

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизація технологічного процесу копчення продуктів

Назва теми

КвРАКІТ.2019041.01.03.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

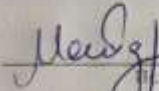
студент 4 курсу, група АКІТ-19-1



Підпис

Діана БОРЩЕВСЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

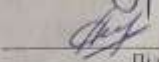
Керівник



Підпис, дата

Павло МАЙДАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 6 » червня 2023 р.

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою

В. Мертвиш
«01» 02 2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

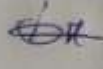



Борщевська Діана Валентинівна

- 1 Тема роботи: Автоматизація технологічного процесу копчення продуктів
керівник роботи Майдан П.С., к.т.н, доцент
Затверджено наказом по університету від «01» березня 2023р. №5.
- 2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 03.06.2023р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування
- 4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ.
Загальні відомості про технологічний процес копчення. Основна частина.
Моделювання системи керування технологічним процесом. Розробка системи
керування технологічним процесом копчення. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 1.
Функціональна схема камери копчення із вказанням передаточних функцій. 2.
Схема підключення програмованого регулятора типу МПР51-Щ4. 3. Блок-схема
алгоритму керування технологічним процесом.

Завдання отримав _____

Науковий керівник _____

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корещька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7. Дата видачі завдання « 01 » 02 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітки
1	Вступ	15.02.2023р.	Виконано
2	Загальні відомості про технологічний процес копчення	15.03.2023р.	Виконано
3	Основна частина	10.04.2023р.	Виконано
4	Моделювання системи керування технологічним процесом. Розробка системи керування технологічним процесом копчення	10.05.2023р.	Виконано
5	Висновки	15.05.2023р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРБ	25.05.2023р.	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.06.2023р.	Виконано

Студент

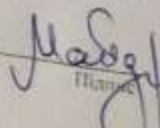
Керівник роботи



Підпис

Д.В. Борщова

Ініціали, прізвище



Підпис

М.С. Малиук

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація технологічного процесу копчення продуктів».

Автор роботи: Борщевська Діана Валентинівна

Керівник роботи: Майдан П.С. к.т.н., доцент

Пояснювальна записка: 69 с., 30 рис., 2 табл., 2 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА, МІКРОКОНТРОЛЕР, КОПТИЛЬНІ КАМЕРИ, ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Метою роботи є розробка системи керування технологічним процесом гарячого копчення риби. Було виконано аналіз технічних основ процесу копчення продукції тваринного походження. Після аналізу існуючих конструкцій коптильних камер для риби, було зроблено вибір в бік коптильної камери типу КТД. Побудовано необхідні технологічні діаграми процесу: температурного режиму; режиму керування витяжним вентилятором; режиму керування заслінкою для рециркуляції. Було розроблено та запропоновано математичну модель системи автоматичного керування технологічним процесом копчення риби. Розроблено систему автоматичного керування технологічним процесом копчення риби з використанням програмного середовища CodeSys. Виконано аналіз регулювання зміни рівня температури та вологості, створено блок-схеми алгоритму керування технологічним процесом та алгоритму керування процесом регулювання вологості.

Е.06.2023р.

дата



Підпис

додаток

	6
ВСТУП	3
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС КОПЧЕННЯ	5
1.1 Технічні основи процесу копчення продукції	5
1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій коптильних камер	16
1.3 Висновки до першого розділу	31
2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ	32
2.1 Визначення математичної моделі системи керування	32
2.2 Розрахунок параметрів налаштування пристрою керування технологічним процесом	36
2.3 Моделювання системи керування камерою копчення	38
2.4 Висновки до другого розділу	40
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ КОПЧЕННЯ	41
3.1 Розробка програми керування технологічним процесом	52
3.2 Аналіз регулювання зміни рівня температури та вологості	56
3.3 Принцип передачі отриманих даних	59
3.4 Висновки до третього розділу	62
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
ДОДАТКИ	69

					КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ		
Вм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Борщевська Д.	<i>[Підпис]</i>	6.06.23			
Перевір.		Майдан П.С.	<i>[Підпис]</i>	6.06.23	ХНУ ір. АКІТ-19-1		
Н.контр.		Корещак Л.О.	<i>[Підпис]</i>	6.06.23			
Затвер.		Мартинюк В.В.	<i>[Підпис]</i>	6.06.23			

Автоматизація технологічного процесу копчення продуктів.
Пояснювальна записка

ВСТУП

Загально відомо, що копчення - процес обробки харчових продуктів спеціальною димо-повітряною сумішшю з метою досягнення антиокислювального та бактеріального ефектів. При цьому поверхні продуктів буде забарвлено в золотисто-коричневі кольори, а самі продукти набувають специфічного приємного смаку й аромату копчення [1, 2].

З давніх часів люди використовують копчення, як спосіб консервації продукту в акорді з наданням йому особливо ароматного запаху та, відповідно і смаку. Як уперше було отримано копчене м'ясо чи рибу повністю не відомо, але водночас це не було випадковістю з тієї простої причини, що процес цей тривалий та потребує наявності певних знань. Тому вказати, що копчення виконується тільки через обробку м'яса димом, в жодному разі не можна, бо існують кілька видів виконання копчення, а саме: димове, бездимне та змішане.

Димове або, так зване, звичайне копчення виконується за допомогою диму, що утворюється під час часткового згоряння деревини. Основним методом копчення м'ясної продукції, а також риби на сучасному етапі розвитку є саме димове копчення. За цього методу обробки ефект копчення досягається завдяки потраплянню на поверхню м'яса або риби під дією численних чинників, наприклад, відцентрових сил, конденсації парів, броунівського руху, седиментації, абсорбції в поверхневому шарі вологи та ін., коптильних компонентів диму та подальшого проникнення вглиб, що супроводжується специфічними хімічними реакціями взаємодії з складовими продукту. Відмінними рисами звичайного копчення є досить тривала термічна обробка і яскраво виражені властивості копченого продукту, які при цьому досягаються, - інтенсивне забарвлення поверхні, приємний димовий смак і аромат копченості [1, 2].

У роботі розроблено та запропоновано автоматизацію системи керування процесом гарячого копчення, на прикладі риби.

									Арк.
									3
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ				

Суть розроблюваного проєкту полягає:

- в автоматизації керування роботою камери копчення, що в свою чергу дасть можливість скоротити час на обслуговування установки, а також підвищити показники роботи;

- в установці на діюче обладнання сучасної системи керування на базі логічного контролера фірми Овен типу 154, що дає змогу знизити експлуатаційні витрати.

У роботі виконано дослідження та аналіз технічної системи, тобто принципу роботи камери копчення. Подібні дослідження представлені у вигляді алгоритму керування всією установкою. Наводиться програма керування камерою копчення. Введено рециркуляційну заслінку, як об'єкт, що дає змогу забезпечити надійнішу роботу установки.

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС КОПЧЕННЯ

1.1 Технічні основи процесу копчення продукції

В залежності від температури процесу, копчення поділяють на холодне, гаряче та напівгаряче. Якщо розглядати це на прикладі копчення риби в домашніх умовах, то це буде виглядати наступним чином [2].

Гаряче копчення - даний спосіб має багато суттєвих переваг: швидкий, простий та надійний, риба одразу готова до вживання. Немає потреби у використанні складних споруд - є металева бочка - прекрасно, немає - можна використати, наприклад, старе відро, тільки треба ретельно прожарити. Єдина обов'язкова умова - добре підігнані кришки. Як використовувати дані ємності представлено на рисунку 1.1. Вставні сітки, на які кладеться риба, виготовляються із відпаленого сталевого дроту діаметром від 4...6 мм.

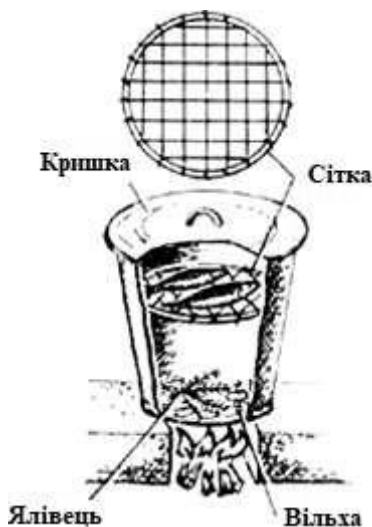


Рисунок 1.1 – Приклад застосування технологічного процесу гарячого копчення

Так як ми розглядаємо саме гарячий спосіб копчення риби то для виконання процесу необхідно - дрібну рибу не обробляємо, середню потрошимо, велику обробляємо на пласт або боківник - оброблення вздовж хребта на два

філе. Оброблену рибу миємо та солимо саме сухим способом. Для цього нам знадобиться дошка або шматок фанери, сіль грубого помелу №1 або №2. Посипавши сіллю рибу та дошку, втираємо сіль у оброблену тушку, рухаючи нею по столу з невеликим натиском. Внутрішню поверхню черевця натираємо сіллю вручну. Якщо риба з товстою спинкою, робимо в ній розріз уздовж хребта, куди і втираємо сіль.

Посол жирної риби (наприклад, мойви, палтуса, ставриди, скумбрії, камбали, товстолоба, миня, зубатки, сома, тощо) має певні відмінності від вищеописаного. Натерту сіллю кожну рибину або окремих пласт загортають у пергамент або олівцеву кальку, щоб не окислювалися жири. Потім риба пошарово укладається в емальований посуд, краще в лотки із кришкою. Зверху все вкривається пергаментом, а краї його підгинаються. Бажано укласти рибу невеликою гіркою, а кришкою придавити, зафіксувавши мотузкою або дротом.

Засолювання розмороженої в холодній воді риби триває трохи довше, ніж свіжої - від 4...6 годин до доби.

Під дією солі відбувається згортання білків, втрачається смак та відповідно і запах сирової риби, м'ясо риби ущільнюється і стає придатним до вживання без подальшої кулінарної обробки.

Наступна операція - пров'ялювання риби протягом 40...60 хвилин. За цей час її солоність досягає необхідних 1,5...2,0 % і відбувається часткове зневоднення риби, оскільки стікає тузлук - розчин солі. Риба обв'язується мотузкою та розвішується на вішалках (рис. 1.2). Можливе також укладання в поліетиленові мішки та розташування в прохолодному місці, наприклад, у холодильнику або погребі. У другому випадку, перед закладкою риби в копильню, її ретельно протирають від тузлуку, пересолену промивають прісною водою, а потім виконують протирання [2].

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

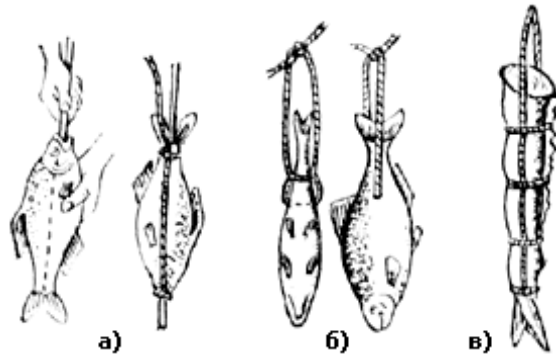


Рисунок 1.2 – Приклад виконання обв'язування риби при гарячому копченні

Тепер можна виконувати процес копчення риби в домашніх умовах (рис. 1.3). На дно бочки або відра завантажуються суміш вільхових або інших шматків дерева з добавкою ялівцю, а на решітках з металевого дроту в верхній та середній частині посудини розміщується риба, більша, за звичай внизу. Риба укладається нещільно в один шар. Обв'язку, виконану суворим шпагатом (синтетику не можна використовувати) не знімають. Під бочкою розводять багаття та по можливості щільно закривають її кришкою або металевим листом. Через 30...60 хвилин в залежності від розміру риби та самої копильні дим з-під кришки стає сухим та набуває характерного аромату. Остаточна готовність визначається за зовнішнім виглядом риби тобто золотисто-чайним кольором та сухою поверхнею шкурки. При цьому копильню можна відкривати лише на дуже короткий час, щоб не запалали дрова через доступ повітря в зону горіння. У бочці можна розташувати рибу не більше як на трьох-чотирьох сітках.

Температура всередині бочки близько 80°C при підсушуванні, яке становить приблизно четверту частину часу всього процесу, і приблизно 100°C при безпосередньо самому копченні. У результаті даного процесу відбувається руйнування малостійких органічних сполук, згортання білків, втрачається частина азотистих речовин разом із вологою, витоплюється жир.

В домашніх умовах визначити температуру досить просто - достатньо налити на кришку воду. Якщо вода не кипить, а просто випаровується, - режим

копчення витримується правильно. Готова страва не може зберігатися довго, її необхідно вживати протягом 2-3 діб.

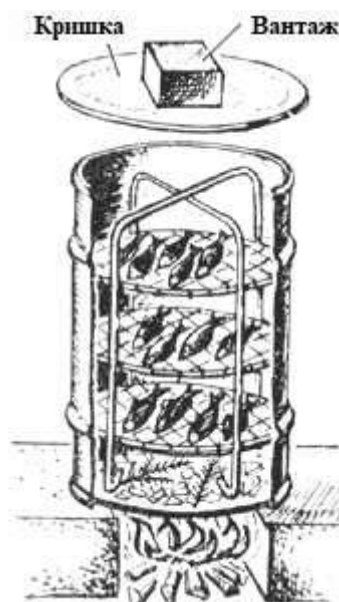


Рисунок 1.3 – Приклад виконання технологічної операції гарячого копчення в домашніх умовах

Технологічний процес холодного копчення більш трудомісткий. Необхідно в домашніх умовах споруджувати спеціальну коптильню, довше просолювати рибу, і сам процес триває дві-три доби [2].

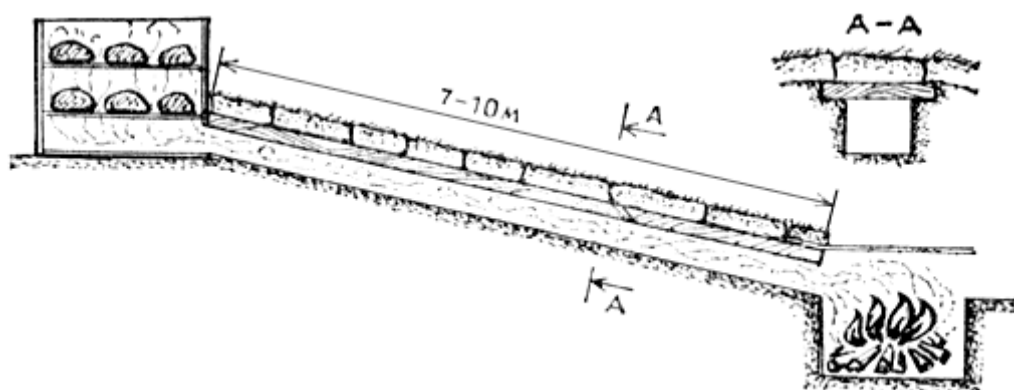


Рисунок 1.4 – Приклад виконання технологічного процесу холодного копчення в домашніх умовах

Канал-димохід виконується приблизно 100x100 або 150x150 мм. Зверху канал закривається дошкою та дерном. Внизу виконується спеціальна ямка для

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ

Арк.
8

багаття, зверху встановлюється ящик для копчення.

Виконання найпростішої коптильні наведено на рисунку 1.4. Оптимальна довжина похилого димоходу повинна бути в межах 7...10 м. Якщо на ділянці є лях, можна використовувати його, ні - доведеться влаштувати штучний насип.

Свіжу рибу солять протягом 5 діб, якщо ж риба розморожена то вдвічі довше. Причому рибу, покладену в лотки, додатково посипають сіллю. Довше триває і операція відмочки - 4...6 і більше годин. Після цього риба обв'язується та пров'ялюється протягом доби. Температура диму в коптильні не повинна перевищувати 35 °С. Після закінчення копчення рибу можна додатково підв'ялити протягом доби - це збільшить термін зберігання продукту.

Під час холодного копчення риба втрачає значну частину вологи і просочується, ніби консервується, димом від багаття. Але необхідно також врахувати, що більше солі в рибі, то нижчою має бути температура.

Технологічний процес напівгарячого копчення. Для нього використовується риба із терміном засолювання понад добу, відмочка може бути виконана «на око». Як коптильнію можливо використовувати звичайну залізну піч-буржуйку з парою додаткових колін на трубі, щоб температура диму була в межах 50...60 °С (рис. 1.5). Піддувало прикривали для забезпечення тління в топці, а рибу розвішували на деякій відстані від зрізу труби в зоні змішування диму з повітрям. Для технологічного процесу копчення достатньо одного світлового дня. Смак риби дещо незвичний, а зовнішній вигляд і аромат ближче до гарячого копчення. Ця технологія нині широкого поширення не набула, але цікава за своєю простотою і великими можливостями для виконання експериментальних досліджень [2].

Найкращі дрова для виконання технологічного процесу копчення в домашніх умовах - вільха та ялівець. Але останній у багатьох районах став рідкістю та потребує охорони. Тому під час заготівлі необхідно використовувати лише сухі гілочки, до того ж сирі все одно не годяться. Достатньо всього декількох гілочок даної рослини, щоб надати продукту і золотистого кольору, і

									Арк.
									9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ				

неповторного аромату.

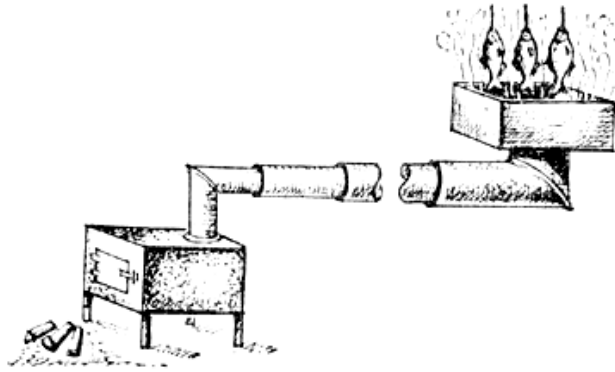


Рисунок 1.5 – Приклад виконання технологічного процесу напівгарячого копчення в домашніх умовах

Якщо відсутня вільха, можливе використання сухої деревини будь-яких твердих порід: дуба, ясена, клена, яблуні, груші, вишні, сливи чи ліщини; з берези обов'язково необхідно зняти кору - в ній міститься дьоготь. У жодному разі не можна використовувати такі породи як сосна, ялина чи кедр - у них багато смоли. Деревину треба обов'язково подрібнити на тріски по 4...6 см. Під час копчення можливе також використання тирси, потрібно насипати на дно бочки рівним шаром. Тріска та тирса почнуть тліти та виділяти дим, щойно прогріється днище бочки або відра від багаття, розведеного внизу.

Під час перебігу технологічного процесу копчення риби багаття має бути невеликим, але давати багато жару. Підтримувати багаття, що горить рівно тривалий час, - мистецтво, яке здобувається лише власним досвідом, про те саме від даного досвіду залежить якість кінцевого продукту.

Бездимне або мокре копчення - це копчення з використанням коптильних препаратів, що представляють собою екстракти продуктів термічного розкладання деревини, крім того піддані спеціальній обробці.

Бездимне копчення базується на використанні спеціальних коптильних препаратів. Воно може виконуватись або в процесі термічної обробки середовищем із дрібно-диспергованої або пароподібної коптильної рідини, або шляхом занурення рибної чи м'ясної продукції в розчин коптильної рідини з

подальшою термічною обробкою. У першому випадку за аналогією зі звичайним копченням за допомогою диму, у другому - потрапляння копильних компонентів у м'ясо відбувається через явище дифузії [2].

До безперечних переваг нової технології бездимного копчення, якщо виконувати порівняння із застарілими способами виготовлення копчених продуктів, коли використовується деревний дим, належать:

- можливість порівняно простого розв'язку екологічних проблем, що можуть виникати при виготовленні продукції за старою технологією;
- збільшення продуктивності та підвищення санітарно-гігієнічних умов праці персоналу на копильних підприємствах;
- ліквідація димо-генераторних підрозділів, що в свою чергу призведе до відчутної економії електроенергії та деревини;
- підвищення рентабельності копильних виробництв;
- реальні можливості швидкого розширення асортименту різноманітних копчених виробів із м'яса та риби за досить простою технологією, що піддається повній автоматизації (наприклад, при виготовленні консервів, при введенні спеціалізованих копильних препаратів у напівфабрикати, структурованих та формованих продуктів сиру та ін.);
- можливість використання принципу маловідходної технології в копильному виробництві тощо.

А також можливість виготовляти копчену продукцію, що не буде відрізнятися за своїми властивостями від продуктів димового копчення, але не буде містити шкідливих домішок (канцерогенні й токсичні речовини).

Змішане або комбіноване копчення представляє собою поєднання димового та мокрого копчення. При цьому способі м'ясо, попередньо оброблене копильним препаратом, так би мовити докопчують деревним димом.

Дим - типовий аерозоль, що утворюється внаслідок часткової конденсації газоподібних продуктів термічного розкладання різного деревного матеріалу [3, 4]. Як будь-який інший аерозоль, дим складається із двох частин: газу

(дисперсійне середовище) та крапельно-рідкої (дисперсної) фази. При цьому до дисперсної фази, як правило, належать досить великі частинки сажі та смоли, а також летючої золи. Для обробки рибних чи м'ясних продуктів використовують так званий «технологічний дим» - дим, що володіє певними фізичними, хімічними та фізико-хімічними характеристиками. Якість диму можна визначити шляхом оцінки якості отриманої готової продукції. Проте це непряме оцінювання, оскільки вплив на якість отриманої готової продукції мають також хімічний склад сировини та технологічні режими (параметри) обробки.

Технологічні властивості диму залежать від його хімічного складу і насамперед від ступеня насичення ароматичними речовинами. Під час технологічного процесу копчення численні компоненти диму потрапляють до продукту, що оброблюється, та забезпечують його консервацію, ароматизацію і потрібне забарвлення. Вважається, що в даних процесах повинні приймати участь тільки 10% із 5000 компонентів, що реєструються в димі.

Нині ідентифіковано понад двісті хімічні сполуки диму, що приймають участь у технологічному процесі копчення. До них відносять здебільшого копильні компоненти карбонільні сполуки (альдегіди і кетони), фенольної групи, похідні фурану, лактонів, кислоти, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, ефірів та спиртів [5].

Найширше досліджено роль (у процесі надання продукту специфічних властивостей) трьох наступних груп органічних речовин: кислот, фенолів та карбонільних сполук.

Сполуки фенолу в диму призводять до більшого формування аромату та смаку копченості в кінцевому продукті. Відомо, що виразність аромату копченості на 66% пов'язана з присутністю в готовому продукті саме фенолів, тоді як роль карбонільних сполук у цьому обмежується: 14% та 20% припадає на решту копильних компонентів [5].

Серед численних фенолів науковці класифікують окремих представників даного класу, які, на їх суб'єктивну думку, найактивніше сприяють утворенню

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

аромату та, відповідно, смаку копченості.

Вважається, що даними «активними компонентами» із сполук фенольної групи є гваякол, 4-метилгваякол та 2,6-диметоксилол (або сириггол). Проте загальний аромат композиції, складений лише із даних трьох фенолів, що змішуються в пропорціях, у яких їх виділено з конденсату диму, лише вельми віддалено нагадував димовий аромат вихідного конденсату.

Крім гваяколу, сириголу та метилгваяколу в загальному процесі формування аромату готового продукту приймають активну участь наступні сполуки фенолу, як ксиленоли, евгенол, крезолі та ціла низка інших речовин [5].

У копченій рибі, обробленій димом або спеціальним коптільним препаратом, переважають метилгваякол, потім гваякол, фенол, і в кінці крезолі. Постійна присутність сполуки гваякол в копчених виробах, на думку дослідників, дозволяє використання його в якості так званого «індексу копчення».

Проте запах розчинів, приготованих із фенольної групи, раніше ідентифікованих у конденсатах диму, мав певну відмінність від вихідних димових конденсатів за відтінками та інтенсивністю. Це дає підставу вважати, що для повного відтворення аромату необхідні крім фенольної групи і інші хімічні сполуки, що сприяють якоюсь мірою формуванню запаху копченості.

Аромат копчення посилюється і набуває найбільш виразного характеру при додаванні до фенольних сполук сполуки карбонільної групи та інших хімічних речовин. Встановили, наприклад, що активну участь в утворенні аромату копчення беруть наступні органічні речовини, як лактони та фурані, а також мальтол та оксиметилциклопентанол, що створюють вельми специфічний запах. Поєднання сполук фенолу призводить до добре вираженого аромату копчення без будь-яких сторонніх домішок. У разі поєднання фенольної фракції із карбонільними сполуками буде виникати чітко виражений аромат копчення із певними пряними відтінками. Так само сильно виражений аромат копчення із відтінками паленого цукру буде виникати в разі поєднання в одну композицію

										Арк.
										13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>					

фенолів, карбонільних та некарбонільних речовин.

Карбонільні сполуки будуть частково посилювати аромат копченості, але основна роль у технологічному процесі копчення полягає саме в створенні характерного забарвлення. Механізм утворення кольору видається серією неферментних реакцій, подібних до реакцій Маяра або реакція меланоїдиноутворення, з тією лише різницею, що продукти реакцій, такі як висушене ефірне вуглецеве волокно, що виникають у процесі генерації диму, придатні для прямого контакту з аміногрупами білків продуктів [5].

Карбонільні сполуки, що мають вагому частку у коптильному димі та вступають у контакт із білком, - це гліоксаль, фурфурол, ацетон, оксіацетон, діацетон, формальдегід, гліколевий альдегід і метилгліоксаль, причому два останні характеризуються як такі, що беруть активну участь у реакції утворення кольору продукту. Встановлено також, що кротоновий альдегід та гліоксаль під час взаємодії із розчинами амінокислот сприяють виникненню інтенсивного забарвлення, ацетоальдегід та діоксіацетон активні, а ацетон та формальдегід взагалі не беруть участі в цій реакції.

Не так давно в концентрації диму за допомогою мас-спектрометра ідентифіковано санапалевий та коніферовий альдегіди. Дані хімічні речовини вступають у реакцію із білком продукту, що призводить до його помаранчевого відтінку, характерного для копчених виробів. Поглиблення забарвлення продукту пов'язане зі зростанням карбонільних груп, що вступають у взаємодію з білком, що міститься в продукті. Інтенсивність забарвлення завжди залежить від низки факторів, таких, як, наприклад, рН середовища, t тощо. Забарвлення продукту буде посилюватись під дією кисню та світла, зі зміною рН середовища в лужний бік, з підвищенням t робочого середовища та тривалістю впливу середовища на об'єкт дослідження.

Реакція зміни кольору до коричневого під дією карбонільних сполук супроводжується досить небажаним ефектом - деградацією (або руйнуванням) амінокислот білка. В дослідженнях відзначено також зменшення кількості

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

амінокислот, а саме лізину, в білку готового продукту, вичопченого димом або обробленого копильними препаратами.

Летючі кислоти (C1-C6), присутні в димі та копильних препаратах, відіграють в основному допоміжну роль, сприяючи в комплексі з фенолами та карбонільними сполуками створенню в продукту, що обробляється, певних смакових властивостей [5].

Особливості та недоліки процесу копчення. Позитивні сторони процесу копчення загальновідомі: за допомогою даного широко використовуваного технологічного прийому під час виготовлення різноманітної продукції з м'яса чи риби отримують не лише продукти, що володіють особливими привабливими смаковими властивостями, а й продукти (передусім холодного копчення), яким притаманна підвищена стійкість до мікробіальних та окислювальних змін під час зберігання.

Водночас традиційний процес копчення виробів, тобто обробка підготовлених напівфабрикатів безпосередньо деревним димом, має цілу низку недоліків. Одним із вказаних недоліків є труднощі отримання цілої партії однорідної готової продукції. В більшості випадків це пов'язано із неможливістю генерації стабільного та однорідного за своїм складом диму для копчення, оскільки в димогенераторах будь-яких конструкцій не лише температура, й інші умови утворення диму для копчення, в локальних зонах термічного розкладання органічної маси деревини постійно змінюються, тож загалом виникнення власне диму для копчення значною мірою носить досить хаотичний характер.

Іншим істотним недоліком процесу копчення за допомогою диму, утвореного після спалювання дерева, є наявність у такому димі канцерогенних та токсичних речовин, які є шкідливими для життя та здоров'я людини (дані речовини відносяться до поліциклічних ароматичних вуглеводнів, серед яких 3,4-бензпірен, що володіє найбільшою канцерогенною активністю).

Копильні препарати й ароматизатори не мають вказаного недоліку, оскільки під час їх виробництва використовують методи, що виключають

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

потрапляння шкідливих речовин у готовий продукт [3, 4].

Технологічний процес копчення [2] необхідно розглядати як процес динамічної адсорбції компонентів диму для копчення на поверхні продукту, що підлягає обробці, та природною подальшою дифузією їх у загальну масу продукту завдяки різниці концентрацій на поверхні та в товщі продукту. Технологічний процес копчення - мимовільний, до того ж доволі довготривалий, трудо- та енергозатратний. Тривалість технологічного процесу копчення призводить до необхідності використання спеціальних коптильних камер. І як наслідок - створення систем автоматичного керування (регулювання) (або САК(Р)), які дають змогу контролювати зміну температури всередині камери, вологість та час тривалості обробки продукту на кожній стадії технологічного процесу. Керування закриттям та відкриттям регулювальних клапанів (шиберів) подачі диму чи води в камеру копчення виконується в ручному режимі. Параметри обробки перед початком кожної стадії технологічного процесу вводяться на пульт САК.

1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій коптильних камер

На ринку спеціалізованого обладнання представлено досить широкий спектр коптильно-варильних камер із різними базовими технічними параметрами та конструктивними особливостями, які багато в чому визначають їхню вартість.

Універсальні коптильно-варильні камери «КТД» [6], представлені на ринку у достатньо великому асортименті та в різних модифікаціях. Добре зарекомендували себе як якісне, відносно недороге обладнання, що дає змогу серйозно знизити грошові витрати на відкриття власного виробництва. За максимальним одноразовим завантаженням камери «КТД» випускаються в чотирьох варіантах: на одну раму - 100, 250 та 300; на дві рами - 500 кг. За виконанням випускаються в трьох наступних варіаціях: виготовлені повністю з

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ				

вуглецевої сталі, комбінована (зовнішня поверхня виготовлена з вуглецевої сталі, внутрішня - з нержавіючої сталі), виготовлені повністю із нержавіючої сталі. Крім того, можливе виготовлення під замовника збірно-розбірних варіантів цих термокамер. Камери «КТД» оснащені спеціалізованим САК, трубопроводами, спеціальним димо-охолоджувачем та димо-генератором, об'єднаними в один моноблок.

За бажанням замовника рами можуть поставлятися окремо в будь-якій кількості. Універсальність термокамер серії «КТД» заключається в тому, що термообробці можна піддавати рибу, м'ясо, птицю та навіть ковбасні сири, а також виконувати як «гаряче», так і «холодне» копчення [6].

За рівнем ціни та якості ринок обладнання містить у собі величезний спектр різних універсальних коптильно-варильних термокамер, які можуть бути оснащені автоматичною системою керування технологічним процесом, що дає змогу керувати процесом шляхом натискання наприклад, однієї клавіші від початку обробки до виходу охолодженої готової продукції.

1.2.1 Опис технологічного процесу копчення в спеціалізованій камері

Якість готової копченої риби залежить не лише від підготовки риби до копчення, а і від щільності диму та температурного режиму, що використовується, процесу копчення.

На рисунку 1.6 наведено наступні технологічні діаграми [6]:

- температурного режиму технологічного процесу копчення;
- режиму керування заслінкою рециркуляції;
- режиму керування витяжним вентилятором.

Процес складається з чотирьох етапів. На першому етапі витримують температурний режим $t=19-20^{\circ}\text{C}$, при цьому повністю відкрита заслінка рециркуляції, яка керується за допомогою регулятора. Потім вмикають витяжку для усунення вологи з печі та легкого підсушування риби перед копченням, дим не подається. Загальна тривалість першого етапу складає 0,5-2 год.

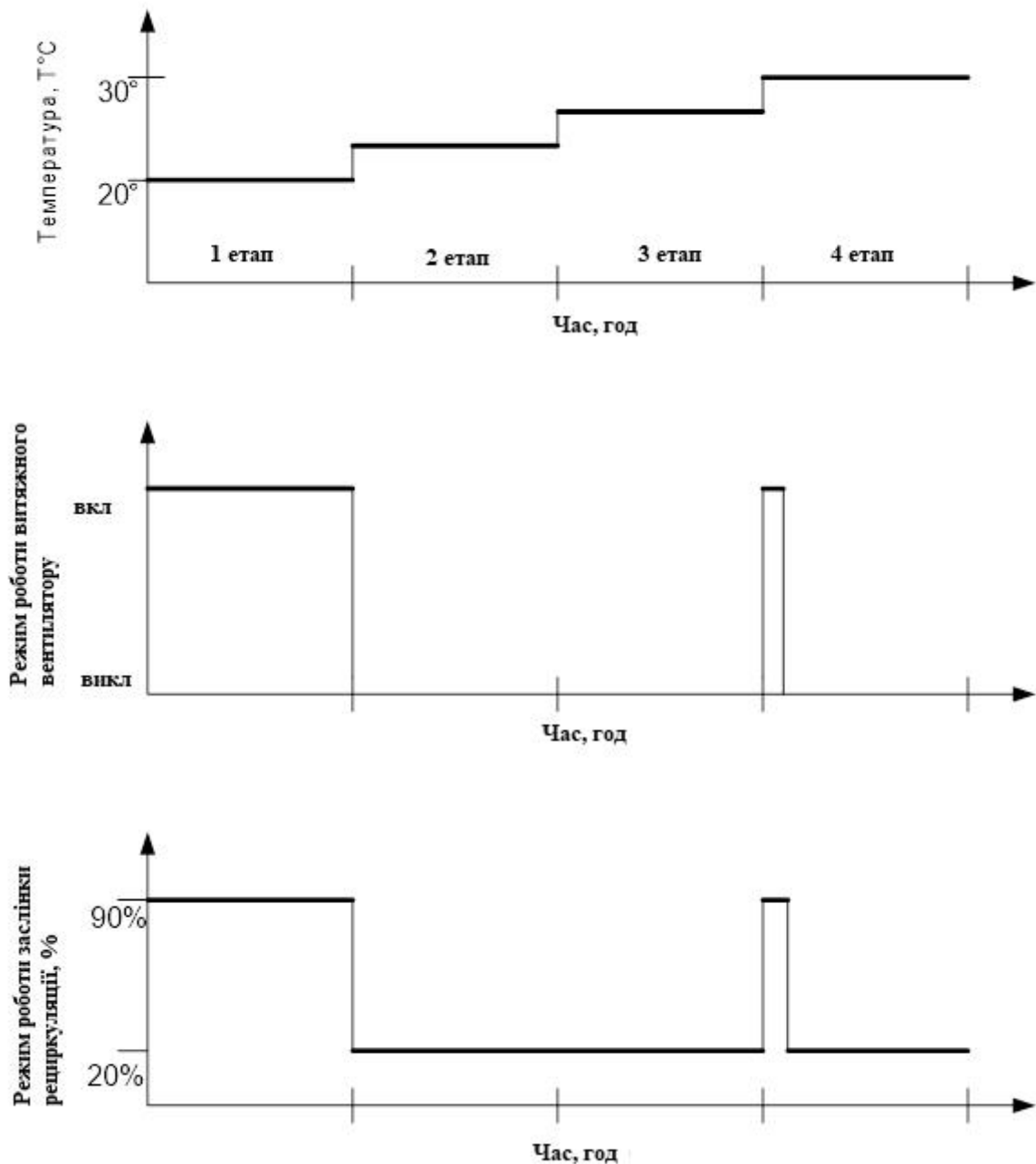


Рисунок 1.6 – Технологічні діаграми: температурного режиму технологічного процесу копчення; режиму керування витяжним вентилятором; режиму керування заслінкою рециркуляції

Під час переходу на другий етап температурний режим встановлюють на 2-3 °C вищим, витяжний вентилятор вимикають повністю та заслінку рециркуляції прикривають до 20 %. Відсоток відкриття заслінки рециркуляції залежить від об'єму печі, матеріалу тирси (гарним матеріалом для

технологічного процесу копчення є яблуна, груша, вільха) та щільності створеного диму.

Третій етап аналогічний другому етапу. Тобто температурний режим підвищують ще на 2-3 °С, витяжний вентилятор також вимкнено, заслінку рециркуляції не рухають.

Після третього етапу припиняється подача диму, відкривається заслінка рециркуляції та вмикається витяжний вентилятор на час від 0,5 до 1 год, для повного видалення вологи, що залишилася, і продовжити процесу копчення. Після закінчення процесу всі механізми та димогенератор вимикаються.

1.2.2 Технічні вимоги до систем автоматизації технологічного процесу копчення

Якість готового кінцевого продукту залежить від попередньої підготовки напівфабрикату, щільності створеного диму та дотримання необхідного температурного режиму. Для різних видів риби (залежно від її розміру, сорту, жирності тощо), використовуються різні режими обробки, що відрізняються за температурою, вологістю та, відповідно, загальною тривалістю.

Процес гарячого копчення риби розглядається, як правило, двоступеневим: спочатку виконується підсушування теплим повітрям при температурі 50-90 °С протягом 30 хв, потім копчення гарячим димом при 80-120 °С протягом 0,5 до 3 год. Для отримання якісного кінцевого продукту на всіх етапах технологічного процесу необхідно дотримуватися суворо визначеної температури та вологості встановлених в коптильній камері.

Внаслідок чого можна виділити наступні технічні вимоги до систем автоматизації технологічного процесу копчення:

- наявність декількох технологічних програм, для забезпечення різних режимів копчення;
- простота реалізації технологічного процесу;
- легкість експлуатації;

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ				

- точність регулювання температури та вологості в камері;
- зниження енерговитрат на виробництво шляхом автоматизованого регулювання технологічного процесу копчення.

1.2.3 Аналіз існуючих варіантів систем автоматизації технологічного процесу копчення

Ринок рибних продуктів – це ринок, що досить динамічно розвивається, є перспективним, і характеризується зростаючим купівельним попитом. Це цілком зрозуміло, тому що, крім безсумнівних смакових переваг, продукти із риби мають величезну біологічну цінність: білки легко засвоюються організмом людини, риба містить безліч корисних мікроелементів, риб'ячий жир містить у собі велику кількість незамінних поліненасичених кислот.

Для автоматизації технологічного процесу копчення в камерах виготовлення рибних делікатесів широко використовується універсальний двоканальний програмний ПД-регулятор фірми ОВЕН типу ТРМ151. Його застосування дозволяє змогу періодично вмикати жалюзі систем вентиляції, а також регулювати роботу систем нагрівання та подачі диму (рис. 1.7). ТРМ151 оснащено двома універсальними входами, до яких можна підключати датчі різного типу: термодетектори опору, термодари, датчі із вихідним сигналом струму, напруги або датчі положення засувки. ПД-регулятор ТРМ151 в своїй стандартній конфігурації оснащено двома вихідними програмними модулями-регуляторами, кожен з яких працює за двопозиційним (ON/OFF) або за ПД-законом регулювання [7].

У регуляторі типу ТРМ151 передбачена можливість створення та зберігання до 12 незалежних програм (так званих програм технолога) кожна з яких може складатись із 10 кроків. Для кожного кроку програми вказуються відповідні уставки, параметри регулювання та умови переходу на наступний крок. За допомогою такої програми технолога регулятор ТРМ151 дозволяє [7]:

- виконувати автоматичний запуск чи відключення виконавчих механізмів;

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк. 20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- підтримку температурного режиму на всіх етапах обробки (плавний нагрів, витримку та плавне охолодження);
- встановлення в камері необхідних значень вологості шляхом керування витяжкою;
- контролювати подачу диму для процесу копчення.

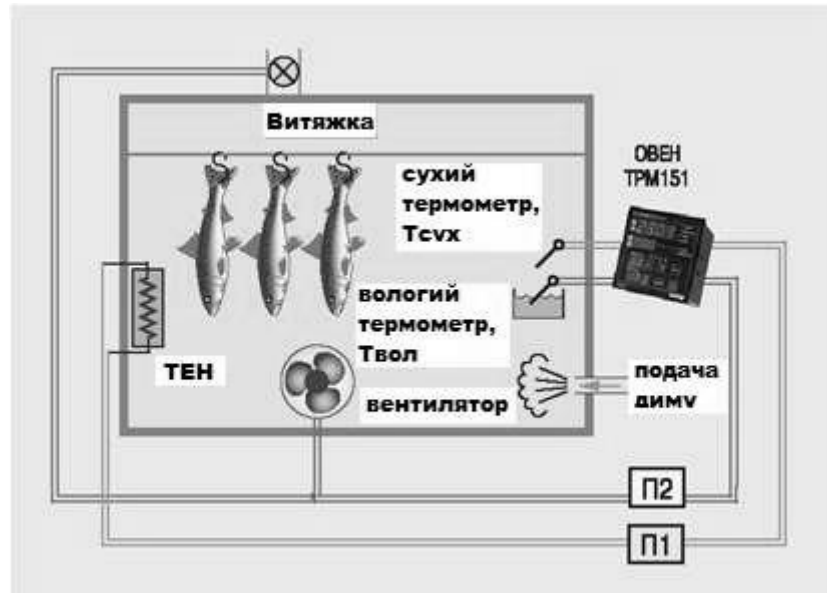


Рисунок 1.7 – Загальний вигляд схеми установки для технологічної операції «гарячого» копчення риби на базі ТРМ151 (П1 та П2 – пускачі)

Регулятор типу ТРМ151 повинен забезпечити безпечність та безперервність процесу копчення риби, контролюючи працездатність вимірювальної техніки (перевірка на обрив, замикання тощо). При цьому регулятор ТРМ151 повинен виконувати аналіз стану всієї системи автоматизації технологічного процесу: у випадку, якщо відбувався збій у роботі давачу, який не задіяний безпосередньо в поточному етапі, прилад не повинен зупиняти виконання всієї програми, а тільки сигналізує про наявну несправність. Якщо ж відбувається поломка необхідного на даному етапі вимірювача, то регулятор ТРМ151 повинен зупинити поточну програму технолога, водночас, щоб уникнути більш серйозних поломок, усі вихідні пристрої повинні бути вимкнені. Коли несправність виявляється усунутою, продовжити виконання технологічного процесу можливо з будь-якого з десяти кроків використовуваної

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ

Арк.
21

програми.

1.2.4 Особливості регулювання температурного режиму та відносної вологості

Регульованими параметрами технологічного мікроклімату в чистих приміщеннях є температура та відносна вологість навколишнього середовища, значення яких мають підтримуватися в строго вказаних діапазонах. Складність регулювання та стабілізації даних параметрів полягає в їх взаємопов'язаності, коли зміна будь-якого із них спричиняє зміну іншого. Для розв'язання даного завдання необхідне спільне використання регуляторів для температурного режиму та відносної вологості повітря навколишнього середовища, при цьому дія регулятора відносної вологості зводиться до цілеспрямованої зміни відносної вологості повітря для того, щоб компенсувати зміну відносної вологості, спричинену роботою регулятора температурного режиму.

Очевидно, що в разі паралельної роботи регуляторів будуть виникати коливання в процесі зміни відносної вологості, що спричинені впливом контуру регулювання температурного режиму, що погіршує показники якості стабілізації відносної вологості повітря та може призвести до нестійкої роботи контуру регулювання відносної вологості. Це явище можливо усунути, за допомогою використання принципу пріоритетності регулювання температурного режиму та відносної вологості повітря, згідно з яким температурному контуру, як більш інерційному, віддається перевага в черговості виконання процесу регулювання. Після того як температура в приміщенні досягла необхідного значення, виконується регулювання вологовмісту повітря.

Під час розв'язання завдань контролю та керування температурно-вологісним режимом у приміщеннях із достатньо великим об'ємом зазвичай застосовують системи багаторівневого кондиціювання повітря, створені із центрального кондиціонера та низки місцевих регульовальних органів, які виконують доведення параметрів припливного повітря в окремих приміщеннях

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

до необхідних значень, що зумовлюється їхніми внутрішніми тепловиділеннями для кожного приміщення.

При тому бажано керувати за середнім в обсязі зони значенням відповідного параметра мікроклімату, а не за значенням в одній довільній точці зони. Для цього в просторі кожної зони необхідно встановити не один, а кілька давачів (в залежності від об'єму даної зони). На підставі інформації цих давачів розраховується середнє значення регульованого параметра, за яким виконується керування відповідним виконавчим механізмом. Оскільки регулювання виконується за відхиленням, доцільно використовувати не середнє значення регульованого параметра, а середнє значення його відхилення від потрібного значення в даній точці простору [8].

1.2.5 Методи та засоби вимірювання відносної вологості

Відносна вологість та вміст молекул води в речовинах та матеріалах є однією із найважливіших характеристик їх складу. Загально відомо, що вологу необхідно вимірювати в газах (концентрація парів води), у сумішах рідин (власне вміст молекул води) та в твердих тілах як кристалізаційну вологу, що входить у структуру кристалів. Відповідно, набір методів та спеціальних пристроїв для вимірювання вмісту молекул води в матеріалах є досить різноманітним [8].

Традиції вимірювальної техніки, що спираються на загальний досвід, призвели до того, що у вимірах загальної вологості склалася специфічна ситуація, коли залежно від впливу кількості вологи на ті чи інші технологічні процеси необхідно знати або абсолютне значення кількості вологи в речовині, або відносне її значення, що визначається як відношення реальної вологості речовини до максимально можливої за даних умов, виражене у відсотках. Якщо необхідно знати, наприклад, зміну електричних або механічних властивостей речовини, в цьому випадку визначальним є абсолютне значення вмісту вологи в ній. Те ж саме стосується вмісту вологи в продуктах харчування чи в нафті тощо.

									Арк.
									23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ				

У тому випадку, коли необхідно визначити швидкість висихання вологих об'єктів, комфортність середовища проживання людини або метеорологічну обстановку, на перше місце виступає саме відносна вологість, наприклад, повітря, до максимально можливої за даної температури.

У зв'язку з цим характеристики вологості, а також величини й одиниці вологості поділяються на характеристики вологовмісту та вологостану.

Вологовміст - величини та одиниці, що відображають реальну кількість води в речовині. Основною характеристикою вологовмісту є абсолютна вологість, яка визначається як кількість води в одиниці об'єму за наступною формулою [8]:

$$A = \frac{M_{H_2O}}{V}. \quad (1.1)$$

До цього класу характеристик також можливо віднести парціальний тиск водяної пари в газах, абсолютну концентрацію молекул води для газу, близького до ідеального, що визначається з наступної формули:

$$n = n_0 \cdot \frac{p_{H_2O}}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T} \quad (1/см^3), \quad (1.2)$$

де T - абсолютна температура, n_0 - стала Лошмідта, що дорівнює числу молекул ідеального газу в 1 см^3 за нормальних умов, тобто при $p_0 = 760\text{ мм.рт.ст.}$, $p_0 = 10^5\text{ ГПа}$ та $T_0 = 273,16\text{ К}$.

Часто використовують таку характеристику абсолютної вологості, як точка роси, тобто температуру, за якої дана абсолютна вологість газу буде складати 100%. Дана характеристика внесена в гігрометрію саме метеорологами, оскільки вона є найхарактернішою під час визначення моменту випадання роси та визначення її кількості [8].

Вологостан - відсоткове співвідношення, що дорівнює відношенню абсолютної вологості до максимально можливої за даної температури:

$$\varphi = \frac{A}{A_{\text{вас}}} \cdot 100\% . \quad (1.3)$$

Відносна вологість може характеризуватися так званим дефіцитом парціального тиску, що в свою чергу дорівнює відношенню парціального тиску води до максимально можливого за даної температури. Дуже рідко в гігрометричних вимірюваннях можна зустріти дефіцит точки роси [8].

Зв'язок між температурою та максимально можливою абсолютною вологістю визначається за допомогою рівняння пружності насичених парів води. Це рівняння матиме наступний вигляд:

$$\log \rho_{\text{мл}} = A + B \cdot \log \frac{1}{T} + C \cdot \log T . \quad (1.4)$$

На практиці ширше використовують таблицю тиску насичених парів над плоскою поверхнею води або льоду за різних температур.

Відповідно, на стандартних довідкових даних засновані практично всі перерахунки характеристик вологості. Використовуючи їх можливо, наприклад, за відомою абсолютною вологістю та температурою знайти точку роси чи відносну вологість тощо, виразити практично будь-яку характеристику вологості газів.

Серед приладів для вимірювання вологості найбільш масовими є прилади для визначення вмісту води в газах так звані гігрометри [9]. Для вимірювання вологості сипучих чи твердих тіл найчастіше використовують такі самі гігрометри, тільки процес підготовки проби до аналізу містить у собі переведення води в газову фазу, для якої і проводиться аналіз. Існують також методи безпосереднього вимірювання вмісту води в твердих тілах та в рідинах,

наприклад, методом ядерного магнітного резонансу. Прилади, побудовані на даному принципі, доволі складні, дорогі й потребують високої кваліфікації людини-оператора [10].

Гігрометри як самостійні прилади є одними з найбільш затребуваних вимірювальних приладів, оскільки з давніх часів їх потребували метрологи. За зміною вологості, так само як за зміною температури та тиску, можна контролювати комфортність життєзабезпечення в приміщеннях, можна передбачати погоду, контролювати різні технологічні процеси. Наприклад, контроль вологості на телефонних станціях, на електростанціях, на поліграфічному виробництві тощо є визначальним у забезпеченні нормального режиму функціонування.

Затребуваність гігromетрів породила проектування, розробку та виготовлення великої кількості різних типів приладів. Більшість вимірювачів вологості являють собою давачі вологості з індикатором або аналогового або дискретного сигналу. Оскільки індикаторами є здебільшого або механічні пристрої, або електровимірювальні прилади, ми зупинимося на давачах вологості, що визначають майже всі функціональні можливості гігromетрів.

Давачі гігromетрів можна класифікувати за принципом дії на наступні типи:

- ємнісні давачі, в яких при зміні вологості змінюється електрична ємність конденсатора з гігроскопічним діелектриком;
- волосяні давачі, в яких використовується властивість волосини змінювати довжину при зміні вологості;
- резистивні давачі, в яких змінюється опір провідника, на поверхню якого нанесено гігроскопічний шар;
- п'єзо-сорбційні давачі, в яких волога, поглинена гігроскопічним покриттям, змінює власну частоту коливань п'єзо-кристала, на поверхню якого нанесено гігроскопічний шар;
- давачі температури точки роси, в яких відбувається фіксація

температури, відповідна переходу дзеркального відбиття металевою поверхнею в дифузне;

- оптичний абсорбційний давач, у якому реєструють частку поглиненої енергії світла в смугах поглинання парами води електромагнітного випромінювання.

Найдавніший, найпростіший та найдешевший давач вологості представляє із себе звичайну волосину, що натягнута між двома пружинами. Для вимірювання вологості використовується властивість волосини змінювати довжину при зміні вологості. Незважаючи на примітивність такого типу давача і на те, що процес, який лежить в основі вимірювання, не визначається законами фізики, а тому не піддається розрахунку, гігрометри з волосяними давачами виготовляються у великій кількості [9].

Ємнісні давачі вологості за масовістю використання конкурують з волосяними, оскільки за простотою конструкції та дешевизною вони не поступаються волосяним. Вимірюваною фізичною величиною є ємність конденсатора, а це означає, що як індикатор або вихідний пристрій можливо використовувати будь-який вимірювач ємності. На підкладку з кварцу наноситься тонкий шар алюмінію, який є однією з обкладок конденсатора.

На поверхні алюмінієвого покриття утворюється тонка плівка окису Al_2O_3 . На окислену поверхню наноситься напиленням другий електрод з металу, що вільно пропускає пари води, наприклад тонкі плівки паладію, родію або платини. Зовнішній пористий електрод є другою обкладкою конденсатора.

Конструкція резистивного давача вологості представляє собою меандр із двох дотичних електродів, на поверхню якого нанесено тонкий шар гігроскопічного діелектрика [11]. Останній, буде сорбувати вологу з навколишнього середовища, змінювати опір проміжків між електродами меандра. Про вологість навколишнього середовища можливо судити за зміною опору або провідності такого елемента.

Останнім часом з'явилися гігрометри, в основу роботи яких покладено

						<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк. 27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

вакуумному ультрафіолеті основним компонентом, що заважає, є кисень. Проте можна вибрати довжини хвиль у вакуумних ультрафіолетових приладах, де поглинання кисню мінімальне, а поглинання парів води максимальне. Наприклад, зручною областю є випромінювання резонансної лінії водню з довжиною хвилі $\lambda = 121,6 \text{ нм}$. На даній довжині хвилі у кисню спостерігається так зване «вікно» прозорості в той час, як пари води помітно поглинають. Іншою можливістю є використання випромінювання ртуті з довжиною хвилі $184,9 \text{ нм}$. У даній ділянці кисень випромінювання не поглинає і весь сигнал поглинання визначається парами води.

Важливою якістю оптичного давача є наслідок із закону Ламберта-Бугера-Бера, який полягає в тому, що даний давач потрібно калібрувати тільки в одній точці. Якщо, наприклад, визначити сигнал із приладу за будь-якої однієї певної концентрації парів води, то відградувати шкалу приладу можна розрахунковим шляхом на тій підставі, що зміна логарифма сигналів за різних концентрацій дорівнює:

$$\Delta \lg I = (\lg I_0 - \lg I_\lambda) = \delta_\lambda \cdot N \cdot l, \quad (1.6)$$

де N - концентрація (або число) молекул в одиниці об'єму; l - довжина поглинаючого проміжку; δ_λ - переріз поглинання.

Для визначення абсолютної та відносної вологості на практиці часто використовують прилади, що отримали назву психрометрів [12]. Психрометри за своєю конструкцією представляють собою два однакові термометри, один з яких обгорнутий гнітом та змочується водою. Мокрий термометр буде показувати температуру нижчу, ніж сухий термометр у тому випадку, якщо відносна вологість не рівна 100%. Чим нижча відносна вологість, тим більшою є різниця в показах мокрого та сухого термометрів. Для психрометрів різних конструкцій складають спеціальні психрометричні таблиці, за якими знаходять необхідні характеристики вологості.

Психрометр не дуже зручний в використанні, так як його показання не легко автоматизувати, і потрібне постійне зволоження ґніту. Проте саме психрометр є найпростішим та водночас досить надійним і точним засобом вимірювання вологості повітря. Саме за психрометром найчастіше градууються гігрометри з волосяними, резистивними чи ємнісними давачами.

Методи вимірювання вологості твердих матеріалів та рідин. Найбільш широко застосовується метод випарювання або висушування вологи з речовини з подальшим зважуванням, пробу висушують до тих пір, поки не перестане змінюватися її вага. При цьому, робиться два наступних припущення.

Перше - що вся відсортована та хімічно пов'язана волога за обраного режиму випарювання саме випаровується.

Друге - разом із вологою не випарується жоден інший компонент.

Відповідно, що в більшості випадків гарантувати точність виконання процедур випарювання дуже складно.

Іншим універсальним методом вимірювання вологості твердих та рідких тіл є метод, коли волога з них переходить у газову фазу в якомусь замкнутому об'ємі. У даному випадку стандартизують методику підготовки проби, а вимірювання виконують одним зі описаних типів гігrometerів, призначених для вимірювань вологи саме в газовій фазі. З метою отримання надійних результатів такі прилади калібрують за стандартними зразками вологості.

Вимірювання вологості за допомогою психометричного вологоміра.

Вологість газів, твердих матеріалів та рідин - один із важливих показників у технологічних процесах. Вологість газів, наприклад, необхідно вимірювати в сушильних установках, у газозбірниках, під час очищення газів, під час кондиціонування повітря тощо. Вимірювання вмісту води в нафті, спиртах, ацетоні проводять у процесах нафтохімії та нафтопереробки, у пульпах - у виробництві мінеральних добрив чи сірчаної кислоти. Вимірювання вологості твердих сипких матеріалів посідає суттєве місце у виробництві мінеральних добрив, фарб та будівельних матеріалів; вологість волокнистих матеріалів

									Арк.
									30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ				

визначає кінцеву якість продукції при виробництві паперу та картону.

Вологість газів у технологічних процесах зазвичай вимірюють саме психрометричним методом.

Дія психрометричних вологомірів ґрунтується на вимірюванні двох температур: температури, так званого «сухого» термодатчика, поміщеного в газ, що аналізується, та температури «мокрого» термодатчика, загорнутого в вологу тканину, кінець якої опущений у воду. За рахунок випаровування води «мокрый» термодатчик охолоджується до температури меншої, ніж температура газу. Зі збільшенням вологості газу випаровування йде менш інтенсивно та температура «мокрого» термометра зростає. За вологості 100% вода взагалі не буде випаровуватися та температури обох термодатчиків вирівняється.

У промислових вологомірах як термодатчики зазвичай використовують термометри опору, включені в схему для вимірювання відношення їхніх опорів, тобто відношення температур «сухого» та «мокрого» термометрів.

1.3 Висновки до першого розділу

Проаналізовано технічні основи процесу копчення продукції тваринного походження. Виконано огляд та аналіз існуючих конструкцій коптильних камер для риби, спинили свій вибір на коптильній камері типу КТД. Побудовано наступні технологічні діаграми: температурного режиму технологічного процесу копчення; режиму керування витяжним вентилятором; режиму керування заслінкою рециркуляції. Розглянуто особливості регулювання температурного режиму та відносної вологості, та обладнання яким ці показники можливо виміряти.

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

2.1 Визначення математичної моделі системи керування

У даній роботі розробляється камера для виконання автоматичного технологічного процесу копчення, на прикладі копчення риби. Функціональну схему камери як об'єкта керування представлено на рисунку 2.1.

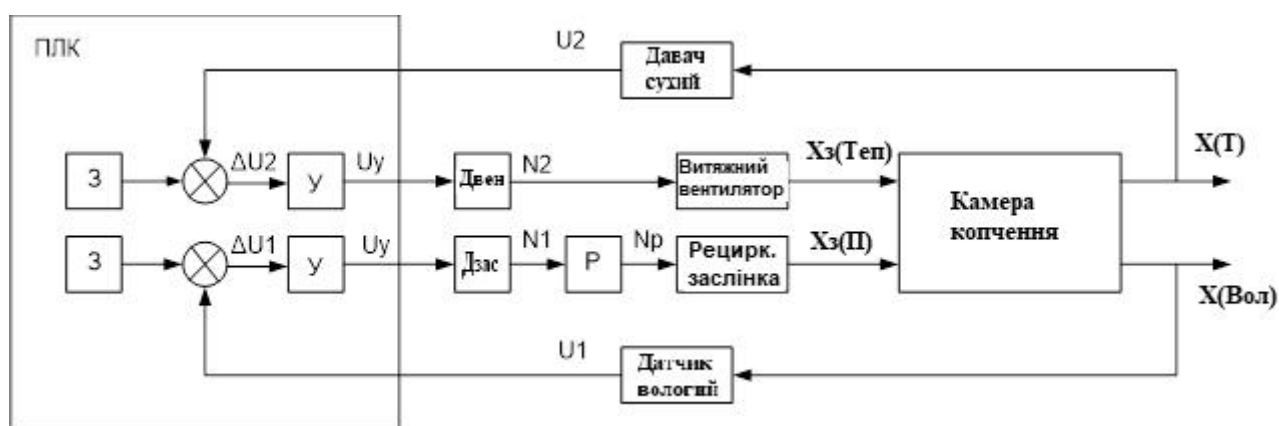


Рисунок 2.1 - Функціональна схема камери копчення

Регулювання (керування) відбувається за двома контурами. Вхідними параметрами або параметрами регулювання (керування) є тепло (Теп), що виділяється термоелектричним нагрівачем (ТЕН), і повітря (П). Кількість тепла, що подається, і повітря в камеру регулюється за допомогою задавачів (З). Величина впливу від задавачів визначається за допомогою логічного контролера. Вихідними параметрами для коптильної камери є температура (Т) та вологість (Вол). Регулювання параметрів камери для копчення виробів будемо виконувати шляхом регулювання параметрів, які описано вище. Вихідні сигнали фіксуються термометрами, потім перетворюються давачами в напругу (U_1 та U_2). Далі сигнали надходять на відповідні додаючі пристрої, де відбувається порівняння значень із заданим. Різницева величина посилюється за допомогою підсилювачів (y). Відрегульована та посилена величина за

вологістю надходить у електродвигун (Дзас) рециркуляційної заслінки. Обороти електродвигуна через редуктор (р) перетворюються у відхилення заслінки (зас). Заслінка, своєю чергою, регулює загальну вологість у камері. Якщо вологість в камері вища за задану, пару необхідно випустити, - заслінка відкривається, і, відповідно навпаки. Температура в камері ля копчення регулюється за допомогою витяжного вентилятора, тобто при перевищенні заданої температури вентилятор вмикається, повітря виходить, температура знижується і навпаки. У разі неприпустимого збільшення температури за сигналом від ПЛК відбувається вимкнення ТЕНа.

Складемо для ланок диференціальні рівняння та передаточні функції, для цього скористаємося даними, наведеними в [13, 14]. Найчастіше об'єкт такого класу представляють у вигляді наступних передаточних функцій:

- камера для копчення:

$$W(p) = \frac{K_c}{(T_1 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)} \rightarrow T_1 \cdot T_2 \cdot \frac{d^2 X_{\text{вих}}(t)}{dt^2} + (T_1 + T_2) \cdot \frac{dX_{\text{вих}}(t)}{dt} + X_{\text{вих}}(t) = K_c \cdot X_{\text{вх}}(t) \quad ;(2.1)$$

- перетворювач вологості:

$$W(p) = K_1 \rightarrow X_{\text{вих}}(t) = K_1 \cdot X_{\text{вх}}(t); \quad (2.2)$$

- посилювач напруги №1:

$$W(p) = K_2 \rightarrow X_{\text{вих}}(t) = K_2 \cdot X_{\text{вх}}(t); \quad (2.3)$$

- електродвигун заслінки:

$$W(p) = \frac{K_3}{T_3 \cdot p + 1} \rightarrow T_3 \cdot \frac{dX_{\text{вих}}(t)}{dt} + X_{\text{вих}}(t) = K_3 \cdot X_{\text{вх}}(t); \quad (2.4)$$

- редуктор:

$$W(p) = K_4 \rightarrow X_{\text{вих}}(t) = K_4 \cdot X_{\text{вх}}(t); \quad (2.5)$$

- заслінка:

$$W(p) = K_5 \rightarrow X_{\text{вих}}(t) = K_5 \cdot X_{\text{вх}}(t); \quad (2.6)$$

- перетворювач температури:

$$W(p) = K_6 \rightarrow X_{\text{вих}}(t) = K_6 \cdot X_{\text{вх}}(t); \quad (2.7)$$

- підсилювач напруги №2:

$$W(p) = K_7 \rightarrow X_{\text{вих}}(t) = K_7 \cdot X_{\text{вх}}(t); \quad (2.8)$$

- вентилятор:

$$W(p) = \frac{K_8}{p} \rightarrow \frac{dX_{\text{вих}}(t)}{dt} = K_8 \cdot X_{\text{вх}}(t); \quad (2.9)$$

- електродвигун вентилятора:

$$W(p) = \frac{K_9}{T_9 \cdot p + 1} \rightarrow T_9 \cdot \frac{dX_{\text{вих}}(t)}{dt} + X_{\text{вих}}(t) = K_9 \cdot X_{\text{вх}}(t). \quad (2.10)$$

Складемо рівняння динаміки системи по каналу задаючого та керуючого впливу.

Для контуру керування за зміною вологості (перший контур керування):

$$\begin{aligned}\Phi_{x'_3}(p) &= \frac{x'_3(p)}{x'_3(p)} = \\ &= \left(\frac{k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}{p \cdot (T_3 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)(T_1 \cdot p + 1)} \right) : \left(1 + \frac{k_1 \cdot k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}{p \cdot (T_3 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)(T_1 \cdot p + 1)} \right) = \quad (2.11) \\ &= \frac{k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}{p \cdot (T_3 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)(T_1 \cdot p + 1) + k_1 \cdot k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}};\end{aligned}$$

$$x'_3(p) = \frac{x'_3(p) \cdot k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}{p \cdot (T_3 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)(T_1 \cdot p + 1) + k_1 \cdot k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}, \quad (2.12)$$

де $k = k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_c$.

Для контуру керування за зміною температури (другий контур керування):

$$\begin{aligned}\Phi_{x_3}(p) &= \frac{x(p)}{x_3(p)} = \left(\frac{k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}{p \cdot (T_1 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)} \right) : \left(1 + \frac{k_6 \cdot k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}{p \cdot (T_1 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)} \right) = \\ &= \frac{ke^{-\tau_0 p}}{p(T_1 p + 1)(T_2 p + 1) + k_6 k e^{-\tau_0 p}};\end{aligned} \quad (2.13)$$

$$x(p) = \frac{x_3(p) \cdot k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}{p \cdot (T_3 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)(T_1 \cdot p + 1) + k_6 \cdot k \cdot e^{-\tau_0 \cdot p}}, \quad (2.14)$$

де $k = k_7 \cdot k_8 \cdot k_c$.

Тоді функціональна схема камери копчення як об'єкта керування матиме наступний вигляд (рис. 2.2).

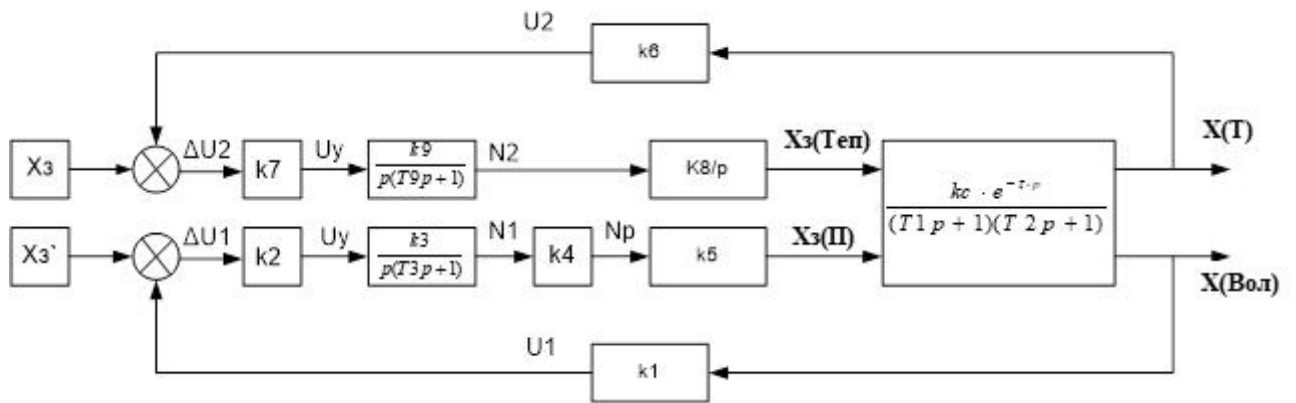


Рисунок 2.2 – Функціональна схема камери для копчення із вказанням передаточних функцій елементів

2.2 Розрахунок параметрів налаштування пристрою керування технологічним процесом

Для першого контуру керування, за зміною вологості.

$$W'(p) = \frac{ke^{-\tau_0 p}}{p(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}, \quad (2.15)$$

де $k = k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_c = 2 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 200$.

$$W'(p) = \frac{200e^{-300p}}{p(900p + 1)(3600p + 1)(0.5p + 1)}$$

Використаємо ПІД-регулятор [13]:

$$W_p(p) = \frac{k_p (T_u p + 1)(T_d p + 1)}{T_u p}, \quad (2.16)$$

де $k_p = 0,28$; $T_u = T_2 = 3600$ с; $T_d = 900$ с.

$$W'(p) = \frac{28e^{-300p}}{p^2 \cdot 3600 \cdot (0,5p + 1)}$$

САК камерою є нестійкою, тому необхідно позбутися одного ступеня астатизму. Для цього введемо диференціальний коригувальний сигнал відповідно до передаточної функції:

$$W_k(p) = \frac{Tp}{Tp + 1}. \quad (2.17)$$

При виконанні умови, що $T = 0,5$ с передаточна функція САК камери регулювання за зміною температури набуде наступного вигляду:

$$W'(p) = \frac{14e^{-300p}}{p \cdot 3600 \cdot (0,5p + 1)^2}.$$

Для другого контуру керування, за зміною температури:

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau_0 p}}{p \cdot (T_1 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)}, \quad (2.18)$$

де $k = k_7 \cdot k_8 \cdot k_c = 100 \cdot 1 \cdot 1$.

$$W(p) = \frac{100e^{-300p}}{p(3600p + 1)(900p + 1)}$$

Використаємо ПІД-регулятор [13]:

$$W_p(p) = \frac{k_p \cdot (T_u \cdot p + 1)(T_d \cdot p + 1)}{T_u \cdot p}, \quad (2.19)$$

де $k_p = 0,28$; $T_u = 3600$ с; $T_d = 900$ с.

$$W(p) = \frac{16e^{-300p}}{3600p^2}.$$

Введемо спеціальну диференціальну складову за похибкою:

$$W_k(p) = \frac{T \cdot p}{T \cdot p + 1}. \quad (2.20)$$

При виконанні аналогічної умови, що $T = 0,5$ с передаточна функція САК регулювання вологості набуде вигляду:

$$W(p) = \frac{8e^{-300p}}{3600p(0,5p + 1)}.$$

2.3 Моделювання системи керування камерою копчення

Для оцінки адекватності отриманої моделі системи керування та перевірки працездатності, змодельємо систему керування в програмному середовищі MATLAB SimuLink. Для цього по черзі на кожен канал (контур за зміною температури та контур за зміною вологості) будемо подавати ступінчастий сигнал і знімати отримані значення [15].

Для контуру за зміною температури:

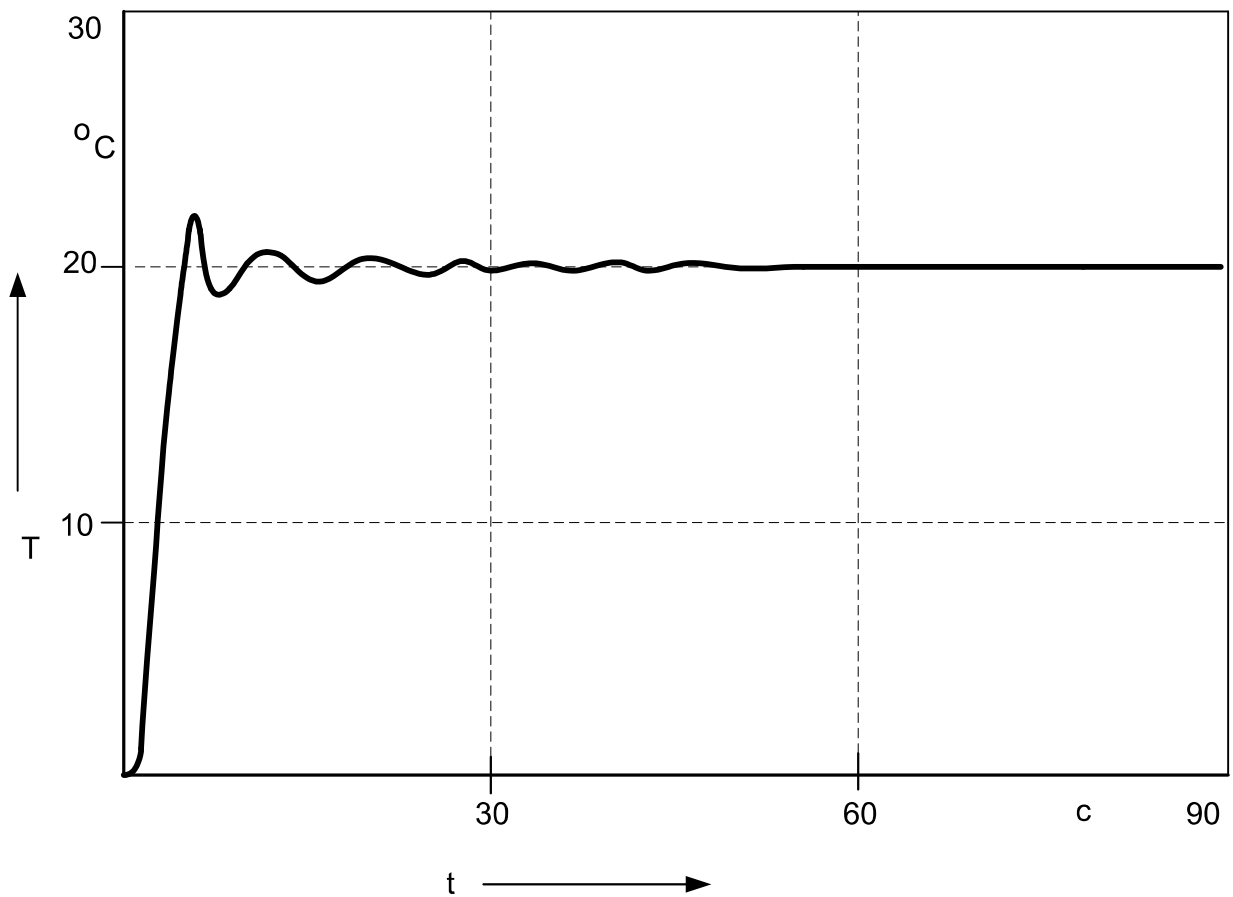


Рисунок 2.3 – Графік перехідного процесу контуру керування за зміною температури при подачі ступеневого сигналу

З графіка бачимо, що час перехідного процесу становить 50 сек, при цьому контур за зміною температури є досить інерційним. Це пояснюється тим, що температуру неможливо визначити моментально.

Для другого контуру, за зміною вологості.

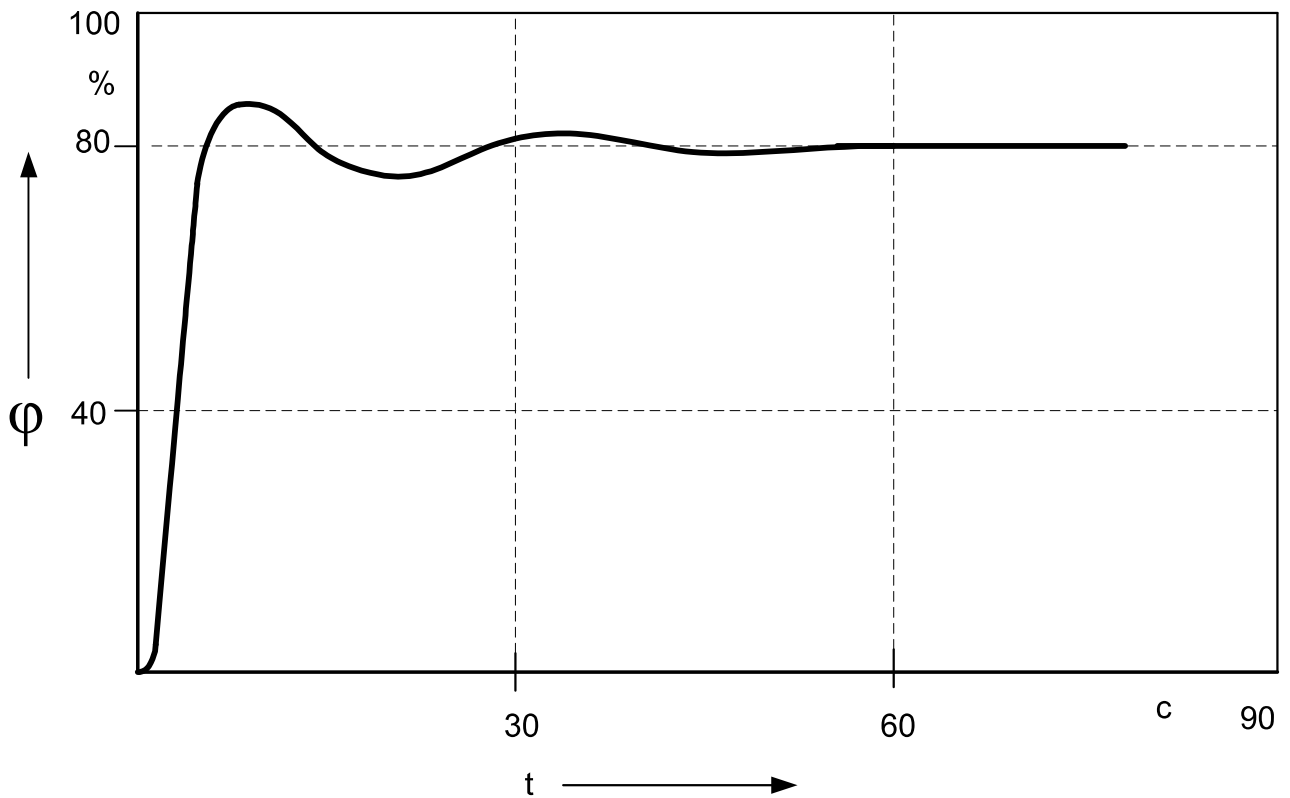


Рисунок 2.4 – Графік перехідного процесу контуру керування за зміною вологості при подачі ступеневого сигналу

Із графіка бачимо, що час перехідного процесу також досить суттєвий, оскільки є пряма залежність зміни вологості від зміни температури.

У результаті моделювання ми переконалися в тому, що математична модель камери копчення є стійкою, а отже, дану модель є сенс розглядати як систему, що реально працює.

2.4 Висновки до другого розділу

Було розроблено математичну модель системи керування технологічним процесом копчення риби. Розраховано необхідні параметри налаштування пристрою керування технологічним процесом копчення риби. Виконано моделювання системи керування камерою копчення для риби.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ

Арк.
40

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ КОПЧЕННЯ

Коптильні камери рибообробних підприємств зазвичай використовують релейні системи стабілізації рівня температури спеціальної димо-повітряної суміші та димоутворення та рідше – рівня вологості створеної суміші. Дані системи не здатні забезпечити не лише оптимальний перебіг технологічного процесу копчення за етапами, а й просто підтримувати наступні параметри даного процесу із вказаною точністю [2]:

- температуру димо-повітряної суміші - в межах $\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- температуру димоутворення - в межах $\pm 10^{\circ}\text{C}$;
- вологість димо-повітряної суміші - в межах $\pm 5\%$
- швидкість руху димо-повітряної суміші - не нижче 2 м/с ;
- концентрацію диму - постійною, що дає змогу, з одного боку, прискорити технологічний процес одержання якісної готової продукції, а з іншого боку, зменшити витрату електроенергії та деревини на одержання необхідного диму.

Підтримка в ході всього технологічного процесу оптимальних параметрів копчення дає змогу найефективніше наситити рибу коптильними компонентами, надаючи готовій продукції найкращих смаку, аромату та, відповідно, кольору. Додаткові складнощі для керування технологічним процесом копчення продукції створюють випадкові, але при цьому не менш істотні зміни параметрів:

- деревини, що залежать від породи дерева, розміру та вологості тирси;
- сировини, що залежать від розміру, виду, місця й часу улову, ступеня обробки, режимів зберігання та транспортування;
- навколишнього середовища.

У результаті варіації параметрів об'єкта керування виявляються настільки великими, що говорити про оптимальне керування технологічним процесом копчення продукції без застосування адаптивних систем керування просто безглуздо. Розв'язання всіх вказаних проблем може бути отримано в результаті

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ				

застосування запропонованої нами системи керування технологічним процесом із регуляторами, налаштованими за середніми або виявленими емпірично значеннями параметрів об'єкта. Крім того, використання цифрової системи керування дає змогу створити цілісний, інформативний та зручний людино-машинний інтерфейс. Реальний ефект від експлуатації такої системи керування може бути отриманий за рахунок економії електроенергії, що споживається, скорочення часу технологічного циклу, поліпшення кінцевої якості продукції, що випускається.

Успішні виробники у своїй діяльності давно використовують автомати для керування технологічними процесами, що керують виконавчими пристроями та механізмами. Системи керування, побудовані на даних автоматах, працюють дуже надійно та досить легкі в обслуговуванні, проте можливості їхнього використання обмежені закладеними в них алгоритмами, які не можуть бути змінені або переналаштовані під технології, якщо відбудуться зміни. Використання даних пристроїв із жорстко заданою логікою призводить до збільшення загальної вартості всього проєкту, оскільки доводиться додавати реле часу, проміжні реле та інші подібні пристрої, щоб реалізувати різні функції технологічного процесу, які чітко не прописані в алгоритмі автоматів керування.

Завдяки програмованим логічним контролерам (PLC) з'явилася можливість порівняно просто та досить недорого вирішити безліч завдань за допомогою використання лише одного пристрою. Із використанням PLC можливості керування суттєво розширилися, тепер можна створювати необхідні програмні алгоритми, підлаштовувати їх під завдання та вимоги певного технологічного процесу, замінювати використанням одного PLC велику кількість контрольно-вимірювальних приладів.

З появою можливості опису алгоритму роботи для всієї системи керування в одному пристрої зникає потреба в використанні додаткових пристроїв керування, що істотно знижує вартість усього проєкту. При цьому ще слід врахувати, що для з'єднання елементів керування використовується дешева

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		42

кручена пара, а самі елементи розташовані поблизу виконавчих механізмів та пристроїв, що зменшує необхідну кількість з'єднувального кабелю та підвищує надійність роботи системи керування, точність регульованих та зареєстрованих параметрів. Подібні проєкти вирізняються досить нескладним проєктуванням, простотою налаштувань та порівняно невисокою ціною.

Розробляючи проєкт, ми постаралися закласти досить широкі можливості його використання - не тільки в технологічному процесі копчення продукції, а й на інших об'єктах, де можуть використовуватись місцеві системи клімат-контролю (магазини, теплиці, кліматичні випробувальні камери тощо).

Основні функціональні особливості комплексу, що розробляється:

- спрощене керування камерним обладнанням;
- вимірювання рівня вологості;
- вимірювання рівня температури;
- керування камерним обладнанням виконується як за середніми значеннями рівнів вологості та температури, так і за вимірним значенням у будь-якій точці;
- керування припливно-вентиляційними блоками та електроприводами заслінок припливу та витяжки повітря в автоматичному режимі за заданою програмою з урахуванням температури зовнішнього повітря;
- керування режимами нагрівання, охолодження, осушення та зволоження в автоматичному режимі за чітко заданою програмою;
- плавне регулювання швидкості обертання та тривалості увімкнення електродвигунів припливних вентиляторів залежно від рівня температури.

Під час розроблення системи автоматизації керуванням технологічним процесом в якості базового пристрою для програмування було використано PLC фірми «ОВЕН» серії 154 (рис. 3.1) [7].

Технічні характеристики даного PLC 154 [7]:

- напруга живлення - $\sim 90...264$ В, 47...63 Гц;
- споживана потужність - 6 Вт ;

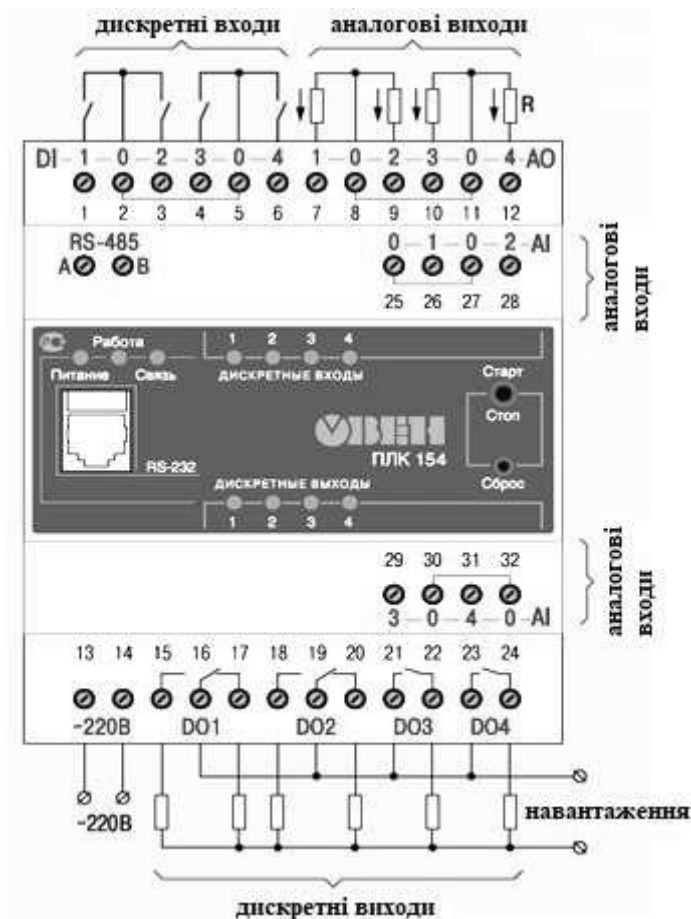


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд та підключення входів/виходів PLC 154

- резервне живлення - вбудований акумулятор витримує зникнення живлення до 10 хв без перезавантаження;
- ступінь захисту корпусу - IP20;
- ЦПУ - 32-х розрядний RISC процесор 200 МГц на базі ядра ARM9;
- об'єм оперативної пам'яті - 8 Мбайт;
- об'єм енергонезалежної пам'яті зберігання програм та архівів - 3 Мбайт, (Flash-пам'ять, спеціалізована файлова система);
- середовище програмування - CoDeSys 3.0 - поширюється безоплатно (входить до базового комплекту постачання);
- використовувані мови програмування - IL, ST, LD, SFC, FBD + CFC;
- кількість аналогових входів - чотири універсальних – струм в діапазонах

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ

Арк.
44

0(4)...20 мА, 0...5 мА, напруга в діапазонах 0...1 В, 0...10 В, опір в діапазоні 0...5 кОм.
Підключення давачів струму та напруги виконується безпосередньо і не потребує спеціальних узгоджувальних резисторів;

- кількість дискретних входів - 4 (10 кГц у режимі енкодера - 1 кГц),
- кількість аналогових виходів - чотири (універсальних 4...20 мА або 0...10 В, програмне перемикання типу вихідного сигналу);
- кількість дискретних виходів - чотири (електромагнітні реле 4 А при 220 В, 50 Гц та $\cos\varphi=0,4$);
- інтерфейси - RS485, RS232, internet 10/100 Mbps;
- можливість розширення - підключення додаткових модулів введення/виводу;
- швидкість обміну за протоколами RS - налаштовується, до 115200 bps;
- інтерфейс для програмування та налаштування - RS232, internet;
- вбудований годинник - реального часу.

Спеціальний редактор, вбудований у середовище програмування CoDeSys для створення людино-машинних інтерфейсів (HMI) із розробленими мнемосхемами.

На екрані візуалізації можна використовувати прості геометричні об'єкти, кнопки, графіки або гістограми, таблиці, елементи вводу-виводу інформації. В одному проєкті може бути розроблено декілька вікон для візуалізації технологічного процесу, що викликаються за допомогою кнопок або іншими способами.

Спеціальне вікно в середовищі програмування CoDeSys, що дає змогу налаштовувати драйвери вводу/виводу та периферійний обмін за інтерфейсами PLC [16].

За допомогою даного ресурсу виконується налаштування:

- зв'язку PLC із спеціальними модулями розширення, GSM-модемом, нмІ або іншими пристроями, що підключаються до PLC через мережеві інтерфейси

та за допомогою протоколів Modbus, Modbus TCP та DCON;

- налаштування входів та виходів PLC для підключення датчиків та виконавчих механізмів;
- для PLC можна налаштовувати модуль статистики (сервісні дані про контролер) та спеціальний модуль архіватора.

Від PLC сигнали керування передаються до перетворювача інтерфейсів АСЗ-М. Технічні характеристики наведено в Додатку Г, таблиця Г.1 [17].



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд перетворювача інтерфейсів АСЗ-М

Після перетворювача АСЗ-М встановлюємо вимірювач-регулятор рівнів температури та вологості МПР51-Щ4.

Зв'язок між PLC та МПР51-Щ4 буде організовано згідно із протоколом Modbus через промисловий протокол передавання даних RS485 (рис. 3.3) [18].

Програмований вимірювач-регулятор типу МПР51-Щ4 призначений для керування багатоступінчастими температурно-вологісними режимами технологічних процесів у хлібопекарській промисловості, в інкубаторах, під час

виробництва м'ясних та ковбасних виробів, у сушінні макаронів, при виготовленні залізобетонних конструкцій, сушінні деревини, у кліматичних камерах та ін. за чітко заданою користувачем програмою.

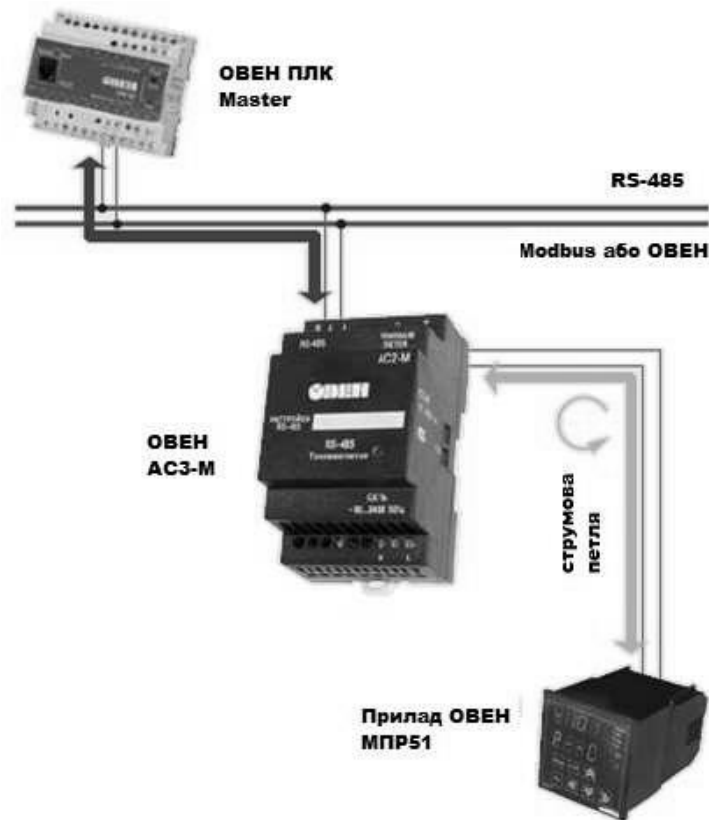


Рисунок 3.3 – Налаштування мережі для передачі даних

МПР51-Щ4 дає наступні можливості (рис. 3.4) [18]:

- вимірювати рівень температури за допомогою використання термоперетворювачів опору, під'єднаних до спеціальних входів Tсух, Tволог, Tпрод;
- вимірювати відносну вологість повітря навколишнього середовища за допомогою давача психрометричного типу;
- визначати поточне положення заслінок за наявності у них резистивних давачів положення;
- регулювати рівень температури за двома незалежними каналами;
- сигналізувати про обрив або коротке замикання в лінії «прилад – давач»;
- задавати програму регулювання із захистом від несанкціонованого доступу;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ

Арк.
47

- реєструвати контрольовані параметри на ПК (за допомогою спеціального адаптера інтерфейсу АС2).



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд програмованого вимірювача-регулятора типу МР51-Щ4

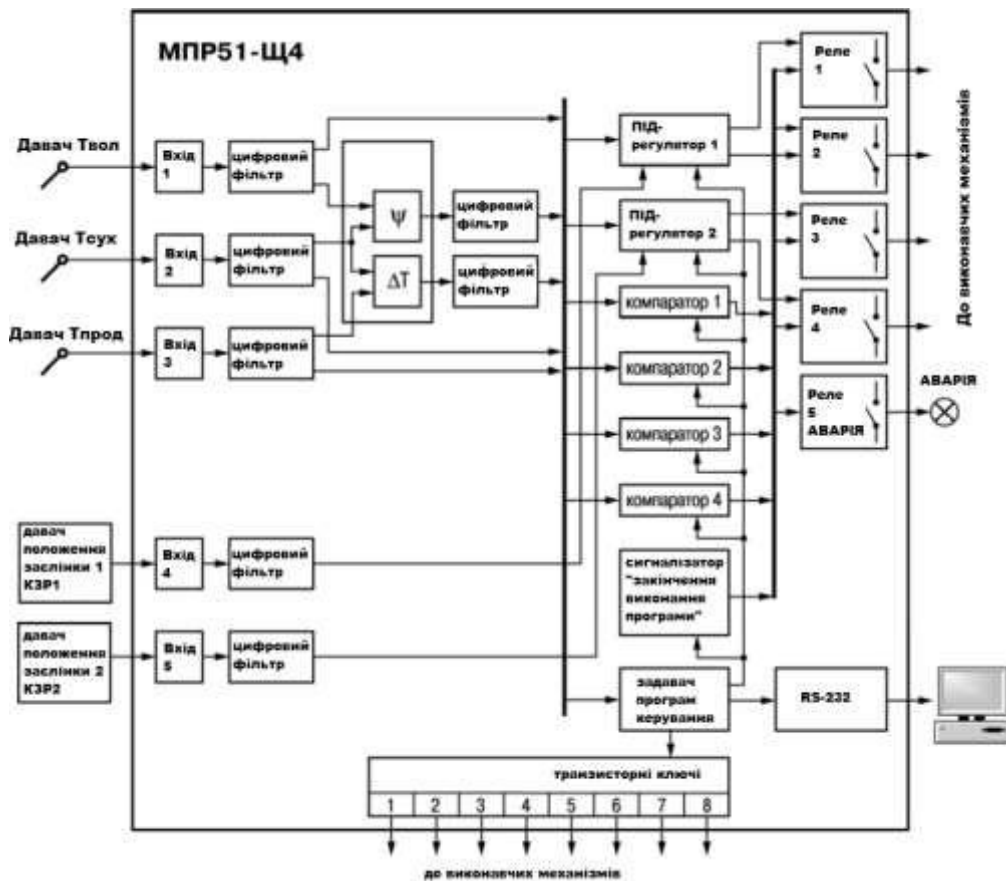


Рисунок 3.5 – Функціональна схема програмованого вимірювача-регулятора типу МР51-Щ4

Технічні характеристики програмованого вимірювача-регулятора типу МПР51-Щ4 наведено в Додатку Г, таблиця Г.2 [18].

В якості давача рівня температури використаємо термоперетворювачі опору ТСП-100 фірми «ОВЕН» [19].



Рисунок 3.6 – Термоперетворювач опору ТСП-100

Технічні характеристики термоперетворювача опору ТСП-100:

- діапазон вимірюваних температур від мінус 200 до +750 °С ;
- чутливість 0,1 °С .

Для того щоб керувати всією системою керування технологічним процесом в режимі реального часу, бачити показання давачів на даний момент і можливість керувати механізмами, є можливість під'єднання сенсорної панелі для оператора виробництва фірми ОВЕН СП-270 (рис. 3.7) [20].

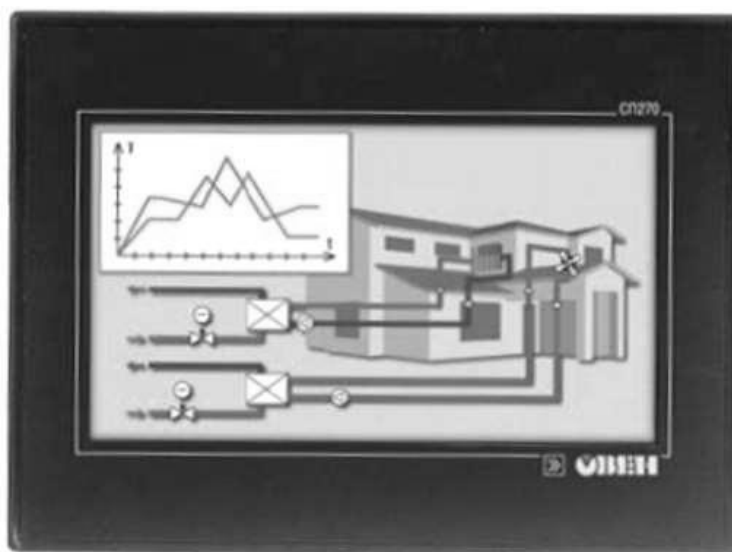


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд панелі оператора фірми ОВЕН СП-270

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ

Арк.
49

Технічні характеристики панелі оператора СП-270 [20]:

- напруга живлення - 22...26 В DC ;
- номінальна напруга живлення - 24 В DC ;
- споживана потужність - не вище 5 Вт 5;
- тип дисплея - кольоровий TFT 7" ;
- роздільна здатність дисплея - 480x234 піксель;
- використовувані інтерфейси зв'язку - RS232 (2 канали), RS485 (1 канал);
- тип інтерфейсу для зв'язку з PLC або іншими приладами - RS232, RS485 ;
- тип інтерфейсу для завантаження проєкту з ПК - RS232 ;
- режими роботи панелі - Master або Slave ;
- пам'ять програм (Flash-RAM) - 4 Мб;
- пам'ять даних (SDRAM) - 4 Кб;
- вбудований годинник реального часу.

Панель оператора із сенсорним екраном СП-270 є пристроєм класу НМІ, призначеним для завантаження керівної програми (проєкту) функціонування PLC або інших приладів, до яких під'єднують панель, моніторингу функціонування та відповідного редагування значень параметрів функціонування. Дає змогу відображати на екрані перебіг виконання технологічного процесу та редагувати значення параметрів, що відповідають за функціонування системи, в режимі реального часу.

Логіка роботи панелі СП-270 визначається споживачем у процесі конфігурування на ПК із використанням спеціального програмного забезпечення [20].

Панель СП-270 призначена для виконання наступних функцій:

- відображення сенсорних елементів, за допомогою яких людина-оператор виконує безпосереднє керування функціонуванням об'єкта керування;
- відображення стану об'єкта керування в режимі реального часу, із використанням спеціалізованих графічних піктограм (індикатори, лінійки, графіки, умовні позначення обладнання тощо);

- керування функціонуванням PLC та/або інших приладів; запис та зчитування значень регістрів PLC та/або інших приладів, до яких під'єднується панель;

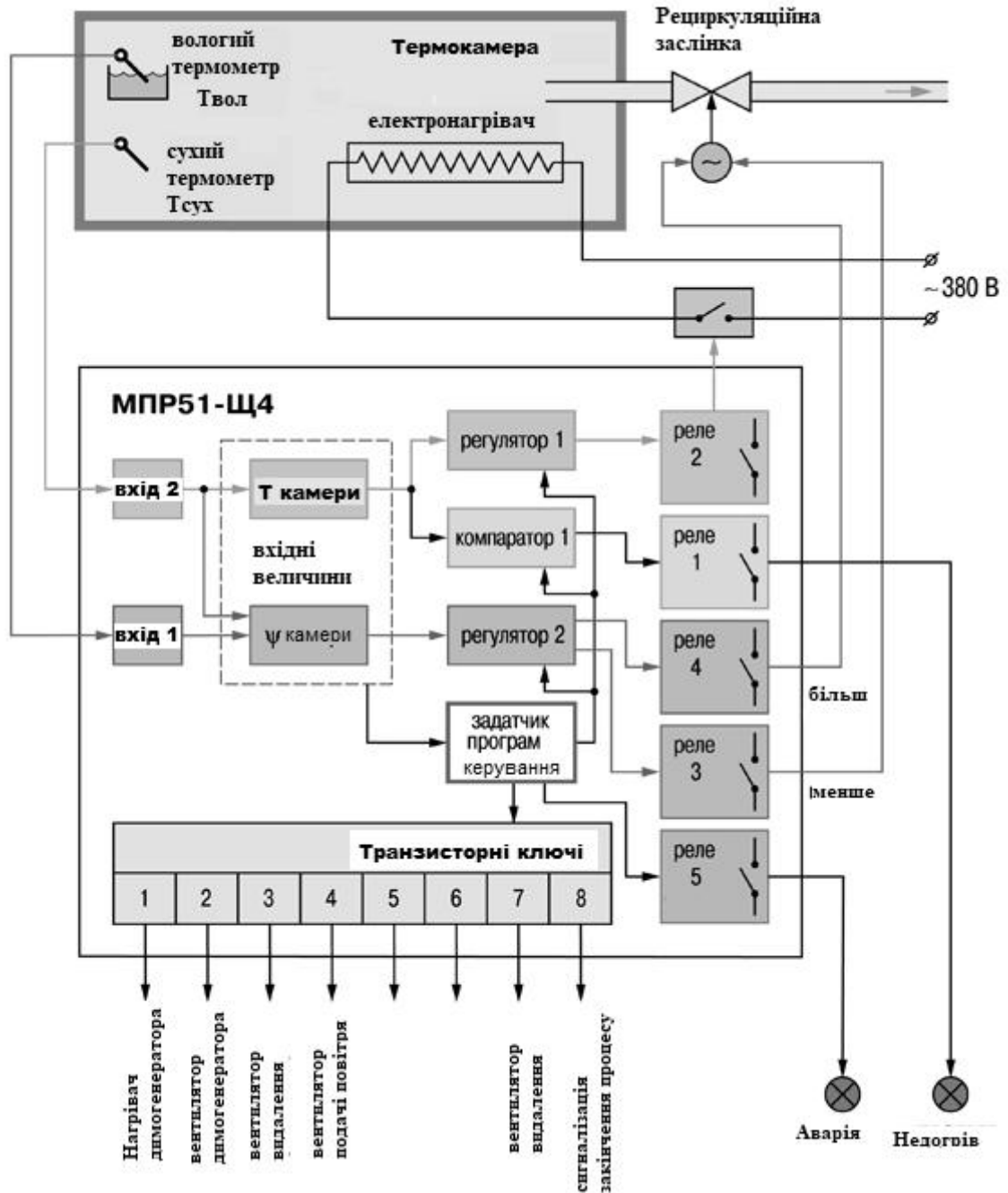


Рисунок 3.8 – Схема АСК ТП копчення продукції

- оперативна зміна режиму роботи (зміна зовнішнього вигляду екрана та інтерфейсу керування, параметрів керування та ін.) шляхом завантаження нового

проєкту;

- можливість роботи в режимах Master або Slave .

У результаті основним вимірювальним та регулювальним органом є регулятор МПР51-Щ4, описаний вище. На рисунку 3.8 представлено схему побудови АСК ТП.

3.1 Розробка програми керування технологічним процесом

В якості програмного забезпечення контролерів фірми «ОВЕН» використовуємо програмний продукт CodeSys 3.0 [16].

Стандартом МЕК передбачено 5 мов програмування для PLC: IL, LD, FBD, ST, SFC [21]. Під час створення власного проєкту користувач може вибрати будь-яку із мов для написання конкретного програмного модуля (POU). У межах одного проєкту можуть використовуватись програмні модулі, написані на різних мовах. У CodeSys застосовуються всі 5 мов, а також одна додаткова [16]:

- Instruction List (IL) - список інструкцій - мова програмування, що нагадує асемблер Siemens STEP7. Усі операції виконуються через комірку пам'яті, «акумулятор», у який програма записує результати виконаних дій [16, 21].

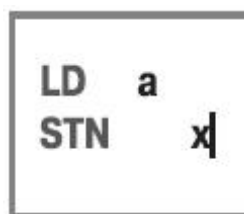


Рисунок 3.9 – Загальний вигляд мови IL

- Ladder Diagram (LD) - релейні діаграми - графічна мова програмування, що використовує принципи побудови електричних схем. За допомогою базових елементів «контакт» та «котушка» користувач збирає схему проходження сигналу (рис. 3.10). Дана графічна мова зручна для реалізації логічних

алгоритмів роботи із дискретними сигналами [16, 21].

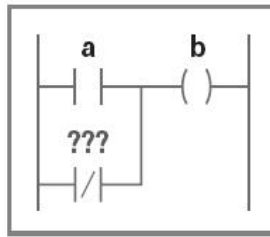


Рисунок 3.10 – Загальний вигляд мови релейно-контактних схем

- Functional Block Diagram (FBD) - діаграма функціональних блоків - графічна мова програмування. Усі дії та оператори, що використовуються в цій мові, подаються у вигляді, так званих функціональних блоків (рис. 3.11). Функціональні блоки мають входи та виходи певних типів, які можуть бути пов'язані між собою [16, 21].

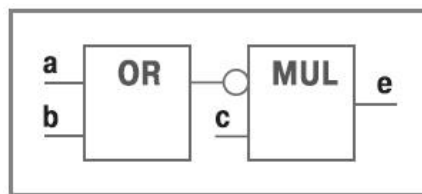


Рисунок 3.11 – Загальний вигляд функціональних блоків

Крім стандартних функціональних блоків розробник може використовувати в алгоритмі власні, створені в рамках цього проєкту або реалізовані в підключених до проєкту бібліотеках.

У CodeSys реалізовано поліпшену мову програмування за допомогою функціональних блоків, що отримала позначення CFC [16].

- Structured Text (ST) - структурований текст - математична мова програмування, схожа з мовою високого рівня (C, Pascal) (рис. 3.12). Мова ST зручна для реалізації складних обчислень, циклів чи умов, для роботи з аналоговими сигналами [16, 21].

- Sequential Functional Chart (SFC) - послідовні функціональні схеми - графічна мова, пристосована для створення послідовності етапів алгоритму

роботи (рис. 3.13). Кожен етап виконується на будь-якій зручній для розробника мові. Мова зручна для створення алгоритмів керування складними технологічними процесами, що мають декілька ступенів, написання моделей автоматів [16, 21].

```

a:=a+1;
FOR y THEN
b:=b*3.14;
END_IF;
    
```

Рисунок 3.12 – Загальний вигляд математичної мови програмування

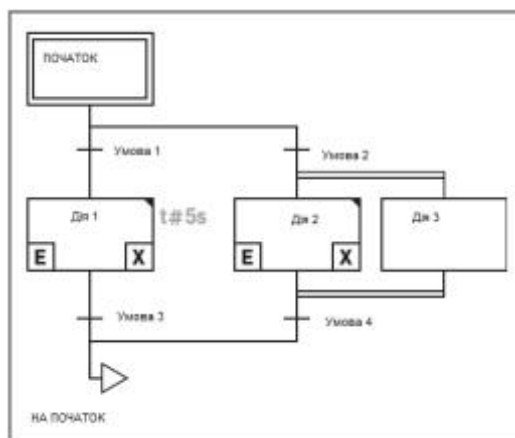


Рисунок 3.13 – Загальний вигляд графічної мови програмування SFC

Спеціальний редактор, вбудований у середовище програмування CodeSys для створення екранів із мнемосхемами розробника [16].

На екрані візуалізації можна додати не лише прості геометричні об'єкти, кнопки, графіки чи гістограми, а і таблиці чи елементи вводу-виводу інформації. В одному проєкті може бути розроблено декілька вікон візуалізації, що викликаються за допомогою кнопок або іншими способами.

Спеціальне вікно в середовищі програмування CodeSys, що дає змогу налаштувати драйвери вводу/виводу чи периферійний обмін за інтерфейсами PLC [16].

За допомогою даного ресурсу виконується налаштування:

- зв'язку PLC із модулями розширення, GSM-модемом, панелями оператора або іншими пристроями, що підключаються до контролера по мережевих інтерфейсах та через підтримувані протоколи Modbus, Modbus TCP або DCON;

- налаштування входів та виходів PLC для підключення датчиків та виконавчих механізмів;

- для контролерів можна налаштувати модуль статистики (сервісні дані про контролер) та модуль архіватора.

Опис роботи основної програми та програми візуалізації.

Основна програма написана в програмному середовищі CodeSys за допомогою редактора лінійних діаграм LD, або мови релейних або релейно-контактних схем (PKC) - графічної мови, що реалізує структури електричних ланцюгів.

Найкраще мова LD підходить для побудови логічних перемикачів, але досить легко можна створювати і складні ланцюги такі як на мові FBD. Крім того, LD досить зручна для керування іншими компонентами POU [16].

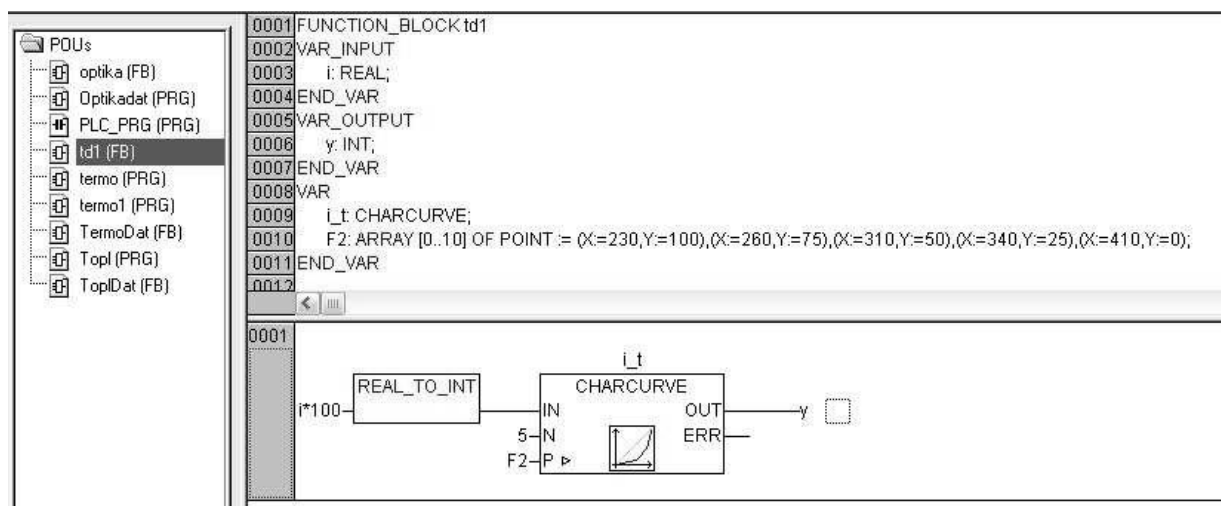


Рисунок 3.14 – Приклад написання функціонального блоку для давача температури

Діаграма LD можна складатись із декількох ланцюгів [16, 21].

Ліворуч та праворуч схема обмежена вертикальними лініями, так званими шинами живлення. Між ними розташовані ланцюги, утворені контактами та обмотками реле, виконаними аналогічно із звичайними електронними ланцюгами. Зліва будь-який ланцюг починається набором відповідних контактів, які посилають зліва направо стан «ON» або «OFF», що відповідають логічним значенням «TRUE» або «FALSE». Кожному контакту відповідає певна логічна перемінна. Якщо перемінна має значення «TRUE», то стан передається через контакт. Інакше праве з'єднання отримує значення «OFF».

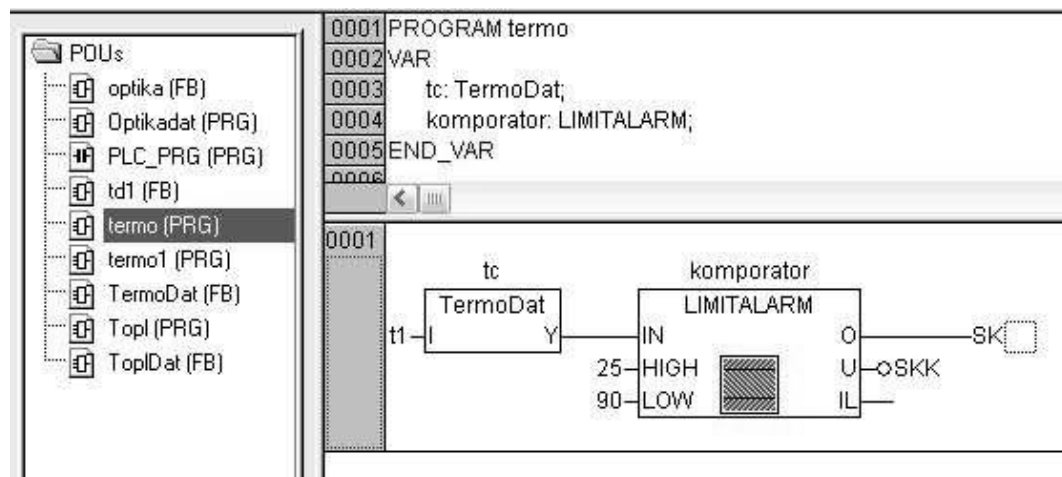


Рисунок 3.15 - Приклад написання програми керування для давача температури №1

3.2 Аналіз регулювання зміни рівня температури та вологості

Керування процесом регулювання зміни рівня температури виконуються системою керування наступним чином (блок-схема алгоритму керування).

На першому етапі керування виконується ініціалізація системи керування технологічним процесом (блок 1) - це тестування пам'яті, налаштування портів вводу/виводу логічного контролера, перевірка лінії зв'язку (рис. 3.16).

Вимірювання рівня зміни температури здійснюється за допомогою давачів. Логічний контролер системи керування здійснює послідовне опитування давачів шляхом надсилання до відповідного адаптера так званих імпульсів «запиту» (блок 3). Далі здійснюється приймання інформації від запитуваного давача

інформації та наступна передача. Опитування датчиків здійснюється з інтервалом $q = 0,01c$.



Рисунок 3.16 – Блок-схема алгоритму керування технологічним процесом



Рисунок 3.17 – Блок-схема алгоритму керування процесом регулювання вологості

Поточні значення рівня температури, отримані від давачів, виводяться на спеціальні прилади мнемосхеми технологічної установки пульта диспетчера. Крім того, в логічному контролері порівнюються поточні значення параметрів із заданими (блок 6) і в разі невідповідності формуються керуючі команди на спеціальні автоматичні регулятори (блок 9).

Наприклад, зміна рівня температури в контрольованій точці виконується за допомогою увімкнення витяжного вентилятора.

Інформація про роботу всієї установки передається від ПК на мнемосхему технологічного об'єкта з елементами індикації та, за необхідності, на друкувальний пристрій.

Алгоритм регулювання зміни рівня вологості аналогічний, з тією лише різницею, що додано блок обчислення самого параметра (значення вологості), представлено на рисунку 3.17.

3.3 Принцип передачі отриманих даних

Принцип передавання даних у системі керування технологічним процесом представлено на рисунку 3.18.

При отриманні запиту від логічного контролеру про необхідність отримання інформації про параметр, що контролюється (блок 2), мікроконтролер виконує необхідне опитування та введення сигналів від відповідного аналогового або дискретного давача (блок 5 або блок 6). Далі відбувається опрацювання та за необхідності накопичення поточних значень контрольованого параметра. Отриману інформацію передають на пульт людини-оператора. Прийом-передача інформації виконується за допомогою використання інтерфейсу RS485 [22]. Стандарт RS485 є найчастіше використовуваний у сучасних системах керування технологічними процесами та передбачає зв'язок в обидві сторони за симетричною узгодженою лінією зв'язку (крученими парами дроту).

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

Введення даних у логічний контролер виконується через використання блоку узгодження БУ, який призначено для перетворення струмових сигналів від аналогових давачів на сигнал напруги (для цього використовують прецизійні резистори); здійснюється гальванічна розв'язка лінії зв'язку адаптера із контактними давачами (наприклад, за допомогою транзисторних оптичних пар АОТ128Б [23]); здійснюється захист мікроконтролера (МК) від можливої перенапруги у з'єднувальних лініях давачів (за допомогою резисторів та стабілітронів).

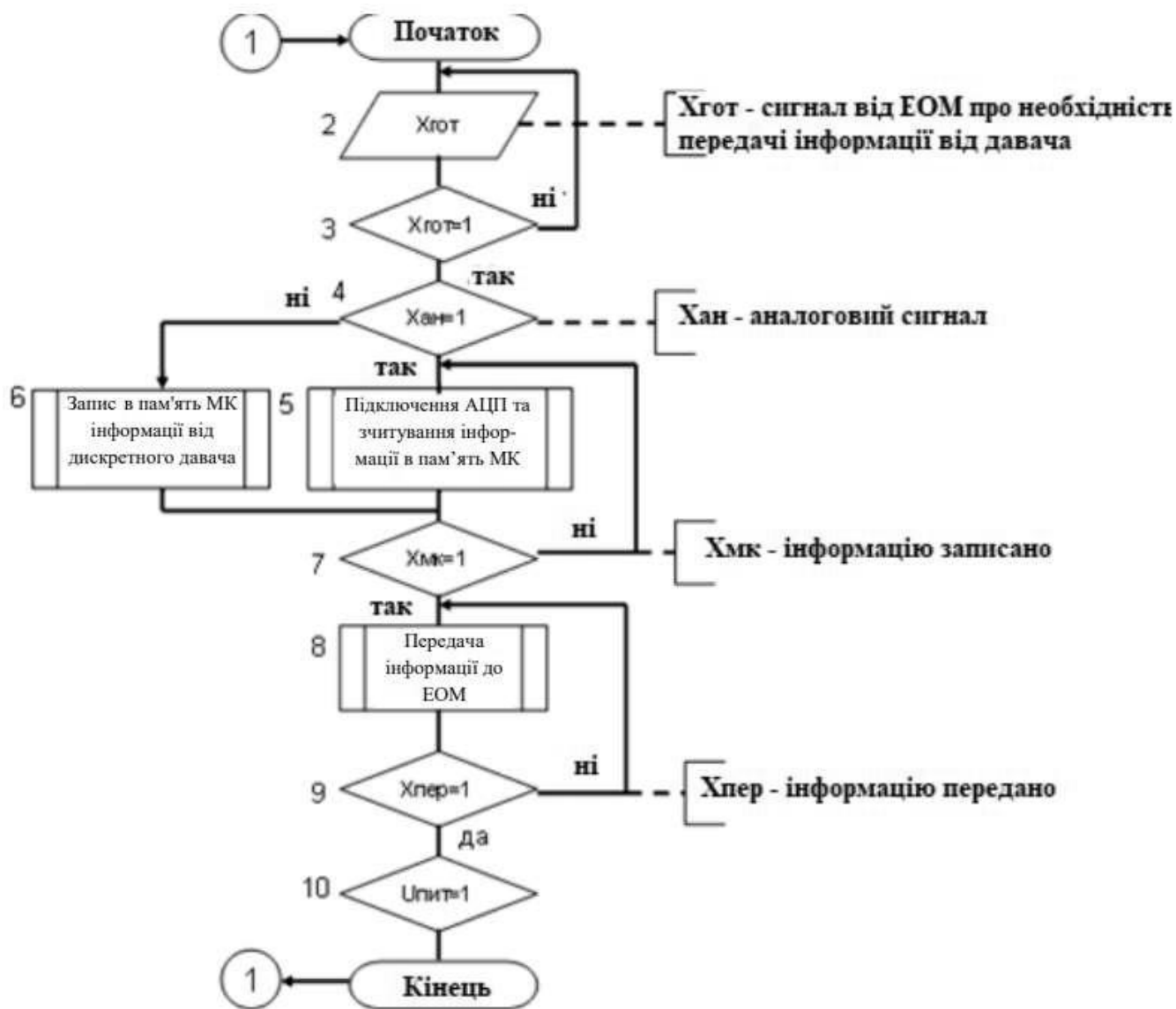


Рисунок 3.18 – Блок-схема алгоритму передачі отриманої інформації:

Основним елементом є МК, який виконує прийом інформації від давачів,

обробку та збереження в пам'яті отриманих даних, керує передачею даних до ЕОМ, а також приймає «запит» від людини-оператора про необхідність передачі необхідної інформації. Для передачі даних від регуляторів у контролер у структурі передбачено спеціальний узгоджувальний елемент АСМЗ послідовного інтерфейсу стандарту RS485.

Загальний вигляд мнемосхеми для візуалізації технологічного процесу представлено на рисунку 3.19.

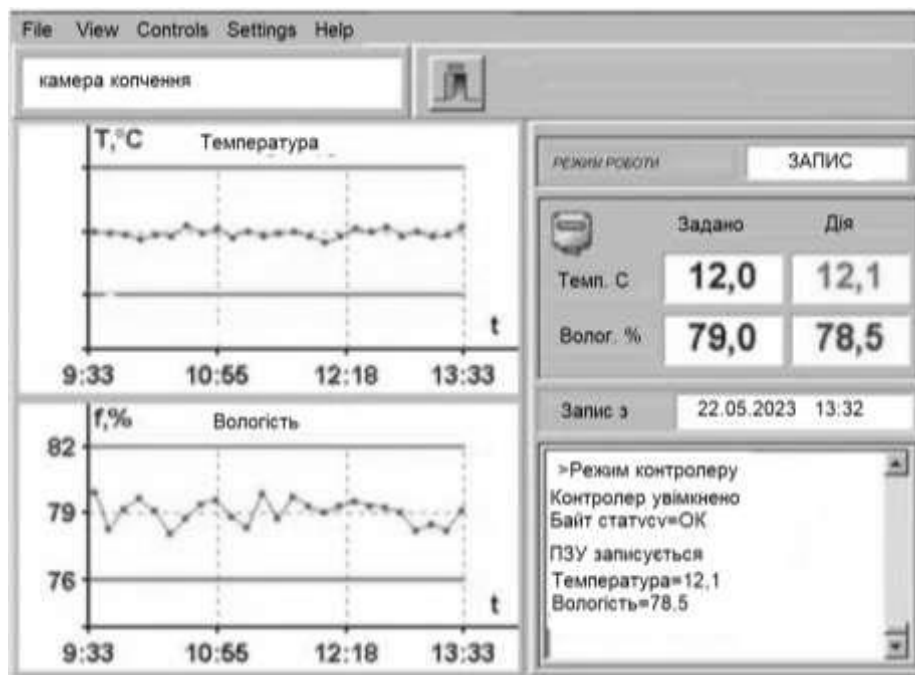


Рисунок 3.19 – Загальний вигляд мнемосхеми для візуалізації технологічного процесу

3.4 Висновки до третього розділу

Розроблено систему керування технологічним процесом копчення риби з використанням програмного середовища CodeSys. Виконано аналіз регулювання зміни рівня температури та вологості, створено блок-схеми алгоритму керування технологічним процесом та алгоритму керування процесом регулювання вологості. Описано та проаналізовано принцип передачі отриманих даних. Виконано візуалізацію технологічного процесу копчення риби.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено та запропоновано систему керування технологічним процесом гарячого копчення риби.

Проаналізовано технічні основи процесу копчення продукції тваринного походження. Виконано огляд та аналіз існуючих конструкцій коптильних камер для риби, спинили свій вибір на коптильній камері типу КТД. Побудовано наступні технологічні діаграми: температурного режиму технологічного процесу копчення; режиму керування витяжним вентилятором; режиму керування заслінкою рециркуляції. Розглянуто особливості регулювання температурного режиму та відносної вологості, та обладнання яким ці показники можливо виміряти.

Було розроблено математичну модель системи керування технологічним процесом копчення риби. Розраховано необхідні параметри налаштування пристрою керування технологічним процесом копчення риби. Виконано моделювання системи керування камерою копчення для риби.

Розроблено систему керування технологічним процесом копчення риби з використанням програмного середовища CodeSys. Виконано аналіз регулювання зміни рівня температури та вологості, створено блок-схеми алгоритму керування технологічним процесом та алгоритму керування процесом регулювання вологості. Описано та проаналізовано принцип передачі отриманих даних. Виконано візуалізацію технологічного процесу копчення риби.

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

освіти / [В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова, О. О. Кірюхіна] ; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. — Харків : Вид-во «Ранок», 2018. — 272 с. : іл

10. Глосарій термінів з хімії // Й. Опейда, О. Швайка. Ін-т фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет — Донецьк: «Вебер», 2008. — 758 с.

11. Датчики вологості і температури ДВТ - Режим доступу:
<https://elektrologistik.com.ua/ua/p1322157228-datchiki-vlazhnosti-temperatury.html>

12. Психрометр // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 165. — ISBN 978-966-7407-83-4.

13. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с

14. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування : Підручник . — 2-ге вид., перероб. і доп. — К.: Либідь, 2007. — 656 с.

15. В.П. Дьяконов. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основи застосування. Повне керівництво користувача . СОЛОН-Пресс, 2004.

16. Галкін П. В., Ключник І. І. Програмування ПЛК в CODESYS : навчальний посібник. Харків : ФОП Панов А. М., 2019. - 92 с. ISBN 978-617-7722-62-4.

17. АС3-М. Автоматичний перетворювач інтерфейсів RS-232/RS-485 - Режим доступу:

<https://owen.ua/ua/prystroji-zvjazku/ac3-m-avtomatychnyi-pertvorjuvach-interfeisiv-RS-232-RS-485>

18. МПР51. Регулятор температури та вологості, програмований за часом - Режим доступу:

										Арк.
										64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ					

об'єктами. Навчальний. посібник / Ладанюк А.П., Архангельська К.С., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2014. – 274с.

30. Савченко І. Д. Приводи систем керування [Текст]: навч. посіб./ І. Д. Савченко.–Д.: РВВ ДНУ, 2014. – 112 с.

31. Куцик А. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: навч. посіб. / А. Куцик, В. Місюренко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 200 с.

32. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посіб / [Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П.]. – К. : Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

33. Універсальний математичний пакет MATLAB і типові задачі обчислювальної математики. Навчальний посібник.– К.: НАУ, 2004. – 176 с.

34. Лозинський А., Мороз В., Паранчук Я. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB : Навчальний посібник. Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.

35. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. - К.: УкрНДІССІ, 1994. - 92 с.

36. Технологія програмування промислових контролерів в інтегрованому середовищі CODESYS: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. – Харків: ХНУРЕ, 2019 . – 264 с. ISBN 978-966-659-265-4.

37. ОВЕН. Обладнання для автоматизації. – Режим доступу:

<https://owen.ua/>

38. Codesys products. – Режим доступу:

<https://www.codesys.com/products.html/>

39. Проць Я.І., Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів./ Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулля, 2011. – 344с.

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		66

40. Кваліфікаційна робота : методичні вказівки щодо її виконання для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Ю.В. Форкун, Г.І. Радельчук, І.В. Форкун, А.С. Каштальян, В.В. Мартинюк. Хмельницький : ХНУ, 2020. – 50 с.

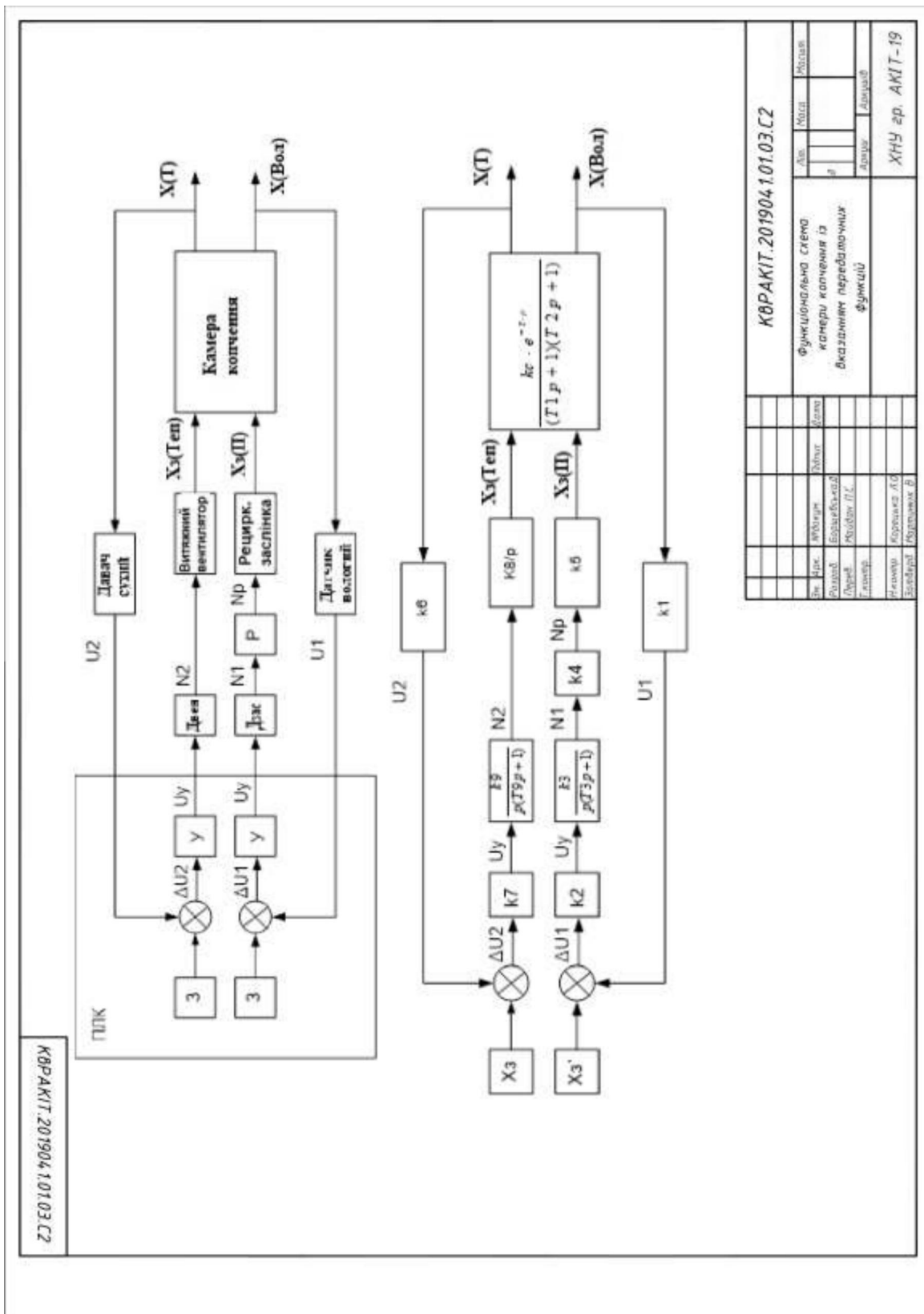
					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		67

ДОДАТКИ

					<i>КВРАКІТ.201904.1.01.03.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68

Додаток А (обов'язковий)

Копія креслення «Функціональна схема камери копчення із вказанням передаточних функцій»



Додаток Г

Технічні характеристики обладнання

Таблиця Г.1 – Технічні характеристики перетворювача інтерфейсів АСЗ-М

Назва	Значення
Живлення	
Напруга	
- перемінна (для АСЗ-М-220)	85...245 В, 47...60 Гц
- постійна (для АСЗ-М-024)	10...30 В
Споживана потужність	не більше 0,5 ВА
Допустима напруга гальванічної ізоляції входів	не менше 1500 В
Інтерфейс RS-232	
Діапазон напруги вхідного сигналу	$\pm 5 \dots 15$ В
Діапазон напруги вихідного сигналу	$\pm 9 \dots 11$ В
Довжина лінії зв'язку із зовнішнім пристроєм	не більше 3 м
Швидкість обміну даними	до 115200 біт/сек
Використовувані лінії передачі даних	TxD, RxD, GND
Інтерфейс RS-485	
Діапазон напруги вхідного сигналу	0,2...5 В
Діапазон напруги вихідного сигналу	1,5...5 В
Довжина лінії зв'язку із зовнішнім пристроєм	не більше 1200 м
Кількість приладів в мережі	не більше 32
Використовувані лінії передачі даних	A (D+), B (D-)

Таблиця Г.2 – Технічні характеристики програмованого вимірювача-регулятора типу МПР51-Щ4

Назва	Значення
Діапазон перемінної напруги живлення	
напруга, В	150...245
частота, Гц	47...63
Діапазон напруги живлення постійного струму, В	
Споживана потужність, ВА, не більше	12
Канали вимірювання температури	
Кількість каналів	3
Діапазон вимірювання температури, °С, при використанні	
- датчиків ТСМ	-50...+200
- датчиків ТСП	-80...+750
Розрішення, °С	0,1
Межа основної приведенної похибки, %	0,5
Канали контролю положення засувки	
Кількість каналів	2
Діапазон контролю, %	0...100
Розрішення, %	1
При вимірюванні відносної вологості датчиком психрометричного типу	
Діапазон температур контрольованих «сухим» датчиком, °С	+10...+95
Діапазон вимірювання, %	1...99
Розрішення, %	1
Межа основної приведенної похибки, %	
- при температурах +10...+49,9 °С «сухого» датчика, не більше	5
- при температурах +50...+95 °С «сухого» датчика, не більше	4
Період виміру вхідних величин, с, не більше	6,5
Канали регулювання	
Кількість каналів регулювання	2
Кількість компараторів	0...4
Кількість вихідних реле	5
Кількість вихідних транзисторних ключів	8
Період керуючих імпульсів на виході регулятора, с	1...120
Максимально допустимий струм навантаження пристроїв керування	
- електромагнітне реле (при 220 В, $\cos\varphi < 0,4$ або $= 30$ В), А	4
- транзисторний ключ (про постійній напрузі $= 50$ В), А	200

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

Дата перевірки:
02.06.2023 14:51:55 EEST

Дата звіту:
02.06.2023 15:30:01 EEST

ID перевірки:
1015394797

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005862

Назва документа: **Борщевська**

Кількість сторінок: 68 Кількість слів: 11444 Кількість символів: 86555 Розмір файлу: 1.07 MB ID файлу: 1015059052

869 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

15.8% Схожість

Найбільша схожість: 6.62% з Інтернет-джерелом (http://4ua.co.ua/manufacture/rb3bd78b4c53b89521306c26_0.html)

15.8% Джерела з Інтернету

152

Сторінка 70

1% Джерела з Бібліотеки

28

Сторінка 71

3.61% Цитат

Цитати

2

Сторінка 72

Посилання

1

Сторінка 72

0.06% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

0.06% Вилученого тексту з Бібліотеки

3

Сторінка 72

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

15

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 2.0%

Словари проверки: ru_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 9%

ID	Название	Источник плагиата		Суммарное совпадение по Базе Данных	
		Документ		Словари	
		Словари	Деклации	Словари	Деклации
114581	Название: БУР Автоматизація технологічного процесу копчення продуктів Додано в БД: 2023-06-07 Автор: Борщевська Д. Руководитель: Мабзид П.С. Консультант: Ошневська	67493	1029	2759 (4%)	48 (5%)

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Словари	Деклации

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Борщевська Діана Валентинівна

Тема: Автоматизація технологічного процесу копчення продуктів

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 69

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: створено систему автоматизованого керування технологічним процесом гарячого копчення риби
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналітичний огляд технічних основ технологічного процесу копчення продукції тваринного походження, на прикладі риби. Виконано аналіз існуючих конструкцій коптильних камер, було зроблено вибір в бік коптильної камери типу КТД, як найбільш поширеної. У другому розділі розроблено та запропоновано необхідні технологічні діаграми процесу такі, як: температурний режим; режим керування вентилятором витяжкою; режим керування заслінкою для рециркуляції. У третьому розділі розроблено та запропоновано математичну модель системи автоматичного керування технологічним процесом гарячого копчення риби. З використання програмного середовища CodeSys створено систему автоматичного керування технологічним процесом гарячого копчення риби. Виконано аналіз регулювання зміни рівня температури та вологості, розроблено та запропоновано блок-схем алгоритму керування технологічним процесом гарячого копчення та алгоритм керування процесом регулювання рівня вологості.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: необхідно більш широко висвітлити програмну частину роботи

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,5/В)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Андрій Віталійович Мартинок, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Галузевого машинобудування та агроінженерії, Хмельницький національний університет

"06" 06 2023 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТ та Р
д-ру техн. наук, проф. Мартинюку В.В.

Боршевська Д. В.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи АКІТ-19-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

06.06.2023

дата



підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Інфокомунікаційна система пожежної сигналізації

Автор: Борщевська Діана Валентинівна

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Майдан Павло Сергійович, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформлені посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0,84% і адресується до 88 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 6.06.23

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Павло МАЙДАН