

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму  
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ  
в.о. завідувача кафедри  
загальноінженерних дисциплін та  
обладнання

\_\_\_\_\_ Омельченко О.В.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»  
Спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»

на тему: **Управління електроспоживанням холодильних машин  
промислового холодильника**

Виконав студент 3 курсу групи ЕМБ-18с  
Литвиненко Андрій Костянтинович

Керівник: д.т.н., професор Хорольський В.П.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кривий Ріг  
2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму  
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ  
Гарант освітньої програми  
Енергетичне машинобудування  
Омельченко О.В

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»  
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»  
за освітньою програмою «Холодильні машини і установки»

на тему: **«Розробка енергоефективного обладнання для виробництва  
та заморожування ремісничого хліба»**

Виконав:

здобувач вищої освіти Литвиненко Андрій Костянтинович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник професор кафедри, д.т.н., проф Хорольський В.П \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кривий Ріг  
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму  
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти денна

Ступінь бакалавр

Галузь знань Енергетична інженерія

Освітня програма Енергетичне машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми

«Холодильні машини і установки»

Омельченко О.В.

«    »                      2021 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Литвиненко Андрій Костянтинівич

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба»

Керівник роботи професор кафедри, д.т.н., проф Хорольський В.П

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від «01» лютого 2021 р. № 56 с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи «04» червня 2021р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.

2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.

3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.

2. Розвиток систем керування виробництвом хліба для регіонів з техногенним тиском.

3. Холодильні технології та холодильне обладнання для заморожування продукції харчування.

4. Холодильні технології та холодильне обладнання для заморожування продукції харчування.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Загальний вигляд установки підготовки борошна фірми Iterma МП-1
2. Горизонтальний тістомісильний апарат.
3. Планетарний тістомісильний апарат.
4. Ротаційна піч.
5. Виробництво ремісничого хліба в промислових масштабах.
6. Принципова схема повітряного конвеєрного морозильного апарата.
7. Автоматизована система керування виробництвом продукції.

6. Дата видачі завдання « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	
2	Розвиток систем керування виробництвом хліба для регіонів з техногенним тиском.	
3	Холодильні технології та холодильне обладнання для заморожування продукції харчування.	
4	Холодильні технології та холодильне обладнання для заморожування продукції харчування.	
5	Висновки по роботі	
6	Оформлення роботи і подання до захисту	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Литвиненко А.К.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Хорольський В.П.

(прізвище та ініціали)

Вступ.....	7
Розділ 1. Розвиток систем керування виробництвом хліба для регіонів з техногенним тиском.....	10
1.1. Аналітичний аналіз обладнання для виробництва хлібопродуктив.....	10
1.2. Інноваційні технології та обладнання заморожених продуктів з тіста і хліба... ..	22
1.3. Концепції RADEMAKER для виробництва заморожуваних продуктів....	23
Розділ 2. Холодильні технології та холодильне обладнання для заморожування продукції харчування.....	26
2.1. Визначення загального напрямку розвитку заморожуваних продуктів харчування.....	26
2.2. Холодильне обладнання в системі виробництва заморожуваних продуктів здорового харчування .....	27
2.3. Ідентифікація холодильного технологічного обладнання.....	30
Розділ 3. Інтелектуальна система керування виробництвом ремісничого хліба.....	35
3.1. Автоматизовані системи керування технологічними лініями з виробництва харчових продуктів.....	35
3.2. Адаптивні системи керування процесами виробництва ремісничого хліба.....	41
Висновки.....	48
Список використаної літератури.....	49
Додатки.....	53

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Сучасний етап розвитку якості життя українського народу пов'язаний з періодом короно вірусних пандемій та вирішення проблеми здорового харчування населення. Розробка системи «розумного» харчування для воїнів ЗСУ, гірників, металургів та людей, що мешкають на територіях з високим рівнем забруднення в умовах ймовірних захворювань на Ковід-19 вимагає інноваційних рішень щодо розробки технологій, обладнання та систем автоматизованого керування і роботи технічного виробництва продуктів збалансованого харчування. Цю проблему потрібно вирішувати за рахунок впровадження високих технологій з використанням безлюдних технологій, та робототехнологічних комплексів, а також з використанням новітніх біотехнологій та інформаційних технологій. В криворізькому мегаполісі Придніпровського регіону є ряд промислових зон з високим рівнем техногенного забруднення. Вчені Оксфордського університету вважають, що на забруднених територіях люди захворюють на 10-15% частіше ніж на екологічно чистих. Тому проблему харчування населення криворізького мегаполісу необхідно розглядати з екологічними факторами та їх впливу на здоров'я дітей, студентів, робітників підприємств гірничо-металургійного кластеру, які працюють та мешкають на забруднених територіях. Особливу увагу необхідно звернути на категорію працівників підприємств з підземним виробництвом залізної руди. На таких підприємствах робітники працюють на глибинах більше 1300м з низьким рівнем якості повітря та високою вологістю гірничих виробок. Дослідження показують, що в якості одного з інгредієнтів збагачувальної добавки виробів з хліба можна використовувати м'ясо птиці або яловичу печінку, що дозволяє збільшити поживну цінність готового продукту і підвищити вміст вітаміну А

Огляд літературних джерел показав, що допустимий обсяг добавок в тісто для виробництва якісних виробів не достатнє з точки зору розробки інноваційних продуктів харчування, а повинно поєднуватись з розробкою новітнього обладнання, автоматизованого виробництва продукції на базі автоматизованого комплексу.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Литвиненко А.К			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<u>Хорольський В.П</u>				6	60
Н. Контр.		<u>Хорольський В.П</u>			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.		Омельченко О.В					

У процесі вивчення проблеми – роботизації та автоматизації виробництва хлібобулочних виробів встановлено наступне: технологічна лінія з виробництва замороженої продукції представляє складну технологічну систему, яка включає стадії підготовки сировини- виробництва замісу- тіста- приготування м'ясних додатків їх диспергування- виготовлення хліба та процесу охолодження, попереднього заморожування та стадії заморожування..

Сучасний стан теорії і практики виробництва хлібобулочних виробів показує, що технологічні процеси та обладнання не відповідають вимогам до виробництва продукції з високим рівнем автоматизації та роботизації. Тому технологічні процеси повинні бути модернізовані для прискорення. впровадження автоматизованих систем керування та робототехнологічних комплексів

Незважаючи на широке впровадження інноваційного обладнання хлібопекарень, інтелектуалізації виробничих процесів виробництва хлібобулочних виробів, на наш погляд, не достатньо вивченими є питання енергоефективності цих процесів, управління виробництвом продукції з мінімізацією енергозатрат, та розробки алгоритмів керування інтелектуальними системами заморожування хліба. Це пояснюється, зокрема, відсутністю надійних проектних рішень щодо розробки технологічного обладнання з високим рівнем енергоефективності. Аналіз публікацій вітчизняних вчених Ауєрмана Л.Я., Злобіна Б.М. Гончаренко Б.М., Л.А., Соколова, А.В., Лисовенко А.Т., Мирончука В.Г., Шаруди С.С., Гавриша Т.В. та ін.. [1,2,4,5,6,7,8,10,11,12,14,15,16,] свідчить про недостатньо розглянуті питання комп'ютерного моделювання процесу заморожування хліба за критерієм мінімізації енергозатрат в технологічній системі: дозування-опара-тісто-випікання-заморожування. Викладене вище зумовлює актуальність обраної теми досліджень, спрямованої на розробку алгоритму цифрового керування процесом заморожування хлібобулочних виробів за критерієм мінімізації питомих енергозатрат.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Литвиненко А.К			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<u>Хорольський В.П</u>				7	60
<i>Н. Контр.</i>		<u>Хорольський В.П</u>			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		Омельченко О.В					

**Мета і задачі дослідження:** Метою науково-дослідної роботи є розробка цифрової платформи технологічних процесів виробництва ремісничого хліба на базі інтелектуальних систем керування процесами заморожування.

Актуальність роботи полягає у пошуку та розробці теоретичних основ проектування смарт-продуктів харчування підприємств з виробництва хліба з холодильними установками, в яких готова продукція проходить стадію автоматизації замороження з метою одержання продуктів харчування з профілактично - лікувальними властивостями.

В науково-дослідній роботі вирішено наступні задачі:

- запропоновано технологію виробництва заморожуваного продукту харчування;
- розроблено цифрову платформу керування виробництвом розумних хлібопродуктів з інтелектуальною системою керування стадіями охолодження та заморожування ремісничого хліба.
- розглянуто сучасні системи заморожування хлібопродуктів;
- спроектовано інтелектуальну систему управління виробництвом заморожених сортів хліба.

**Об'єкт дослідження** – виробничі процеси та процеси автоматизованого заморожування хлібобулочних виробів з лікувально-профілактичними властивостями для регіонів з техногенним навантаженням.

**Предмет дослідження** – параметри холодильного обладнання з інтелектуальними цифровими системами комп'ютерного керування.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Литвиненко А.К			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<u>Хорольський В.П</u>				8	60
<i>Н. Контр.</i>		<u>Хорольський В.П</u>			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		Омельченко О.В					

Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба



**Методи дослідження** – базуються на теоретичному та експериментальному визначенні робочих характеристик системи опара-тісто-випікання та контролю параметрів процесів заморожування

**Новизна та практична цінність роботи:** розроблено теоретичні основи заморожування хлібопродуктів на основі цифрових моделей виробництва хліба з холодильними установками, в яких готова продукція проходить стадію автоматизації охолодження та замороження з метою одержання продуктів харчування з профілактично-лікувальними властивостями.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Литвиненко А.К			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<u>Хорольський В.П</u>				9	60
<i>Н. Контр.</i>		<u>Хорольський В.П</u>			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		Омельченко О.В					
					<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>		

## **Розділ 1. Розвиток систем керування виробництвом хліба для регіонів з техногенним тиском**

### **1.1 Аналітичний аналіз обладнання для виробництва хлібопродуктив**

Першим етапом підготовчих робіт до випічки - є просіювання борошна. Для того, щоб покращити структурні властивості тіста, зробити його повітряним, потрібно підготувати основний інгредієнт - борошно. Для цього потрібно відсіяти весь зайве сміття (лушпиння і інші непотрібні частинки), а також розпушити її і збагатити киснем. Звичайно, приготування хліба в домашніх умовах не потрібно нічого, крім сита. Але для виготовлення великої кількості виробів на продаж необхідно переробляти десятки кілограм борошна щодня. В такому випадку, жодна, навіть найменша, пекарня не обходиться без спеціального обладнання - борошнопросіювач. Борошнопросіювач призначений не тільки для борошна, а також інших сухих інгредієнтів - паніровка, цукор, крохмаль та інші. Впорасться таке обладнання як з тонкою очищенням борошна, так і з грубою, в залежності від використовуваного сита, і здатні переробляти до 1500 кг/год. Сучасне технологічне обладнання не займає багато місця на кухні, а нержавіюча сталь, з якої виготовлені борошна, забезпечить тривалу роботу і надійність у використанні. Так, як зробити вибір? Чим же відрізняються борошнопросіювач один від одного?

#### **За способом потрапляння борошна в завантажувальний бункер:**

- Вручну (людина завантажує борошно вручну)
- Шнекова подача (борошнопросіювач сам, з допомогою спеціального пристрою, завантажує борошно)

#### **За способом просіювання борошна:**

Вібраційні (Такі апарати просівають борошно за допомогою вібрацій робочого сита (тобто працюють за принципом просіювання борошна в домашніх умовах). В результаті чого, зайві домішки залишаються на ситі, і надалі легко видаляються за допомогою спеціальних магнітних уловлювачів. Такі борошнопросіювачі зазвичай не мають великих розмірів, а також відрізняються невеликою завантаженням борошна. Продуктивність таких апаратів невисока. Рекомендуємо використовувати цей тип мукопросеивателей в міні-пекарнях і кондитерських.)

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Литвиненко А.К			<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Хорольський В.П					10	60
<i>Н. Контр.</i>		Хорольський В.П				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		Омельченко О.В						

- Центробежные (Борошнопросіювачі даного типу працюють по-іншому: борошно засипається в робочі барабани, що обертаються навколо власної осі, і просівається, завдяки спеціальним отворах. Відцентрові борошна відрізняються високою продуктивністю, великими габаритами в порівнянні з вібраційними, і підходять для використання на великих підприємствах і великих пекарнях.)

### **Iterma МП-01**

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ Просіювач борошна вібраційний (просіювач) призначається для просіювання борошна на підприємствах громадського харчування перед приготуванням тіста. Служить для видалення сторонніх механічних домішок і насичення борошна киснем. Купуючи просіювач борошна вібраційний, уважно ознайомтеся з інструкцією по експлуатації. Це дозволить Вам успішно його використовувати у Вашому бізнесі. Підприємство - виробник постійно розширює і удосконалює асортимент продукції. Підприємство - виробник має право вносити зміни в конструкцію виробу, не впливають на його експлуатаційні характеристики, без попередження споживача. Підприємство - виробник не несе відповідальність за будь-які збитки, завдані неналежним використанням або неправильною експлуатацією виробу.

2. Борошнопросіювач складається з двох частин - робочої камери і приводу, з'єднаних за допомогою пружин. Робоча камера виконана з харчової нержавіючої сталі і складається із завантажувального бункера, сита, приймального бункера з лотком і магнітним сепаратором. Привід складається з корпусу, генератора коливань і електродвигуна. Робоча камера виконана роз'ємною для заміни сита і чищення камери. Принцип дії установки полягає в тому, що на вібруюче в горизонтальній площині сито борошно висипається, яка проходить крізь сито і залишає на ситі сторонні тіла. Далі очищена і насичена повітрям борошно надходить у прийомний похилий бункер, з якого через лоток і магнітний сепаратор висипається в технологічну тару для подальшого використання.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						11
Зм Н.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 Борошнопросіювач Iterma МП-1

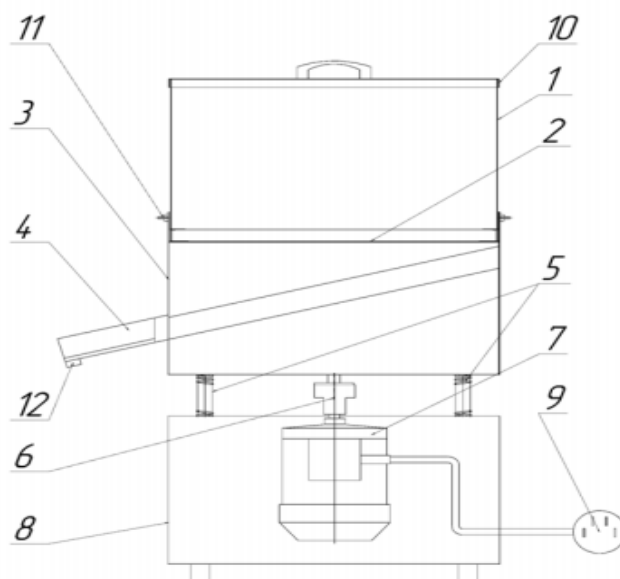


Рисунок 1.2. Загальний вигляд установки підготовки борошна фірми Iterma МП-1

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
Зм н.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Установка складається з наступних елементів:

1. Завантажувальний бункер
2. Сито
3. Приймальний бункер
4. Лоток приймального бункера
5. Пружини-амортизатори (4шт.)
6. Генератор коливань
7. Привід генератора коливань
8. Каркас приводу
9. Вилка електрична (в комплект не входить)
10. Кришка просіювача
11. Гайка кріплення завантажувального бункера
12. Пристрій магнітної сепарації

Після того, як просіяна борошно і підготовлені всі інгредієнти необхідно змішати, щоб отримати тісто. Зазвичай для хлібів використовують круте або дріжджове тісто. Різне тісто має різні структурні властивості, тому тістоміси діляться на три типи: для крутого, дріжджового тіста й універсальні. Також, не варто залишати без уваги і спосіб замісу: безперервний або порційний. В залежності від того, який заміс потрібен для виготовлення вашої продукції (а технологічний процес краще не порушувати), підбирається і тістоміс: безперервної дії (тобто, процес замісу відбувається без зупинок, і тісто йде постійним потоком) і переривчастого дії (тобто, тісто замішується з перервами).

**Сучасні тістомісильні апарати бувають трьох видів:**

- Спіральний (форма місильного інструменту нагадує латинську букву S)
- Горизонтальний (форма місильного інструменту нагадує латинську літеру Z)
- Планетарний (універсальний апарат з декількома насадками)

Спіральні тістомісильні апарати мають велику популярність серед пекарів і тих, хто займається виготовленням випічки і кондитерських виробів. Призначені такі апарати для замішування різних видів тіста з житнього та пшеничного борошна (здобне або дріжджове, прісне, листкове та ін). Спеціально розроблений робочий інструмент у вигляді букви S розташований в деже (чаші, куди кладуть інгредієнти і замішують тісто) та обертається навколо власної осі. Завдяки великому вибору, даний апарат чудово підійде для пекарень будь-якого обсягу виробництва.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.3 Спіральний тістомісильний апарат

Горизонтальні тістомісильні апарати тістоміси призначені для замішування тіста під напівфабрикати (пельмені, чебуреки, равіолі, вареники тощо), тобто працюють з крутим і заварним тістом. Принцип роботи такий тістомісильної машини - як у звичайного міксера. Апарат має спеціальні вали, на яких закріплені лопаті, що нагадують букву Z, і, після опускання їх у діжу з інгредієнтами, починають рух навколо своєї осі назустріч один одному. Горизонтальні тістоміси чудово підійдуть для підприємств по виробництву напівфабрикатів на борошняній основі і деяких кондитерських.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

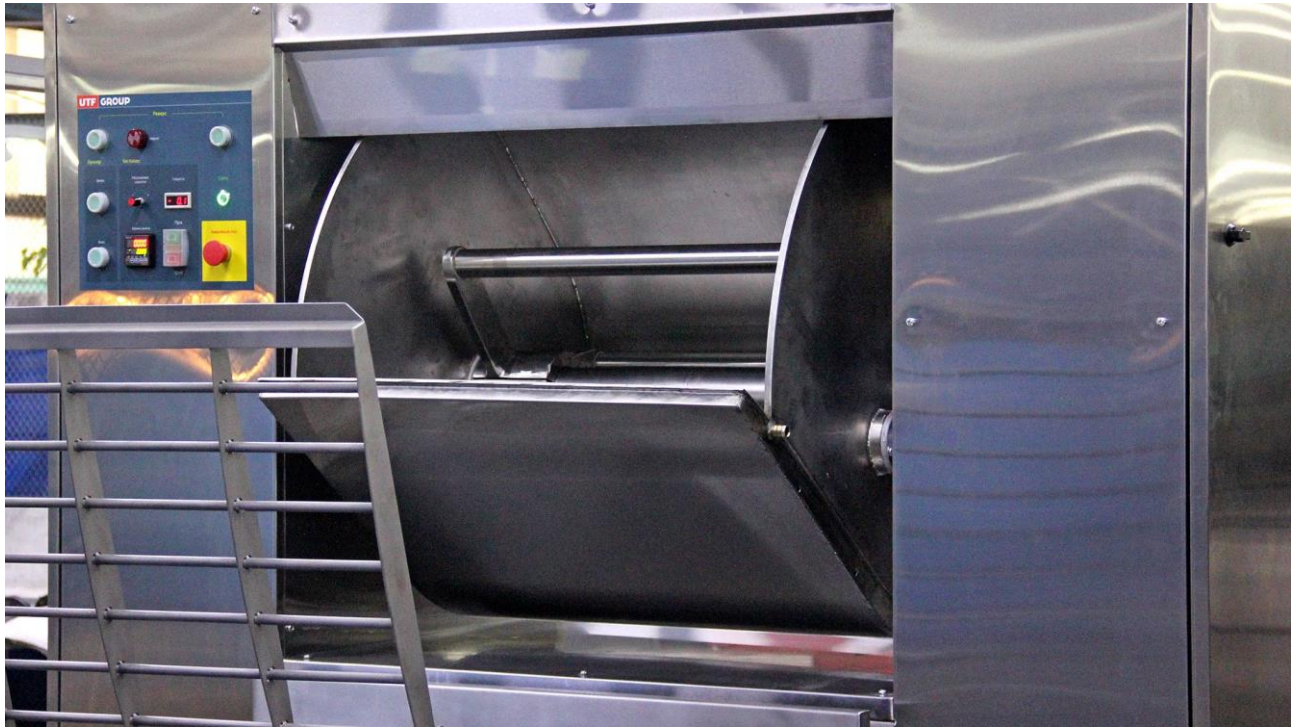


Рисунок 1.4 Горизонтальний тістомісильний апарат

Планетарні тістомісильні апарати це абсолютно універсальні і практичні помічники на кухні. Ці апарати мають величезний спектр використання, не тільки для замісу безлічі видів тіста (від дріжджового до пісочного і заварного, а також для м'якого бісквіта або білкового тіста), але і для виготовлення кондитерських начинок (безлічі видів кремів, мусів, суфле, фруктові пюре, збитих вершків і навіть безе), а також працюють з фаршем. Робочий (місильний) інструмент даного апарату заснований на принципі обертання нашої планети навколо Сонця (звідси і назва "планетарний"). Тобто він обертається не тільки навколо власної осі, але й навколо осі діжі. Переваги планетарних міксерів: наявність декількох швидкостей, змінні насадки (гак для тіста, вінчик для збивання, лопатка для змішування), а також має можливість встановлення інших корисних функцій (насадка-мясорубка, насадка-овочерізка, набори для виготовлення локшини та макаронів). Такий апарат доведеться по смаку як у будь-якому закладі громадського харчування з будь-якими обсягами виробництва.





Рисунок 1.5 Планетарний тістомісильний апарат

**Критерії вибору тістомісильного апарату за параметрами:**

- матеріали (нержавіюча сталь, вуглецева сталь, фарбований метал)
- технічні характеристики (кількість швидкостей та ін)
- потужність
- габарити
- об'єм діжі

**Критерії вибору тістомісильного апарату за типом виробництва**

Для початку важливо визначитися з яким видом тіста ви будете працювати, обсяги та вид продукції. Для цього дайте відповідь на кілька простих запитань.

- Що ви плануєте робити? Напівфабрикати, пироги, хліб, листкові або здобні булочки (з начинкою чи без), кондитерські вироби? Виходячи з цього визначте тип необхідного тесту.
- Який обсяг готової продукції ви плануєте робити? Який тип підприємства плануєте відкривати або вже маєте? Виходячи з цього ви визначитеся з об'ємом діжі і продуктивністю обладнання.



- Які додаткові завдання ви хотіли б вирішувати з допомогою тістоміса? Чи необхідний вам виключно заміс тіста або ж з можливістю приготування інгредієнтів? Відповівши на це питання, ви зможете визначитися з видом (спіральний, горизонтальний або планетарний)

Після того як тісто замішане, його необхідно розкочати, відокремити і сформувати під вироблені вироби. Для цього вам знадобиться обладнання, що використовується при роботі з готовим тестом. Тісторозкатувальні машини використовуються для розкочування листкового, дріжджового, прісного тіста на шари різної товщини. Тісто проходить між спеціальними валиками і намотується на качалку. Дані апарати виготовлені з нержавіючої сталі і діляться на два типи: електричні і механічні (ручні). В даному випадку радимо вибирати тестораскатку під обсяг виробництва. Використовуються тісторозкатувальні машини для виготовлення продукції з листкового тіста, кондитерських виробів, борошняних напівфабрикатів (чебуреки, пельмені та ін). Також, варто звернути увагу на додаткові функції таких машин - тестоделение. Деякі моделі оснащені такою функцією, що дозволить на виході отримати розкочані пласти тіста певної форми (круглі, квадратні, овальні, трикутні, локшина).

Тестоделительные машини використовуються для розділення тіста на рівні порції. Це незамінний апарат на хлібопекарських підприємствах з великим обсягом виготовлюваної продукції. Невеликі пекарні можуть сміливо обійтися і без нього, але якщо ви плануєте відкриття більш масштабного підприємства, то завдяки цій машині ви заощадите масу сил і часу.

**За функціями виділяють три групи тістороздільника:**

- Тістоділітель (виключно для ділення тіста)
- Тістоділітель-округлювач (поділ тіста на порції і формування заготовок)
- Тістоділітель-укладальник (поділ тіста і укладання заготовок)

За способом завантаження тесту в тістоділітель розрізняють: шнекові (для роботи з житнім і пшеничним тестом), вакуумні (для роботи з липким тістом з житнього та пшеничного борошна) і ручні тістоділітель.

Формувальні машини використовуються для формування з тіста готових заготовок (хлібних паличок, багетів, батонів, рогаликів, чабати, булочок, рулетів і багато чого іншого). Використовувати такі апарати рекомендується на масових виробництвах хлібобулочних виробів з великим об'ємом продукції

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розстоювання тіста - важливий технологічний етап у підготовці тіста до випікання. В процесі розкочування і формування тіста порушується його структура, пористість, в результаті чого оксиду вуглецю залишається лише 8-15% від необхідної кількості. А завдяки процесу бродіння расстоечной камері, рівень оксиду вуглецю підвищується до 86-92%.

Отже, що ж відбувається з заготовками в расстоечной камері? А відбувається ось що:

- відновлення клейковинного каркасу
- структура тесту стає більш пористою і повітряною
- поверхня заготовок стає гладкою та еластичною, а також газонепроникною
- збільшення заготівель в обсязі 50-70%

Проводити підняття тесту слід в конвеєрних шафах або спеціальних камерах, при цьому повітря повинно бути вологим (близько 80-99%) і теплим (приблизно 40-45°C). Розстоечні камери (шафи) використовуються спільно з конвекційними печами. Підвищена вологість запобігає засиханню верхнього шару виробів, що надалі може позначитися на якості скоринки. Існують три типи готовності расстойки: надлишкова, нормальна і недостатня. При недостатній расстойке на готовому виробі з'являються тріщини і надриви, з яких стирчить м'якуш, а сама форма занадто опукла (куляста) і швидко повертається до початкового вигляду після натискання на неї пальцем. М'якуш в такому випадку буде нееластичним. Все це відбувається тому, що в перші хвилини випікання відбувається активний процес бродіння, що і призводить до надриву поверхні заготовок. При надлишкової расстойке клейковина ослаблена (пружність тіста порушена). після натискання на такий виріб пальцем, слід від продавлювання не зникне. Готові вироби будуть нерівними і плоскими, втратять рельєф або відбиток малюнка.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

### Контроль 3 важливих параметрів розстойки тіста:

- Час знаходження заготовок в камері
- Температура
- Вологість повітря

При дотриманні всіх умов правильної расстойки готові вироби будуть відрізнятися м'яким і пористим м'якушем, правильною формою і приємною хрусткою скоринкою.

При дотриманні всіх умов правильної расстойки готові вироби будуть відрізнятися м'яким і пористим м'якушем, правильною формою і приємною хрусткою скоринкою.



Рисунок 1.6 Розстоечну шафа кількість рівнів 16

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

I, нарешті, останній і найприємніший етап приготування - випічка! Процес випічки теж не так простий, як може здатися на перший погляд. Якою повинні бути скоринка? Як правильно виставити температуру для певного виду продукції? Можна випікати кілька видів випічки одночасно в одній печі? Сучасне хлібопекарське обладнання має величезний асортимент печей з безліччю функцій, покликаних допомогти пекарям і кухарям. Аж до того, що процес випікання стає повністю автоматичним, не вимагаючи від вас додаткової уваги. Для випічки хлібобулочних виробів використовують: конвекційні, пароконвекционные, тунельні, подові, ротаційні. Ми розглянемо три основних види печей, придатних для пекарень і кондитерських: конвекційні, ротаційні і подові печі.

Конвекційні печі самий поширений вид устаткування для випічки різних виробів від хліба до тортів. Конвекційні печі оснащені внутрішніми вентиляторами, завдяки їх роботі виникає циркуляція гарячого повітря в камері, що забезпечує рівномірне пропікання за швидкий час. Температура нагріву, а також вологість повітря в камері і швидкість вентиляторів легко регулюються під ваші потреби. Існують електричні конвекційні печі (без необхідності установки витяжки) і газові (в даному виконанні витяжний зонтик обов'язковий). Переваги конвекційних печей в тому, що одночасно в них можна пекти різні види виробів, невеликі габаритні розміри, економічні. Така піч ідеальна для міні-пекарень та приготування випічки в супермаркетах.

Ротаційні печі є аналогом конвекційних печей за принципом роботи, з однією відмінністю - візок з выпекаемыми заготовками обертається навколо власної осі. Така технічна особливість сприяла збільшенню обсягу завантаження в камеру, можливості випікання продукції з будь-якого типу тесту вагою від 10 грам до 1 кілограма, при цьому забезпечуючи абсолютну рівномірність випікання виробів відмінних за розміром і вагою одночасно. Існують ротаційні печі з полицями виготовленими з каменю для ефекту подової печі. Все це зробило ротаційну піч багатофункціональним і універсальним рішенням для пекарень. Оператор лише стежить за процесом приготування через скляні дверцята. Над дверцятами печі встановлений спеціальний козирок для уловлювання парів під час відкривання дверей.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подові печі (або ярусні/модульні) призначені для випікання подового хліба, бісквітного тіста та інших виробів вагою до 2 кілограмів. Хліб приготований в такій печі виходить м'яким і пористим всередині, з щільною хрусткою скоринкою, а, головне, має неймовірні смакові якості і аромат, такий хліб довго буде зберігати свою свіжість і структуру. У такому обладнанні може бути вбудований парогенератор, що сприяє поліпшенню структурних властивостей хліба. Тут використовується інший спосіб випікання, на відміну від конвекційних і ротаційних печей, передача тепла від кам'яних або керамічних подів здійснюється прямо в хліб, а нагрівання каменю здійснюється з допомогою електрики або газу. Завдяки такій технології приготування умови випічки максимально наближені до традиційних.



Рисунок 1.7 Ротаційна піч кількість рівнів 18

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 1.2 Технології та обладнання заморожуваних продуктів з тіста і хліба

В Україні за останні п'ять років почали впроваджуватись міні-пекарні з високим рівнем автоматизації, де з'являються нові магазини з власними міні-пекарнями, де команди кваліфікованих пекарів постійно випікають свіжий хліб.

Переваги централізованого виробництва заморожуваних продуктів з тіста і хліба з частковою випічкою:

- Програма в роздрібних точках: отримання свіжого ароматного продукту за 10 – 20 хвилин;
- Можливість постійно мати великий асортимент продукції в морозильнику магазину;
- Для покупців – свіжий гарячий якісний продукт на полиці магазину;
- Поділ виробництва і точок продажів може мати сильний позитивний економічний ефект – на центральному виробництві ефективніше і безпечніше забезпечити необхідне тривалий час для виробництва якісного хліба при нижчій собівартості рецептури;
- Відсутність відходів;
- Зниження витрат на кваліфікований персонал в магазинах;
- Немає необхідності мати спеціальне обладнання в роздрібних точках для повного циклу виробництва борошняних виробів;
- Супермаркети – забезпечуються власними пекарнями або пекарнями-партнерами.

Все залежить від того, де ви знаходитесь в Україні, але всюди хліб і випічку люблять, коли вони свіжоспечені!

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3. Концепції RADEMAKER для виробництва заморожуваних продуктів:

1. Заморожувані технології повинні мати наступні характеристики:

- можуть бути застосовані для продуктів з тіста
- розстойка повинна проводитися в місцях продажу після розморожування
- високорентабельний метод заморожених продуктів

2. Розстоювання та замороження виробів:

- найбільш може бути застосовано для маленьких листкових продуктів
- не потрібна програма в точках продажів після розморожування

3. Заморожувані вироби з частковою випічкою:

- застосовується для хліба, особливо ремісничого типу

Процес починається задовго до того, як остаточне тісто обробляється на виробничій лінії Rademaker (рис. 1.1). Рідка опара (закваска) створюється за 1 або 2 дні до того, як готується тісто. Дуже важливо дати тісту час для створення кислот (оцтової і молочної кислоти) для розвитку і для створення смаку хліба. Чим більше часу, тим більше аромату. Частина цієї опари повертається в фінальне тісто, це важлива частина рецепту ремісничого хліба. Крім смаку, опара також сприяє розвитку тіста. Це форма природного бродіння, тому що вона створює програму тіста, обсяг продукту, відкрити і повітряну структуру.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

## Концепції виробництва замороженого хліба і хлібобулочних виробів



Рис. 1.8. Виробництво ремісничого хліба в промислових масштабах

Після фінального замісу, тісто подається в чашу для розстоювання або на конвеєри для вистоювання.

При промисловому автоматичному виробництві тісто може вистоюватись і бродити протягом контрольованого періоду, який може бути на протязі до декількох годин. В ході цього процесу знову з'являється багато аромату і бульбашок повітря, що забезпечує дуже повітряний хліб з відкритою структурою м'якушки. Це важлива особливість ремісничого хліба. Завдяки даним тривалим ферментаційним процесам борошно отримує можливість поглинати якомога більше води, що продовжує свіжість і м'якість. З метою розробки проектних рішень автори наукової роботи провели дослідження існуючого технологічного обладнання [3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,15,17,18], технологій з виробництва хліба, методів побудови систем керування [1,16,21,22,24,27,28] та методів сучасного цифрового керування виробництвом заморожуваних сортів хліба [29,30,32,34]. Цей аналіз дозволив зробити висновок про необхідність розробки цифрової платформи «ІЖА» та технології виробництва ремісничого хліба й розробки систем адаптивного керування технологічним процесом.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



**Цифрова платформа** складається з програмних продуктів (ПП) та програмного забезпечення, Інтернет технологій, інформаційної системи забезпечення виробництва заморожуваних сортів хліба з м'ясними додатками та інтелектуальних систем керування процесами планування, управління бізнес-процесами та логістики. Така цифрова платформа є складовою системи інтелектуального керування виробництвом заморожуваних сортів хліба та його постачання в магазини за допомогою Інтернет-речей. Крім цього ЦИФРОВА ПЛАТФОРМА, оцінюючи запити споживачів продукції визначає їх нутрієнтні характеристики та технологію виробництва безпечних продуктів харчування. Цифрова платформа виконує оцінку якості продукції та окремих стадій автоматизованого виробництва:

1. Процес закінчення часу готовності тіста й хліба оцінювали за допомогою методів ультразвукового контролю [20], обробляли опару та тісто за допомогою ультразвукових робототехнологічних інтенсифікаторів.[32,34]..

2. Наступним кроком в процесі виробництва ремісничого хліба є процес диспергування в тісто м'ясних продуктів. Готові тістові заготовки розміщують на дошки, які направляються на кілька годин в камеру для вистоювання при різних температурах. Відмінності в температурі сприяють появі дуже хрусткої скоринки, що сприяє отриманню якості і виду ремісничого хліба.

3. Наступний етап виробництва після випікання – це охолодження та заморожування. Випечений хліб охолоджують при температурі навколишнього середовища до + 30-35°C. Потім продукти переносять в шоківий морозильник, щоб якомога швидше остудити їх до критичної температури -7°C. При цій температурі старіння хліба сповільнюється якнайкраще. Коли температура хліба становить близько -16 / -20°C, він автоматично підраховується, упаковується і далі зберігається при -20°C. З метою проектування системи автоматизованого керування виробництвом ремісничого хліба з цифровою платформою «ІЖА» та створення адаптивних систем керування (САК) нами детально вивчені джерела [6-13,14,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,37]. та побудована база знань оптимізації технологічних процесів виробництва хліба.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 2. Холодильні технології та холодильне обладнання для заморожування продукції харчування

### 2.1 Визначення загального напрямку розвитку заморожуваних продуктів харчування

Заморожування - це зниження температури продукту нижче його криоскопічної температури. Для кожного продукту температура заморожування та характер процесу заморожування специфічні, тому продукт вважається замороженим, якщо температура в глибині продукту досягла  $-8^{\circ}\text{C}$ ».

На сучасному рівні заморожування є основним засобом консервування харчових продуктів, що швидко псуються. Харчові продукти заморожуються з метою підготовки їх до тривалого зберігання. Заморожування здійснюється в повітрі та рідких середовищах. Під час заморожування харчових продуктів значна частина вологи, яка міститься в продукті, перетворюється в лід. При цьому знижуються органолептичні показники продукту, але при правильній організації процесу заморожування, зниження якості продукту може бути зведено до мінімуму.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Литвиненко А.К			<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		Хорольський В.П					26	60
<i>Н. Контр.</i>		Хорольський В.П				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		Омельченко О.В						

## 2.2 Холодильне обладнання в системі виробництва заморожуваних продуктів здорового харчування.

Обладнання призначене для заморожування харчових продуктів, виконують у вигляді камер та морозильних апаратів. На рис.2.1 наведено схему такого апарату. В якості охолоджуючого середовища використовують повітря, яке охолоджують за допомогою парокompресійних та повітряних холодильних машин.

Холодильне обладнання камер заморожування складається з камерних охолоджуючих пристроїв: батарей та повітроохолоджувачів. В залежності від організації руху повітря камери заморожування виконують з примусовим та природним рухом повітря. Камери з примусовим рухом повітря обладнують повітроохолоджувачами, а інколи й батареями в сукупності з різними системами повітророзподілу, а камери з природним рухом повітря – пристінними, стелевими або міжрядними радіаційними батареями.

В залежності від організації технологічного процесу камери заморожування можуть бути камерами одно- та двофазного заморожування.

В камерах однофазного заморожування попередньо заморожують теплий хліб, а двофазного – хліб чи тісто до -20<sup>o</sup>C. Повітряні морозильні апарати на сьогодні являються найбільш поширеними. Заморожування продуктів в повітрі дозволяє зберегти їх високі смакові та поживні властивості, а також гарний товарний вигляд.

Повітря – природне і досить інертне середовище. Його можна використовувати для холодильної обробки будь-яких продуктів у широкому інтервалі значень температур, швидкості руху та типу. Ці позитивні якості повітря зумовлюють універсальність його застосування і простоту конструкції повітряних морозильних апаратів. Недоліками повітря є низька здатність до акумулювання теплоти та схильність до поглинання вологи.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

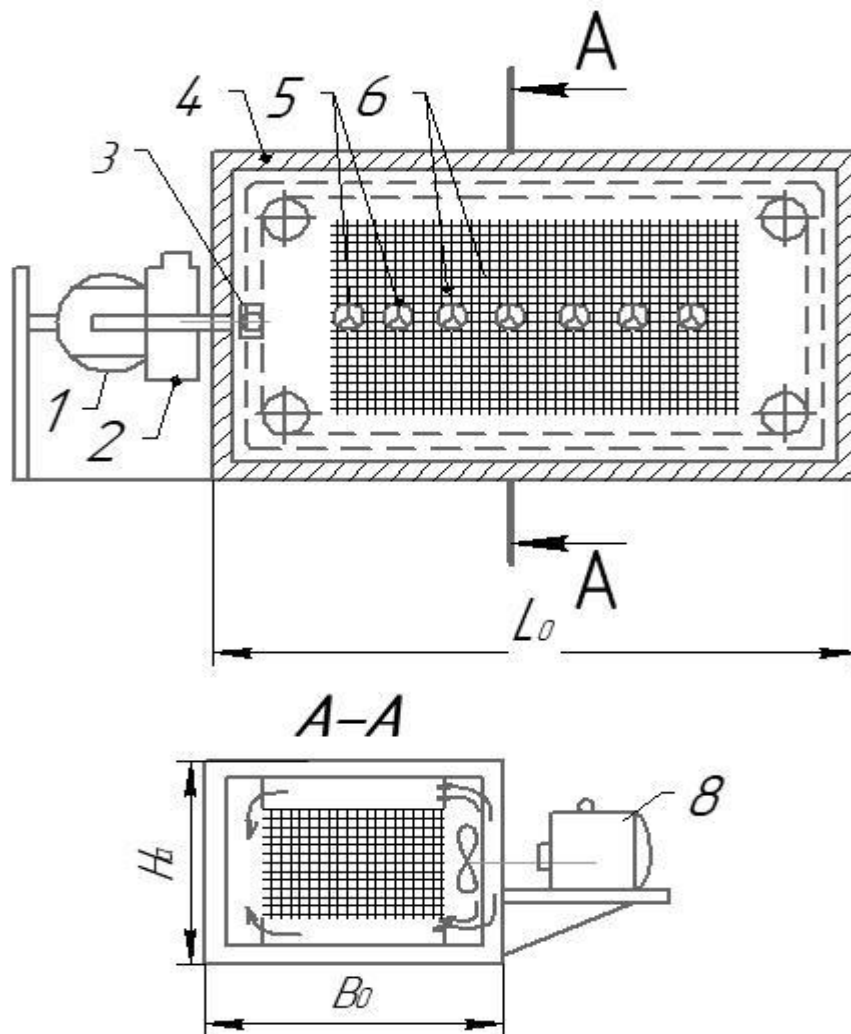


Рисунок 2.1. Принципова схема повітряного конвеєрного морозильного апарата.

- 1 – вузол завантаження й розвантаження;
- 2 – паровий ящик (скриня);
- 3 – блок – форма;
- 4 – ізолюваний контур апарата;
- 5 – осьові вентилятори;
- 6 – оребрені секції повітроохолоджувача;
- 7 – вантажний конвеєр;
- 8 – електродвигун.

Повітряні морозильні апарати складаються з вантажного відсіку та відсіку повітроохолоджувачів. В вантажному відсіку застосовують тунельну систему розподілу повітря. В вантажному відсіку знаходиться продукт, що заморожується, який пересувається різноманітними транспортними засобами, в відсіках повітроохолоджувачів розташовують секції, які призначені для охолодження повітря, системи подачі повітря (вентиляторна установка) та піддон для збору талої води, який обігрівається. В розробленій системі адаптивного керування процесом охолодження та стадійного заморожування ремісничого хліба автори наукової роботи запропонували інтелектуальну систему керування конвеєрного морозильного апарату, в якій в якості критерія оцінки оптимальності використано питомі затрати електроенергії на створення температури заморожування -20С.[35] З метою проектування такої системи автоматизованого керування необхідно провести ідентифікацію параметрів та робочих характеристик конвеєрного морозильного апарату.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						29
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 2.3. Ідентифікація холодильного технологічного обладнання

Відповідно до прийнятої схеми апарату попереднє охолодження продуктів до криоскопічної температури і подальше їх заморожування здійснюються в одному апараті. Виходячи з особливостей технологічних процесів, вважаємо, що в апараті є зони попереднього охолодження, заморожування і вирівнювання температури продукту.[21.22]

Прийнято, що в зоні попереднього охолодження продукт охолоджується до середньої температури, що дорівнює криоскопічній.

Питома кількість теплоти, що відводиться від 1 кг продукту в криоморозильном апараті, визначають за формулою:

$$q_3 = q_{31} + q_{32}, \text{кДж/кг}$$

де:  $q_{31}$  - питома кількість теплоти, що відводиться від 1 кг продукту в зоні попереднього охолодження;

$q_{32}$  - питома кількість теплоти, що відводиться від 1 кг продукту в зоні заморожування, визначають за рівнянням.

Питома кількість теплоти, що відводиться від 1 кг продукту в зоні попереднього охолодження,  $q_{31}$  знаходиться по формулі:

$$q_{31} = c_o (t_1 + t_{кр}), \text{кДж/кг}$$

де:  $c_o$  - питома теплоємність охолодженого продукту, Дж/(кг К);

$t_1, t_{кр}$  - початкова і криоскопічна температура, °С.

Питома кількість теплоти, що відводиться від 1 кг продукту в зоні заморожування,  $q_{32}$  визначають за рівнянням:

$$q_{32} = L \left[ W_i w_i^l K_i + c_3 (t_{кр} + t_2) \right], \text{кДж/кг}$$

де

$L$  - питома теплота льодоутворення, Дж/кг ( $L = 335200$  Дж/кг);

$w_i^l$  - частка вимороженої вологи в м'ясі;

$K_i$  - частка м'яса в продукті;

$c_3$  - питома теплоємність замороженого продукту, Дж/(кг·К);

$t_{кр}, t_2$  – криоскопічна кінцева температури, °С;

$W_i$  - кількість води в кілограмі продукту, кг.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для мяса частка наповнювача (м'яса)  $K_1=0,5$  та тіста  $K_2=0,5$ . Кількість що міститься в кожному з цих складових продуктів води  $W_1=0,75$  и  $W_2=0,45$ . Частка вимороженої вологи  $w^1_1=w^1_2=0,8$ .

При середній температурі тепловідводного середовища в процесі заморожування  $t_c = -10^\circ\text{C}$  питома теплоємність продукту.

Теплоприток від продукту при заморожуванні визначають за рівняннями:

$$Q_2 = G^I \cdot q_3, \text{кДж}$$

де  $q_3$  - питома кількість теплоти, що відводиться от 1 кг продукта, Дж/кг;

$$G^I - \text{продуктивність апарату, кг/с.}$$

або

$$Q_2 = G^I \cdot [c_o \cdot (t_1 - t_{кр}) + L \cdot W \cdot w + c_3 \cdot (t_{кр} - t_2)], \text{Дж}$$

де  $c_o, c_3$  - питомі теплоємності продукту, відповідно, охолодженого і замороженого, Дж/кг · К;

$t_1, t_2, t_{кр}$  - температури продукту, відповідно, початку, наприкінці процесу заморожування, а також в період льодоутворення,  $^\circ\text{C}$ ;

$W$  - відносний вміст води в продукті, частки одиниці;

$w$  - відносна кількість вимороженої води, частки одиниці.

Питома теплоприток можна також визначати, як різниця ентальпій продукту на початку і в кінці процесу заморожування.

Питому холодо продуктивність рідкого азоту  $q_{N_2}$  складається з питомої теплоти його пароутворення і теплоти нагрівання пара від сухого насиченого до перегрітого, при  $t_{yx} = -30^\circ\text{C}$  визначають за рівнянням:

$$q_{N_2} = r + c_{N_2}(t_{yx} - t_o), \text{кДж/кг}$$

де  $t_{yx}, t_o$  - температури, що мінає і киплячого азоту,  $^\circ\text{C}$ .

$r$  - питома теплота пароутворення рідкого азоту, Дж/кг (при  $t_o = -196^\circ\text{C}$ ,  $r = 197600$  Дж/кг);

$c_{N_2}$  - питома теплоємність газоподібного азоту (при середній температурі  $t_c$  і атмосферному тиску  $P = 10^5$  Па, Дж/кг · К.

Витрата рідкого азоту

$$G_{N_2} = Q_2 / q_{N_2}, \text{кг/с}$$

Питома витрата рідкого азоту на 1 кг заморожуючого продукту

$$q_{N_2} = G_{N_2} / G^I, \text{кг/кг}$$

Об'ємна витрата газоподібного азоту

$$V_{N_{yx}} = G_{N_2} \cdot v_{yx}, \text{м}^3$$

де  $v_{yx}$  - питомий об'єм, що мінає з апарату газоподібного азоту при температурі  $t_{yx}$  і атмосферному тиску  $P = 10^5$  Па,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

При відсутності рециркуляції азоту (в зоні попереднього охолодження апарату) необхідне для циркуляції потоку живий перетин  $f_m$ , що забезпечує задану швидкість руху газоподібного азоту в апараті, знаходять із залежності

$$f_m = V_{N_{yx}} / w, \text{м}^2$$

де  $w$  - швидкість руху газоподібного азоту в зоні охолодження.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Ширину стрічки конвеєра кріоморозильного апарату  $B_n$  приймаємо рівною 0,6 м. При питомому навантаженні продукту  $g_f = 8 \text{ кг/м}^2$  порозність шару складе:

$$\varepsilon = 1 - g_f / \delta \gamma$$

де  $\gamma$  - щільність продукту;

$g_f$  - питоме навантаження продукту ( $g_f = 8 \text{ кг/м}^2$ );

$\delta$  - товщина продукту.

Тоді живий перетин для проходу газоподібного азоту в шарі продукту  $f_{жс} = B_n \varepsilon \delta, \text{ м}^2$

Необхідна висота каналу від стрічки до верхньої твірної огорожі апарату

$$H_k^1 = \delta + (f_m - f_{жс}) / B_n, \text{ м}$$

Дійсне живий перетин каналу

$$f_{жсд} = B_n H_k^1 - f_{жс}, \text{ м}^2$$

Теплове навантаження зони попереднього охолодження кріоморозильного апарату

$$Q_o = G' q_{31}, \text{ кДж}$$

Температуру газоподібного азоту, що надходить в зону попереднього охолодження, визначають з теплового балансу

$$t_x = t_{yx} - Q_o / G_{N_2} c_p, \text{ }^\circ\text{C}$$

Тривалість охолодження продуктів в зоні попереднього охолодження кріоморозильного апарату складається з двох періодів: перший - до регулярного режиму і другий - регулярний режим:

$$\tau_1 = \tau_n + \tau_p, \text{ с}$$

$\tau_n$  - тривалість охолодження першого періоду, с;

$\tau_p$  - тривалість охолодження другого періоду, с.

Тривалість охолодження першого періоду  $\tau_n$  знаходять із залежності, аналогічної залежності:

$$\tau_n = \frac{F_o \cdot R_v^2}{a_p},$$

де

$F_o$  - число Фур'є,  $F_o = 0,04$ ;

$R_v$  - еквівалентна товщина продукту, м;

$a_n$  - температуропровідність продукту,  $a_n = 11,3 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$ .

Еквівалентну товщину продукту визначають за рівнянням

$$R_v = v_n / F_n, \text{ м}$$

де  $v_n$  - обсяг продукту,  $\text{ м}^3$ .

Якщо прийняти, що хліб має ферму прямокутного бруса, то  $v_n = l_n b_n \delta_n$ , тут  $l_n b_n \delta_n$  - довжина, ширина и товщина продукту (табл. П.5). [25]

Площа поверхні продукту

$$F_n = 2 (l_n b_n + b_n \delta_n + l_n \delta_n), \text{ м}^2$$

Тривалість охолодження продукту в другому періоді знаходять із залежності

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\tau_p = \frac{\ln\left(\frac{\bar{t} - t_{cl}}{t_{kp} - t_{cl}}\right)}{m}, \text{с}$$

Середню температуру хліба до моменту початку другого періоду (регулярного режиму) визначають за формулою

$$\bar{t}_1 = \bar{\theta} (t_l - t_c) + t_n, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Теплоприток при холодильній обробці продукту в зоні заморожування знаходять із залежності:

$$Q''_2 = G' q_{32}, \text{ Вт.}$$

Питома кількість теплоти, яка сприймається азотом, визначають за формулою

$$q''_{N2} = c''_p (t_x - t_{x1}),$$

де  $c''_p$  - питома теплоємність (при середній температурі газоподібного азоту, що дорівнює  $t_{cp} = (t_x - t_{x1})/2$ ), Дж/кг К;

$t_x$  - температуру газоподібного азоту, що надходить в зону попереднього охолодження,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{x1}$  - температуру газоподібного азоту на виході із зони попереднього охолодження,  $^\circ\text{C}$ .

Температура газоподібного азоту на виході із зони попереднього охолодження визначають із залежності:

$$t_{x1} = t_0 + 10, \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Масове кількість газоподібного азоту, що циркулює в зоні заморожування,

$$G''_{N2} = Q''_2 / q''_{N2}, \text{ кг/с}$$

Масове кількість рециркулює в зоні заморожування азот

$$G_{реци.} = G''_{N2} - G_{N2}, \text{ кг/с}$$

де  $G_{N2}$  – витрата рідкого азоту, кг/с.

Кратність циркуляції азоту в зоні заморожування

$$n_a = G''_{N2} / G_{N2}$$

Швидкість руху газоподібного азоту в зоні заморожування  $w = 10$  м/с. Цю швидкість можна отримати при живому перетині каналу, рівному

$$f_{ж2} = G''_{N2} / \nu, \text{ м}^2$$

де  $\nu$  - щільність азоту при температурі  $t_{cp}$ , кг/м<sup>3</sup>.

З урахуванням заповнення каналу апарату продуктом

$$f_{ж2}^1 = f_{ж2} - f_{ж}, \text{ м}^2$$

де  $f_{ж}$  - живий перетин для проходу газоподібного азоту в шарі м'ясопродуктів, м<sup>2</sup>

Тривалість заморожування в зоні заморожування апарату визначають за формулою:

$$\tau = \frac{q_3 \cdot \rho_\pi}{t_{kp} - t_{cp}} \delta \left( R \frac{\delta}{\lambda_3} + P \frac{1}{\alpha} \right), \text{ с}$$

де  $t_{cp}$  – температура тепловідводної середовища,  $^\circ\text{C}$ ;

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$R$  и  $P$  — допоміжні коефіцієнти, що залежать від форми співвідношення розмірів заморожувачого продукту

Коефіцієнт тепловіддачі від продукту до газоподібного азоту в зоні заморожування ( $\alpha_2$ ) знаходять по залежностям, аналогічним залежностям для зони попереднього охолодження.

Загальна тривалість заморожування хліба

$$\tau_3 = \tau_1 + \tau_2.$$

Приймаємо, що зона вирівнювання температури апарату конструктивно виконана без примусової циркуляції газоподібного азоту (природна конвекція). Тривалість перебування продукту в цій зоні така ж, як і в зоні попереднього охолодження,  $\tau_1 = \tau_2$ . Таким чином, в процесі ідентифікації визначені параметри оптимізації процесу заморожування та параметри керування продуктивністю апарату та температурними режимами зон заморожування [35.36] Ця інформаційна база знань, одержаних в першому та другому розділах наукової роботи, дозволяє перейти до проектування автоматизованого керування виробництвом ремісничого хліба та технологіями охолодження й заморожування тіста та хліба.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 3.Інтелектуальна система керування виробництвом ремісничого хліба

### 3.1Автоматизовані системи керування технологічними лініями з виробництва харчових продуктів

Сучасні цифрові системи багаторівневого керування виробництва «розумних продуктів» харчування для гірників, школярів та воїнів ЗСУ побудовані по об'єктивному принципу:кожний рівень АСКТЛ відповідає деякому рівню технологічного об'єкта керування (ТОК), а кожному елементу керування АСКТЛ- один або декілько елементів ТОК відповідного рівня. Такий підхід значно підвищує надійність систем управління процесами виробництва продукції харчування та зменшує інтенсивність мережевих обмінів,тому що ведення/виведення інформації та її оброблення максимально локалізуються. Аналіз необхідних характеристик виробництва продукції потрібно розпочати з аналізу структури об'єкта керування та інформаційних характеристик його діляниць. В світі сучасних інформаційних технологій неможливо уявити собі сучасне виробництво без SCADA і MES-систем, робототехнічних комплексів та інтелектуальних систем

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Литвиненко А.К			<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Хорольський В.П					35	60
<i>Н. Контр.</i>		Хорольський В.П						
<i>Затверд.</i>		Омельченко О.В						
						<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		



Рисунок 3.1. Сучасна автоматизована система керування виробництвом продукції.

На рис 3.1,3.2,3.3 наведено складові сучасної автоматизованої системи керування виробництвом продукції з АРМ-оператора. (рис.3.3) На рис.3.2 наведено структуру технологічних операцій та адаптивних систем керування (АСК), робототехнічних інтенсифікаторів (РІК) та АСКТЛ з'єднаних між собою інформаційною шиною Profibus DP .Нижній рівень цифрового керування представлений цифровими ( інтелектуальними) датчиками, адаптивними системами керування та вбудованими робототехнічними системами-інтенсифікаторами та системами обміну інформацією.[37] На цьому рівні широке розповсюдження одержали контролери (мікропроцесори) ,які виконують функції автоматичного керування технологічними процесами. Метою керування є вироблення сигналів на виконавчі механізми в результаті оброблення даних про стан технологічних параметрів, одержан их безпосередньо інтелектуальними датчиками, за допомогою спеціальних алгоритмів. Сервери технологічних даних забезпечують обмін інформацією між технологічними апаратами і дільницями та мережею персональних комп'ютерів. Вони підтримують протокол роботи з технологічними пристроями та протокол роботи з мережею персональних комп'ютерів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Дані про поточні параметри стану технологічних апаратів виробництва макаронних виробів можуть бути використані: для контролю їх станів й керування ними з автоматизованих робочих місць операторів, для архівування зміни в часі технологічних параметрів, для формування сумарних звітних форм з метою надання інформації топ-менеджерам. У розробленій АСКТЛ виробництва ремісничого хліба SCADA-система представлена серверами технологічних даних та автоматизованими робочими місцями (АРМ) операторів. АРМ- оператора (технолога) являє собою програмно-технічний комплекс, що складається з кількох (до 12) мікропроцесорів з'єднаних з Міні-ЕОМ та відповідного програмного забезпечення процесів обміну та відображення інформації. Мікропроцесори підключаються до Міні-ЕОМ за допомогою мультиплектора, який послідовно з'єднує канали передачі інформації між відповідним мікропроцесором та комп'ютером .[19,25.26.33,37]

На верхньому рівні керування виробничо-технологічним комплексом ( ВТК- виробництвом хліба в цілому) основою рішення задач керування є окремі інформаційні мережі, які зв'язують вбудовану цифрову платформу «Іжа», і які через Промисловий Інтернет-речей (ІоТ), пов'язані зі споживачами продукції та постачальниками. На рівні управління виробництвом продукції для диспетчерського керування використовуються MES-системи. Особливості функцій диспетчерського управління заводом з виробництва хліба вимагають від проєктантів сучасних АСКТЛ створення спеціальних програмних продуктів для рівня керування виробництвом ремісничого хліба. На цьому рівні важливу роль відіграють функції підтримки прийняття рішень, а також комп'ютерного моделювання хліба з м'ясними додатками, які відповідають нутрієнтній адекватності та фізіологічним потребам робітників підземних професій. Використання стандартного моделювання суттєво покращує проєктантам створення програмного забезпечення (ПЗ), а технологам та управлінцям такий підхід дозволяє проєктувати автоматизацію та роботизацію на цеховому рівні на базі SCADA, MES – систем. Прогрес у сфері впровадження мікропроцесорних систем на підприємствах харчової промисловості, використання новітніх інформаційних систем, інтеграція додатків, вбудовування стандартних мовних засобів при програмуванні адаптивних систем та робототехнологічних комплексів з ультразвуковими інтенсифікаторами, розробка алгоритмів керування та створення інноваційних продуктів в темпі з вимогами споживачів та екраних взаємодій оператора з технологічними дільницями в реальному масштабі часу значно збільшили ефективність SCADA та MES- систем. Нами при проєктуванні АСКТЛ виробництва хлібобулочних виробів використано технології розподіленої між мережевої архітектури для корпоративних систем DNA в середовищі MS Windows, комплексування продуктів для керування технологічними процесами створюють нам нові можливості щодо розробки інформаційних автоматизованих систем керування та

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

забезпечують перерозподіл функцій між ними. Тому при проектуванні АСКТЛ виробництва нами використанні моделі COM DCOM ActiveX, технології JAVA, універсальний інтерфейс зв'язку з зовнішніми пристроями OPC, мови стандарту IEC 61131-3, мови, які описані на основі Visual Basic for Applications (VBA) та промислового інтернет – речей(ІоТ) і т. п. В проекті також нами використано багатоваріантність, а саме розподіл функцій між станціями КТ-900 (блоки 4), установленими на кожній із технологічних дільниць( підготовки борошна, виготовлення опари, тіста, підготовка та диспергація м'ясних додатків та інших інгредієнтів (технологічні дільниці) за допомогою робототехнічних комплексів та формування функціональних навантажень на технологічну операцію – заморожування хліба, підключення зовнішніх засобів оброблення даних(електронних таблиць, БД,БП,БЗ та БОД та ін.),статистична обробка даних, контроль техніко економічних показників (ТЕП) і т. п. В розробленій АСКТЛ заводу з виробництва хлібобулочних виробів використано ІАСУ та промисловий інтернет- речей, який з цифровою платформою «ІЖА» аналізує якісні параметри нутрієнтних характеристик продуктів харчування одержаних з лабораторії заводу. а також без проблем дозволяє одержати інформацію з операційних станцій КТ-900 та впевнитись про те, що технологія дотримується; головний технолог заводу може також за допомогою OPC-інтерфейсу змінити завдання щодо продуктивності виробництва та кількісних параметрів інноваційної продукції. Новації в SCADA-системах забезпечують значне зниження затрат праці на розробку та обслуговування операторських станцій, збільшення швидкості обміну даних в системах керування за рахунок промислового інтернет- речей. Інтеграція систем керування верхнім та нижнім рівнями в межах заводу в нашому проекті забезпечена засобами інтегрованих програмних систем(наборів) та комунікацій ІАСУ дозволяє виконувати за допомогою програмних продуктів не лише аналіз нутрієнтної адекватності, але і виконувати рецептуру інгредієнтів, оцінюючи ФТВ сировини та її собівартість. Такий підхід до створення БЗ дозволяє ОПР чітко спланувати режими роботи докільних адаптивних систем керування окремими технологічними дільницями та оперативно контролювати вихідні параметри: Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Yв стадій: підготовки сировини-замісисто- диспергування м'ясних інгредієнтів – виробництва хліба- стадії охолодження- готовий продукт – стадія заморожування. Ці стадії керовані локальними адаптивними цифровими системами: АСК1, АСК2, АСК3., АСК4, управлінськими впливами U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7. забезпечують оптимізацію виробництва та якості продукції. На рис.3.2 наведено структуру АСКТЛ виробництва продуктів для гірників, школярів, воїнів ЗСУ. Із наведеної структури слідує наступне: процес виробництва ремісничого хліба відноситься до дискретних, нестационарних процесів; засоби локальної автоматики можуть забезпечити лише нижній рівень керування функціонування робототехнічних

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

систем та систем завантаження технологічних апаратів. У нашому випадку для прийняття більш складних рішень необхідно проектувати багаторівневі системи керування. Особливості керування дискретними об'єктами – технологічними дільницями визначають характер задач, які вирішують управлінські Міні-ЕОМ. У нашому випадку управління дискретними процесами зведено до управління часом той чи іншої операції. А отже необхідно використовувати значну кількість обчислювальних функцій та достатньо потужні операційні можливості ЕОМ. Моделі дискретних об'єктів виробництва ремісничого хлібу є нелінійними. Для розрахунку таких систем будемо використовувати дискретні перетворення та – Z-перетворення. Для нашого випадку керування процесом диспергування частинок м'ясних продуктів у тісто за допомогою робототехнологічного комплексу одержані наступні вихідні показники: якщо ЕОМ використовувати в якості прямого цифрового керування, то якісні показники параметрів нутрієнтної адекватності покращуються на 15% від керування оператором. Тому в нашій науковій роботі важливими дослідженнями є ідентифікація та синтез адаптивних систем керування зі змінною структурою.

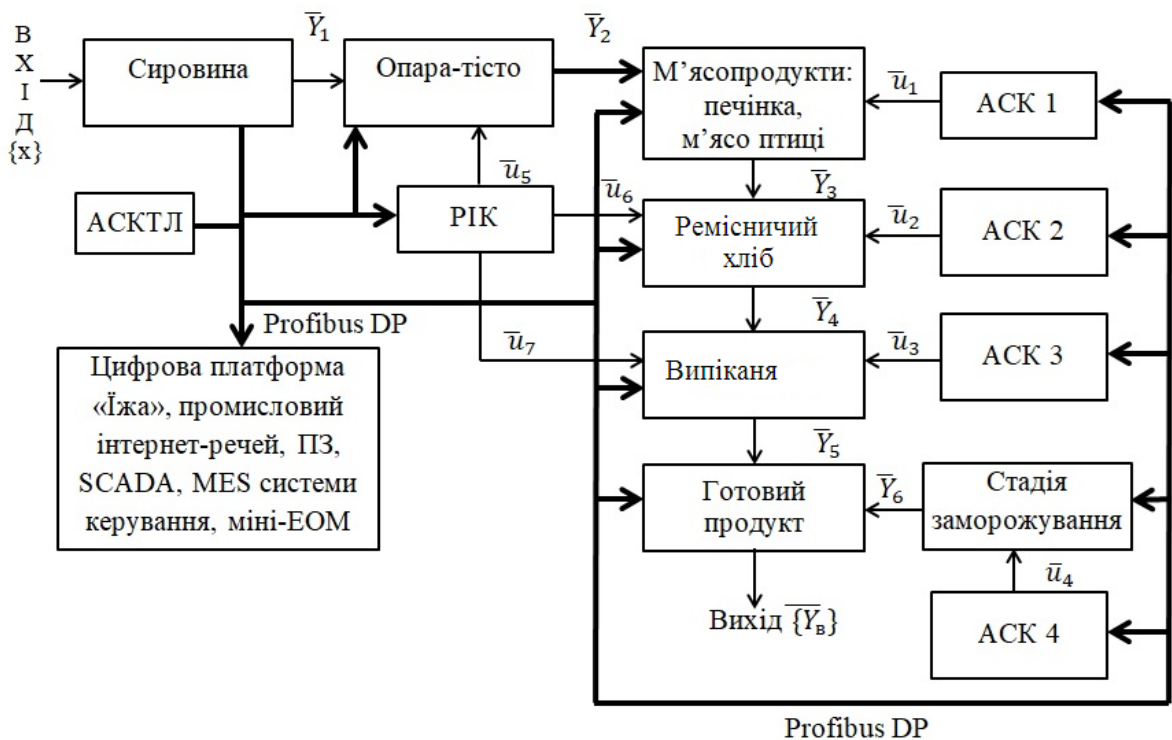


Рис3.2 Автоматизована система керування технологічної лінії виробництва ремісничого хліба.





Рисунок 3.3. Автоматизоване робоче місце оператора.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



### 3.2 Адаптивні системи керування процесами виробництва ремісничого хліба

На прикладі найбільш складних і енергоємних процесів виробництва продукції на дільницях заміс-тісто - розглянемо методи побудови локальних, адаптивних систем виробництва виробів з хліба, оптимальних за критерієм максимальної ступені стійкості [1, 24,25, 26,27,37]. Завданням керування виробничими дільницями опара-тісто є максимізація продуктивності технологічних апаратів шляхом підтримання заданої густини тіста та рН в зливах тістомісильного апарату.

Сучасні способи регулювання процесів замкнених циклів опара-тісто-випікання- заморожування за допомогою робототехнологічних комплексів включають три основні управлінські впливи – витрати борошна  $Q_M$  і витрати води  $W_B^M, W_B^K$  відповідно у апарат замісу та тістомісильний апарат. Найбільш розповсюдженими в практиці керування комплексом опара-тісто- є канал керування - зміна витрат води та інгредієнтів в процес – зміна густини тіста в зливні. Передавальна функція об'єкта цього каналу описана рівнянням виду :

$$W(p) = (k - T_p)(p^2 + a_2p + a_1)^{-1}$$

(3.1)

де  $K$  – статичний коефіцієнт підсилення;  $T, a_1, a_2$  – динамічні параметри об'єктів.

На рис.3.4 наведені перехідні характеристики циклу борошно-тісто за визначеним каналом керування. Передавальна функція (3.1) повністю віддзеркалює фізику процесу приготування замісу та прісного тіста, а його динамічний параметр  $T$  визначає величину провалу перехідної функції тістомісильної машини та показує різницю перехідних процесів від апредичних [12,24,37].

Рішення задачі синтезу оптимальної системи керування процесом виробництва тіста будемо шукати в межах теорії безпошукових систем за критерієм максимальної ступені стійкості, в лінійних ПІ – законах виду:

$$U(t) = U_n(t) + U_i(t) = K_1 E(t) + \int_0^t K_2 E(t), (3.2)$$

де  $E(t)$  - відфільтрований сигнал;  $K_1, K_2$  – коефіцієнти при пропорційній  $U_n(t)$  складовій та інтегрувальній  $U_i(t)$  складовій ПІ – закону регулювання  $U(t)$ .

Коефіцієнти  $K_1$  і  $K_2$  будемо визначати в процесі активної ідентифікації, шляхом подачі на вхід нормованого скачкообразного впливу виду :

$$U_{зад}(t) = KE(t_0) \quad (3.3)$$

На рис.3.5 наведено автоматизовану систему керування виробництвом хліба з адаптивними системами керування опарним насосом (Н)-1 та продуктивністю тістомісильного апарату( шнек-2, обладнання 3,4,5.:)

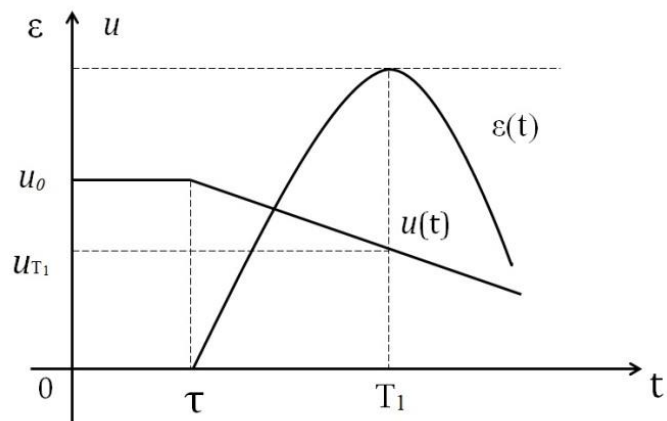


Рисунок 3.4 Графік аналізованого перехідного процесу

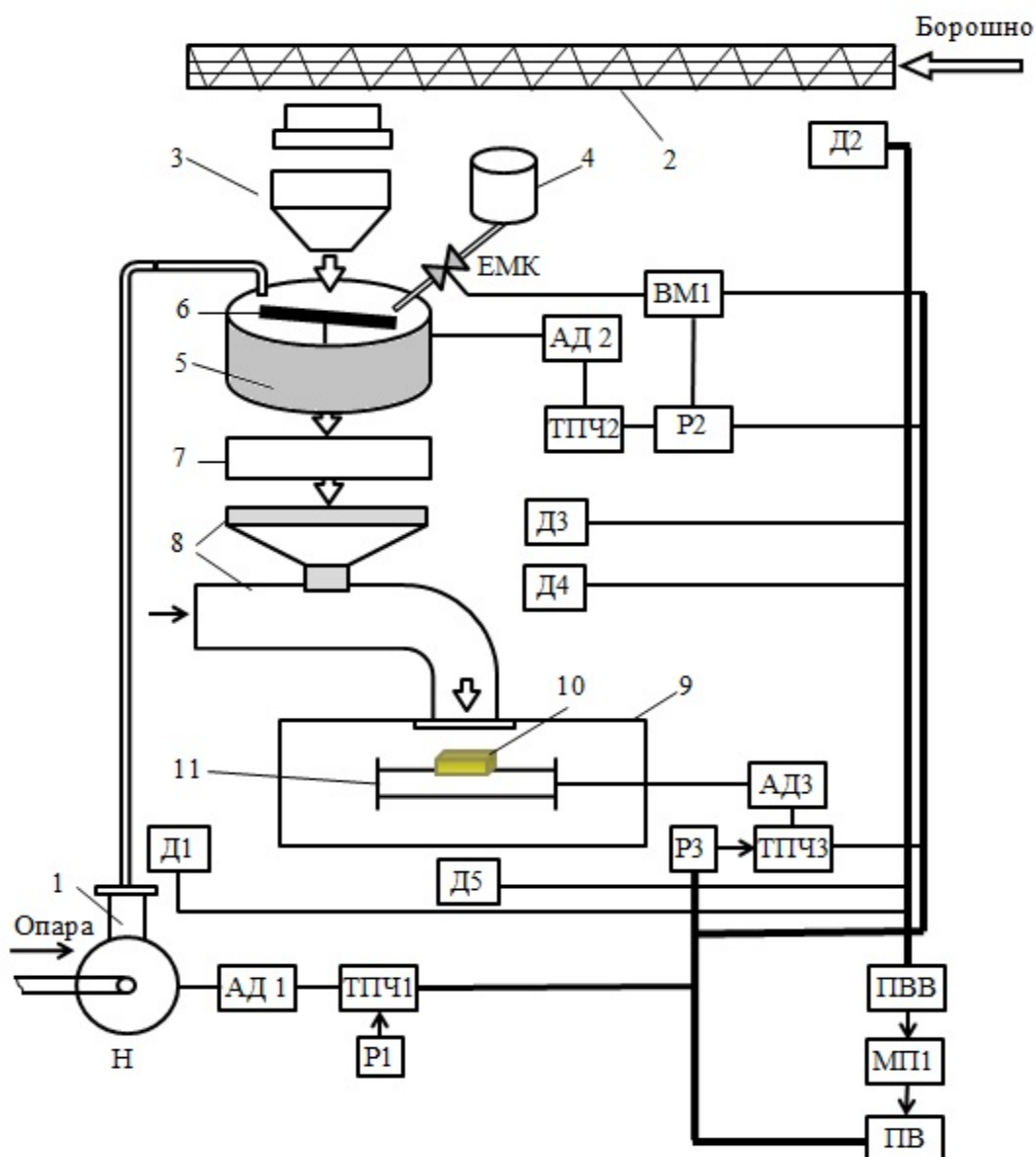


Рисунок 3.5 Адаптивна система керування виробництвом тіста

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Адаптивні системи керування тістомісильним апаратом 5 та стадією виробництва хліба(технологічні стадії 1,2,3,4,5.6.7,8) детально описані в [32,35,37], а для сильних сортів борошна з ультразвуковими робототехнічними інтенсифікаторами (РІК) [34]. При побудові сучасних АСУТП виробництва ремісничого хліба і побудови інтелектуальних систем управління розумними продуктами харчування для робітників підземних професій , школярів та воїнів ЗСУ важливими адаптивними системами керування є: стабілізувальні системи рівня вологи в хлібних виробів-10; густини тіста на виході тістомісильних агрегатів та хлібних виробів з додатками м`яса або печінки..

Такі системи будемо описувати передавальними функціями виду:

$$W(p) = \frac{K}{\prod_{i=0}^n (T_i p + 1)} \quad (3.4)$$

де  $K$  – змінний коефіцієнт передачі об'єкта за одиницю регулюемого параметру;  $n$  – порядок системи;  $T_i$  - динамічні коефіцієнти. Стабілізувальні системи реалізують ПІ – закони регулювання. Оскільки в об'єкті змінюється лише один параметр, то сутність роботи алгоритму адаптації полягає у наступному:

- Визначається момент часу  $t_0$ , при якому  $\epsilon(t)$  досягає максимума. При цьому, цей момент повинен бути більшим від деякого значення  $DL$ . Значення  $DL$  будемо визначати експериментально, наприклад ,у два рази менше допуску, яке задається у вигляді відхилення;
- Через заданий час  $D$ , який складає приблизно 20% від часу перехідного процесу об'єкта регулювання, вимірюється значення помилки і проводиться корекція коефіцієнта регулятора за формулою :

$$K_p^{нов} = K_p^{стар} \frac{\epsilon(t_0)}{\epsilon(t_0) - \epsilon(t_0 + DT)} K\hat{K}, \quad (3.5)$$

де  $K_p^{стар}$  - коефіцієнт регулятора в момент часу  $t_0$ ;  $K\hat{K}$ , - постійний коефіцієнт, який забезпечує налаштування алгоритму щодо критерію максимальної ступені стійкості. На рис 3.6 наведено алгоритм керування процесами стабілізації нутрієнтного складу хліба з додаванням печінки з яловичини. На рис.3.7 наведено результати імітаційного моделювання системи адаптивного керування. На рис.3.8 наведено схему інтелектуального керування процесом виробництва ремісничого хліба з технологіями заморожування. Система (рис.3.5)виконана на основі робототехнологічного комплексу, в якій є інтелектуальні датчики контролю (Д1-Д5)параметрів якості тіста та печінки , датчиків РН- параметрів , візуалізації, програмних продуктів керування швидкості руху конвеєра 11 холодильної установки 9 та адаптивних систем охолодження та заморожування хліба.

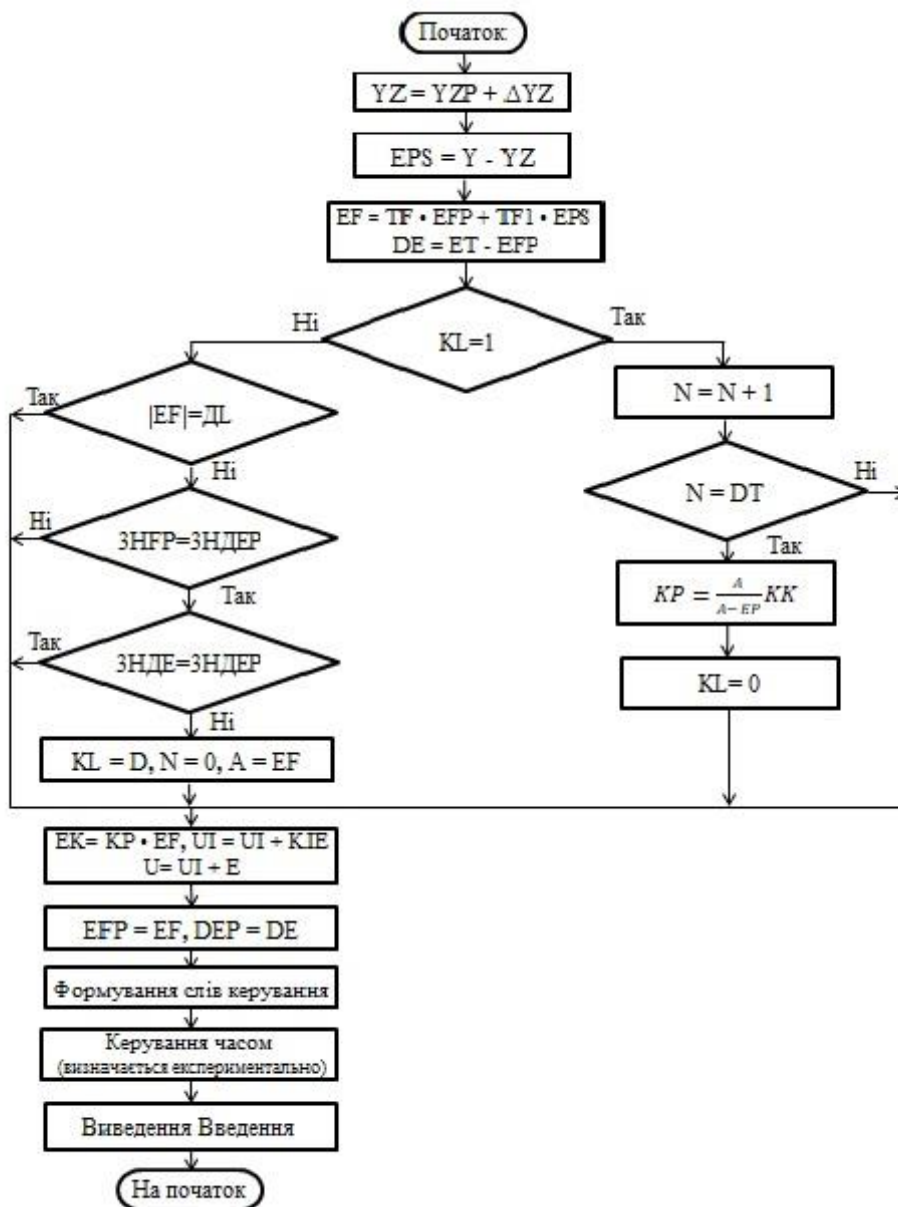


Рис.3.6 Алгоритм керування процесами збагачення інградієнтами хліба  
Алгоритм працює наступним чином:

1. Розраховується програмне значення завдання за формулою :  $yz = yzp + \Delta yz$ , де  $yz$  – значення завдання в даний момент часу;  $yzp$  – значення завдання на попередньому кроці;  $\Delta yz$  – лінійна зміна завдання на час  $\Delta t$ .
2. Визначається похибка неузгодження EPS.
3. Виконується фільтрація похибки за формулою:  $EF = TF * EFP + TF1 * EPS$ , де  $EF$  – відфільтрована похибка,  $EFP$  – відфільтрована похибка на попередньому кроці;  $TF$  і  $TF1$  – коефіцієнти фільтрації  $TF + TF1 = 1$
4. Визначається оцінка похідної похибки DE
5. За умови  $KL = 0$  виконується оцінка положення системи на фазовій площині.

6. При переході фазової траєкторії через вісь  $\epsilon$  та похибки більше ніж  $DL$ , розпочинається ідентифікація – запам'ятовується значення похибки  $A_0 = EF$  і включається таймер. Алгоритм переключається в положення  $KL=1$ .
7. Через час  $DT$  корегується коефіцієнт  $K_p$ . Алгоритм переключається у початкове положення  $KL=0$ .
8. Відпрацьовується ПІ – керування, що дорівнює  $U_1$ . Поточне значення похибки і похідної похибки запам'ятовується.
9. Формуються слова керування для виконуючих пристроїв, в якості яких можуть бути електромагнітні клапани витрат води, тиристорні перетворюючі частоти, магнітні клапани, шнекових давальників борошна-2, керовані ударні впливи ультразвукових коливань на тісто та м'ясні інгредієнти.

Випробування розроблених вище алгоритмів з типовими локальними системами адаптивної стабілізації рівня нутрієнтної адекватності, густини тіста та рН хліба, процесів охолодження та заморожування проведені в умовах підприємства ПАТ «Криворіжхліб» [20, 35,37].

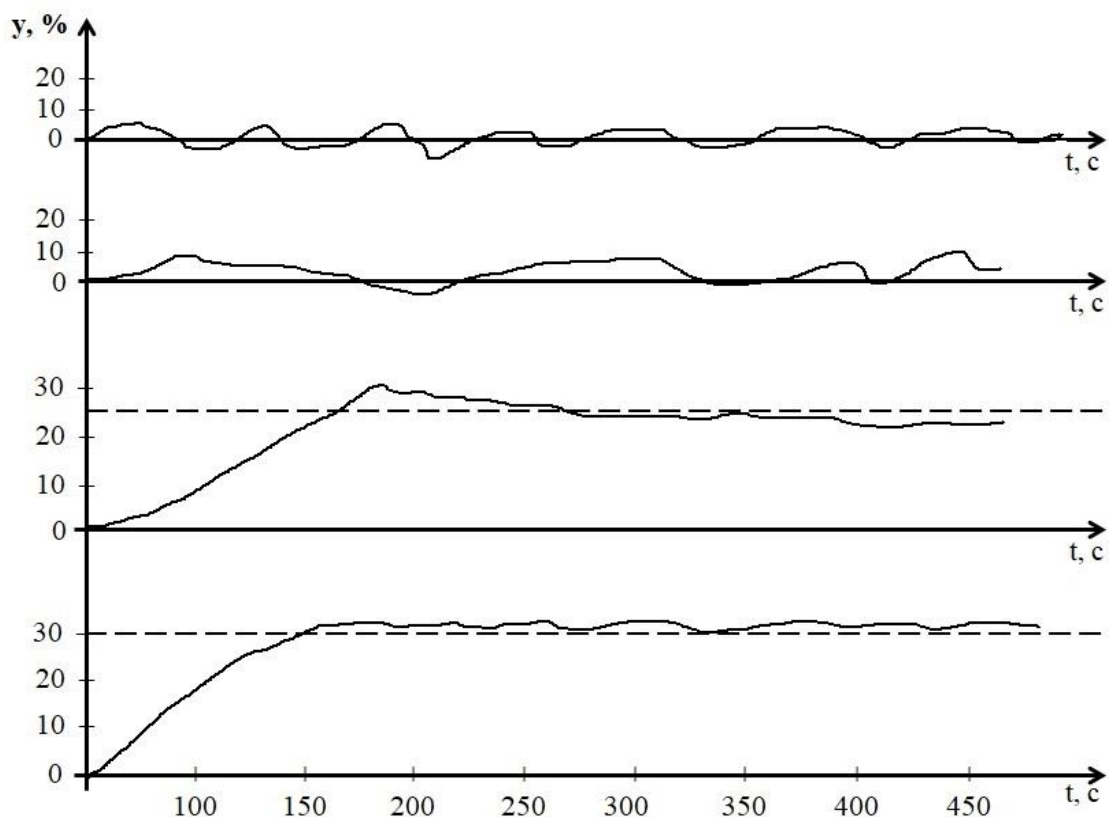


Рис.3. 7. Графіки зміни в часі параметрів хлібобулочних виробів  
 На рис. 3.7 наведено графіки зміни в часі стабілізуювальних параметрів у САК роботи технічного інтенсифікатора процесу кавітаційного диспергування печінки в тісто а) з лінійним ПІ – законом; б) з включеним алгоритмом адаптації.

параметру на 10%. в) з лінійним ПП – законом; г) з алгоритмом адаптації. При цьому відмітимо, що дисперсія регульованого параметра рН знизилась в 2 рази, в довгота перехідних процесів в 3,5 – 4 рази.

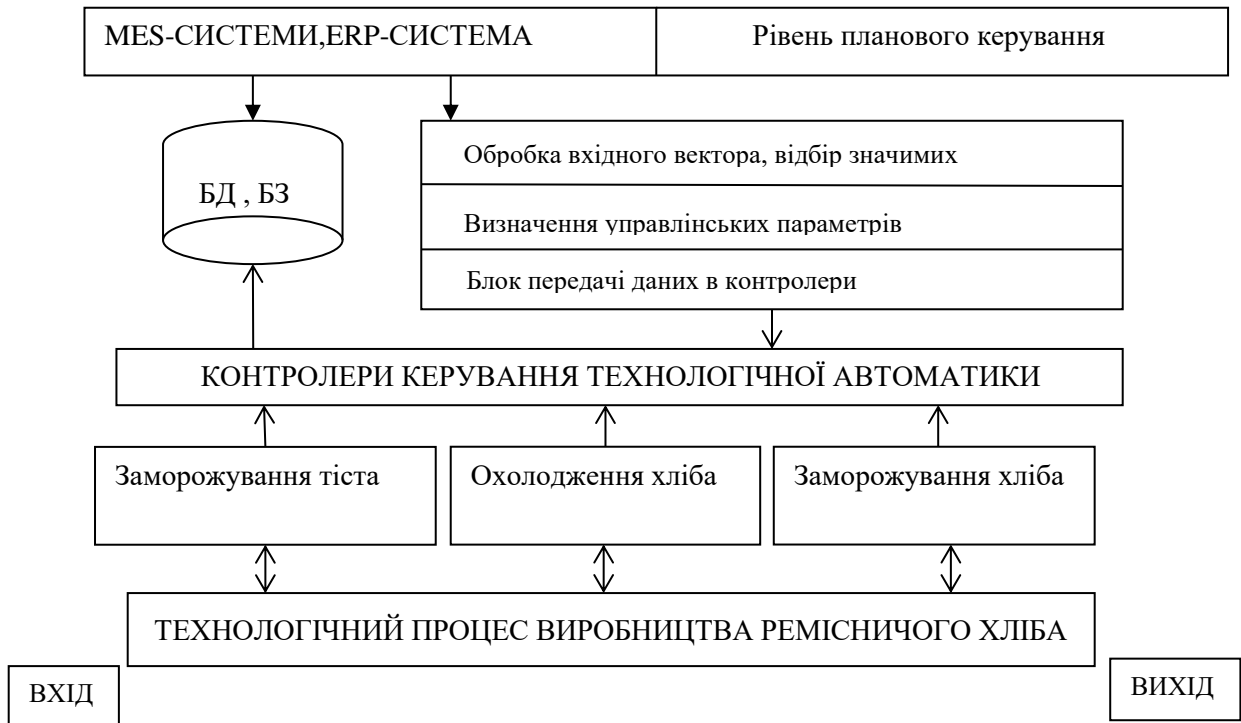


Рисунок 3.8 Інтелектуальна система управління процесом охолодження і заморожування ремісничого хлібу

Розроблена інтелектуальна система дозволяє одержати наступні результати:

1. Скомпенсувати нутрієнтну незбалансованість, мінеральну та вітамінну недостатність, покращати роботу травлення, виконати очищення організму від шлаків, нормалізувати кислотно – лужний баланс, підвищити імунітет, стимулювати обмін речовин та виконати оздоровлення людини, яка працює, проживає на техногенній території можливо за рахунок «розумного» харчування.

2. Комп'ютерне моделювання рецептур ремісничого хліба на основі комбінування м'ясних та рослинної сировини дозволило одержати інноваційні продукти зі збалансованим нутрієнтним складом високої якості та біологічної цінності. Високу нутрієнтну збалансованість та харчову адекватність розроблених «розумних» продуктів харчування для гірників, школярів, воїнів ЗСУ досягнуто за рахунок розробки і впровадження робототехнічних комплексів та робототехнічних інтенсифікаторів, та цифрових систем адаптивного керування, що привело до одержання значного профілактичного ефекту за рахунок показників енергетичної цінності продуктів харчування.

3. Враховуючи, що конкурентоспроможність розробленого «розумного» продукту забезпечена новітнім технологічним обладнанням з робототехнічними системами керування, а споживання населенням такої продукції, буде збільшуватись за рахунок параметрів безпечності продуктів та показника екологічної чистоти його складових- екокладових. Високе значення екологічної чистоти продукції харчування одержано за рахунок впливу ультразвукових коливань на гетерогенне середовище, кавітаційних процесів в системі диспергатор м'ясних продуктів- тісто та використання високоякісної сировини в рецептурі продукту, відсутності або мінімізації в його складі штучних харчових добавок, генетично-модифікованих інгредієнтів. Результати розрахунку та ситуаційного моделювання прогнозу конкурентоспроможності розумних продуктів харчування для гірників, воїнів ЗСУ, школярів та населення, яке проживає на забруднених територіях довели, що рахунок високого рівня автоматизації та роботизації якісні характеристики «розумної» продукції, нутрієнтна збалансованість екокладу та оптимальна ціна щодо значення комплексного показника вони знаходяться на рівні світових стандартів суттєво перевершують традиційні м'ясопродукти.

Розрахунок економічного ефекту від впровадження у виробництво розроблених проектних рішень в науковій роботі вимірюється додатковим прибутком, за рахунок енергоефективності процесу заморожування ремісничого хліба. Ефект має місце в результаті зниження собівартості продукції., енергоносіїв за рахунок впровадження алгоритму адаптивного керування процесами підготовки тіста та робототехнічними комплексами по стадійного виробництва замороженої продукції.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

## Висновки

1. Для регіону з техногенними територіями з врахуванням ситуації з СОВІД-19 та державної політики у сфері «розумного» харчування населення Придніпровського регіону та необхідності забезпечення гірників, металургів, воїнів ЗСУ, школярів та інших споживачів високоякісною харчовою продукцією, яка відповідає світовим стандартам нутриціології, аналітично й експериментально розроблено цифрову платформу «Їжа» та доведено, що розробка технологій «розумного» харчування повинна бути забезпечена холодильним обладнанням, автоматизованими комплексами та високим рівнем цифрового керування.
2. Розроблено алгоритм виробництва інноваційної продукції для робітників, школярів, воїнів ЗСУ, в якому процес проектування «розумної» продукції, технологій та обладнання виконує ЕОМ за допомогою ПЗ та технологій імітаційного моделювання.
3. На основі методів автоматизації розроблено систему та алгоритми адаптивного керування окремими дільницями технологічної лінії з виробництва ремісничого хліба- продукту харчування з технологіями заморожування та високим рівнем автоматизації та цифровізації.
4. Розроблено розподілену АСКТЛ виробництва заморожуваних виробів з нутрієнтно –збалансованими характеристиками, в якій за рахунок систем багаторівневого розподіленого керування та адаптивних систем мікропроцесорного керування дисперсія регульованого рН- параметра зменшилась на 15-18%, а витрати електроенергії зменшились на 13-15%..
5. Ефект має місце в результаті зниження собівартості продукції., енергоносіїв за рахунок впровадження алгоритму керування процесами підготовки тіста та робототехнічними комплексами по стадійного виробництва ремісничого хліба та його заморожування..

<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>				
З м.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Литвиненко А.К			
Перевір.	Хорольський В.П			
Н. Контр.	Хорольський В.П			
Затверд.	Омельченко О.В			
<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		48	60	
<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>				



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизация технологических процессов и производств пищевой промышленности: Пidrуч. / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. – К.: Аграр. освіта, 2001. – 224с.
2. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Рюмин Н.А. Интергрированные АСУВ промышленности. – К.: НПК «Киевский ин-т автоматизики», 1995. – 316с.
3. Ауерман Л.Я. Технология хлебопекарного производства / Л.Я. Ауерман – Спб.: Профессия, 2005. – 416 с.
4. Автоматический контроль и управление качеством пищевых продуктов : [Учеб. пособие для вузов по специальностям "Стандартизация и сертификация пищевых пр-в", "Технология хлеба, кондит. и макарон. изделий", "Автоматизация технол. процессов и пр-в"] / Л. А. Злобин ; М-во общ. и проф. образования Рос. Федерации, Моск. гос. ун-т пищевых пр-в, 276,[4] с. ил. 30 см, М. МГУПП 1998
5. Основні показники роботи харчової промисловості України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [minagro.gov.ua](http://minagro.gov.ua).
6. Основы автоматизации технологических процессов пищевых производств / Под. ред. А.В. Соколова. – М.: Лёгкая и пищ. пром-сть, 1983. – 400с.
7. Хроменков В.М. Технологическое оборудование хлебозаводов и макаронных фабрик / В.М. Хроменков-Спб.: ГЦОРД, 2014. - 496 с.
8. Соломенко М.М. Автоматические методы контроля некоторыми технологическими параметрами хлебопекарного производства/ М.М. Соломенко. М: Машиностроение, 1972. - 200 с.
9. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования/ А.Т. Лисовенко. К.:Техника, 1982.-208 с.
10. Васьків М.В. Моніторинг та керування якістю продукції агрегованих технологічних комплексів харчових виробництв/ В.Г. Васьків, В.В. Іващук// Складні системи і процеси, 2010- N1, с 77-83.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Мирончук В.Г. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості / В.Г. Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов, А.І. Українець та ін. Вінниця «Нова книга», 2007- 640с.

12. Шаруда С.С. Інтелектуальна система сценарного управління хлібопекарським виробництвом / С.С. Шаруда, В.Д. Кишенько // Східно-Європейський журнал передових технологій. -2010 -№5/3(47) – С 66-70.

13. Білик О.А. Удосконалення технологій хлібобулочних виробів з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями / О.А. Білик : дис. канд. техн. наук 05.18.01. Національний ун-т харчових технологій К: 2006- 212 с.

14. Бондар І.П. Розроблення технологій хліба з борошняних сумішей підвищеної харчової цінності / І.П. Бондар : дис. канд. наук 05.18.01. Національний ун-т харчових технологій – К., 2003 – 232 с.

15. Гавриш Т.В. Удосконалення технологій хліба зі слабого пшеничного борошна/ Т.В. Гавриш дис. канд. техн. наук 05.18.01. Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2005 – 165 с.

16. Гончаренко Б.М. Ладанюк А.П. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: Підруч. – К.: НУХТ, 2014. – 530с.

17. ДСТУ 4588:2006 Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови / Офіц.вид – К. Держспоживстандарт України, 2006-III, 23 с.

18. ДСТУ 7044:2009 Вироби хлібобулочні. Укладання, зберігання і транспортування – Офіц.вид. К.: Держспоживстандарт України, 2009-III, 5 с.

19. Датчики: Справочник / З.Ю. Готра, Л.Я. Ильницький, Е.С. Полищук и др.; Под. ред.. З.Ю. Готры, О.И. Чайковского. – Львов: Каменяр, 1995. – 312с.

20. Хорольський В.П., Серебренников:В,М, Коренець.Ю.М , Розчехмаров І.В Ультразвук як аналізатор моніторингу стану харчової сировини//Вісник Хмельницького національного університету- Технічні науки 2019 №6- с138-142

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Справочник механика по холодильным установкам Под ред. Б.П. Якшарова.И. В. Смирнова. – Л.: Агропромиздат.Ленинград. отд., 1989. – 312 с.

22. Большаков С. А., Холодильная техника и технология продуктов питания :Учебник. – М.: Академия, 2003. – 304 с.

23. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навч. посіб. – К.: НУХТ, 2003. – 320с.

24. Ладанюк.А. П. „Автоматизація. технологічних процесів і виробництв харчової промисловості; монографія. – К.: Інтер, 2015. – 408с.

25 Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления К.: Наукова думка 2002. - 418с.

26 Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: Учеб. пособие / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г.Схиртладзе, С.В. Фролов. – М.: Машиностроение, 2004. – 180с.

27 Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-ти тт. 2-е изд. перераб. и доп. Т.5 Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784с.

28 Шмалько Н.А. Технология для комплексной оценки качества хлебопекарного сырья, полуфабрикатов и готовой продукции/ Н.А.Шмалько, Ю.Ф.Росляков, О.В.Руденко, Ю.А.Токарева// Пищевая наука и технология (Украина, Одесса), 2011. - №3 (16). – с.28 – 30.

29. Швед С.М. Системний аналіз технологічного процесу виробництва хлібобулочних виробів/ С.М.Швед, І.В.Ельперін// Східно – європейський журнал передових технологій. – 2012. - №6/ 3(60). – с.44 – 46.

30. Швед С.М. Автоматизоване управління виробництвом хліба з підсистемою оперативної корекції технологічних режимів Авт. дис. на здобуття н.ст к.т.н. Наук. керівник Ельперін І.В. К.: - 2012- 16 с.

31. Закон України від 06 вересня 2005 року № 2809 – IV «Про безпечність та якість харчових продуктів» // Офіційний вісник України, 2005. - №42.

32. Хорольський В.П. Інтелектуальна система управління та моніторингу робочих характеристик технологічного обладнання хлібобулочних заводів // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки .2016 - №6, с.55 - 62.

33. Simatic – C7 Control system : Manual – Siemens, 07/2006 – 92 pp.  
Simatic – LOGOL : Руководство пользователя – Siemens, 03/2009 – 302 pp.

34. Khorolskyi V., Korenets Yu., Ostapenko I. Development of robototechnological complex of intellectual management by bread manufacturing for technological loading territories. // Technology audit and production reserves - № 1/3(39), - 2018. – 53-58pp.

35. Хорольський В.П., Коренець Ю.М., Копайгора О.К., Заїкіна Д.П., Литвиненко А.К. Автоматизована система нечіткого керування процесами виробництва та заморожування ремісничого хліба // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки 2021 - №1

36. Хорольський В. П., Коренець Ю.М., Копайгора О.К., Литвиненко А.К. Інтелектуальна система управління технологічними процесами заморожування продуктів харчування. // Інноваційний розвиток готельно-ресторанного господарства та харчових виробництв: матеріали 1. Міжнародної наук. практ. інтернет-конференції 2020р. Прага: Octan Print 2020 с130-131

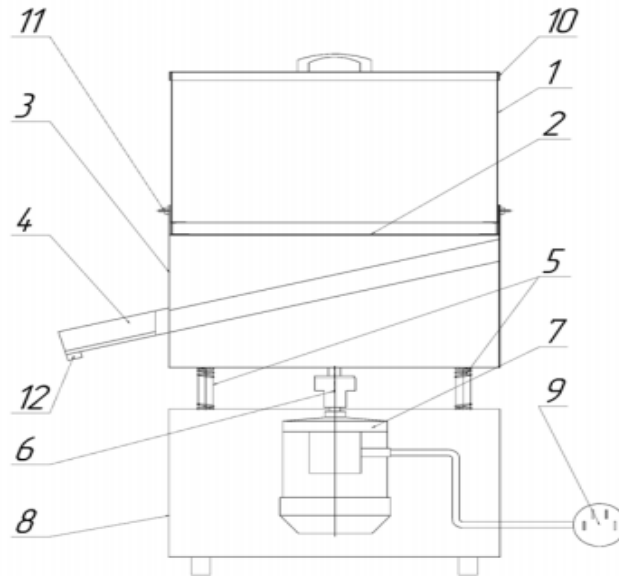
37. Інтелектуальні системи управління виробництвом хлібобулочних виробів  
/В.П.Хорольський, Ю.М.Коренець, А.В.Возняк, О.В.Омельченко та ін.// за ред. проф. В.П.Хорольського-Кривий Ріг\_Видавець ФО-П Чернявський Д.О.-2019.204с.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

# Додаток

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток 1. Загальний вигляд установки підготовки борошна фірми Iterma МП-1



Установка складається з наступних елементів:

1. Завантажувальний бункер
2. Сито
3. Приймальний бункер
4. Лоток приймального бункера
5. Пружини-амортизатори (4шт.)
6. Генератор коливань
7. Привід генератора коливань
8. Каркас приводу
9. Вилка електрична (в комплект не входить)
10. Кришка просіювача
11. Гайка кріплення завантажувального бункера
12. Пристрій магнітної сепарації

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Литвиненко А.К				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хорольський В.П					54	57
Н. Контр.	Хорольський В.П				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.	Омельченко О.В						
<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>							

## Додаток 2. Горизонтальний тістомісильний апарат



					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	Литвиненко А.К				<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Хорольський В.П					55	60
<i>Н. Контр.</i>	Хорольський В.П				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	Омельченко О.В						
					<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>		

### Додаток 3. Планетарний тістомісильний апарат



					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	Литвиненко А.К				<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Хорольський В.П					56	60
<i>Н. Контр.</i>	Хорольський В.П				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	Омельченко О.В						
					<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>		



Додаток 4. Ротаційна піч



					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		Литвиненко А.К				<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		Хорольський В.П					<i>Аркушів</i>
<i>Н. Контр.</i>		Хорольський В.П					
<i>Затверд.</i>		Омельченко О.В					
<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>						57	60
					<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		

## Додаток 4. Виробництво ремісничого хліба в промислових масштабах

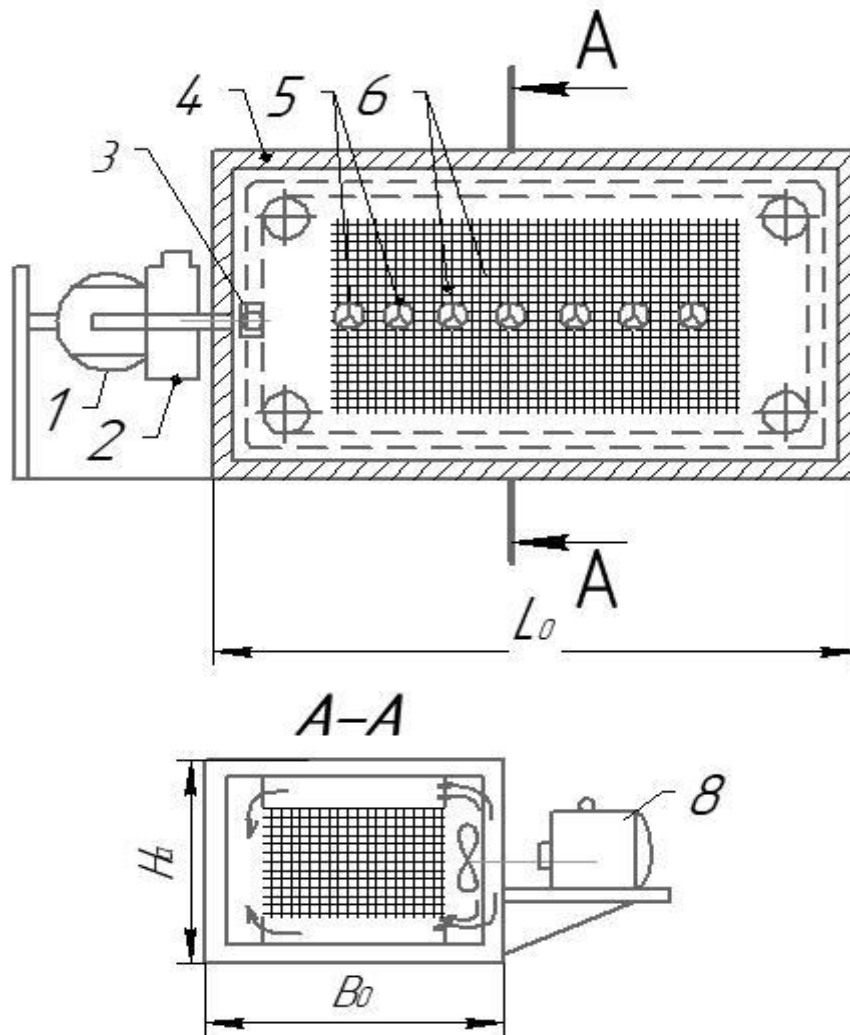
### Концепції виробництва замороженого хліба і хлібобулочних виробів



					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Литвиненко А.К				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хорольський В.П					58	60
Н. Контр.	Хорольський В.П				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.	Омельченко О.В						

Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба

Додаток 5. Принципова схема повітряного конвеєрного морозильного апарата.



- 1 – вузол завантаження й розвантаження;
- 2 – паровий ящик (скриня);
- 3 – блок – форма;
- 4 – ізольований контур апарата;
- 5 – осьові вентилятори;
- 6 – оребрені секції повітроохолоджувача;
- 7 – вантажний конвеєр;
- 8 – електродвигун.

					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	Литвиненко А.К				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Хорольський В.П					59	60
<i>Н. Контр.</i>	Хорольський В.П				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	Омельченко О.В						
					<b>Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба</b>		

Додаток 6. Автоматизована система керування виробництвом продукції.



					<b>ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Литвиненко А.К				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хорольський В.П					60	60
Н. Контр.	Хорольський В.П				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.	Омельченко О.В						
					Розробка енергоефективного обладнання для виробництва та заморожування ремісничого хліба		