

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  
«Обладнання переробної і харчової  
промисловості»

\_\_\_\_\_ Хорольський В.П.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023\_\_ року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр»  
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової  
промисловості»

на тему: **МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ СМАКУ І  
АРОМАТУ ПРОДУКТУ ХАРЧУВАННЯ»**

Виконав:  
здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Расчехмаров Іван Валерійович \_\_\_\_\_ (підпис)  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

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

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

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

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 магістр

Галузь знань Механічна інженерія

Освітня програма Обладнання переробної і харчової промисловості

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми «Обладнання  
переробної і харчової промисловості»

Хорольський В.П.  
«    »      2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Расчехмарову Івану Валерійовичу  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1.Тема кваліфікаційної роботи: «Методи і засоби вимірювання смаку і аромату продукту харчування».

Керівник роботи д.т.н., проф., Хорольський В.П.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від «02» травня 2023 р. № 69с

2.Строк подання здобувачем ВО роботи «04» грудня 2023 р.

3.Вихідні дані до роботи

- 1.Фахова та методична література
2. Наукові публікації
3. Навчальні підручники, довідники, посібники

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ
2. Методи та засоби вимірювання органолептичних властивостей харчових продуктів
3. Впровадження системи контролю якості у виробництво хлібобулочних виробів
4. Впровадження системи контролю якості у виробництво хлібобулочних виробів

5.Висновки

6 Список використаних джерел

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

1. Структурні схеми вимірювань:

2. Приблизний состав блоків підкомплекса АСАТ

3. Принципова дія промислового хроматографа

4. Принципова схема ІЧ-аналізатора.

5. Загальний вигляд електронного носу

6 Технологічне обладнання для випікання хліба з пророщеними ростками пшениці

7. Конструкція форми обладнання

8. Принципова схема повітряного конвеєрного морозильного апарата

9. Інтелектуальна система управління процесом охолодження і

заморожування ремісничого хлібу

6. Дата видачі завдання «1» вересня 2023 р.

7.Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Опрацювання літературних джерел і складання плану роботи, вступ.	11.09-28.09.23
2	Написання першого розділу	29.09-18.10.23
3	Написання другого розділу	19.10-19.11.23
4	Написання третього розділу та висновків	20.11-30.11.23.
5	Оформлення роботи, доопрацювання зауважень, і подання до захисту	30.11.23.

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Расчехмаров І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Хорольський В.П.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Тема Методи і засоби вимірювання смаку і аромату продукту харчування

Об'єкт дослідження: Виробництво хліба із пророщеними ростками пшениці.

Предмет дослідження: Методи та засоби вимірювання смакових і ароматичних характеристик продукту харчування.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка та впровадження інноваційних методів та технологій для контролю смакових та ароматичних параметрів хліба із пророщеними ростками пшениці в умовах виробництва. Дослідження спрямоване на підвищення якості та конкурентоспроможності продукції, а також на розширення можливостей використання інноваційних технологій у харчовій промисловості.

Науково-практична цінність: Дослідження відкриває перспективи для удосконалення та оптимізації виробництва хліба із пророщеними ростками пшениці за допомогою методів вимірювання смакових та ароматичних характеристик. Результати можуть бути застосовані для підвищення якості продукції, забезпечення консистентності смакових властивостей та впровадження новаторських підходів у харчовій промисловості.

Ключові слова: Харчова промисловість, хліб із пророщеними ростками пшениці, смакові характеристики, аромат, методи вимірювання, інновації, якість продукції.

## ЗМІСТ

Вступ

Розділ 1. Методи та засоби вимірювання органолептичних властивостей харчових продуктів

1.1. Аналітичні дослідження методів вимірювання смакових властивостей харчових продуктів.

1.2. Методи і засоби вимірювання смакових якостей хлібобулочних виробів.

Розділ 2. Впровадження системи контролю якості у виробництво хлібобулочних виробів.

2.1. Методи і засоби вимірювання смаку і аромату продукту харчування.

2.1.1. Методи та засоби вимірювання структури компонентів продукту.

2.1.2. Методи та засоби вимірювання кількості ядер елементів продукту.

2.1.3. Методи і засоби вимірювання харчової цінності продукту.

2.2. Методи і засоби вимірювань властивостей речовин.

2.2.1. Методи і засоби вимірювань щільності.

2.2.2. Методи та засоби вимірювання вологості.

2.2.3. Методи та засоби вимірювання в'язкості.

2.3. Автоматизована система управління смаковими якостями хлібобулочних виробів.

Розділ 3. Розробка технологічного обладнання для виробництва хліба з покращеними характеристиками.

3.1. Технологічні особливості виробництва хліба для регіонів з забрудненими територіями.

3.2. Імітаційна система вимірювання смаку і аромату в процесі випічки хліба з пророщеними ростками пшениці.

3.2.1 Розташування датчиків у виробничому процесі.

3.3 Обладнання для випікання формового хліба з конвеєра.

3.3.1 Структура та елементи конвеєрного обладнання.

3.3.2 Інтеграція мехатронних пристроїв та автоматизаційних систем.

3.3.3 Конструкція форми обладнання.

3.4. Інтелектуалізація технології виробництва інноваційних сортів хліба для техногенних територій.

3.5. Оцінка економічних аспектів виробництва інноваційних сортів хліба з пророщеними ростками пшениці.

3.5.1 Енергозатрати виробництва інноваційного хліба.

3.5.2 Оцінка вартості інноваційного хліба на ринку України.

3.5.3 Фактори конкурентоспроможності на ринку.

3.5.4 Прогнозна конкурентоспроможність інноваційного хліба.

3.6. Управління виробництвом хліба в умовах веєрних відключень електроенергії на хлібозаводі.

3.6.1 Резервне електроживлення.

3.6.2 Автоматизовані системи управління енергоспоживанням.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3.6.3 Екстреними заходами та планами евакуації.
  - 3.6.4 Системи моніторингу та аварійного оповіщення
  - 3.6.5 Планування та тренування персоналу.
- Висновки  
Список використаної літератури.  
Додатки.

					<b>ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ</b>	Арк.
						7
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

Сучасна промисловість харчових продуктів вимагає постійного вдосконалення технологій та підвищення якості виробництва. Один із ключових аспектів у цьому контексті – це забезпечення вищої якості продукту через контроль органолептичних параметрів, таких як смак і аромат.

Моя дипломна робота присвячена розробці та впровадженню нових методів та засобів вимірювання смаку та аромату продуктів харчування, зокрема, формового хліба із пророщеними ростками пшениці. Робота включає в себе широкий аналіз існуючих технологій, висвітлення аспектів виробництва та впровадження інноваційних підходів для підвищення ефективності та якості продукції.

В першому розділі роботи "Технічний огляд" проаналізовано сучасний стан технічних рішень у вимірюванні смакових та ароматичних характеристик продуктів харчування. Другий розділ "Контроль якості в умовах виробництва" детально розглядає питання контролю якості, зокрема в умовах виробництва хліба, і надає практичні рекомендації для підвищення ефективності цього процесу.

Третій розділ "Обладнання для випікання формового хліба з конвеєра" представляє імітаційну модель виробництва, де застосовуються інтегровані сенсорні системи для контролю смакових та ароматичних параметрів хліба, а також описується обладнання для випікання.

Також у цьому розділі було розглянено питання "Інтелектуалізація технології виробництва інноваційних сортів хліба для техногенних територій" розглядаються можливості застосування інтелектуальних технологій для покращення виробництва та підвищення якості хліба.

У заключній частині розділу нами наведені "Економічні та енергетичні аспекти" оцінює економічний ефект та енергетичні витрати виробництва нового продукту, а також розглядає питання управління виробництвом в умовах веєрних відключень електроенергії. Загальна мета цієї роботи – не лише представити нові підходи у вимірюванні органолептичних характеристик продуктів, але й показати їхню практичну реалізацію в умовах виробництва, сприяючи підвищенню конкурентоспроможності та якості харчової продукції.

					<b>ДонНУЕТ.133. ГМБ-22с.2023.ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Расчехмаров</i>			<b>Вступ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Хорольський</i>					8	1
Н. Контр.		<i>Омельченко</i>			<b>ДонНУЕТ</b>			
Затверд.		<i>Хорольський</i>			<b>Кафедра ЗІДО</b>			

## РОЗДІЛ 1

### МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

#### 1.1. Аналітичні дослідження методів вимірювання смакових властивостей харчових продуктів.

Засоби вимірювань є сукупністю технічних засобів (засобів), які використовуються під час різних вимірювань та мають стандартизовані метрологічні властивості. Тобто, вони відповідають вимогам метрології щодо одиниць вимірювань і точності вимірювань, надійності та відтворюваності отриманих результатів, а також вимогам щодо їх розмірів та конструкції.

Основними засобами вимірювань є вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади, вимірювальні установки та вимірювальні системи.

В основі будь-якого технічного засобу вимірювань лежить певний принцип дії, що представляє собою фізичний принцип - закон, явище, закономірність та інше, що покладено в основу функціонування засобу вимірювань конкретного виду. Наприклад, термоелектричний термометр (термопара) складається з двох основних елементів: термоелектричного перетворювача температури (ТЕПТ) та електромереживого приладу - мільвольтметра, з'єднаних між собою електричним зв'язком (проводами). Принцип дії ТЕПТ ґрунтується на термоелектричному ефекті, а мільвольтметра - на електромагнітній індукції (взаємодія сталого магніту із провідником у вигляді обрамленої рамки, через яку протікає електричний струм). У результаті процесу вимірювань на виході будь-якого засобу вимірювань виникає сигнал вимірювальної інформації про певне явище, подію, стан об'єкта чи керівних команд, оповіщення і таке інше. Цей сигнал може бути використаний на місці його формування, може бути перетворений у форму, зручну для його використання в іншому місці та таке інше. Таким чином, сигнал вимірювальної інформації є носієм даних (параметрів), сформованих за допомогою вимірювальних пристроїв різного призначення, принципів дії, методів і засобів вимірювань, виконаних з урахуванням їх метрологічного призначення.

Вимірювальні перетворювачі (датчики) призначені для формування сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки та зберігання. Вимірювальні перетворювачі (ВП) поділяються на наступні основні групи.

					ДонНУЕТ.133. ГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Расчехмаров</i>			Методи та засоби вимірювання органолептичних властивостей харчових продуктів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Хорольський</i>					9	7
Н. Контр.		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ		
Затверд.		<i>Хорольський</i>				Кафедра ЗІДО		



1. Первинні перетворювачі, до яких підводиться вимірювана фізична величина. Ці перетворювачі є першими в вимірювальному ланцюжку і призначені для первинного перетворення вимірюваної фізичної величини в форму, зручну для подальшого використання.

2. Проміжні перетворювачі займають в вимірювальному ланцюжку місце після первинного перетворювача і призначені для проведення необхідних перетворень (підсилення, випрямлення, згладжування та інше).

Передавальні перетворювачі призначені для дистанційної передачі сигналів вимірювальної інформації. Перетворювачі можуть бути електричними, пневматичними, гідравлічними, електропневматичними, пневмоелектричними та іншими.

Вимірювальні прилади призначені для формування сигналу вимірювальної інформації (електричного, пневматичного, оптичного тощо) у формі, зручній для безпосереднього сприймання спостерігачем. За формою видачі інформації вимірювальні прилади поділяються на аналогові, покази яких є неперервною функцією вимірюваної величини, і цифрові, покази яких є дискретними та подаються у цифровому вигляді.

Сигнали вимірювальної інформації можуть бути природними, тобто не піддаватися жодним перетворенням, та перетвореними, які пройшли спрямовані перетворення для зручного їх використання.

Залежно від способу відображення інформації вимірювальні прилади поділяються на наступні групи:

1. Відображувальні - прилади, які забезпечують відображення показів.

2. Реєструючі - прилади, які забезпечують реєстрацію показів. Ця група складається з двох основних типів приладів: самопишучих, де покази записуються у вигляді діаграм, і друкарських, де покази записуються у вигляді цифр.

3. Інтегруючі - прилади, в яких вимірювана величина інтегрується за часом або іншою незалежною змінною.

4. Сумуючі - прилади, покази яких функціонально пов'язані з сумою двох або кількох величин, які підводяться до приладу по різних каналах.

Вимірювальні установки призначені для формування сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього сприймання спостерігачем, і представляють собою сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних перетворювачів, вимірювальних приладів та інших

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допоміжних пристроїв, розташованих в одному місці і об'єднаних єдиною конструкцією.

Вимірювальні системи призначені для формування сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для автоматичної обробки, передачі та використання в автоматизованих системах управління (АСУ), що складаються з сукупності вимірювальних засобів та допоміжних пристроїв, об'єднаних між собою відповідними каналами зв'язку.

Зазначені засоби вимірювань складаються з ланок - структурних елементів, головними з яких є чутливі та перетворювальні елементи, вимірювальні, реєструючі та лічильні пристрої.

Чутливий елемент - це частина перетворювача вимірювань у вимірювальному ланцюжку, яка безпосередньо піддається впливу вимірюваної фізичної величини. В якості чутливих елементів використовуються різноманітні пристрої, що базуються на різних фізичних принципах - від простих механічних ривків, термоелектродів і електролітичних електродів до тензодатчиків, оптичних пристроїв і фотопомножувачів, які реагують на вплив на рівні елементарних частинок та інших.

Перетворювальний елемент - це елемент, де відбуваються послідовні перетворення вимірюваної фізичної величини. За допомогою засобів вимірювань фізичні величини перетворюються в різноманітні вихідні величини, які використовуються як сигнал вимірювальної інформації. Такі перетворення реалізуються за допомогою різних структурних схем, основні з яких представлені на рисунку 1.1.

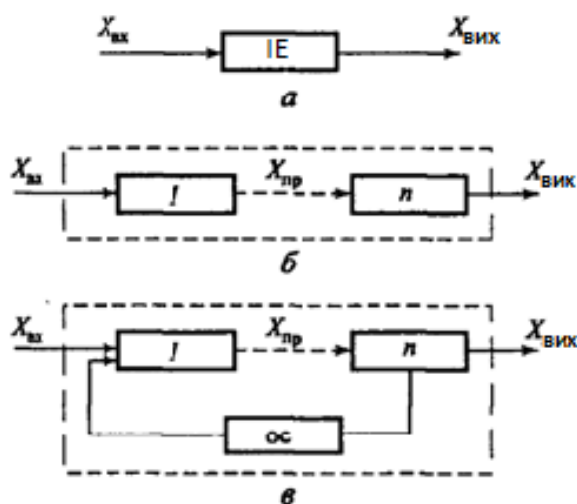


Рисунок 1.1 Структурні схеми вимірювань:

- а) – проста; б) – послідовна;
- в) – з зворотнім зв'язком

У схемі (рис. 1.1 а) представлений один перетворювальний елемент - первинний вимірювальний перетворювач ПВП, за допомогою якого вимірювана фізична величина  $X_{вх}$ , безпосередньо перетворюється в сигнал вимірювальної інформації  $X_{вих}$ , у вигляді природної вихідної величини. Ця схема широко використовується в вимірювальних перетворювачах та пристроях.

У схемі (рис. 1.1 б) представлена послідовність ланок прямого перетворення, від елемента 1 до  $n$  ланок. Ці ланки, в яких вимірювана фізична величина  $X_{вх}$ , перетворюється в проміжну вихідну величину  $X_{пр}$ , а потім, після одного або декількох перетворень, - в вихідну величину  $X_{вих}$ , зручну для використання в вимірювальних і лічильних пристроях або для передачі сигналу в канали зв'язку.

Схеми зворотних зв'язків найбільш поширені (рис. 1.1 б). Використання зворотних зв'язків дозволяє будувати компенсаційні вимірювальні пристрої, які мають ряд важливих переваг у порівнянні з схемами без зворотних зв'язків. Схеми з зворотним зв'язком надають можливість враховувати результат своєї дії для зміни його в разі потреби, а також здатні працювати незалежно від деяких зовнішніх умов, оскільки вони виконують функції фільтрації впливів і інших.

Компенсаційні вимірювальні пристрої з точності перетворення перевершують системи прямого перетворення через те, що вимірювання відбуваються практично без споживання енергії процесу та мало навантажують об'єкт вимірювання. При розробці та конструюванні засобів вимірювань прагнуть якнайбільше використовувати зворотні зв'язки в системах перетворення сигналів.

Вимірювальний механізм - це частина засобу вимірювань, що складається з елементів, взаємодія яких викликає їх взаємний рух. Наприклад, вимірювальний механізм мілівольтметра складається з постійного магніту з деталями магнітопроводу та рухомої рамки з пружинами або підвісками, через які до неї (рамки) підводиться електричний струм.

Реєструвальний пристрій - це частина засобу вимірювань, призначена для запису показів або їх представлення у цифровій формі.

Лічильний пристрій - це частина засобу вимірювань, призначена для лічення значень вимірюваної величини, наприклад, шкала і стрілка показуючого приладу.

Шкалою приладу називається частина лічильного пристрою, що складається з сукупності позначок, представлених числами або символами, які відповідають послідовним значенням вимірюваної фізичної величини. Шкали вимірювальних приладів бувають прямолінійними, круговими або дуговими,

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівномірними або нерівномірними. Вони можуть бути односторонніми, двосторонніми та безнульовими. Вимірювальні прилади з одним діапазоном вимірювань мають одинарну шкалу, з декількома – подвійну. Потрійну і т.д.

Показчиком приладу називається частина відлікового пристрою, положення якої відносно позначок шкали визначає показання приладу. Показчиком може бути стрілка, промінь світла, рівень (меніск) робочої рідини в вимірювальній трубці або бульбашка повітря в ній. Показчиком є рухомий елемент, але в деяких приладах передбачено нерухомий показник і обертовий циферблат із шкалою.

Показчиком приладу називається частина відлікового пристрою, положення якої відносно позначок шкали визначає виміри приладу. Показчиком може бути стрілка, промінь світла, рівень (меніск) робочої рідини в вимірювальній трубці або бульбашка повітря в ній. Показчик є рухомих елементом, але в деяких приладах передбачено нерухомий показчик і обертовий циферблат зі шкалою.

Конструктивно, вимірювальні пристрої можуть бути виконані як одне ціле в загальному корпусі, або складатися з декількох частин у різних корпусах. Прилади в одному корпусі зазвичай призначені для локального використання, тоді як прилади, що складаються з декількох частин, забезпечують дистанційну передачу вимірів.

Деякі види приладів виконують кілька функцій, надаючи одночасно виміри та запис вимірюваної величини. Іноді вони обладнані інтегруючими пристроями, додатковими електроконтактними пристроями для автоматичного регулювання або сигналізації межових значень технологічного параметра тощо.

Елементи пристроїв перетворення, вимірювальні механізми приладів та інші компоненти, враховуючи умови експлуатації, розміщуються в спеціальних захисних корпусах, що захищають їх від механічних впливів, вологи, пилу та агресивних газів. За формою корпуси приладів можуть бути квадратними, прямокутними або круглими, а за розмірами - великими, малими і мініатюрними. Форма, розміри та методи кріплення приладів визначені стандартами. Для полегшення монтажу, обслуговування та ремонту деякі прилади обладнані спеціальними пристроями, на які кріпляться основні деталі та з'єднання вимірювального механізму.

Засоби вимірювань, що використовуються на виробництві для вимірювання технологічних параметрів та при проведенні лабораторних та калібрувальних робіт, розділяються на зразкові та робочі. Зразковий засіб вимірювань - це засіб, перетворювач вимірювань або прилад, які використовуються для калібрування інших засобів вимірювань та схвалені як зразкові. Робочий засіб вимірювань - це перетворювач вимірювань або прилад,

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначений для вимірювань, які не пов'язані з передачею розмірів одиниць фізичних величин іншим засобам вимірювань.

Існують два режими роботи засобів вимірювань: стаціонарний (встановився) і нестаціонарний (динамічний). Обидва режими перетворення вхідної величини на вихідну визначаються відповідно статичними і динамічними характеристиками.

Статична характеристика засобу вимірювань визначає функціональну залежність між вхідною та вихідною величинами в установившихся режимах роботи. У таких режимах засоби вимірювань статична характеристика порушується через властиву їм інерційність.

Динамічна характеристика засобу вимірювань визначає функціональну залежність між вхідною та вихідною величинами в неустовивих (динамічних) режимах роботи засобу вимірювань. Розмір відхилень динамічних характеристик від статичних залежить від інерційних властивостей засобу вимірювань та його компонентів.

Статичні та динамічні характеристики засобів вимірювань мають значний вплив як на їх виміри, так і на їх використання як перетворювачів в системах автоматичного регулювання та управління. Розрахунок цих систем неможливий без врахування статичних і динамічних характеристик елементів цих систем для забезпечення їх оптимального функціонування.

## **1.2. Методи і засоби вимірювання смакових якостей хлібобулочних виробів**

Засоби вимірювальної техніки, призначені для аналізу складу речовини, називають аналізаторами, а вимірювальні перетворювачі, які входять до їх складу, - аналітичними пристроями. У більшості випадків аналізатори є складними вимірювальними системами, в які входять різні спеціалізовані блоки та пристрої, пов'язані зі збором зразків, їх підготовкою і переміщенням, аналізом, обчисленнями і іншими функціями.

Автоматичні аналізатори випускаються в рамках державної служби приладів (ДСП) як частина агрегатного комплексу засобів аналітичної техніки (АСАТ). Комплекс складається з різних підкомплексів, побудованих на основі різних принципів вимірювань. Приблизний склад блоків підкомплексів АСАТ подано на рисунку 1.2.

Вимірювальні перетворювачі та аналізатори, які використовуються в АСАТ, дозволяють аналізувати речовини в газоподібному, рідкому, твердому, порошкоподібному стані, а також у вигляді плазми, суспензій і аерозолів.

Агрегатний комплекс засобів аналітичної техніки (АСАТ) складається з наступних підкомплексів: фотометричних засобів вимірювань (АСАТ-Ф), кондуктометричних засобів вимірювань (АСАТ-К), потенціометричних засобів вимірювань хімічного складу (АСАТ-П), діелектричних засобів вимірювань

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складу (АСАТ-Д), магнітних, термомагнітних засобів вимірювань (АСАТ-М). Для контролю фізико-механічних параметрів матеріалів, сировини та готової продукції застосовуються агрегатний комплекс засобів випробувань матеріалів та готової продукції на міцність (АСИП) та агрегатний комплекс засобів неруйнівного контролю (АСНК).

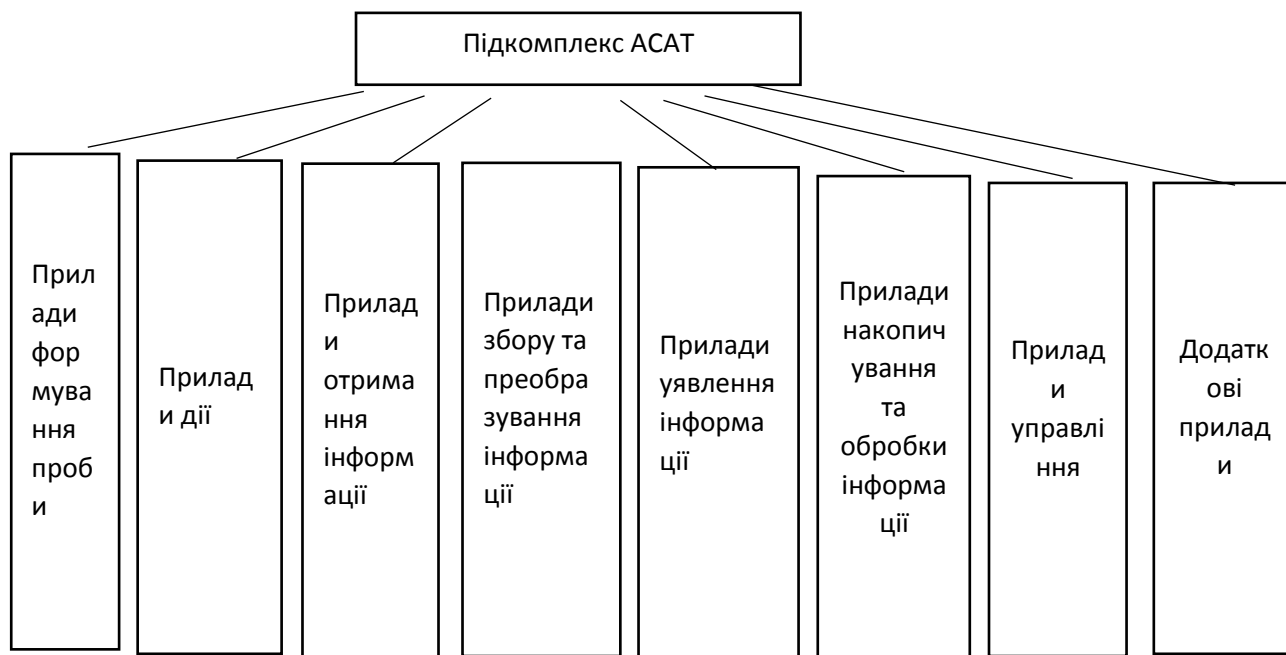


Рисунок 1.2. Приблизний склад блоків підкомплекса АСАТ

## РОЗДІЛ 2

### ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ У ВИРОБНИЦТВО ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

#### 2.1. Методи і засоби вимірювання смаку і аромату продукту харчування

Під час сертифікації продукту харчування смак та аромат мають велике значення і зумовлені великою кількістю органічних і неорганічних сполук на молекулярному, іонному і атомному рівнях (кислоти, спирти, альдегіди, кетони та інші сполуки в малих і дуже малих кількостях).

Хроматографія є одним із найбільш універсальних інструментальних методів для аналізу смаку та аромату харчових продуктів. Відомо, що у хлібі знайдено 211 сполук, які можуть брати участь у формуванні його смаку та аромату, в вині цих компонентів значно більше.

Хроматографія представляє собою фізико-хімічний метод розділення складних сумішей продукту (у газовій і рідкій фазах), при якому компоненти розподіляються між двома фазами, одна з яких є рухомою фазою аналізованого продукту (рухома фаза), а друга - нерухомим сорбентом із розвиненою поверхнею (нерухома фаза), через який рухається аналізований потік.

Хроматограф - це аналізатор газової або рідкісної фази продукту, призначений для визначення їх складу, в залежності від здатності входящих у них компонентів взаємодіяти зі сорбуючими речовинами. Він складається з реактора-випарювача, в який вводиться проба продукту. Ця проба підхоплюється рухомою фазою (газ-носієм) і подається в хроматографічну колонку. Вона заповнена сорбентом, який є нерухомою фазою, через яку рухається аналізований потік.

У результаті сорбційного процесу відбувається розділення суміші продукту на окремі компоненти. На виході з колонки розділені фракції продукту подаються в детектор, сигнал від якого, пропорційний вмісту компонентів проби продукту, реєструється і відображається операторові на дисплеї або друкуються на друкарському пристрої.

Процес хроматографічного розділення може бути здійснений одним з трьох методів: адсорбційним, фронтальним або витіснювальним.

					<b>ДонНУЕТ.133. ГМБ-22с.2023.ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Расчехмаров</i>			Впровадження системи контролю якості у виробництво хлібобулочних виробів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Хорольський</i>					16	14
Н. Контр.		<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ</b>		
Затверд.		<i>Хорольський</i>				<b>Кафедра ЗІДО</b>		

У промисловій хроматографії переважно застосовується метод адсорбції, який дозволяє досить точно визначити аналізовані компоненти проби продукту за вихідними сигналами - хроматограмами, які отримані за допомогою детектора. На рис 2.1. наведено комплекс – промисловий хроматограф в системі контролю параметрів хліба.



Рисунок 2.1. Принципова дія промислового хроматографа

Промислові хроматографи в основному оснащені спеціальними пристроями (мікропроцесори або мікроелектронні обчислювальні машини) для обробки хроматографічної інформації. Її обробка включає в себе розпізнавання (ідентифікацію) хроматограм та проведення обчислювальних операцій, що характеризують якісний та кількісний склад харчового продукту, його харчову цінність, смак та аромат.

### 2.1.1. Методи та засоби вимірювання структури компонентів продукту

Для отримання мас-спектра молекули сполуки у газоподібному стані її піддають іонізації в мас-спектрометрі, після чого здійснюють розділення та аналіз отриманих іонів за їх масами. Різноманітність отримуваних іонів визначається структурою та стійкістю (потенційною енергією) як початкової молекули, так і утворених заряджених та незаряджених її фрагментів. Тому мас-спектр, що вказує на відносні інтенсивності та значення молекулярної маси та заряду (тобто мас-заряду) іонів та молекулярних фрагментів, містить інформацію про різні частини дослідженої молекули.

Цю інформацію можна використовувати для логічного відтворення структури молекули аналізованого з'єднання.

Магнітний мас-спектрометр складається з п'яти зон іонізації, під час послідовного проходження яких молекули та іони контрольованої сполуки піддаються впливам електромагнітного поля і потоку електронів. Молекули аналізованого матеріалу дифундуються через зони іонізації, де вони іонізуються при зіткненні з потоком електронів. Додатньо заряджені іони витягуються з зони іонізації і прискорюються електричним полем. Потім іони



потрапляють у зону магнітного поля, де відбувається розділення за масами, оскільки іони отримують певну кінетичну енергію та мають різні швидкості відповідно до своїх мас. За масами, які утворюються внаслідок цих перетворень, можна визначити, які атоми або групи атомів брали участь у складі молекули харчового продукту. Важливим параметром, який визначає якість мас-спектрів, є роздільна здатність мас-спектрометра. Чим вище роздільна здатність, тим легше та надійніше можна визначити маси різних іонів. Більшість сучасних мас-спектрометрів високої роздільної здатності мають роздільну здатність понад 25 000. Для них характерна достатньо висока точність вимірювання -  $10^{-3}$  атомних одиниць маси.

В ІЧ-аналізаторах використовується технологія скануючого монохроматора, що забезпечує найвищу якість сигналу. Ці системи використовують світло ближнього інфрачервоного діапазону і точно вимірюють поглиблення на кожній довжині хвилі. Надійні калібрування перетворюють цю спектральну інформацію в багатокомпонентні значення, які не можуть бути визначені кількісно при візуальному огляді. Ці системи відрізняються гнучкістю, простотою використання та швидкістю, оскільки аналіз зразків може бути проведений менше ніж за одну хвилину. Такі пристрої рекомендуємо використовувати в експрес лабораторіях для оцінки кольору готового продукту. На рисунку 2.2. наведено принципова схема роботи ІЧ-аналізатора.

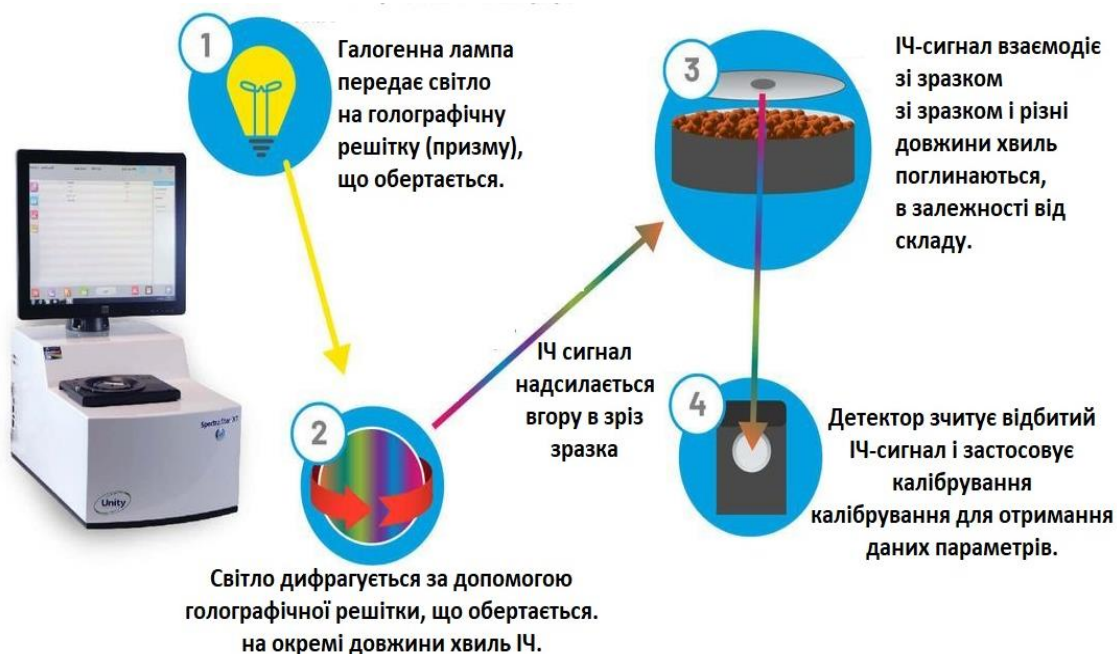


Рисунок 2.2 Принципова схема ІЧ-аналізатора.

### 2.1.2. Методи та засоби вимірювання кількості ядер елементів продукту

Метод ядерного магнітного резонансу (ЯМР) ґрунтується на вибіркового поглинанні речовиною енергії електромагнітного поля при фіксованій частоті внаслідок переорієнтації ядерних спінів за певних умов.

					ДОННУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Резонансна частота, на якій відбувається поглинання, залежить від властивостей ядер та зовнішнього магнітного поля, що діє на цей матеріал. Кількість поглинутої енергії пропорційна кількості ядер, що містяться у зразку, наприклад, пропорційна кількості протонів, що входять до складу молекул води. Таким чином, за інтенсивністю поглинання енергії протонами визначають вологість матеріалу.

ЯМР-тагометр представляє собою вимірювальний перетворювач - резонансний контур із розташованим у ньому контрольованим матеріалом, розташованим у постійному магнітному полі, що має певну напругу. Цей перетворювач знаходиться у внутрішньому просторі котушки, що входить до паралельного резонансного контуру, який живиться струмом високої частоти від генератора. Його радіосигнал посилюється та детектується. При генеруванні енергії частоти, що відповідає резонансній частоті водню, відбувається поглинання енергії, яке раптово змінює еквівалентні параметри резонансного вимірювального контуру. Під час цього процесу детектор перетворює цей сигнал у вихідну напругу, яка подається на вимірювальний пристрій, зкалібрований величинами відносної вологості. Діапазон вимірювань становить від 0 до 100%, клас точності 1,0. Результати вимірювань не залежать від гранулометричного та хімічного складу матеріалу.

Підключення аналізаторів властивостей харчових продуктів з аналоговими вихідними сигналами до мікропроцесорних систем контролю та управління виконується за допомогою АЦП (тобто модулів введення аналогових сигналів серій АДАМ-4000 і АДАМ-5000), а саме через АДАМ-4012, АДАМ-4017, АДАМ-4080Д, АДАМ-4080, АДАМ-5017, АДАМ-5017Н, АДАМ-5080.

### **2.1.3. Методи і засоби вимірювання харчової цінності продукту**

Харчова цінність продукту визначається наявністю в ньому основних компонентів (білків, вуглеводів та жирів), а також вітамінів, мікроелементів та інших сполук.

Для вимірювання складу цих компонентів зазвичай використовують наступні інструментальні методи: оптичні, флуоресцентні, високочастотні і надвисокочастотні, газоаналітичні та радіоактивні. До оптичних методів відносяться спектральний, фотометричний і флуоресцентний методи, до потенціометричних - іонометрія і редоксиметрія, до газоаналітичних - хроматографія і мас-спектрометрія. Радіоактивний метод використовується обмежено.

Оптичні методи базуються на взаємодії світла з речовиною. Під час поглинання світла атоми і молекули поглинаючих речовин переходять в збуджені стани. Енергія, набрана атомами і молекулами, в деяких випадках витрачається на підвищення їх внутрішньої енергії, а в інших випадках в

					<b>ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

процесі флуоресценції або фотохімічних реакцій.

Спектральний аналіз дозволяє проводити аналіз як кольорових, так і безкольорових речовин шляхом вибіркового поглинання монохроматичного світла в видимому, ультрафіолетовому та інфрачервоному діапазонах спектру (див. рис. 2.1). Він характеризується високою точністю (відносна похибка вимірювання становить  $0,5 + 1,0\%$ ). Спектральний аналіз дозволяє проводити кількісний аналіз елементів та органічних сполук, включаючи білки, вуглеводи і жири, в широкому діапазоні довжин хвиль від 185 до 1100 нм. Він також дозволяє проводити кількісний аналіз багатокomпонентних систем, визначення складу світлопоглинаючих комплексних сполук, вивчення хімічних рівноваг та визначення фотометричних характеристик світлопоглинаючих сполук.

Спектральний аналіз дозволяє визначати дуже точні і однозначні характеристики речовин, він відрізняється високою вибірковістю, універсальністю і продуктивністю. Аналіз продуктів харчування проводять на основі спектрів поглинання у відновному (УФ), видимому та інфрачервоному (ІЧ) діапазонах спектру (спектрофотометрія), а також на основі спектрів флуоресценції, комбінованого розсіяння світла та за результатами атомної емісійної спектральної аналізу.

У фрагменті УФ спектра визначається вміст різних груп атомів і вивчаються перетворення окремих складових продуктів харчування.

ІЧ-спектроскопія є важливим фізичним методом для ідентифікації, вивчення структури молекул та кількісного аналізу складних харчових середовищ.

Метод комбінованого розсіяння світла дозволяє отримувати спектри високої роздільної здатності для непрозорих та пористих матеріалів.

Об'єктивність атомної емісійної спектральної аналізу дозволяє проводити якісний та кількісний аналіз, і він застосовується головним чином для визначення вмісту неорганічних елементів у харчових продуктах, таких як риба, м'ясо, вино, пиво тощо.

Спектральний аналіз виконується за допомогою складної вимірювальної апаратури, що включає джерело світла, фотометричні перетворювачі та електронні та обчислювальні пристрої для обробки та зберігання інформації.

Основними завданнями апаратури для спектрального аналізу є реєстрація спектрів поглинання та флуоресценції харчових продуктів, їх ідентифікація та розкриття, запис значень контрольованих компонентів, що характеризують харчову цінність продукту.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також інформацію про спектральні характеристики харчових продуктів можна отримати на основі спектрів поглинання нерозсіювальних речовин та спектрів поглинання та відбивання розсіювального світла продуктів.

Інтенсивність смуг поглинання різна в різних областях спектру. Для ІЧ-спектрофотометрів характерна область  $\lambda = 2,0 + 40$  мкм ( $5000 + 200$  см<sup>-1</sup>). УФ та видимі спектрофотометри працюють в діапазоні  $0,2 + 1,1$  мкм, а ІЧ-спектрофотометри - в діапазоні  $0,4 + 0,85$  мкм.

## **2.2. Методи і засоби вимірювань властивостей речовин.**

Аналізатори властивостей речовин усіх агрегатних станів підкомплексу АСАТ можна розділити на аналізатори: щільності, вологості і в'язкості.

### **2.2.1. Методи і засоби вимірювань щільності.**

Щільність речовини - це величина, яку визначають як відношення маси речовини до об'єму, який вона займає.

Для вимірювання щільності рідини розрізняють поплавкові, вагові, гідростатичні, вібраційні та радіоізотопні щільноміри.

Поплавкові щільноміри (ареометри) застосовуються в основному в лабораторній практиці для вимірювань щільності рідин, тобто для визначення вмісту розчинених речовин в бінарних розчинах. Принцип їхньої дії полягає в вимірюванні витісняючої сили, що діє на поплавок, який поглиблено в контрольоване рідинне середовище. Залежно від типу датчика щільноміра, на виході може формуватися електричний або пневматичний сигнал.

Щільноміри з частково поглибленим поплавком можуть вимірювати щільність рідин у діапазоні від  $0.005$  до  $0.01$  г/см<sup>3</sup> з похибкою  $1.5 + 3\%$  від діапазону вимірювань. Плотноміри з повністю поглибленим поплавком можуть вимірювати щільність рідин у діапазоні від  $0.5$  до  $1.2$  г/см<sup>3</sup> з класом точності  $1.0$ .

Вагові щільноміри використовуються для вимірювання щільності рідини в потоці. В них рідина протікає через петлеобразний відрізок труби, який пов'язаний з основним трубопроводом гнучкими гумовими або металевими патрубками (сильфонами). Зміна щільності рідини відповідно змінює масу петлеобразної труби, і за допомогою електросилового або пневмосилового перетворювача формується нормалізований сигнал, який передається на реєструючий прилад. Діапазон вимірювань цих щільноміри становить  $0.5 + 2.5$  г/см<sup>3</sup> з абсолютною похибкою  $0.5 + 1.5\%$ .

Гідростатичні щільноміри можна використовувати для прямих вимірювань щільності рідини в технологічних об'єктах. Дія їхнього принципу полягає у залежності тиску стовпа рідини сталої висоти від її щільності. Діапазони вимірювань цих плотномірів становлять  $0.04$  до  $0.35$  г/см<sup>3</sup> і  $0.08$  до

					ДОННУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

0.50 г/см<sup>3</sup> відповідно, з основною похибкою 1.5 + 2.0% від діапазону вимірювань.

Робота вібраційних щільноміри базується на функціональній залежності характеристик еластичних коливань резонатора від щільності контрольованого середовища. Резонатори можуть бути виготовлені у вигляді трубки, пластини, стрижня, струни, камертона тощо. За конструкцією різняться поверхневі та занурювальні вібраційні щільноміри. У проточних щільномірах контрольована рідина протікає через внутрішній переріз резонатора, який розміщується у потоці контрольованої рідини. Діапазони вимірювань вібраційних щільномірів становлять 0.5 + 0.6 г/см<sup>3</sup> з абсолютною похибкою 0.0001 г/см<sup>3</sup>.

Принцип дії радіоізотопних щільномірів базується на вимірюванні зміни інтенсивності іонізуючого випромінювання при його проходженні через контрольоване середовище. Вони застосовуються для вимірювань щільності агресивних і в'язких середовищ.

Це інформація про діелектричні та щільнісні засоби вимірювань в АСАТ-Д, а також методи вимірювань щільності рідин.

Цей вимірювач витрат, відомий як ТКЮ-МА\$\$, призначений для вимірювання густини і температури рідин, як провідних, так і непровідних, на основі вимірювання сили Коріоліса. Принцип роботи цього вимірювача полягає в вимірюванні величин коріолісових сил у трубках первинного перетворювача під час проходження через них потоку рідини. Вимірювання густини базується на вимірюванні резонансної частоти коливань трубок первинного перетворювача витрати. Витратомір представляє собою програмний засіб вимірювань, що складається з первинного перетворювача витрат та електричної частини, всі вони розташовані в герметичному корпусі.

Ось деякі технічні характеристики цього витратоміра:

Діапазон вимірювання густини: від 0,5 до 3,5 кг/літр.

Точність вимірювання: ±0,005 кг/літр.

Діапазон вимірювання температури середовища: від -50 до +180 градусів Цельсія.

Максимальна довжина кабелю: 300 метрів.

Цей витратомір є надійним пристроєм для вимірювання густини і температури рідин, і він має точність і діапазон, що робить його корисним у різних застосуваннях. Також він має цифровий дисплей з двома рядками, по 16 символів в кожному, для відображення результатів вимірювань. Цей витратомір виготовляється компанією АВВА в Німеччині.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2.2. Методи та засоби вимірювання вологості

Розділ метрології 06, що стосується вимірювання величин, що характеризують вологість газоподібних середовищ, називається гігрометрією. Засоби вимірювання вологості газів отримали назву гігрометри, а розділ, що стосується вимірювання величин, що визначають вологість твердих і рідких речовин, називається магометрією, а прилади для вимірювання їх вологості — магометрами. Газоподібні середовища можуть бути характеризовані абсолютною і відносною вологістю. Вміст води в рідких і твердих речовинах визначається масовою вологістю або вологою.

Гігрометри за принципом дії поділяються на психрометричні, конденсаційні, сорбційні та діелектричні.

Психрометричні аналізатори (психрометри) використовуються для вимірювання концентрацій (вмісту) водяних парів у газоподібних середовищах. Їх дія базується на охолодженні рідини (зазвичай води) під час її випарювання в контрольованому газоподібному середовищі. Психрометр складається з двох ідентичних термоперетворювачів: сухого, який оминається контрольованим газом, і вологий, який зволожується при контакті з вологою, оскільки притягає воду з особливого судини. У газоподібному середовищі, відносна вологість якого менша за 100%, вода випаровується з поверхні особливого судини і охолоджує вологий термоперетворювач до температури нижче навколишньої. Різниця температур між "сухим" і "вологим" термоперетворювачами дозволяє визначити значення відносної вологості за психрометричними таблицями або спеціальними номограмами. У автоматичних психрометрах в якості термоперетворювачів використовують терморезистори, включені в вимірювальну схему — подвійний важільний збалансований міст, шкала якого виражена в одиницях відносної вологості, клас точності 2,5; інерційність 3 + 5 хвилин.

Конденсаційні гігрометри (гігрометри точки роси) базуються на вимірюванні температури, при якій газоподібна середовище досягає насичення при заданому тиску. Температура насичення визначається за початком конденсації водяних парів на дзеркальній поверхні охолоджуваного тіла при обдуві його контрольованим газовим середовищем. Ця температура називається температурою точки роси. За температурою точки роси за сталого тиску можна визначити абсолютну і відносну вологість газоподібного середовища. Діапазон вимірювань цих гігрометрів складає -80 до -40°C за тиску контрольованого газу 0,05 до 10 МПа, абсолютна похибка вимірювань не більше  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Сорбційні гігрометри діють на основі використання механічних, теплових, оптичних та електричних ефектів, що визначають процес сорбції вологи з навколишнього середовища твердим тілом або рідиною.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Широке застосування мають сорбційні гігрометри, принцип дії яких базується на електричних ефектах. Наприклад, сорбційний гігрометр, в якому масу води визначають за допомогою п'єзоелектричного ефекту, який виникає на пластині, покритій сорбентом (діоксид кремнію, сульфонований полістирол або інший гігроскопічний полімер). Маса сорбованої води визначається за допомогою вимірювання частоти або амплітуди коливань пластини, на поверхню якої нанесений шар сорбента. Пластина включена в високочастотний коливальний контур (5-15 МГц) генератора і розташована в камері, через яку прокачується контрольований газ. Зі зміною вологості контрольованого середовища змінюється маса сорбованої води, а відповідно і частота коливань генератора, до складу якого входить пластина зі шаром сорбента.

Принцип дії діелектричних гігрометрів базується на залежності діелектричної проникності речовини від її вологості. Діелектрична проникність води приблизно в 20-40 разів більше діелектричної проникності інших речовин. У цих гігрометрах контрольований газ прокачується зі сталою об'ємною витратою через камеру, в яку поміщений алюмінієвий стержень зі шаром оксиду алюмінію на поверхні. На поверхні цього шару розташована нікелева провід, і стержень та провід утворюють електричний конденсатор, ємність якого змінюється при сорбції водяних парів оксидом алюмінію. Ємність конденсатора вимірюється мостовою схемою змінного струму. Ці гігрометри працюють в діапазоні від 20 до 100% відносної вологості. Відносна похибка вимірювань становить 1,5%.

Вимірювач-регулятор температури та вологості ІРТВ-5215, у комплекті з ПТВ 056, призначений для вимірювання та регулювання температури і вологості повітря в різних технологічних процесах. У ІРТВ-5215 в якості первинного перетворювача використовується вимірювальний перетворювач температури і вологості ПТВ 056, до складу якого входять ємісний чутливий елемент відносної вологості і терморезистори Pt100. Прилад ІРТВ-5215 вимірює параметри та відображає їх на цифровому табло, а також здійснює функції сигналізації (регулювання) на реле типу (2 налаштування на кожний канал) або безперервного регулювання температури і вологості за витратою пари. Електроуправляемі багатообертові клапани підключаються безпосередньо до приладу.

Дія кондуктометричних гігрометрів базується на вимірюванні електропровідності гігросорбуючих матеріалів відносно вологості контрольованого середовища, їх часто називають сорбційно-кондуктометричними. Наприклад, для постійного вимірювання відносної вологості паровоздушних сумішей часто використовується сорбційно-кондуктометричний гігрометр типу ГС-210. В якості первинного перетворювача в ньому використовується блок, що складається із 7 вузькодіапазонних вологочутливих елементів, з'єднаних між собою коригуючими резисторами для отримання лінійної залежності від струму, яка

					ДОННУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує термокомпенсацію вимірювальної системи. Діапазон вимірювань цього гігрометра становить від 15% до 98%. Відносна похибка становить до  $\pm 3\%$ .

Для вимірювання вологості рідких, твердих і порошковатих речовин використовують термогравіметричні (вагові), діелектричні, оптичні, вимірювання розмірів часток, кондуктометричні та інші види аналізаторів.

Дія термогравіметричних (вагових) вологомірів базується на вимірюванні ваги зразка продукту до та після сушіння. Сушіння виконується гарячим повітрям або за допомогою інфрачервоного або мікрохвильового випромінювання. Ваговий метод є досить робоемким і використовується переважно в лабораторній практиці.

Діелектричні вологоміри широко використовуються в системах контролю вологості багатьох продуктів харчування (круп, сухе молоко, олія, маргарин тощо). В них використовуються конденсатори з пластинчастими або коаксіальними електродами. Простір між електродами заповнюється контрольованою речовиною. Діапазон вимірювань становить від 17% до 24% з основною похибкою вимірювання  $\pm 0,2$ .

Для вимірювання вологості продуктів, які є як діелектриками, так і напівпровідниками, перспективні вологоміри з високочастотною дією, які базуються на вимірюванні поглинання електромагнітної енергії, що пройшла через зразок продукту. Вологоміри, які працюють за цим принципом, мають діапазон вимірювань від 45% до 60% маси продукту і похибку вимірювання  $\pm 1,0\%$ .

Вологоміри ІЧ-спектроскопії використовуються для вимірювання відносної вологості продуктів до 10% - 15%. Методика вимірювань базується на порівнянні поглинної здатності ІЧ-випромінювання контрольованим продуктом при довжинах хвиль  $\lambda = 0,8$  до 6,1 мкм, які найбільше поглинаються молекулами води, і опорної, яка найменше поглинається молекулами води. За цим методом працює вологомір ВІЛ-І з видачею результатів вимірювань у цифровій формі.

ІЧ-вологомір М55 призначений для контролю якості та вимірювання різноманітних технологічних параметрів. Вимірювання виконуються в інфрачервоному діапазоні спектра та використовуються для визначення вологості та вмісту парів, білка, нікотину, цукрів у порошкоподібних, гранульованих та смолистих матеріалах, вимірювання товщини пластикової та ламінованої плівки, ваги покриттів і олійної плівки в технологічному процесі в харчовій промисловості. Вологомір представляє собою вимірювальний перетворювач-випромінювач, встановлений у потоці, з'єднаний з цифровим приладом.

Частотні вологоміри знайшли широке застосування при контролі вологості харчових продуктів. Їх дія базується на високочастотних і

					ДОННУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



сверхвысокочастотних методах визначення вологості матеріалів. Принцип дії високочастотних вологомірів базується на тому, що діелектрична проникливість ( $\epsilon$ ) і тангенс кута діелектричних втрат ( $\tan \delta$ ) твердих і пористих капілярних матеріалів, які відносяться до макроскопічних неоднорідних діелектриків, сильно залежать від їх вологості. Більша частина капілярно-пористих речовин є добрими діелектриками з діелектричною проникливістю  $\epsilon = 1 + 6$ , тоді як для води  $\epsilon = 81$ .

Високочастотні вологомірні системи працюють в діапазоні частот від  $5 \cdot 10^3$  до  $5 \cdot 10^7$  Гц і використовують ємнісний або фазо-частотний принцип розділення корисних і завадних сигналів. При цьому здійснюється вплив на контрольований продукт змінним електромагнітним полем і проводиться аналіз поведінки матеріалу в цьому полі. Вимірювання вологості зводиться до визначення залежності діелектричної постійної від частоти, вологості і температури.

В якості первинних перетворювачів використовують плоскі або циліндричні конденсатори, в електричному полі яких поміщають контрольований продукт для вимірювання вологості. Будь-який високочастотний вологомір складається з вимірювального перетворювача вологості, високочастотного генератора і вимірювальної схеми (небалансовані і балансовані високочастотні мости). Діапазон вимірювання відносної вологості капілярно-пористих продуктів становить 4-75%, клас точності 2,0.

Надвисокочастотні вологоміри діють на основі зміни параметрів електромагнітної хвилі при її взаємодії з контрольованим матеріалом, залежною від його діелектричних характеристик.

Надвисокочастотний (СВЧ) метод вимірювання вологості РІДКИХ і твердих речовин базується на вимірюванні вологості через величину розсіяних і пройшлих через аналізований матеріал електромагнітних хвиль СВЧ діапазону з частотою 3000-10 000 МГц. При цьому СВЧ-перетворювач з магнітним матеріалом слід розглядати як систему з розподіленими параметрами. Для вимірювання вологості використовують випромінювання СВЧ діапазону, які охоплюють частину дисперсії води.

СВЧ-методи, в основному, поділяються на два види: за відбиванням і за поглинанням. Проходячи через вологий зразок матеріалу, електромагнітні хвилі відбиваються, що виражається зміною амплітуди ( $E$ ), і відбиваються, що обумовлює фазовий зсув ( $\phi$ ). Ці зміни залежать від діелектричних властивостей контрольованого матеріалу ( $\epsilon$ ,  $\tan \delta$ ), товщини плоского паралельного шару і довжини хвилі.

Методи, що базуються на вимірюванні параметрів проходячої хвилі, застосовуються при оцінці інтегральної вологості в напрямку поширення випромінювання. При цьому на результат вимірювання впливає товщина аналізованого матеріалу, ступінь його неоднорідності та температура.

					ДОННУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевагами методів, які використовують відбиту СВЧ-хвилю, є незалежність результатів вимірювань від товщини шару вимірюваного матеріалу та односторонній доступ до матеріалу, а також можливість вимірювання середніх і високих значень вологості, але в діапазоні низьких вологостей їх чутливість невелика.

### 2.2.3. Методи та засоби вимірювання в'язкості

В'язкість - це властивість текучого матеріалу опиратися на рух однієї її частини відносно іншої.

Віскозиметри за принципом дії поділяються на капілярні, кулькові, ротаційні, вібраційні та інші. Вони дозволяють вимірювати в'язкість речовини як у окремій зразку, так і в потоці. Принцип дії капілярних віскозиметрів (віскозиметрів витікання) базується на закономірності витікання рідини через калібровану отвір - капіляр. В них в'язкість визначається за різницею тиску в капілярі при витіканні через нього рідини з постійним об'ємним витратою, а також за часом витікання даного об'єму рідини через нього.

Діапазони вимірювань автоматичних капілярних віскозиметрів становлять від 0 до  $2 \cdot 10^{-3}$ , від 0 до  $1 \cdot 10^{-1}$  Па·с, класи точності 1,5 + 2,5.

Кулькові віскозиметри (віскозиметри з падаючою кулею) діють на основі вимірювання швидкості або часу падіння кульки в циліндричному посуді, заповненому контрольованою середовищем. Виготовлені віскозиметри з падаючою кулею діють безперервно. Діапазон вимірювань кулькових віскозиметрів становить від  $0,6 \cdot 10^{-3}$  до  $0,8 \cdot 10^{-2}$  Па·с з похибкою  $\pm 2\%$ .

Принцип дії ротаційних віскозиметрів полягає в вимірюванні обертального моменту, що виникає на ВІСІ ротора (циліндр, куля, диск та інше) при його руху відносно контрольованого середовища, в якому він знаходиться. Характерною особливістю ротаційних віскозиметрів є широкий діапазон вимірювань (від  $10^{-3}$  до  $10^3$  Па·с) з основною похибкою  $(1+2,5)\%$ .

Віскозиметр РКБМ-62 призначений для автоматичного вимірювання в'язкості різних харчових продуктів (роздрібнених ягід, фруктів, соків, олій тощо).

Вібраційні віскозиметри працюють на основі залежності демпфування властивостей контрольованого середовища від його в'язкості. Зазвичай в автоматичних віскозиметрах вимірюються параметри згасання вільних коливань або амплітуди вимушених коливань пластини або циліндра, зануреного в аналізоване середовище. Чим більше опір контрольованого середовища, тим більше його в'язкість.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вібраційні віскозиметри використовуються для постійного контролю різних рідин. Діапазон вимірювань - від  $10^{-1}$  до  $10^5$  Па·с, похибка - 2,5 + 4,0%.

Віскозиметр ротаційний РКБМ-62 призначений для автоматичного вимірювання в'язкості різних харчових продуктів (роздрібнених ягід, фруктів, соків, олій тощо).

Вібраційні віскозиметри діють на основі залежності втратних властивостей контрольованого середовища від його в'язкості. Зазвичай в автоматичних віскозиметрах вимірюють параметри приглушення вільних коливань або амплітуди примусових коливань пластини або стрижня, погнужених в аналізоване середовище. Чим більше опір контрольованого середовища, тим більше його в'язкість.

Вібраційні віскозиметри використовуються для безперервного контролю різних рідин. Діапазон вимірювань - від  $10^{-1}$  до  $10^5$  Па·с, похибка - 2,5 + 4,0%.

### **2.3. Автоматизована система управління смаковими якостями хлібобулочних виробів.**

Ці системи базуються на вимірюванні сил, обертових моментів, швидкості та частоти.

1. Датчик швидкості IDS-1 призначений для вимірювання швидкості руху конвеєра у спільній роботі з тензодатчиком типу "Мікросім-06КС" для вимірювання частоти обертання в інших вимірювальних системах. Принцип дії полягає в тому, що вимірювальне колесо натискається на рухомий конвеєр та перетворює лінійний рух конвеєра на обертовий рух вала. На валу встановлено диск з отворами, які рівномірно розташовані. Під час обертання диску отвори проходять через оптичний датчик, який складається з інфрачервоного світлодіода та фотодіода. В цей час діод генерує сигнал, який нормалізується електричною схемою. Технічні характеристики: вихідний сигнал у вигляді імпульсів (18 імпульсів на оберт диска); робочий діапазон частоти 1-200 Гц. В роботі з тензодатчиком "Мікросім-06КС" датчик має вихідний сигнал: інтерфейс RS-232, не більше 30 м; підтримка RS-485; сигнал струму в діапазоні 0-5 мА. Виробник: Науково-виробниче підприємство "Метра ЛТД", м. Обнінськ.

2. Датчик напруженості НЕТО 38 призначений для вимірювання осьових сил стійки та відстані в вагодозувальних та ваговимірювальних пристроях. Технічні характеристики: діапазон вимірювань:  $\pm 20$ ,  $\pm 100$ ,  $\pm 200$ ,  $\pm 500$  Н; напруга живлення  $6 \pm 0,3$  В. Вихідний сигнал  $(0,5 \pm 0,15)$  мВ/В.

3. Перетворювач частоти обертання ВТ 1855 призначений для вимірювання частоти обертання рухомих об'єктів. Технічні характеристики: діапазон вимірювань 60-4000 об/хв; амплітуда вихідного сигналу 0,06-10 В.

					ДОННУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Первинний перетворювач обертового моменту ВТ 192 призначений для вимірювання обертового моменту. Технічні характеристики: діапазони вимірювань 60 Нм і 250 Нм; напруга живлення  $6\pm 0,6$  В і  $9\pm 1,8$  В. Номінальний вихідний сигнал 1,5 мВ/В.

5. Автомат контролю пламені РКП — це пристрій для контролю наявності пламені. Принцип роботи полягає в тому, що при відсутності полум'я в пальниках оптичний датчик генерує сигнал, який подається на автомат контролю полум'я. Автомат може заблокувати подачу пальників газу або включити сигналізацію.

Для підключення систем контролю стану технологічного обладнання з аналоговими і цифровими вихідними сигналами до мікропроцесорних систем контролю та управління доцільно використовувати модулі введення-виведення серії АДАМ, зокрема модулі АДАМ-4012, АДАМ-4017, АДАМ-4021, АДАМ-4050, АДАМ-4052, АДАМ-4053, АДАМ-5017, АДАМ-5017Н, АДАМ-5024, АДАМ-5050, АДАМ-5052, АДАМ-5056.

					<b>ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА З ПОКРАЩЕННИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

#### 3.1. Технологічні особливості виробництва хліба для регіонів з забрудненими територіями

Інноваційна розробка відноситься до способу керування поліпшувачами хліба, за допомогою ультразвукових коливань, коли може бути отриманий хліб спрощеним способом хлібопечення, що володіє поліпшеним дріжджовим (заквасочним) ароматом і довго зберігається з м'якою текстурою, і розробка способу хлібопечення з використанням такого покращувача.

Зазвичай традиційний хліб отримували змішуванням основної сировини, такої як борошно, дріжджі, сіль і вода, з додатковою сировиною: цукор, молочні продукти, жири, і рослинні масла або харчові добавки, для приготування тіста, бродіння тіста.

Наступними стадіями обробки тіста є розподіл, проміжна растойка, формування, укладання тіста в форму і остаточна растойка з випіканням хліба. Традиційно відомі способи хлібопечення включають: безопарний спосіб, пропан спосіб, спосіб рідкої опари, спосіб швидкого замісу і т.п.

В інноваційній розробці безопарного тіста (іноді на нього посилаються як на безопарний спосіб) вищеописані стадії представляють за допомогою серій або операцій. Незважаючи на те, що обойне борошно ретельно витримують і отриманий в результаті хліб має чудовий дріжджовий аромат за цим способом, в операціях відсутня гнучкість, так як умови замісу, такі як температура і щільність тіста, як правило, не змінюються. Отже, якість продуктів має тенденцію до зміни протягом замісу. Ця тенденція стає більш помітною, коли використовують штамп дріжджів, що мають більш тривалий період бродіння. Крім того, кінцевий хліб має недоліки, такими як низький підйом, кілька більш щільну текстуру і ранню ретроградації.

Спосіб опарного тіста виконують за допомогою двостадійного способу бродіння, в якому частину борошна попередньо замішують для приготування опари і потім решту складових додають в тісто. Оскільки замісом тіста можна управляти відповідно до стану опари, операції володіють гнучкістю, і кінцевий хліб високо піднімається і володіє м'якою текстурою. Однак цей спосіб вимагає більш тривалого періоду бродіння, який має тенденцію викликати зайве бродіння і схильно послаблювати аромат хліба.

					<b>ДонНУЕТ.133. ГМБ-22с.2023.ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Расчехмаров</i>			Розробка технологічного обладнання для виробництва хліба з покращеними характеристиками	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Хорольський</i>					30	15
Н. Контр.		<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ</b>		
Затверд.		<i>Хорольський</i>				<b>Кафедра ЗІДО</b>		

Крім того, оскільки тісто не дозріло до кінця, дріжджовий аромат є невираженим в порівнянні з хлібом, отриманим способом безопарного тіста.

У способі приготування хліба на рідкій опарі час бродіння тіста помітно зменшують шляхом змішування «рідкої опари», яку приготували попередніми збраженням цукру або т.п. з дріжджами в рідкій фазі, з тістом і бродінням тіста протягом короткого періоду часу для приготування хліба. Цей спосіб є переважним для масового виробництва хліба, так як хліб може бути виготовленим швидко за короткий період часу і його якість, як правило, не змінюється, коли рідку опару приготували заздалегідь. З іншого боку, виробництво і контроль рідкої опари є такими ж важкими, як і управління процесом безопарного способу, і потрібно вдосконалена методика для приготування рідкої опари, що має стабільну якість. Далі, борошно само по собі ферментують тільки протягом короткого періоду часу, що призводить до такого недоліку, як слабкий дріжджовий аромат.

У способі приготування хліба швидким замісом, в цілому, стадію попередньої закваски пропускають зі стадій приготування хліба безопарним способом і тісто, отримане змішуванням інгредієнтів, відразу формують, вибравують при остаточній розстойці і потім випікають. Так як стадію попередньої закваски пропускають в процесі хлібопечення, хліб може бути отриманий за короткий період часу, і таким чином цей спосіб часто використовують для виробництва замороженого тіста для хліба. Однак оскільки час бродіння в цьому способі дуже короткий, то за цим способом також не утворюється виразний дріжджовий аромат. Таким чином, будь-який з традиційних способів хлібопечення має як переваги, так і недоліки.

Однак потреба в хлібобулочних виробках з більш м'якими текстурами все ще висока, і оригінальний дріжджовий аромат хліба не може бути поліпшений з допомогою вищеприписаного способу. Більш того, іноді, зайве додавання покращувача викликає йогуртоподібний аромат, зовсім інший, ніж дріжджовий аромат хліба. Таким чином, хліб, який володіє як поліпшеним дріжджовим ароматом, так і поліпшеною текстурою, ще не отримують шляхом бродіння за короткий період часу.

Зокрема, інноваційна розробка безопарного тіста розкриває виробництво хліба, що має хороші властивості тіста і чудову форму випічки, текстуру і дріжджовий аромат шляхом додавання покращувача хліба.

Відповідно до цього аналізу бажано розробити покращувач хліба, який покращує як текстуру, так і дріжджовий аромат і дозволяє стабільне виробництво хліба за короткий період часу, тим самим виробляючи смачний хліб без накладних витрат для хлібопекарні.

Інноваційна розробка безопарного тіста полягає в тому, щоб надати поліпшувач хліба, з яким хліб, що володіє поліпшеним дріжджовим ароматом і поліпшеною текстурою, міг бути отриманий за короткий проміжок часу.

У процесі імітаційних досліджень виявлено, що привабливий дріжджовий аромат і довго зберігаюча м'яка текстура може бути у хліба після

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випікання без тривалого періоду бродіння, при додаванні пророщених ростків пшениці до тіста.

У відповідно до даної розробленої технології можна отримати хліб, що володіє чудовим дріжджовим ароматом і довго зберігається з м'якою текстурою, з допомогою бродіння за короткий період часу, без необхідного тривалого бродіння тіста і без несприятливого впливу на виробництво хліба. Можна помітно зменшити час, необхідний для способу виробництва хліба, зі збереженням чудового дріжджового аромату і м'якої текстури. Крім того, при використанні покращувача хліба кінцевий хліб може зберігатися протягом більш тривалого періоду часу.

Покращувач хліба містить білки та спеціальні доданки, які покращують якісні характеристики хліба для людей, що мешкають на території з техногенним забрудненням.

Результати фаринографії (час приготування тіста, водопоглинання, стабільність, ступінь розм'якшення та фаринографічне число якості) контрольного та змішаного борошна довели, що високе водопоглинання, висока стабільність та низький ступінь розм'якшення борошна є показниками хорошої хлібопекарської якості. Як і очікувалося, фаринографічні властивості контрольного борошна були кращими, ніж у зразків борошна, заміненого пророщеними ростками пшениці. Час розпушування тіста за фаринографом, водопоглинання, стабільність і значення числа якості тіста загалом зменшувалися зі збільшенням рівня додавання борошна пророщеними ростками пшениці (від 15% до 60%). Таким чином експерти прийшли до висновку, що збагачення пророщеними ростками пшениці призводить до зменшення часу вистоювання тіста та стабільності тіста, що узгоджується з результатами цього дослідження. З додаванням борошна з пророщеними ростками пшениці до пшеничного борошна одержані стабільні показники фаринограми та індексу клейковини борошна, які є хорошими показниками якості. На думку експертів, вони зменшилися за рахунок послаблення впливу додавання пророщених ростків пшениці на мережу клейковини та реологічні властивості.

У процесі експертних досліджень нами використано інноваційний пристрій контролю запаху – електроний ніс. На рисунку 3.1 наведено загальний вигляд мехатронного пристрою щодо контролю параметрів нового продукту.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд електронного носу

Електронний ніс імітує роботу органів нюху людей, реагуючи на сукупність компонентів запаху, а не на їх окремі елементи. Пристрій складається з пристосування для відбору проб повітря, датчиків та блоку обробки сигналів. Пробовідбірна система забезпечує стабільні умови для блоку детекторів, які використовують групу датчиків для виявлення складу запаху. У біоелектронних носач використовуються нюхові рецептори, такі як білки клоновані з біологічних організмів. Для обробки сигналів використовуються різні технології, такі як метало-оксидні напівпровідники, електропровідні полімери та кварцові мікроваги. Комп'ютер проводить аналіз сигналів і видає результат

### 3.2. Імітаційна система вимірювання смаку і аромату в процесі випічки хліба з пророщеними ростками пшениці

У цьому підрозділі детально розглядається імітаційна система датчиків, спроектована та впроваджена в процес випічки хліба з пророщеними ростками пшениці, з метою контролю та поліпшення якості продукції. Зокрема, система спрямована на вимірювання органолептичних параметрів, таких як смак і аромат, які є ключовими для оцінки якості хліба.

Основні складові імітаційної системи вимірювання включають:

Електронний ніс (енозатворення): Цей датчик взаємодіє з ароматичними речовинами, що виділяються під час випічки, та проводить аналіз хімічних змін для оцінки аромату продукту.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Смакові сенсори: Інтегровані сенсори, здатні реагувати на смакові властивості тістових заготовок та готового хліба, забезпечуючи об'єктивні вимірювання смакового спектру.

Датчики вологості та температури: Розташовані в окремих ділянках конвеєра для спостереження і вимірювання вологості та температурних параметрів, що впливають на формування аромату та смакові якості.

Ця імітаційна система вимірювання дозволяє реальному виробництву отримувати об'єктивні дані про смак та аромат хліба з пророщеними ростками пшениці, і забезпечує можливість автоматичної корекції процесу випічки для досягнення оптимальних органолептичних характеристик продукту. У подальших розділах будуть детально розглянуті результати вимірювань та вплив імітаційної системи на якість хліба.

### **3.2.1 Розташування датчиків у виробничому процесі**

Система датчиків інтегрована в процес випічки хліба на різних етапах конвеєрної лінії, забезпечуючи комплексний контроль над органолептичними характеристиками продукту. Нижче наведено основні пункти розташування датчиків:

Етап формування тістових заготовок:

Електронний ніс розташований біля шнекового дозатора (пункт 7 на рис. 3.2) для фіксації ароматичних викидів від рідких компонентів тіста.

Смакові сенсори розташовані в зоні виливання тіста у форми (пункт 13 на рис. 3.2), щоб виміряти смакові якості та ефективність змішування інгредієнтів.

Етап випічки:

Датчики вологості та температури розташовані в зоні піддону для випічки (пункт 8 на рис. 3.2) для вимірювання параметрів, що впливають на утворення аромату та смакові властивості.

Етап охолодження та вивантаження:

Смакові сенсори та електронний ніс розташовані в зоні вивантаження готових виробів (пункт 8 на рис. 3.2) для оцінки остаточних смакових та ароматичних характеристик хліба після випічки.

Розташування датчиків забезпечує повний охоплення виробничого процесу, дозволяючи системі збирати дані на кожному етапі випічки хліба з пророщеними ростками пшениці. Це розширює можливості реагування та корекції параметрів в реальному часі, забезпечуючи стабільну якість продукції.

### **3.3 Обладнання для випікання формового хліба з конвеєра**

У данному розділі подано опис обладнання, яке використовується для випічки формового хліба на конвеєрі з пророщеними ростками пшениці. Це інноваційне обладнання поєднує в собі елементи мехатроніки та систем автоматизації для досягнення максимальної ефективності виробничого процесу.

									ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
										34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

### 3.3.1 Структура та елементи конвеєрного обладнання

На рисунку 3.2 представлена загальна схема конвеєра для випічки хліба з пророщеними ростками пшениці, який складається з наступних ключових елементів:

Шнековий дозатор (Пункт 7): Розташований на початку конвеєра, призначений для поступового виливання тістових заготовок на форми.

Система електроживлення (Пункт 3): Містить пружинисті електроди, які притискаються до контактів на формах, забезпечуючи інтенсивний прогрів тістових заготовок під час випічки.

Камера для вистоювання (Пункт 9): Розташована між шнековим дозатором та системою електроживлення, вона служить для додаткового розстоювання тістових заготовок.

Піддон для вивантаження (Пункт 8): Розташований під конвеєром для прийому готових виробів після випічки.

Пристрої для миття та обдування хлібних форм (Пункт 10 і 11): Розташовані під конвеєром після піддону для забезпечення автоматизованого процесу очищення форм від залишків тіста.

Пристрій для змащення хлібних форм (Пункт 12): Розташований між пристроями для обдування та шнековим дозатором, забезпечує регулярне змащення форм для уникнення прилипання тіста.

### 3.3.2 Інтеграція мехатронних пристроїв та автоматизаційних систем

Інноваційна розробка поєднує мехатронні пристрої та системи автоматичного контролю параметрів запаху, щільності, рН для підвищення якості виробництва та продуктивності процесу. Використання камери для вистоювання, пристроїв для миття, обдування та змащення хлібних форм дозволяє автоматизувати виробничий процес та зменшити ручні операції.

### 3.3.3 Конструкція форми обладнання

На рисунку 3.3 зображено конструкцію форми, яка складається з неелектропровідних елементів та пластин з нержавіючої сталі. Осередки форм містять контакти, що взаємодіють із системою електроживлення через пружинисті електроди, забезпечуючи оптимальний нагрів та випічку тістових заготовок.

Розроблене обладнання та його інтегрована система дозволяють досягти безперервності процесу випічки хліба з пророщеними ростками пшениці та підвищити продуктивність заводу. Обладнання відноситься до хлібопекарської промисловості і призначене для випічки хліба. Пристрій для випічки формового хліба з конвеєром включає форму з не електропровідних частин матеріалу, пластини з нержавіючої сталі, систему електроживлення. Форма жорстко укріплена на пластинчастому конвеєрі, причому форма містить одну і більше осередків, у кожній з яких містяться дві пластини з нержавіючої сталі, а система електроживлення містить пружні електроди, встановлені з можливістю притиснення до контактів, розташованих на зовнішній стороні форми. При цьому пристрій включає дві і більше форми, камеру для вистоювання, пристрої для миття, обдування і мастила хлібних

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

форм, а також шнековий дозатор, розташований на початку конвеєра і піддон, розташований під конвеєром. Камера для вистоювання виконана у вигляді тунелю і розташована між дозатором і системою електроживлення. Пристосування для мийки та обдування хлібних форм розташовані під конвеєром після піддону і пристосуванням для змащення хлібних форм, розташованим між пристосуванням для обдування хлібних форм і шнековим дозатором. Обладнання дозволяє збільшити продуктивність продукції, автоматизувати процес виробництва, підвищити продуктивність праці, скоротити кількість операцій, що виконуються вручну.

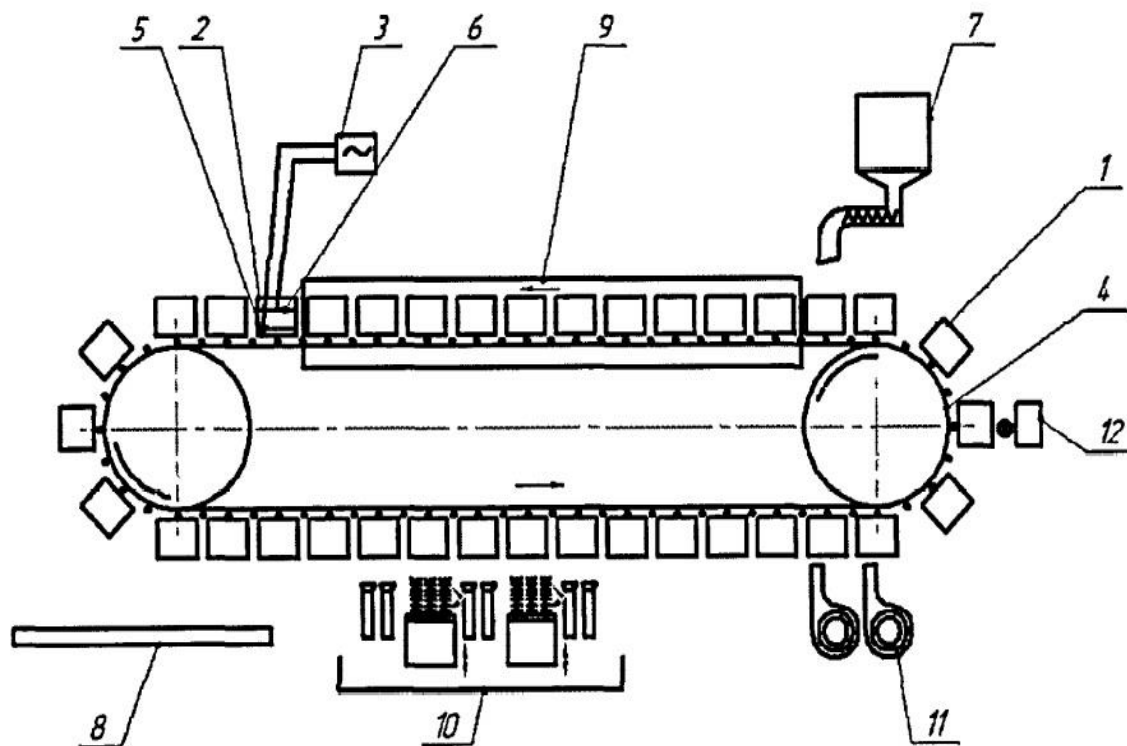


Рисунок 3.2. Технологічне обладнання для випікання хліба з пророщеними ростками пшениці

В хлібопекарній промисловості відоме технологічне обладнання, що включає форму з не електропровідних складових матеріалу, пластини, виготовлені з нержавіючої сталі і систему електроживлення, яка дозволяє підводити до пластин як змінний, так і постійний струм.

Недоліком даного обладнання є періодичність способу випічки хліба, відсутність автоматизації виробництва, низька продуктивність, безліч підготовчих операцій, здійснюваних вручну.

Технічним результатом, отриманим від використання пропонованого інноваційного обладнання для виробництва хліба з пророщеними ростками пшениці, є забезпечення безперервності виробництва, автоматизація процесу виробництва, підвищення продуктивності, скорочення кількості операцій, що виконуються вручну.

Зазначений результат досягається тим, що в інноваційному обладнанні для випічки хліба з пророщеними ростками пшениці, що включає форму з не електропровідних матеріалу, пластини з нержавіючої сталі, систему

електроживлення, форма жорстко укріплена на пластинчастому конвеєрі, причому форма містить одну і більше осередків, у кожній з яких містяться дві пластини з нержавіючої сталі, а система електроживлення містить пружинисті електроди, встановлені з можливістю притиснення до контактів, розташованим на зовнішній стороні форми, а також пристрій включає шнековий дозатор, розташований на початку конвеєра і піддон, розташований під конвеєром.

Інноваційна розробка може включати дві і більше форми. Між дозатором і системою електроживлення може бути встановлена камера для вистоювання, виконана у вигляді тунелю. Пристрій може бути забезпечено пристосуваннями для миття і обдування хлібних форм, розташованими під конвеєром після піддону і пристосуванням для змащення хлібних форм, розташованим між пристосуванням для обдування хлібних форм і шнековим дозатором.

На рисунку 3.2 наведено обладнання для випічки хліба з конвеєром. А на рисунку 3.3 зображено конструкцію форми.

Інноваційна розробка для випічки хліба включає форму з не електропровідних елементів 1, пластини з нержавіючої сталі 2, систему електроживлення 3, форма жорстко укріплена на пластинчастому конвеєрі 4, система електроживлення 3 містить пружинисті електроди 5, встановлені з можливістю притиснення до контактів 6, розташованим на зовнішній стороні форми елементів 1.

Інноваційна розробка включає шнековий дозатор 7, розташований на початку конвеєра 4 і піддон для вивантаження готових виробів 8, розташований під конвеєром 4. Пристрій може бути забезпечено розстойною камерою 9, виконаної у вигляді тунелю, розташованої між шнековим дозатором 7 і системою електроживлення 3.

Інноваційна розробка може бути забезпечено пристосуваннями для мийки 10 і обдування хлібних форм 11, розташованими під конвеєром після піддону і пристосуванням для мастила хлібних форм 12, розташованим між пристосуванням для обдування хлібних форм 11 і шнековим дозатором 7.

Конструкція форми 1 включає осередки з неелектропровідних матеріалу 13,

кожна з яких містить пластини з нержавіючої сталі 2, контакти 14 яких, за допомогою системи проводів 15, приєднані до контактів 6 форми. Контакти 14 винесені за межі осередків 13.

Інноваційна розробка працює наступним чином.

Тісто у вигляді шматків певної маси надходить з шнекового дозатора рідких компонентів 7 в осередку 13 хлібної форми 1, укріпленої на зовнішній поверхні пластин пластинчастого конвеєра 4.

По ходу руху конвеєра 4 пружинисті електроди 5 притискаються до контактів 6, розташованих на зовнішній стороні форм 1, при цьому до пластин з нержавіючої сталі 2 підводиться електричний струм. відбувається інтенсивний прогрів тістових заготовок і тістова заготівля випікається.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рухаючись по конвеєру 4, випечені вироби у формі 1 охолоджуються, а потім випадають на піддон 8, розташований під конвеєром 4. Порожні форми 1, рухаючись далі по конвеєру 4, направляються на мийку до пристрою 10, що включає шприцевальні пристрої і систему валиків зі щітками. Далі форми 1 висушуються, проходячи через систему обдування 11, яка включає обдувальні пристрої. При подальшому русі конвеєра 4 внутрішні поверхні осередків 13 хлібних форм 1 змащуються маслом за допомогою пристосування для змащення хлібних форм 12. Рухаючись далі по конвеєру 4, форма 1 знову повертається в положення над дозатором 7.

В звільненому осередку 13 знову надходить тісто з дозатора рідких компонентів 7. Таким чином, жорстке зміцнення форми 1 на конвеєрі 4, що супроводжується збільшенням кількості електрично незалежних один від одного осередків з не електропровідних матеріалу 13 в формі, створенням системи електроживлення 3, містить пружні електроди 5 і постачанням пристрою шнековим дозатором 7 і піддоном 8 дозволяє забезпечити безперервність процесу випічки формового хліба і підвищити продуктивність.

При виготовленні інноваційної розробки з двома і більше формами у вигляді мехатронного технологічного комплексу з системами автоматичного контролю параметрів запаху, щільності, рН значно покращується якість виробництва та підвищується продуктивність процесу. Наприклад, якщо в інноваційній розробці використати камеру для вистоювання 9, пристрої для миття 10, обдування 11 і мастила хлібних форм 12, то забезпечується автоматизація процесу виробництва і скорочення операцій, що виконуються вручну.

Таким чином:

1. Інноваційна розробка для випічки формового хліба з конвеєром, що включає форму з не електропровідних матеріалу, пластини з нержавіючої сталі, систему електроживлення, що відрізняється від існуючого обладнання мехатронними пристроями контролю смаку і аромату, а форма в обладнанні виробництва хліба з пророщеними ростками пшениці жорстко закріплена на пластинчастому конвеєрі, причому форма містить одну і більше осередків, у кожній з яких містяться дві пластини з нержавіючої сталі, а система електроживлення містить пружинисті електроди, встановлені з можливістю притиснення до контактів, розташованих на зовнішній стороні форми. При цьому інноваційна розробка може включати дві і більше форми, камеру для вистоювання, пристрої для миття, обдування і змащення хлібних форм, а також шнековий дозатор, розташований на початку конвеєра, і піддон, розташований під конвеєром. Головним елементом мехатронного пристрою є система сенсорів для оцінки смакових якостей і аромату хліба з пророщеними ростками пшениці.

						ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
							38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2. Пристрій за п.1, що відрізняється тим, що між дозатором і системою електроживлення встановлена камера для вистоювання, виконана у вигляді тунелю.

На рисунку 3.3 наведено конструкторську форму обладнання

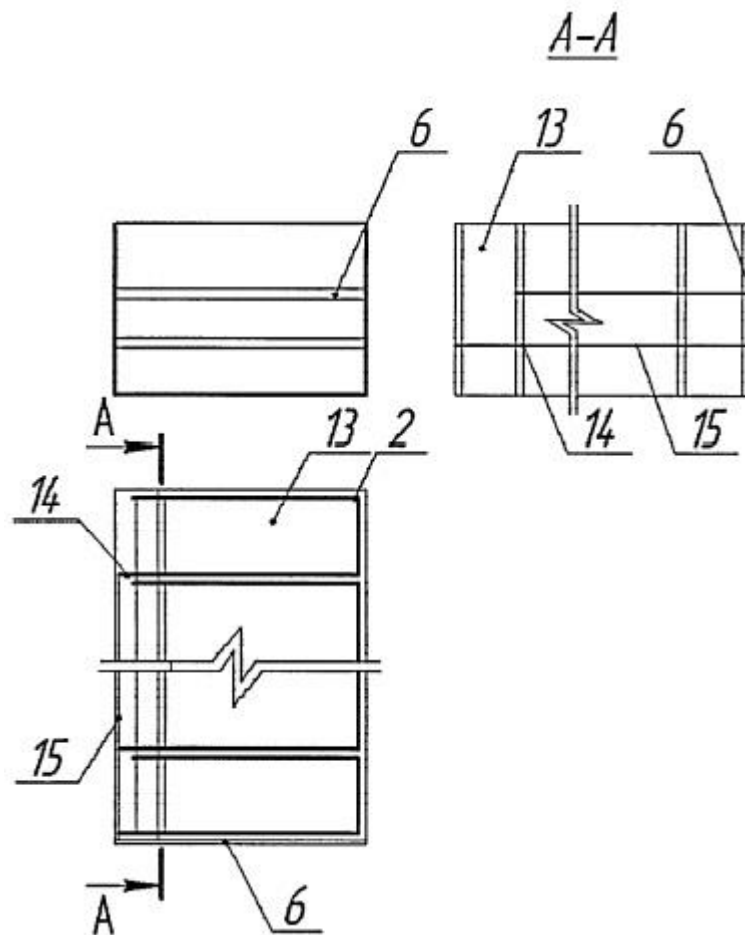


Рисунок 3.3 Конструкція форми обладнання

### 3.4. Інтелектуалізація технології виробництва інноваційних сортів хліба для техногенних територій

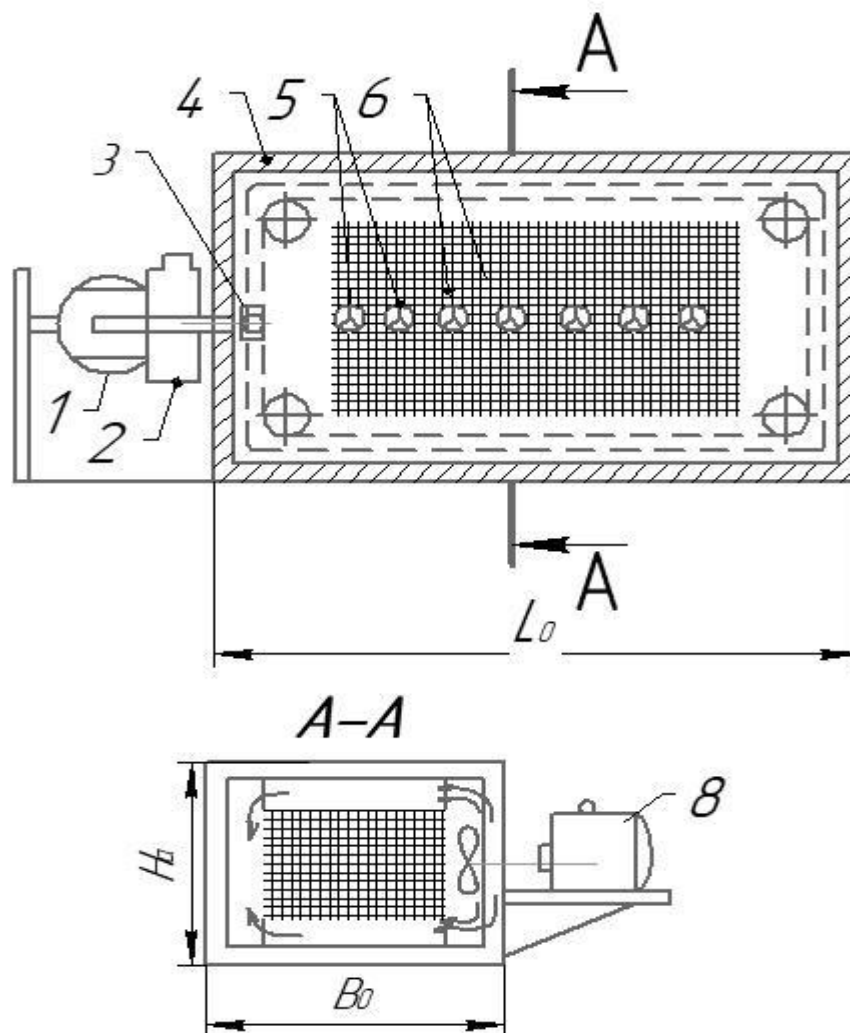


Рисунок 3.4. Принципова схема повітряного конвеєрного морозильного апарата.

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.

У данному розділі розглядається інтелектуалізація технології виробництва інноваційних сортів хліба, спрямована на покращення якості та продуктивності в умовах техногенних територій.

На рисунку 3.4 представлена принципова схема повітряного конвеєрного морозильного апарата для замороження інноваційних сортів хліба. Система включає такі ключові елементи:

Вузол завантаження й розвантаження (Пункт 1): Місце, де проводиться завантаження та вивантаження продукції.

Паровий ящик (Пункт 2): Використовується для підтримання оптимальної температури та вологості внутрішнього середовища.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Блок – форма (Пункт 3): Містить форми для розміщення та замороження інноваційних сортів хліба.

Ізольований контур апарата (Пункт 4): Забезпечує теплову ізоляцію для уникнення втрат енергії.

Осьові вентилятори (Пункт 5): Забезпечують рівномірний обмін теплом в апараті.

Оребрені секції повітроохолоджувача (Пункт 6): Застосовуються для ефективного охолодження повітря в апараті.

Вантажний конвеєр (Пункт 7): Використовується для переміщення продукції вздовж апарата.

Електродвигун (Пункт 8): Забезпечує необхідний рух елементів конвеєра та інші функції.

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.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



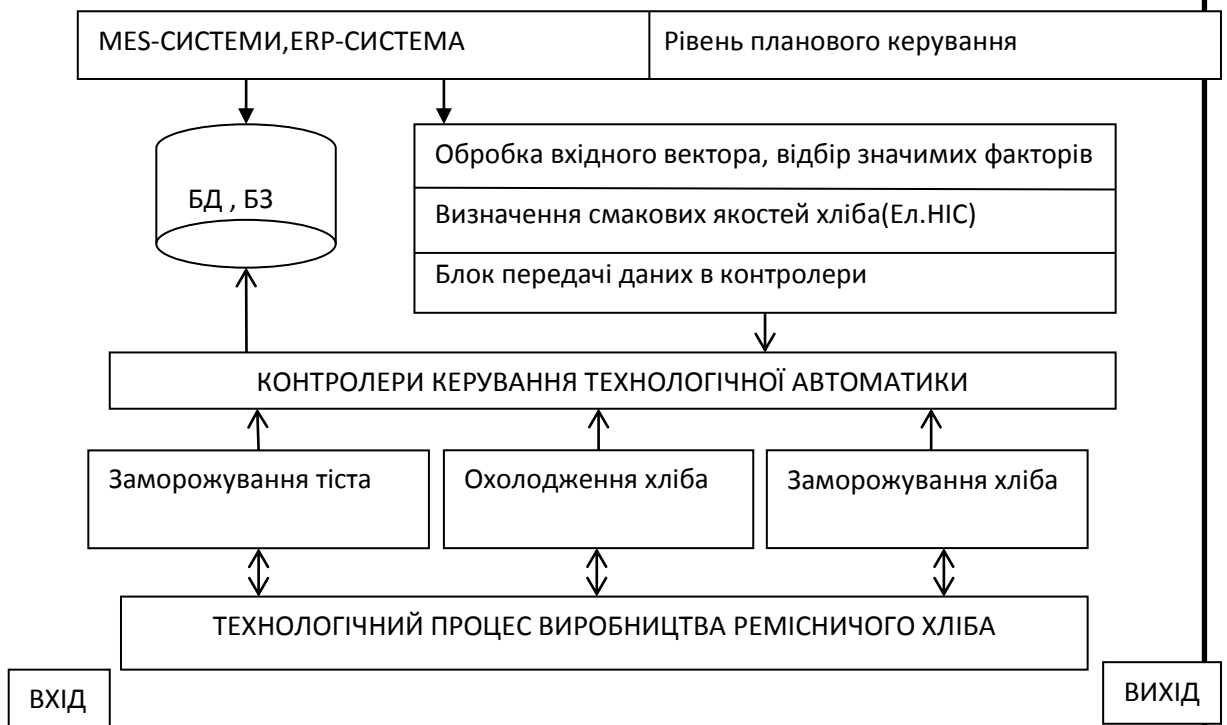


Рисунок 3.8 Інтелектуальна система управління процесом охолодження і заморожування ремісничого хлібу

На рисунку 3.8 показана інтелектуальна система управління процесом охолодження та заморожування ремісничого хлібу. Вона включає в себе:

Систему сенсорів (Пункт 1): Для оцінки смакових якостей і аромату хліба з інноваційними рецептурами.

Систему адаптивного керування (Пункт 2): Застосовується для оптимізації процесів підготовки тіста та стадійного виробництва замороженої продукції.

Застосування інтелектуальних технологій дозволяє підвищити автоматизацію та управління виробничим процесом, що в свою чергу призводить до покращення якості та конкурентоспроможності інноваційних сортів хліба для техногенних територій.

Розроблена інтелектуальна система дозволяє одержати наступні результати:

- 1 Скомпенсувати нутрієнтну незбалансованість, мінеральну та вітамінну недостатність, покращити 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- екоскладових. 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 екоскладу 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.

### **3.5. Оцінка економічних аспектів виробництва інноваційних сортів хліба з пророщеними ростками пшениці**

В данному розділі проводиться оцінка економічних параметрів виробництва інноваційних сортів хліба з пророщеними ростками пшениці з урахуванням витрат та встановлення рекомендованої цінової політики.

#### **3.5.1 Енергозатрати виробництва інноваційного хліба**

Енергозатрати у виробництві інноваційного хліба визначаються комплексною системою автоматизованого обладнання та інтелектуальних технологій, включаючи конвеєрні механізми, системи заморожування та управління, а також датчики для вимірювання смакових та ароматичних параметрів. Реалізація цих технологій дозволяє ефективно використовувати електроенергію, зменшуючи витрати на операції з підготовки та заморожування.

#### **3.5.2 Оцінка вартості інноваційного хліба на ринку України**

Вартість інноваційного хліба може бути визначена на основі розрахунку собівартості продукції, витрат на виробництво, а також врахуванням додаткових витрат, пов'язаних із використанням пророщених

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ростків пшениці. За умови підвищеної вартості виробництва через використання інноваційних технологій та сировини, ціна на інноваційний хліб може бути трошки вищою порівняно із звичайними сортами.

### **3.5.3 Фактори конкурентоспроможності на ринку**

Для підвищення конкурентоспроможності інноваційного хліба важливо забезпечити не тільки високу якість та смакові характеристики, але і розробити оптимальну стратегію ціноутворення. Застосування робототехнічних комплексів, інтелектуальних технологій, та систем автоматизованого управління може позитивно позначитися на конкурентоспроможності продукції.

### **3.5.4 Прогнозна конкурентоспроможність інноваційного хліба**

Прогнозуючи конкурентоспроможність інноваційного хліба, слід враховувати тенденції попиту споживачів на продукцію, екологічні аспекти, а також готовність ринку сприймати продукцію з використанням пророщених ростків. Висока якість, інноваційні технології, та екологічна чистота можуть зробити інноваційний хліб привабливим для споживачів, що, в свою чергу, може позитивно позначитися на його конкурентоспроможності та популярності на ринку України.

## **3.6. Управління виробництвом хліба в умовах весрних відключень електроенергії на хлібозаводі**

У цьому розділі розглядається питання управління виробництвом хліба в умовах можливих відключень електроенергії від хлібозаводу. Враховуючи нестабільність електропостачання та необхідність забезпечення неперервності виробничого процесу, розглядаються можливі стратегії та технічні рішення.

### **3.6.1 Резервне електроживлення**

З метою уникнення перерв у виробництві хліба у випадках відключень електроенергії рекомендується впровадження систем резервного електроживлення. Використання акумуляторних батарей, дизельних генераторів чи інших джерел живлення дозволить забезпечити роботу обладнання протягом періоду відключення основного джерела електропостачання.

### **3.6.2 Автоматизовані системи управління енергоспоживанням**

З метою оптимізації енергоспоживання та забезпечення ефективності роботи обладнання в умовах відключень, рекомендується впровадження автоматизованих систем управління енергоспоживанням. Вони дозволять раціонально розподіляти доступну енергію та забезпечувати необхідні виробничі процеси в умовах обмежених ресурсів.

### **3.6.3 Екстремними заходами та планами евакуації**

У випадку тривалого відключення електроенергії важливо розробити екстремні заходи та плани евакуації персоналу для забезпечення безпеки та мінімізації можливих ризиків. Спеціально розроблені процедури та інструкції дозволять ефективно управляти ситуацією в умовах відключень електроенергії.

### **3.6.4 Системи моніторингу та аварійного оповіщення**

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим елементом управління в умовах відключень електроенергії є системи моніторингу та аварійного оповіщення. Швидке виявлення проблем та інформування персоналу дозволить уникнути аварійних ситуацій та оперативно реагувати на можливі неполадки.

### **3.6.5 Планування та тренування персоналу**

Планування та регулярне тренування персоналу з дій в умовах відключень електроенергії є ключовим аспектом ефективного управління. Персонал повинен бути готовим до виконання необхідних процедур та заходів для забезпечення безперервності виробничого процесу.

Розглянуті в цьому розділі стратегії та технічні рішення спрямовані на максимізацію продуктивності та забезпечення стабільності виробництва хліба в умовах вентиляційних відключень електроенергії на хлібозаводі.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

## ВИСНОВКИ

У даній магістерській кваліфікаційній роботі досліджено та розроблено інноваційні методи вимірювання смакових та ароматичних характеристик хліба із пророщеними ростками пшениці на виробництві. Застосування електронного носа та датчиків дозволяє контролювати та оптимізувати процес випічки, забезпечуючи сталу якість продукції.

Отримані результати свідчать про високий потенціал використання інтегрованих технологій для підвищення якості та конкурентоспроможності продукції хлібобулочних виробів. Запропоновані методи можуть знайти практичне застосування у харчовій промисловості, забезпечуючи споживачам доступ до високоякісних та інноваційних продуктів харчування.

Дана робота відкриває нові перспективи для подальших досліджень у галузі виробництва хліба, покликана покращити не лише технологічні процеси, але й якість продукції, що відповідає сучасним стандартам та очікуванням споживачів.

### Результати досліджень у кожному розділі:

1. **Вступ.** Розкрито актуальність теми та сформульовано мету дослідження, вказано об'єкт і предмет дослідження.

2. **Літературний огляд.** Опрацьовано наукові джерела та розглянуто сучасні підходи до контролю якості хлібопекарської продукції. Виділено основні вимірювальні параметри смаку та аромату хліба.

3. **Електронний ніс та датчики вимірювання.** Розроблено та впроваджено методику застосування електронного носа та датчиків для об'єктивного вимірювання смакових та ароматичних характеристик хліба. Проведено апаратно-програмний комплекс для імітації процесу випічки та аналізу його параметрів.

4. **Обладнання для випікання хліба з конвеєра.** Розроблено та впроваджено інноваційне обладнання для випічки формового хліба на конвеєрі, враховуючи етапи процесу випічки та забезпечуючи автоматизований контроль за смаковими і ароматичними властивостями.

5. **Інтелектуалізація технології виробництва інноваційних сортів хліба для техногенних територій.** Запропоновано та досліджено інтелектуальну систему керування процесом охолодження та заморожування хліба, спрямовану на покращення енергоефективності та якості продукції.

6. **Споживча вартість та енергетична ефективність.** Розраховано вартість та енергетичні затрати на виробництво інноваційного хліба, визначено їхню оптимальність та практичну

					<b>ДонНУЕТ.133. ГМБ-22с.2023.ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Расчехмаров</i>			Розробка технологічного обладнання для виробництва хліба з покращеними характеристиками	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Хорольський</i>					46	2
Н. Контр.		<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ</b>		
Затверд.		<i>Хорольський</i>				<b>Кафедра ЗІДО</b>		

значущість.

**7. Управління виробництвом в умовах відключень електроенергії.** Розроблено стратегії управління виробництвом хліба під час відключень електроенергії, що забезпечує неперервність та оптимізацію виробничих процесів.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

### Список використаних джерел:

1. Стратегічні виклики XXI століття суспільству та економіці України: В 3 х т./ За ред. акад. НАН України В.М.Гейця, акад. НАН України В.П.Семиноженка, чл. – кор. НАН України Б.Є.Квасюка. – К.: Фенікс, 2007, 760 с.
2. Основні показники роботи харчової промисловості України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [minagro.gov.ua](http://minagro.gov.ua).
3. Автоматизовані системи керування виробництвом смарт-продуктів харчування: монографія/В.П.Хорольський, Ю.М.Коренець, В.М.Серебреников. Кривий Ріг: Видавець Чернявський Д.О., 2021-312с.
4. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник/  
В.П.Хорольський, Ю.М.Коренець, Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2023-543с
5. 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.
6. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Васильківський І.С., Фединець В.О., Юсик Я.П. Виконавчі пристрої систем автоматизації. Львів, 2020-220с.
8. Довбиш А.С. Основи проектування інтелектуальних систем: навчальний посібник / А. С. Довбиш.- Суми: Видавництво СУМДУ, 2009.- 171с.
- 9.. Dorf R.C. ,Bishop R.H. Modern Control Systems ninth edition Prentice Hall Upper Saddle River Nj07458 – 2001.-831p.
10. Довбиш А.С. Основи теорії розпізнавання образів: навчальний посібник/ А.С. Довбиш ,І.В.Шелехов.- Суми: Сумський державний університет, 2015.-ч1-109с.
11. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем: навчальний посібник / Ю.П.Зайченко.-К.: Видавничий Дім «Слово», 2004.- 352с.
12. Згуровський М.З. Основи системного аналізу: підручник /М.З.Згуровський, Н.Д.Панкратова.-К.: Видавнича група ВНУ, 2007.-544с.

	М.З.Згуровський, Н.Д.Панкратова.-К.: Видавнича група ВНУ, 2007.-544с.							
	13. Інтелектуальні системи управління виробництвом хлібобулочних виробів: монографія/с. В.П.Хорольський, Ю.М.Коренець, А.В. Возняк, О.В. Омельченко							
Зм.	Хорольський, Ю.М.Коренець, А.В. Возняк, О.В. Омельченко	Д.П. Заїчина, О.К. Колайгора, А.В. Шейна	Літ.-	Кривий Ріг	Архів			
Розроб.	Хорольський, Ю.М.Коренець, А.В. Возняк, О.В. Омельченко	Хорольський, Ю.М.Коренець, А.В. Возняк, О.В. Омельченко		56	1			
Перев.	Хорольський, Ю.М.Коренець, А.В. Возняк, О.В. Омельченко	Хорольський, Ю.М.Коренець, А.В. Возняк, О.В. Омельченко						
		охолодження і заморожування ремісничого хлібу		<b>ДонНУЕТ</b>				
Н. Контр.	Омельченко			<b>Кафедра ЗІДО</b>				
Затверд.	Хорольський							

14. Основи вимірювань і автоматизації технологічних процесів: підручник/ А.К.Бабіченко, В.І.Тошинський, Ю.А.Бабіченко та ін.. За заг. ред.. А.К.Бабіченко-Харьков: ТОВ. «С.А,М.»,2009.-616с.

15. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: підруч.- 2-е вид. перероб. і доп.-К.: Лебідь,2007.-656с.

16. Руденко О.Г., Бородянський Є.В. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник-Харьків ТоВ«Компанія СМІТ»,2006-404с.

17.. Савицький В.Технічні засоби автоматизації.Львів,2018-292с.

18. Сухенко Ю.Г.,Литвиненко О.А., Сухенко В.Ю. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підручник.- К.: НУХТ,2010.- 547с.

19. Попович М.Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електропривод/М.Г.Попович,О.Ю.Лозинський,В.Б.Клепіков.-К.: Либідь,2005.-678с.

20. Проць Я.І.,Савків В.Б.,Шкодівський О.К.,Ляшук О.Л. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів.- Тернопіль: ТНТУ ім.І.Пулноя,2011.-344с.

21. Ткачук В. Електромеханотроніка: навч. посібник.-Львів.Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка»,2001-404с

22. Трегуб В. Г. Основи комп'ютерного –інтегрованого керування (інтегровані автоматизовані системи керування): навч. посібник. К.:НУХТ,2005-192 с.

23. Цифрові системи інтелектуального управління підприємствами промислового комплексу регіону: монографія / В.П.Хорольський, О.В.Хорольська. І.П.Діянов -Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О.- 2020.- 564с

24. Ямпольський Л.С.. Нейротехнології та нейросистеми: монографія/ Л.С. Ямпольський, К.: ДорадоДрук, 2015.- 508с. .

25. Нестеренко О.В.,Ковтунець О.В.,Фаловський О.О. Інтелектуальні системи і технології.Ввідний курс: навчальний посібник – К.: Національна академія управління,2017- 90с.

26.Ладанюк А.П.,Заєць Н.А.,Власенко Л.О. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів: монографія. Київ:Ліра-К.,2016.312с.

27.Ладанюк А.П., Смітюх Я.В.,. Власенко Л.О. Заєць Н.А, Ельперін І.В. Системний аналіз складних систем управління К.:НУХТ,2013.274с

28.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.

29.Хорольський В.П. Проектування робототехнологічного комплексу з виробництва хліба для територій з техногенним забрудненням / В.П.Хорольський, О.М.Корольський // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький, 2018. – № 1 (257). – С. 256-263.

Розроб.	Хорольський							
Перевір.	Хорольський							
Н. Контр.	Омельченко							
Затверд.	Хорольський							

ДонНУЕТ ЛІВКОМБ/25.02.2018			
256	263	Арк.	Аркушів
		56	1
<b>ДонНУЕТ</b>			
<b>Кафедра ЗІДО</b>			



30.Хорольський В.П. Ідентифікація процесу приготування тіста в полі ультразвукових коливань / В.П. Хорольський, Ю.М. Коренець, А.В. Шеїна // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький, 2018. – № 2 (259). – С. 115-123.

31.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.

32.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.

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

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

35.Agent technology : Enabling next generation computing/ Luck M., McBurney P., Preist C// N.Y.: Agent Link. 2003.-94 p.

36.Wooldridge M. An introduction to multiagent systems/ M. Wooldridge. – Chichester, England: John Wiley Sons, 2002.-366 p.

37. Хорольський В.П., Серебренников В.М., Коренець Ю.М., Расчехмаров І.В. Ультразвук як аналізатор моніторингу стану харчової сировини // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки - №6-2019-С138-38. Хорольський В.П., Коренець Ю.М., Гончаренко В.А., Яровий Д.В., Расчехмаров І.В. Теоретичні основи багаторівневого автоматизованого керування холодозабезпеченням промислових холодильників.// Обладнання та технології харчових виробництв. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2021ю Вип. 2 (43) С. 122-130

39. Хорольський В.П. Удосконалення систем контролю та керування процесом В.П. Хорольський, Ю.М. Коренець, Ю.М. Петрушина, І.В. Расчехмаров // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки.2022-№1-С.248-256.

40. А. Літвіненко . Автоматизована система керування виробництвом заморожуваних сортів хліба, шифр роботи: Розумний хліб. Харків 2021 30 с.

					<b>ДонНУЕТ.133. ГМБ-22с.2023.ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Расчехмаров			Інтелектуальна система управління процесом охолодження і заморожування ремісничого хлібу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хорольський					56	1
Н. Контр.		Омельченко				<b>ДонНУЕТ</b>		
Затверд.		Хорольський				<b>Кафедра ЗІДО</b>		