

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: **ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОТОРНИХ ПЕЧЕЙ**
ХЛІБОЗАВОДУ ТА РОЗРОБКА МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ЇХ ЗАХИСТУ
ВІД АВАРІЙ»

Виконав:

здобувач вищої освіти _____ **Нікітін Дмитро Олександрович** _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

_____ **професор, д.т.н., професор Хорольський В.П.** _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг

2023

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 заочна

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

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

Нікітіну Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Дослідження надійності роторних печей
хлібозаводу та розробка мехатронної системи їх захисту від аварій»

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. № 70-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи «24» листопада 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Техніко-технологічні дані про обладнання ПАТ «Криворіжхліб».
2. Фахова та методична література.
3. Наукові публікації.
4. Навчальні підручники, довідники, посібники

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.
2. Техніко-економічне обґрунтування підвищення надійності роторних печей та іншого технологічного обладнання з виробництва хліба.

3. Оцінка довговічності обладнання хлібопекарського виробництва з роторними печами на основі причино-наслідкових моделей.

4. Підвищення надійності експлуатаційних характеристик роторної печі виробництва хлібобулочних виробів.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

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

Загальна схема роторної печі.

Загальний вигляд пекарної камери.

Теплообмінник.

Пристрій парогенератора.

Дерево відмов для роторної печі.

Модель причино-наслідкових зв'язків пекарної камери

Алгоритм керування продуктивністю роторної печі за критерієм її надійності

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

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Опрацювання літературних джерел і складання плану роботи, вступ.	04.09-20.09.2023р.
2	Написання першого розділу	21.09-18.10.2023р.
3	Написання другого розділу	19.10-15.11.2023р.
4	Написання третього розділу та висновків	16.11-25.11.2023р.
5	Оформлення роботи, доопрацювання зауважень, і подання до захисту	27.11.2023р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Нікітін Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хорольський В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи магістра: 60 стр, 21 рис., 2 табл..

На тему: «Дослідження надійності роторних печей хлібозаводу та розробка систем їх захисту від аварій» .

Об'єктом досліджень є сучасне підприємство з виробництва якісних хлібопродуктів у роторних печах

Предметом дослідження є надійність печей роторного типу для виробництва хліба з безпечними характеристиками.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є дослідження питань підвищення працездатності технологічного обладнання для виробництва хлібобулочних виробів зі заданими характеристиками якості за рахунок їх захисту від аварій.

Для виконання цієї мети необхідно:

- обґрунтувати вибір сучасного обладнання для виробництва хлібобулочних виробів;
- виконати експертне моделювання надійності обладнання роторних печей технологічної лінії з виробництва хліба ;
- розробити та дослідити методи нечіткого опису працездатності роторних печей ;
- розробити інтелектуальні системи автоматики захисту роторних печей від аварій та аварійних ситуацій;

Емпірична база кваліфікаційної роботи магістра створена в процесі наукової роботи автора щодо вибору та розрахунку надійності обладнання для хлібопекарень.

Наукова та практична цінність роботи полягає в розробці теоретичних, методичних і практичних основ підвищення надійності обладнання, а саме розробка систем контролю і захисту обладнання від аварій.

Ключові слова : виробництво хліба, процеси, надійність обладнання, роторні печі, автоматика, захист, аварії. .

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ

Розділ 1. Техніко-економічне обґрунтування підвищення надійності роторних печей та іншого технологічного обладнання з виробництва хліба.

1.1. Експертні методи оцінки надійності роторних печей та обладнання технологічних ліній з виробництва хліба.

1.2. Конструктивні особливості печі «РОТОР-АГРО 202 Г» та її математичні моделі.

Розділ 2. Розробка інтелектуальних методів оцінки надійності роторних печей

2.1. Оцінка довговічності обладнання хлібопекарського виробництва з роторними печами на основі причино-наслідкових моделей.

2.2.. Модель проблемних ситуацій працездатності роторних печей.

2.3. Алгоритм і система розпізнавання аварійних ситуацій.

Розділ 3. Методологія підвищення довговічності роторного обладнання хлібопекарних виробництв

3.1. Автоматизований комплекс виробництва хліба з роторною піччю

3.2. Організація планово-профілактичних ремонтів обладнання роторної печі

Висновки.

Список використаної літератури.

Додатки.

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нікітін			Дослідження надійності роторних печей хлібозаводу та розробка систем їх захисту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хорольський					5	1
Н. Контр.		Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Хорольський						

ВСТУП

Головне завдання хлібопекарної промисловості Придніпровського регіону в період війни росії з Україною –забезпечити населення високоякісними хлібобулочними виробами. Це завдання тісно пов'язане не лише з логістикою сировини і персоналу, але головне із стабільним постачанням газу, електрики, води, інгредієнтів та мінімізації викидівCO2 в навколишнє середовища. Ось чому в цей тяжкий період життя українського народу хлібозаводи регіону повинні забезпечувати населення хлібом з інноваційними характеристиками – лікувально – профілактичного, та дієтичного напрямку харчування. З цією метою криворізькі підприємства

ПАТ «Криворіжхліб», Перший хлібозавод та інші заводи Придніпровського регіону за останні місяці накопичили значний досвід з модернізації обладнання та його надійної роботи в періоди обмежень газу,електрики та автоматизації технологічних процесів. У світовій практиці виробництва хліба в останнє десятиріччя є використання сучасного технологічного обладнання відомих фірм:GOSTOL (Словенія), FRITSCH, DIOSNA, HARTMAN (ФРН), GLIMEK(Швеція), KONIG(Австрія), яке на сьогодні має високий рівень автоматизації на базі SCADA – систем. Таке обладнання розраховане на однорідну, за якісними показниками, сировину та інші підсилювачі.

В свою чергу якісні показники хлібопекарських виробів залежить: 1.надійної роботи технологічного обладнання ;2. від рівня знань технологів-операторів;3.рівня інформаційного й алгоритмічного забезпечення, інтелектуально-інформаційної підтримки прийняття рішень особи,яка приймає оперативні рішення.

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нікітін			Дослідження надійності роторних печей хлібозаводу та розробка систем їх захисту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хорольський					6	3
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
Затверд.		Хорольський						

Головну роль в цьому випадку буде відігравати рівень інтелектуалізації керування обладнанням в періоди обмежень енергоносіїв та віялових відключень електрики, спеціального програмного забезпечення, своєчасного розпізнавання аварійних ситуацій та аварій, виконання персоналом технологічного обслуговування обладнання хлібопекарського виробництва. Об'єктом досліджень є сучасне підприємство з виробництва якісних хлібопродуктів у роторних печах

Предметом дослідження є надійність печей ротаційного типу для виробництва хліба з безпечними характеристиками.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є дослідження питань підвищення працездатності технологічного обладнання для виробництва хлібобулочних виробів зі заданими характеристиками якості за рахунок їх захисту від аварій.

Для виконання цієї мети необхідно:

- обґрунтувати вибір сучасного обладнання для виробництва хлібобулочних виробів;
- виконати експертне моделювання надійності обладнання роторних печей технологічної лінії з виробництва хліба ;
- розробити й дослідити методи причинно-наслідкових методів та нечіткого опису працездатності роторних печей ;
- - розробити інтелектуальні системи автоматики захисту роторних печей від аварій та аварійних ситуацій;

Емпірична база кваліфікаційної роботи магістра створена в процесі наукової роботи автора щодо вибору та розрахунку надійності обладнання для хлібопекарень.

Наукова та практична цінність роботи полягає в розробці теоретичних, методичних і практичних основ щодо розрахунку обладнання підприємств з виробництва хлібопродуктів, а саме вибору роторних печей «РОТОР-АГРО 202 Г» та тістомісильних машин.

Наукова та практична цінність роботи полягає в розробці теоретичних, методичних і практичних основ підвищення надійності обладнання, а саме розробка систем контролю і захисту обладнання від аварій.

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Достовірність і обґрунтованість наукових і практичних результатів одержаних в кваліфікаційній роботі магістра підтверджується використанням сучасних методів моделювання і нечіткого математичного аналізу, використанням експертних методів обробки нечітких даних про надійність роторної печі з використанням комп'ютерних програм MATHCAD та EXCEL, проведенням спеціальних лабораторних експериментів й високої збіжності результатів з багатofакторними стандартними критеріями.

По темі кваліфікаційної роботи магістра опублікована одна наукова праця.

Наукова новизна роботи:

- запропоновано метод аналізу надійності чинників роторних печей на основі моделей причинно-наслідкових зв'язків та методів нечіткої математики
- одержані емпіричні залежності, які дозволяють визначати раціональні параметри систем інтелектуального захисту технологічного обладнання від аварій та аварійних ситуацій.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОТОРНИХ ПЕЧЕЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБА

1.1. Експертні методи оцінки надійності роторних печей та обладнання технологічних ліній з виробництва хліба.

У період повномасштабної війни росії проти народу України її харчова промисловість стійко відрегулювала на виводи та забезпечує населення регіонів продуктами харчування високої якості. Це досягнуто за рахунок своєчасної модернізації хлібо заводів, м'ясопереробних підприємств, молоко заводів, холодильних підприємств й підприємств агропромислового комплексу та розроблені методи роботи цих підприємств у період віялових відключень електрики та постачання газу. Іншим важливим чинником є підвищення надійності технологічного обладнання, його оперативне обслуговування й взаємовигідна співпраця зі споживачами продукції та постачальниками комплектувальних, електрики, газу і води.

Експертна команда у складі 5 спеціалістів хлібо заводів міста Кривий Ріг та 2 викладачів ДонНУЕТ після детального аналізу енергетичної ситуації в Україні та проведеного СВОТ- аналізу одногосно пришла до висновку: на криворізьких хлібо заводах використовують тунельні печі, які потрібно замінити на печі європейського класу «Ротор-Агро 202 Г» з унікальним поєднанням технологічних можливостей, якості та ціни. Вони призначені для випічки широкого асортименту хлібо булочних та борошняних кондитерських виробів на хлібо заводах і пекарнях. Печі серії «Ротор-Агро 202 Г», розроблені з урахуванням досвіду експлуатації імпортного теплового обладнання. Печі мають збірно-розбірну (модульну), конструкцію, що дозволяє монтувати їх у будь-яких приміщеннях з максимальною економією площі.

					ДонНУЕТ.133. ГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нікітін			Техніко-економічне обґрунтування підвищення надійності роторних печей	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хорольський					9	13
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ			
Затверд.		Хорольський			Кафедра ЗІДО			

На рис. 1.1.наведено роторну піч «РОТОР-АГРО 202 Г», в якій передбачена можливість розміщення шаф електроустаткування та системи контролю й автоматики.

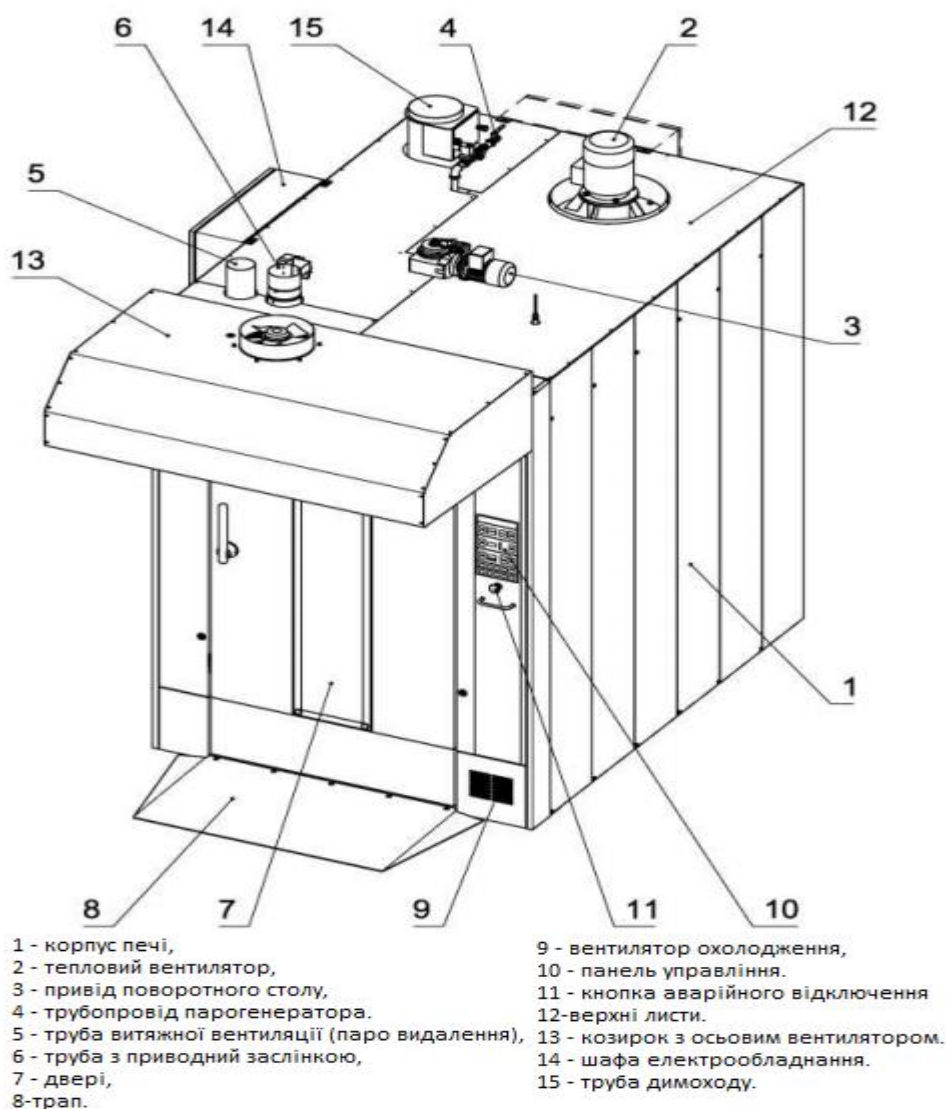


Рисунок 1.1. Загальний вигляд роторної печі

Експертна група проєктантів у складі 7 спеціалістів розробила методику експлуатації таких машин у періоди обмеження потужності енергосистеми, постачання газу та води. Висновки експертів пов'язані з наступним: 1. головним елементом технологічної схеми з виробництва хлібобулочних виробів є роторна піч з візками, від оптимальної роботи якої, її надійності та енергоефективності залежить якість продукції. 2. найціннішим інформативним об'єктом роторної печі є температурне поле пекарної камери, потоки повітря та режими роботи витяжного вентилятора. 3. газовий мультиблок з системами контролю витрат газу та його

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

тиску третій за рейтингом елемент, від надійної роботи якого залежить не лише режими роботи пекарної камери, а головне продуктивність печі та якість продукції.4. роторна піч віднесена експертами до слабо структурованих об'єктів керування, вихідні показники якої залежать від досвіду операційного персоналу донавчати експертну систему та розробляти ПЗ ОПР, яке працює в манері досвідченого оператора, розпізнаючи аварійні ситуації, аварії, збурення в системі енерго та газо забезпечення. Отже, необхідно дослідити конструктивні особливості печі, робочі характеристики керування роторними печами з метою удосконалення існуючих систем керування з врахуванням режимів роботи енергосистем та забезпечення газом хлібозаводу.

1.2. Конструктивні особливості печі «РОТОР-АГРО 202 Г» та її математичні моделі

Піч має пекарню камеру, системи нагріву і циркуляції повітря, механізм обертання стелажних візків, системи пароувлажнення та видалення відпрацьованих газів і панель керування. Конструкція роторної печі(2023року) має тепловий вентилятор з асинхронним двигуном, керованим частотним перетворювачем, що дозволяє точно і економічно встановлювати режим випічки для найскладніших різноманітних хлібобулочних та кондитерських виробів.

Надійність печі досягнута високоякісними матеріалами і комплектуючими, що забезпечують якість випічки і надійність експлуатації печі.

Розглянемо більш детально роботу печі «РОТОР-АГРО 202 Г», яка наведена на рисунку 1.2.

Із відомих рекламних джерел роторна піч має блочну конструкцію. Розглянемо основні блоки, що наведені на рисунку 1.2. Корпус печі складають наступні елементи: основа. – 1; блок правий. – 2; блок лівий – 3; дах камери – 4; блок тепловий. – 5. Внутрішні стіни пекарної камери і панелі корпусу печі виготовлені з листової нержавіючої сталі. Зовнішні панелі – з вуглецевої сталі пофарбовані порошковою фарбою. Простір між внутрішніми і зовнішніми панелями заповнений утеплювачем з мінеральної вати, товщина шару 100 мм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Тепловий вентилятор має дві швидкості обертання. За допомогою зміни швидкості обертання вентилятора можна впливати на стадії випічки шляхом зміни швидкості прогрівання (і підйому) тістових заготовок.

На даху корпусу печі рис.1.2 змонтовані вентилятор 2, привід повороту столу. 3, трубопровід парогенератора. 4, труби витяжної вентиляції. 5, 6. «Простір між цими вузлами утеплено плитами з мінеральної вати. Зверху утеплювач накритий пофарбованими листами з вуглецевої сталі. 12, які утворюють дах печі. На правий блок корпусу печі навішати двері 7. Праворуч від лицьової панелі печі розташована система керування 10. Охолодження системи керування виконано за допомогою вбудованого осьового вентилятора 9. Візки багаторівневі роботоманіпулятором закриваються в піч по трапу 8. Козирок 13 слугує для збору пару і диму при відкриванні дверей з подальшим їх видаленням витяжним вентилятором. На лівій зовнішній стіні корпусу печі розташована шафа електрообладнання 14. Розведення дротів електрообладнання по стінах і по даху виконано в коробах. В системі електропостачання роторної печі «РОТОР-АГРО 202 Г» передбачена можливість захисту електродвигунів від коротких замикань з контролем активної та реактивної потужностей.

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

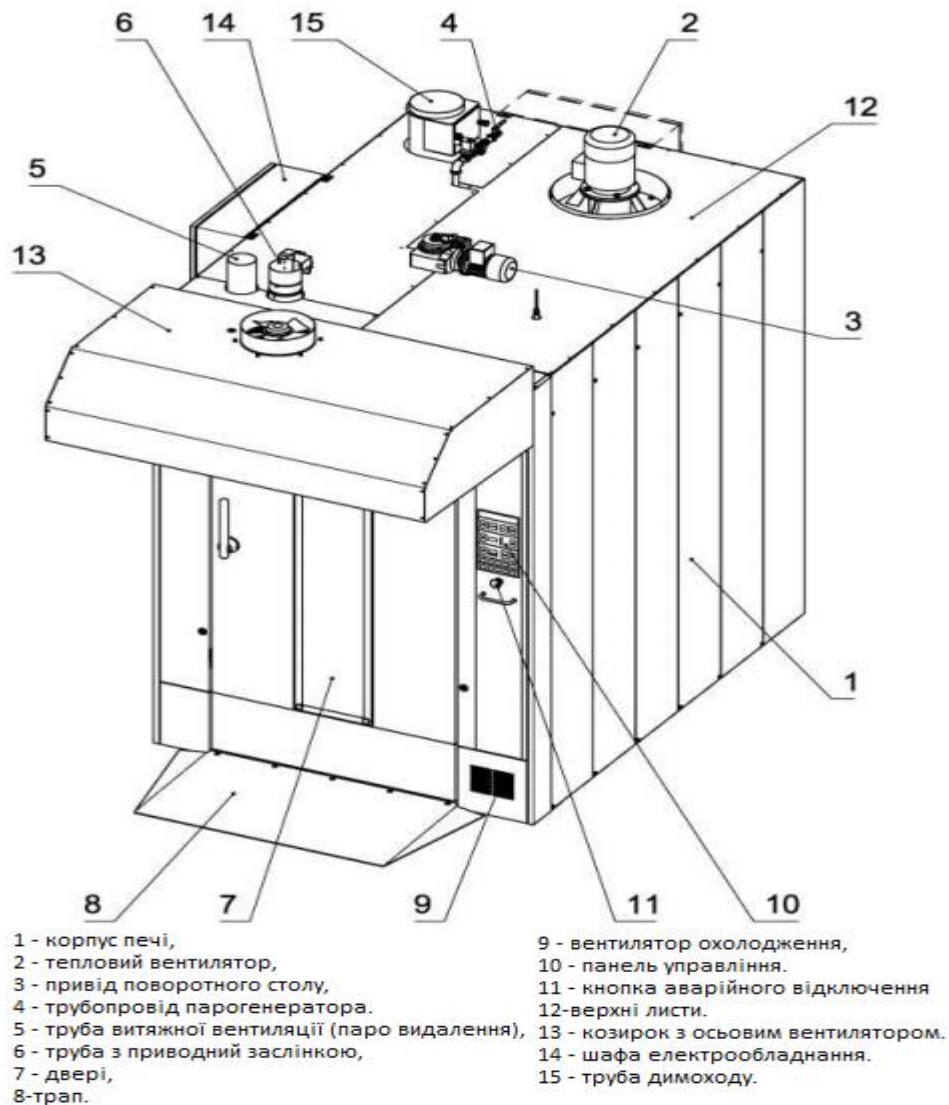


Рисунок 1.2. Загальний вигляд печі

Пекарна камера (рис.1.3) є головним елементом досліджень з точки зору надійності роботи печі. Вона обігривається повітрям, що циркулює по замкнутому контуру, а регулювання інтенсивності потоку здійснюється зміною розміру щілин між нерухомими панелями і рухливими шиберами.

На думку експертної групи автоматизація процесу випікання хліба повина бути побудована з врахуванням траєкторії постачання газу зі заданими параметрами.

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

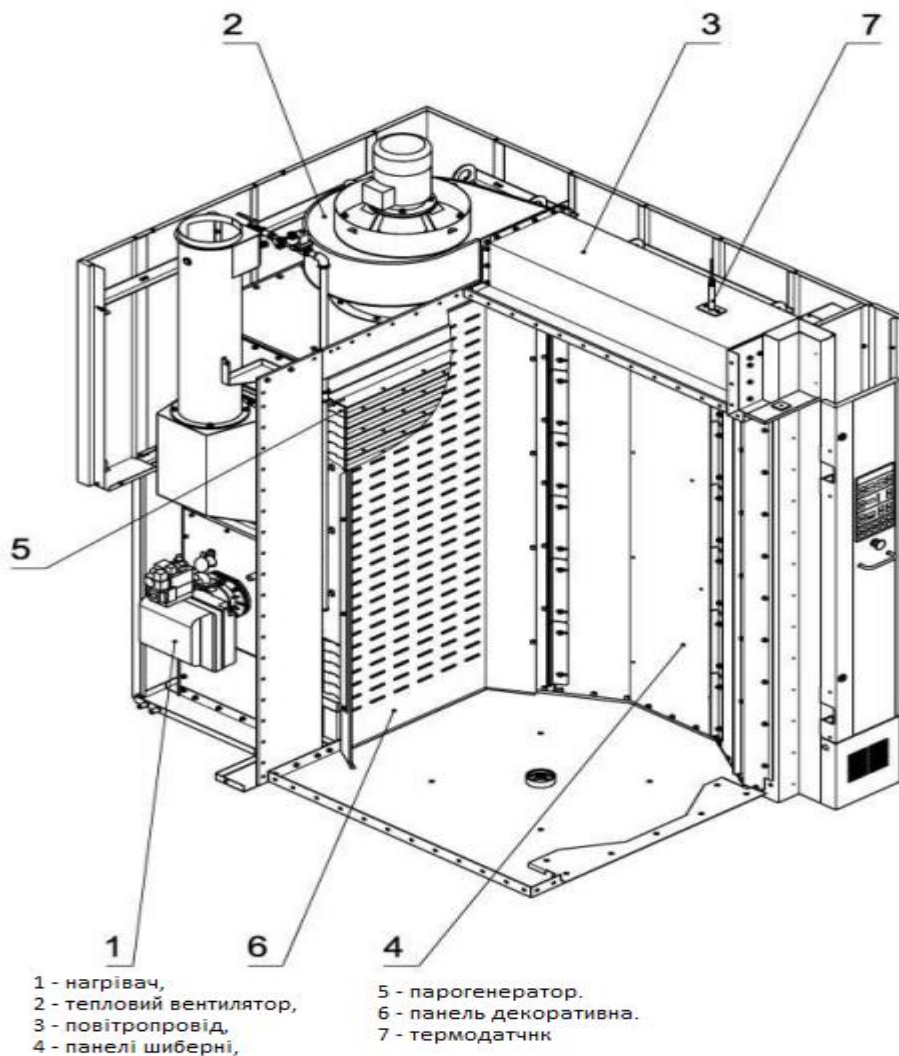


Рисунок 1.3 Загальний вигляд пекарної камери

На рис 1.4 наведено теплообмінник роторної печі ,який складається

з газового пальника 5, корпуса теплообмінника процесу1. та труби. 4. У трубі встановлені термодатчик 2 і запобіжний клапан 3. Як газовий пристрій в печах з газовим обігрівом використовується газовий вентиляторний одноступеневий пальник фірми «RIELLO S.P.A.» з газовою рампою (мультиблоки) з приєднанням мережі живлення G ¾.

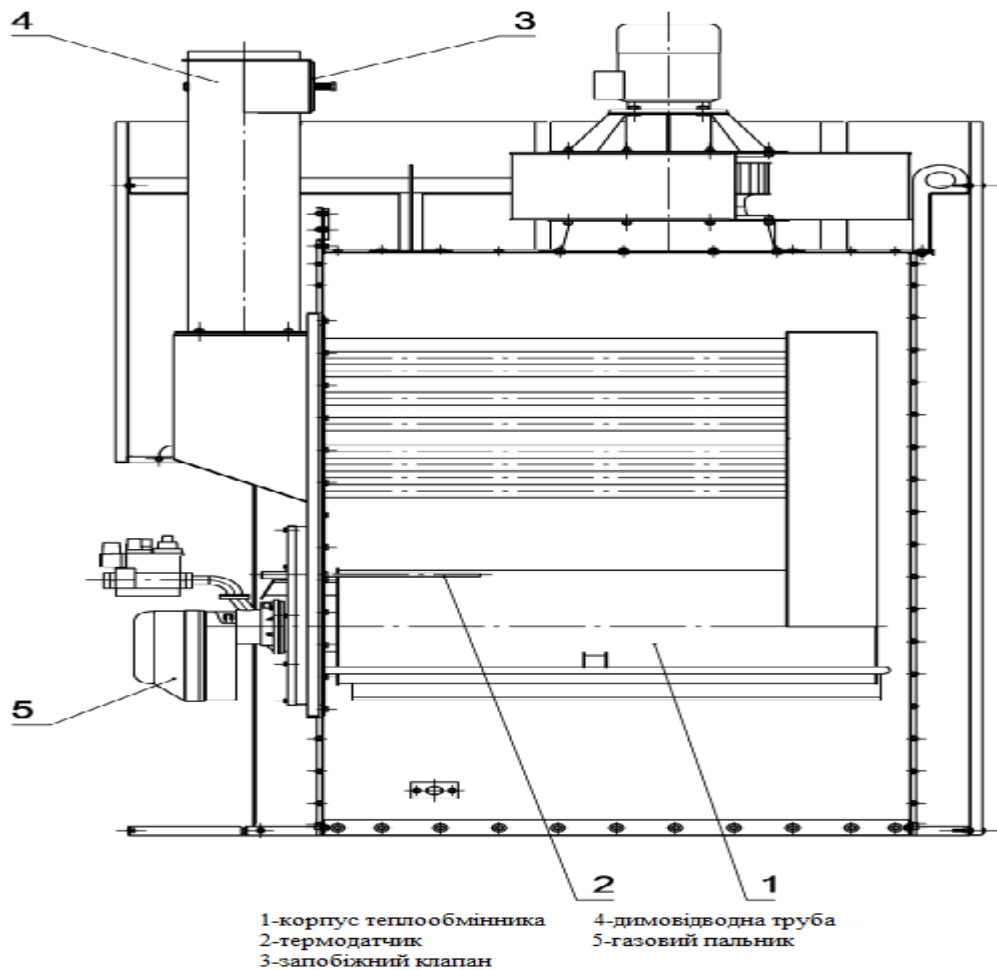
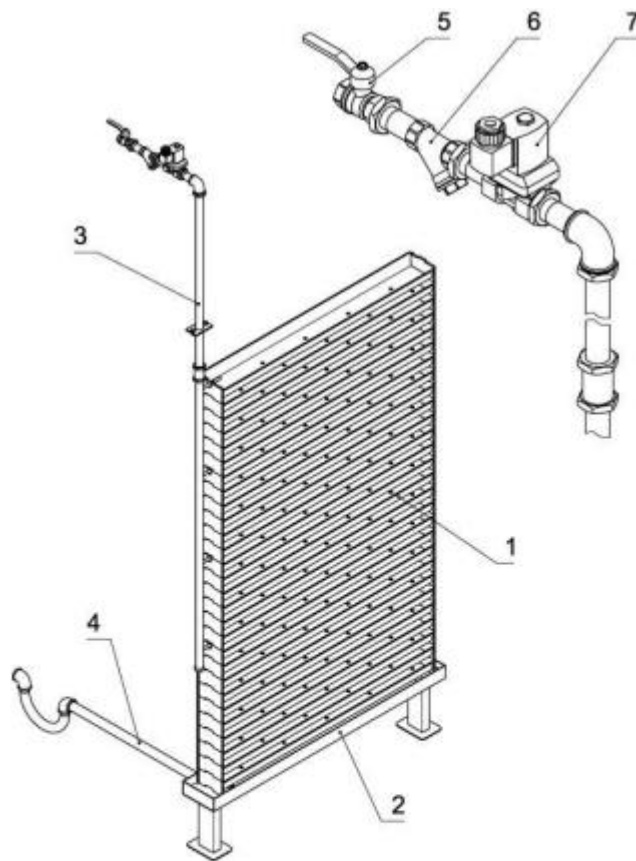


Рисунок 1.4 Теплообмінник

Технологічний пар для зволоження тістових заготовок виробляється парогенератором (рис.1.5), розташованим вздовж задньої стіни пекарної камери.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1-лотки парогенератора. | 7-електроманітний клапан. |
| 2-ванна. | 8-муфта. |
| 3-підвідний водопровід. | 9-контргайка. |
| 4-груба відводу. | 10-кутник. |
| 5-кран кульовий. | 11-зганяння. |
| 6-фільтр грубого очищення. | 12-муфта. |
| | 13-контргайка. |

Рисунок 1.5 Пристрій парогенератора

Візок з тістовими заготовками закручується в піч по трапу і встановлюється на поворотному столі 1 (рис.1.4) з підпружиненим фіксатором 2. Кулька фіксатора повинна увійти в отвір підстави (вузла фіксації) візка і надійно зафіксувати її. У разі необхідності провести регулювання вузла фіксації візка за допомогою регулювального болта. Опорою столу служить поворотний підшипник 7. Площина столу повинна бути вище площини трапа на 1-2 мм. Це досягається установкою компенсаторів 8 під упорний підшипник. Для огляду і мастила підшипника необхідно підкласти під поворотний стіл дерев'яні клини, відвернути 4 болта М12, зняти підпружинений фіксатор. Збірку провести в зворотному порядку.

Для захисту передачі мотор-редуктора від перевантажень в редуктор вбудований обмежувач крутного моменту (запобіжна муфта). Регулювання

						ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

крутного моменту здійснюється гайкою поз. 2.(див.Додаток А, Б) Стіл з рампою повинен повертатися при натисканні на рампу із зусиллям 15-20 кгс.

Перейдемо до моделювання продуктивності роторних печей.

Продуктивність роторної печі будемо визначати за формулою:

$$\Pi_{т.п.}=Ff/\tau,$$

де F-робоча площа листів візка, м², f-питоме навантаження 1м² листів візка в печі залежності від процесу виробів, кг.

«Робочі характеристики печі у цьому випадку визначаються тепловим балансом пекарної камери печі.

Тепловий баланс визначають на 1кг гарячої випічки (виробів)(кДж/кг)

$$q_{п.к.}=q_1+q_2+q_3+q_4+q_5+q_6+q_7+q_8, \quad (1.1)$$

де- q₁– витрати теплоти на випічку(корисне тепло) виробу;

q₂, q₃ – втрати тепла на нагрів пару, а також на нагрів вентиляційного повітря;

q₄– втрати тепла в навколишнє середовище візком та іншим технологічним обладнанням;

q₅– втрати тепла в навколишнє середовище через огороження пекарної камери;

q₆– втрати тепла через фундамент;

q₇– втрати теплоти випромінюванням через посадкові та розвантажувальні отвори пекарної камери в навколишнє середовище;

q₈– теплота, яку витрачають на акумуляцію.»

Теоретично витрати теплоти на випічку(q₁) можливо визначити шляхом експертного аналізу наступних чинників: витрат теплоти на нагрів тіста, на випарювання вологи з нього і на перенагрів, утворених із цієї вологи пару до температури суміші, яка виходить із пекарної камери:

Ефективність роботи печі і оптимізацію витрат газу будемо характеризувати питомими витратами палива на випічку одного кілограма хліба:

$$B_{пит.г.}=B_{г.}/\Pi_{т.п.}, \quad (1.2)$$

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

де V_T – витрати палива за годину, кг/год; $\Pi_{T,п}$ – продуктивність роторної печі, кг/год.

Об'єм пекарної камери визначається по параметрам допустимої величини теплової напруги топочного простору K_v .

$$V_T = BQ_n^p / K_v$$

. Для забезпечення випічки високоякісних виробів в пекарній камері необхідно задати раціональні режими процесів тепловідводу для верхніх і нижніх нагрівальних каналів. Вони будуть характерними для виробів основного асортименту з врахуванням внутрішнього (в тісті і хлібу) і зовнішнього (в пекарній камері) тепло- і масообміну [3,4,13,28]. Одне і двоступеневі газові мультиблоки забезпечують стабільний тиск газу перед пальником і його подачу в необхідній кількості. При необхідності і при виникненні аварійної ситуації мультиблок забезпечує герметичне відключення подачі газу.

На рис. 1.6 наведено одноступінчатий газовий мультиблок типу MBD – MBDLE. Газовий мультиблок складається: 1 - фільтр; 2 - реле мінімального тиску газу; 3 -стабілізатор тиску газу; 4 -запобіжний клапан; 5 - одноступінчатий регулюючий клапан; 6 -блок контролю герметичності клапанів (в комплект поставки не входить); 7 -штуцер вимірювання тиску газу перед фільтром. Експерти, оцінюючи працездатність газових мультиблоків вважають, що надійність газових мультиблоків з ймовірністю 0,95 відповідає вимогам стандарту ДСТУ 2860, а отже необхідно звернути увагу ОПР на можливі відключення газу, зменшення тиску тощо

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

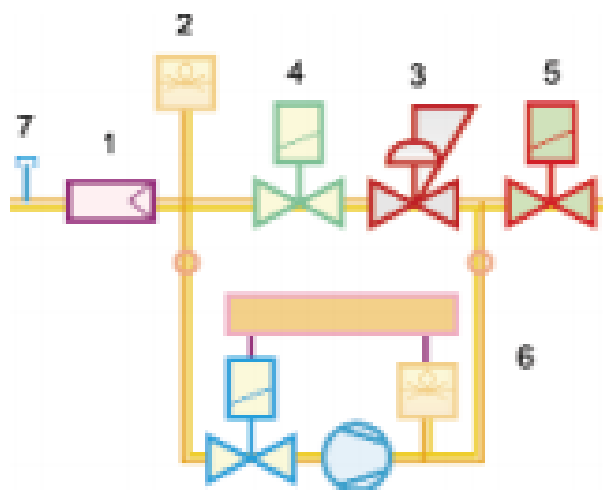


Рисунок 1.6.

Одноступінчатий газовий мультиблок типу MBD – MBDLE

Потужність таких пальників під час налаштування пальника на фіксоване значення не змінюється протягом її роботи (див. рис.1.7). Пальник має наступні режими роботи: ‘включено’ – ‘вимкнено’.

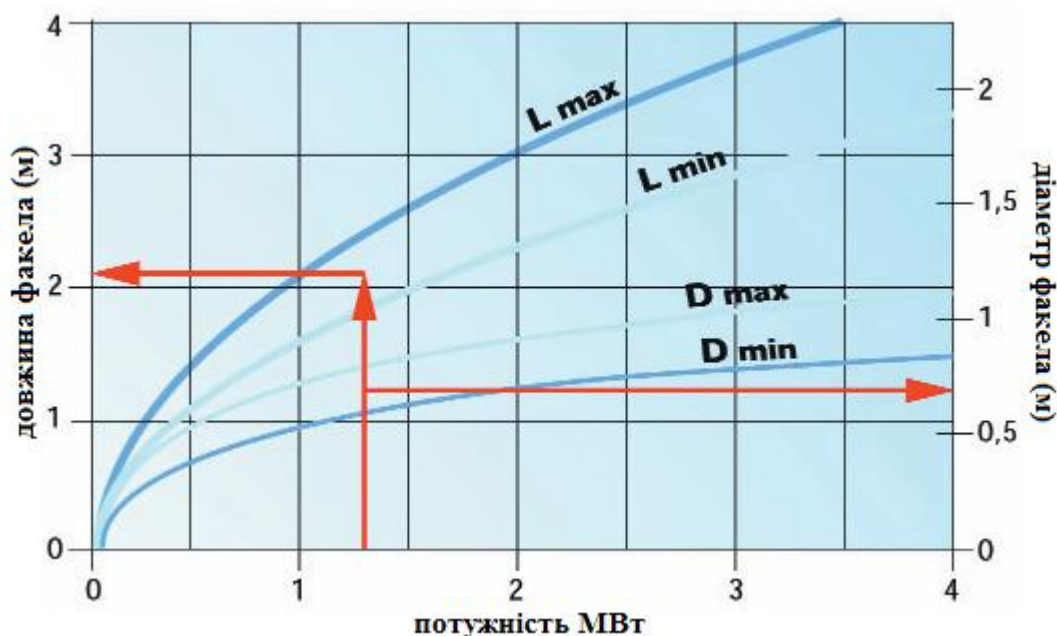


Рисунок 1.7

Характеристика одноступінчатого газового мультиблоку типу MBD – MBDLE

Стабільність режиму роботи роторної печі експерти оцінюють за рахунок системи стабілізації температурного поля її випічної камери. Ця автоматизована

система контролю забезпечує вимірювання температур в газовому просторі випічної камери роторної печі та газового мультиблока.

У процесі експлуатації роторних печей термоелектричні перетворювачі виходять із ладу за рахунок вібрацій і високих температур, агресивності середовища тощо. У свою чергу невизначеність в системі постачання газу заданної якості, несправності газового мультиблока, систем контролю тиску газу, аварійного відключення газу та електрики приводе до суттєвих змін в режимах роботи роторної печі, а отже привде до втрати якості хліба і продуктивності. Ось чому необхідно провести аналіз впливу таких чинників на ймовірність виведення роторної печі із ладу або зменшення її продуктивності та втрату якості хліба[18].

Найчастіше ці чинники описують, коли швидкість спрацювання деталей пекарної камери та газової апаратури визначена тепловою корозією нормальним законом виду:

$$f_0(K) = \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(K-K_{cp})^2}{2\sigma_k^2}} \quad (1.3)$$

$f_0(K)$ — густина імовірності; K_{cp} — середнє значення швидкості спрацювання або корозії (зміни вихідного параметра X); σ_k — середнє квадратичне відхилення швидкості спрацювання деталей за рахунок корозії.

При $X = X_{max}$ настає граничний стан, який визначає термін експлуатації газового мультиблоку $\tau = T$, як функцію випадкового аргументу K :

$$T = \varphi(K) = \frac{X_{max}}{K}. \quad (1.4)$$

Середній термін експлуатації мультиблоку будемо оцінювати так:

$$T = \frac{X_{max}}{K_{cp}}. \quad (1.5)$$

У процесі газопостачання хлібопекарських виробництв, одночасно з поступовими відмовами виникають і раптові. Причини виникнення раптових відмов пов'язані не лише зі зміною стану мультиблоків, а й з небажаним співвідношенням діючих чинників.

. При цьому ймовірність безвідмовної роботи описується експоненційним законом

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

$$P_B(T) = e^{-\lambda T}, \quad (1.6)$$

де λ - інтенсивність відмов (кількість підмок за одиницю часу).
 При сумісній дії поступових і рантових відмов імовірність безвідмовної роботи можна визначити за теоремою множення ймовірностей

$$P(T) = P_u(T)P_\delta(T) \quad (1.7)$$

Використовуючи (1.6) і (1.7), отримуємо

$$P(T) = \left[0,5 + \Phi\left(\frac{X_{max} - a_0 - K_{cp}T}{\sigma^2 + \sigma_k^2 T^2}\right) \right] e^{-\lambda T}. \quad (1.8)$$

Таким чином, якщо відомі параметри законів розподілу T_{cp} , σ , λ , то можна розрахувати ймовірність безвідмовної роботи найважливіших блоків роторної печі.

Отже, в першому розділі розроблено методи експертного оцінювання якості та надійності важливих елементів роторних печей, що дозволяє перейти до розробки інтелектуальних методів оцінки надійності роторних печей в темпі з технологічним процесом виробництва хліба

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

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОТОРНИХ ПЕЧЕЙ

2.1. Оцінка довговічності обладнання хлібопекарського виробництва з роторними печами на основі причинно-наслідкових моделей

З метою моделювання процесів випічки хліба та впливу експлуатаційних відмов елементів роторної печі на працездатність усієї технічної системи виробництва хліба використовуємо формалізовані методи побудови та аналізу причинно-наслідкових зв'язків між подіями (відмовами) та вихідними показниками якості системи. [3,4]

Ці методи є графічними і дозволяють моделювати можливі події, несправності, а також дослідити ймовірність виникнення аварій, які з'являються в роторних печах.

Множину можливих відмов позначимо: $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ – вихідні змінні U_1, U_2, U_3, \dots та елементи, що збурюють систему і спонукають до зміни працездатності системи Z_1, Z_2, Z_3, \dots .

На рис. 2.1 наведено структурну схему дослідження надійності обладнання елементів роторної печі.

На рисунках 2.2 - 2.5 представлені моделі причинно-наслідкових зв'язків обладнання роторної печі. Спочатку побудуємо модель відмов для роторної печі. У процесі побудови моделей для множин M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 проведемо дослідження взаємозв'язків елементів роторної печі. Припустимо, що технологічні процеси в роторній печі - це система операцій з послідовним з'єднанням елементів її блоків. Як відомо в подібній системі відмова будь-якого елемента приводить з ймовірністю 0,95 до відмови системи в цілому.

У результаті цього припущення структурну схему надійності системи обладнання роторної печі уявимо у вигляді послідовних блоків 1,2,...,5



Рисунок 2.1. Структурна схема надійності
обладнання роторної печі

M1---M2----M3 –M4---M5

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нікітін			Розробка інтелектуальних методів оцінки надійності роторних печей.	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хорольський					22	17
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ			
Затверд.		Хорольський			Кафедра ЗІДО			

До збурень нами віднесені: 31- віялові відключення електрики та переведення обладнання на резервні джерела; 32-відключення газу або зменшення тиску в мережі та переведення газового мультблоку на альтернативні джерела.

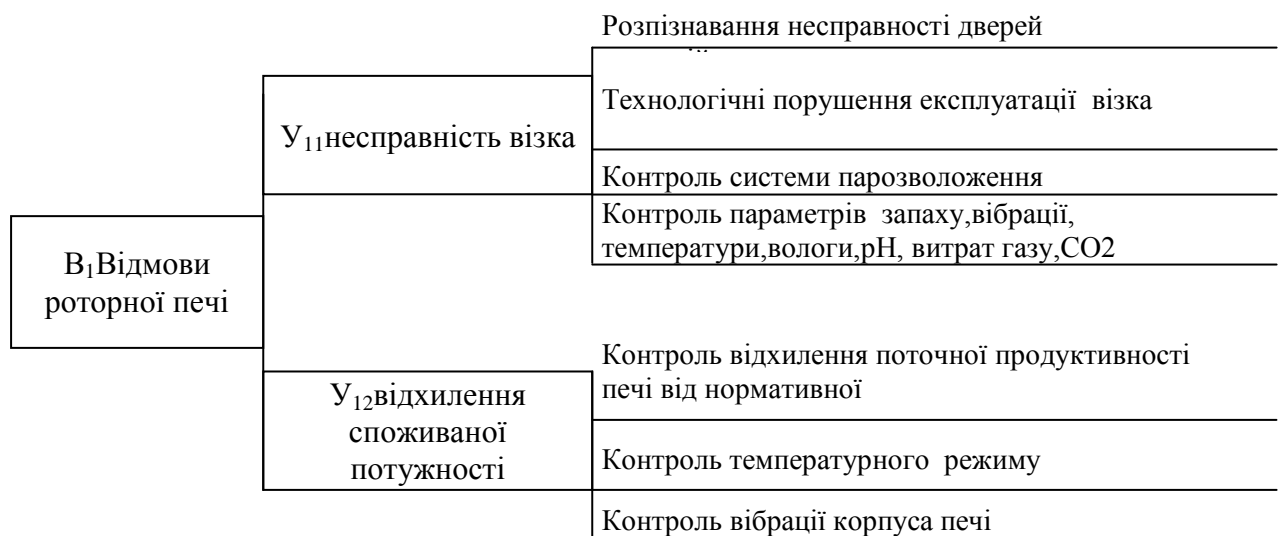


Рисунок 2.2. Модель відмов для множини В₁

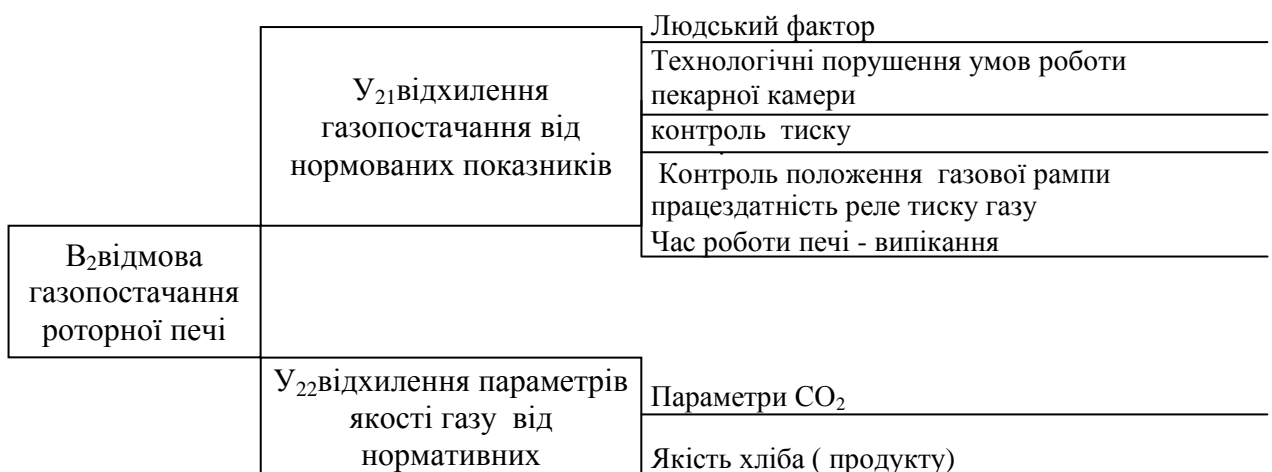


Рисунок 2.3 Модель відмов для множини В₂

Важливим чинником збурень є температурне поле пекарної камери роторної печі. З метою підвищення надійності та працездатності роторної печі та своєчасне виконання бізнес-замовлень ОПР повинен оперативно контролювати час випікання хліба його охолодження та логістику, а головне контролювати якісні характеристики хліба. Як відомо, параметри якості хліба чутливі до змінних збурень сировини, інгредієнтів, знань ОПР, експертних систем прогнозування надійності обладнання та захисту від аварій, вбудованих в АСУТП хлібозавода. Тому інтелектуалізація процесів виробництва хліба вимагає від експертів нових атрибутів щодо вивчення впливу надійності на роботу роторних печей в умовах постійного моніторингу працездатності обладнання, стану енергообладнання та газопостачання.

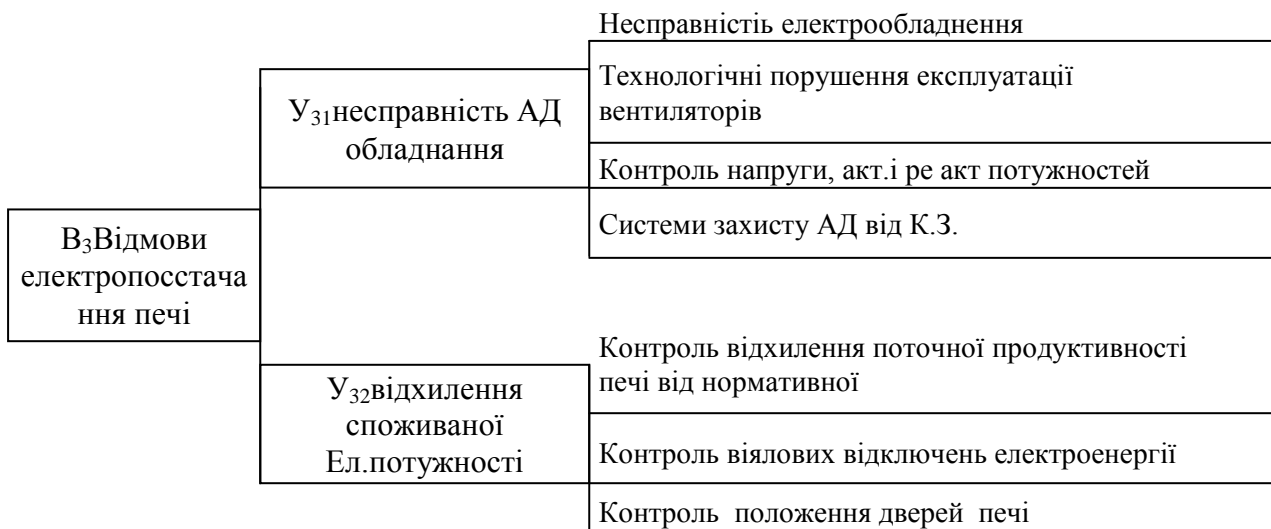


Рисунок 2.4. Модель відмов для множини B3

В ₄ Відмови АСУТП печі	У ₄₁ витрати газу	Розпізнавання аварійних ситуацій
		Технологічні порушення експлуатації
		Контроль повітряних потоків (утворення) і тиску
	У ₄₂ відхилення продуктивності	Контроль параметрів тиску, вібрації, температури, вологи, рН, витрат газу, CO ₂
		Контроль відхилення поточної продуктивності
		Контроль температури
		Контроль підвищення температури

Рисунок 2.5. Модель відмов для множини В₄

В ₅ Мікроклімат пекарної камери	У ₅₁ відхилення температури випікання хліба від нормованих показників	Людський фактор
		Технологічні порушення умов зберігання продукту
		Відносні затрати газу
		Вологість повітря в камері Температура продукту Час роботи печі - випікання
	У ₅₂ відхилення параметрів мікроклімату від заданих	Параметри CO ₂ Якість хліба (продукту)

Рисунок 2.6 Модель відмов для множини В₅

Для умов системи виробництва хліба на хлібозаводах регіону до найбільш відповідальних елементів технічної системи обладнання роторної печі віднесемо пекарню камеру, мотор-редуктор, систему енергопостачання, парогенератор, газовий мультиблок, систему витяжної вентиляції.

Завдання персоналу в період експлуатації роторної печі полягає в створенні та підтримуванні нормативних температур щодо процесу випікання хліба, температурних режимів і забезпечення заданих параметрів мікроклімату пекарної камери.. Ці складові позначимо у вигляді множин B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 .

Надійність досліджуваної системи q , побудованої із незалежних послідовно з'єднаних елементів, дорівнює добутку надійності її елементів. Визначимо інтенсивність відмов λ нерезервованої системи, яка дорівнює сумі інтенсивностей відмов елементів системи:

$$q = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_i = \prod_{i=1}^n q_i$$

де q – надійність системи, $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов, i – кількість елементів системи $(1, n)$. Така залежність свідчить про те, що при збільшенні числа елементів різко зменшується надійність всієї системи [27,28].

При цьому в основі механізму розповсюдження збурень по структурі системи розповсюджена думка експертів команди проєкту, що імпульс впливу відмови елементу накопичується і зменшується, як показники надійності окремих елементів системи обладнання роторної печі хлібозаводу, так і системи в цілому [3,33,34].

$$V = \sum f(y) = f(y_{1j}) + f(y_{2j}) + f(y_{3j}) + f(y_{4j}) + f(y_{5j}) \quad (2.2)$$

Втім найбільший вклад у сумарний ризик надходження несприятливих подій вносять елементи з множиною відмов U_1 і U_3 .

Отже, газовий мультиблок зі стабілізатором тиску газу та реле мінімального тиску газу, є ключовою частиною системи надійності обладнання роторної печі. Відмітимо, що найбільш ефективним з точки зору безпеки, є розробка експертної технологічної карти режимів роботи печі, а також технологічних експлуатаційних заходів, направлених на зниження ймовірності і наслідків можливих відмов щодо постачання газу, електрики та їх впливу на якість хліба.

Це важливе питання будемо розглядати на основі системного підходу, тому що роторна піч віднесена авторам монографії [27] до складних, нелінійних динамічних систем з слабо структурованими чинниками керування.



Рисунок 2.7. Класифікація роторної печі як системи

Для прогнозування відмов теплового і газового обладнання роторної печі відмітимо наступні особливості, які дозволяють віднести роторну піч до складних систем керування та діагностики.

Для прогнозування відмов приймаємо до уваги факт, що системи керування роторними печами, які вивчаються, є унікальними, інколи виготовлені зі специфікою виробництва хлібопродуктів з різного борошна

та можуть працювати в широкому діапазоні температурного поля камери і зміни параметрів газу, з різною корозійною активністю тіста, відрізняється історією експлуатації (термін служби роторних печей, поточні та капітальні ремонти), з різним конструктивним виконанням.

Наявність планово-профілактичних ремонтів (ППР) приводе до того, що в роботі роторних печей одночасно можуть знаходитись елементи, які ні разу не відмовляли (хоч найбільш відповідальні елементи замінюються, незважаючи на те, що вони ще працездатні), відновлення після відмови за допомогою ремонту без заміни.

. Тому необхідно виокремити в дослідженій системі такі компоненти роторної печі, вихід яких із ладу приведе до втрати працездатності усієї системи виробництва хліба.

В табл.2.1 наведена інформація про причини виходу із ладу відповідних елементів обладнання роторної печі, складеної на основі експертних оцінок.

Таким чином, визначені найбільш відповідальні елементи в складі технічної системи: роторна піч – температурне поле пекарної камери–теплогенератор – газовий мультиблок- системи вентиляції- АСУТП з інтелектуальною системою діагностики, системи газопостачання та електропостачання.

Вивчені по темі досліджень джерела дали змогу виявити проблему використання існуючих методів і методик прогнозу показників мікроклімату пекарних камер для випікання різних сортів хліба, прогнозування в темпі процесом надійності роботи роторної печі – систем завантаження тістових заготовок в пекарню камеру з метою визначення моменту виникнення відмов (збурень). Крім цього дослідження несправності блоків роторної печі може бути проведене також експертами в умовах нечіткої інформації про технологічний процес виробництва хліба.

2.2. Модель проблемних ситуацій працездатності роторних печей

Побудуємо на основі експертних досліджень модель проблемних ситуацій, в яких виникають аварії та аварійні ситуації щодо виробництва хліба.

Для рішення даної проблеми (див. рис. 2.2-2.6) необхідно вивчити нечіткі дані з різних позицій. Крім цього важливо в будь – якій кількісній формі представити невизначеність (невизначені факти). Утім невизначеність, яку слід прийняти до розгляду, має саму різну природу виникнення, особливостей тощо. Якщо інформації про процес випікання і зберігання хліба не відповідає технологічним картам, то лише комплексна експертна оцінка цього процесу дозволяє ОПР приймати рішення щодо якості продукту та його реалізації. Іншою невизначеністю є постачання газу та електрики в період війни росії проти України. З метою зменшення невизначеності про надійність газопостачання необхідно звернутись до табл 2.1. та до моделі проблемних ситуацій (рис.2.8.) зі станом інформаційного забезпечення ОПР.

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

При цьому лише ОПР буде приймати рішення про перехід системи виробництва хліба на нові джерела енергії.

Таблиця 2.1

Інформація про параметри технологічного процесу випікання хліба

Інформація надається постійно в процесі виробництва хлібопродуктів	Інформація надається на АРМ диспетчера-оператора один раз за год.
<p>1. Продуктивність роторної печі</p> <p>2. Витрати газу, електрики та періоди обмежень, віялові відключення. Резервні джерела газопостачання та електропостачання.</p> <p>3. Енергетичні характеристики та температурні режими вентиляторів і мультиблоку</p> <p>4. Стан системи контролю температурних режимів</p> <p>5. Стан системи теплообмінників і теплогенератора</p> <p>6. Дані показники температурних параметрів камер для випікання хліба, печива тощо.</p> <p>Інформація надається АРМ - оператор у вигляді строки бази даних із робочої станції оброблення даних РП хлібозаводу.</p> <p>7. Параметри теплових камер-хлібозаводу. Дані про геометричні параметри та властивість продуктів харчування (робочі характеристики хліба)</p>	<p>1. Тип продукції</p> <p>2. Вимірювання температури в пекарній камері роторної печі</p> <p>3. Вимірювання якості продукції в процесі надходження тістової заготовки в камеру</p> <p>4. Оптимальні режими роботи системи випікання хліба</p> <p>5. Стійкість обладнання роторної печі до збурень</p> <p>6. Дані про витрати електрики, газу, викиди CO₂ у навколишнє середовище тощо</p> <p>7. Дані про зупинку обладнання, параметри завантаження-розвантаження пекарної камери</p> <p>8. Дані про можливі дефекти обладнання і фактичну якість продукції. Планування значення технологічних параметрів розвантаження-охолодження хліба</p>

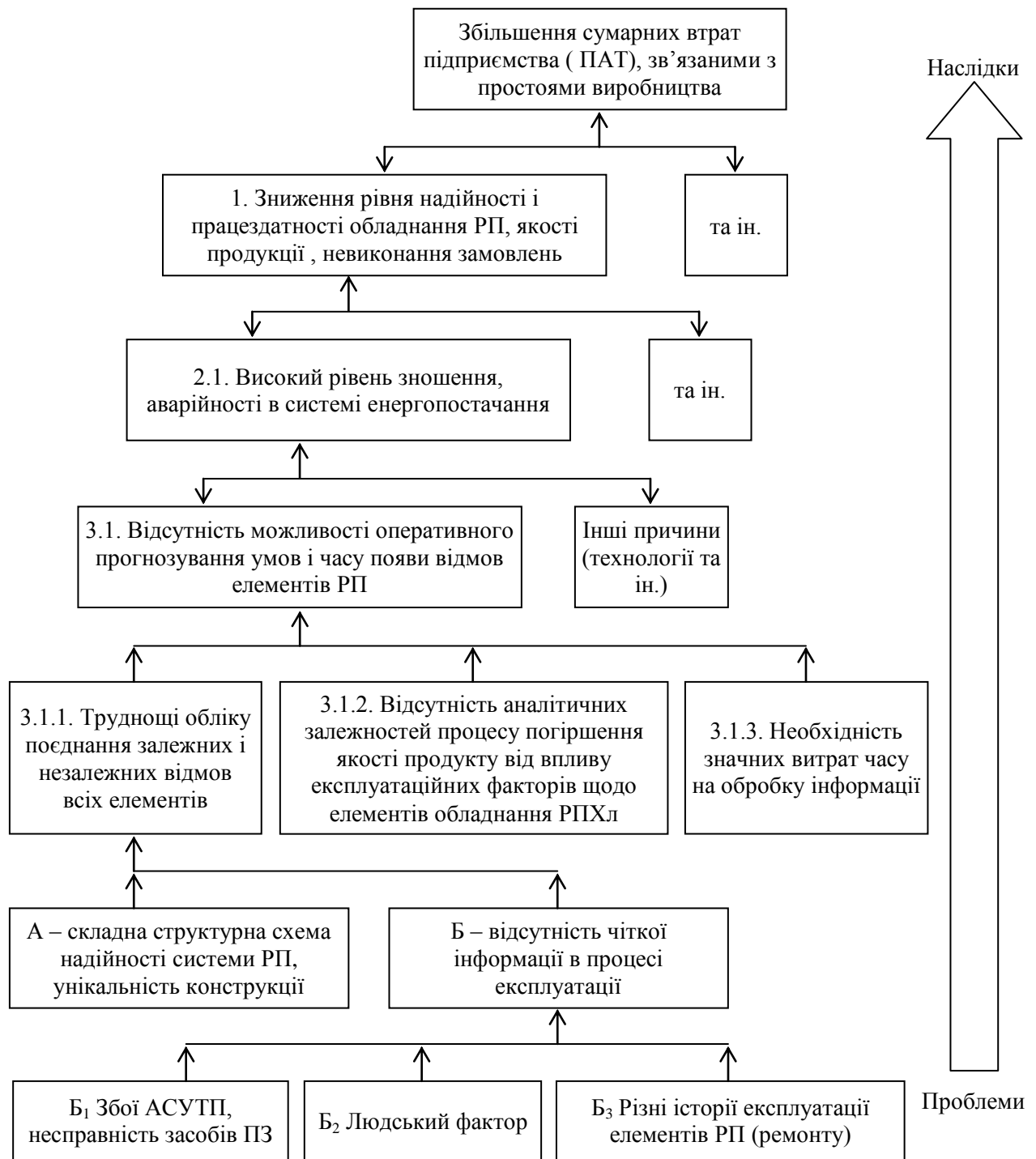


Рисунок 2. 8. Модель проблемних ситуацій щодо прийняття рішення про оцінку працездатності обладнання роторної печі

У нашому випадку з метою побудови математичних моделей і алгоритмів керування процесом виробництва хліба необхідно звертатись до думок спеціалістів (експертів). Після чого з врахуванням знань спеціалістів

про ступень якості процесу виробництва продукції та наслідків відмов обладнання роторної печі необхідно оцінити через параметри втрати прибутку. Таким чином, якість хліба і надійність обладнання роторної печі за визначенням експертів мають високі кореляційні зв'язки, а отже необхідно розробити алгоритм керування й систему контролю і розпізнавання аварійних ситуацій та систему автоматизованого захисту від аварій.

. У процесі аналітичного аналізу технологічного процесу випікання хлібопродуктів у роторних печах (перший розділ) нами зроблений висновок про те, що роторна піч працює в режимах постійних збурень, перешкод (завад) і помилок персоналу, неточностей вимірювання значного числа параметрів, різко зменшується можливість використання детермінованих і статичних моделей. В цих умовах високу ефективність щодо опису процесу показали нечіткі моделі [3,4,13,16] які мають низьку чутливість до завад і погрішностям виміру параметрів якості. Вони головне мають можливість швидко адаптуватись до умов виробничого процесу щодо надходження нової партії борошна, інгредієнтів та якості газу, віялових відключень.

Тому, на основі вищесказаного можливо констатувати, що в сучасний період розробка методу оцінки працездатності роторних печей хлібозаводу, який дозволяє ОПР за допомогою інтелектуальних систем підтримки прийняття оперативних рішень (ІС П П О Р) оперативно прогнозувати умови і час появи відмов на основні сукупності параметрів теплового процесу виробництва хліба і статичних даних про відмови вузлів обладнання РП – вимагає від команди проєкту розробки інтелектуальної системи розпізнавання аварій та аварійних ситуацій.

Рішення поставленої проблеми можливо шляхом використання сукупності таких способів оброблення нечіткої інформації, як теорія нечіткої логіки, експертних систем, нейронних мереж та інтелектуальних технологій [3,8].

2.3. Алгоритм і система розпізнавання аварійних ситуацій.

Математична теорія нечітких множин (нечіткої логіки) – сьогодні, одна з найбільш розповсюджених теорій, яка математично оперує із сенсовим змістом слів людини – дозволяє описувати нечіткі поняття і знання, оперувати цими знаннями і робити нечіткі висновки. Наявність математичних засобів віддзеркалення нечіткої вхідної інформації дозволяє побудувати модель оцінки стану виробництва хліба в залежності від параметрів стану роторної печі. Відмітимо, що можливості використання положень нечіткої логіки в дослідженні рівня безпечності продуктів харчування, управління різними складними системами, використання цифрових технологій у виробництві смарт-продуктів харчування і їх зберігання є актуальними і широко вивчаються вітчизняними та закордонними авторами [28,32]. У процесі виконання кваліфікованої роботи магістра нами розроблено ряд алгоритмів керування серед них алгоритми випікання хліба, які представлені на рис. 2.9, 2.10, 2.11, 2.12.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо їх більш детально з вказівкою на те, що в них використано властивість нейронних мереж до реалізації різних функцій. Наприклад, інформаційно цей варіант алгоритму керування за відхиленням $N(e_k, Y_k)$ та $N(e_k, r_k)$, тому що $e_k = r_k - Y_k$.

Тоді в системі керування процесом випікання хліба в пекарній камері нейромережевий регулятор (НМ – Р) з архітектурою входів $N(e_k, Y_k)$ пропонується використати в системі автоматизованого управління роторними печами хлібозаводу [3,11].

Управлінські впливи на об'єкт (роторна піч) розраховуються у відповідності з рівнянням

$$U_k = N^{FFC}(r_k) + N^{FBC}(r_k, Y_k, U_{k-1}) \quad (2.3)$$

де r_k – вставка, Y_k – вихід об'єкта, який можливо спостерігати, U_{k-1} – управлінські впливи, які сформовані в попередній момент часу. З метою надання динамічних властивостей НМ – Р використовуються різні кількісні параметри на вході, подання на вхідний шар нейронної мережі вставки та дискретні похідні першого і другого порядку. Також в якості входів можливо використати похідні сигнали помилки: $N(e_k, e'_k), N(e_k, e'_k, e''_k, \dots, e_k^n)$.

Таким чином, в подальшому в нашій роботі буде запропоновано нейромережевий регулятор у системі керування процесом виробництва хліба з системою діагностики стану обладнання роторної печі. Крім цього буде розроблено інтелектуальну систему керування параметрами мікроклімату пекарної камери.

В цій системі НМ будуть відігравати роль розпізнавання і прогнозування якості вхідної сировини готової продукції в умовах контролю роботи мультиблока, температури випікання хліба, відносної вологості пару у камері РП, концентрацію повітря витяжної вентиляції роторної печі, а саме вміст CO_2 . Інтелектуальна система керування температурним полем з системою нейромережевого розпізнавання і класифікації повина забезпечувати адаптацію параметрів процесу випікання хліба в умовах врахування змінних зовнішніх умов: надходження борошна, відвантаження готових продуктів споживачу..

На рис. 2. 9 наведено приклад алгоритму керування процесом виробництва подових сортів хліба та режимів роботи роторної печі, чинників витрат газу та електрики.

На базі розробленого алгоритму запропонуємо інтелектуальну систему керування роторною печею, яка наведена на рис.2.10.

На функціональній схемі наведені наступні блоки:

- модуль розрахунку прогнозних показників на основі НМ (ресурс роботи роторної печі, зношення мотор – редуктора, пальників теплогенератора);
- якості хліба;
- виведення рекомендацій оператору АРМ, щодо операцій керування виробництвом хліба.

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

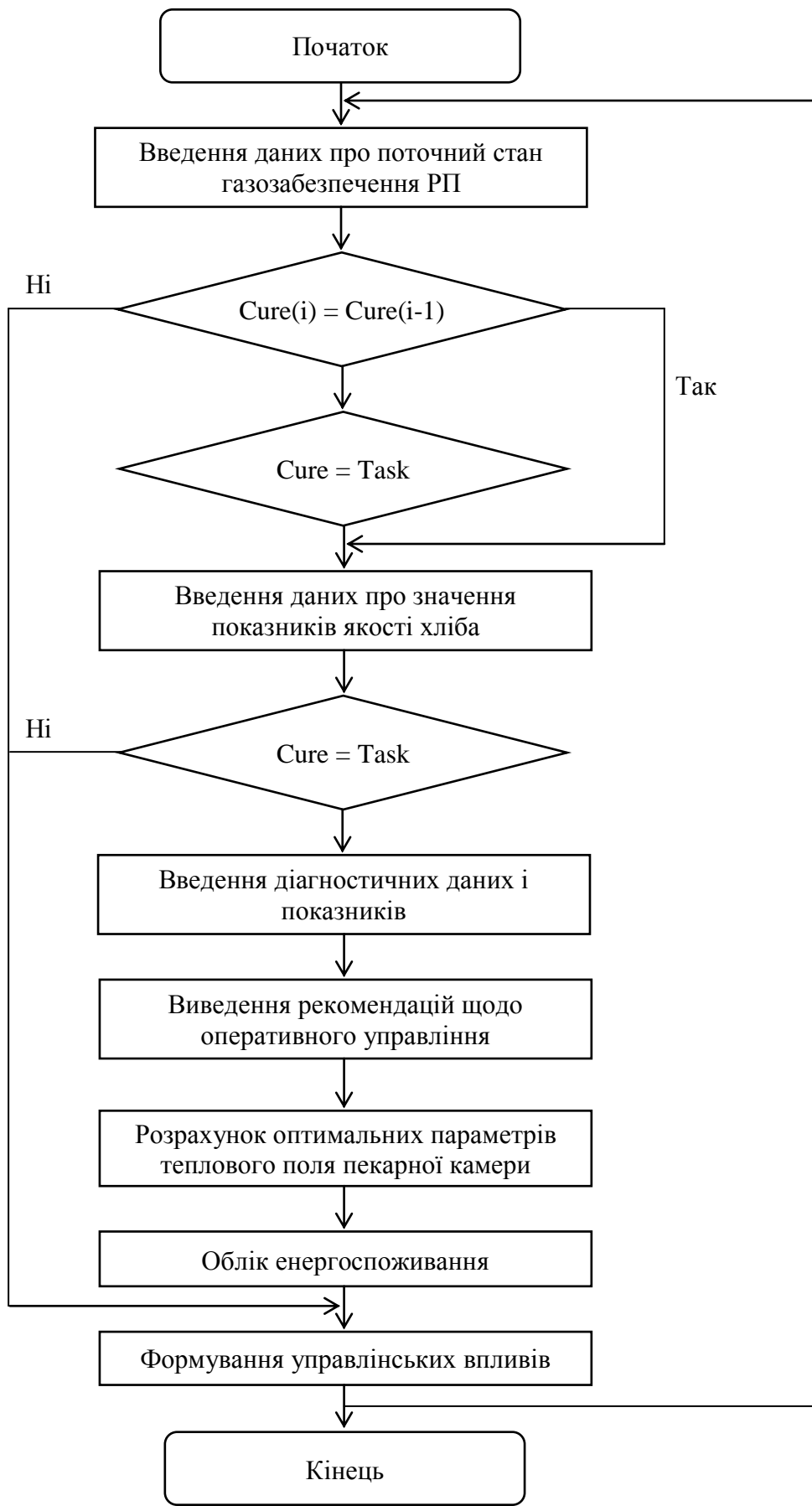


Рисунок 2. 9. Алгоритм керування процесом випікання хліба

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

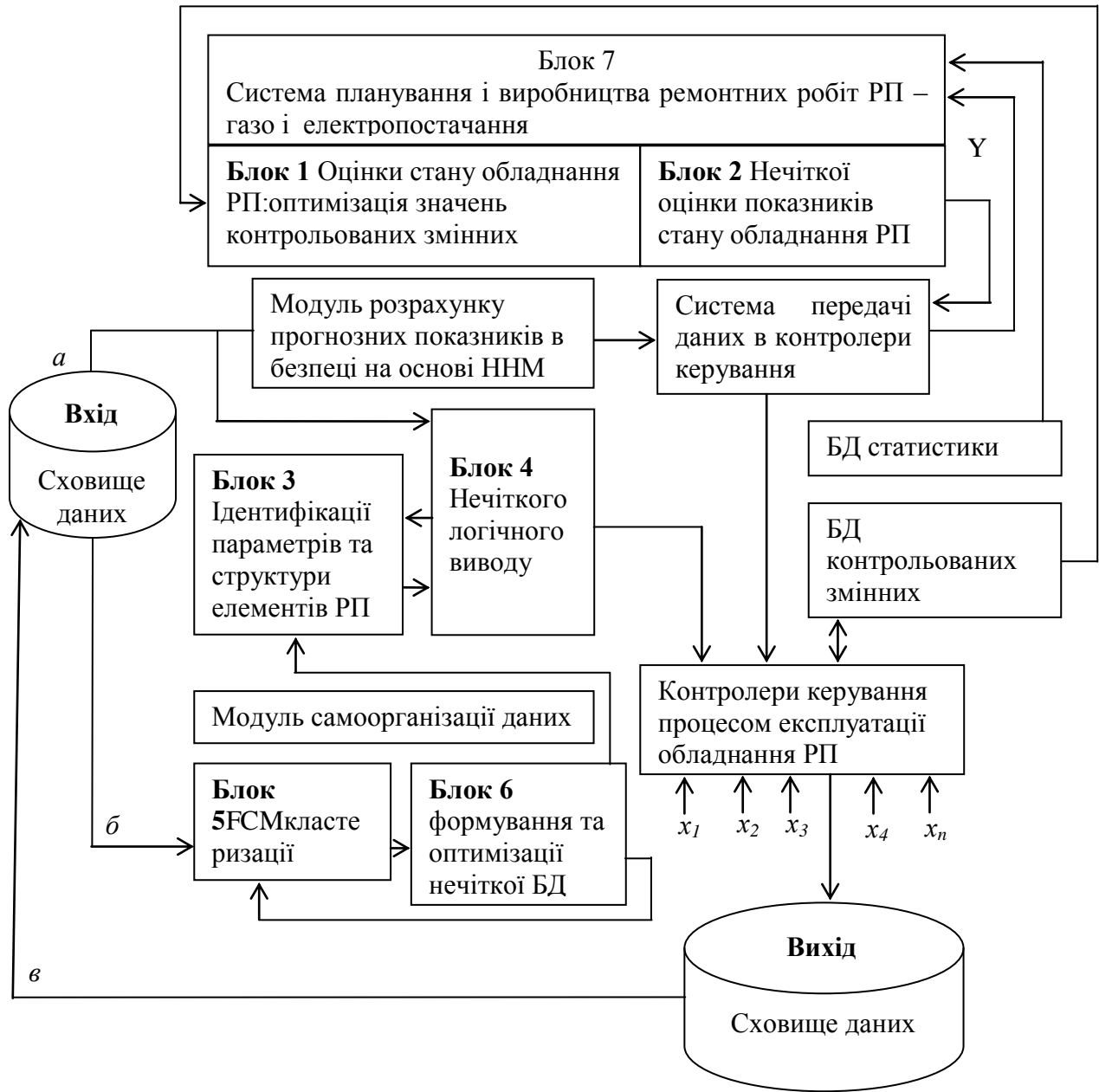


Рисунок 2.10. Модель оцінки працездатності обладнання роторної печі -

Розроблена модель дозволяє ОПР своєчасно виявляти вплив поведінки того чи іншого параметру робочого процесу випікання хліба на зношення технічної системи роторної печі. Вона в темпі з процесом дозволяє розпізнавати відмови головних блоків роторної печі. Як показала практика експлуатації роторних печей на криворізьких хлібо заводах на їх працездатність впливають характеристики газу (робота газового мультиблоку) та теплогенератора, що відзеркалено деяким чином на показники надійності елементів і всієї системи в цілому [3,7].

Цю задачу будемо вирішувати шляхом експертних оцінок, способів оброблення нечіткої інформації з використанням нечіткої логіки та нейронних мереж.

Як було доведено в наукових джерелах та монографіях авторів [3,6, 7, 8] математична теорія нечітких множин (нечіткої логіки) – теорія, яка математично оперує із інформативним змістом слів людини оператора, - дозволяє описувати нечіткі поняття та знання, оперувати цими знаннями і робити нечіткі висновки. Наявність математичних засобів віддзеркалення нечіткої вхідної інформації дозволяє побудувати модель оцінки обладнання роторної печі системи енерго- і газо- постачання хлібо заводу в період війни росії проти України.

Якщо в якості критерію прийняти показник $-Y_{np}$ – час надійної експлуатації елементів обладнання роторної печі, а засобами її досягнення X_E – час експлуатації, час відмови системи, кількість аварій та відмов, фізичні характеристики технічних блоків агрегатів РП, ступень зношеності, корозії, то тоді показник Y_{np} виразимо через залежність виду:

$$Y_{np} = F(X_E, A, \varepsilon), \quad (2.4)$$

де A – параметри технологічного процесу виробництва хліба, продуктивність, температура, вологість, контроль за надійною роботою елементів роторної печі, наявність ППР тощо, ε – відхилення, можливі збої, людський фактор тощо.

В умовах різних режимів роботи та експлуатації роторних печей розроблена модель повинна мати здібність до навчання шляхом ідентифікації її параметрів і структурних елементів.

З метою розробки нечіткої моделі прогнозування рівня працездатності обладнання роторної печі необхідно розробити алгоритм пошуку несправностей, який зв'язує множину передумов відновлення X_E і множину появи відмов Y_{np} . Множину X_E будемо виявляти на основі оброблення інформації про параметри технологічного процесу і подіях на обладнанні роторної печі та системи газозабезпечення. Вхідна інформація надходить від інформаційної системи АСУ-АСУТП хлібо заводу – підприємства (верхній і середній рівень АСУТП – локальні системи керування роторними печами).

Інформація надходить у вигляді станів обладнання роторної печі «Витрати газу, повітря, електрики, температура випікання, параметрів якості хліба»).

Ці дані надходять на сервер бази даних, де зберігаються.

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

Опишемо узагальнений алгоритм функціонування системи оцінки стану обладнання роторної печі системи газозабезпечення пекарної камери. Блок – схема алгоритму наведена на рис. 2.11

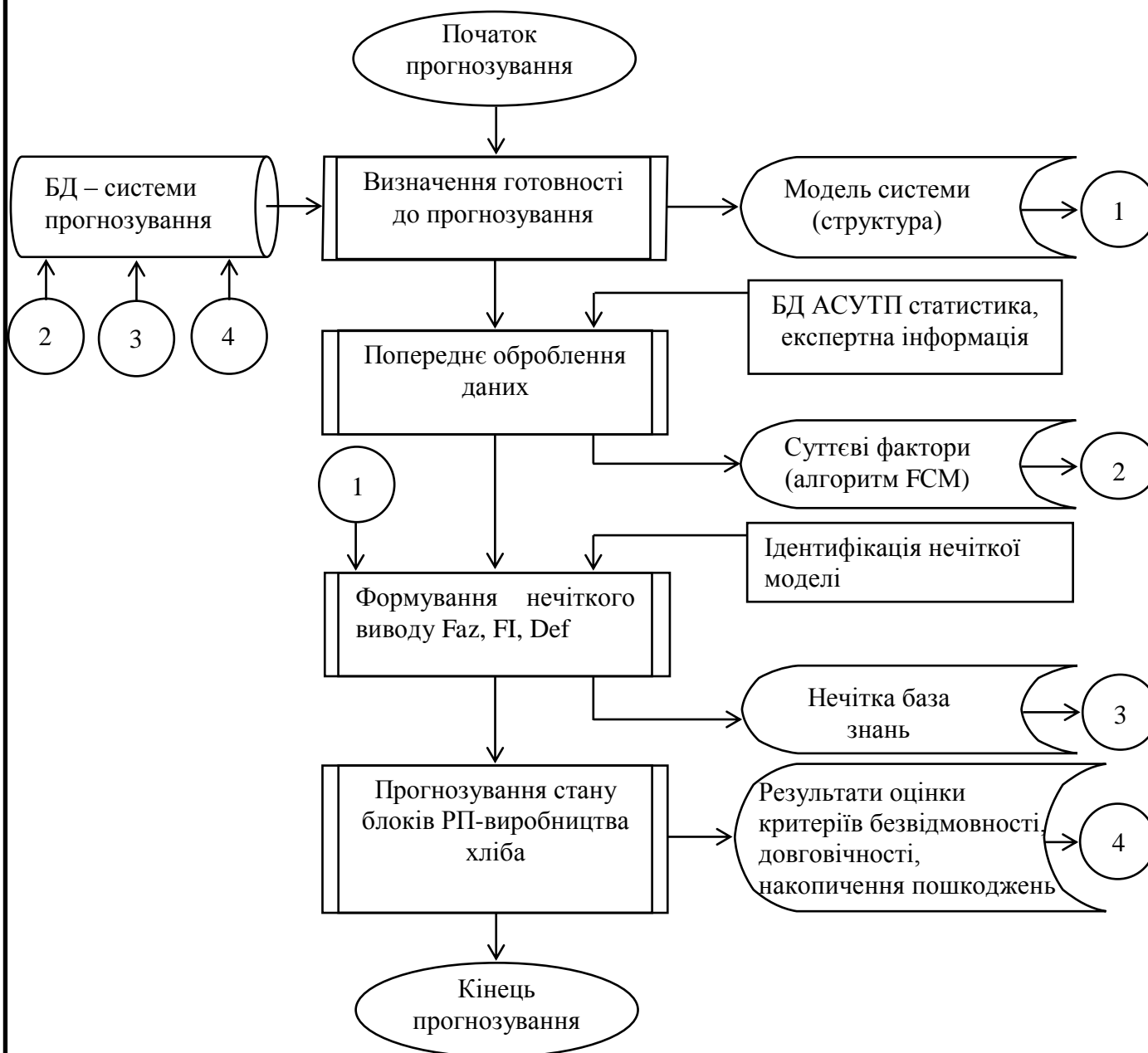


Рисунок 2.11. Блок – схема узагальненого алгоритму функціонування системи оцінки стану обладнання роторної печі хлібозаводу

На першому кроці виконується визначення початкових умов для моделювання – попереднє оброблення інформації виробничих даних ділянки постачання тістових заготовок в пекарню камеру роторної печі(навчання нечіткої моделі). На цьому етапі за рахунок визначення найбільш значимих змінних і виділення областей впливу або інтервалів значень, які спричиняють той чи інший ефект, за допомогою процедури нечіткої кластеризації вдається підвищити ефективність навчання нечіткої моделі, знизити розмірність і затрати часу на її навчання алгоритмами ідентифікації. Такий підхід детально розроблений авторами монографій та навчальних посібників[9,111,12,16,22] У подальшому виконаємо формування нейро-нечіткого виведення та наступні операції:

1. Нечітке моделювання (нечітка база знань, лінгвістичні змінні, які задані на універсальних множинах, їх термів множини, функції належності, правила в нечіткій базі);
 2. Ідентифікацію нечіткої моделі (коефіцієнтів лінійних рівнянь c , параметрів функцій належності d , кількість правил) розробленими алгоритмами.
- Після навчання нечітка модель підготовлена до керування процесом контролю обладнання роторної печі та її основних режимів роботи. . Розраховані на наступному етапі значення критеріїв надійності елементів і усієї системи обладнання роторної печі її пекарної камери в реальному масштабі часу передаються і зберігаються в БД для використання як для налагодження моделі, так і для керування процесами випічки хліба його охолодження, упакування та логістики. Останнім етапом буде слугувати процес виведення значення ОПР і завершення роботи алгоритму.

Опишемо також узагальнений алгоритм прийняття рішень с точки зору надійної експлуатації обладнання роторної печі та газозабезпечення пекарних камер хлібозаводу (планування ремонтних робіт щодо технічного стану обладнання РП) в режимі реального часу, інтегрованими з АСУТП хлібозаводів. Блок – схема алгоритмів наведена на рис. 2.11., 2.12.

Зібрані дані обробляються в сервері додатків, де виконується нечіткій розрахунок прогнозу і запис його в базу даних. З сервера бази даних значення контрольованих параметрів і прогноз кількості відмовлень конкретних технічних пристроїв РП надходять на термінали робочих станцій операторів – роторних печей (АРМ - оператора).

У подальшому, з метою скорочення непланових ремонтних робіт і зупинок обладнання, виконується оптимізація програми технічного обслуговування та ремонтів, його тривалість, затрати праці, вимоги щодо запасних частин і матеріалів, відповідально до розробленої системи автоматизованого ППР. У процесі виконання якого складаються відповідні даній процедурі документи в електронному вигляді – відомості, заяви, графіки, акти, звіти тощо.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 2.12. наведено алгоритм діагностики та керування процесом матеріально технічним забезпеченням (МТЗ) ремонтів та обслуговування енергетичного обладнання роторної печі. Особливу увагу щодо контролю надійної роботи роторної печі необхідно звернути увагу на систему газопостачання та електропостачання. Тому алгоритм діагностики та керування МТЗ роторної печі розпочинає свою роботу з оцінки параметрів планування енергоносіїв - газу та електрики. [23] Дані від ОПР надходять в АСУТП верхнього рівня управління ,ERP якого оцінює погодинну потребу енергоносіїв та потоки грошей від реалізації продукції. Середній рівень з MES системами оперативного керування і програмним забезпеченням виконує планування продуктивності роторних печей хлібозаводу, питомі витрати газу та електрики та його ділянок: підготовки борошна, виробництва опари та тіста. Середній рівень також визначає технологічні режими роботи пічної камери її завантаження та оптимізує траєкторію виробництва п - сортів хліба та відповідно оцінює питомі витрати енергоносіїв: газу й електрики, повітря, води тощо. На третьому кроці алгоритм за допомогою методів нечіткого прогнозування оцінює залишковий ресурс енергетичних чинників та режимів роботи газового мультиблоку, частоту аварійного відключення газу, електрики, елементів резервування. Особа, яка приймає рішення (ОПР) на четвертому кроці алгоритму одержує необхідну інформацію для прийняття рішень щодо надійності роботи блоків роторної печі та оцінює критично безпечність роботи обладнання (5 крок алгоритму). Якщо система оцінки безпечності роботи роторної печі розпізнала дефект в системі газопостачання, то на шостому кроці алгоритм оцінює час безпечної роботи пекарної камери, щодо завершення процесу випікання (виробництва) хліба, якщо ні, то оцінюється критичність ситуації, а відповідно відпрацювання команд « проведення профілактичного обслуговування» або «зупинка роторної печі» на ремонт. Верхній рівень АСУТП оцінює вартість ППО та ремонту, оптимізуючи операції технологічного обслуговування (ТО) та ремонту (Р) (крок 7). На восьмому кроці алгоритм з підсистемою ІСППРОР (інтелектуальна система підтримки прийняття оперативних рішень) верхнього рівня АСУТП хлібозаводу виконує наступні операції: 1 планування ремонтних робіт; 2. управління технічною документацією; 3. управління виконанням ремонтних робіт і обліком витрат; 4 управління персоналом; 5. МТЗ ремонтів блоків.

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

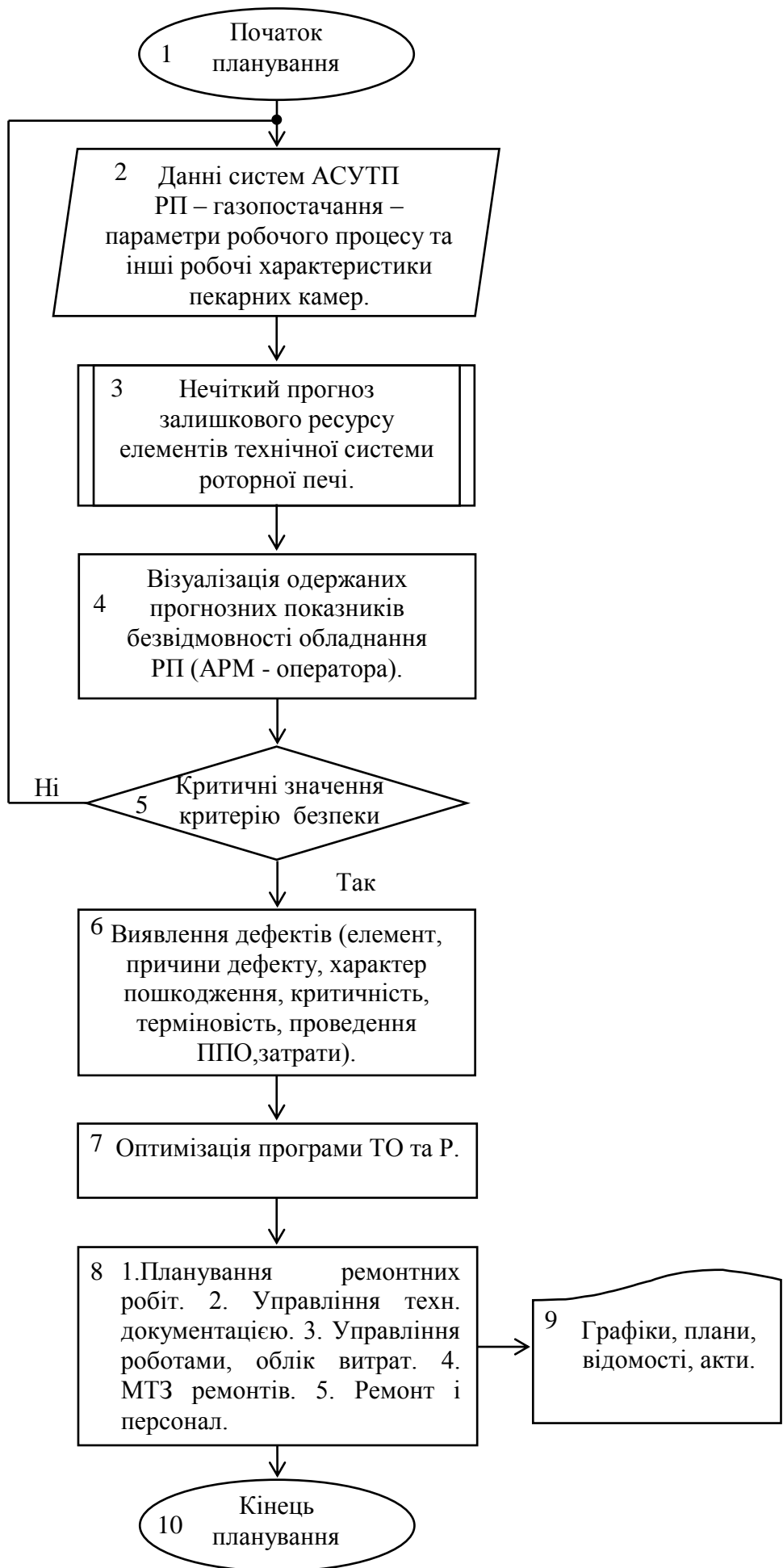


Рисунок 2.12

Таким чином, у цьому розділі :

1. Обґрунтовано теоретичні основи оцінки рівня надійності обладнання роторної печі – газопостачання пекарних камер та їх оптимізацію. На прикладі роторних печей розроблено методіку моделювання надійності і довговічності устаткування складних технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів.

Розроблено методи і алгоритми оцінки працездатності роторних печей та їх робочих блоків. Моделювання процесів виробництва хліба та вплив експлуатаційних відмов елементів роторних печей на працездатність усієї технічної системи обладнання хлібозаводу виконано з використанням формалізованих методів виявлення причинно-наслідкових зв'язків між подіями (відмовами) та вихідними показниками технологічного обладнання.

2. На основі нейро-нечіткого методу керування технологічним процесом виробництва хліба та його охолодження, логістики розроблені алгоритми керування технологічним процесом випікання хлібопродуктів за параметрами надійності його обладнання.

3. Моніторинг стану обладнання роторних печей і розробка АСУТП на базі нечіткого виведення інформації про працездатність основних блоків роторних печей дозволяє ОПР, на базі нейронечіткого керування комплексом, одержати швидкодіючу оцінку працездатності обладнання хлібозаводів за критерієм втрати якості хлібопродуктів.

4. На основі впровадження інтелектуальних підсистем діагностики буде досягнуто:

- підвищення ефективності роботи обладнання роторних печей за рахунок оптимізації параметрів газопостачання та за рахунок зниження кількості відмов до 25% за рік;
- виконання переходу від стратегії планового сервісного обслуговування до стратегії обслуговування обладнання хлібозаводів по фактичному технічному стану;
- забезпечення зниження витрат на ремонт і після аварійне обслуговування роторних печей хлібозаводів.

					ДонНУЕТ.133.з ГМБ-22м 2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

РОЗДІЛЗ

МЕТОДОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ ХЛІБОПЕКАРНИХ ВИРОБНИЦТВ.

3.1. Автоматизований комплекс виробництва хліба з роторною піччю

На рис. 3.1 наведено блок-схему автоматизованого комплексу виробництва хліба.

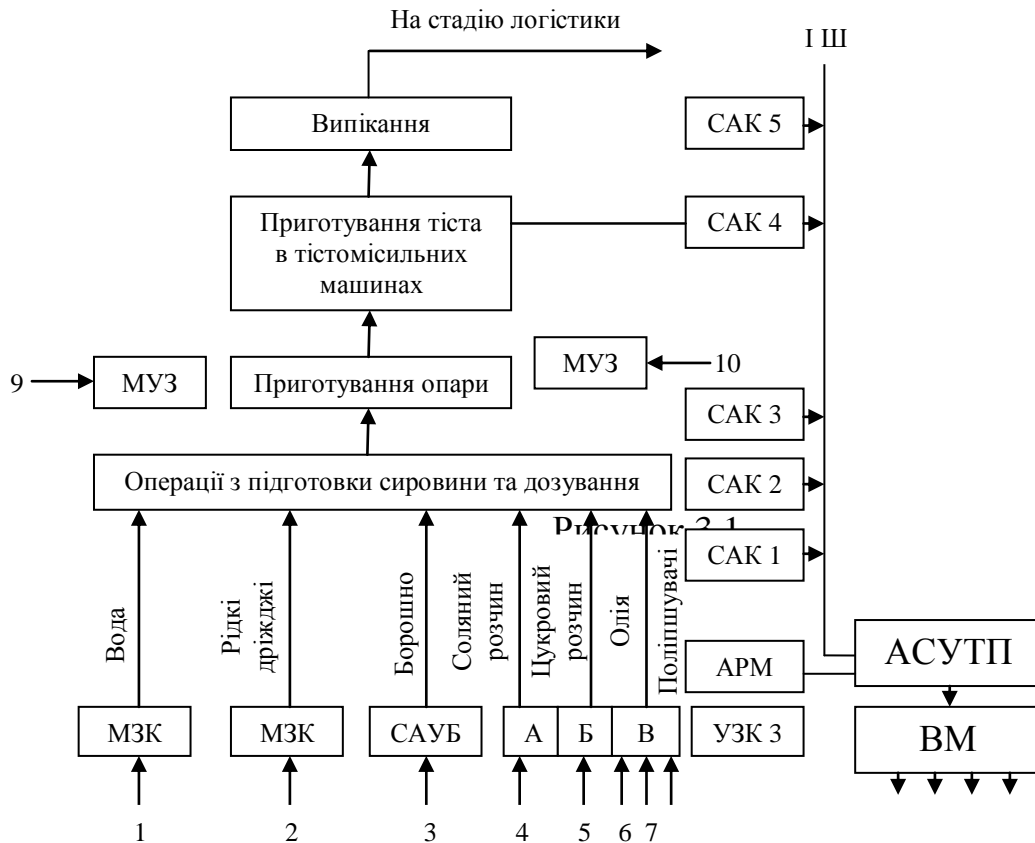


Рисунок 3.1 Блок-схема автоматизованого комплексу виробництва хліба в роторних печах.

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Методологія підвищення довговічності обладнання роторного хлібозаводу		Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		<i>Нікітін</i>							40	8
Перевір.		<i>Хорольський</i>					ДонНУЕТ			
Н. Контр.		<i>Омельченко</i>					Кафедра ЗІДО			
Затверд.		<i>Хорольський</i>								

Практика підвищення працездатності обладнання, яке визначає життєдіяльність населення регіону з техногенними територіями в період війни росії проти України вимагає від проєктантів мінімізувати втрати якості продукції харчування та оптимізувати витрати енергоносіїв за рахунок альтернативних джерел, а отже розробити більш надійні системи керування технологічним обладнанням хлібозаводів. На рис. 3.1 наведено блок-схему автоматизованого комплексу виробництва хліба.

Система, із вбудованими в технологічну лінію мехатронними пристроями - апаратами очищення води, дезінтеграції, змішування, підсилює мікробіологічні, біохімічні, колоїдні, хімічні, гідродинамічні процеси випікання хліба

В цій автоматизованій системі АСУТП, що керує на нижньому рівні технологічними процесами з локальними системами керування САК1,САК2,САК3 і вхідними блоками 1,2,3, 7 сировинних і енергетичних ресурсів виокремлені наступні підсистеми :

1. Підготовки сировини тобто диспергування для приготування соляного розчину, цукрового розчину та дозування жирових продуктів з підсилюючими речовинами.
2. Підготовки опари.
3. Виробництва тіста.
- 4.Випікання в роторних печах.
- 5.Охолодження,упакування та логістики.

В кожній із означених підсистем впроваджено мехатронні пристрої МЗК,МУЗ, а саме: контроль параметрів очищеної води, борошна, газоутворюючої здатності борошна, густини рідких дріжджів, густини соляного та цукрового розчинів та інших компонентів, вологості опари, густини опари, температури тіста, вологості тіста, кислотності опари, підйомної сили тістової заготовки, формоутворюючої здатності тістової заготовки, тривалості вистоювання тістових заготовок, пористості тістових

	заготовок, температури в шафі вистоювання, маси тістової заготовки			ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ		
Зм.	виконавця за допомогою даної систем автоматизованого контролю САК1, САК2,					
Розроб.	САК3, САК4, САК5. Інформація до систем контролю			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хорольський			надходить 1 по		
Н. Контр.	Омельченко			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський					

інформаційній шині ІШ в АСУТП виробництва хліба та утворює підсистему оцінки якості хлібопродуктів типу «Електронний НІС».

В АСУТП виробництва хліба використано нейронечіткі алгоритми інтелектуального керування процесами підготовки борошна, приготування опари, тіста, вистоювання та випікання хліба в роторній печі. Мехатронні пристрої з ЕС в темпі з процесом оцінюють якість сировини, напівфабрикатів і готової продукції. ІСППОР виконують рекомендації верхнього рівня керування АСУТП щодо продуктивності роторних печей, забезпечення газопостачанням , сировиною , інгредієнтами, електрикою та оцінюють вихідні показники якості та собівартості хліба. Головне завдання підсистеми підтримки прийняття рішень на основі інформації датчиків витрат гасу та електрики забезпечити технологічну операцію випікання надійним, енергозабезпеченням процесу випікання. Параметри борошна оцінює експертна система управління якістю, рекомендації якої через порт 3 надходять до системи автоматизованого управління борошном (САУБ) щодо вибору його поліпшення тощо.

На рис. 3.2 наведено схему керування виробництва хліба, розробленою співробітниками кафедри загально-інженерних дисциплін та обладнання ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг).

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	<i>Нікітін</i>				Система ППР	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	<i>Хорольський</i>						60	1
Н. Контр.	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ			
Затверд.	<i>Хорольський</i>				Кафедра ЗІДО			

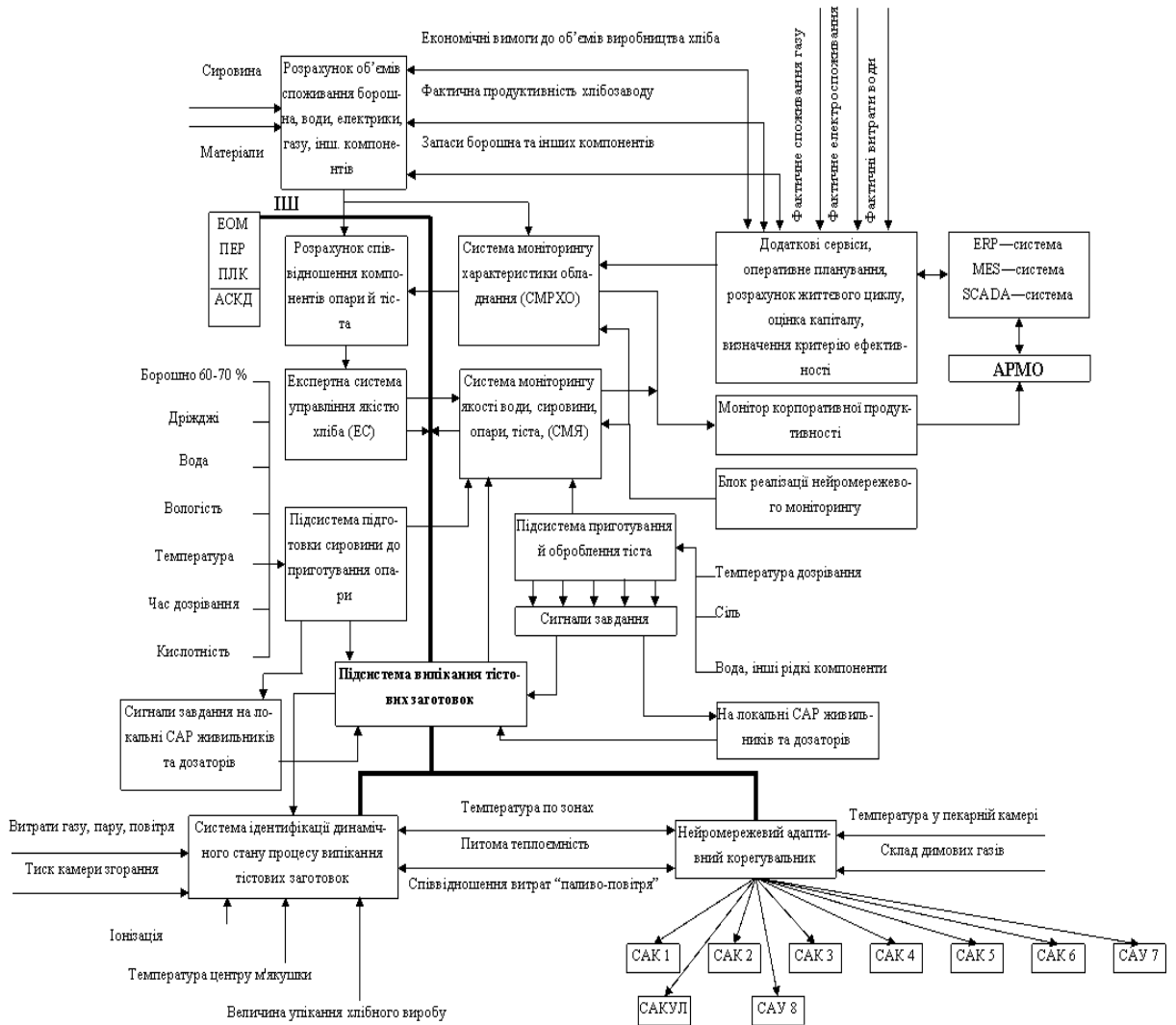


Рисунок 3.2
Структура інтелектуальної системи контролю й керування технологічним процесом

В монографії [13]. авторами доведено, що в умовах нечіткої оптимізації, з метою підвищення надійності обладнання та газопостачання і електрики, необхідно проводити моніторинг як робочих характеристик обладнання, якості сировини, води, опари, тіста, компонентів та хліба так і енергозабезпечення з елементами резервування постачання газу та додаткових джерел електропостачання. Пропонуємо використати в системі моніторингу працездатності блоків роторної печі експертну систему (ЕС) та контролю енергопостачання газу і електрики з використанням інтерпретатора ПРОЛОГ. [3,13,16] Експертна система представляє собою машину логічного виведення інформації та складається з бази даних,(БД) і бази правил(БП), в яких є опис алгоритмічного, функціонального і технологічного рівнів

	діяльності роторної печі. Для умов контролю постачання газу електрики ЕС надає оператору через дисплей АРМ наступну інформацію: потік газу- (має розрив) - сигнал датчика з реле мінімального тиску газу та стабілізатора тиску газу свідчить про відсутність цього параметру. Цій аварійній події відповідає	ДонНУЕТ 133 зГМБ-22с 2023 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Нікітін	Хорольський	Система ППР	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хорольський				60	
Н. Контр.	Омельченко					
Затверд.	Хорольський					

правило: Якщо є розрив в трупопроводі постачання газу в газовий мультиблок, ТО є проблемна подія з виконанням виробничої програми випікання хліба. Команда ЕС оператора роторної печі- «Перейти на резервне постачання газу». Експертна система на основі інтерпретатора ПРОЛОГ оцінює стан обладнання роторної печі та видає рекомендації щодо проведення планово-профілактичного ремонту.

3.2 Організація планово-профілактичних ремонтів обладнання роторної печі

В системі (рис.2.3) використано ідеологію розпізнавання аварійних ситуацій, аномальних ситуацій, прогнозування працездатності роторних печей за допомогою алгоритмів розроблених в 2 розділі та підтримки прийняття рішень щодо ППР.

Розроблена методологія використання штучного інтелекту для розпізнавання аварійних ситуацій в системах контролю надійності обладнання роторної печі з виробництва хлібобулочних виробів. Особливу увагу звернено ОПР на роботу експертних систем моніторингу постачання газу та електрики за допомогою інтерпретатора, який працює на мові ПРОЛОГ. [11,12,,23,25] В нашій кваліфікаційній роботі магістра моніторинг виконано в режимі реального часу (on-line) за допомогою Інтернет-речей (IoT). В основу розробленої моделі аналізу робочих характеристик роторної печі та енергетичного блоку (систем газопостачання та електропостачання) і технологічних процесів виробництва хліба, використана нейрона мережа прямого розповсюдження інформації. Вона складається із вхідного, вихідного і одного або декількох шарів нейронів.

Вихід нейрона в шарі n+1 визначається відношенням :

$$y_j^{n+1} = f(S_j^{n+1}), \tag{3.1}$$

Де n+1 – номер шару; j – індекс нейрона в шарі n+1 ($j = 1, N_{n+1}$), N_{n+1} - кількість нейронів в шарі n+1; f – активаційна функція шару n+1 (у нашому випадку будемо використовувати сигмоїдальну активаційну функцію $f(x) = 1/(1 + e^{-ax})$,а для вихідного шару – лінійна $f(x) = ax$; y_j^{n+1} - вихід

j -го нейрону шару n+1, S_j^{n+1} - постсинаптичний потенціал j -го нейрона шару, який обчислюється по формулі : **ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Арк(Шл)
Розроб.		Нікіп					
Перевір.		Хорольський				60	1
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Хорольський					

Де W_{jk}^{n+1} - вагові коефіцієнти зв'язку K-го нейрона шару n з j-м нейроном шару n+1; y_k^n - вихід K-го нейрона шару n, \bar{y}^n - розширений вектор з врахуванням порогу (bias – нейрона); b_j^{n+1} – bias нейрон j – го нейрона шару n+1. Метою моніторингу в режимі реального часу є: оцінка стану обладнання і робочих характеристик борошна, інгредієнтів, процесу випікання й режимів роботи роторних печей .

В системі діагностики випічного обладнання хлібозаводу використано концепцію побудови засобів діагностичної підтримки людини – оператора та особи, що приймає рішення (ОПР). Це дозволяє будувати системи оперативної діагностики в складі діючих АСУТП підприємств харчової промисловості. Така технологія базується на поняттях загального поля даних і знань про об'єкт діагностування та інструментальних засобах і складається із : 1) неоперативного контуру, призначеного для рішення задач, щодо створення верифікації баз даних, баз знань та операторського інтерфейсу; 2) оперативного контуру, призначеного для рішення задач інтелектуальної інформаційної підтримки людини – оператора в реальному часі;

Бази даних (БД) поділимо на оперативні та нормативні. Перші змістують змінні, які характеризують поточний стан об'єктів діагностики. Інші включають нормативний опис стану технологічного обладнання хлібозаводів. Бази знань (БЗ) реалізуються моделями семіотичного типу і розділяються на неоперативні та оперативні. [3,6,10,13, 16,23] Перші мають тестовий опис діагностичних моделей знань для кожного діагностуемого елементу обладнання.

Інші мають бінарні діагностичні моделі знань для оперативної діагностики елементів газового мультиблоку обладнання роторної печі, витяжних вентиляторів, теплообмінника тощо.

Бази знань представляють собою ієрархію моделей знань, яка відповідає ієрархії обладнання роторної печі та забезпечення її газом і електрикою в періоди віялових відключень енергопостачання для конкретного виробничого процесу хлібозаводу.

Перехід від БЗ інтерпретатора ЕС реалізується в неоперативному контурі транслятором текстових баз знань. Верифікація відтрансльованих моделей діагностики виконується в мікропроцесорі МП1 задач неоперативного контуру.

Оперативне оброблення діагностичних моделей виконано за допомогою мікропроцесора МП2- задач діагностики оперативного контура».

		ДонНУЕТ:133.згМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	допомогою	мікропроцесора МП2- задач діагностики оперативного контура».		Діт.	Арк.
Розроб.	Особливості експертної системи	Діагностики хлібозаводу є		Арк.	Аркушів.
Перевір.	Хорольський			60	1
Н. Контр.	Омельченко			ДонНУЕТ	
Затверд.	Хорольський			Кафедра ЗІДО	

даних систем вимірювання і оцінка сигналів з датчиків, наприклад контролю працездатності роторної печі та надання оператору рекомендацій щодо технологічного обслуговування енергетичного та газового обладнання, й виконання планових ремонтів та ППР. Розроблена система оцінки надійності обладнання з моніторингом стану енергетичних чинників, що спроектована для умов криворізьких хлібо заводів, наведена на рис. 3.3. Ознакою такої системи є основні положення надійності складних систем, алгоритми розроблені в другому розділі та системи моніторингу з розпізнаванням аварій, аварійних ситуацій, що виникають у процесі експлуатації роторних печей. головну увагу в системі звернено на розробку алгоритмів контролю забезпечення роторних печей енергоносіями(газом, електрикою) та їх резервування.[5,13]

Економічна ефективність від впровадження такої системи в промисловість оцінена експертами як інновація з високим рівнем економічної ефективності.

. **Таким чином**, в третьому розділі розроблені технології обслуговування роторних печей в умовах обмеження постачання енергоносіїв та **інтелектуальні системи керування** захистом роторної печі від аварій та своєчасного проведення планово-профілактичного ремонту, що дало змогу забезпечити споживачів хлібопродуктами високої якості[3,4,13]

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	<i>Нікітін</i>				Система ППР	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	<i>Хорольський</i>						60	1
Н. Контр.	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ			
Затверд.	<i>Хорольський</i>				Кафедра ЗІДО			

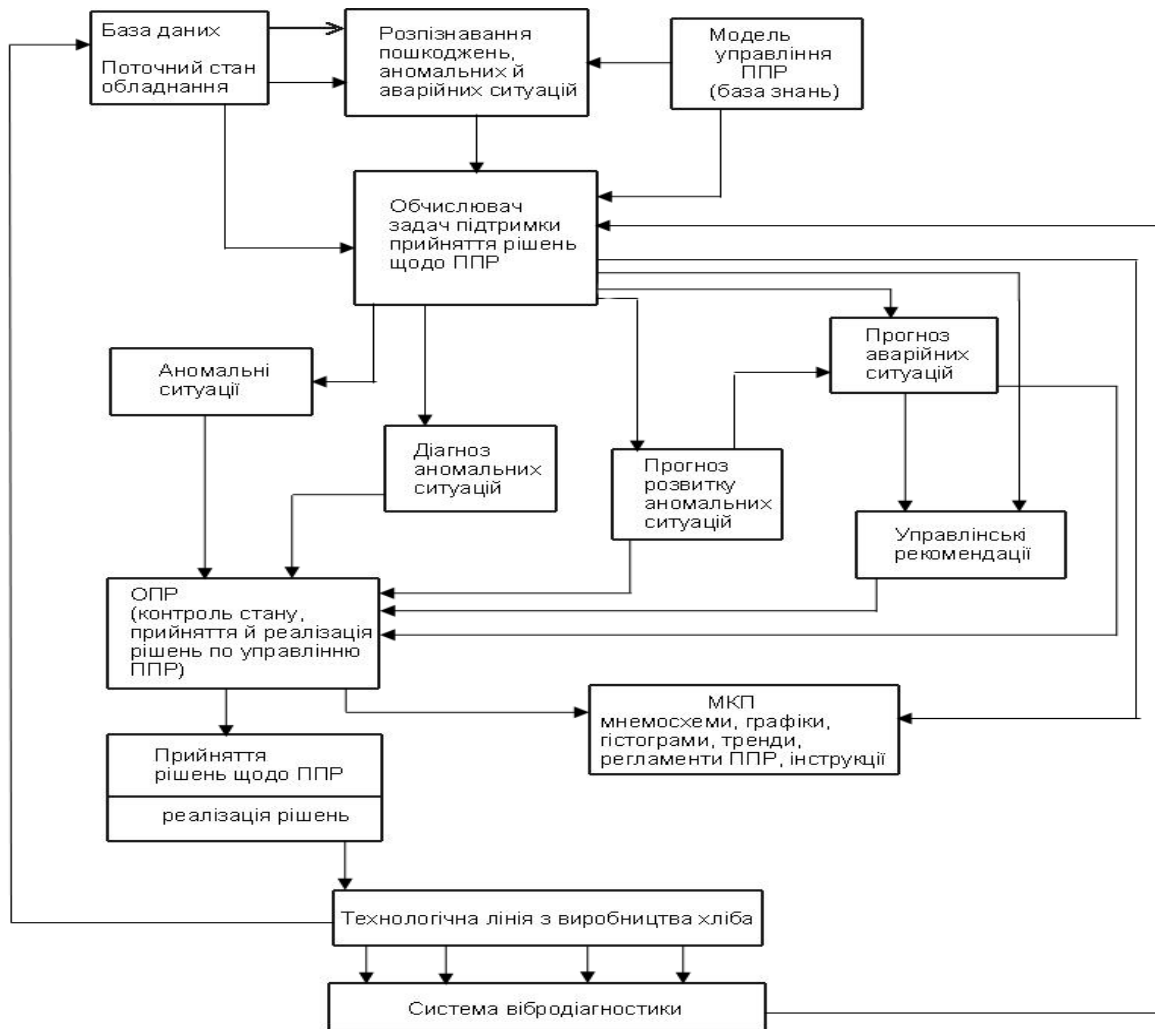


Рисунок 3.3. Система керування захистом роторної печі від аварій та своєчасного проведення планово-профілактичного ремонту[4]

Х

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Нікітін				Система ППР	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хорольський						60	1
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ			
Затверд.	Хорольський				Кафедра ЗІДО			

ВИСНОВКИ

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень в кваліфікаційній роботі магістра розроблено підхід до підвищення надійності обладнання за рахунок сучасних методів нечіткої математики, своєчасного розпізнавання аварійних ситуацій та аварій, які виникають у процесі експлуатації печей типу «РОТОР-АГРО 202 Г»

У процесі виконання кваліфікаційної роботи магістра розроблено наступне :

1.Обґрунтовано теоретичні основи оцінки рівня надійності обладнання роторної печі – газопостачання пекарних камер та їх оптимізацію. На прикладі роторних печей розроблено методіку моделювання надійності і довговічності устаткування складних технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів.

Розроблено методи і алгоритми оцінки працездатності роторних печей та їх робочих блоків.Моделювання процесів виробництва хліба та вплив експлуатаційних відмов елементів роторних печей на працездатність усієї технічної системи обладнання хлібозаводу виконано з використанням формалізованих методів виявлення причинно-наслідкових зв'язків між подіями (відмовами) та вихідними показниками технологічного обладнання.

2.На основі нейро-нечіткого методу керування технологічним процесом виробництва хліба та його охолодження, логістики розроблені алгоритми керування технологічним процесом випікання хлібопродуктів за параметрами надійності його обладнання.

3.Моніторинг стану обладнання роторних печей і розробка АСУТП на базі нечіткого виведення інформації про працездатність основних блоків роторних печей дозволяє ОПР, на базі нейронечіткого керування комплексом, одержати швидкодіючу оцінку працездатності обладнання хлібозаводів за критерієм втрати якості хлібопродуктів.

4. На основі впровадження інтелектуальних підсистем діагностики буде досягнуто:

- підвищення ефективності роботи обладнання роторних печей за рахунок оптимізації параметрів газопостачання та за рахунок зниження кількості відмов до 25% за рік;
- виконання переходу від стратегії планового сервісного обслуговування до стратегії обслуговування обладнання хлібозаводів по фактичному технічному стану;
- забезпечення зниження витрат на ремонт і після аварійне обслуговування

роторних печей хлібозаводів.					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Нікітін				Система ППР		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хорольський						60	1	
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				
Затверд.	Хорольський								

Список використаних джерел

1. Стратегічні виклики ХХІ століття суспільству та економіці України: В 3 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.
3. Автоматизовані системи керування виробництвом смарт-продуктів харчування: монографія/В.П.Хорольський, Ю.М.Коренець, В.М.Серебренников. 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-№1, 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.-831р.
- . 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.				
13		Інтелектуальні системи управління виробництвом хлібобулочних виробів: монографія / В.П.Хорольський, Ю.М.Коренець, А.В. Возняк, О.В. Нікітін		ДонНУЕТ 133, ГМБ-22с, 2023, ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис /	Дата		
Розроб.		Нікітін			Літ.	
Перевір.		Хорольський			Арк.	
					Аркушів	
					60	
					1	
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ	
Затверд.		Хорольський			Кафедра ЗІДО	

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.

					ДонНУЕТ.133.зГМБ-22с.2023.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Нікітін				Система ППР	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Хорольський						60	1
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ			
Затверд.	Хорольський				Кафедра ЗІДО			