

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
 (інститут)

Факультет інформаційних технологій
 (факультет)
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

здобувача Лічмана Івана Сергійовича
 (ПІБ)

академічної групи 123-22ск-1
 (шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
 (код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 123 Комп'ютерна інженерія
 (офіційна назва)

на тему “Кіберфізична система контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках з детальним опрацюванням апаратно-програмного рішення підсистеми збору даних”

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц.Ткаченко С.М.			
загального розділу	доц.Ткаченко С.М.			
спеціального розділу	доц.Ткаченко С.М.			

Рецензент				
------------------	--	--	--	--

Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			
-----------------------	--------------------	--	--	--

Дніпро
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
(повна назва)
Гнатушенко В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

"25" січня 2025 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

здобувача Лічмана І.С. академічної групи 123-22СК-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)

на тему "Кіберфізична система контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках з детальним опрацюванням апаратно-програмного рішення підсистеми збору даних"

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 05.05.2025 № 336-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання і постановка задачі	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел показати актуальність завдання, сформулювати мету та задачі виконання кваліфікаційної роботи	10.02.2025
Розробка апаратної частини	Сформулювати найменування й призначення КФС, висунути технічні вимоги до неї. Виконати технічне проектування апаратної частини КФС системи з необхідними інженерними розрахунками	20.04.2025
Налаштування системи	Розподілити адреси вузлів КФС, розробити протокол представлення даних	07.05.2025
Програмування системи	Обґрунтувати технічні характеристики програми й розробити програму збору даних від дачиків температури	31.05.2025

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Ткаченко С.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 25.01.2025

Дата подання до екзаменаційної комісії _____ 10.06.2025

Прийнято до виконання _____

Лічман І.С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 60 с., 16 рис., 7 табл., 2 дод., 16 джерел.

КУКУРУДЗА, СУШАРКА, КАЧАНИ, ТЕРМОМЕТРІЯ, ТЕРМОМЕТР
ОПОРУ, ДИНАМІКА ТЕМПЕРАТУРИ, ПРОТОКОЛ ПРОЦЕСУ, PROFIBUS.

Об'єкт професійної діяльності – кіберфізична система контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках.

Мета роботи – розробка кіберфізичної системи збору, підготовки й відображення поточної й динаміки температури агенту сушіння й продукту під час сушіння кукурудзи у качанах.

Здійснено огляд існуючих технологій сушіння зерна, побудову і принцип роботи камерної сушарки СКП-6. Проаналізовано існуючі методи вимірювання та контролю температури зерна кукурудзи в качанах під час різних режимів сушки, аналоги систем термо- й вологометрії. Сформульовано технічні вимоги до системи, яка має виконувати наступні функції:

- вимірювання температур сушіння кукурудзи, агента сушки та зовнішнього повітря;

- відображення вимірюваних температур, а також їх динаміки у часі на інтерфейсі АРМ термометрії сушарки;

- ведення протоколу процесу по вимірюваним температурам;

- подачу сигналів ПАЗ на приводи вентиляторів та теплогенератор;

- відображення протоколу процесу на АРМ.

Розроблено технічне й програмне рішення, яке задовольняє поставленим вимогам. Результати роботи можуть бути використані для побудови систем термометрії камерних сушарок, а також для підготовки навчальних завдань здобувачам спеціальності Комп'ютерна інженерія за предметом «Програмно-технічні засоби комп'ютерних та кіберфізичних систем».

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ	8
1 Стан питання і постановка задачі	9
1.1 Значення систем контролю температури для сушки кукурудзи в початках	9
1.2 Характеристика, структура, особливості, умови роботи об'єкту впровадження	10
1.3 Огляд існуючих методів, технологій, аналогів систем термометрії сушарок	14
1.4 Обґрунтування напрямку вирішення задачі розробки системи термометрії	18
1.5 Мета і задачі і роботи	20
2 Розробка підсистеми вимірювання температури сушіння кукурудзи в качанах	21
2.1 Технічні вимоги до об'єкту професійної діяльності	21
2.1.1 Найменування і призначення об'єкту професійної діяльності	21
2.1.2 Вимоги до структури і функціонування об'єкту професійної діяльності	21
2.1.3 Вимоги до показників призначення	22
2.2 Розробка апаратної частини	23
2.2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації	23
2.2.2 Розробка принципової схеми системи керування	25
2.2.2.1 Розрахунок параметрів аналого-цифрового перетворення	25

2.2.2.2	Аналіз входів і виходів об'єкту професійної діяльності	25
2.2.2.3	Вибір елементної бази системи	30
2.2.2.4	Вибір джерел живлення	33
2.2.2.5	Розробка принципової схеми системи	34
3	Розробка програмного забезпечення системи	36
3.1	Призначення і сфера застосування програмного забезпечення ...	36
3.2	Обґрунтування технічних характеристик програми	36
3.2.1	Функції, виконувані програмою	36
3.2.2	Вимоги до функцій, виконуваних програмою	37
3.2.3	Обґрунтування вхідних і вихідних даних ПЗ	38
3.2.4	Обґрунтування алгоритмів і методів, застосованих для реалізації програмного забезпечення	38
3.2.5	Обґрунтування розмірів баз даних протоколів процесів ...	42
3.2.6	Технічні та програмні засоби, застосовані для реалізації програми	43
3.3	Опис розробленої програми	44
3.3.1	Загальна інформація	44
3.3.2	Функціональне призначення	44
3.3.3	Опис логічної структури ПЗ	45
3.4	Використані технічні засоби	48
3.5	Виклик та завантаження	48
3.6	Вхідні й вихідні дані	48
	Висновки	57
	Перелік джерел посилань	59
	Додаток А. Текст програми підсистеми збору даних КФС КОТС	61
	Додаток Б. Інтерфейс АРМ оператора КФС КОТС	96

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НМІ	–	англ. Human Machine Interface, людино-машинний інтерфейс;
АРМ	–	автоматизоване робоче місце;
БВТ	–	блок вимірювання температури;
БД	–	база даних;
ГДК	–	гранично допустима концентрація;
КТЗ	–	комплекс технічних засобів;
КФС	–	кіберфізична система;
КФС КОТС	–	кіберфізична система контролю та обліку температури сушіння;
ПАЗ	–	протиаварійний захист;
ПЗ	–	програмне забезпечення;
ПС ВТСК	–	підсистема вимірювання температури сушіння кукурудзи в качанах.

ВСТУП

Для отримання високоякісного посівного матеріалу насіннєві заводи України використовують технологію сушіння кукурудзи в качанах із застосуванням камерних сушарок. При цьому дані термометрії для такого способу є єдиним методом, що дозволяє оперативно отримувати інформацію про поточну вологість і, як наслідок, якість сушки зерна. Тому побудова систем збирання й обробки даних термометрії є актуальною задачею.

Мета представленої роботи кваліфікаційної роботи – розробка кіберфізичної системи збору, підготовки й відображення поточної й динаміки температури агенту сушіння й продукту під час сушіння кукурудзи у качанах.

Обрана тема кваліфікаційної роботи актуальна для насіннєвих заводів, які готують посівний матеріал для вирощування різних сортів та гібридів кукурудзи.

Вихідними даними для представленої роботи є матеріали передатестаційної практики, присвячені огляду існуючих технологій сушіння зерна, конструкцій сушарок, методів термо- й вологометрії зерна, відкриті джерела інформації по продукції Siemens для використання у промисловості.

Представлена кваліфікаційна робота пов'язана із роботами по вдосконаленню методичного забезпечення дисципліни «Програмно-технічні засоби комп'ютерних та кіберфізичних систем» кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії НТУ «Дніпровська політехніка».

1 СТАН ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Значення систем контролю температури для сушки кукурудзи в початках

Станом на кінець 2024 року Україна займає 7 місце у світі за обсягом виробництва кукурудзи, що склало 27,2 млн тон, 2% від світового виробництва [1]. Кукурудза – культура з високим вмістом вологи, тому її збирання передбачає сушіння. У за умови посушливих погодних умов господарства використовують сушіння кукурудзи у полі за допомогою природньої сонячної радіації, оскільки кукурудза може знаходитись у полі до снігу та заморозків. Це дозволяє економити на її зберіганні та енергоносіях, що будуть витрачені під час досушування кукурудзи до споживацької норми вологості не вище 15% від об'єму[2]. Тим не менш, досушування на елеваторі використовується майже завжди.

Окрім досушування зерна кукурудзи для комерційних потреб чи переробки існує також потреба у сушінні кукурудзи в початках, або ж качанах. Операція зазвичай використовується для отримання високоякісного посівного матеріалу. Під час сушіння качанів, окрім зниження вологості, у зерні відбуваються важливі біологічні та біохімічні процеси, які сприяють покращенню насінневих якостей, таких як енергія проростання та схожість [3].

Качани кукурудзи зазвичай сушать у нерухомому шарі. Насип качанів, очищених від обгорток, має гарну шпаруватість, що полегшує циркуляцію повітря, яке подається під тиском або завдяки природній вентиляції. Існує кілька методів сушіння насінневої кукурудзи в качанах:

- у камерних сушарках заводського типу;
- у засіках;
- на майданчиках;
- під навісами;
- активним вентиляванням.

Основним методом вважається сушіння кукурудзи в качанах за допомогою камерних сушарок, які традиційно використовуються на насінневих заводах[4]. Використання будь-яких інших сушарок, котрі, як правило, сушать у гравітаційно рухомому шарі, вважається небажаним через підвищений травматизм зерна.

На сьогодні температура агенту сушіння на виході з камери, коли він виносить вологу з маси качанів вважається єдиним більш-менш об'єктивним параметром, що дозволяє лабораторії якості зерна робити висновок про його вологість, а за умови постійного контролю динаміки температури і про якість та стан посівного матеріалу. Необхідність оперативної термометрії сушіння зерна у початках в умовах, несприятливих для людини, призводить до необхідності побудови профільних систем контролю та обліку.

Розглянемо камерну сушарку в якості об'єкту впровадження.

1.2 Характеристика, структура, особливості, умови роботи об'єкту впровадження

Як об'єкт впровадження розглянемо сушарку камерну СКП-6. Вона забезпечує ефективне сушіння кукурудзи завдяки спеціальним температурним режимам та рециркуляції повітря. Основні характеристики[4]:

- температурний режим: 35-50°C, залежно від вологості зерна;
- процес сушіння: послідовне продування камер та рециркуляція.

Принцип дії:

- кукурудза в сушильних камерах;
- вентилятор подає повітря, яке підігрівається в калориферах;
- підігріте повітря проходить через секції камер, сушачи кукурудзу. Частина відпрацьованого повітря рециркулюється для економії енергії.

Основні елементи сушарки показано на рисунку 1.1:

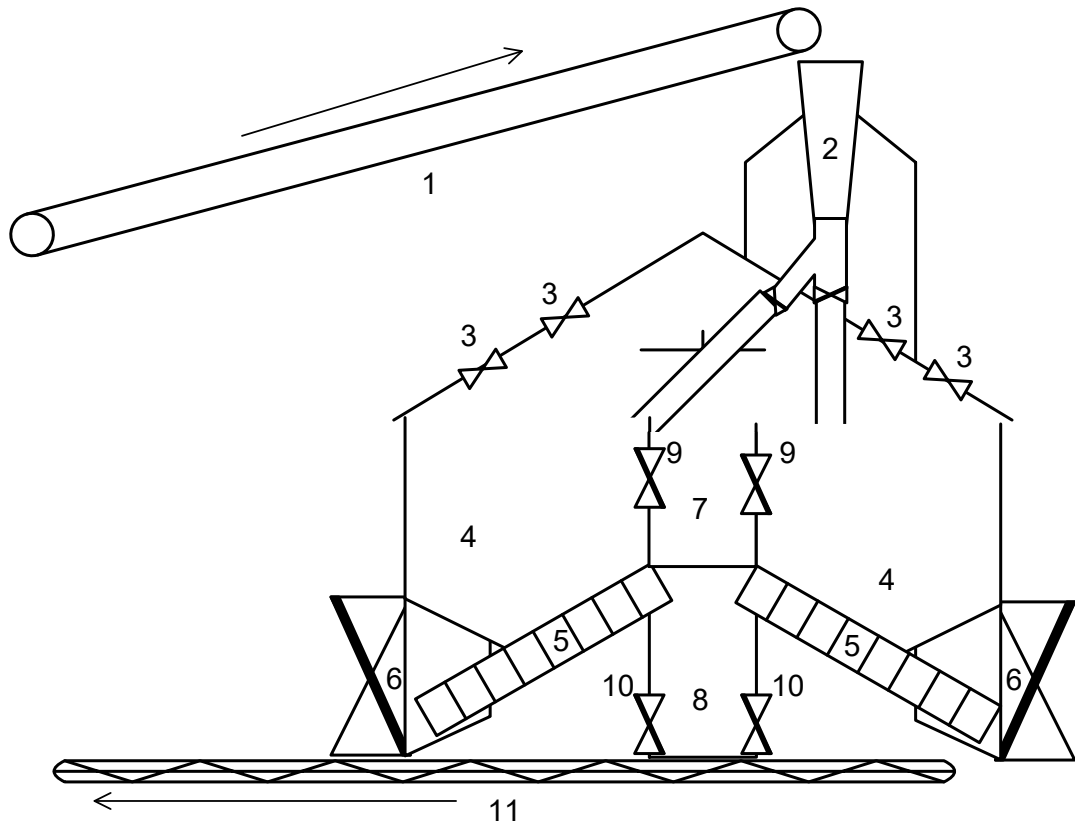


Рисунок 1.1 – Основні елементи сушарки СКП-6

Згідно рисунку 1.1, сушарка складається з наступних елементів: 1 – завантажувальний транспортер; 2 – завантажувальний люк; 3 – випарювальні люки; 4 – сушильні камери; 5 – ґратчасті дерев’яні днища сушильних камер; 6 – вивантажувальні люки; 7 – верхній коридор теплоносія; 8 – нижній коридор теплоносія; 9, 10 – люки для подачі агента сушки у камеру; 11 – розвантажувальний транспортер відходів.

Принцип дії сушарки наступний: агент сушки температурою $+40\dots44^{\circ}\text{C}$ подається у центральний коридор, звідки просмоктується вентиляторами через сушильні камери [4]. Кількість камер може бути різною. Зокрема, модель СКП-6 має чотири камери, а СКП-10 чи СКП-18 – дві [5].

Для сушіння кукурудзяних початків з вологістю близько 35% при температурі сушильного агента 41°C потрібно 72-90 годин, щоб знизити вологість до 15% [4]. Насінневі початки з вологістю 25% потребують 50-60 годин при тій

же температурі. Для сортів кукурудзи, стійких до перегріву, можна використовувати теплоносій з температурою 46°C [4].

Температура вологого теплоносія на виході з сушарки буде меншою. Вона визначається застосованою технологією сушки і попереднім станом зерна. Так, у роботі [4] проводилось із кукурудзою з вологістю 28–35 % в качанах. Застосовувалась класична технологія і, так зване, попереднє прогрівання. Попереднє прогрівання здійснювалося за допомогою підвищеної температури сушильного агента на початковому етапі, оскільки зерно в качані нагрівається повільно. Дослідження показали, що прогрівання при температурі 50°C протягом 6 годин скорочує час сушіння на 7 годин, збільшує швидкість вологовіддачі зерном на 10,9% і підвищує продуктивність сушарки на 22,5% порівняно зі звичайною технологією з поступовим підвищенням температури, що показано у таблиці 1.1 [4]:

Таблиця 1.1 – Вплив прогрівання качанів під час сушіння кукурудзи на техніко-технологічні показники сушарки СКП-6

Показник	Одиниця виміру	Спосіб сушіння	
		традиційний	з прогрівом
Вологість зерна	%	32,5	33,0
Температура агента сушіння на вході	°C	44,0	46,0
Тривалість сушіння	год.	80,0	73,0
Швидкість сушіння	%/год.	0,256	0,284
Продуктивність камери	т-%/год.	15,1	18,5

Також було встановлено, що під час прогрівання температура качанів у насипу не перевищувала 39°C, а температура зерна досягала максимум 35°C.

З іншого боку, процес сушіння зерна може бути описаний кривими, показаними на рисунку 1.2 [6]:

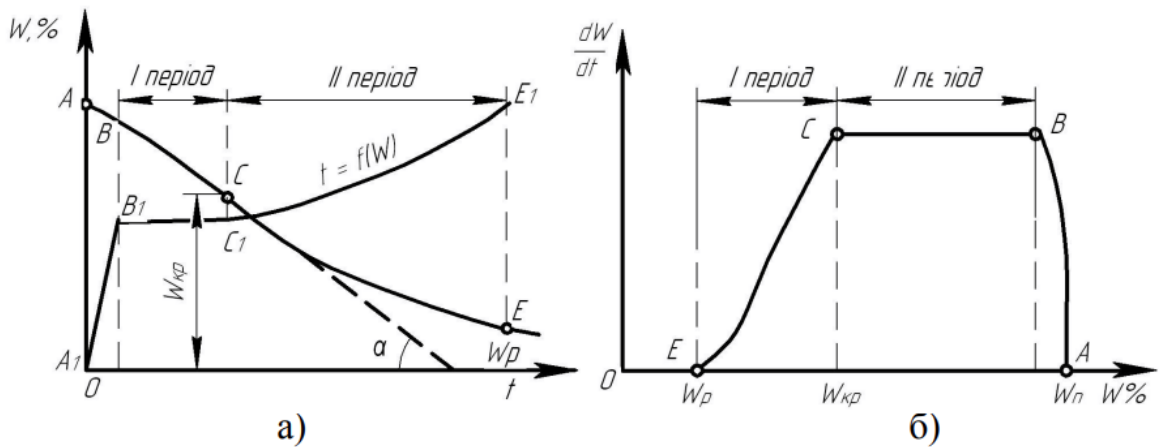


Рисунок 1.2 – Криві: а) сушіння, б) швидкості сушіння [6]

З рисунка 1.2 а) видно, що після прогріву матеріалу до температури сушіння (ділянка АВ) настає період постійної швидкості сушіння (І період). У цьому періоді температура матеріалу дорівнює температурі мокрого термометра t_m (відрізок B_1C_1 на температурній кривій), а теплота, яка підводиться до матеріалу, витрачається на випаровування вільної вологи. Період постійної швидкості сушіння зображується прямою з постійним тангенсом кута нахилу (відрізок ВС). Цей період триває до досягнення першої критичної вологості $W_{кр}$, після чого настає період зниження швидкості. У цьому періоді зниження вологості матеріалу показане кривою СЕ. У період зниженої швидкості видаляється зв'язана волога, і температура матеріалу підвищується по кривій C_1E_1 . Наприкінці сушіння вологість матеріалу асимптотично наближається до рівноважної вологості W_p , при якій видалення вологи з матеріалу припиняється [6]. З іншого боку, криві на рисунку 1.2 можна розглядати так. До періоду І волога з качанів і зерна виходить повільно зі сталою швидкістю, натомість йде набір температури матеріалом (відрізок A_1B_1 температурної кривої). Перший період – період інтенсивного сушіння, коли температура агенту сушіння у зерновій масі майже не змінюється, проте швидкість видалення зростає. І є період ІІ, коли йде стабільне виділення вологи з більш глибоких шарів зернин і на цьому етапі зростає температура. Тут особливо важливо не перегріти зерно, тому сушарки мають певні обмеження по кількості вологи, що

можна видалити з зерна за один цикл обробки. В період III взагалі не варто продовжувати нагрів зерна, тут воно має відлежатись і, охолоджуючись, виділити залишки вологи в межах 1-2%. Таким чином, процес сушки зерна у сушарці СКП-6 тривалий і потребує постійного контролю температури агенту сушіння на вході й у зерновій масі. Це дозволяє стежити за дотриманням технологічних параметрів сушки і ідентифікувати стан зерна за динамічними показниками температури, за умови, якщо співставити поведінку температурної кривої та кривої вмісту вологи у зерні.

Сушарка на рисунку 1.1 має транспортер завантаження, шибери завантаження й вивантаження, шибери й вентилятори протягування агенту сушіння, розвантажувальний транспортер відходів. Це також важливі складові технології сушіння, але у даній роботі вони не розглядаються. Вважаючи на тривалість процесів у сушарці СКП-6 питання керування згаданим обладнанням мають меншу актуальність.

Сушарки СКП традиційно розраховані на рідкопаливні теплогенератори, але більше використовують на твердопаливні. З точки зору теплового об'єкту сушарка достатньо інерційна через те, що побудована з терmostійких цегли чи залізобетону. Тому автоматизація керування теплогенератором за температурою агенту сушіння також менш актуальна порівняно із питанням забезпечення якості сушіння шляхом автоматизації термометрії сушки.

Розглянемо способи контролю за температурою сушарки СКП.

1.3 Огляд існуючих методів, технологій, аналогів систем термометрії сушарок

Вимірювання температури сушіння кукурудзяних качанів здійснюється для забезпечення оптимального технологічного режиму шляхом подальшого ручного або автоматизованого впливу на теплогенератор, шибери та насоси всмоктування. Вимірювання температури сушіння проводиться окремо для кожної камери її нижній та верхній точках вимірювання, розташованих, відповідно на першому та другому технологічному поверсі або галереї в

залежності від конкретики конструкції СКП-6. Температуру потрібно вимірювати щогодини [7].

На насінневих заводах України традиційно температура сушіння вимірювалась вручну. Для цього сушильний майстер виключно у супроводі помічника має виконати наступні операції:

- виміряти рівень вуглекислого газу у зовнішніх технологічних теплоізоляційних коридорах;

- якщо рівень вуглекислого газу вищий за ГДК тривалої дії, що становить 9000 мг/м^3 [8], знизити його до безпечного рівня шляхом відкриття передбачених для цього провітрюючих технологічних дверей;

- коли рівень вуглекислого газу на вихідному струмені провітрювання стане нижче з ГДК, зайти у технологічний коридор першого поверху по вхідному струменю свіжого повітря й зняти показники ртутних термотетрів розташованих біля двох нижніх контрольних точок Камери 1 і двох нижніх контрольних точок Камери 2;

- зайти у технологічний коридор другого поверху по вхідному струменю свіжого повітря й зняти показники ртутних термотетрів розташованих біля двох верхніх контрольних точок Камери 1 і двох верхніх контрольних точок Камери 2;

- вимірювання, провітрювання порядок входу й зняття показників температур повторити для технологічних коридорів поряд з Камерою 3 і Камерою 4.

Вигляд зверху першого поверху СКП-6 показано на рисунку 1.3:

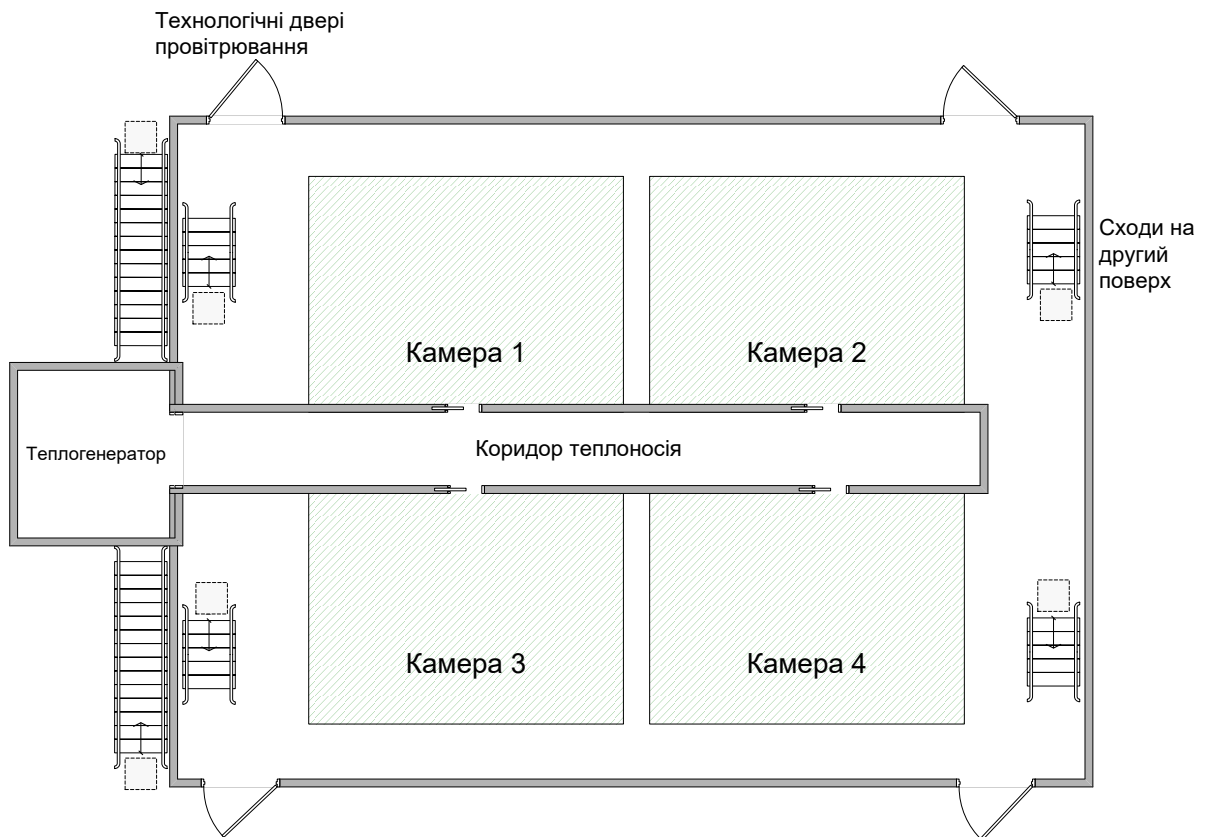


Рисунок 1.3 – Вигляд першого поверху СКП-6 зверху

Метод ручного вимірювання має недоліки:

- шкідливі та небезпечні умови праці, помилка у вимірюванні концентрації вуглекислого газу чи провітрювання потенційно може призвести до нещасних випадків;
- використання ртутних термометрів може спричинити отруєння людей та кукурудзи;
- спостереження за показаннями термометрів в умовах підвищеної температури та недостатнього освітлення призводить до помилок у вимірюваннях до зниження якості зерна;
- ртутні термометри через своє конструктивне виконання не можуть бути розміщені безпосередньо в масі кукурудзяних качанів, що знижує точність методу вимірювання;

– часте переміщення персоналу по технологічним коридорам вимагає частого їх провітрювання, що призводить до додаткових втрат теплової енергії.

Таким чином, доцільно розглянути існуючі системи термометрії сушарок і використовувані методи автоматизованого контролю. Для будь-якої термометрії сучасної сушарки використовуються перш за все термометри опору. Їх перевага у тому, що існують конструктивні виконання, які дозволяють вимірювати температуру безпосередньо у камері з продуктом, досить глибоко в масі, але при цьому показувати механічну стійкість до ударів та навантажень, що виникають під час проведення операцій завантаження й розвантаження.

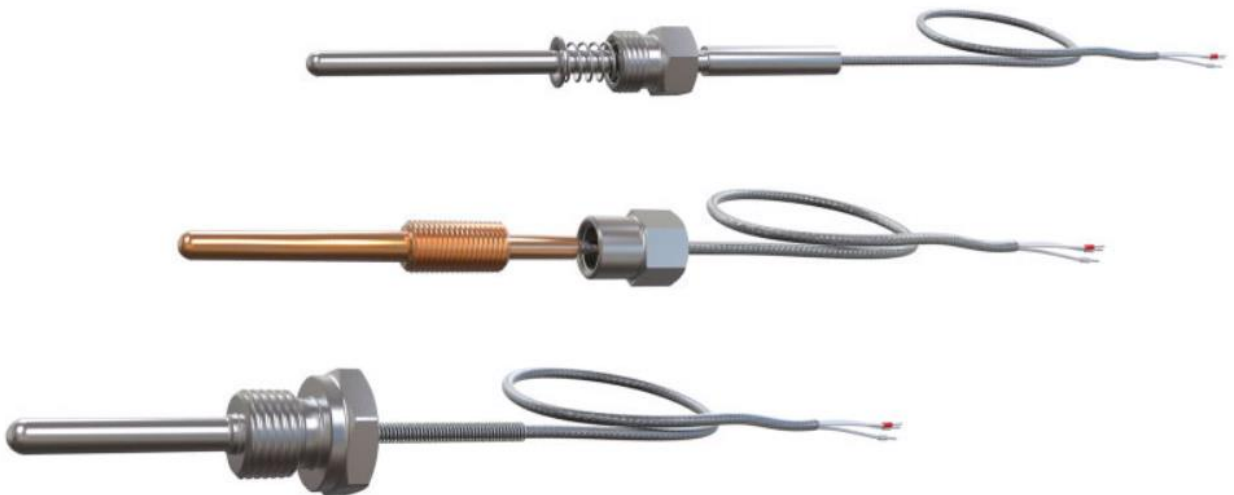


Рисунок 1.4 – Термоопори з кабельним виводом [9]

Термометрія сушарок зерна представлена досить перспективним вологоміром зерна у потоці[10], де температура агенту сушіння, температура навколишнього повітря, температура зерна у верхніх, нижніх зонах нагрівання та зонах охолодження використовуються для розрахункової температурної корекції зерна на виході з сушильних шахт. Рішення цікаве тим, що тут лабораторія якості й сушильний майстер отримує вологість – пряму характеристику, яка відображає якість зерна. Для камерної сушарки це рішення не підходить, оскільки тут мова йде про вимірювання вологості й температури зерна у

потоці та у гравітаційно рухомому шарі. Тим не менш, ця розробка, разом з її впровадженнями на сушарках кукурудзи [11] обґрунтовує необхідність використання і характерні місця вимірювання температури в сушильних клітках і бункерах. Крім того, у роботі [11] розглянута перспектива застосування термометрії зерна на основі саме промислових контролерів. Дійсно, застосування промислового контролера дозволяє розвинути на тій же апаратній платформі повноцінну кіберфізичну систему керування процесом сушіння зерна, але при цьому майстер сушіння може мати доступ до поточних і архівів даних з термометрії, одночасно з лабораторією якості. Обґрунтуємо на прямок вирішення задачі розробки системи термометрії сушарки кукурудзи зерна у початках.

1.4 Обґрунтування напрямку вирішення задачі розробки системи термометрії

У розглянутій моделі сушарки СКП-6 є 16 точок вимірювання температури – по 2 на верхньому та по 2 на нижньому поверсі для однієї камери. До них варто додати ще дві точки – температура агенту сушіння на вході в сушарку й температура повітря назовні сушарки. Перша необхідна, щоб запобігти травмуванню оболонок зерна перегрітим агентом, друга – щоб провітрити качани перед закладкою у закриті бункери, якщо різниця температур качанів кукурудзи на виході й навколишнього середовища більша 10 °С.

Погодинні дані з температури надаються у лабораторію якості підприємства, де заносяться у звітні журнали якості на партію посівної кукурудзи. Також за поточними результатами вимірювань, а також за динамікою зміни температури сушильний майстер приймає рішення щодо підвищення чи зниження швидкості протягування через камери агенту сушіння, а також палива теплогенератора. Журнали якості мають надходити у комерційні відділи насінневого заводу, які не обов'язково розташовані на тій же території.

Таким чином, кіберфізична система контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках, далі КФС КОТС, повинна виконувати наступні функції:

- вимірювання температур сушіння кукурудзи у контрольних точках камер сушарки СКП-6;
- вимірювання температури агенту сушки камерної сушарки СКП-6;
- вимірювання температури зовнішнього повітря;
- відображення вимірюваних температур на інтерфейсі АРМ термометрії сушарки;
- відображення динаміки вимірюваних температур за командою сушильного майстра на інтерфейсі АРМ термометрії сушарки;
- ведення протоколу процесу по вимірюваним температурам;
- зберігання технологічного еталону (рецепту) температур для виявлення зон температурної кривої сушіння;
- опцію подачі блокуючих сигналів на приводи вентиляторів та теплогенератор у випадку виявлення неприпустимих значень температур;
- інформування сушильного майстра про переходи між зонами температурної кривої сушіння;
- надання доступу до протоколу процесу на АРМ лаборанта якості;
- керування базою зберігання технологічних еталонів (рецептів) температур для виявлення зон температурних кривих сушіння;
- відображення протоколу процесу на АРМ лаборанта якості й формування звітності.

Зазначені функції можуть бути об'єднані в функціональну структуру, показану на рисунку 1.5:

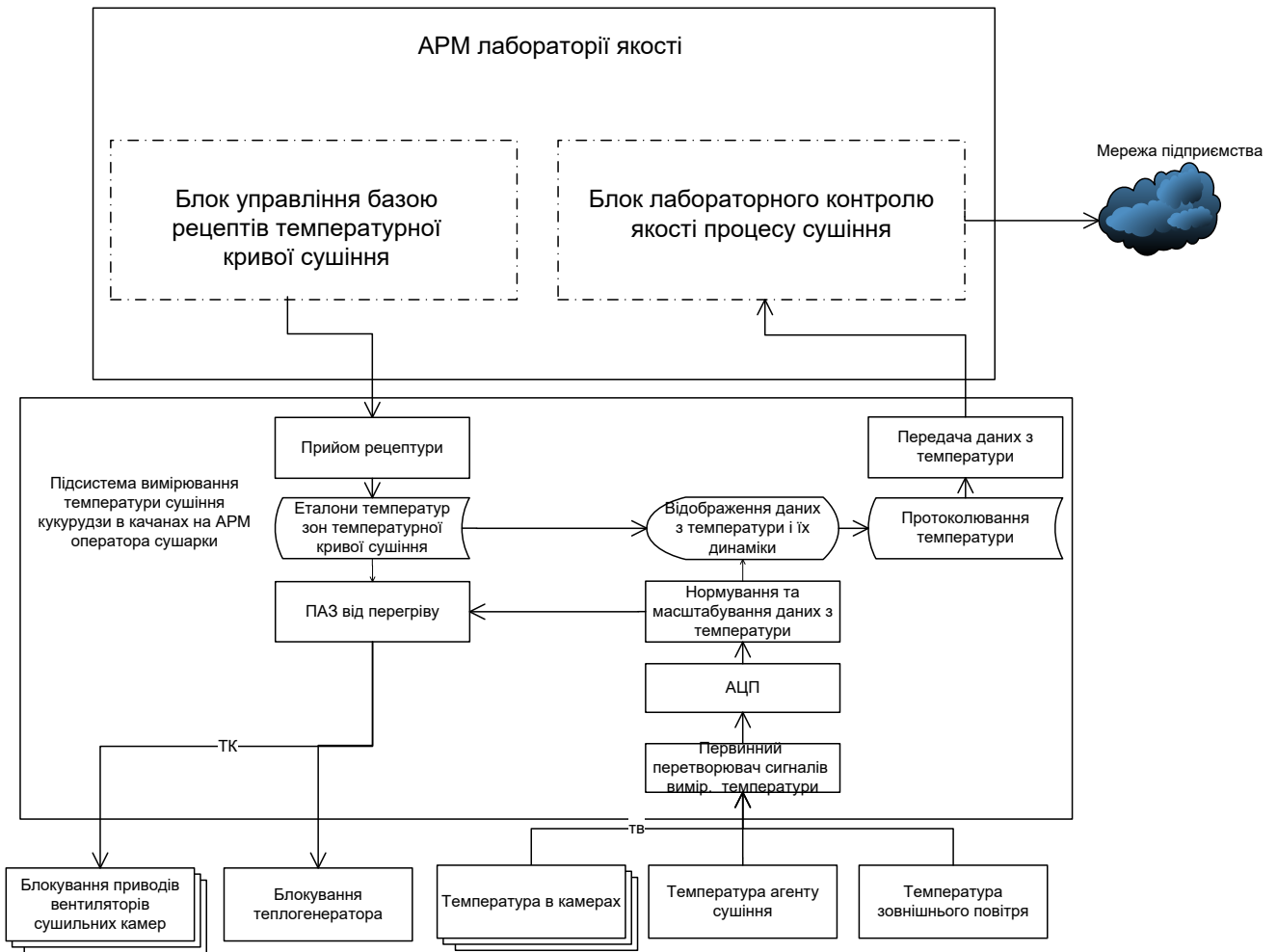


Рисунок 1.5 – Кіберфізична система контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках. Схема функціональної структури

Як видно з рисунка 1.5, КФС КОТС має виконувати досить широкий функціонал, пов'язаний зі збором, обробкою, зберіганням і відображенням інформації. Крім того, КФС передбачає вихід у технологічну чи корпоративну мережу підприємства. У такому випадку вирішення програмних і технічних задач має бути на основі стандартних промислових засобів.

1.5 Мета і задачі і роботи

Кваліфікаційна робота спрямована на вирішення задачі контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках у напрямку детальної розробки блоку збору даних на основі стандартних промислових засобів, мета роботи – розробка кіберфізичної системи збору, підготовки й відображення поточної й

динаміки температури агенту сушіння й продукту під час сушіння кукурудзи у качанах. При цьому необхідно вирішити наступні задачі:

- на основі виконаного аналізу структури і принципів роботи камерної сушарки, методів і технологій контролю вологості, температури, існуючих аналогів і досліджень систем, які вимірюють температуру сушки сформулювати технічні вимоги до КФС КОТС;

- провести аналіз вхідних і вихідних сигналів блоку вимірювання температури БВТ на АРМ оператора сушарки, на основі якого обрати КТЗ для його технічного рішення. Провести інженерний розрахунок джерела живлення блоку;

- розробити принципову схему БВТ для КФС КОТС;

- провести аналіз вхідних і вихідних даних, сформулювати алгоритми роботи ПЗ БВТ для КФС КОТС;

- на основі розроблених алгоритмів написати програму, яка буде використовуватись із КТЗ БВТ для КФС КОТС.

2 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СУШВІННЯ КУКУРУДЗИ В КАЧАНАХ

2.1 Технічні вимоги до об'єкту професійної діяльності

2.1.1 Найменування і призначення об'єкту професійної діяльності

Кіберфізична система контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках, далі КФС КОТС, призначена для роботи на камерних сушарках насінневих заводів у галузі переробки й зберігання посівного зерна.

2.1.2 Вимоги до структури і функціонування об'єкту професійної діяльності

КФС КОТС складається з двох підсистем:

–АРМ лабораторії якості;

–підсистема вимірювання температури сушіння кукурудзи в качанах на АРМ оператора сушарки, далі ПС ВТСК.

Підсистема вимірювання температури включає наступні функціональні складові:

–датчики вимірювання температури нижнього й верхнього рівня у сушильних камерах;

–датчик вимірювання температури агенту сушіння;

– датчик вимірювання температури зовнішнього повітря;

–вихід сигналу блокування теплогенератора;

–виходи сигналів блокування приводів вентиляторів сушильних камер;

–первинний перетворювач сигналів вимірювання температури;

–аналого-цифровий перетворювач;

–блок нормування й масштабування даних з температури;

–блок відображення даних з температури і динаміки їх зміни;

–дані поточного рецепту еталону температур зон температурної кривої сушки;

–ПАЗ зерна кукурудзи від перегріву;

- БД протоколу процесу вимірювання температури;
- блок передачі даних з температури;
- блок прийому даних з рецептури.

АРМ лабораторії якості включає наступні функціональні складові:

- блок управління базою рецептів температурної кривої сушіння;
- блок лабораторного контролю якості процесу сушіння.

2.1.3 Вимоги до показників призначення

КФС КОТС та її функціональні складові повинні забезпечувати показники призначення:

- вихід датчиків температури повинен відповідати Pt100;
- абсолютна похибка вимірювання температури не більше ± 1 °С;
- діапазон вимірювання температури нижнього й верхнього рівня у сушильних камерах та для агенту сушки від 10 до 50 °С
- діапазон вимірювання температури зовнішнього середовища від -20 до 40 °С;
- розрядність АЦП повинна бути достатньою для забезпечення потрібної точності вимірювань температури у відповідних діапазонах;
- блок нормування й масштабування даних з температури повинен представляти дані у одиницях °С;
- періодичність вимірювань: 1 раз на хвилину;
- точність даних поточного рецепту еталону температур до 1 °С;
- БД протоколу процесу вимірювання температури повинна забезпечити зберігання даних на АРМ оператора протягом 1 календарного місяця експлуатації сушарки;
- елементна база КФС КОТС має бути промисловою елементною базою фірми Siemens;
- засоби відображення даних і збереження протоколу процесу повинні взаємодіяти із контролером через провідний канал, який забезпечить передачу даних на відстань до 1000 м;

- затримка реакції системи на критичне перевищення технологічно зумовлених показників температури: не більше 1 с;
- реакція системи на критичне перевищення технологічно зумовлених показників температури автоматична;
- режим роботи КФС КОТС: автоматизований, цілодобовий. Запуск і зупинка системи відбувається за командами оператора сушарки;
- доступ до протоколу процесу на рівні підсистеми вимірювання температури сушіння та на рівні АРМ лабораторії тільки у режимі читання;
- доступ до БД управління базою рецептів температурної кривої сушіння на рівні АРМ лабораторії якості авторизований, у режимі читання, запису й встановлення поточного на підсистеми вимірювання, довжина паролю – не менше 12 символів;

Передбачається модернізація промислової мережі, до якої підключено апаратні засоби КФС КОТС до такої, що об'єднує до 32 пристроїв у сегменті.

2.2 Розробка апаратної частини

2.2.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Датчики КФС КОТС розміщені на двох поверхах камерної сушарки СКП-6. Крім того, є датчик у каналі подачі агенту сушіння та назовні сушарки. Приміщення, де розташоване АРМ оператора сушки знаходиться у безпосередній близькості до сушарки, відстань не перевищує 10 м. Лабораторія якості насіннєвого заводу з АРМ лаборанта знаходиться на віддаленні не більше 80 м від сушарки. За таких умов, КТЗ ПС ВТСК, як складова КФС КОТС, буде розміщена в приміщенні АРМ оператора сушіння. Натомість, КТЗ АРМ лабораторії якості буде розміщено в приміщенні лабораторії якості, за 800 метрів від сушарки.

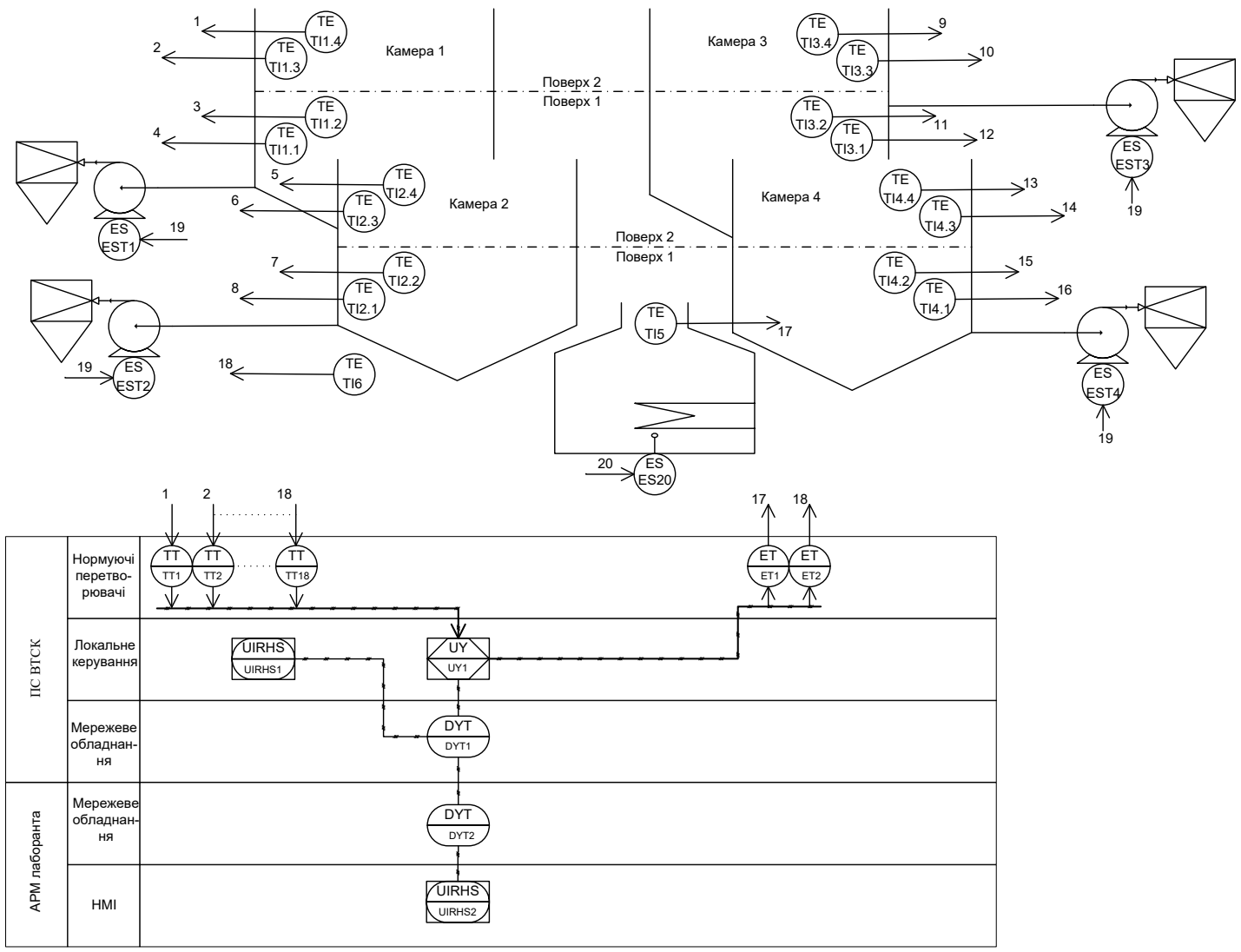


Рисунок 2.1 – Функціональна схема автоматизації

В таких умовах, в якості провідного буде використано промисловий інтерфейс RS-485, сумісний з промисловими протоколами. Тоді функціональна схема автоматизації КФС КОТС виглядатиме, як показано на рисунку 2.1.

2.2.2 Розробка принципової схеми системи керування

2.2.2.1 Розрахунок параметрів аналого-цифрового перетворення

Згідно висунутих технічних вимог, абсолютна похибка δ вимірювання температури не повинна перевищувати 1 °С. Відносна помилка ε складе:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{|T_{max} - T_{min}|} \times 100\%, \quad (2.1)$$

де T_{min} , T_{max} – відповідно, нижня й верхня межа вимірювального температурного діапазону, °С. Відповідно, для вимірювального діапазону від 10 до 50 °С температури нижнього й верхнього рівня у сушильних камерах та для агенту сушки відносна похибка складе 2,5%, а для зовнішнього повітря з діапазоном від -20 до 40 °С – 1,67%.

Мінімальна кількість квантів АЦП q_{min} з урахуванням теореми Котельникова складе:

$$q_{min} = \frac{2 \times 100\%}{\varepsilon}, \quad (2.2)$$

Для температури нижнього й верхнього рівня у сушильних камерах та для агенту сушки $q_{min} = 80$, а для зовнішнього повітря $q_{min} = 120$. Для кодування обох діапазонів необхідно й достатньо АЦП на 7 розрядів. Враховуючи, що розрядність АЦП сучасних промислових контролерів складає не менше 12 розрядів, особливих вимог до розрядності АЦП не висувається.

2.2.2.2 Аналіз входів і виходів об'єкту професійної діяльності

Для визначення входів і виходів КФС необхідно провести аналіз і класифікацію входів і виходів устаткування підсистеми.

Класифікація входів і представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік вхідних і вихідних сигналів. КФС КОТС

№ п/п.	Найменування інформації	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)				Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня			
								Діапазон	Похибка	Розрядність	
Камера 1. Температура											
1.	Нижня зона сушки	ТІ1.1, ТІ1.2	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °С	±1 °С	12 біт	60 секунд
2.	Верхня зона сушки	ТІ1.3, ТІ1.4	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °С	±1 °С	12 біт	60 секунд
Камера 2. Температура											
3.	Нижня зона сушки	ТІ2.1, ТІ2.2	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °С	±1 °С	12 біт	60 секунд
4.	Верхня зона сушки	ТІ2.3, ТІ2.4	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °С	±1 °С	12 біт	60 секунд

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування інформації	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)				Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня			
								Діапазон	Похибка	Розрядність	
Камера 3. Температура											
5.	Нижня зона сушки	ТІ3.1, ТІ3.2	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °C	±1 °C	12 біт	60 секунд
6.	Верхня зона сушки	ТІ3.3, ТІ3.4	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °C	±1 °C	12 біт	60 секунд
Камера 4. Температура											
7.	Нижня зона сушки	ТІ4.1, ТІ4.2	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °C	±1 °C	12 біт	60 секунд
8.	Верхня зона сушки	ТІ4.3, ТІ4.4	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °C	±1 °C	12 біт	60 секунд

Продовження таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування інформації	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)				Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня			
								Діапазон	Похибка	Розрядність	
Агент сушіння											
9.	Температура	TI5	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	10...50 °C	±1 °C	12 біт	60 секунд
Зовнішня температура											
10.	Температура	TI6	Вхід	Вимір.	Аналог.	Термометр опору	Опір Pt100	-20...40 °C	±1 °C	12 біт	60 секунд
Блокування											
11.	Блокування вентиляторів	EST1– EST4	Вихід	Кер.	НВ	Сухий кон- такт	Дискретн. 24 В	–	–	1 біт	0,5 секунди
12.	Блокування теплогенера- тора	EST5	Вихід	Кер.	НВ	Сухий кон- такт	Дискретн. 24 В	–	–	1 біт	0,5 секунди

Закінчення таблиці 2.1

№ п/п.	Найменування інформації	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/ Отримувач	Форма представлення (разрядність, точність)				Період вв./вив.
							Зовнішня	Внутрішня			
								Діапазон	Похибка	Розрядність	
Мережа											
13.	Відображення на АРМ	UIRHS1	Вхід/вихід	Комунікація	Дані	Внутр.	RS-485				0,5 секунди
14.	АРМ лаборанта	UIRHS2	Вхід/вихід	Комунікація	Дані	Внутр.	RS-485				0,5 секунди

Перелік входів і виходів можна звести по типам у збіркову таблицю 2.2:

Таблиця 2.2 – Збіркова таблиця входів і виходів. КФС КОТС

№ п/п	Обладнання	Опис входу чи виходу	Кількість
		Аналогові входи Pt100	
1.	Камери сушарки	Термометр опору	16
2.	Канал агенту сушіння	--/–	1
3.	Зовнішнє середовище	--/–	1
РАЗОМ			18
		Дискретні виходи	
4.	Блокування вентиляторів	Сухий контакт	4
5.	Блокування теплогенератора	--/–	1
РАЗОМ			5
		Обмін даними	
РАЗОМ			1

За збірковою таблицею 2.2, технічними вимогами, результатом розрахунку розрядності АЦП, схемою функціональною автоматизації буде отримано КТЗ для побудови схеми принципової системи.

2.2.2.3 Вибір елементної бази системи

Найбільш вузьким місцем у питанні вибору компонентів елементної бази для КФС КОТС є канали аналогового введення. Найбільш придатним для вирішення задачі є модуль SM 1231 RTD 8xAI з наступними характеристиками[12]:

- кількість входів: 8;
- тип входів: термометр опору або резистор;
- підтримка Pt100: є;
- розрядність АЦП: 15 біт;
- релевантний діапазон вимірювання температур: від -20 до 60 °С;
- відносна похибка на всьому діапазоні вимірювання: не більше 0,2%;
- споживана напруга: 24 В постійного струму;
- споживаний струм: 80 мА.



Рисунок 2.2 – Модуль SM 1231 RTD 8xAI

Модулів SM 1231 RTD 8xA знадобиться 3, тому, з урахуванням необхідності використання двох виходів типу «сухий контакт», вирішення задачі побудови принципової схеми слід обрати промисловий контролер CPU 1214C AC/DC/Rly [13]:

- дискретних виходів: 10;
- тип дискретних виходів: сухий контакт;
- струм навантаження дискретних виходів: до 2 А;
- потужність навантаження дискретних виходів: 30 Вт для постійного 24 В, 200 Вт для змінного 230 В струму;
- кількість модулів розширення входів та виходів: до 8;
- живлення: від ~85 В до ~265 В;
- вбудований інтерфейс: PROFINET.



Рисунок 2.3 – Контролер CPU 1214C AC/DC/Rly

Для виходу у мережу PROFIBUS оберемо комунікаційний модуль SM 1243-5 [14]:

- швидкість каналу: від 9.6 кБод до 12 МБод;
- мережа: PROFIBUS;
- режим роботи: DP Master;
- споживана напруга: 24 В постійного струму;
- споживана потужність: 2,4 Вт.



Рисунок 2.4 – Модуль SM 1243-5

Відображення даних з температури в якості інтерфейсів оператора й технолога обираємо дві 12-дюймові панелі інтерфейсу KTP 1200 Basic DP з характеристиками[15]:

- інтерфейси: 1 шт. RS-422/485, 1 шт. USB;
- підтримувані протоколи: Profibus DP, Modbus RTU, MPI;
- споживана напруга: 24 В постійного струму;
- споживана потужність: 13,2 Вт.



Рисунок 2.5 – HMI-панель KTP 1200 Basic DP

2.2.2.4 Вибір джерел живлення

Оскільки в якості елементної бази системи використовується модель контролера CPU 1214C AC/DC/Rly, для його живлення не потрібне джерело постійного струму 24 В. Виходи типу «сухий контакт» також не потребують живлення, вони мають живитись від апаратури автоматики пристроїв. Тому живлення потрібно підібрати для двох панелей KTP 1200 Basic DP. Враховуючи їх територіальну віддаленість, для них будуть вибрані два окремих джерела живлення. Вхідний струм панелі складе $13,2 \text{ Вт} / 24 \text{ В} = 0,55 \text{ А}$. Тому для живлення кожної панелі підійде джерело Simatic S7-1200 Power Module PM1207 з максимальним вихідним струмом до 2,5 А[16].



Рисунок 2.6 – Блок живлення PM1207

2.2.2.5 Розробка принципової схеми системи

Виходячи з таблиці 2.1 і обраної елементної бази пропонується принципове рішення, показане на рисунку 2.7.

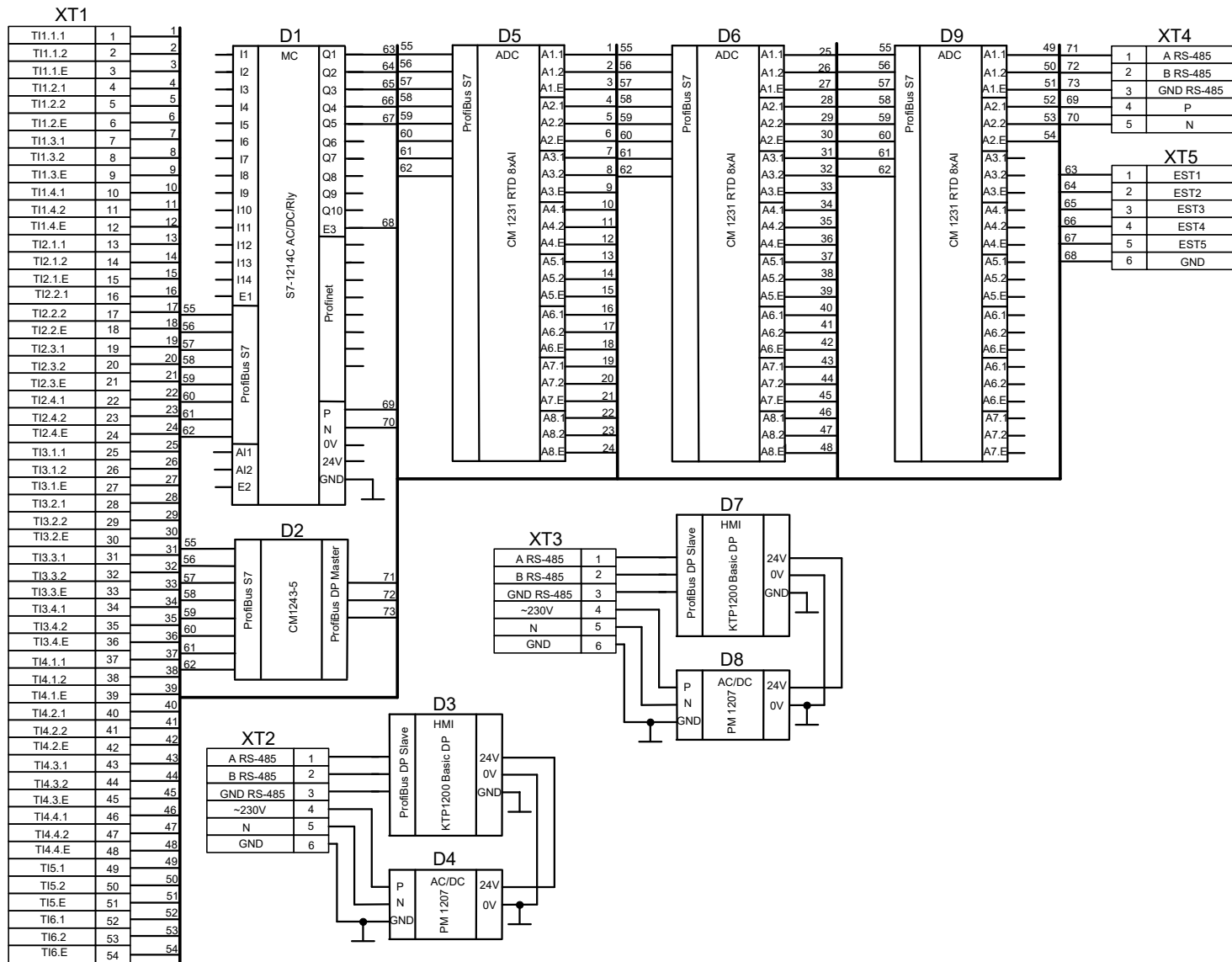


Рисунок 2.7 – Принципова схема КФС КОТС

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

3.1 Призначення і сфера застосування програмного забезпечення

Програмне забезпечення призначене для роботи у складі кіберфізичної системи контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках.

Програмне забезпечення призначене для отримання й обробки даних з температури камер сушарки типу СКП-6 від термометрів опору зі шкалою Pt100. Також програмне забезпечення видає сигнали ПАЗ на вентилятори й теплогенератор, призначені для блокування роботи цього обладнання. Програмне забезпечення веде протокол процесу за температурами й відображає на інтерфейсі АРМ сушильного майстра стан сушарки СКП-6 за температурним фактором, динаміку температур та технологічну зону температурної кривої сушіння за отриманими еталонними даними.

Програма не керує процесом обміну даними за протоколом PROFIBUS DP.

3.2 Обґрунтування технічних характеристик програми

3.2.1 Функції, виконувані програмою

ПЗ КФС КОТС, реалізована на контролері та панелі НМІ Підсистеми вимірювання температури сушіння кукурудзи в качанах на АРМ оператора сушарки, повинна виконувати наступні функції:

- отримання, обробка й оцифрування сигналів ТВ від 16 термометрів опору в камерах сушарки СКП-6;
- отримання, обробка й оцифрування сигналів ТВ від термометру опору в каналі агенту сушіння сушарки СКП-6;
- отримання, обробка й оцифрування сигналів ТВ від термометру опору зовнішнього повітря;
- ведення протоколу процесу за температурами сушильних камер, агенту сушіння, зовнішнього повітря за керуючим впливом оператора сушіння;

- ведення протоколу процесу за змінами періодів сушки та спрацюванням ПАЗ;
- відображення поточних температур і температурної динаміки
- відображення поточного періоду сушіння кукурудзи в качанах для кожної камери окремо;
- відображати стан кукурудзи в качанах за температурною кривою сушіння;
- виконувати ПАЗ сушарки й зерна шляхом подачі сигналів ТК на обладнання витяжних вентиляторів та теплогенератора;
- керувати обміном даними по мережі PROFIBUS.

3.2.2 Вимоги до функцій, виконуваних програмою

Параметри інтерфейсу PROFIBUS DP: 1,5 Мбіт/с, 8 біт.

DP-адреса НМІ оператора сушарки – 1.

DP-адреса контролера – 2.

DP-адреса НМІ технолога – 3.

Діапазон DP-адрес – від 1 до 126.

Час отримання даних з температури по одній точці PROFIBUS DP не більше 1 с.

Час отримання інформації щодо блокування обладнання PROFIBUS DP не більше 1 с.

Обмін даними через PROFIBUS DP виконується у фоновому режимі.

Ініціалізація КФС КОТС виконується після подачі живлення на компоненти КТЗ.

Протоколювання процесу за температурами виконувати періодично, кожні 15 хвилин.

Протоколювання процесу за змінами періодів сушки та спрацюванням ПАЗ спорадичне.

Формат БД протоколів процесів – txt.

Період збереження даних протоколу процесу – не менше 3 місяців.

Процес протоколювання процесів починається й припиняється після подачі команд оператора сушарки.

3.2.3 Обґрунтування вхідних і вихідних даних ПЗ

Вхідні дані для КФС КОТС:

- інформаційні ознаки сигналів від термометрів опору;
- еталонні уставки температур періодів сушіння;
- еталонні уставки температур ПАЗ;
- команди від оператора на запуск та зупинку процесів вимірювання температур.

Вихідні дані від ПЗ КФС КОТС:

- дані від термометрів опору;
- ідентифіковані періоди сушіння зерна кукурудзи у качанах;
- сигнали блокування вентиляторів сушильних камер;
- сигнал блокування теплогенератора.

3.2.4 Обґрунтування алгоритмів і методів, застосованих для реалізації програмного забезпечення

Виходячи зі схеми функціональної структури, принципової схеми, переліку вхідних і вихідних даних за п. 3.2.3, загальний алгоритм ПЗ КФС КОТС, виглядає відповідно рисунку 3.1:

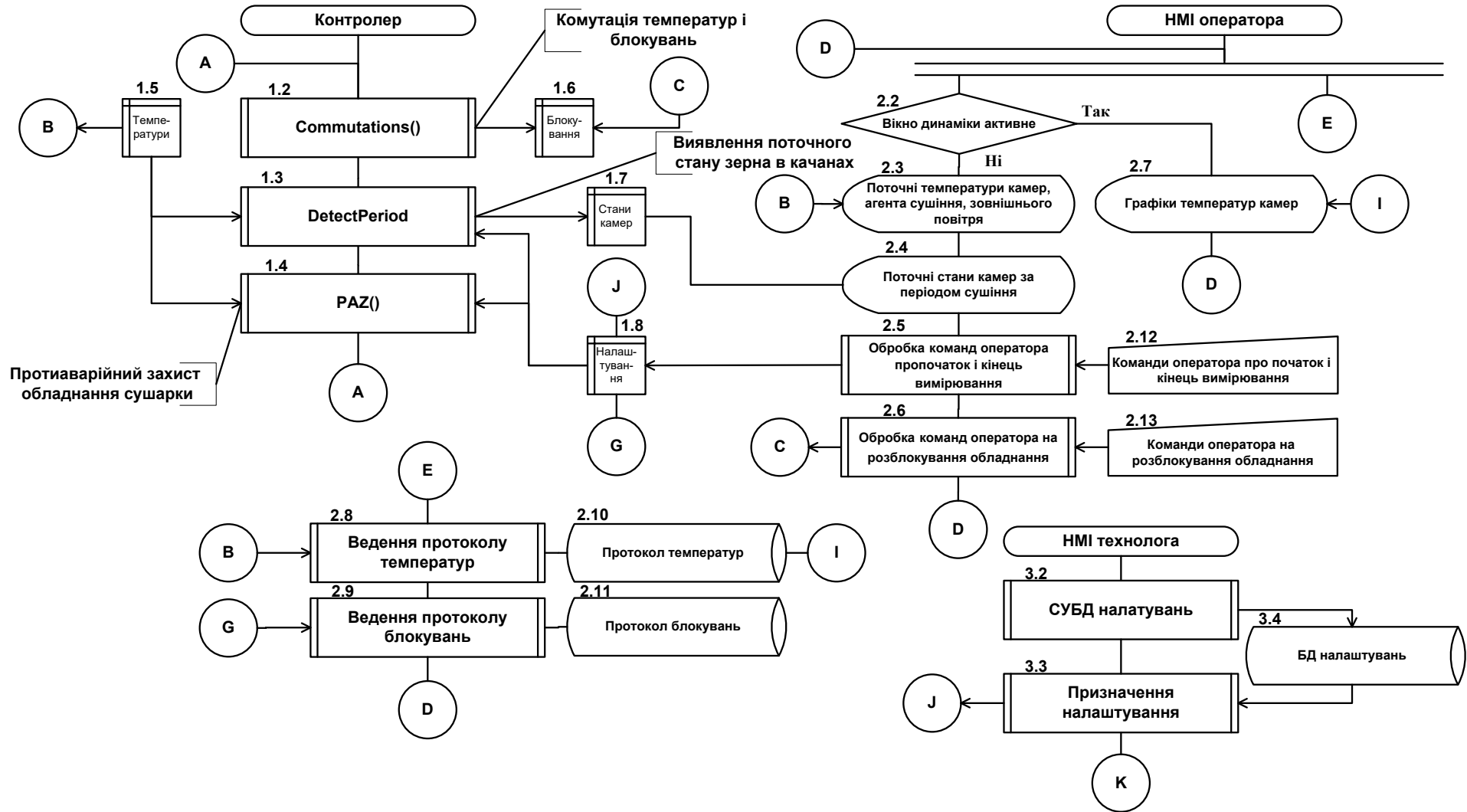


Рисунок 3.1 – Загальний алгоритм ПЗ КФС КОТС

Загальна схема алгоритму на рисунку 3.1 повинна бути представлена детальніше. Так блок програмних комутацій 1.2 може бути представленим, як показано на рисунку 3.2:

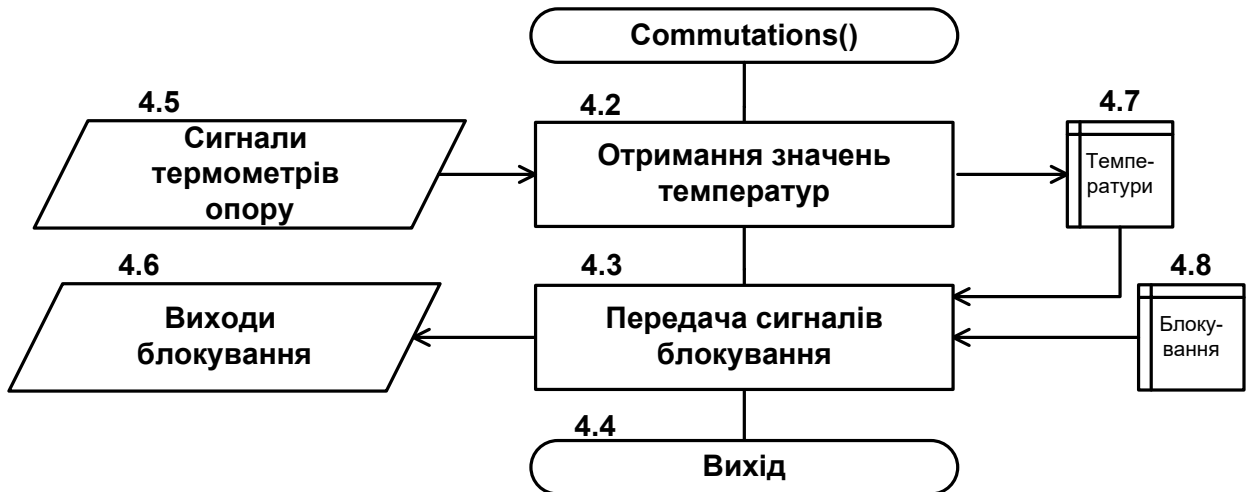


Рисунок 3.2 – Алгоритм програмних комутацій інформаційних ознак температур і блокувань

Алгоритм детекції, тобто виявлення поточних періодів сушіння для окремих камер сушарки показано на рисунку 3.3.

Алгоритм протиаварійного захисту обладнання сушарки показано на рисунку 3.4.

Алгоритми НМІ-панелей докладного опрацювання не потребують, оскільки реалізуються за допомогою засобів побудови інтерфейсів НМІ.

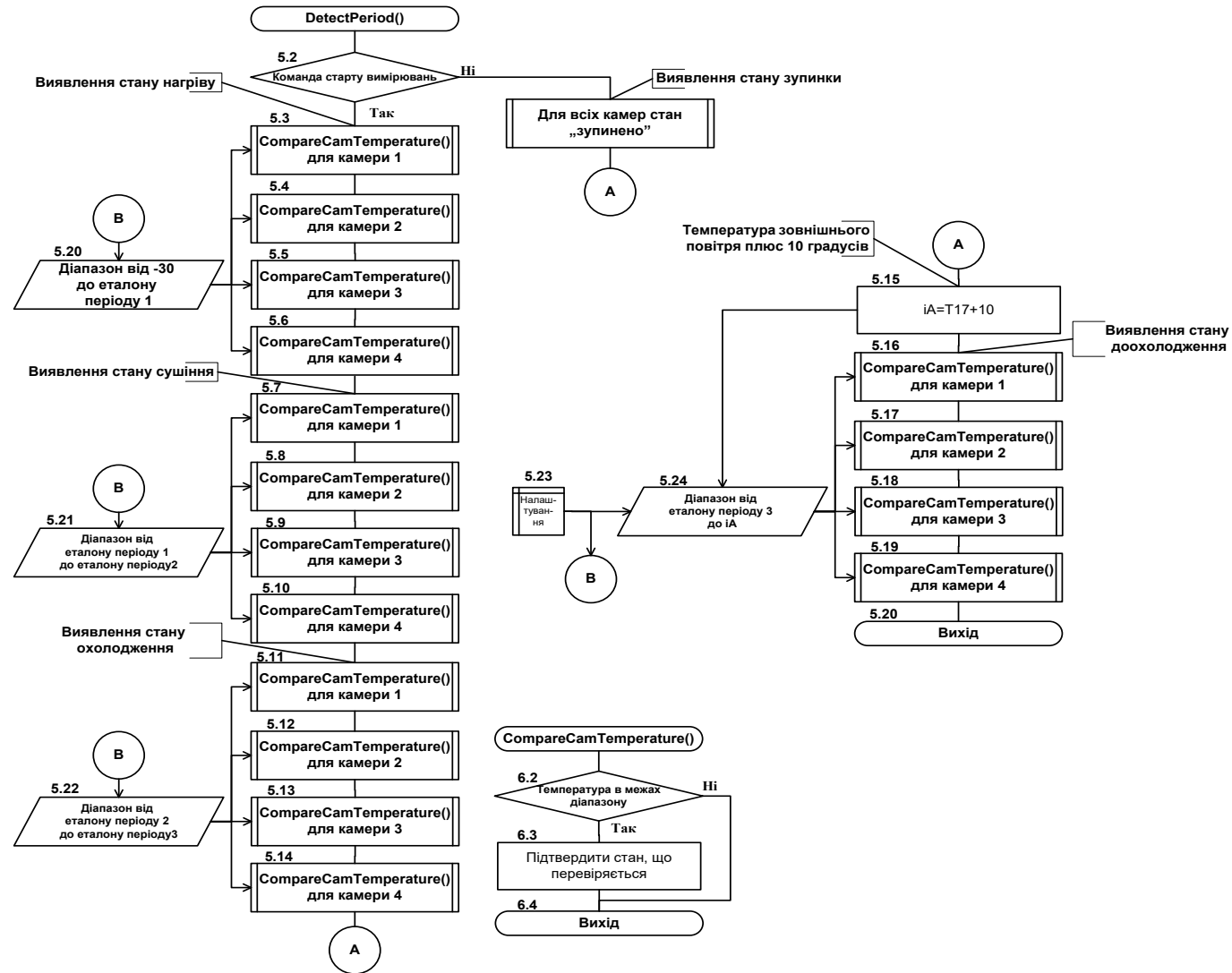


Рисунок 3.3 – Алгоритм виявлення періодів сушіння для камер сушарки

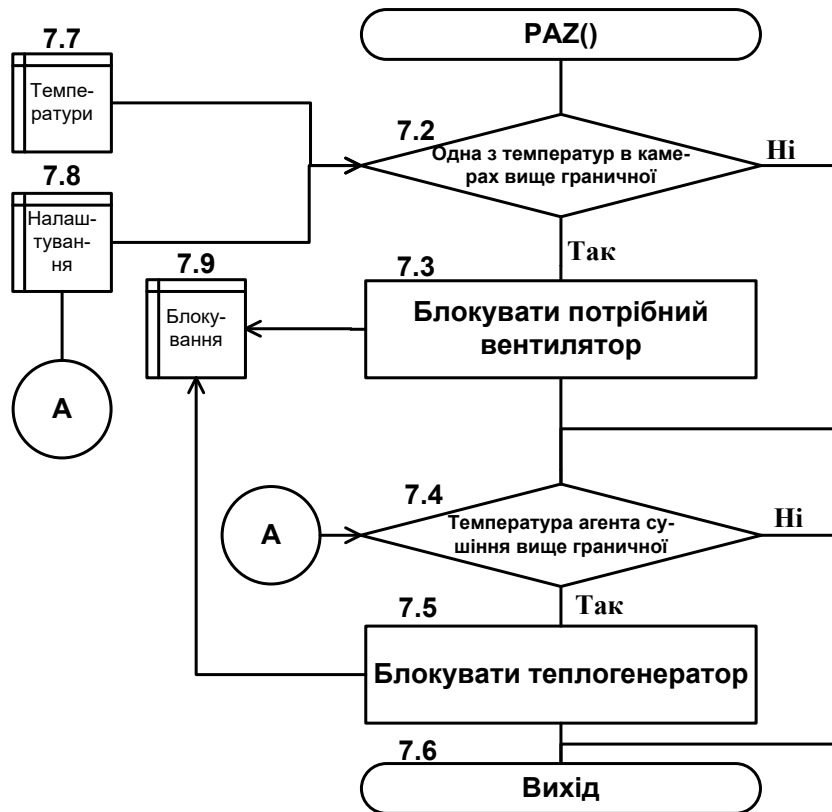


Рисунок 3.4 – Алгоритм протиаварійного захисту обладнання сушарки

Показані на рисунках 3.1–3.4 алгоритми можуть бути використані для написання ПЗ КФС КОТС.

3.2.5 Обґрунтування розмірів баз даних протоколів процесів

Згідно п. 2.1.3, періодичність вимірювань температури має складати 1 раз на хвилину. Тривалість зберігання даних складає 1 календарний місяць. Таким чином, мінімальна кількість записів протоколу періодичного контролю температур складе:

$$60 \text{ хвилин} * 24 \text{ години} * 31 \text{ доба} = 44\,640 \text{ записів.}$$

Тривалість циклу сушіння складає від 30 до 70 годин. Протягом цього циклу можливі наступні події:

- команда від оператора на початок вимірювання температур, 1 точка;
- команда від оператора на закінчення вимірювання температур, 1 точка;

- досягнення температури сушіння (температури другого періоду), 16 точок;
- досягнення верхньої температури сушіння (температури третього періоду), 16 точок;
- перевищення температури сушіння зерна, 16 точок;
- вхід у норму температури сушіння зерна, 16 точок;
- перевищення температури агенту сушіння, 1 точка;
- вхід у норму температури агенту сушіння, 1 точка.

Нехай кожна зі згаданих подій трапляється протягом 30 годин 1 раз.

Тобто, маємо

$$1+1+16+16+16+16+1+1=68 \text{ подій протягом 30 годин.}$$

Тоді, для збереження протоколу спорадичних подій протягом 1 місяця знадобиться:

$$31 \text{ діб} * 24 \text{ годин} / 30 \text{ годин/цикл} * 68 \text{ подій} = 1632 \text{ записи.}$$

3.2.6 Технічні та програмні засоби, застосовані для реалізації програми

Технічні та програмні засоби, застосовані для розробки програмного забезпечення:

- персональний комп'ютер з вільним входом Ethernet;
 - операційна система не нижче Windows 10;
 - кабель з роз'ємами RJ-45;
 - середовище Tia Portal V15 Advanced;
- Мова програмування – LAD та WinCC.

3.3 Опис розробленої програми

3.3.1 Загальна інформація

Текст програми розміщено у проєкті KOTS для Tia Portal у вигляді папки з файлами.

Для завантаження програми у контролер та НМІ-панелі КФС КОТС потрібне середовище Tia Portal. Завантажена програма розміщується в енергонезалежній пам'яті програм контролера Simatic та НМІ-панелей АРМ оператора й технолога. Для виконання програми використовуються вбудовані в контролера Simatic та НМІ-панелі операційні системи. Запуск програми на виконання відбувається під час ввімкнення живлення.

Мови реалізації програми – LAD для контролера та WinCC для НМІ-панелей.

3.3.2 Функціональне призначення

ПЗ КФС КОТС вимірює, відображає й протоколює температури процесу сушіння зерна кукурудзи в качанах і її динаміки у технологічних періодах.

ПЗ отримує дані від АЦП вимірювальних мостів термометрів опору камер сушарки СКП-6, каналу агента сушіння, зовнішнього повітря.

ПЗ записує поточні значення температур з періодичністю 30 секунд.

ПЗ відображає графік значень температур з періодичністю кожні 30 секунд протягом 10 годин.

ПЗ зберігає дані з температур у БД протоколу процесу у вигляді періодичних записів у файлі типу «txt» на змінному флеш-носії, який під'єднується до НМІ-панелі АРМ оператора сушарки в енергонезалежному вигляді.

ПЗ виявляє й відображає періоди сушіння за еталонними температурами температурної кривої сушіння.

ПЗ веде спорадичний протокол процесу подій, пов'язаних з поведінкою об'єкту впровадження.

ПЗ виконує ПАЗ зерна кукурудзи в качанах від перегріву за еталонними значеннями температури.

ПЗ виконує ПАЗ зерна кукурудзи в качанах та обладнання теплогенератора від високої температури агенту сушіння за еталонним значеннями температури.

ПЗ зберігає еталонні значення температур кривої сушіння та температур ПЗ у вигляді БД рецептів.

ПЗ керує БД рецептів.

ПЗ надає тренди технологічних температур сушіння на запит оператора сушки або технолога.

ПЗ надає протокол процесу подій сушіння на запит оператора сушки або технолога.

ПЗ керує передачею даних по мережі PROFIBUS на рівні представлення даних в режимі PROFINET FMS.

Ведучим мережі є контролер CPU 1214C AC/DC/Rly. Панелі НМІ є веденими.

ПЗ не керує передачею даних по мережі PROFIBUS на рівні каналу.

3.3.3 Опис логічної структури ПЗ

Логічна структура ПЗ побудована, виходячи зі схеми функціональної структури, розробленої у розділі 1 пояснювальної записки.

ПЗ розміщене в енергонезалежній пам'яті програм контролера CPU 1214C AC/DC/Rly та двох НМІ-панелей KTP1200 Basic DP у вигляді виконаного коду.

Складова проєкту, розміщена у контролері CPU 1214C AC/DC/Rly містить:

- апаратну конфігурацію й мережні налаштування у контролері CPU 1214C AC/DC/Rly згідно схеми функціональної структури й розподілу мережних адрес;

- таблицю меркерів Default tag table;

- глобальний блок даних поточних значень температур та поточних інформаційних ознак керуючих впливів на блокування обладнання Current_DB;

- глобальний блок даних еталонних значень температур кривої сушіння, температур ПАЗ та керуючого впливу сушильного майстра Current_Receipt_DB;

- глобальний блок даних виявлених станів зерна кукурудзи за температурною кривою Current_period_DB;

- організаційний блок Main;

- функцію Commutations();

- функцію CompareCamTemperature();

- функцію DetectPeriod();

- функцію PAZ().

Таблиця меркерів Default tag table містить таблицю вхідних значень температур, отриманих від АЦП трьох модулів SM 1231 RTD 8xAI, а також таблицю інформаційних ознак вихідних блокуючих впливів, призначених для вентиляторів сушильних камер та обладнання агенту сушіння.

Глобальний блок даних Current_DB містить поточні значення температур та інформаційних ознак керуючих впливів на блокування вентиляторів сушильних камер, а також обладнання агенту сушіння. Він призначений для віртуалізації процесів контролю й керування, що дозволяє відділити роботу ПЗ від апаратної схеми підключень КВП і А, відображеної в Default tag table. Цей блок надає дані для передачі мережею PROFIBUS на АРМ оператора й технолога.

Глобальний блок даних Current_Receipt_DB призначений для оперативного зберігання еталонних значень температур кривої сушіння, температур ПАЗ та керуючого впливу сушильного майстра, які актуальні для поточної партії насінневої кукурудзи. Цей блок надає реєстри для отримання даних мережею PROFIBUS від АРМ оператора й технолога.

Глобальний блок даних Current_period_DB отримує від ПЗ контролера й зберігає текстову інформацію про виявлені поточні стани зерна кукурудзи за температурною кривою окремо по кожній сушильній камері. Цей блок надає дані для передачі мережею PROFIBUS на АРМ оператора й технолога.

Організаційний блок Main працює в режимі циклічного виклику. Він по-слідовно щоскана викликає функції Commutations(), DetectPeriod(), PAZ().

Функція Commutations() реалізує віртуалізацію роботи ПЗ КФС по відношенню до схеми підключень. Вона узгоджує інформаційні ознаки вхідних сигналів температури й вихідних сигналів блокування обладнання з іншим ПЗ системи.

Функція DetectPeriod() виявляє поточний технологічний період сушіння зерна кукурудзи в кожній камері окремо, використовуючи при цьому функцію CompareCamTemperature(), й створює відповідне текстове повідомлення в глобальний блок даних Current_period_DB:

- “Stoped” – сушарка зупинена;
- “Warming” – нагрів кукурудзи;
- “Drying” – сушіння кукурудзи;
- “Cooling” – охолодження кукурудзи;
- “PostCooling” – доохолодження кукурудзи до дозволеної різниці з навколишнім повітрям.

Функція CompareCamTemperature() підтверджує чи спростовує приналежність вхідного значення температури деякому наданому еталонному діапазону технологічних температур. Використується в якості керуючої всередині функції DetectPeriod().

Функція PAZ() приймає рішення стосовно керуючих впливів блокування роботи витяжних вентиляторів кожної окремої сушильної камери, а також блокування обладнання теплогенератора.

Складова проєкту, розміщена у НМІ-панелях КТР1200 Basic DP містить:

- апаратну конфігурацію й мережні налаштування у НМІ-панелі згідно схеми функціональної структури й розподілу мережних адрес;
- таблицю комутацій Connections
- список періодичного протоколювання Temperatures_log;
- список спорадичного протоколювання Events_log;
- таблицю меркерів Default tag table;

- таблицю меркерів APM технолога Technol tag table;
- основний екран Root screen;
- екран відображення динаміки процесу Screen_dinamic;
- екран технолога Screen_technol.

3.4 Використані технічні засоби

Для виконання програми необхідні: контролер CPU 1214C AC/DC/Rly – 1 шт.; блок живлення PM1207 – 1 шт.; HMI-панель KTP 1200 Basic DP – 2 шт.; модуль SM 1243-5 – 1 шт.; HMI-панель KTP 1200 Basic PN – 2 шт.; модуль SM 1231 RTD 8xAI – 3 шт.

3.5 Виклик та завантаження

Відповідні модулі програми завантажуються до енергонезалежної пам'яті контролера CPU 1214C AC/DC/Rly, та HMI-панелей KTP 1200 Basic PN по інтерфейсу Ethernet, де знаходяться весь час експлуатації КФС КОТС. Початковий проект знаходиться на окремому енергонезалежному носії у вигляді папки KOTS.

Виклик ПЗ на виконання відбувається після ввімкнення живлення обладнання КФС КОТС.

Вхідні точки в ПЗ – організаційний блок Main на контролері та екранні форми Root screen на панелях HMI.

3.6 Вхідні й вихідні дані

Вхідні та вихідні дані наведено у таблицях 3.1–3.4.

Таблиця 3.1 – Вхідні й вихідні дані контролера КФС КОТС

Змінна	Тип	Адреса	Напрямок	Призначення
TI1_1	Int	%IW96	Вхід	Нижня зона сушки. Камера 1. Температура 1
TI1_2	Int	%IW98	Вхід	Нижня зона сушки. Камера 1. Температура 2

Продовження таблиці 3.1

Змінна	Тип	Адреса	Напрямок	Призначення
TI1_3	Int	%IW100	Вхід	Верхня зона сушки. Камера 1. Температура 3
TI1_4	Int	%IW102	Вхід	Верхня зона сушки. Камера 1. Температура 4
TI2_1	Int	%IW104	Вхід	Нижня зона сушки. Камера 2. Температура 1
TI2_2	Int	%IW106	Вхід	Нижня зона сушки. Камера 2. Температура 2
TI2_3	Int	%IW108	Вхід	Верхня зона сушки. Камера 2. Температура 3
TI2_4	Int	%IW110	Вхід	Верхня зона сушки. Камера 2. Температура 4
TI3_1	Int	%IW112	Вхід	Нижня зона сушки. Камера 3. Температура 2
TI3_2	Int	%IW114	Вхід	Нижня зона сушки. Камера 3. Температура 1
TI3_3	Int	%IW116	Вхід	Верхня зона сушки. Камера 3. Температура 3
TI3_4	Int	%IW118	Вхід	Верхня зона сушки. Камера 3. Температура 4
TI4_1	Int	%IW120	Вхід	Нижня зона сушки. Камера 4. Температура 1
TI4_2	Int	%IW122	Вхід	Нижня зона сушки. Камера 4. Температура 2
TI4_3	Int	%IW124	Вхід	Верхня зона сушки. Камера 4. Температура 3
TI4_4	Int	%IW126	Вхід	Верхня зона сушки. Камера 4. Температура 4
TI5	Int	%IW128	Вхід	Агент сушіння. Температура
TI6	Int	%IW130	Вхід	Зовнішня температура
EST1	Bool	%Q0.0	Вихід	Блокування вентилятору камери 1
EST2	Bool	%Q0.1	Вихід	Блокування вентилятору камери 2
EST3	Bool	%Q0.2	Вихід	Блокування вентилятору камери 3
EST4	Bool	%Q0.3	Вихід	Блокування вентилятору камери 4
EST5	Bool	%Q0.4	Вихід	Блокування теплогенератору камери

Таблиця 3.2 – Вхідні й вихідні дані контролера НМІ-панелі КФС КОТС

Змінна	Змінна в ПЛК	Тип	Періодичність опитування	Напрямок	Призначення
Tag_ScreenNumber	<No Value>	UInt	1 s	Внутр.	Номер екрану
Current_Receipt_DB_ Temperature_period1	Current_Receipt_DB. Temperature_period1	Int	1 s	Вихід	Еталон верхньої температурної межі періоду на- гріву зерна
Current_Receipt_DB_ Temperature_period2	Current_Receipt_DB. Temperature_period2	Int	1 s	Вихід	Еталон верхньої температурної межі періоду ак- тивної сушки зе- рна
Current_Receipt_DB_ Temperature_period3	Current_Receipt_DB. Temperature_period3	Int	1 s	Вихід	Еталон верхньої температурної межі періоду охо- лодження зерна
Current_Receipt_DB_ Corn_temperature_high	Current_Receipt_DB. Corn_temperature_high	Int	1 s	Вихід	Гранична темпе- ратура нагріву зе- рна
Current_Receipt_DB_ Heat agent temperature high	Current_Receipt_DB. Heat agent temperature high	Int	1 s	Вихід	Гранична темпе- ратура нагріву агенту сушіння

Продовження таблиці 3.2

Змінна	Змінна в ПЛК	Тип	Періодичність опитування	Напрямок	Призначення
TI1_1	TI1_1	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 1 камери 1
TI1_2	TI1_2	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 2 камери 1
TI1_3	TI1_3	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 3 камери 1
TI1_4	TI1_4	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 4 камери 1
Current_period_DB_Cam1	Current_period_DB.Cam1	String	1 s	Вихід	Стан зерна у камері 1
Current_period_DB_Cam2	Current_period_DB.Cam2	String	1 s	Вихід	Стан зерна у камері 2
Current_period_DB_Cam3	Current_period_DB.Cam3	String	1 s	Вихід	Стан зерна у камері 3
Current_period_DB_Cam4	Current_period_DB.Cam4	String	1 s	Вихід	Стан зерна у камері 4

Продовження таблиці 3.2

Змінна	Змінна в ПЛК	Тип	Періодичність опитування	Напрямок	Призначення
TI2_1	TI2_1	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 1 камери 2
TI2_2	TI2_2	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 2 камери 2
TI2_3	TI2_3	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 3 камери 2
TI2_4	TI2_4	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 4 камери 2
TI3_1	TI3_1	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 1 камери 3
TI3_2	TI3_2	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 2 камери 3
TI3_3	TI3_3	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 3 камери 3

Продовження таблиці 3.2

Змінна	Змінна в ПЛК	Тип	Періодичність опитування	Напрямок	Призначення
TI3_4	TI3_4	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 4 камери 3
TI4_1	TI4_1	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 1 камери 4
TI4_2	TI4_2	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 2 камери 4
TI4_3	TI4_3	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 3 камери 4
TI4_4	TI4_4	Int	1 s	Вхід	Поточна температура 4 камери 4
TI5	TI5	Int	1 s	Вхід	Поточна температура агенту сушіння

Закінчення таблиці 3.2

Змінна	Змінна в ПЛК	Тип	Періодичність опитування	Напрямок	Призначення
TI6	TI6	Int	1 s	Вхід	Поточна температура зовн. повітря
Current_Receipt DB Start Stop	Current_Receipt_ DB.Start Stop	Bool	1 s	Вихід	Команда про початок вимірювань
Current_DB_PAZ_tags{1}	Current_DB.PAZ_tags[1]	Bool	1 s	Вхід	Ознака блокування камери 1
Current_DB_PAZ_tags{2}	Current_DB.PAZ_tags[2]	Bool	1 s	Вхід	Ознака блокування камери 2
Current_DB_PAZ_tags{3}	Current_DB.PAZ_tags[3]	Bool	1 s	Вхід	Ознака блокування камери 3
Current_DB_PAZ_tags{4}	Current_DB.PAZ_tags[4]	Bool	1 s	Вхід	Ознака блокування камери 4
Current_DB_PAZ_tags{5}	Current_DB.PAZ_tags[5]	Bool	1 s	Вхід	Ознака блокування теплогенератора

Таблиця 3.3 – Дані логування температур КФС КОТС. Виходи

Змінна	Змінна контролера	Тип	Періодичність	Призначення
Logging_Env	T6	Int	60 с	Температура зовнішнього повітря
Logging_TG	T5	Int	60 с	Температура агента сушіння
Logging_TI1_1	TI1_1	Int	60 с	Температура 1 камери 1
Logging_TI1_2	TI1_2	Int	60 с	Температура 2 камери 1
Logging_TI1_3	TI1_3	Int	60 с	Температура 3 камери 1
Logging_TI1_4	TI1_4	Int	60 с	Температура 4 камери 1
Logging_TI2_1	TI2_1	Int	60 с	Температура 1 камери 2
Logging_TI2_2	TI2_2	Int	60 с	Температура 2 камери 2
Logging_TI2_3	TI2_3	Int	60 с	Температура 3 камери 2
Logging_TI2_4	TI2_4	Int	60 с	Температура 4 камери 2
Logging_TI3_1	TI3_1	Int	60 с	Температура 1 камери 3
Logging_TI3_2	TI3_2	Int	60 с	Температура 2 камери 3
Logging_TI3_3	TI3_3	Int	60 с	Температура 3 камери 3
Logging_TI3_4	TI3_4	Int	60 с	Температура 4 камери 3
Logging_TI4_1	TI4_1	Int	60 с	Температура 1 камери 4
Logging_TI4_2	TI4_2	Int	60 с	Температура 2 камери 4
Logging_TI4_3	TI4_3	Int	60 с	Температура 3 камери 4
Logging_TI4_4	TI4_4	Int	60 с	Температура 4 камери 4

У таблиці 3.3 показані дані, що протокуються у таблиці протоколу процесу Temperatures_log з характеристиками:

- кількість записів 50000;
- тип файлу “txt”;
- метод запису посегментний;
- кількість сегментів таблиці 10;
- місце запису зовнішній флеш-носій НМІ-панелі.

Таблиця 3.4 – Дані логування спорадичних подій КФС КОТС. Виходи

Змінна	Змінна контролера	Тип	Призначення
Logging_Command	Current_Receipt_DB_Start_Stop	Bool	Команда від сушильного майстра
Logging_PAZAD	Current_DB_PAZ_tags{5}	Bool	ПАЗ по температурі агента сушіння
Logging_PAZCam1	Current_DB_PAZ_tags{1}	Bool	ПАЗ камери 1
Logging_PAZCam2	Current_DB_PAZ_tags{2}	Bool	ПАЗ камери 2
Logging_PAZCam3	Current_DB_PAZ_tags{3}	Bool	ПАЗ камери 3
Logging_PAZCam4	Current_DB_PAZ_tags{4}	Bool	ПАЗ камери 4

У таблиці 3.3 показані дані, що протокуються у таблиці протоколу процесу Events_log з характеристиками:

- кількість записів 2000;
- тип файлу “txt”;
- метод запису посегментний;
- кількість сегментів таблиці 10;
- місце запису зовнішній флеш-носій НМІ-панелі.

ВИСНОВКИ

У роботі розроблюються технічне й програмне рішення для кіберфізичної системи контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках з детальним опрацюванням апаратно-програмного рішення підсистеми збору даних. У результаті було отримано технічне рішення, представлене функціональною схемою автоматизації та принциповою схемою КФС КОТС. Технічне рішення побудоване на промисловій елементній базі Siemens, а саме на основі обладнання серії S7-1200 та 12-дюймових HMI-панелей класу Basic. В ПЗ для підсистеми збирання даних КФС розроблено алгоритми і програму, яка керує вимірюванням температур за допомогою термометрів опору по зонам камер сушарки СКП-6, ідентифікує по кожній камері технологічний період сушіння, виконує протиаварійний захист зерна по перевищенню його температури сушіння шляхом блокування витяжних вентиляторів, виконує протиаварійний захист зерна й обладнання сушарки по перевищенню температури агенту сушіння. Також ПЗ підтримує на рівні представлення даних стек протоколів PROFIBUS FMS, відображення температур, їх динаміки у часі, стану технологічного обладнання, ведення протоколів процесів: періодичного для відстеження динаміки й спорадичного для фіксації подій на об'єкті.

Таким чином, запропоновані програмне й технічне рішення відповідають технічним вимогам, поставленим до кіберфізичної системи контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках.

Ступінь вирішення поставлених задач є достатньою для досягнення мети кваліфікаційної роботи – розробка кіберфізичної системи збору, підготовки й відображення поточної й динаміки температури агенту сушіння й продукту під час сушіння кукурудзи у качанах.

Практичне значення результатів роботи для насінневого заводу, полягає у отриманні, обробці й збереженню інформації по термометрії процесу сушіння посівної кукурудзи зерна на основі промислових контролерів з використанням мережі PROFIBUS FMS на відстані до 1000 м.

Перспективи подальшого розвитку системи вбачаються у розробці технічного й програмного рішення для автоматизованих робочих місць оператора й технолога на основі НМІ-панелей класу Comfort, що дозволить більш ергономічно відображати дані, а також у обґрунтуванні й розробці бази рецептів сушіння для різних партій та сортів кукурудзи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Україна тримається на 7 місці за обсягом виробництва кукурудзи у світі. Сайт SuperAgronom.com. URL: <https://superagronom.com/news/19645-ukrayina-trimayetsya-na-7-mistsi-za-obsyagom-virobnitstva-kukurudzi-u-sviti?form=MG0AV3&form=MG0AV3>. (Дата звертання: 22.04.25)
2. Г.П. Жемела, О.В. Бараболя В.Ю. Косенко. Особливості зберігання зерна кукурудзи. Матеріали ІХ науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні питання та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва» 27.11.2020 р. с.83-87.
3. Сушіння та транспортування кукурудзи в початках. Компанія Grain Capital. URL: <https://zeo.ua/article/sushimnya-ta-transportuvannya-kukurudzi-v-pochatkah?form=MG0AV3>. (Дата звертання: 22.04.25)
4. М.Я. Кирпа, Н.О. Пашенко. Прийоми енергозбереження в технології сушіння насіння кукурудзи. Інститут зернових культур НААНУ. URL: <https://institut-zerna.com/library/pdf37/1.pdf?form=MG0AV3&form=MG0AV3>. (Дата звертання: 22.04.25)
5. В.О. Кулик. Вплив способів сушіння та обробки на якість насіння гібридів кукурудзи. Дисертація на здобуття ступеня кандидата сільськогосподарських наук. ДУ Інститут Зернових Культур, НААНУ. Дніпро, 2021. 173 с. URL: https://institut-zerna.com/library/kulik/disertacia_kulik.pdf. (Дата звертання: 22.04.25)
6. В.С. Бойко, С.Ф. Буденко. Конструкція та розрахунки параметрів камерної сушарки. Методичні вказівки для студентів спеціальності 8.05050313 Обладнання переробних і харчових виробництв ОКР Бакалавр.Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. 23 с. URL: <konstrukcija-ta-rozrahunky-kamernoyi-susharky.pdf>. (Дата звертання: 22.04.25)
7. Ozarkiv, I. M., Sokolovskyy, I. A., Petryshak, I. V., & Kobrynovuch, M. S. (2018). Рациональное тепловикористання в сучасних сушильних камерах.

Scientific Bulletin of UNFU, 28(7), 104-108. <https://doi.org/10.15421/40280723>.

(Дата звертання: 22.04.25)

8. Вуглекислий газ і його вплив на живі організми. Контроль рівня CO₂. Сайт Автоновини. URL: <https://ukrmap.kiev.ua/category/ua/sprawdzic-proizvodstvo-amortizatorov.html/>. (Дата звертання: 22.04.25)

9. ДТСхх4. Термоопори з кабельним виводом. Контрольно-вимірювальні прилади та обладнання для автоматизації. Компанія АКУТЕК. URL: <https://aqteck.com.ua/ua/datchyky/dtsxx4-termoopory-z-kabelnym-vyvodom>.

(Дата звертання: 22.04.25)

10. Система управління і контролю технологічним процесом сушки зерна (автоматизація зерносушарки), включаючи вологомір зерна в потоці (ПКТП СЗ + БИВП), як на вітчизняних, так і на імпортованих сушарках. ДНВП "Ельдорадо". URL: <http://www.dnvpeldorado.com/index.php/ua/dryer-auto>. (Дата звертання: 22.04.25)

11. M. Prosiyanik, S. Tkachenko, D Beshta. Automation of mine-type dryer at the enterprises engaged in grain storage and processing. Power Engineering and Information Technologies in Technical Objects Control: 2016 Annual Proceedings. CRC Press, p. 241–247.

12. 6ES7231-5PF32-0XB0. SIMATIC S7-1200, Analog input, SM 1231 RTD, 8xAI RTD module. Data sheet. Siemens: 2025. 4 p.

13. 6ES7214-1BG40-0XB0. SIMATIC S7-1200, CPU 1214C. Data sheet. Siemens: 2025. 7 p.

14. 6GK7 243-5DX30-0XE0. SM 1243-5. Data sheet. Siemens: 2025. 3 p.

15. 6AV2 123-2MA03-0AX0. SIMATIC HMI, KTP1200 Basic DP. Data sheet. Siemens: 2025. 7 p.

16. 6EP1332-1SH71. SIMATIC S7-1200 Power Module PM1207. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ru/Catalog/Product/6EP13321SH71>.

(Дата звертання: 22.04.25)

ДОДАТОК А

Текст програми підсистеми збору даних КФС КОТС

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПІДСИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ КФС КОТС**

Текст програми

804.02070743.25018-01 12 01

Листів 32

АНОТАЦІЯ

Дана програма містить в собі початковий програмний код підсистеми збору даних кіберфізичної системи контролю та обліку температури сушіння кукурудзи в початках.

Програма призначена для вимірюванням температур за допомогою термометрів опору по зонам камер сушарки СКП-6, ідентифікації технологічних періодів сушіння, протиаварійного захисту зерна по перевищенню його температури сушіння протиаварійного захисту зерна й обладнання сушарки по перевищенню температури агенту сушіння.

Програма написана мовою LAD для контролерів Siemens, відлагоджена із застосуванням середовища Tia Portal V15 і призначена для застосування на контролерах Simatic CPU 1214C.

ЗМІСТ

	С.
1. Організаційний блок Main	4
2. Функція Commutations	5
3. Функція CompareCamTemperature	8
4. Функція DetectPeriod	10
5. Функція PAZ	25
6. Блок даних Current_DB	30
7. Блок даних Current_Receipt_DB	31
8. Блок даних Current_period_DB	32

ДОДАТОК Б

Інтерфейс АРМ оператора КФС КОТС

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНТЕРФЕЙС АРМ ОПЕРАТОРА КФС КОТС**

Схема інтерфейсу

804.02070743.25018-01 12 01

Листів 11

АНОТАЦІЯ

Даний документ містить в собі схему розміщення елементів візуалізації процесу сушіння кукурудзи в качанах на сушарці СКП-6 для АРМ оператора сушки, а також зв'язки цих елементів зі змінними ПЗ підсистеми збору даних КФС КОТС.

Інтерфейс призначено для візуалізації результатів вимірювання температур по зонам камер сушарки СКП-6, поточних технологічних періодів сушіння, відображення подій протиаварійного захисту зерна й обладнання сушарки по перевищенню температурних еталонів захисту.

Інтерфейс реалізовано засобами WinCC для контролерів Siemens, відлагоджено із застосуванням середовища Tia Portal V15 Advanced і призначено для застосування на НМІ-панелях KTP 1200 Basic DP.

ЗМІСТ

	С.
1. Екран Root screen	4
2. Екран Screen_dynamic	14