20962	8000	14400
Витрати на проектні роботи (3%)	7860	3000	5400
Витрати на інструмент (2%)	5240	2000	3600
Сума, грн.	311816	119000	214200
Загальна сума, грн.	645016		

Розрахунок обсягу виробництва і реалізації продукції

За для розрахунку об'єму виробництва у виразі в розрізі асортименту товарної що виробляється на підприємстві використовуємо такі показники:

На основі цього об'єм виробництва розраховуємо по формулі:

$$A = N_T \cdot F_{\max} \cdot K_{\text{викор}} = 2,3 \cdot 330 \cdot 1 = 760 \text{ т/рік}$$

де $N_T=2,3$ - норма продуктивності підприємства;

$F_{\max}=330$ діб – максимальна кількість робочого часу підприємства;

$K_{\text{вик}}=1$ – коеф. застосування потужності.

Розрахунок кількості працюючих у фонді заробітної плати

При проектуванні будівництва підприємства (цеху) потрібно вирахувати чисельність працюючих та їх заробітну плату за категоріями.

Кількість спеціалістів, службовців, стажерів, МОП, охорони беруться на основі робочих норм, схожих структур апарату керування згідно з схожими проектами в залежності від категорії підприємства. Але в ринкових умовах за різних можливих форм власності схему апарату управління, кількість спеціалістів в залежності од умов на виробництві кожне

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

виробництво може визначати самостійно. В кокретно нашому випадку число працюючих на лінії – 2.

Розрахунок кількості заробітної плати

Таблиця 6.4.

Річний фонд заробітної плати, всього		27488	30924
Фонд додаткової заробітної плати, грн	Вислуга років	480	540
	Умови праці	480	540
	За роботу у вихідні 50 % та	4000	4500
	За роботу у вечірні та нічні години 31,6 %	8000	9000
	Премії 50%	2528	2844
		4000	4500
Кількість днів роботи підприємства на рік		330	330
Тривалість робочої зміни,		12	12
Годинна тарифна ставка, грн		44,	50
Тарифний розряд			IV
Явочна кількість робітників.			
Професії		Наладчи	Оператор

Розрахунок кількості заробітної плати

Вираховуємо загальну заробітну плату на нашій лінії:

$$ЗП_{заг} = 27488 + 30924 = 58412 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості продукції.

Затрати на утримання і експлуатацію обладнання

Затрати на утримання та експлуатацію обладнання складають 6% од вартості обладнання, нормою амортизації – 21,9 % на рік, що разом дорівнює 27,9%.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

За вартості лінії 645016 тис грн ; $645016 \cdot 27,9 / 100 = 179959,4$ грн/рік

Витрати на тону обладнання складатимуть:

$$179959,4 / 760 = 236,7 \text{ грн/тону}$$

Витрати на підготовку та освоєння виробництва

Витрати на підготовку та освоєння виробництва братимуть 16.6% від ціни обладнання, тобто $645016 \cdot 16.6 / 100 = 107072,6$ грн.

На 1 тону продукту ці:

$$107072,6/760=140,8 \text{ грн/т}$$

Витрати на охорону праці

Витрати на охорону праці беруть 5 % вартості обладнання

$$645016 \cdot 5/100=32250,8 \text{ грн.}$$

Таблиця.6.5.

Сировина	Ціна за 1 кг, грн.	Норма витрат	Витрати на 1 т борошна, кг	Сума, грн
Борошно	4,4	100	735,29	3235,28
Сіль	1,7	1	10	17
Цукор	9,5	15	150	1425
Дріжджі	5,3	3	30	160
Маргарин	12,6	6	60	756
Вода (ціна в грн/м ³)	2,248	42	420	944
Всього			1405	6537
Транспортно-заготівельні витрати				
на борошно	0,723		735,29	531
на сировину	0,952		250	238
Всього				7306

Зворотні відходи

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

На цій статті обраховують відходи виробництва од сировини та напівфабрикатів, що утворилися при виготовленні продукції та можуть бути застосовані на підприємстві або бути реалізовані іншому споживачеві.

Таблиця 6.6.

№	Статті витрат	Витрати, грн/т
1	Сировина (в тому числі транспортні витрати)	7306
2	Зворотні відходи	– 16,2
3	Електроенергія	345,5
4	Основна заробітна плата	113,26
5	Відрахування на соціальне страхування	43,38
6	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	203,5
7	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	121,2
8	Витрати на охорону праці	36,5
Виробнича собівартість		8153,7
9	Витрати на збут (11,5 %)	927,6
10	Адміністративні витрати (6,7%)	546,3
собі вар- тість		9627,6

Обрахунок основних показників ефективності

Беремо рентабельність продукції $R=15\%$, тоді прибуток на тону продукту буде становити:

$$\text{Пр}^1 = R \cdot C,$$

де C – загальна собівартість тони продукту.

$$\text{Пр}^1 = 0.15 \cdot 9627,6 = 1444,14 \text{ грн.}$$

$$\text{Прибуток за 1 рік } \text{Пр}^1 = 760 \cdot 1936,8 = 1097546,4 \text{ грн.}$$

З врахуванням податків на прибуток

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$Pr = 0.75 \cdot Pr^1 = 0.75 \cdot 1936,8 = 1452,6 \text{ грн.}$$

За 1 рік цей показник становитиме

$$1452,6 \cdot 760 = 823159,8 \text{ грн.}$$

Оптові ціни продукту вираховуємо за формулою:

$$Ц = C + (R + \text{ПДВ}) \cdot C = 9627,6 + (0,15 + 0,2) \cdot 9627,6 = 12997,3 \text{ грн./т}$$

Обрахунок доцільності капітало-вкладень беручи до уваги дисконтування проекту протягом терміну його служби

За основу беремо минулі розрахунки:

- 1). Капітало-витрати $K = 645016$ грн.
- 2). Балансовий прибуток $B_{\text{приб}} = 1097546,4$ грн.
- 3). Додатковий прибуток за відрахуванням податку $Pr = 823159,8$ грн.
- 4). Амортизація $A_m = 645016 \cdot 0.219 = 141258,5$ грн.
- 5). Життєвий цикл заходу $T = 100 / 21.9 = 4.56$ року ≈ 5 років.
- 6). Ставка дисконту $p = 20\%$.

Розрахуємо чистий грошовий потік:

$$\text{ЧГП} = (Pr + A_m) / \text{ПДВ} = (823159,8 + 121393,9) / 1,2 = 787128,1 \text{ грн}$$

Чистий приведений дохід (ЧПД):

$$\text{ЧПД} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{ЧГП}_i}{(1+p)^i} - I,$$

де $\frac{1}{(1+p)^i} = \alpha_i$ - коефіцієнт дисконтування;

$$\text{ЧПД} = \sum_{i=1}^n \text{ЧГП}_i \cdot \alpha_i - I.$$

Розрахунки зводимо в табл.4.7

Таблиця 6.7.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Показники	Роки						
	0	1	2	3	4	5	Всього, грн
1. Інвестиції (I)	645016	-	-	-	-	-	645016
2. Чистий грошовий потік (ЧГП)	-	787128	787128	787128	787128	787128	3935640
3. $\alpha_t = 1/ (1 + p)^T$ при $p = 0,2$ (20%)	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482	0,402	
4. ТВ	-	655677 ,6	546266 ,8	464959	379395, 7	316425, 5	2362723, 4
Кумулятивний потік	- 554310	101367 ,6	647633	111259 2	149198 7	180841 3	

Розрахунок правильності капітальних вкладень

ЧТВ = 1808413 грн. ЧТВ більший від 0 - проект можна рекомендувати до реалізації.

Індекс прибутковості:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{TB_t}{(1+i)^t}}{I} = \frac{2362723,4}{645016} = 3,66$$

Це значить що з 1 грн. інвестицій ми одержимо 3,66 грн. прибутку за весь період реалізації проекту. PI більший одиниці. Інвестування є доцільним.

$$ID = ЧТВ / I = 1808413 / 645016 = 2,8$$

Розрахуємо період окупності:

а) недисконтований:

$$PO_{\text{недиск}} = \frac{I}{ЧГП} = \frac{645016}{787128} = 0,81 \text{ року.}$$

б) дисконтований:

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

$$PO_{\text{недиск}} = \frac{I}{\sum_{t=1}^n \frac{ЧП_t}{(1+p)^T \cdot n}} = \frac{645016}{2362723,5 \text{ років}} = 1,36 \text{ року.}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 5.8:

Таблиця 6.8.

Показники:	Одиниця виміру	Проект
1. Виробнича потужність	т/добу	1
2. Явочна кількість робітників	Чол.	2
3. Додаткові капітальні витрати	тис.грн	645016
4. Додатковий дохід	тис.грн	823,1598
5. Термін окупності:	Роки	
-недисконтований		0,81
-дисконтований		1,36
6. Індекс прибутковості		3,66
7. Індекс доходності		2,8

За рахунок впровадження обладнання недисконтований період окупності впровадження обладнання складає 0,81 року, а дисконтований період окупності впровадження обладнання – 1,36 року. І 0,81 і 1,36 менше 5 років, період окупності впровадження обладнання в межах життєвого циклу проекту.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Що означає що, за показниками чистого доходу, періоду окупності впровадження обладнання, індексу доходності та індексу прибутковості проект можна рекомендувати до реалізації.

170490.ДП.04.000.ПЗ

*Інд.
змін.*

*Дата
видання*

Мова
UA

РОЗДІЛ 7. Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах з виготовленням хлібобулочних виробів

Закон України “Про охорону праці”

14 жовтня 1992 року в Україні було прийнято Закон “Про охорону праці”. В цьому законі, а також у “Кодексі законів про працю в Україні” являються основним законодавчим фундаментом з охорони праці, їх доповнюють державні, галузеві та міжгалузеві нормативні акти з охорони праці – це правила стандарти, норми положення, статuti, інструкції та інші документи, котрим надано дійсність правових норм, котрі виконуються в обов’язковому порядку усіма установами і працівниками України.

Інструктажі за часом та характером бувають вступними, первинні, повторні, позапланові, цільові.

Вступний інструктаж є обов’язковим для усіх, кого беруть на роботу, незалежно від їх досвіду, з метою демонстрації правил поведінки на території виробництва із специфічними особливостями підприємства.

Первинні інструктажі проводять на робочому місці начальником цеху чи майстром з новим працівником чи тим, котрий буде переведений на нове робоче місце. Повторні проводяться з всіма працівниками.

Позапланові інструктажі проводять за зміни правил ОП, тех. процесу, заміні чи модернізації обладнання, також обов’язковим стає при порушенні робітниками правил безпеки праці, що можуть привести або привели до НС.

Цільові інструктажі проводять з робочими: під час виконання одноразових робіт, які передбачі трудовим договором; під час ліквідацій

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю Документ затверджено Гавва О.М.	Назва, додаткова назва Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах з виготовленням хлібобулочних виробів	170490.ДП.04.000.ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

аварій, наслідків стихійних лих; під час проведення робіт, на котрі оформлюються наряд-допуски, розпорядження чи інші документи.

Організація служб охорони праці на виробництві

На виробництві для правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, направлених на попередження нещасних випадків, проф захворюванням та аваріям під час роботи, створюється служба охорони праці. Керівництво охороною праці на виробництві в цілому виконує його керівник, а в цехах – їх керівники чи головні фахівці.

Санітарні умови в цеху

На хлібопекарних виробництвах основними шкідливими моментами є висока температура повітря і пил з борошна. Можливе збільшена концентрація борошняного пилу у цеху для просіювання(6 мг/м) відбувається через погано організованувентиляцію та аспіраційну систему. Ключовим джерелом утворення значної кількості пилу є обладнання для просіювання. Джерелом збільшеної температури повітря є печі у цеху для випічки. Одним з шляхів боротьби з високою температурою повітря є вірна організація вентиляційних систем.

Вентиляція

В роботі передбачена припливно-витяжна вентиляція цехових приміщень з механізованим рухом повітря, швидкість руху повітря не перевищує 0,3 м/с. Отвори для захоплення та скиду повітря розміщені на висоті 3,0 м від підлоги. На робочому місці біля печі передбачене повітряне душення.

Побутові приміщення передбачається природна вентиляція. Для швидкої зміни повітря у приміщеннях на випадок аварійної ситуації передбачають систему аварійної вентиляції, котра повинна автоматично вмикатися при досягненні концентраційної межі шкідливих чи небезпечних виділень.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Шум та вібрація

На хлібопекарному виробництві розповсюджені шуми механічного та аеродинамічного характеру. Шум зумовлено механічними коливаннями в пружинних середовищах чи тілах, частота котрих лежать в діапазоні 16...20 000Гц, котрі людське вухо спроможне сприймати.

Джерелом шумів є наступне тех. обладнання: тістоміс, просіювач, подільник тіста, шафа первинного вистою, тістозакатувальник, піч. Шум аеродинамічного характеру виникає через стаціонарні чи нестаціонарні процеси в газах. Цим шумом супроводжується робота систем вентиляції, повітродувок. Найбільш дієвим способом зменшення шуму в обладнанні – це модернізація їх конструкції чи застосування шумоізоляційних матеріалів, звукопоглинання. Задля особистого захисту робочих застосовують засоби індивідуального захисту.

Окрім того, запчастини обладнання, котрі швидко обертаються, утворюють вібрацію, котра через фундамент та підлогу передається людині. Аналіз параметрів на виробничих місцях за нормального збалансування обладнання демонструє, що рівень вібрації не перевищує гігієнічних норм.

Освітлення: природне та штучне

Освітлення в побутових і виробничих приміщеннях, і на території виробництва має відповідати вимогам СНіП 2-4-79. Нормальне освітлення цеху сприяє зменшенню зорової втоми, а також травматизму.

Освітлення в цеху зазвичай комбіноване. Частина світла потрапляє через вікна, а частина використовується як в денні часи так і в нічний час, що є додатковим. Для побутових приміщень застосовують лампи розжарювання, а для освітлення цеху застосовують світильники типу ЛСП-2-40-У4 з лампами типу ЛБ-40.

Освітлення на виробництві в приміщенні має відповідати таким нормам:

170490.ДП.04.000.ПЗ

*Інд.
змін.*

*Дата
видання*

Мова
UA

- для природного освітлення 1.5 %
- для штучного освітлення 300 лк.

Окрім працюючого освітлення передбачається аварійне освітлення, світильники котрого мають бути ввімкнені протягом всього часу горіння освітлення робочого і мали відмітні знаки. Аварійне освітлення потрібне для продовження роботи і має забезпечувати на робочому місціне менше 5% освітленості від встановленої норми за системи загального освітлення. Аварійне освітлення для евакуювання людей має забезпечувати освітленість на підлозі проходів і на сходах приміщень не менше 5 лк.

Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання

Під час експлуатації печіей мають бути виконані правила по техніці безпеки:

1. персонал має знати будову печі.
2. Заборонено працювати на печі без незаземленій.
3. Забороняється залишати ввімкнену піч без догляду.
4. При завантаженні та вивантаженні з печі потрібно використовувати рукавиці з теплоізоляцією.
5. Перед зачисткою печі, зупинкою на ремонтні роботи електроживлення має бути відключено.
6. Перше ввімкнення печі повинно бути після ретельного огляду всіх електричних з'єднань

Екологічні заходи на хлібозаводах

Останнім часом в світі багато уваги приділяється розробці та впровадженню заходів з охорони навколишнього середовища, у тому числі по зменшенню викидів до атмосфери. В зв'язку з чим всі підприємства України мають, в перш за все, проводити запис можливих джерел викидів і

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

забруднюючих речовин. Виробництво хліба не відносять до галузей харчової промисловості, котрі дуже забруднюють середовище.

Викиди на хлібопекарських підприємствах до атмосфери включають:

- речовини з органічним походженням, що викидаються основним виробництвом, тобто при тех процесі;
- речовини з неорганічного походження, котрі виділяються основним виробництвом за згорання палива у топці хлібопекарських печах та парових котлах.

У процесі виробництва хлібних виробів є такі операції:

- прийом, зберігання та підготовка сировини до виробництва;
- заміс, бродіння
- розстійка тістових заготовок;
- випікання хліба;
- охолодження
- збереження готових продуктів та відправка в торговельну мережу.

Так як основною сировиною для випечення хліба є борошно, то основним джерелом забруднення повітря на складах і в деяких місцях виробництва є пил з борошна.

Максимально допустима концентрація пилу становить 0,06 мг/м³. На виробництві потужність викидів є в межах 0,05 т/рік. У хлібній галузі для фільтрації повітря від пилу застосовують циклони, чи рукавні фільтри. Після застосування циклонів захоплений пил може бути повторно застосований на виробництві, а після використання рукавних фільтрів пил використовується лише на корм.

Інші операції мають малий відсоток викидів тож ними можна знехтувати.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

Висновки

Рекомендація, заходів з охорони навколишнього середовища – це проблема комплексна, котра потребує уваги вчених багатьох галузей. Найбільш дієвою формою з охорони навколишнього середовища від шкідливих викидів промисловості є повний перехід до безвідходного і маловідходного виробництва. Врнo потребує вирішення цілого комплексу технологічних, конструкторських та організаційних заходів, заснованих на застосуванні новітніх науково-технічних досягнень. Напрямами екологізації промисловості слід вважати: модернізація технологічних процесів і розроблення новітнього обладнання з меншими номінальними викидами, домішок та відходів до навколишнього середовища, еко експертиза усіх видів виробництва та продукції, широке використання додаткових методів та засобів захисту довкілля.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.

Дата
видання

Мова
UA

ВИСНОВКИ

Результатом аналізу процесів та обладнання що використовують для охолодження хлібних виробів обґрунтовано потребу в дослідженнях процесу та розробка обладнання задля виконання завершальної стадії технологічного процесу виробництва хлібних виробів.

Проведено дослідження процесу охолодження хліба на механізованих потокових лініях. Знайдено закономірності впливу навколишнього середовища на швидкість процесу охолодження хліба та знайдено графіки зміни маси і температури хліба за природного способу охолодження.

Проведено огляд способів охолодження та знайдено переваги і недоліки відомих способів охолодження хліба. Одержано залежність зміни температури і маси хліба впродовж певного періоду часу за використання кондиційованого повітря.

На основі розробленої математичної моделі процесу прогріву тістових заготовок що мають циліндричну форму взявши до уваги їх теплофізичних властивості виконано обчислювальний експеримент процесу охолодження готового виробу від 100°C до 30°C при температурі навколишнього середовища 25°C.

На основі одержаних результатів дослідів, розроблено конструкцію спірального кулера. Впровадження у виробництво розробленого обладнання дасть змогу скоротити тривалість процесу охолодження, зменшити використання ручної праці, зменшити використовувані виробничі площі.

Економічний розрахунок підтверджує доцільність впровадження розробленого обладнання у виробництво.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю Документ затверджено Гавва О.М.	Назва, додаткова назва Висновки	170490.ДП.04.000.ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун, О.О. Губеня, М. Г. Десик, О. М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. -456 с.
2. Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості/ В.Г. Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко; за ред. В.Г. Мирончука. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
3. Мирончук В.Г., Люлька Д.М., Єщенко О.А., Свідерська О.І. Монтаж та технічний сервіс обладнання/ В.Г. Мирончук, Д.М. Люлька, О.А. Єщенко, О.І. Свідерська. Практикум: навч.посіб. / За ред. В.Г.Мирончука. – К.: НУХТ, 2017. – 162 с.
4. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв // П.В. Гурський, Ф.В. Перцевий, І.С. Гулий. Практикум. Навч.посібник. – Харків: 2001. – 230 с.
5. Технологічне обладнання харчових виробництв: Метод. вказівки до викон. курсового проекту галузі знань 0505 «Машинобудування та матеріалообробка» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спеціальності «Обладнання переробних і харчових виробництв») денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.Л. Яровий, Р.Л. Якобчук, Д.М. Люлька – К.: НУХТ, 2010. – 28 с.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Слабій Д.Ю Документ затверджено Гавва О.М.	Назва, додаткова назва Використана література	170490.ДП.04.000.ПЗ			
			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

6. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: Навчальний посібник для студентів механічних фахів. – Одеса:Астропринт, 2001. – 320с.
7. Казаков, Н. Ф. Технология пищевого машиностроения: Учебник для ВУЗов по специальности ”Машины и аппараты пищевых производств“ [Текст] / Н. Ф. Казаков, Г. А. Мартынов. — М. : Машиностроение, 1982. — 296 с.
8. Трегуб, В. Г. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации пищевых производств [Текст] / В. Г. Трегуб, А. П. Ладанюк. — М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 362 с.
9. Гатилин Н. Ф. Проектирование хлебзаводов. – М. : Агропромиздат, 1975. – 376 с.
10. Горошко М. К. Основы теории и расчета машин-автоматов и автоматических линий хлебопекарной пром-сти. – М. : Пищ. Пром-сть, 1977. – 312 с.
11. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий / Ю. П. Головань и др. — М. : Агропромиздат, 1988. – 382 с.
12. Російсько-український словник технічних термінів у хлібопекарному, кондитерському та макаронному виробництвах / Уклад. О. А. Руденко-Грицюк. – К. : Наук, думка 2000. – 282 с.
13. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производств / А. А. Михелев, Н. М. Ицкович, М. Н. Сигал и др. А. В. Володарський. — М. : Пищ. Пром-сть, 1979. – 326 с.
14. Маклюков И. И., Маклюков В. И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. – 272 с.
15. Серета Д.Г., Домашевский В.И. Охрана труда в пищевой промышленности – М., Пищевая промышленность 1993 – 344 с.

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA

16. Справочник механика пищевой промышленности. / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко – К.: Арт Эк. 2004 – 304 с.
17. Супрунчук, В. К. Конструкционные материалы и покрытия в продовольственном машиностроении: Справочник [Текст] / В. К. Супрунчук, З. В. Островский. — М. : Машиностроение, 1984. — 328 с.
18. Павлице, В. Т. Основы конструювання та розрахунок деталей машин [Текст] / В. Т. Павлице. — К. : Вища школа, 1993. — 556 с.
19. Киркач, Н. Ф. Расчет й проектирование деталей машин [Текст] / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. — Х. : Основа, 1981. — 276 с.
20. Соколов, А. А. Основы расчета й конструирования машин й аппаратов пищевых производств [Текст] / А. А. Соколов. — М. : Пищепромиздат, 1960. — 431 с.
21. Отраслевой каталог «Обборудование технологическое для хлебопекарной промислености». – М: Пищ. пром-сть, 1982. - 353 с.
22. Поточно-механизированние и автоматизование линии в хлебопекарной промишлености / М. Н. Сигал и др. – К. : Урожай, 1988. – 176 с.
23. Мето дичні вказівки до виконання курсового проекту з обладнання хлібопекарського, макаронного та кондитерського виробництва ля студентів спец. 7.06 всіх форм навчань / Уклад. І. М. Литовченко / - К. : КТ1ХН, 1992. – 27с.
24. <https://infopedia.su/9x2755.html>
<http://www.vacpumps.ru/blog/kak-rasschitat-proizvoditelnost-vakuumnogo-nasosa>

170490.ДП.04.000.ПЗ

Інд.
змін.Дата
виданняМова
UA