

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

Інститут електроенергетики  
(інститут)

Факультет електротехнічний  
(факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем  
(повна назва)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Торянського Максима Леонідовича  
(ПІБ)

академічної групи 151М-20-1  
(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(офіційна назва)

на тему Дослідження та синтез системи автоматичного керування температурою нагріву зерна у зерносушарці  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
Теоретичний розділ	доц. Соснін К.В.			
Синтез системи	доц. Бубликов А.В.			
Експериментальний розділ	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічний розділ	ст.викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
<b>Рецензент</b>				
<b>Нормоконтролер</b>	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро  
2021

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
кіберфізичних та інформаційно-  
вимірювальних систем  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ Бубліков А.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня магістра**

студенту Торянський М.Л. академічної групи \_\_\_\_\_ 151М-20-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності \_\_\_\_\_ 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Дослідження та синтез системи автоматичного керування температурою нагріву зерна у зерносушарці,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15 листопада 2021 № 969-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	Вересень 2021
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу	Жовтень 2021
Синтез системи	Створити систему із застосуванням методів, розроблених у теоретичному розділі, за допомогою яких будуть проводитися дослідження	Жовтень 2021
Експериментальний	Розробити програмне забезпечення, сформулювати завдання та обґрунтувати методику експерименту. Результати експерименту подати у вигляді таблиць та графіків.	Листопад 2021
Економічна частина	Економічно обґрунтувати доцільність витрат на створення та дослідження системи керування	Грудень 2021
Охорона праці	Розробити організаційно-технічні заходи, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи	Грудень 2021

Завдання видано

\_\_\_\_\_ (підпис керівника)

доц. Соснін К.В.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

Торянський М.Л.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 85 с., 57 рис., 22 табл., 3 додатків, 19 джерел.

Об'єкт дослідження: система керування температурою зерна у шахтній зерносушарці.

Мета роботи: підвищенні якості процесу керування температурою зерна у шахтній зерносушарці, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Для процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці по каналу температура агенту сушіння – температура зерна після проведеного дослідження передавальної характеристики, було отримано модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «к» при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. За допомогою середовища MatlabR2013b отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор. На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмованого логічного контролера, у середовищі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс для SCADA системи.

У економічному розділі визначені капітальні та експлуатаційні витрати а також був проведений розрахунок економічної ефективності.

У розділі охорони праці розглянуті можливі небезпечні і шкідливі фактори при керуванні технологічною лінією сушки зерна та запропоновані інженерно-технічні заходи для їх усунення. Виконаний розрахунок захисного заземлення та приведені вимоги пожежної безпеки експлуатації зерносушарки.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ШАХТНА ЗЕРНОСУШАРКА, СИНТЕЗ,  
РЕГУЛЯТОР, ЕКСПЕРИМЕНТ, ЛЮДИНО-МАШИННИЙ ІНТЕРФЕЙС

## SUMMARY

Explanatory note: 85 p., 57 figures, 22 tables, 3 annexes, 19 sources.

Research object: grain temperature control system in a continuous grain dryer.

The goal of the work: improving the quality of the grain temperature control process in a continuous grain dryer, by determining the stability edge under the disturbance on the output of the control object.

For the process of drying grain in continuous grain dryer through the channel drying agent temperature – grain temperature after the study of the transmission characteristics, the model of the control system was obtained, the structure and parameters of the controller were determined, the system performance was evaluated according to the advanced criteria, the allowable limit of change of the coefficient "k" was determined under the effect of perturbation on the control system output.

A digital model of the control system has been developed on the basis of a continuous model of the control system. MatlabR2013b provides software modules that implement the object and controller. On the basis of software modules control system software for programmable logic controller was developed. In Zenon environment human machine interface for SCADA system was developed.

CONTROL SYSTEM, CONTINUOUS GRAIN DRYER, SYNTHESIS,  
REGULATOR, EXPERIMENT, HUMAN-MACHINE INTERFACE

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень та визначень **Ошибка! Закладка не определена.**

1	Стан питання та постановка завдання <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
1.1	Характеристика галузі <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
1.2	Технологічний процес	11
1.3	Об'єкт керування	13
1.3.1	Загальна характеристика об'єкта керування	13
1.3.2	Структура об'єкту керування	16
1.3.3	Принцип функціонування об'єкту керування	17
1.4	Структура системи керування	18
1.5	Формулювання задачі дослідження	24
1.6	Висновки по розділу	25
2	Теоретичний розділ	26
2.1	Модель об'єкта керування	26
2.2	Критерії якості функціонування об'єкта керування	29
2.3	Висновки по розділу	30
3	Синтез системи керування	32
3.1	Модель системи керування	32
3.2	Структура регулятора	33
3.3	Оцінка якості функціонування системи керування	33
3.4	Висновки до розділу	48
4	Експериментальний розділ	50
4.1	Цифрова модель об'єкта керування	50
4.2	Розробка програмного забезпечення системи керування	55
4.3	Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейса	57
4.4	Перевірка функціонування програмного забезпечення	60
4.5	Висновки по розділу	61

	6
5 Економічна частина	63
5.1 Техніко-економічне обґрунтування та визначення капітальних витрат для впровадження проекту	63
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	64
5.3 Оцінка економічної ефективності	68
5.4. Висновки по розділу	68
6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	70
6.1 Аналіз умов праці при експлуатації шахтної зерносушарки	70
6.2 Ергономічні фактори ризику	72
6.3 Рішення щодо покращення ергономіки	73
6.4 Методи зниження ергономічних ризиків	74
6.5 Розрахунок освітлення	76
6.6. Безпека у надзвичайних ситуаціях	78
6.7. Висновки по розділу	81
ВИСНОВКИ	82
Перелік посилань	84
Додаток А Програмні модулі системи керування	
Додаток Б Програмне забезпечення системи керування	
Додаток В Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу	

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА  
ВИЗНАЧЕНЬ**

САК	– Система автоматичного керування;
ЛМІ	– Людино-машиний інтерфейс
ПК	– персональний комп'ютер;
SCADA	– Supervisory control and data acquisition system система диспетчерського керування та збору даних

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Процес сушіння зерна відноситься до складних об'єктів керування, що обумовлено великою кількістю збурень, що впливають на ефективність роботи обладнання. Обслуговуючий персонал не в змозі своєчасно реагувати на ці збурення, що мають випадковий характер. Ручне керування агрегатами, що працюють у потоці, низько ефективно, має низьку продуктивність, а прагнення її підвищити може знизити якість просушеного зерна. Покращити показники якості керування процесами сушіння зерна, такі як якість зерна після сушіння, час виходу на режим, стабілізація температурного режиму можна за допомогою ретельного дослідження існуючих систем керування та їх вдосконалення, або розробки нових систем.

Втім, існуючі методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні обладнанням шахтних зерносушарок найчастіше створюються для установок певного типу та конфігурації. Отже, створення універсальних методів, моделей та інформаційного забезпечення при керуванні зерносушарками різних типів та конфігурації є **актуальною науково–технічною задачею**, розв'язання якої забезпечує підвищення якості процесів автоматизованого керування процесом сушіння зерна в умовах підприємств.

**Мета і задачі дослідження.** Мета магістерської роботи полягає у підвищенні якості процесу керування температурою зерна у шахтній зерносушарці, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені і розв'язані наступні задачі:

- обрати комплекс технічних та програмних засобів, розробити необхідну технічну документацію;
- дослідити передавальну функцію зерносушарки по каналу температура агенту сушіння – температура нагріву зерна по вихідній характеристиці для синтезу системи керування;



- дослідити модель системи керування при впливі збурення;
- розробити програмне забезпечення системи керування для SCADA системи з програмованим логічним контролером;
- обґрунтувати економічну ефективність впровадження проекту;
- розробити комплекс заходів з охорони праці на підприємстві.

**Об'єкт дослідження** – система керування температурою зерна у шахтній зерносушарці.

**Предмет дослідження** – методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні температурою зерна у шахті зерносушарки.

**Методи дослідження.** Для дослідження систем керування температурою зерна в шахті зерносушарки використано системний аналіз та системний підхід. Математичне моделювання роботи системи виконано за допомогою диференціальних рівнянь. Оцінка ефективності процесів керування проведена за допомогою використання методів математичної статистики.

#### **Наукове положення.**

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив прямо пропорційний та залежить від знаку та значення збурення, а стійкість системи керування для протидії збуренню пропорційна коефіцієнту «к» об'єкту керування, та має нижнє межове значення « $k=0.28$ ».

#### **Наукова новизна отриманих результатів** полягає у наступному:

Отримана модель впливу збурення на вихідний параметр системи керування шахтної зерносушарки по каналу температура агента сушіння – температура зерна, що дозволяє визначити межове значення коефіцієнта «к» як межу стійкості розробленої системи керування температурою зерна у зерносушарці.

# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1 Характеристика галузі

Врожайність зерна в Україні зростає, так у 2018 році врожай сягнув 70,1 млн. тон[1], у 2019 на рівні 75 млн. тон зерна, у 2021 врожай на рівні 80 млн. тон зерна. Важливим елементом агропромислового комплексу України є галузь збереження та переробки зерна з такими підприємствами як хлібоприймальні підприємства, елеватори, комбикормові заводи, комбінати хлібопродуктів, олійно-екстракційні заводи, насінневі заводи які виконують зберігання та переробку зерна та насіння. Від ступеня їх розвитку, технічного оснащення значною мірою залежить раціональне використання продукції рослинництва рівень забезпеченості потреб населення у продуктах харчування.

Технологія обробки зерна на підприємствах складається з низки операцій, у результаті яких отримують зерно необхідної якості. До цих операцій відносяться зважування, розвантаження автомашин та вагонів залізничного транспорту, попереднє очищення зерна, сушіння зерна, первинне та вторинне очищення зерна, сортування, транспортування, довгострокове зберігання, оцінка показників якості зерна, зважування готової продукції. При поточній технології на підприємствах вказані операції виконують послідовно.

Основною метою підприємств цієї галузі це створення продукції яка відповідає умовам контрактів, ДСТУ, технічним умовам. Хлібоприймальні підприємства, елеватори виконують приймання зерна, доведення якості зерна до базисних кондицій, зберігання і відвантаження зерна. Комбінати хлібопродуктів також як правило мають млин (млинарське господарство), комбикормовий завод, круп'яний завод. Наприклад, «Новоукраїнський комбінат хлібопродуктів», Кіровоградська область[2], виробляє асортимент круп'яної продукції, що перевищує 20 видів зернових пластівців, насамперед – вівсяні, житні, пшеничні, ячмінні, гречані, суміш вищої категорії “Екстра” та різні види мюслі. Приватне акціонерне товариство «Вінницький олійножировий комбінат» [3] виробляє: олію нерафіновану та рафіновану дезодоровану, кондитерські та кулінарні жири,

шортенінги, саломаси, замітники какао-масла. Також за ДСТУ та власними ТУ виробляються кормові продукти (шроти) та побічні продукти виробництва.

## **1.2 Технологічний процес**

Сушіння[4] – видалення вологи з різних матеріалів: твердих (напр., деревина, зерно), рідких (напр., молоко, кров), газоподібних (напр., повітря, топкові гази). Сушіння – один з основних технологічних процесів у промисловості, сільському господарстві та будівництві. Застосовується сушіння твердих матеріалів – конвективне сушіння, контактне сушіння, радіаційне сушіння (інфрачервоним випромінюванням), сушіння під розрідженням (сублімаційне).

Сушіння зерна, як одну з операцій післязбиральної обробки зерна, виконують на заготівельних підприємствах (хлібоприймальні пункти та елеватори). Технологія обробки продовольчого зерна на заготівельних підприємствах складається з низки операцій, у результаті виконання яких отримують зерно необхідної якості. Процес складається з наступних операцій: зважування матеріалу що надходить, розвантаження автомашин та залізничного транспорту, попереднє очищення, сушіння, первинне та вторинне очищення, сортування, транспортування зерна та відходів, зважування готової продукції, протравлювання, короткострокове зберігання, провітрювання, тривале зберігання у силосах, у складах насипом.

В Україні та у світі на заготівельних підприємствах поширено конвективне сушіння. При конвективному способі сушіння тепло передається зерну від сушильного агенту, що переміщується, а волога переміщується від зерна до сушильного агенту. На 96% підприємств [5] України використовуються шахтні зерносушарки (на 48 % підприємств використовуються шахтні вітчизняного виробництва; 38% - шахтні закордонного виробництва; 10% - шахтні вітчизняного виробництва та закордонного виробництва). На заготівельному підприємстві по причині географічного розташування та спеціалізації перелік культур, що підлягають заготовці (сушінню), обмежується декількома найменуваннями.

Зерно на хлібоприймальні пункти перевозять з токів і безпосередньо від комбайнів автомобілями. Після відбору проб зерна і визначення його якості автомобілі з вантажем зважують на автомобільних вагах і розвантажують автомобілі-розвантажувачами в спеціальні бункера - одинарні або групові, надземні або заглиблення. Якщо на пункті є елеватор, то використовують бункера групові. Їх розміщують в окремому приймальному пристрої. З бункера зерно направляють на зерноочисні машини, сушать, вдруге очищають, зважують, а потім розміщують по зерносклади.

Обов'язковою умовою, яку слід виконувати при сушінні зерна, є його попереднє очищення. Великий вміст домішки в зерні може викликати загоряння в сушильній камері, нерівномірну сушку і привести до непродуктивних втрат тепла на висушування домішок. Незалежно від очищення зерна на зерноочисних машинах надсушильний бункер повинен обов'язково мати сітку для затримання великого сміття або випадково потрапляння предметів.

Після проходження зерном сушильної камери воно повинно бути охолоджене продуванням холодним повітрям.

Технологічна схема роботи поточно-транспортної лінії елеватора приведена на рисунку 1.1. Сире зерно з приймального бункера 1 скребковим конвеєром 2 подається в норію 3. Норія 3 подає зерно в бункер-розподільник 4, з якого воно проходить через сито 5 і надходить в бункер-накопичувач 6. Після чого живильник-розподільник 7 подає зерно в каскадний підігрівач 8 у підігрівачі зерно очищається від легких домішок, які повітряним потоком відводяться в циклони і накопичуються в бункері. Очищене зерно з підігрівача надходить в приймальний ковш норії 10 і подається нагору. З норії 10 воно надходить в зерносушарку 11. У зерносушарці зерно висушується сумішшю топкових газів з повітрям, що надходять з топки 12, а потім охолоджується атмосферним повітрям. Висушене зерно з зерносушарки надходить на живильник 13 і транспортується на склад готової продукції. Якщо з

зерносушарки виходить недосушене зерно, то його за допомогою живильника 13 направляють повторно на норію 10.

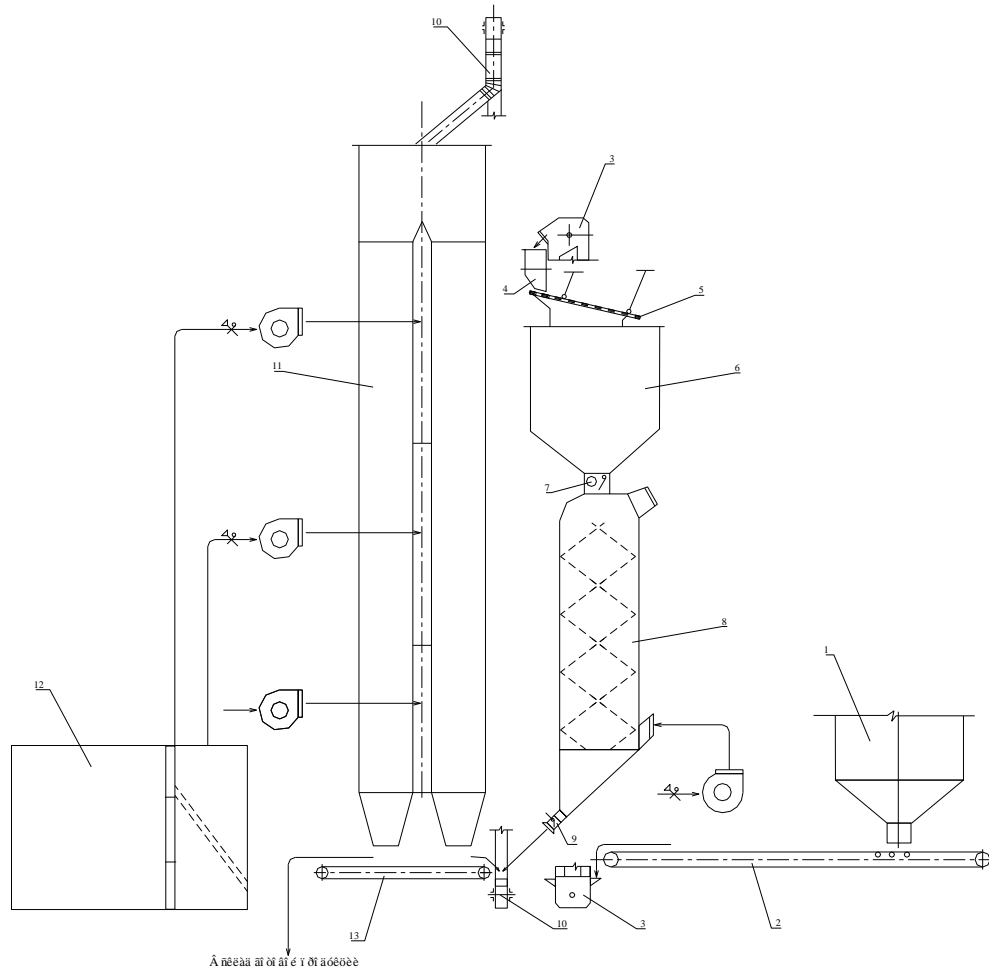


Рисунок 1.1 - Технологічна схема поточно-транспортної лінії підприємства зберігання та переробки зерна.

### 1.3 Об'єкт керування

Технологічний об'єкт, що розглядається в кваліфікаційній роботі – шахтна зерносушарка безперервної дії для сушіння зерна.

#### 1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Дуже поширеною на підприємствах зберігання та переробки зерна України є шахтна зерносушарка ДСП-32. Сушарку встановлюють біля механізованих ліній транспортування зерна при складах зберігання зерна, робочих баштах або

силосних корпусах елеваторів (рис. 1.2). Зерносушарка ДСП-32-ОТ-2 стаціонарна, шахтного типу, з двоступінчастим режимом сушіння. Її продуктивність 32 т/год при зниженні вологості зерна на 6% (з 20 до 14%).

Зерносушарка складається з наступних основних частин: двох сушильних шахт і розподільної камери, розташованої між ними; топки, що працює на рідкому паливі; трьох вентиляторів - для першого і другого

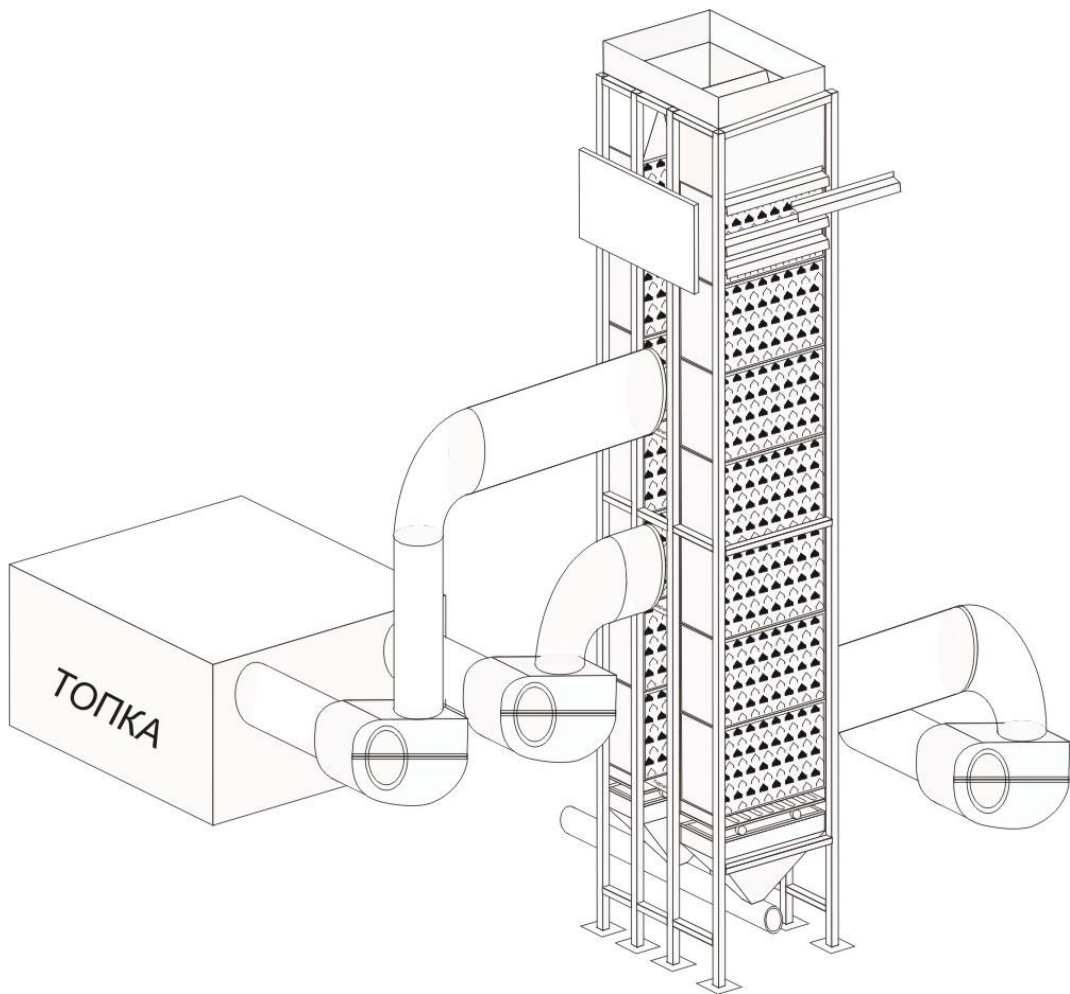


Рисунок 1.2 – Зерносушарка ДСП-32-ОТ-2

ступенів сушіння і для охолодження зерна; вентилятора високого тиску для форсунки; чотирьох електродвигунів для вентиляторів; двох затворів для випуску зерна з шахт і двох електродвигунів для приводу затворів. Над шахтами змонтовано бункер, що живить шахти зерном. Кожна шахта має по висоті три відділення: верхнє - перший ступінь сушіння; середнє - другий ступінь сушіння; нижнє - камера охолодження зерна.

У першому місці шахти розташовано 24 ряди коробів, з них верхній (перший) ряд - підвідний агент сушіння, а наступний за ним (другий) - відвідний і т. д. (Кожен непарний - підвідний, а парний під ним - відвідний).

У сушильній зоні другого ступеня шість рядів коробів підвідних і вісім відвідних. В охолоджувальній камері дев'ять рядів коробів, що підводять холодне повітря, і дев'ять рядів відвідних.

Топка сушарки працює на рідкому паливі. У фронтальній стінці топки встановлений чавунний щит. До щита прикріплена форкамера з форсункою. До фланця приєднана камера згоряння. У топці по осі камери згоряння розміщені два металевих циліндра для підведення повітря до камери змішування. Циліндри прикріплені до чотирьох стійок. Задня стінка топки щільно охоплює другий циліндр, за яким розташована камера змішування.

Зерносушарка знаходиться на відкритому майданчику, а її топка розташовується в будівлі. Там же встановлено пульт управління і контролю. Засоби автоматизації забезпечують стабільність температури сушильного агента і постійного тиску

Сушіння зерна на підприємствах виконується згідно інструкції [6]. Головною задачею сушіння зерна є зменшення вологи для переводу зерна у стійке для зберігання становище. При сушінні суворо заборонено зниження хлібопекарських, продовольчих і кормових якостей зерна та якості олійного насіння. Робітники, що обслуговують зерносушарку повинні дотримуватися режимів сушіння зерна, виконувати норми продуктивності, економити паливо та електроенергію. За кількісне та якісне зберігання зерна при сушінні несуть відповідальність оператор зерносушарки та лаборант, що контролює процес сушіння та відбирає проби зерна. Інструкція визначає вимоги до безпечної експлуатації сушарок, щоб уникнути щоб уникнути загоряння сушарки, перегріву, псування зерна при сушінні, но інструкція не вказує значень керуючих впливів. Наприклад, для різних культур вказані лише верхня межа значення температури агенту сушіння по зонам та температура нагріву зерна.

Для нагріву повітря використовується пальник. Пальник МДГП (пальник газовий мікро-дифузійний) номінальною тепловою потужністю 0,3...35,0 МВт використовується для високоефективного спалювання природного газу, пропан-бутанової суміші та іншого газоподібного палива у будь-якому обладнанні, що використовує газ[7]. Пальник МДГП (рис.1.3) використовується на промислових парових та водогрійних котлах, зерносушарках, промислових печах, сушарках та інших теплових агрегатах промислового призначення. Економічне та екологічно чисте спалювання засновано на струминному змішуванні газу з повітрям та утворенні на зрізі пілонів пальника МДГП горючої суміші.

Мікродифузійний процес спалювання газу у пальнику МДГП протікає: в короткому факелі; забезпечує високу стійкість спалювання до коливань тиску газу у газопроводі; забезпечує рівномірне температурне поле в камері горіння теплового агрегату; забезпечує високі екологічні показники.

Пальник комплектується блоком розпалювання, блоком автоматики, датчиками тиску. Блок автоматики має різні інтерфейси для обміну даними, у тому числі інтерфейс RS-485, з реалізацією протоколу Modbus RTU. Значення температури агенту сушіння задається оператором за допомогою блоку автоматики пальника або через інтерфейс обміну даними.



Рисунок 1.3 – Пальник МДГП



Коефіцієнт корисної дії пальника МДГП складає 95%. Для зерносушарки ДСП-32 економія витрат газу у порівнянні з попереднім пальником складає 10%.

### 1.3.2 Структура об'єкту керування

При опису процесу керування сушінням зерна варто відзначити, що це керування, при якому значення керуючої дії виробляється за допомогою людини-оператора. Це керування зі зворотнім зв'язком, при якому керуюча дія виробляється з врахуванням стану об'єкту керування. Відомості про якісні показники зерна після сушіння дозволяють виконувати керування по відхиленню, коли керуюча дія виробляється з врахуванням сигналів відхилення.

У процесі сушіння зерна контролюються параметри: температура агенту сушіння, температура нагріву зерна, стан обладнання та інші, а також якісні показники партії зерна у лабораторії підприємства: запах, колір, вологість, кількість та якість клейковини у пшениці, стан оболонки (підсмажені, потемніли), зараженість та інші.

Розділімо умовно параметри, що характеризують процес сушіння зерна пшениці [8] на групи (рис.1.3). Впливи збурення, що контролюються – параметри, що визначають якість вихідного матеріалу шифруються наступним чином:  $K$  – зернова культура;  $K_3V_{ВХ}$  – вологість зерна;  $K_3ЗАП_{ВХ}$  – запах зерна, наявність запаху диму, сірчистого газу, рідинного палива;  $K_3Ц_{ВХ}$  – колір зерна;  $K_3КО_{ВХ}$  – якість оболонки зерна (потемніння, підгорілий вигляд);  $K_3ЗАР_{ВХ}$  – зараженість;  $K_3ПС_{ВХ}$  – домішка сорна;  $K_3ПС1_{ВХ}$  – домішка сорна у тому числі зіпсовані зерна, наявність битих, обрушених зерен;  $K_3ПЗ_{ВХ}$  – домішка зернова;  $K_3Н_{ВХ}$  – натура;  $K_3ККЛ_{ВХ}$  – кількість сирої клейковини;  $K_3ККЧ_{ВХ}$  – якість клейковини.

Керовані параметри скорочено названі:  $T_{аг.1}$  – температура сушильного агенту на входу у сушильну шахту першої зони;  $T_{аг.2}$  – температура сушильного агента на входу у сушильну шахту другої зони;  $C_3$  – швидкість (розхід) зерна.

Параметри на виході зерносушарки скорочено названі:  $T_3$  – Температура зерна на виході другої зони нагріву;  $T_{3.вих}$  – температура зерна на виході;  $K_3V_{вих}$  – вологість зерна;  $K_3ЗАП_{вих}$  – запах зерна після сушіння, це наявність запаху диму, сірчистого газу, рідинного палива;  $K_3Ц_{вих}$  – колір зерна після сушіння;  $K_3КО_{вих}$  –

якість оболонки зерна після сушіння (потемніння, підгорілий вигляд);  $K_3 ZAR_{вих}$  – зараженість;  $K_3 PC_{вих}$  – домішка сорна;  $K_3 PC1_{вих}$  – домішка сорна, у тому числі зіпсовані зерна, наявність битих зерен;  $K_3 ПЗ_{вих}$  – домішка зернова;  $K_3 H_{вих}$  – натура;  $K_3 KKL_{вих}$  – кількість сирої клейковини;  $K_3 KKЧ_{вих}$  – якість клейковини.

### 1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування

Для різних культур, різного призначення зерна (наприклад, зерно насіннєве) перелік параметрів може змінюватися. Для окремого вихідного параметра правило (завдання) керування задається формулою:

$$\text{відх } X_{вих} = |X_{вих.} - X_3| \rightarrow \min \quad (1.1)$$

де  $\text{відх } X_{вих}$  – відхилення параметра після сушіння від заданого значення;

$X_3$  – задане значення параметра після сушіння;

$X_{вих.}$  – значення параметра після сушіння.

$$\text{відх } T_3 = |T_3 - T_{3,3}| \rightarrow \min \quad (1.2)$$

де  $\text{відх } T_3$  – відхилення параметра температура зерна на виході зони нагріву від заданого значення;

$T_{3,3}$  – задане значення параметра температура зерна на виході зони нагріву;

$T_3$  – значення параметра температура зерна на виході зони нагріву.

## 1.4 Структура системи керування

Структура системи керування відображає структурні елементи системи керування і зв'язки між ними. Для технологічного процесу сушіння зерна пропонується використовувати централізовану систему керування яку умовно можна поділити на три рівня. Перший рівень це рівень датчиків та виконавчих механізмів. На рівні датчиків пропонується використовувати аналогові датчики температури зерна та агенту сушіння. Виконавчим механізмом є пальник зерносушарки. Другий рівень здійснює обробку інформації, що надійшла з першого рівня, реєстрацію технологічних параметрів, підготовку і передачу оперативної інформації на третій рівень, отримання уставок від верхнього

(третього) рівня. Другий рівень включає в себе мікропроцесорний контролер з модулями вводу/виводу даних. Третій рівень керування представляє собою пульт оператора у вигляді комп'ютера.

Пульт оператора виконує наступні функції:

- керування технологічним процесом;
- візуалізація стану технологічного обладнання в зручному для сприйняття і аналізу вигляді (графіки, мнемосхеми, перелік подій і т.п.).

Розроблено структурну схему системи керування температурою зерна у зерносушарці (рисунок 1.4).

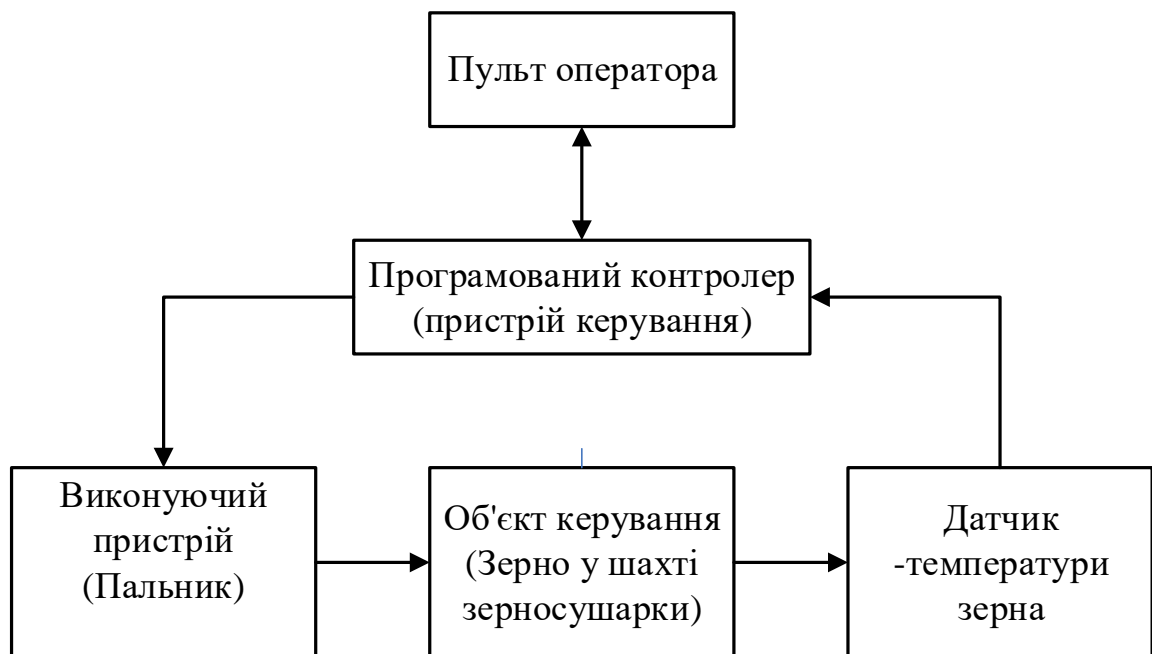


Рисунок 1.4 – Структурна схема системи керування температурою зерна

Сучасна система керування, в свою чергу, істотно розширює можливості регулювання. За допомогою мікропроцесорної техніки можна реалізувати складні алгоритми керування. При цьому обладнання має високу надійність, є можливість резервування. Вже впроваджена система легко піддається змінам в схемах і контурах регулювання, без заміни і модернізації устаткування.

Сучасні системи керування крім вирішення задач керування об'єктом виконують ряд інших функцій, таких як:

- програмування та конфігурування давачів, контролерів, та виконавчих пристроїв;

- організація режиму ручного керування;
- організація робочого місця оператора;
- візуалізація людино-машинного інтерфейсу;
- виявлення критичних режимів роботи;
- реєстрація історії процесу керування;
- створення, зберігання, та завантаження рецептів технологічного процесу;
- формування звітів;
- архівація даних.

Реалізація вище наведених функцій потребує використання не тільки промислових контролерів, а одного або декількох комп'ютерів, оснащених спеціалізованим програмним забезпеченням та підключених до загальнопромислової інформаційної мережі.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків показана на рис. 1.5. Дана структура забезпечує збір інформації про технологічний процес, її реєстрацію, візуалізацію, збереження в базі даних і створення резервних копій. Крім того дана структура забезпечує контроль за обладнанням і сигналізацію.

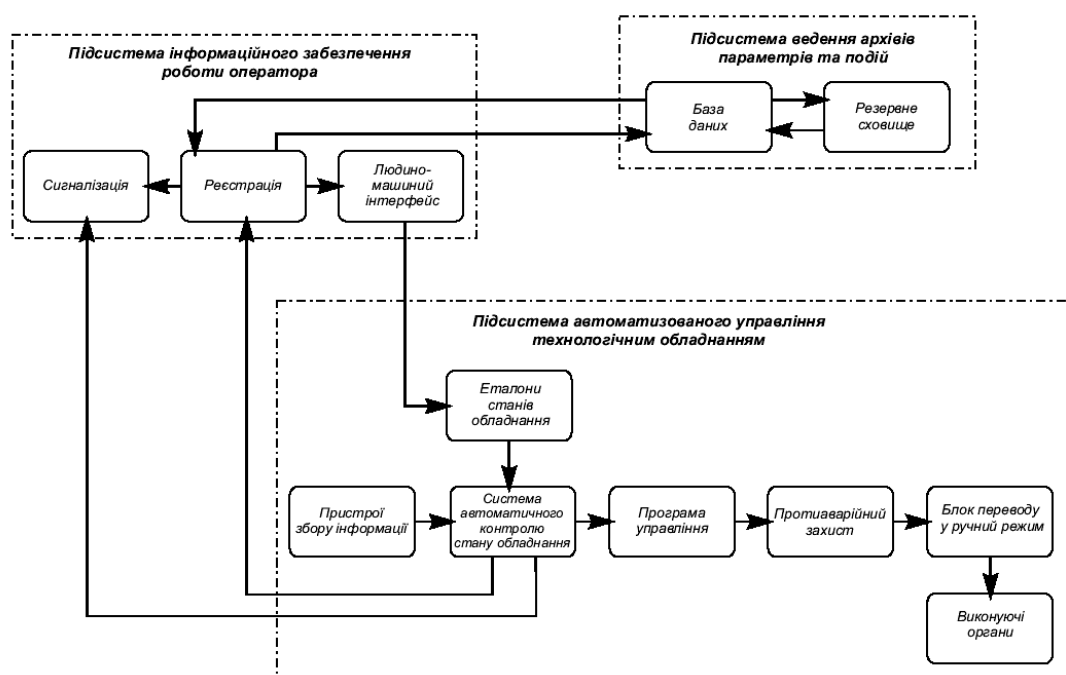


Рисунок 1.5 – Структурна схема інформаційних потоків

З огляду на те, що температура зерна та температура агенту сушіння в процесі сушіння зерна, не перевищує  $180^{\circ}\text{C}$ , то для контролю температури зерна обрано термоперетворювач опору мідний з високоточним нормованим перетворювачем, з уніфікованим вихідним сигналом 4...20 мА [9]. Діапазон вимірюваних температур термоперетворювача ОВЕН ДТС035М–50М.0,5.500.И[1] складає від мінус 50 до плюс 180 С. Цей термоперетворювач (рис. 1.6) призначено для безперервного вимірювання та перетворення значень температури рідин, газоподібних, твердих та сипучих речовин в уніфікований вихідний сигнал струму 4...20 мА. Вимірюваний технологічний робочий діапазон температур від температури навколишнього середовища до плюс  $65^{\circ}\text{C}$ , що лежить в діапазоні температур обраного термоперетворювача.



Рисунок 1.6 – Термоперетворювач ОВЕН ДТС035М–50М.0,5.500.И[1]

Термометри опору надійні в експлуатації, мають високу чутливість, у них відсутні необхідність в застосуванні дорогих компенсаційних проводів, вони мають хорошу взаємозамінність.

На підставі обраного термоперетворювача та його технічних характеристик складена таблиця 1.1

Таблиця 1.1. – Датчики системи керування

№	Найменування параметра	Принцип роботи	Тип	Діапазон вимірювання	Точність, %	Значення виходу	Період оновлення	Споживча потужність
1	Температура зерна	Перетворення температури в опір	Аналоговий	мінус 50 – плюс $180^{\circ}\text{C}$	0,5	4-20 мА	1 с	1 Вт

В роботі використовується програмований логічний контролер VІРА 200 214-2ВЕ03 (рис. 1.7). Так як, цей контролер задовольняє всім вимогам системи. Даний контролер має час арифметичної операції над речовим числом

40 мкс, що достатньо для забезпечення реакції на зміну температури, обсяг пам'яті програм 144 Кбайта і обсяг робочої пам'яті 96 Кбайт, що є достатнім для реалізації програми керування.

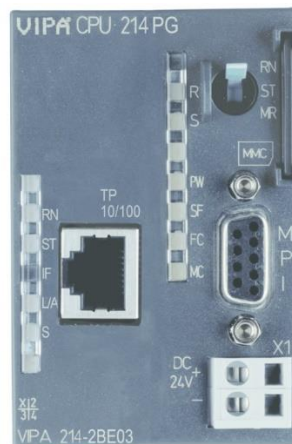


Рисунок 1.7 – Модуль програмованого логічного контролера VIPA 214-2BE03

Технічні характеристики контролера наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. – Технічні характеристики модуля VIPA 214-2BE03

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	Тип CPU 214NET
2	Робоча пам'ять, кБайт	96
3	Пам'ять, кБайт	144
4	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
5	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
6	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
7	Час виконання команди над подвійним словом, мкс	40,0
8	Ethernet інтерфейс	Присутній
9	Напруга живлення, В	24
10	Споживана потужність, Вт	6
11	Максимальна кількість модулів, штук	32

Виходячи з того, що контролер буде підключений до пристрою з аналоговим виходом, та до пристрою, що керується аналоговим сигналом, контролер володіє модульною структурою, щоб забезпечити підключення вибраного обладнання. Також контролер володіє Ethernet інтерфейсом, що

забезпечує можливість функціонування підсистеми інформаційного забезпечення роботи оператора, що реалізована на базі персонального комп'ютера.

Для підключення до програмованого логічного контролера Термоперетворювач ОВЕН ДТС035М–50М.0,5.500.И[1] необхідно використати модуль аналогового входу з діапазоном вхідного сигналу 4...20 мА. Також, для підключення регулятора потужності SPC1-50 , нам необхідно використати модуль аналогового виходу з діапазоном вихідного сигналу від 4...20 мА. Даним вимогам задовольняє модуль VIPA 234-1BD50, що володіє двома аналоговими входами та двома аналоговими виходами з діапазоном сигналу 4...20 мА див. рис. 1.8.

Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виходу наведені в таблиці 1.3.



Рисунок 1.8 - Модуль аналогового вводу/виходу VIPA 234-1BD50

Таблиця 1.3. – Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виходу

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	SM 234
2	Кількість входів/виходів	2/2
3	Тип входу	аналоговий
4	Діапазон сигналу, мА	+/-20mA, +/-10V
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	2,9

Для підключення до ПЛК пальника необхідно використовувати модуль, що функціонує в режимі майстера польової шини RS-485 інтерфейса.

Даним вимогам задовольняє модуль комунікаційного процесора VIPA 240-1CA20 (рис. 1.9). Технічні характеристики модуля наведено в таблиці 1.4.



Рисунок 1.9 – Модуль комунікаційного процесора VIPA 240-1CA20

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики модуля комунікаційного 240-1CA20

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CP240, RS485
2	Тип інтерфейса	RS-485
3	Тип роз'єму підключення	D-sub, 9 - контактів
4	Мінімальна швидкість, біт/с	150
5	Максимальна швидкість, кбіт/с	115,2
6	Максимальна довжина кабеля, м	1200
7	Підтримка протоколу Modbus в режимі майстера	Є
8	Споживча потужність, Вт	0,75

На підставі обраного програмованого логічного контролера і його модулів складена 0.



Таблиця 1.5. – Програмований логічний контролер і його модулі

№	Найменування	Пристрій	Потужність
1	VIPA 214-2BE03	Центральний процесорний модуль	6,00 Вт
2	VIPA 234-1BD50	Модуль аналогового вводу/виводу	2,90 Вт
3	VIPA 240-1CA20	Модуль комунікаційного процесора	0,75 Вт

Програмований логічний контролер VIPA 214-2BE03 живиться від джерела постійної напруги +24 В. Споживана потужність програмованого логічного контролера 18 Вт. Відповідно до цього в якості джерела постійної напруги обрано джерело живлення SPD24301 зі змінною напругою живлення від ~ 85 до ~ 264 В, вихідною напругою +24 В і потужністю 30 Вт (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Джерело живлення SPD24301

Таблиця 1.6. – Технічні характеристики джерела живлення SPD24301

№	Найменування параметру	Значення
1	Напруга живлення, В	~85÷~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

### 1.5 Формулювання задачі дослідження

Мета кваліфікаційної роботи полягає у підвищенні якості процесу керування температурою зерна у шахтній зерносушарці, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити передавальну функцію зерносушарки по каналу температура агенту сушіння – температура нагріву зерна по вихідній характеристиці для синтезу системи керування;
- дослідити модель системи керування при впливі збурення;
- розробити програмне забезпечення для SCADA системи з програмованим логічним контролером;
- обґрунтувати економічну ефективність впровадження проекту;
- розробити комплекс заходів з охорони праці на підприємстві.

### **1.6 Висновки по розділу**

Для шахтної зерносушарки для досягнення мети роботи обрано комплекс технічних засобів на базі мікропроцесорного контролера VIPA 200 та SCADA систему Zenon.

## 2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Модель об'єкта керування

У промисловості найбільш поширеним способом отримання математичної моделі є ідентифікація об'єкта керування. Ідентифікація - це процес побудови математичної моделі об'єкта керування, заснований на обробці спостережуваних вхідних і вихідних сигналів.

Процес ідентифікації об'єкта керування складається з трьох етапів: структурна ідентифікація, параметрична ідентифікація та оцінка адекватності моделі. Передавальної характеристики зерносушарки по каналу температура агенту сушіння ( $T_{ac}$ ) – температура зерна ( $T_z$ ) отримана[10] після ідентифікації процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці. Передаточна характеристика представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку:

$$\frac{K_{T_{ac}T_z} e^{-\tau_0 p}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}, \quad (2.1)$$

де,  $T_2=411,6$  сек.;  $T_1=888$  сек.;  $K_{T_{ac}T_z}=0,035 \pm 0,35^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$ ,  $\tau_0=270$  сек.

Модель об'єкту керування у математичному пакеті MATLAB має вигляд (рис. 2.1) :

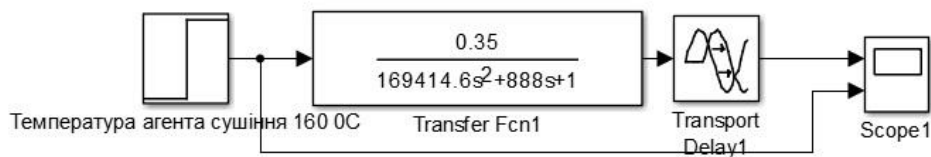


Рисунок 2.1 – Модель об'єкту керування

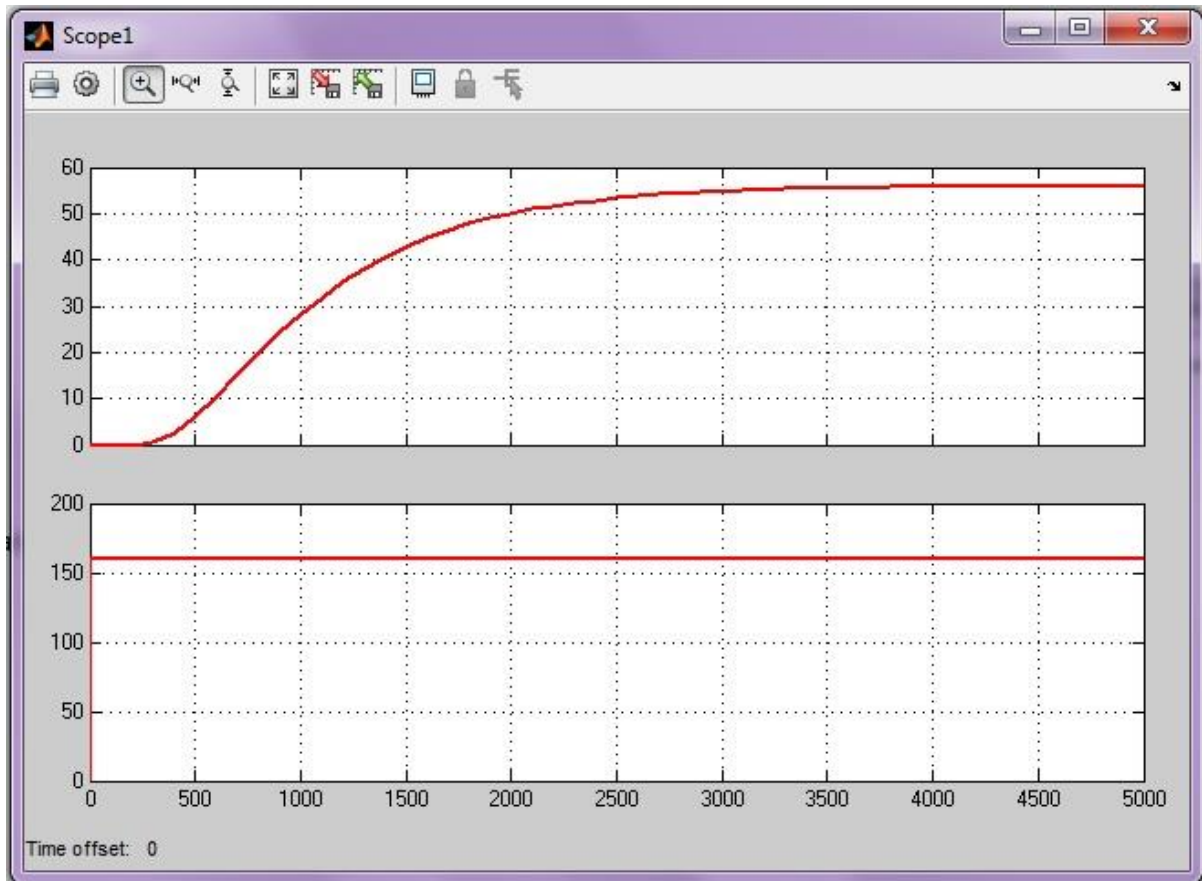


Рисунок 2.2 – Результат моделювання моделі об'єкта керування по каналу температура агенту сушіння ( $T_{ac}$ ) – температура зерна ( $T_z$ )

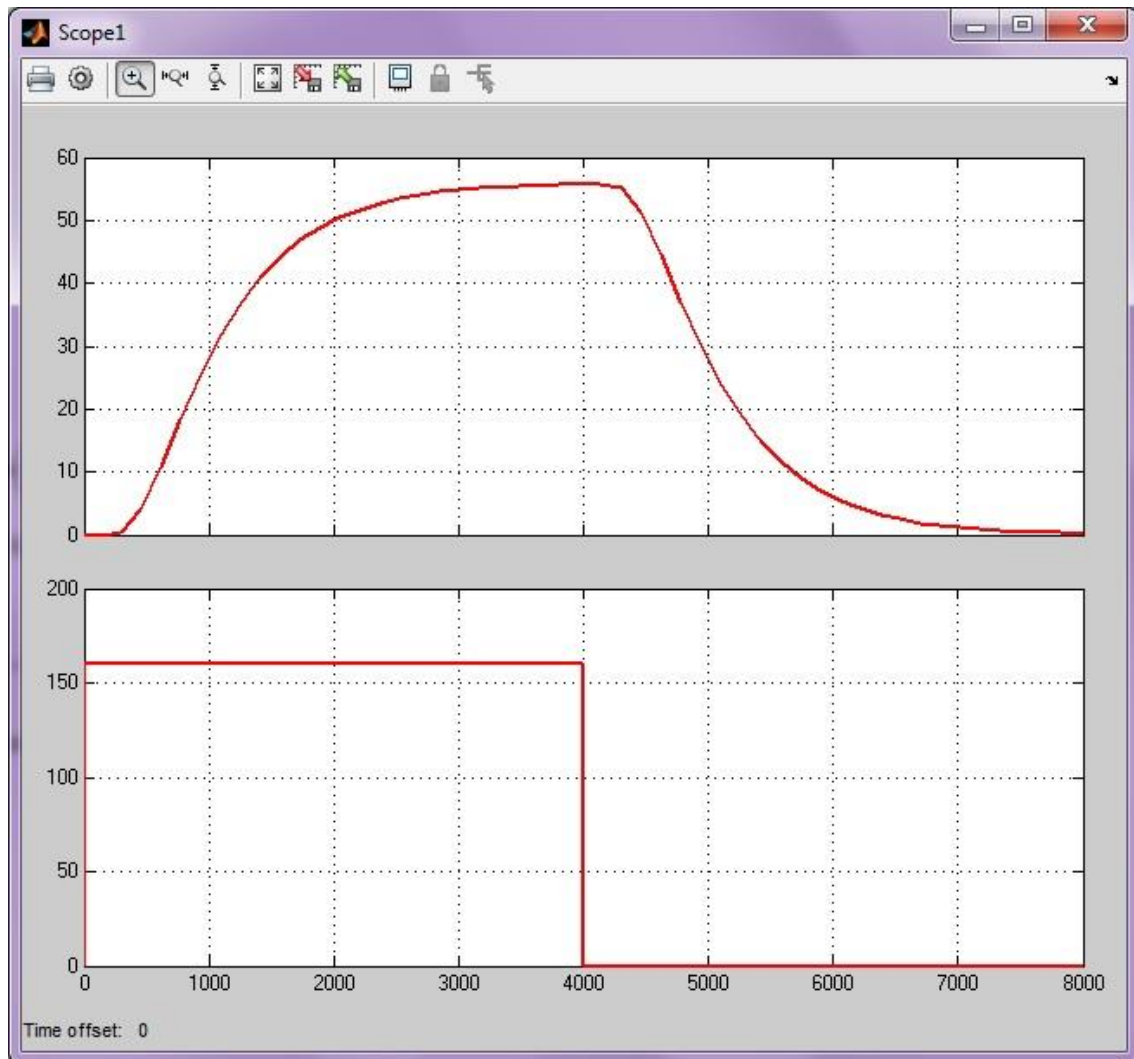


Рисунок 2.3 – Характеристика об'єкту керування під впливом П-образного впливу

Проведено дослідження за допомогою П-образного впливу, що показав симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової (рис. 2.3)

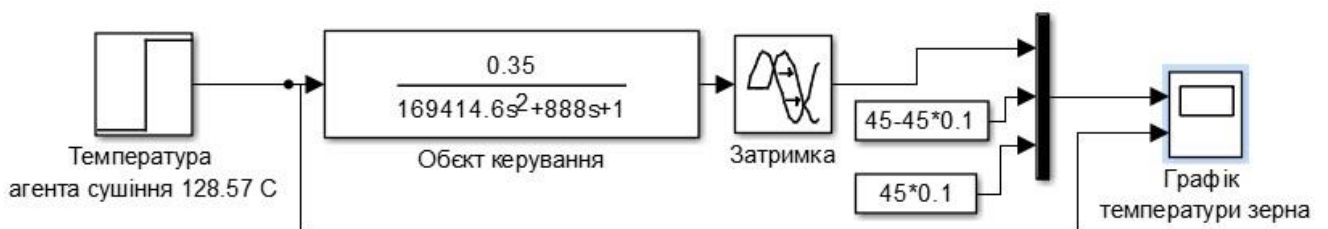


Рисунок 2.4 – Реалізація моделі об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

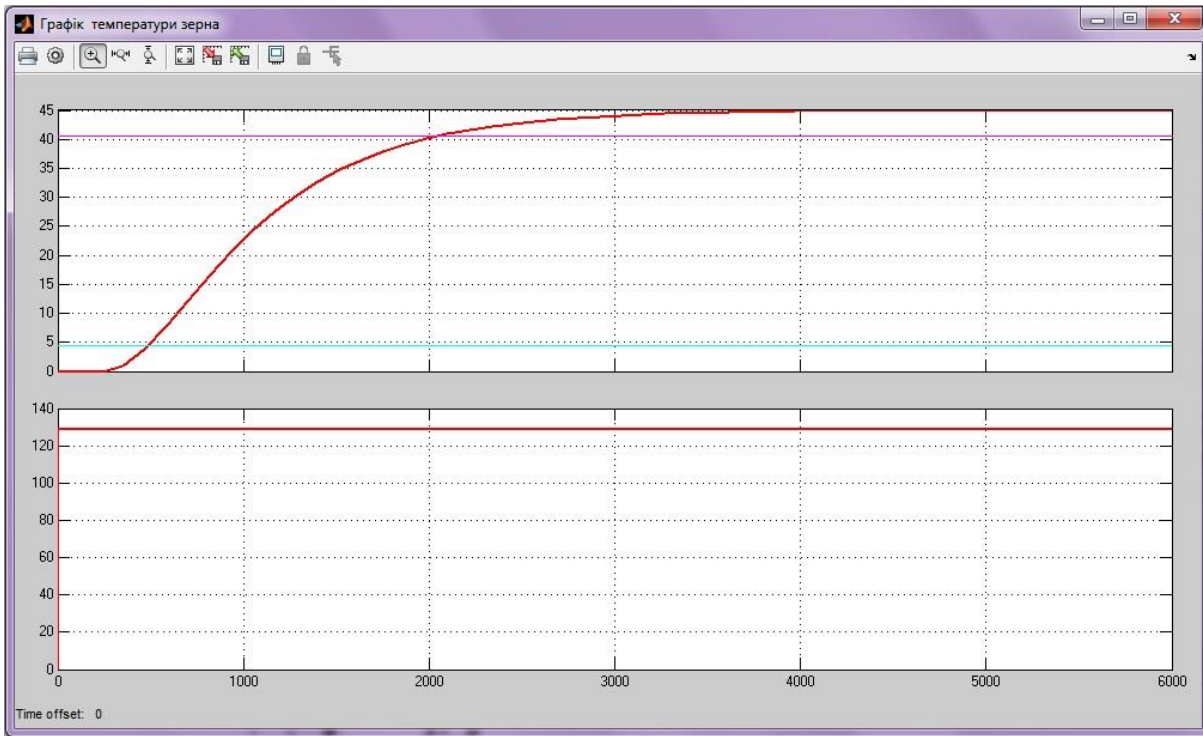


Рисунок 2.5 – Графік об’єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

Таким чином у результаті виконання експерименту проведено дослідження у результаті якого були отримані динамічна характеристика, а також отримані перевірочні дані.

## 2.2 Критерії якості функціонування об’єкта керування

Критерієм нагріву зерна у зерносушарці є мінімальне відхилення від заданого значення температури зерна.

$$\text{відхил } T_z = |T_z - T_{z,\text{зад}}| \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де  $\text{відхил } T_z$  – відхилення значення параметру температура зерна;  $T_z$  – значення параметру температура зерна;  $T_{z,\text{зад}}$  – задане значення параметру температура зерна.

Причому якщо зерно перегріти (пересушити), то це зможе призвести до зниження якісних характеристик зерна, а значить зниження його вартості. Пересушування зерна без порчі якісних показників призводить до зниження маси,

а це означає зниження вартості партії зерна. Якщо температура зерна нижче заданої, то це знижує вологість при проходженні зерна через зерносушарку, знижує ефективність роботи зерносушарки.

Графічним методом за допомогою рисунка 2.5 встановлюється параметри об'єкту керування час наростання, та час встановлення, перерегулювання. Час наростання це інтервал часу на протязі якого вихідна змінна зростає від 10% до 90% від встановленого значення. Згідно рис. 2.5. час наростання дорівнює приблизно 1450 с. Час встановлення с заданою похибкою час по завершенню якого похибка регулювання не перевищує заданого значення. Для похибки (10%) згідно рисунка 2.5 час встановлення складає приблизно 2500 с. Перерегулювання – перевищення першого викиду над сталим значенням змінної. Згідно рис. 2.5. перерегулювання відсутнє.

Також необхідно дослідити поведінку системи, за умови застосування декількох типів регуляторів. Та вивести залежності якості роботи системи відповідно до зміни параметрів системи.

Для цього об'єкту, виходячи з його характеристик, буде проведено дослідження з використанням оптимального регулятора для визначення граничних показників для P, PI, PID регуляторів. PID регулятор є кращим рішенням для об'єктів 1-2го порядків з затримкою, а також має здатність компенсувати статичну помилку за її наявності.

Метод за допомогою яких, буде проведено дослідження, і одержання параметрів для кожного з регуляторів це метод Зиглера-Николса.

Алгоритми налаштування регулятора цими методами відповідає основним цілям регулятора. Під час налаштування, коефіцієнт K вибирається таким чином, щоб забезпечити найкраще співвідношення між продуктивністю і робастністю. За замовчуванням, алгоритм вибирає частоту зрізу (ширину смуги пропускання) на підставі динаміки моделі і мінімального запасу по фазі в 60 градусів.

### **2.3 Висновки по розділу**

Для зерносушарки шахтного типу для каналу керування «Температура агенту сушіння – температура зерна» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку другого порядку з запізненням 270 секунд. Дослідження за допомогою П-образного впливу показало симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової. Дослідження об'єкту графічним методом по вихідній характеристиці після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 1450 с., час встановлення складає приблизно 2500 с., перерегулювання відсутнє.

Отриманих даних про функціонування об'єкту керування, та висунутих критеріїв достатньо для проведення синтезу системи та обрання конкретного типу регулятора.



### 3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Модель системи керування

Імітаційна модель системи автоматичного керування температурою зерна всередині зерносушарки основана на структурній схемі системи, коли складовими частинами імітаційної моделі системи є локальні імітаційні моделі окремих елементів системи. Такими локальними моделями є імітаційні моделі блоку керування, датчика температури, регульованого клапана пальника та сушильної шахти зерносушарки.

Таким чином, структурна схема імітаційної моделі системи керування температурою у зерносушарці буде такою, як на рис.3.1.

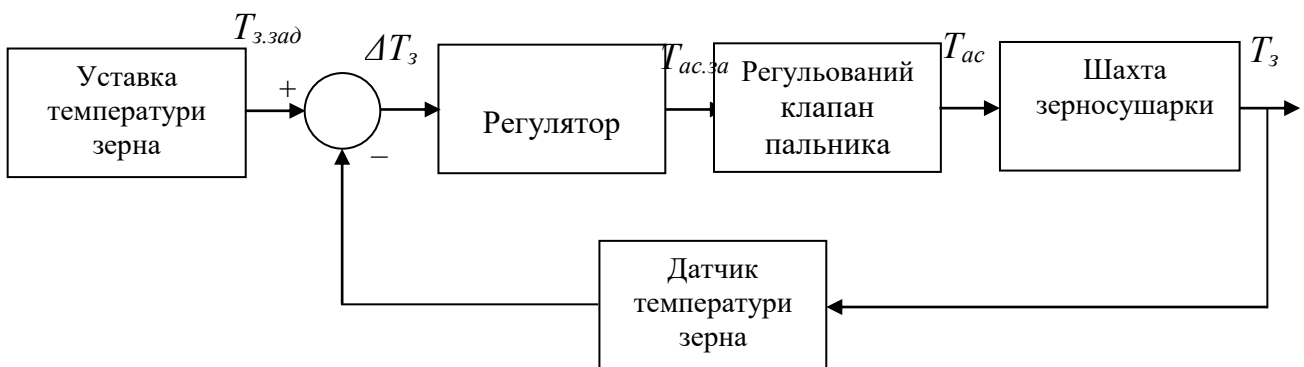


Рисунок 3.1 – Структурна схема імітаційної моделі системи керування температурою зерна у зерносушарці

На рис.3.1. введені наступні позначення:  $T_{z.zad}$  – задане значення (уставка) температури зерна у сушарці, °С;  $T_z$  – фактичне значення температури зерна у сушарці, °С;  $\Delta T$  – відхилення фактичного значення температури зерна у сушарці від заданого значення (уставка) температури зерна, °С;  $T_{ac.za}$  – задане значення температури агенту сушіння, що подається на пальник сушарки, В;  $T_{ac}$  – температура агенту сушіння, °С.

Аналіз характеристик у розділах 1, 2 дозволяє зробити висновок щодо суттєвої інерційності зміни температури зерна як об'єкта керування – перехід температури на новий рівень займає до 4000 сек. Тим часом, зміна ступеня

відкриття регульованого пальника теплогенератора із одного крайнього положення до іншого займає декілька секунд. Таким чином, маючи суттєву інерційність об'єкта керування у порівнянні з пальником, як виконавчим елементом системи (об'єкт повільніше за виконавчий елемент у 100-1000 разів), справедливим буде припущення про відсутність інерційності виконавчого елемента системи. Також приймаємо, що датчик температури в середині зерносушарки також є елементом без інерції, оскільки перетворення зміни температури вимірювального елемента датчика на зміну електричного сигналу відбувається за декілька мілісекунд.

На основі результатів структурної та параметричної ідентифікації об'єкта керування передаточна функція об'єкта керування має наступний вигляд:

$$W(s) = \frac{0.350e^{-270p}}{169414.6p^2 + 888p + 1},$$

де  $s$  – неперервний оператор Лапласа.

Для обчислення коефіцієнтів підсилення локальних моделей елементів системи зробимо аналіз діапазонів зміни сигналів на входах та виходах елементів системи.

За умови повністю відкритого пальника теплогенератора спостерігається температура зерна  $56^{\circ}\text{C}$ . Відкритому клапану пальника відповідає сигнал положення електроприводу  $20\text{mA}$ . За умови повністю закритого клапана пальника спостерігається температура  $0^{\circ}\text{C}$ . Закритому клапану пальника відповідає керуючий сигнал положення електроприводу  $4\text{mA}$ . Датчик OVEN ДТС105 вимірює температуру у діапазоні від  $-50^{\circ}\text{C}$ . (при цьому на виході датчика спостерігається  $4\text{mA}$ ) до  $+500^{\circ}\text{C}$  (при цьому на виході датчика маємо  $20\text{mA}$ ).

### 3.2 Структура регулятора

Регулятор системи автоматичного керування являє собою пристрій або програмне забезпечення, яке стежить за дійсним значенням об'єкта керування й розраховує значення керуючого впливу, сформоване за допомогою виконавчого

пристрою. Розрахунки значення керуючого впливу здійснюється відповідно до алгоритму керування реалізованим регулятором. Вибір регулятора здійснюється відповідно до вимог, висунутих до системи автоматичного керування і якості її роботи.

На підставі вимог до системи керування температурою зерна у зерносушарці система повинна підтримувати значення температури на рівні 45°C. Статична помилка системи автоматичного керування повинна дорівнювати нулю. Зміна температури зерна у зерносушарці повинна бути монотонною. Перерегулювання повинне бути меншим за 10 %, що відповідно до робочого діапазону температури від 40°C до 50°C становить 10°C.

У процесі ідентифікації було встановлено, що шар зерна у зерносушарці є лінійним об'єктом керування, структурно стійким, і з самовирівнюванням. У промисловості для керування такими об'єктами широке застосування одержали пропорційно-інтегрально-диференційні регулятори.

Виходячи з отриманих результатів ідентифікації, визначені постійні часу (411,6 с та 888 с) та час запізнення (270 с) об'єкта керування.

Виходячи з цього, у системі автоматичного керування температурою зерна у зерносушарці, в якості регулятора міг бути використаний пропорційно-інтегрально-диференційний (PID) регулятор, або один з його підвидів: пропорційний (P), пропорційно-інтегруючий (PI), пропорційно-диференційний (PD).

Розрахунок параметрів для P, PI, PID регуляторів проведемо методом Зиглера-Николса. Для визначення параметрів регуляторів за методами Зиглера-Николса необхідно розрахувати параметри, що передаються за функції, а саме: К-коефіцієнта підсилення інтегруючої ланки, Т – постійної часу об'єкту, tau- час затримки. Визначення динамічних характеристик об'єкту згідно кривої розгону виконано методом дотичної у точці перегину передавальної характеристики (крива розгону).

Модель відповідає апериодичній ланці другого порядку

$$K = 0.35, T = 1150 \text{ с.}, \tau = 270 \text{ с}$$

Пропорційний регулятор по методу Зиглера-Николса:  $K_p = 13.2$

Пропорційно-інтегруючий регулятор по методу Зиглера-Николса

$K_p = 11.9$ ,  $T_i = 0.015$

Пропорційно-інтегруючо-диференціюючий регулятор

$K_p = 15.87$ ,  $T_i = 0.029$ ,  $T_d = 2143$ ,  $N = 10.000$

Таблиця 3.1 Параметри регуляторів розраховані методом Зиглера-Николса

	$K_p$	$T_i$	$T_d=K_d$	$T_f$	$N$
P	13.2				
PI	11.9	0.015			
PID	15.9	0,029	2143	214,3	10

Побудуємо модель системи у пакеті MATLAB та реалізуємо усі типи регуляторів, перевіривши їх роботу з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса.

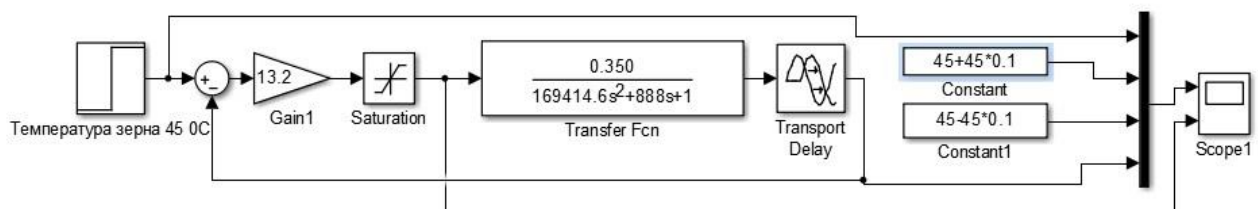


Рисунок 3.2– Модель системи керування з P-регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з P-регулятором показано на рис. 3.3.

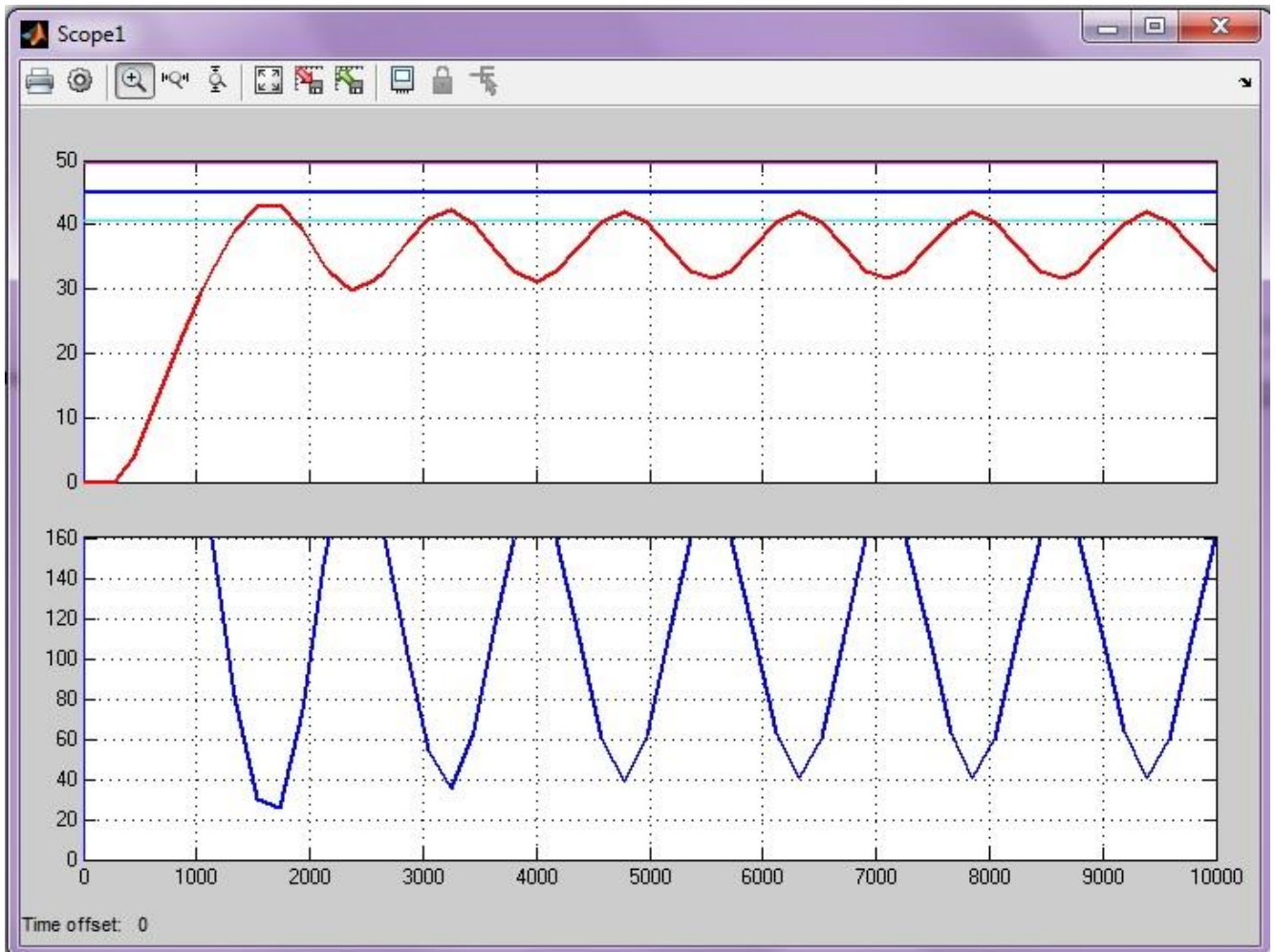


Рисунок 3.3 – Результат моделювання системи керування з Р-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера-Николса

Таблиця 3.2 – Оцінка Р-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	°С	%	
1	Зиглера-Николса	1100		-		-	-	незадовільно

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням Р-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса можна зробити висновок, що використання Р-регулятора неможливе для системи керування, що проектується у даній роботі, через велику статичну помилку, велике відхилення значення вихідної величини. Для подальшого дослідження,

проаналізуємо PI-регулятор, який за допомогою інтегруючої складової може компенсувати статичну помилку.

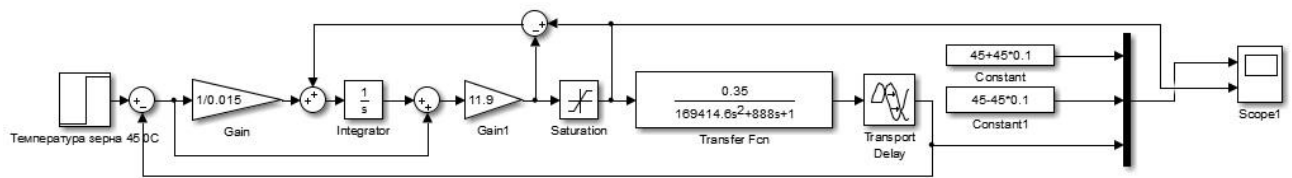


Рисунок 3.4 – Модель системи керування з PI-регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з PI -регулятором показано на рис. 3.5.

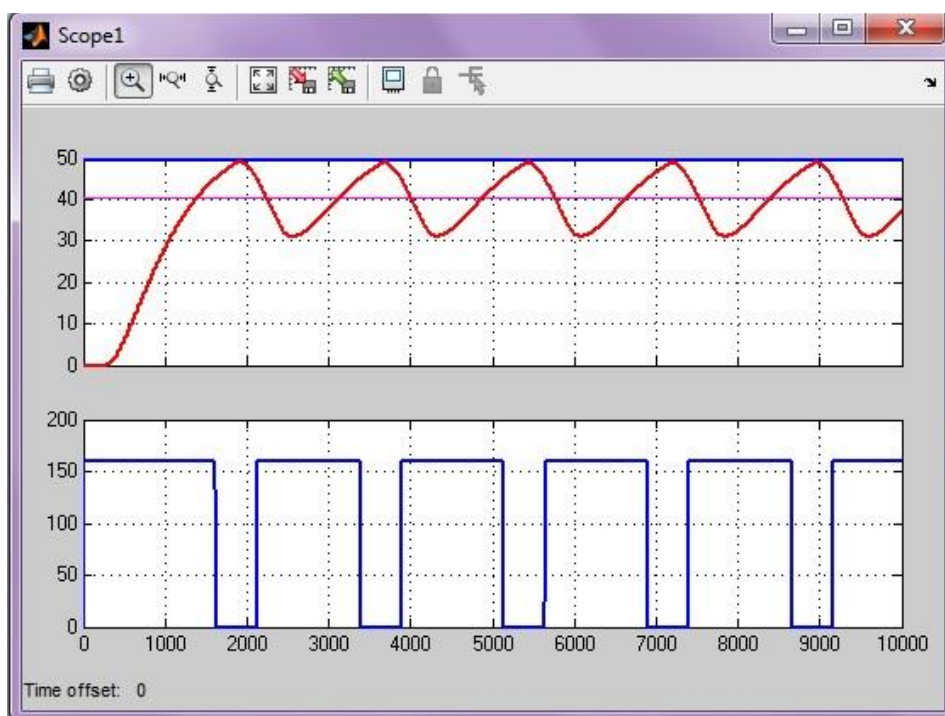


Рисунок 3.5 – Результат моделювання системи керування з PI-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера-Николса

Таблиця 3.3 – Оцінка PI-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	°C	%	
1	Зиглера-Николса	1100		-		-	-	незадовільно

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням PI-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса, можна зробити висновок, що використання PI-регулятора, не відповідає вимогам, оскільки має велике відхилення значення вихідної величини. Але, щоб упевнитись, для подальшого дослідження, проаналізуємо PID-регулятор, який за допомогою диференційної складової може компенсувати великі неузгодженості та повільний вихід об'єкт керування на значення уставки.

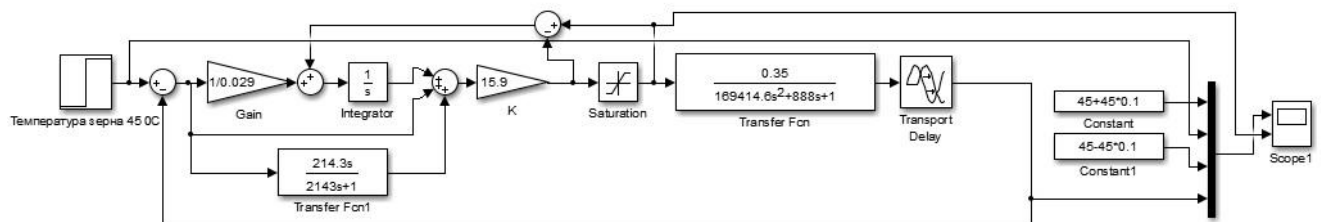


Рисунок 3.6 – Модель системи керування з PID-регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з PID -регулятором показано на рис. 3.7.

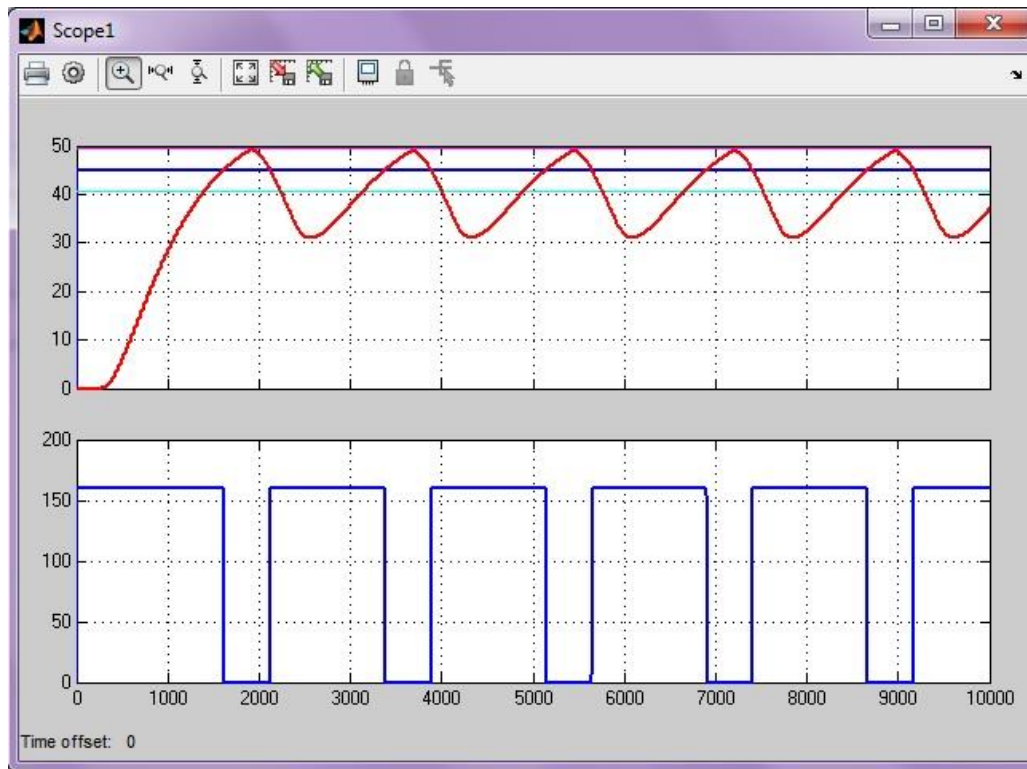


Рисунок 3.7 – Результат моделювання системи керування з PID-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера-Николса

Таблиця 3.4 – Оцінка PID-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	°C	%	
1	Зиглера-Николса	1100		-		-	-	незадовільно

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням PID-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса, можна зробити висновок, що використання PID-регулятора не відповідає вимогам, оскільки має велике відхилення значення вихідної величини, безперервний коливальний процес. Проте, можемо розрахувати параметри регулятора, аби досягти кращих результатів за допомогою середовища MatlabR2013b.



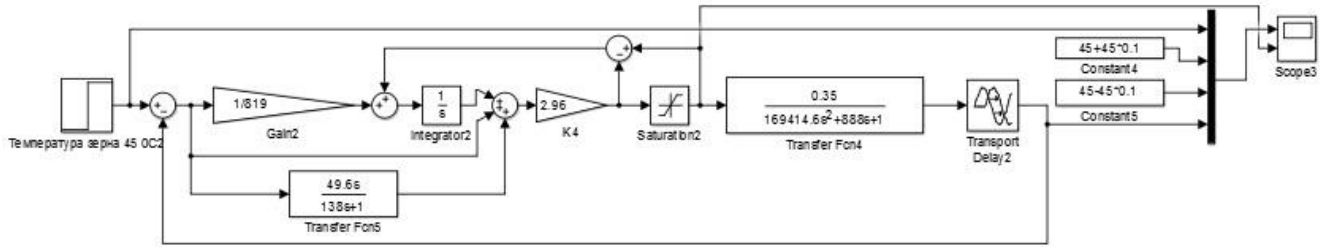


Рисунок 3.8 – Скорегована модель системи з неперервним регулятором у стандартному вигляді

Графік моделювання скорегованої системи керування з PID -регулятором показано на рис. 3.9.

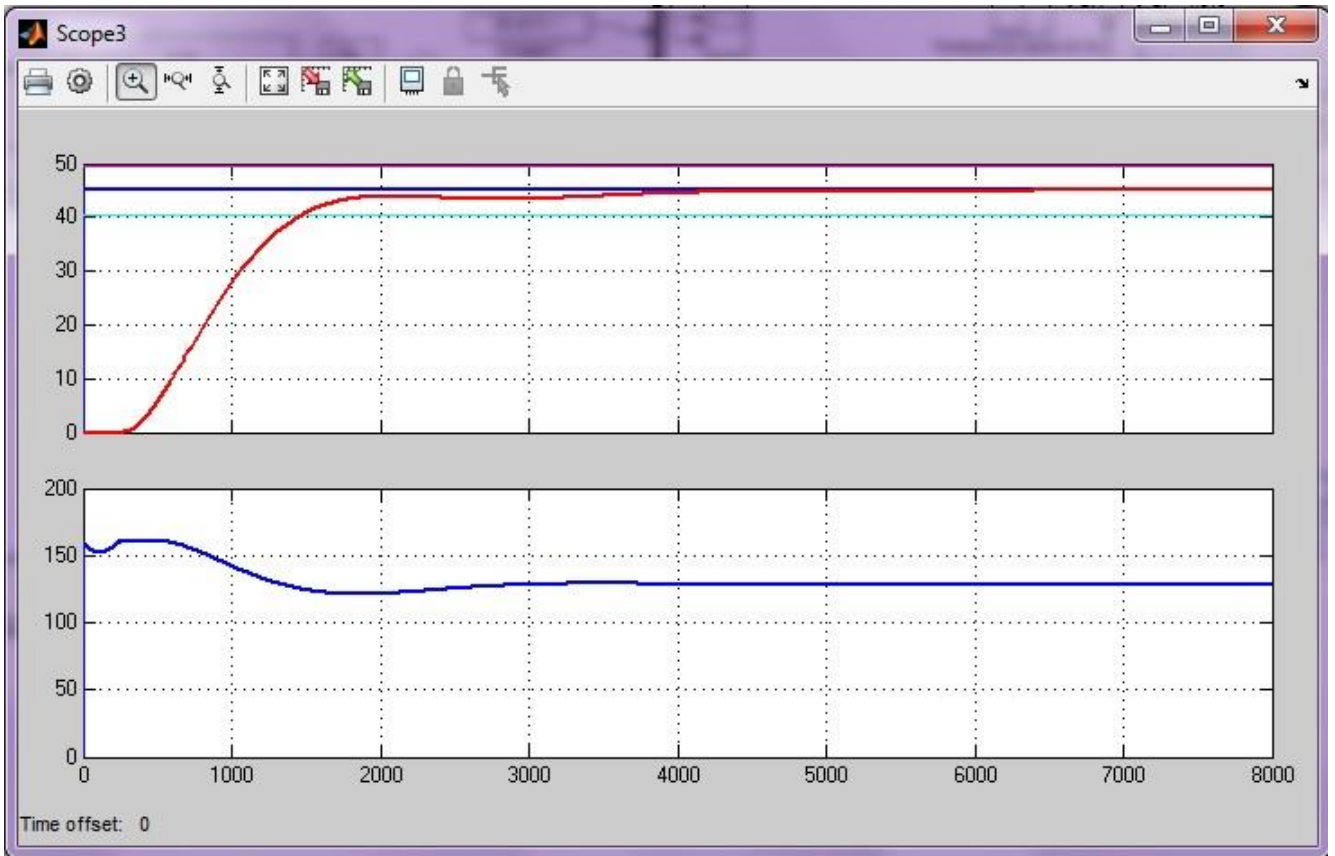


Рисунок 3.9– Результати моделювання скорегованої моделі системи з неперервним регулятором у стандартному вигляді

Таблиця 3.5 – Оцінка PID-регулятора відповідно до критеріїв

Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
с	%	с	%	°C	%	
1100		1700		-	-	ВІДМІННО

Як бачимо, скореговані значення регулятора дають кращий результат, тому надалі використовувати будемо PID-регулятор з параметрами:

$$K_p = 2,96, T_i = 819, T_d = 49,6, T_f = 138$$

### 3.3 Оцінка якості функціонування системи керування

Остаточний вигляд системи керування представлено на рис. 3.10.

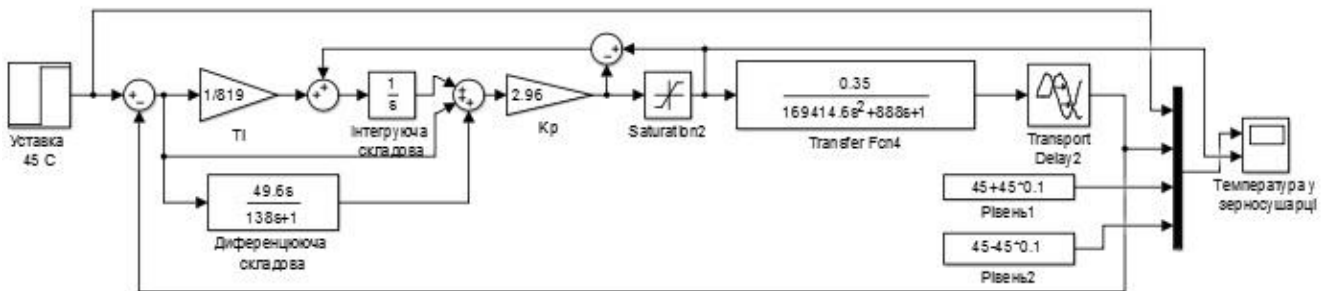


Рисунок 3.10 – Остаточна модель системи керування

Дослідимо роботу системи керування в умовах технологічного процесу, а саме, перевіримо систему на робастність та реакцію на вплив збурення. Під впливом збурення, у технологічному процесу сушіння зерна розуміється неоднорідність вологи зерна що надходить на сушіння до сушарки. Якщо у сушильну шахту надходить частина зерна більшої вологи то воно потребує більше часу нагріву до заданої температури і вносить вплив збурення оскільки знижує температуру зерна на виході сушильної шахти. Інакше, якщо у сушильну шахту надходить частина зерна меншої вологи, то воно потребує менший час нагріву до заданої температури і вносить вплив збурення оскільки підвищує температуру зерна на виході сушильної шахти. При моделюванні до моделі системи керування додаємо джерело сигналу ступінчатого типу значення якого буде змінюватися та із позитивним або негативним знаком буде додаватися до вихідного сигналу. Сигнал збурення буде додаватися через 5000 с після початку роботи системи керування. При цьому ми будемо стежити за значенням вихідної величини, а точніше за її відхиленням від заданого значення. Критичним буде

значення відхилення, що перевищує  $5^{\circ}\text{C}$ , це значення – поріг перевищення якого псує якість процесу сушіння зерна.

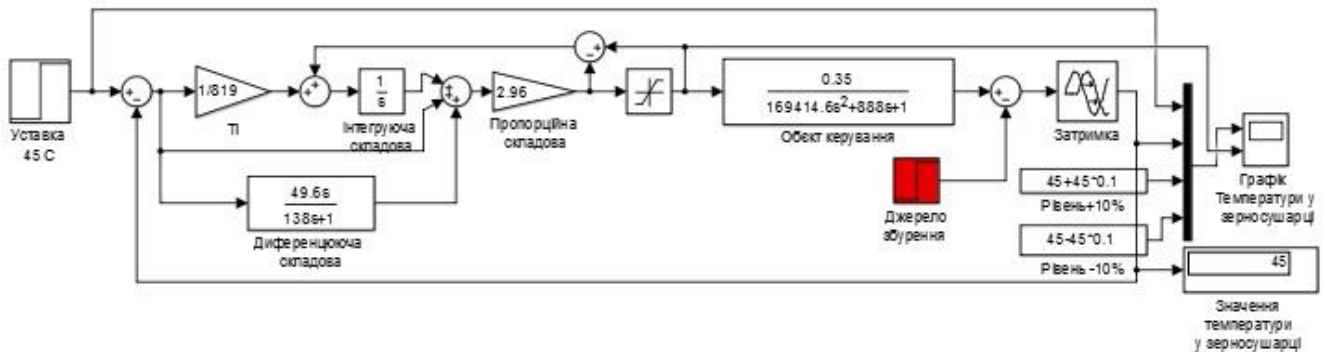


Рисунок 3.11– Модель перевірки системи керування на збурення

Таблиця 3.6 – Оцінка впливу збурення на систему керування  $k=0.35$

Значення температури зерна, як вплив збурення, $^{\circ}\text{C}$	Значення температури зерна на виході системи керування, $^{\circ}\text{C}$	Значення температури зерна, як вплив збурення, $^{\circ}\text{C}$	Значення температури зерна на виході системи керування, $^{\circ}\text{C}$
-1	45	+1	45
-2	45	+2	45
-3	45	+3	45
-4	45	+4	45
-5	45	+5	45
-6	45	+6	45
-7	45	+7	45
-8	45	+8	45
-9	45	+9	45
-10	45	+10	45
-11	45	+11	45
-12	44	+12	45
-13	43	+13	45
-14	42	+14	45
-15	41	+15	45
-16	40	+16	45
-17	39	+17	45
-18	38	+18	45

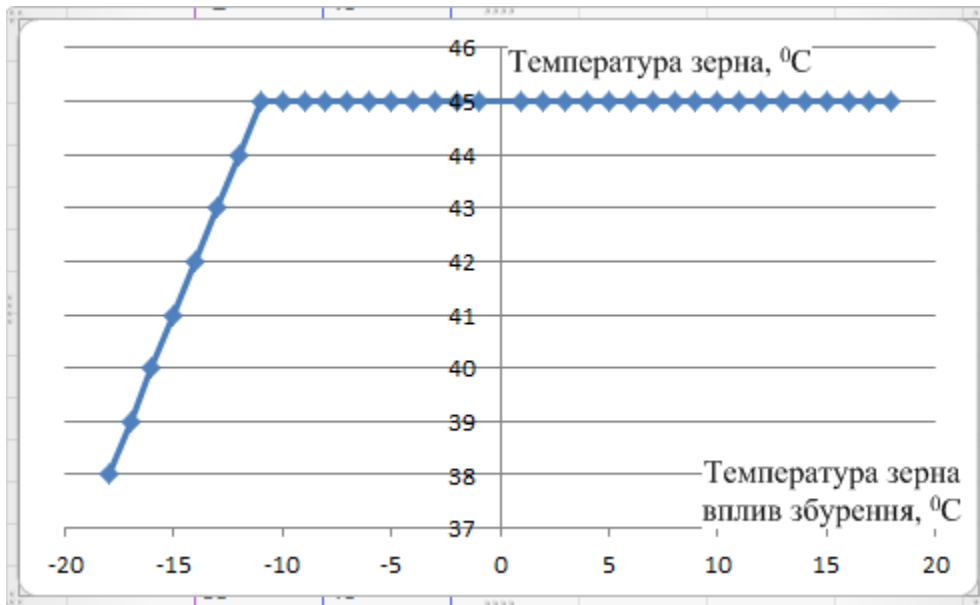


Рисунок 3.12– Графік перевірки системи керування ( $\kappa=0.35$ ) на збурення

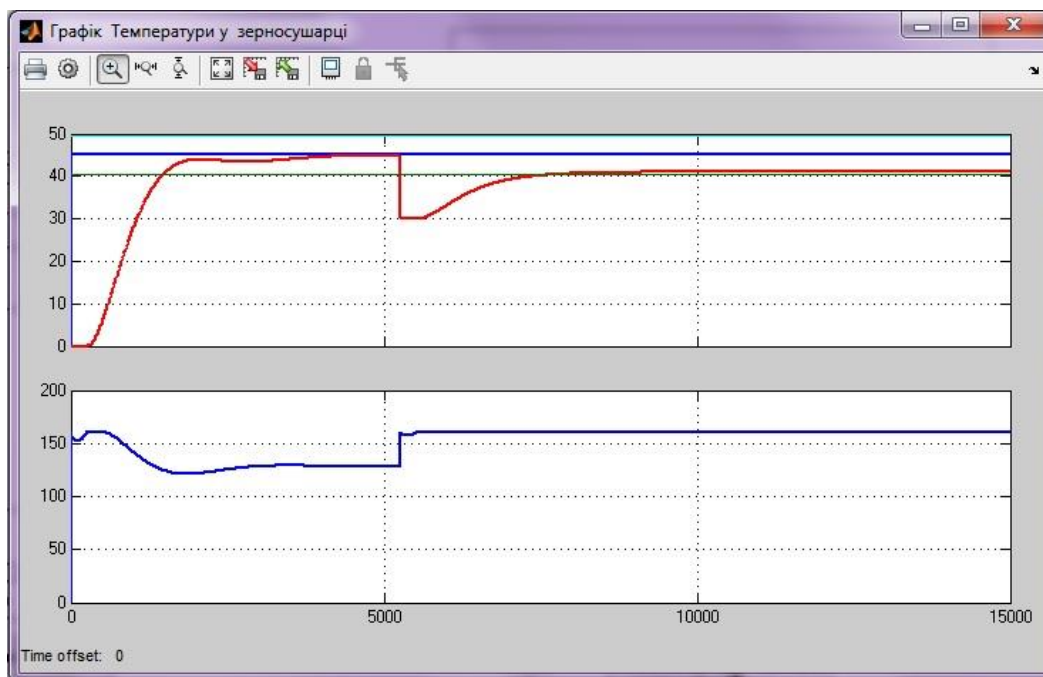


Рисунок 3.13 – Результати моделювання при впливі збурення температури зерна меншої на 15 °C, температура зерна на виході системи складає 41 °C

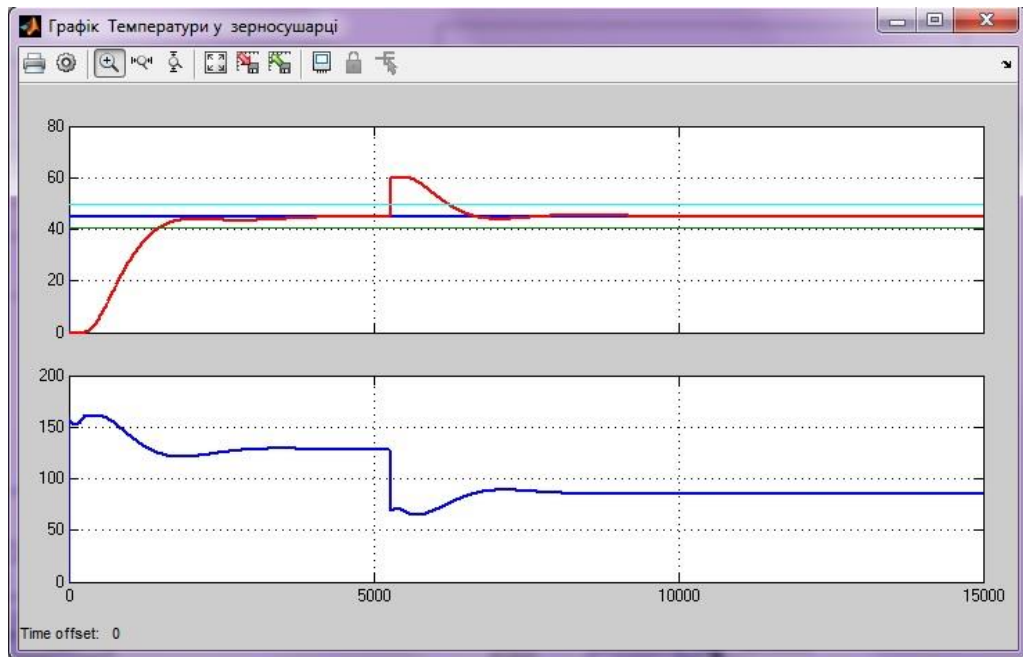


Рисунок 3.14 – Результати моделювання при впливі збурення температури зерна більшої на  $15^{\circ}\text{C}$ , температура зерна на виході системи складає  $45^{\circ}\text{C}$

Аналіз результатів моделювання показує що при негативному впливі збурення температура (рис. 3.11) зерна на виході починає зменшуватися на  $1^{\circ}\text{C}$  при значенні впливу мінус  $12^{\circ}\text{C}$ , та сягає критичного відхилення у  $5^{\circ}\text{C}$ , що дорівнює абсолютному значенню  $40^{\circ}\text{C}$  при значенні впливу мінус  $16^{\circ}\text{C}$ . Аналіз позитивного впливу збурення у діапазоні від плюс  $1^{\circ}\text{C}$  до плюс  $18^{\circ}\text{C}$ , ніяк не впливає на вихідне значення системи керування, тобто система керування компенсує позитивне збурення на вихідне значення (рис. 3.12). Але неможна вважати, що ми отримали чудову систему керування. Зерно дуже складний об'єкт, а ми враховуємо тільки температуру та не приймаємо до уваги інші показники якості зерна. Можна вважати що ми досліджуємо складний процес сушіння зерна у сушарках тільки по одну з багатьох параметрів.

Очевидно, що зерно яке має більшу вологу вимагає більше часу сушіння, а це значить, що змінюється коефіцієнт об'єкту керування. При такій думці виглядає доцільним провести дослідження відхилення вихідної величини від заданого значення при зміні коефіцієнту об'єкту керування. Оскільки  $k=0.35$  це було найбільше значення коефіцієнту об'єкта керування, то будемо знижувати

його значення з шагом у 10% звертаючи увагу до значення вихідної величини системи керування. Призначенням цього експерименту буде знайти межеве значення коефіцієнта при якому вихідний параметр відхилиться більше 5<sup>0</sup>С.

Таблиця 3.7 – Оцінка впливу зміни коефіцієнту на систему керування

Значення коефіцієнту об'єкту керування	Значення температури зерна на виході системи керування, <sup>0</sup> С
0,35	45
0,315	45
0,2835	45
0,255	40,8
0,23	36,8
0,21	33,6

Згідно таблиці побудовано графік зміни параметрів.

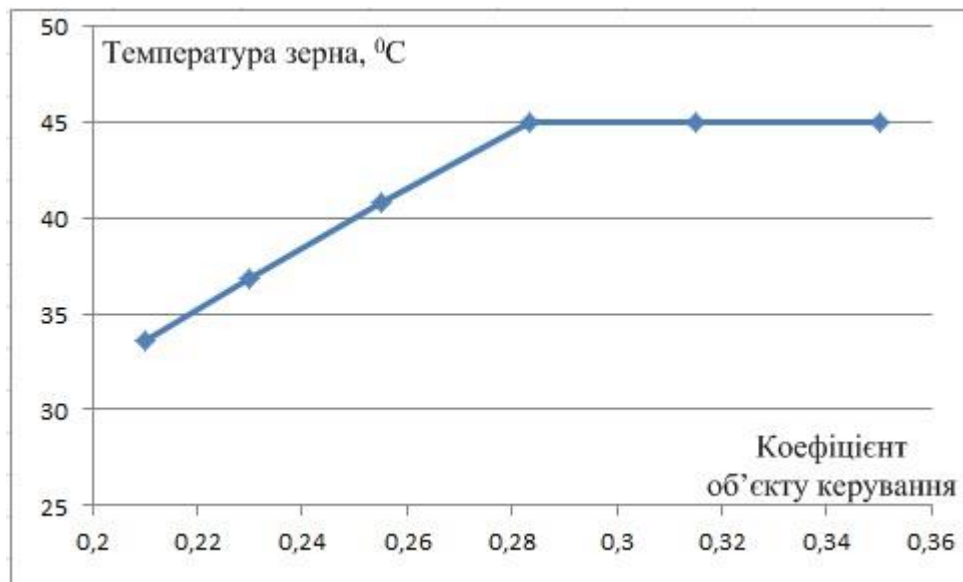


Рисунок 3.15 – Графік впливу зміни коефіцієнту на систему керування

Експеримент по дослідженню впливу збурення на вихідний параметр системи зі зниженням коефіцієнту «к» об'єкту керування виконано на моделі системи керування у середовищі MatlabR2013b. Результати представлено у таблицях

Таблиця 3.8 – Оцінка впливу збурення на систему керування  $k=0.315$ 

Значення температури зерна, як вплив збурення, °C	Значення температури зерна на виході системи керування, °C	Значення температури зерна, як вплив збурення, °C	Значення температури зерна на виході системи керування, °C
-1	45	+1	45
-2	45	+2	45
-3	45	+3	45
-4	45	+4	45
-5	45	+5	45
-6	44,4	+6	45
-7	43,4	+7	45
-8	42,4	+8	45
-9	41,4	+9	45
-10	40,4	+10	45
-11	39,4	+11	45
-12	38,4	+12	45
-13	37,4	+13	45
-14	36,4	+14	45
-15	35,4	+15	45

Таблиця 3.9 – Оцінка впливу збурення на систему керування  $k=0.28$ 

Значення температури зерна, як вплив збурення, °C	Значення температури зерна на виході системи керування, °C	Значення температури зерна, як вплив збурення, °C	Значення температури зерна на виході системи керування, °C
-1	43,8	+1	45
-2	42,8	+2	45
-3	41,8	+3	45
-4	40,8	+4	45
-5	39,8	+5	45
-6	38,8	+6	45
-7	37,8	+7	45
-8	36,8	+8	45
-9	35,8	+9	45
-10	34,8	+10	45

Згідно таблиць побудовано графік зміни параметрів.

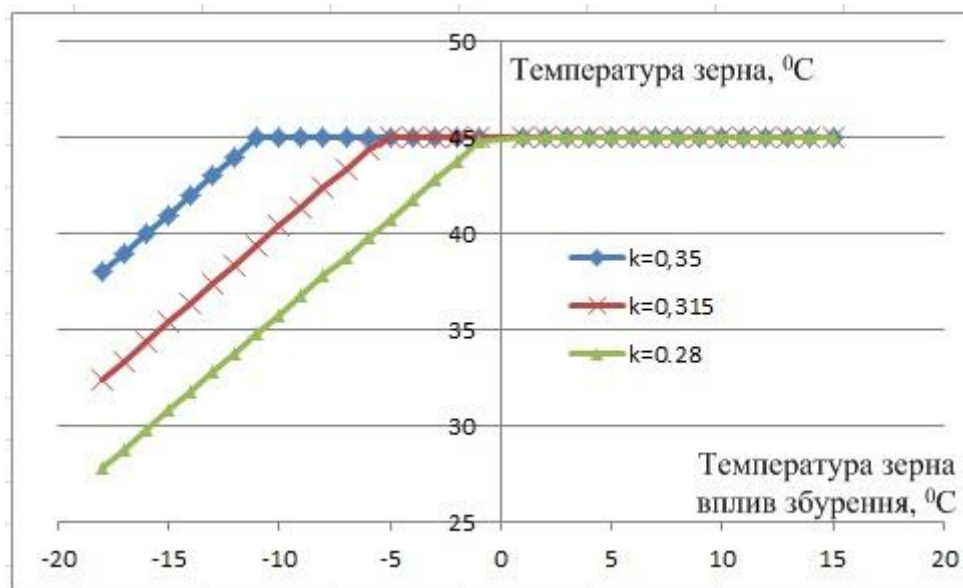


Рисунок 3.16– Графік перевірки системи керування на збурення при різних коефіцієнтах «к» об'єкту керування

Із графіка видно, що зниження коефіцієнту «к» знижує запас стійкості об'єкту керування при впливі збурення негативного значення.

Що дозволило сформулювати наукове положення: дія збурення на вихідний параметр системи керування має прямо пропорційний вплив, та залежить від знаку та значення збурення, а стійкість системи керування для протидії збуренню пропорційна коефіцієнту «к» об'єкту керування, та має нижнє межеве значення « $k=0.28$ ».

Перевірка моделі на робастність була проведена шляхом зміни параметрів об'єкта(рис. 3.12):  $K -10\%$ ,  $T+10\%$ .



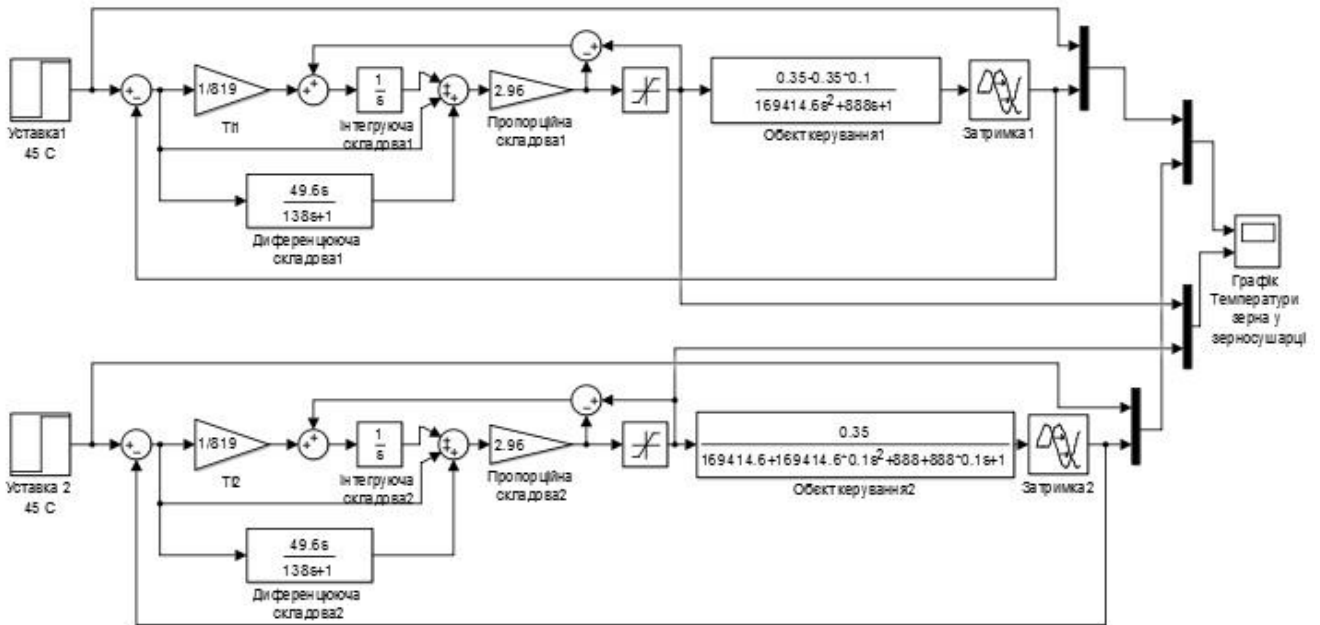


Рисунок 3.17 – Модель перевірки системи керування на робастність

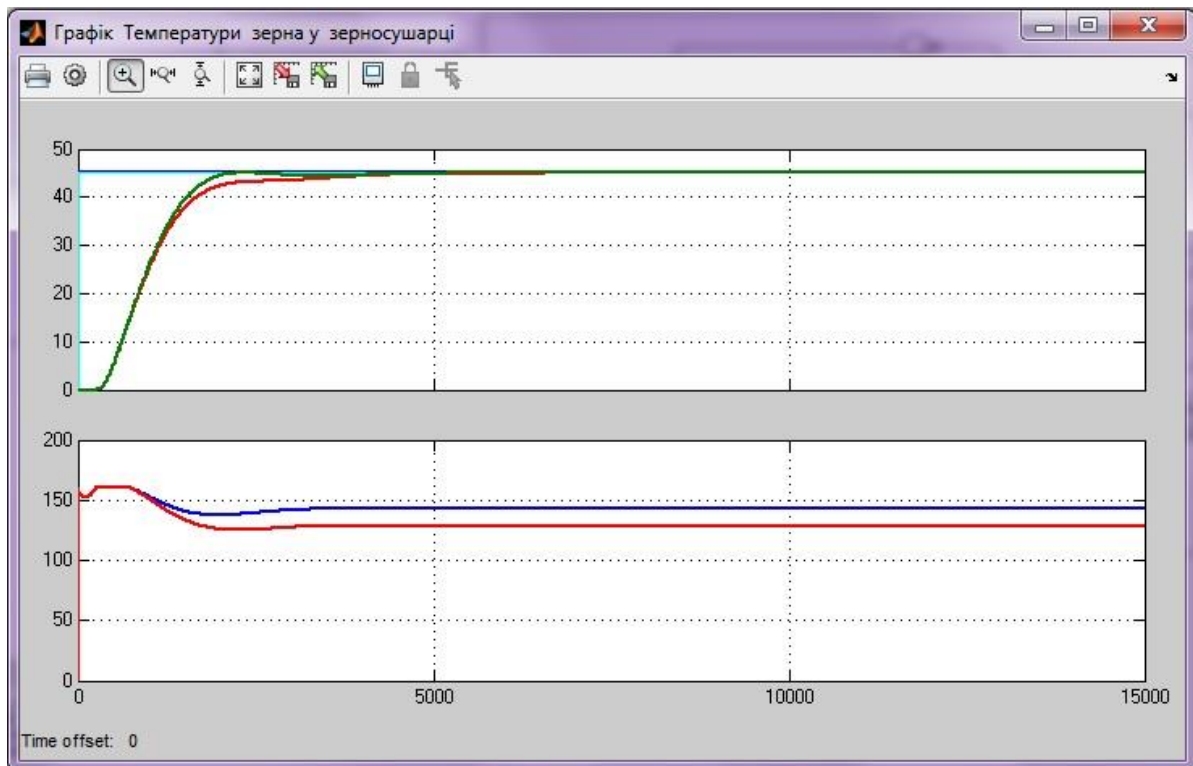


Рисунок 3.18 – Результати моделювання системи керування при перевірці на робастність

Результати показали (рис. 3.18), що навіть при такій зміні параметрів об'єкта регулятор виконує свої функції відповідно до вимог.

### 3.4 Висновки до розділу

Для процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці по каналу температура агенту сушіння – температура зерна після проведеного дослідження передавальної характеристики, було отримано модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «к» при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення. Для об'єкту керування з коефіцієнтом « $k=0,35$ » збурення критично впливає на вихідний параметр при негативному знаку зі значенням 16 та більше. Позитивне значення збурення не впливає на вихідний параметр.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, ще більше при зниженні коефіцієнту «к» об'єкту керування. Критичне значення коефіцієнту «к» сягає  $k=0,28$ . Вже при цьому значенні коефіцієнту «к» система керування не має запасу стійкості при впливі негативного збурення на вихідний параметр, що зобов'язує виконати заново розрахунок параметрів регулятора.

Отримані результати дозволяють перейти до експериментального розділу, та розробки людино-машинного інтерфейсу.

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Цифрова модель об'єкта керування

Згідно з завданням необхідно розробити програмне забезпечення системи керування та людино-машинний інтерфейс для SCADA системи zenon Supervisor 7.10. Програмне забезпечення розроблено таким чином, що в якості об'єкта керування використовується програмна модель. Модель системи керування представлена у вигляді двох програмних модулів: модуля регулятора та модуля об'єкта керування.

Для перетворення моделі математичного пакету MATLAB до тексту програми необхідно, щоб усі елементи моделі були цифрові. Таким чином, спочатку виконаємо заміну усіх неперервних елементів моделі системи керування на цифрові. Далі виконаємо поділ моделі на модель регулятора та модель об'єкта керування. Після чого перетворимо цифрові моделі на програмний код для програмних модулів.

Результатом виконання розділу синтезу системи керування є неперервна модель системи керування, яка задовільняє сформульованим критеріям якості. Ця модель представлена на рисунку 4.1.

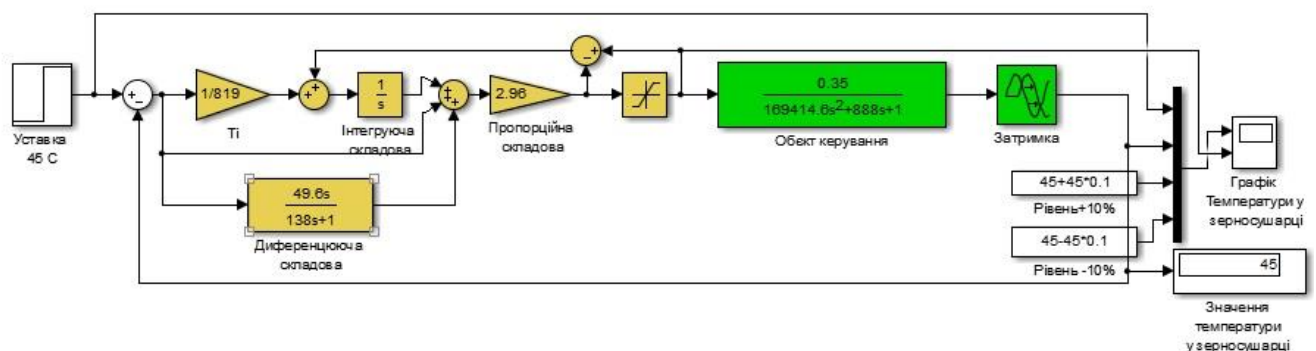


Рисунок 4.1 – Неперервна модель системи керування температурою зерна у зерносушарці

Для перетворення елементів моделі системи керування в цифрову форму необхідно визначитися з часом дискретизації у системі.

Час дискретизації в першу чергу визначається для реалізації регулятора. Він повинен бути як мінімум в 10 разів менше найбільшої постійної часу об'єкта керування:

$$cycle = T_{max}/10,$$

де  $T_{max}$  - найбільша постійна часу об'єкта керування.

Крім того воно повинно бути більше ніж:

$$cycle = T_{max}/200$$

У зв'язку з тим, що стандартний цикл програмованого логічного контролера становить 100 мс, якщо отримане значення часу дискретизації більше 100 мс, для часу дискретизації вибирається значення рівне 1000 мс, що в математичному пакеті MATLAB відповідає значенню "Sample time" 1 с.

Виконаємо перетворення всіх елементи моделі системи керування на цифрові у середовищі MatlabR2013b.

Для об'єкта керування розділимо один об'єкт другого порядку на два об'єкту першого порядку. Для цього знайдемо коріння рівняння:

```
>>roots ([169414.6 888 1])
```

```
ans = - 0.0036
```

```
      -0.0016
```

```
>> 1/0.0036
```

```
ans=277.7778
```

```
>> 1/0.0016
```

```
ans=625
```

Перетворення передавальної функції в цифрову форму

```
>> tfz = c2d(tf([0.35], [278 1]), 1);
```

```
b = [tfz.num{1}(2)];
```

```
a = [1, tfz.den{1}(2)];
```

```
fprintf('b0 = %0.14f, a0 = %0.14f\n\n', b(1), a(2));
b0 = 0.0012577347719152, a0 = -0.996406472230993
```

```
>> tfz = c2d(tf([1], [625 1]), 1);
b = [tfz.num{1}(2)];
a = [1, tfz.den{1}(2)];
fprintf('b0 = %0.14f, a0 = %0.14f\n\n', b(1), a(2));
b0 = 0.00159872068394, a0 = -0.998401279317606
```

Ланка чистого запізнення

```
>> tfz = c2d(tf([1], 'ioDelay', 270), 1);
delayLength = tfz.ioDelay;
fprintf('Delay length = %0.3f\n\n', delayLength);
Delay length = 270.000
```

Для регулятора:

Виконаємо заміну необхідних блоків, з безперервних на цифрові, та розрахуємо параметри для диференційної ланки регулятора.

```
>> c2d(tf([49.6 1],[138 1]), 1)
ans =
0.359420289855072 z - 0.35942028985507
-----
z - 0.992779814873728
```

Результатом заміни безперервних елементів моделі системи керування цифровими з відповідним чином розрахованими значеннями параметрами є цифрова модель системи керування на рис.4.2.

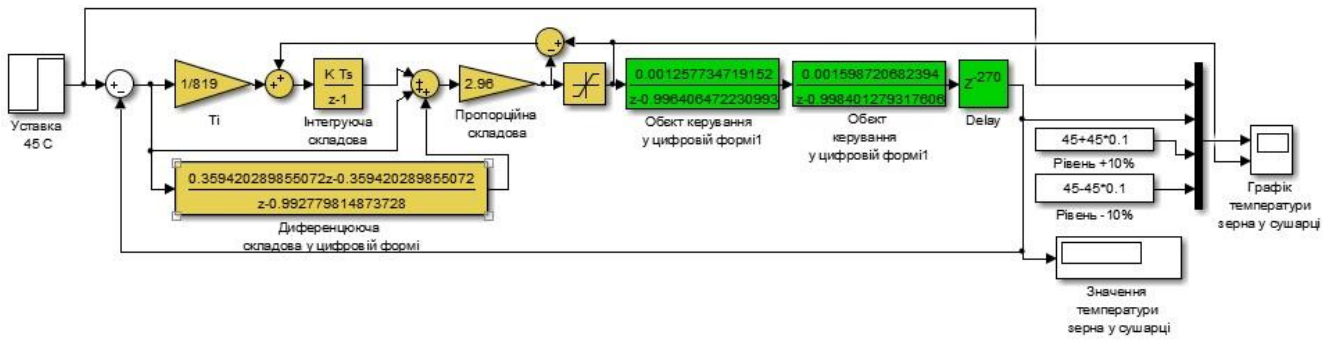


Рисунок 4.2 – Цифрова модель системи керування температурою зерна у зерносушарці

Оцінка відповідності цифрової моделі системи керування безперервної моделі виконується за нормованим середньоквадратичним відхиленням. Для оцінки на безперервну і цифрову модель подається уставка і реєструються їх дійсні значення з період відповідним часу дискретизації цифрової моделі. Розбіжність має бути менше 20%.

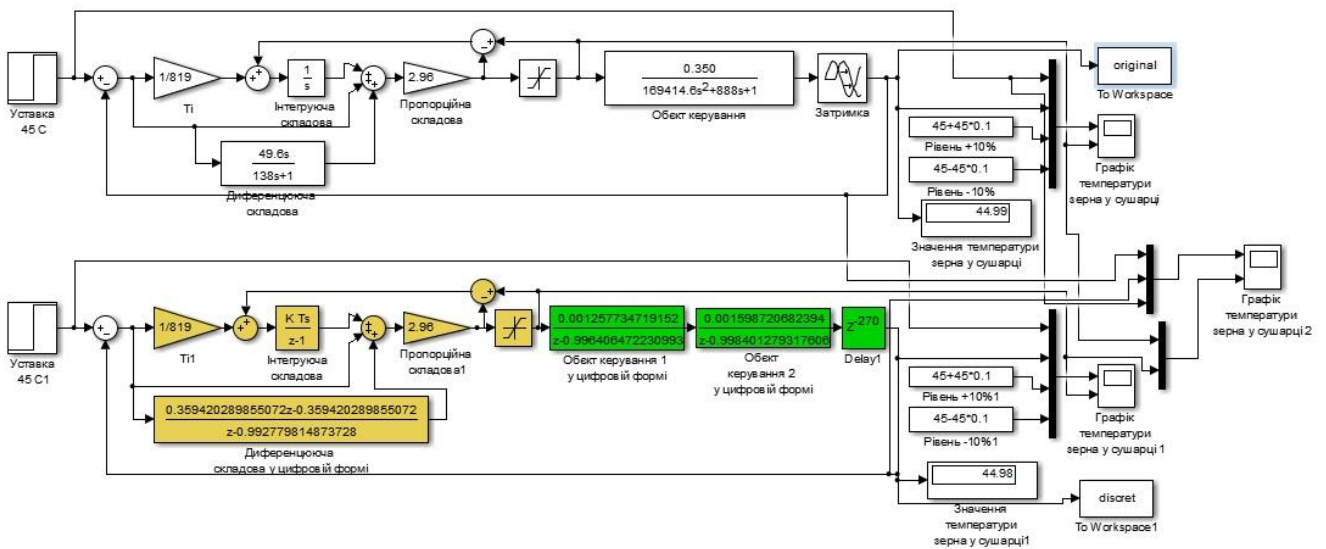


Рисунок 4.3 – Схема моделі порівняння неперервної та цифрової систем керування температурою зерна у зерносушарці

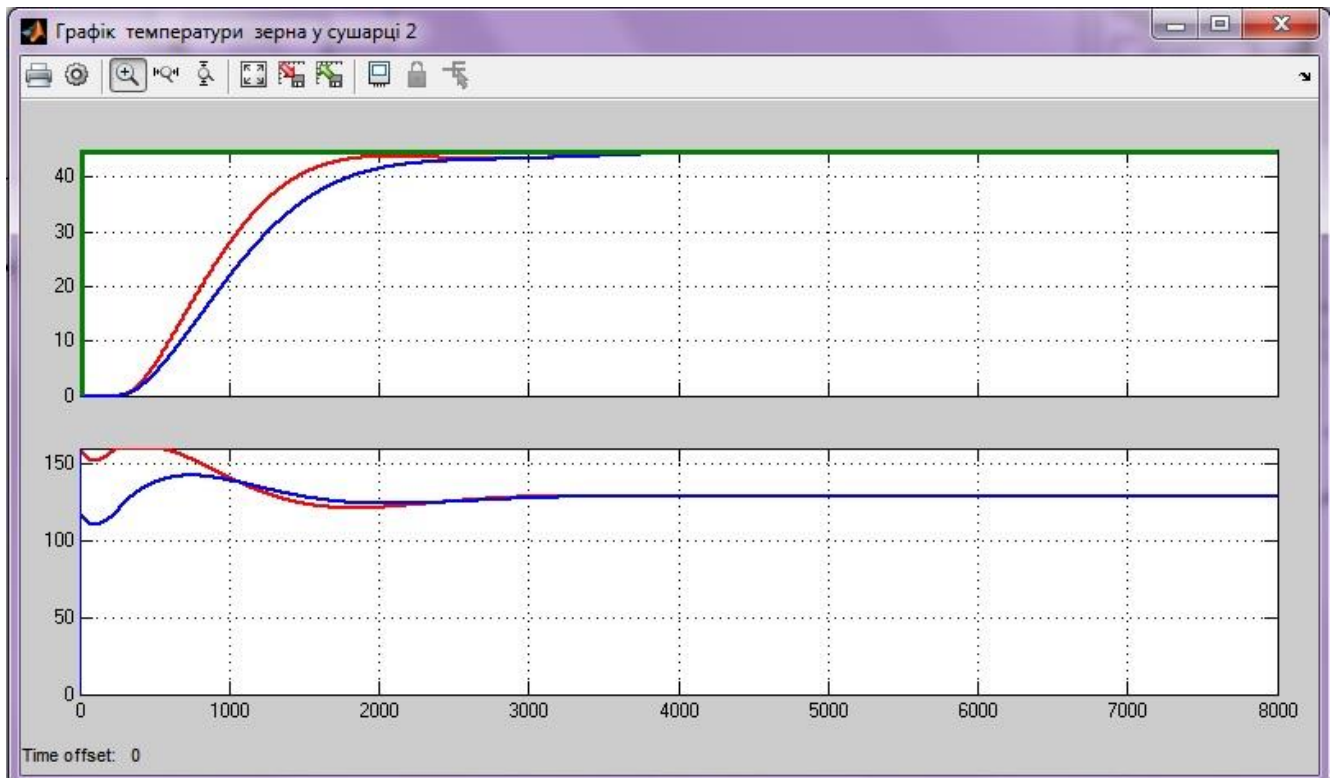


Рисунок 4.4 – Порівняння цифрової моделі з неперечною

Порівняння результатів моделювання безперечної та цифрової моделі виконано за допомогою метода нормованого середньоквадратичного відхилення.

```
>> goodnessOfFit(Model_Z, Model_C, 'NRMSE') * 100.0
ans =
83.6242
```

Моделі збігаються на 83,6 %. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

Для подальшої роботи розділимо модель системи на дві підсистеми: Controller та Object – підсистема регулювання та підсистема об'єкта керування відповідно.

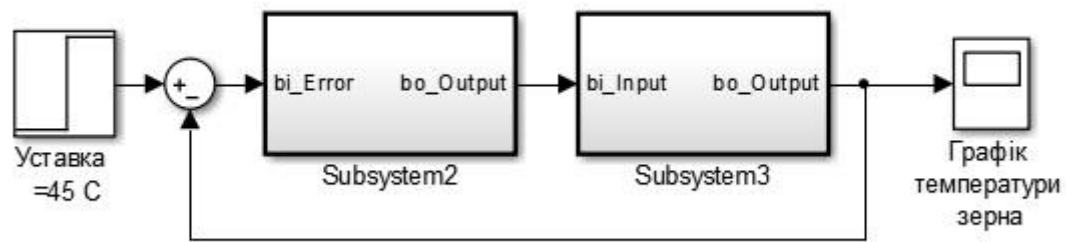


Рисунок 4.5 – Модель системи керування у вигляді двох підсистем

За допомогою стандартного засобу математичного пакету MATLAB блок підсистеми який відповідає регулятору та блок підсистеми який відповідає об'єкту керування були перетворені до програмних модулів на мові стандарту MEK 61131-3 “Structured text”. На базі отриманих модулів подалі буде розроблено програмне забезпечення для SCADA системи zenon.

#### 4.2 Розробка програмного забезпечення системи керування

Розробка програмного забезпечення системи керування виконується в SCADA системі zenon для програмованого логічного контролера zenon Logic.

Програмне забезпечення системи керування буде розроблятися безпосередньо для програмованого логічного контролера zenon Logic входить до складу SCADA системи zenon.

В SCADA системі zenon створимо драйвер пристрою керування “S7TCP32”. Тип драйвера відповідає обладнанню заданої в якості пристрою керування. Сам драйвер переведений в режим програмної симуляції. Час оновлення даних заданий рівним часу дискретизації 1000 мс. Для даного драйвера буде розроблятися програмне забезпечення об'єкта керування.

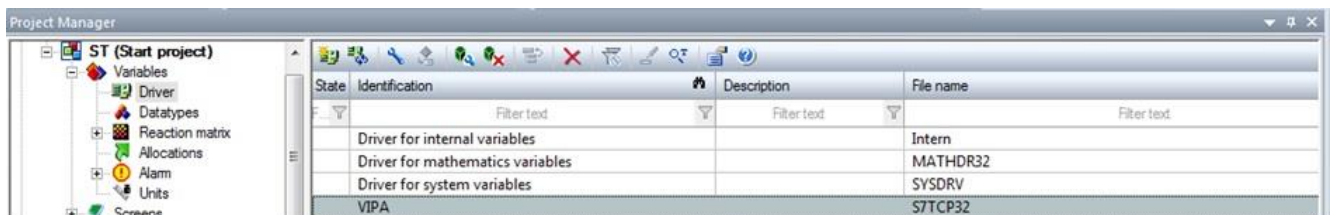


Рисунок 4.6 – Драйвера програмованого логічного контролеру

Програмне забезпечення об'єкта керування буде функціонувати на програмному програмованому логічному контролері zenon Logic який в режимі



симуляції буде реалізувати програмований логічний контролер VIPA та об'єкт керування.

На базі отриманого тексту програми з математичного пакету MATLAB розроблено користувацький функціональний блок “Object”. Текст програми якого розроблено на мові програмування Structured Text (дод. Б). Виклик функціонального блока “I\_Object” виконується в тілі основної програми, яка наведена на рисунку 4.7.

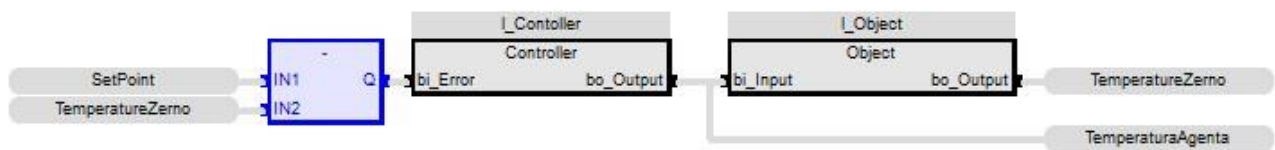


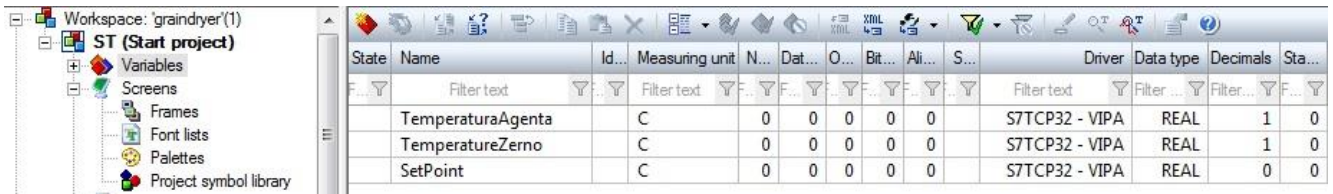
Рисунок 4.7 – Основна програма системи керування

На вхід блока об'єкта керування задається дійсне значення температури агента сушіння “TemperaturaAgenta”. З виходу блока дійсне значення записується до змінної “TemperatureZerno”. Змінні “TemperaturaAgenta” та “TemperatureZerno” є глобальними та належать SCADA системі zenon.

На базі отриманого тексту програми з математичного пакету MATLAB розроблено користувацький функціональний блок “Controller”, текст програми якого написано на мові програмування Structured text, яка наведена в додатку Б.

На вхід блока задається значення похибки системи керування яке обчислюється як різниця між уставкою “Set\_Point” та дійсним значенням “TemperatureZerno” (0...100 °C). На виході блока формується керуючий вплив, значення якого копіюється до змінної “TemperaturaAgenta” (керуючий вплив – температура агента сушіння 0...200 °C ).

Відповідно до завдання програмне забезпечення контролера повинно функціонувати в SCADA системі zenon на програмному програмованому логічному контролері zenon Logic. Для цього в SCADA системі системі zenon додано відповідний проект zenon Logic “St”. Для зв'язку з SCADA системою додані змінні які наведені на рисунку 4.8.



State	Name	Id...	Measuring unit	N...	Dat...	O...	Bit...	Ali...	S...	Driver	Data type	Decimals	Sta...
	Filtertext		Filtertext							Filtertext	Filter...	Filter...	F...
	TemperaturaAgenta		C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - VIPA	REAL	1	0
	TemperatureZerno		C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - VIPA	REAL	1	0
	SetPoint		C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - VIPA	REAL	0	0

Рисунок 4.8 – Змінні програмованого логічного контролеру

### 4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейсу

Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу (дод. В) має декілька вікон: технологічний процес, діаграма процесу, хронологічний список подій та інформаційний список тривоги. Виходячи з того, що людино-машинний інтерфейс повинен відображати декілька зображень, то він повинен складатися з двох шаблонів на одному з котрих повинні відображатися кнопки переключення зображення, а на іншому самі зображення.

На основному зображенні будуть відображатися інформація про технологічний процес, зміну температури у шахті зерносушарки, хронологічний список подій та інформаційний список тривоги. Допоміжний шаблон “ButtonScreen” буде використаний для розробки вікна з кнопками зміни основного зображення.

У вікні зображення, що створене на основі шаблону “ButtonScreen” розміщені часи, дата, кнопки зображені “Діаграма процесу”, “Технологічна схема”, “Список тривоги”, “Хронологія подій”. Крім того на ньому знаходяться кнопка “Перезавантажити” яка відповідає за оновлення людино-машинного інтерфейсу у випадку його перезавантаження та кнопка “Вихід” яка закриває людино-машинний інтерфейс.

Відповідно до завдання було розроблено технологічне зображення яке наведено на рисунку 4.9.

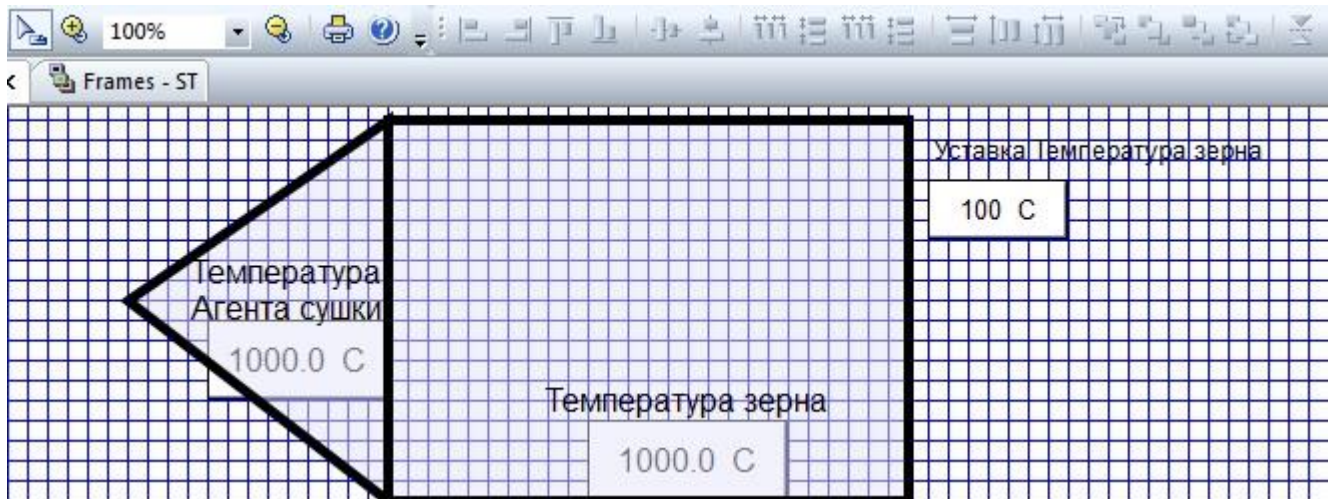


Рисунок 4.9 – Технологічне зображення

На технологічному зображенні вказане основне обладнання процесу.

За для контролю зміни температури зерна у зерносушарці розроблено відповідне зображення яке наведено на рисунку 4.10. На зображенні за допомогою розширеного тренду відображається зміна температури нагріву зерна та температури агенту сушіння. Встановлено, що симуляція перехідного процесу системи керування температурою зерна у середовищі Zenon виконується відповідно до моделі системи керування температурою зерна у середовищі Matlab.

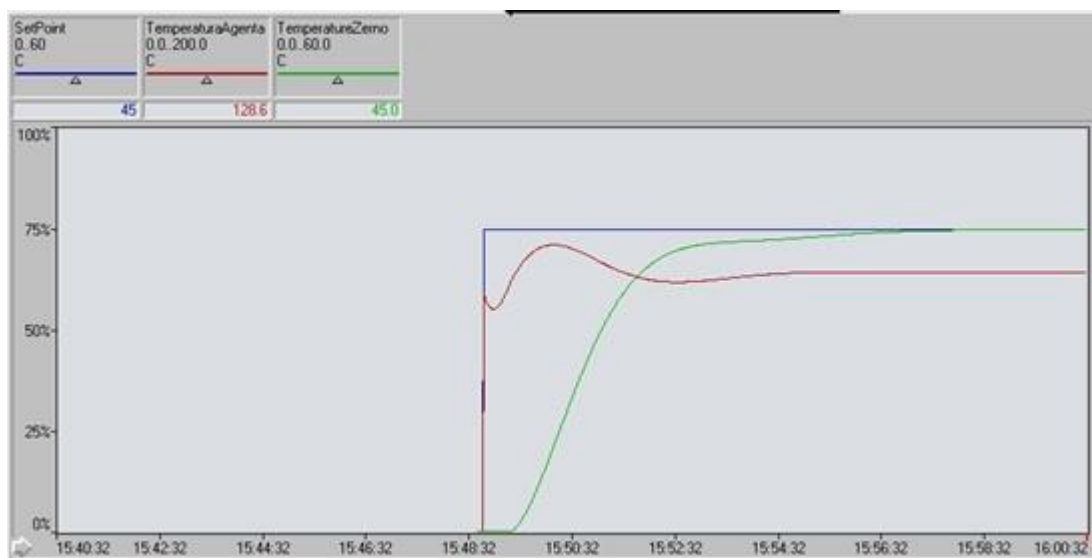


Рисунок 4.10 – Зображення тренду зміни температури

За для відображення списку подій використано зображення типу “Chronologic event list”. Відповідно до вимог в хронологічному списку подій

записується інформація про зміни температури зерна у шахті зерносушарки та температури агенту сушіння. Розроблене зображення наведено на рисунку 4.11

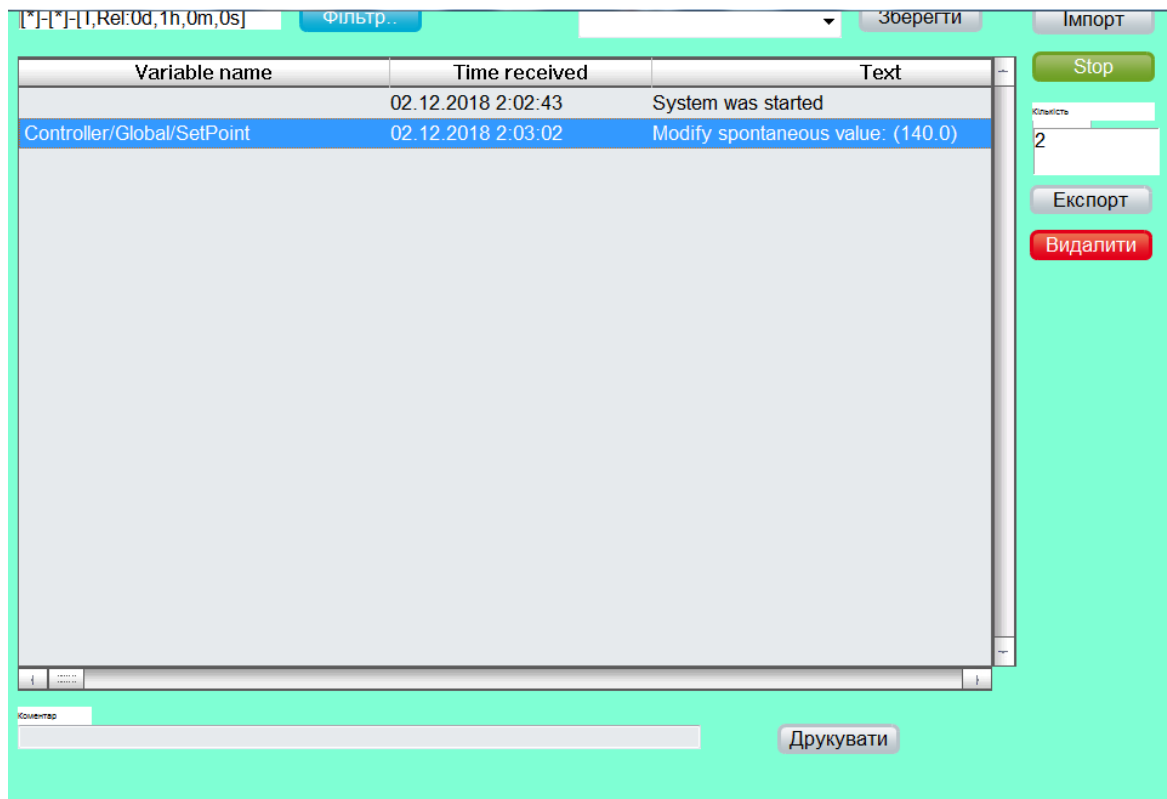


Рисунок 4.11 – Зображення хронологічного списку подій

На зображенні хронологічного списку подій відображаються події які виникають під час роботи системи керування температурою нагріву зерна у зерносушарці.

За для відображення списку тривог використано зображення типа “Alarm message list”. Відповідно до вимог в інформаційному списку тривог записується інформація про досягнення кінцевих точок процесу. Розроблене зображення інформаційного списку тривог наведено на рисунку 4.12.

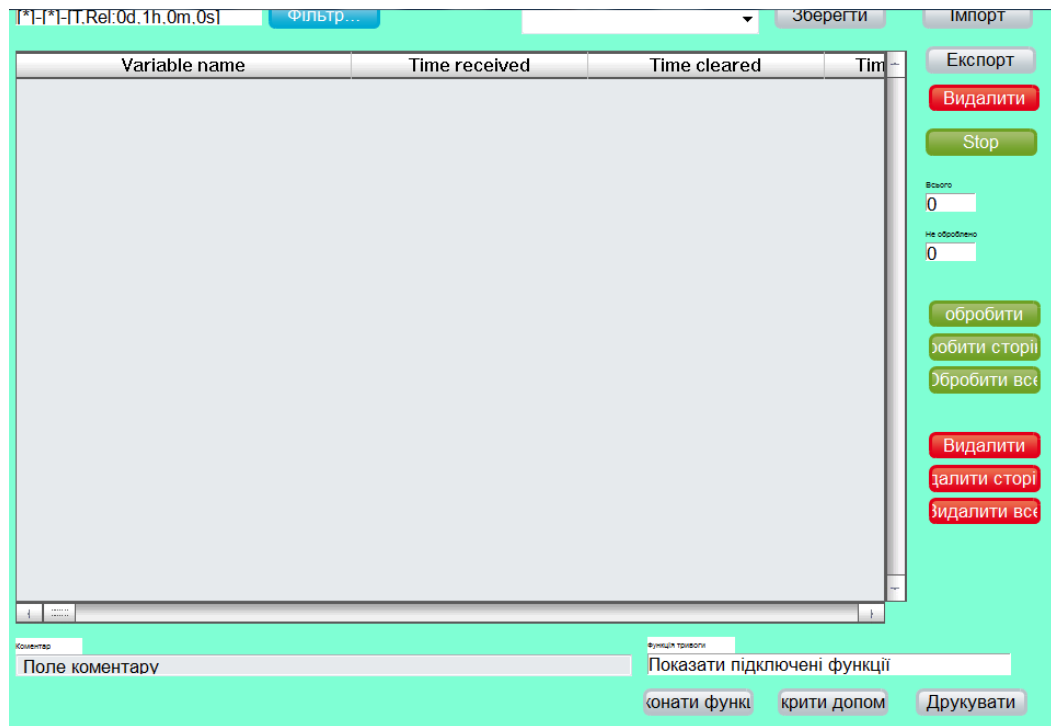


Рисунок 4.12 – Зображення інформаційного списку тривог

#### 4.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення

Перевірка функціонування програмного забезпечення виконувалася в режимі симуляції. Замість програмованого логічного контролера використовувався програмний програмований логічний контролер з моделлю об'єкта керування.

В процесі перевірки було встановлено, що перехідний процес системи керування температурою нагріву зерна у зерносушарці у середовищі Zenon виконується відповідно до моделі системи керування у середовищі Matlab.

Тренди відображають однакову інформацію про зміну температури нагріву зерна (рис 4.13). Форма кривої співпадає з зображенням на рисунку 4.4.

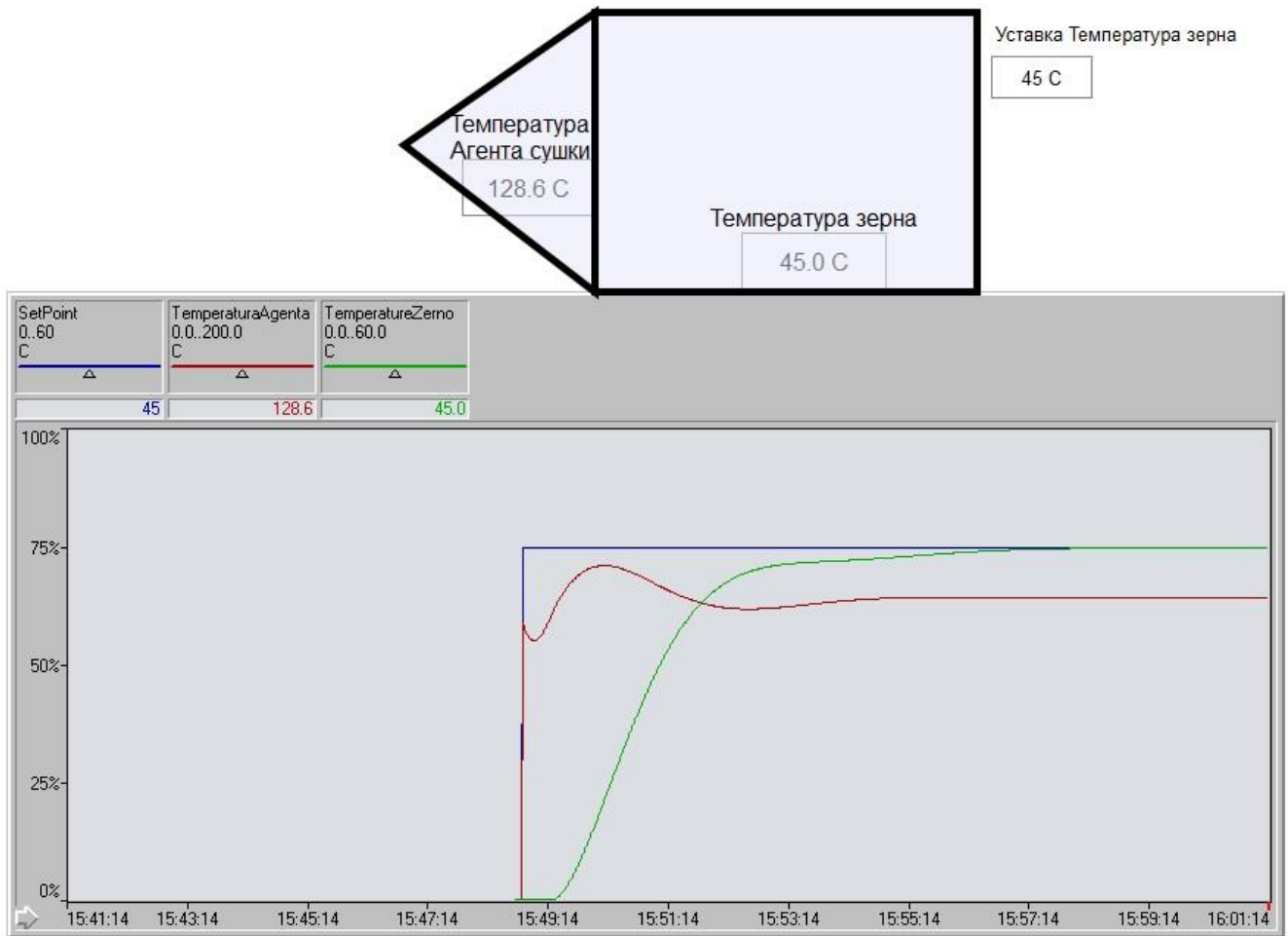


Рисунок 4.13 – Зображення моніторингу зміни температури нагріву зерна у зерносушарці

#### 4.5 Висновки по розділу

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. З моделі відокремлено модель об'єкта керування та модель регулятора. За допомогою стандартних засобів математичного пакета MATLAB отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор на мові програмування Structured Text.

На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмного програмованого логічного контролера Zenon Logic який входить до складу SCADA системи Zenon. В SCADA системі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс, який містить відображення інформації про технологічний процес, зміну температури, хронологічний список подій та інформаційний список тривоги.

Виконано перевірку функціонування програмного забезпечення.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Техніко-економічне обґрунтування та визначення капітальних витрат для впровадження проекту

У кваліфікаційній роботі розроблена автоматизована система керування температурою зерна у зерносушарці. Система керування, представлена в кваліфікаційній роботі, має такі переваги:

- мінімізується втручання в процес, так званого, людського фактору, що дозволить виробляти більш якісний продукт;
- підвищена надійність системи автоматичного керування в зв'язку з використанням нової технічної бази.

Проектована система побудована на базі логічного контролера VIPA 214.

Капітальні витрати, необхідні для реалізації проекрованої системи, наведені в табл. 5.1.

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}, \text{ грн.} \quad (5.1)$$

де  $K_{об}$  - вартість обладнання по зведенню витрат;

$K_{тр}$  - транспортно - заготівельні і складські витрати;

$K_{мн}$  - витрати на монтаж і налагодження обладнання;

Таблиця 5.1 - Зведення вартості обладнання

Найменування	Кількість (од. вим.)	Вартість (грн)	Сума (грн)
Контролер VIPA 214-2BE03	1	9500	9500
Модуль аналогового вводу/виводу VIPA 234-1BD50	1	2500	2500
Модуль комунікаційного процесора VIPA 240-1CA20	1	2000	2000
Датчик температури	1	690	690
Блок живлення	1	750	750
Кабель КВВГ 4x1	20 (м)	16	320
Кабель КПВВ-ВП 4x2x0.51	10 (м)	10	100
<b>ВСЬОГО</b>			<b>15860</b>

Транспортування обладнання до замовника виконується організацією «НоваПошта» в межах Дніпропетровської області по типу «відділення-відділення», також використана послуга пакування. Вартість доставки буде складати 200 грн.

Витрати на монтаж, пуск і налагодження нової системи управління складаються з витрат на заробітну плату наладчика електрообладнання та інженера-електронщика, в обов'язки яких входить даний вид роботи. Роботи здійснюються за 4 робочих днів.

Таблиця 5.2- Витрати на монтаж і налагодження обладнання

№	Найменування професії	Кількість людей	Тариф (грн/день)	Кількість днів	Фонд заробітної плати (грн)
1	Налад.електро-обладнання	1	515	4	2060
2	Інженер-електронщик	1	570	4	2280
	Разом:				4340
	ЄСВ (22%):				954,8
	Усього:				5294,8

Капітальні витрати на придбання системи управління комплексом сушки зерна складуть:

$$K = 15860 + 200 + 5294,8 = 21354,8 \text{ грн.}$$

## 5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою

$$C = C_a + C_3 + C_e, \text{ грн.} \quad (5.2)$$

де  $C_a$  - амортизаційні відрахування;

$C_3$  - заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$C_e$  - вартість споживаної електроенергії;



### 5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Устаткування розробленої системи автоматизованого управління комплексом сушки зерна, відноситься до 4 групи по нормам нарахування амортизації основних фондів. Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

Суму амортизації визначимо за методом прискореного зменшення залишкової вартості. При цьому річна сума амортизації визначається як добуток залишкової вартості об'єкта на початок звітного року або первісної вартості на дату початку нарахування амортизації та річної норми амортизації, яка обчислюється відповідно до строку корисного використання об'єкта, і подвоюється.

$$C_a = \frac{ПВ * H_a}{100\%}, \quad (5.3)$$

При цьому норма амортизації визначається за формулою:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100\%, \quad (5.4)$$

де  $C_a$  - річна сума амортизації;

$T$  - термін корисного використання об'єкта;

$ПВ$  - первісна вартість, дорівнює капітальним вкладенням

$ПВ = K$ ;

$H_a$  - норма амортизації;

Отже, норма амортизації для проекрованої системи управління складе:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100\% = 0,4 \cdot 100\% = 40\%,$$

Сума амортизації для системи складе:

$$C_a = 0,4 * 21354,8 = 8541,92 \text{ грн.}$$

### 5.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Впровадження автоматизованої системи управління комплексом сушки зерна на елеваторі не відіб'ється на зарплату обслуговуючого персоналу.

Результати розрахунку річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу представлені в таблиці 5.3.

Річний фонд робочого часу розраховується наступним чином:

$$F_{\Gamma} = T_{\text{см}} * P_{\text{д}}, \quad (5.5)$$

де  $T_{\text{см}}$  - тривалість зміни;

$P_{\text{д}}$  - кількість робочих днів, визначають за формулою:

$$P_{\text{д}} = T_{\Gamma} - T_{\text{в}} - T_{\text{п}} - T_{\text{от}}, \text{ днів};$$

де  $T_{\Gamma}$  - число днів в році, 365 днів;

$T_{\text{в}}$  - число вихідних днів, 104 дні;

$T_{\text{п}}$  - число святкових днів у році, 11 днів;

$T_{\text{от}}$  - відпустка, 24 днів.

$$P_{\text{д}} = 365 - 104 - 11 - 24 = 226 \text{ днів}$$

Таким чином, річний фонд робочого часу складе:

$$F_{\Gamma} = 8 * 226 = 1808 \text{ год/рік.}$$

Устаткування комплексом сушки зерна обслуговує 2 людини: 1 оператор і 1 наладчик електрообладнання. Також раз на рік виконується планове технічне обслуговування за договором інженером-електронщиком протягом 4 днів.

Годинна тарифна ставка по тарифній сітці буде дорівнює:

- для оператора 60 грн / год;
- для наладчика електрообладнання 54 грн / год.

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 8% від основної зарплати, ЄСВ в розмірі 22%.

Таблиця 5.3 - Фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу

Найменування професій робітників	Списковий штат, чол.	Годинна тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, год	Всього пряма заробітна плата по тарифу, грн.	Доплати, грн. (10%),	Додаткова заробітна плата, грн.	Премія грн. 5%	Всього заробітна плата, грн
Диспетчер	1	60	1808	108480	10858	8678	5429	133445
Наладчик електрообладнання	1	54	1808	97632	9763	7810	4881	120086
Інженер-електронщик	1							2280
Разом								237043
ЄСВ (22%)								56278
Всього								293321

### 5.2.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року:

$$C_{\text{э}} = W_{\text{Г}} * C_{\text{э}}, \text{ грн.} \quad (5.6)$$

де  $W_{\text{Г}}$  - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт \* год.

$C_{\text{э}}$  - тариф на електроенергію, грн./кВт\*год. (для споживачів 2 класу - 1,78 грн./кВт \* год. Без урахування ПДВ)

Річне (226дней\*8Часов=1808часов) споживання електроенергії обладнанням при експлуатації системи управління становить:

$$W_{\text{год.баз}} = 1808 * 0,064 = 115,71 \text{ кВт*ч};$$

$$C_{\text{э}} = 115,712 * 1,78 = 205,97 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.4 - Експлуатаційні витрати

Найменування показника	Проектний варіант
Амортизація	8541,92
Заробітна платня	293321
Електроенергія	205,97
Разом	302068,89

### 5.3 Оцінка економічної ефективності

При сушінні зерна необхідно дотримуватись встановлених рамок вологості.

Наприклад для пшениці в мукомельній та комбикормовій промисловості 14,5-15,5%, для круп'яної промисловості 13,5-14,5%, для зберігання 13-15%. При недотриманні встановлених норм зерно втрачає свою вартість або потребує подальшої обробки.

На прикладі зерносушарки ДСП-32 продуктивність якої становить 32 т/год, и вартості тони пшениці в 5500 грн. При наявності зерна сушарка повинна працювати цілодобово. Для стаціонарної сушарки місячний робочий час встановлюється у розмірі 615 годин. Якщо пересушка зерна становитиме 1%:

$$V = 32 * 615 = 19680 \text{ т};$$

$$V_{\text{п}} = 32 * 615 - 1\% = 19483 \text{ т};$$

$$П = V * Ц_{\text{т}}, \text{ грн}; \quad (5.7)$$

де  $V$  - обсяг виробленої продукції;

$Ц$  - тариф або ринкова ціна одиниці продукції;

$$П = 19680 * 5500 = 108,240 \text{ млн. грн};$$

$$П_{\text{п}} = 19483 * 5500 = 107,1565 \text{ млн. грн};$$

$$\Delta П = 108240000 - 107156500 = 1,084 \text{ млн. грн.}$$

$$E = \epsilon / K, \quad (5.8)$$

де  $\epsilon$  - загальна економія від впровадження об'єкту проектування;

$$\epsilon = \Delta П;$$

$$E = 1084000 / 21354,8 = 50,7.$$

При недотриманні встановленої вологості термін окупності становитиме:

$$T_{\text{р}} = K / \epsilon = 21354,8 / 1084000 = 0,2 \text{ років.}$$

### 5.4 Висновок по розділу

У розділі були визначені капітальні та експлуатаційні витрати для системи автоматизованого керування технологічним комплексом сушки зерна на елеваторі які склали 21,3 тис. грн. та 302 тис. грн. відповідно. А також був проведений

розрахунок економічної ефективності, при недотриманні встановленої вологості термін окупності становитиме  $T_p=0,2$  років.

Впровадження нового обладнання потребує доволі багато коштів, але оскільки встановлення нової системи автоматизації дозволить підвищити надійність керування комплексом, зменшити кількість аварій, та виробляти більш якісний продукт її впровадження є цілком вигідним та ефективним рішенням.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Аналіз умов праці при експлуатації шахтної зерносушарки

Для оцінки виробничого ризику автослюсарів спробуємо ідентифікувати небезпеки:

#### 1. Фізичні фактори:

- температура повітря робочого середовища;
- виробничий шум;
- вібрація

#### 2. Фактори, обумовлені ергономікою:

- знаходження в незручній робочій позі;
- переміщення у просторі;
- нахили тулуба.

#### 3. Хімічні та біологічні фактори ризику:

- оксид вуглецю;
- пил.

Величину ризику будемо визначати одним з найбільш практичних способів, що використовуються у табл. 6.1. Оскільки на сьогоднішній день діють два міжнародні стандарти, спрямованих на розробку та впровадження системи менеджменту безпеки праці та охорони здоров'я на підприємствах. На основі вищевказаних документів в Україні було розроблено та прийнято національний стандарт, який використовувався у якості пробного документу. З 1 січня 2011 року в Україні було прийнято постійно діючий документ.

Таблиця 6.1 - Величина ризиків

Наслідки			
Ймовірність	Незначні	Помірно значні	Серйозні
Мала	Малозначущий ризик 1	Малий ризик 2	Помірний ризик 3
Середня	Малий ризик 2	Помірний ризик 3	Значний ризик 4
Висока	Помірний ризик 3	Значний ризик 4	Неприпустимий ризик 5

Спочатку визначають серйозність наслідків, причинених ситуацією, за допомогою трьох різних позицій у верхньому рядку таблиці, а після того оцінюють імовірність заподіяної шкоди за допомогою першого стовпця. На перетині двох обраних напрямків виявиться величина знайденого рівня ризику. Величини ризику розрізняються від мінімальної, значення 1 (малозначущий ризик) до максимальної, значення 5 (неприпустимий ризик).

Проаналізовані ергономічні ризики при виконанні ремонтних робіт. Зведена інформація знаходиться в табл. 6.2, 6.3.

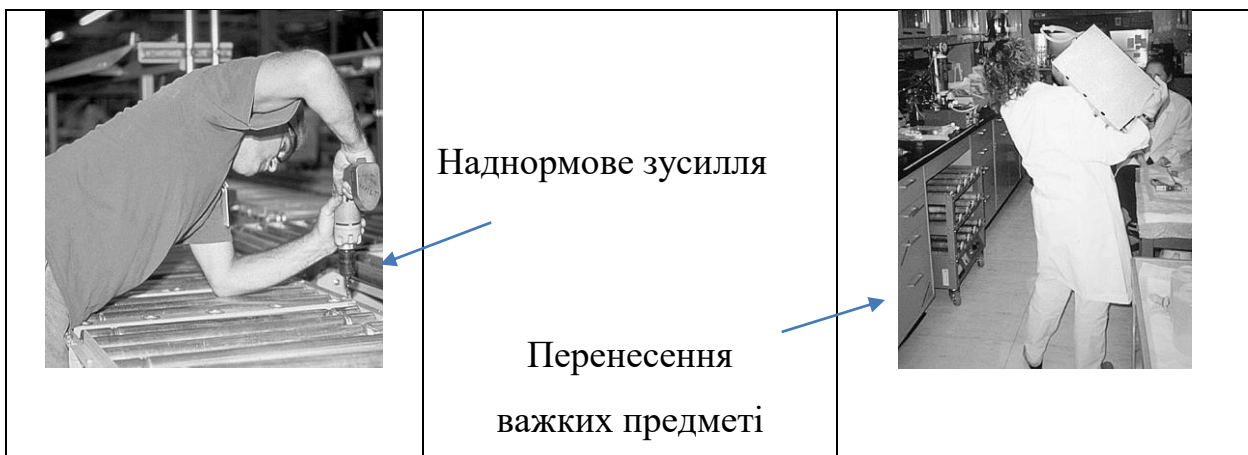
Таблиця 6.2 - Рівні ризиків факторів, обумовлених ергономікою

<b>Наслідки</b>			
<b>Ймовірність</b>	<b>Легкі (неприємність, роздратованість, навантаження, що проходить)</b>	<b>Середньої тяжкості (довготривалі, серйозні, постійні впливи постійна слабка шкода, випадкова відсутність)</b>	<b>Тяжкі (постійні серйозні впливи, довга або повторювана хвороба)</b>
Мала (навантаження випадкове, виникає рідка)	Малозначущий ризик 1	Малий ризик 2	Помірний ризик 3
Середня (ситуація небезпеки і навантаження щоденні або дія нормативного на-вантаження 50 %)	Малий ризик 2	Помірний ризик 3	Значний ризик 4
Висока (ситуація небезпеки і навантаження постійні)	Помірний ризик 3	Значний ризик 4	Неприпустимий ризик 5

Таблиця 6.3 - Зведена таблиця ергономіки

	<b>Фактор небезпеки</b>		
	<b>Робоча поза</b>	<b>Переміщення у просторі</b>	<b>Нахили тулуба</b>
Опис ситуації	знаходження в незручній робочій позі(навпочіпки, на колінах тощо – 46% часу зміни (норма до 25% часу зміни)	переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом, протягом зміни), км: 6-8 (норма до 8 км по горизонталі	нахили тулуба – 101-200 разів (норма 51-100 )
Наслідки	Середньої тяжкості	Легкі	Легкі
Ймовірність ризику	Висока	Середня	Висока
Рівень ризику	значний 4	Малий 2	Помірний 3

## 6.2 Ергономічні фактори ризику





	<p>Незручна поза</p> <p>Незручні захоплення</p>	
	<p>Зусилля, що прикладаються до органів керування</p> <p>Повторювальні операції</p> <p>Положення зап'ясть і пальців</p>	
	<p>Вібрація</p> <p>Статичне положення</p> <p>Висота робочої поверхні</p>	

### 6.3. Рішення щодо покращення ергономіки

Для опису та оцінки якості промислових систем у даний час широко використовують ергономічні характеристики, що складають специфічну систему показників якості. Ергономічні характеристики описують ступінь відповідності програмно-технічних компонентів і умов середовища потенційним можливостям людини з метою створення сприятливих умов ефективної діяльності, збереження здоров'я і розвитку особистості – вирішення триєдиного завдання ергономіки.

Ергономічні характеристики за функціями і внутрішніми умовам зводять до чотирьох груп загальних властивостей – керованість, опанованість, обслугованість і можливість мешкання.

## Запровадження комплексної програми з ергономіки на підприємстві

Комплексна програма ергономіки може заощадити гроші вашої компанії, за рахунок зменшення прямих і непрямих витрат пов'язаних з травмуванням і лікуванням працівників, підвищення продуктивності праці. Тому важливо наступне:

- залучення працівників до всіх аспектів вирішення нагальних виробничих задач з модернізації і покращення умов праці.
- зобов'язання керівництва щодо пріоритетності безпеки працівників.

### **6.4. Методи зниження ергономічних ризиків**

Ротація і збагачення роботи:

- ротація як модель проектування роботи полягає в переміщенні працівника з однієї роботи на іншу і відповідно надання йому можливості виконувати більш різноманітні функції;
- збагачення роботи на практиці означає додавання до виконуваної індивідом роботи функцій або завдань, що дозволяють підвищити відповідальність виконавця за планування, організацію, контроль і оцінку своєї власної роботи

Аналіз небезпек під час виконання роботи:

- розпланувати роботу за етапами, операціями, прийомами та переходами;
- ідентифікуйте (визначить) фактори ризику для кожної операції, прийому, переходу та можливі негативні наслідки для персоналу та довкілля в процесі виконання запланованої роботи;
- встановіть як кожна задача впливає на фактори ризику та вкажіть на заходи, необхідні для надійного захисту від джерел небезпеки.

Виберіть відповідні інструменти:

- забезпечте працівників ергономічними інструментами, які зменшать м'язову напругу під час виконання виробничих завдань.

Ергономіка в дії:

- залучайте працівників до вирішення проблем, що виникають під час виконання робіт;
- підготуйте працівників, які навчають нових працівників.

Навчання ергономіці:

- організуйте навчання персоналу щодо встановлення ергономічних факторів ризику, які призводять до порушення опорно-рухового апарату та шляхів зменшення їх впливу.



Рисунок 6.1 - Приклад інженерного вирішення задачі із забезпечення зручної пози для відбору матеріалів із ящика після їх доставки



Рисунок 6.2 - Використовуйте портативну робочу платформу і відрегулюйте її на висоту працівника



Рисунок 6.3 - Підйомники для вантажів

### 6.5. Розрахунок освітлення

Розрахувати загальне штучне освітлення приміщення за методом коефіцієнта використання світлового потоку для приміщень розмірами, що наведені: Розміри дільниці –  $20 \times 9 \times 2,8$   $a$  – довжина, м;  $b$  – ширина, м  $h$  – висота приміщення, м рис. 6.4.

Керуючись ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення", вибрати джерело світла для заданого приміщення і кількості ламп в одному світильнику.

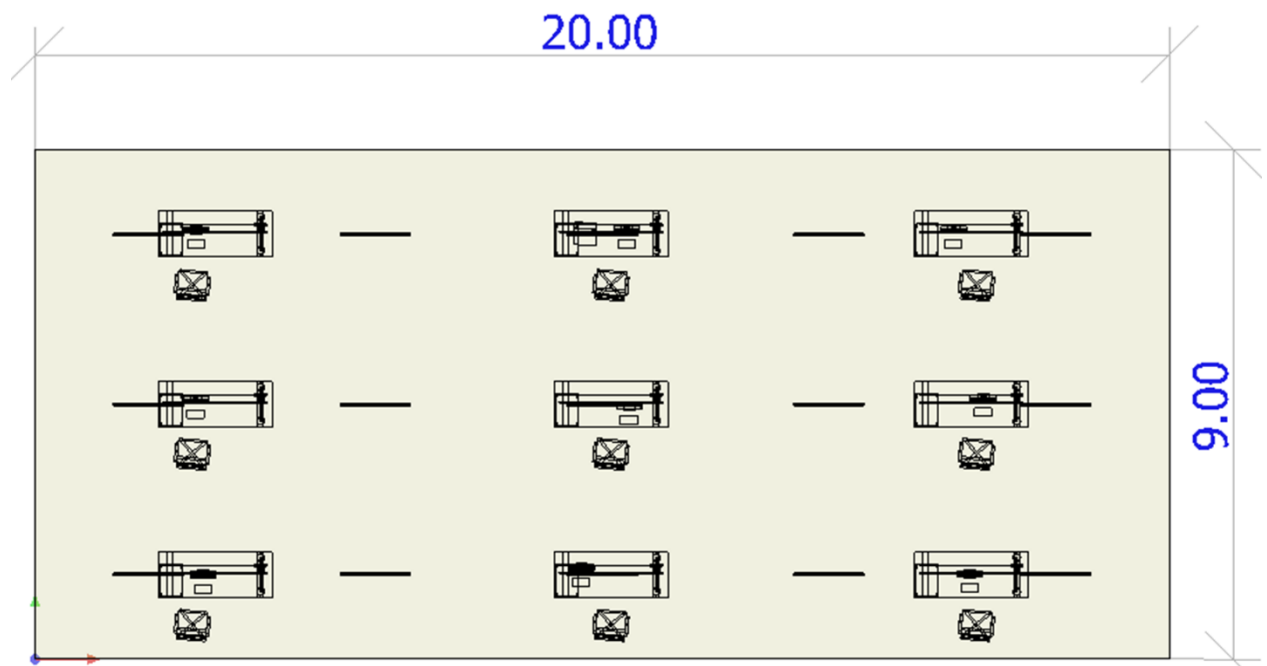


Рисунок 6.4 - Геометричні розміри приміщення

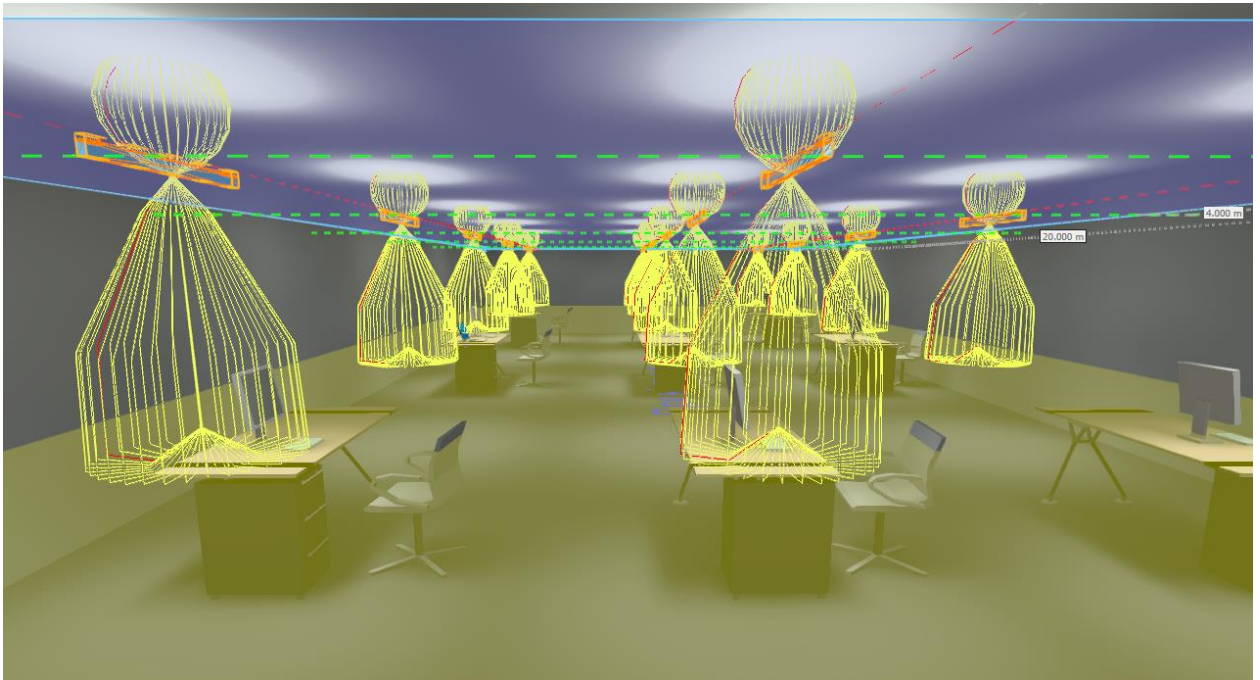


Рисунок 6.5 - Крива сили світла

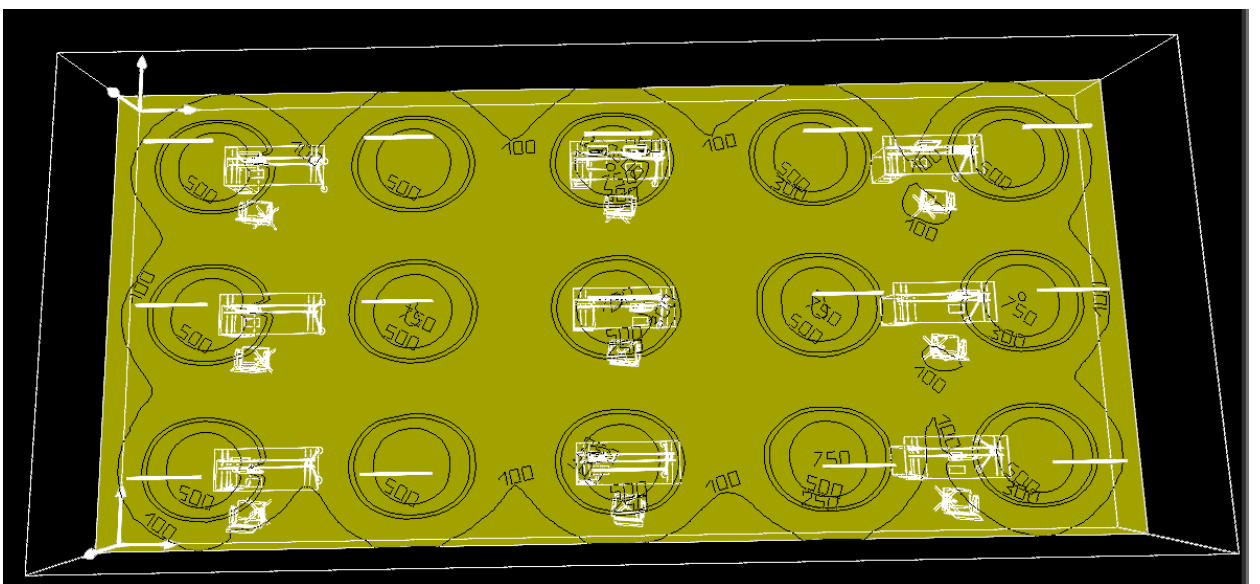



Рисунок 6.6 - Освітленість на робочому місці

Inspire black 36w led 3000k - це ультрасучасний тонкий світильник з білою зовнішньою поверхнею, покритою порошковою фарбою. Чорні відбивачі забезпечують чудовий контроль відблисків у прямому світлі. Розподіл світла: Direct/Indirect Light technic LED (неможливий) 36W 3000K Ra>80 SDCM 3 L80/B20 >50 000 годин при Ta=25°C Control/Dimming DALI Матеріали: Алюміній Колір: Чорний (RAL 9004) Оптика: Полікарбонат (ПК)

Монтаж/з'єднання Підвісний, внутрішній комплект дротів 2x2 м Кабель 3x0,75 мм<sup>2</sup> 2,5 м Макс. світильників на вимикач: В10: 8, В16:

Світловий вихід 1 (інтегрований)					
Тип лампи	Номінальна потужність лампи	Загальний світловий потік	Світлова віддача	CCT	CRI
LED	36 Вт	4140 lm	115 lm/W	3000 К	80
				LOR:	100%
				ULOR:	50%
				Загальна потужність:	36 Вт

#### Монтаж

Підвісний

#### Форма та розміри

Довжина: 1240 мм

Ширина: 38 мм

Висота: 87 мм

#### Регульованість

фіксований

#### дизайн

Колір корпусу: Чорний

#### Електрика

Потужність: 36 Вт

клас захисту: I

#### Захист

IP: 20

Рисунок 6.7 - Параметри світильника

### 6.6. Безпека у надзвичайних ситуаціях

Бензол – це хімічна речовина, яка при кімнатній температурі є безбарвною або світло-жовтою рідиною. Має солодкий запах і легкозаймиста. Бензол дуже швидко випаровується в повітря. Його пара важча за повітря і може занурюватися в низини. Бензол лише злегка розчиняється у воді і буде плавати на поверхні води.

У розділі проводилось моделювання вибуху балону з бензолом, вхідні дані та результати моделювання наведені на рис. 6.8.

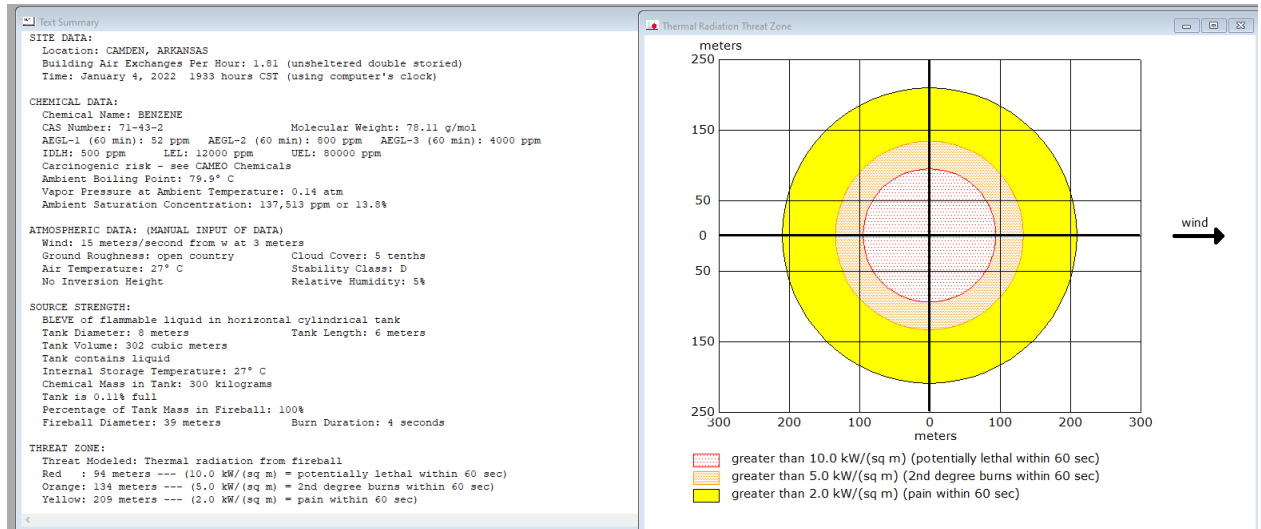


Рисунок 6.8 - Оцінка вибухової хвилі балону з бензолом

Наступний етап передбачав візуалізацію вибухової хвилі на 3D мапі, яка наведена на рис. 6.9.

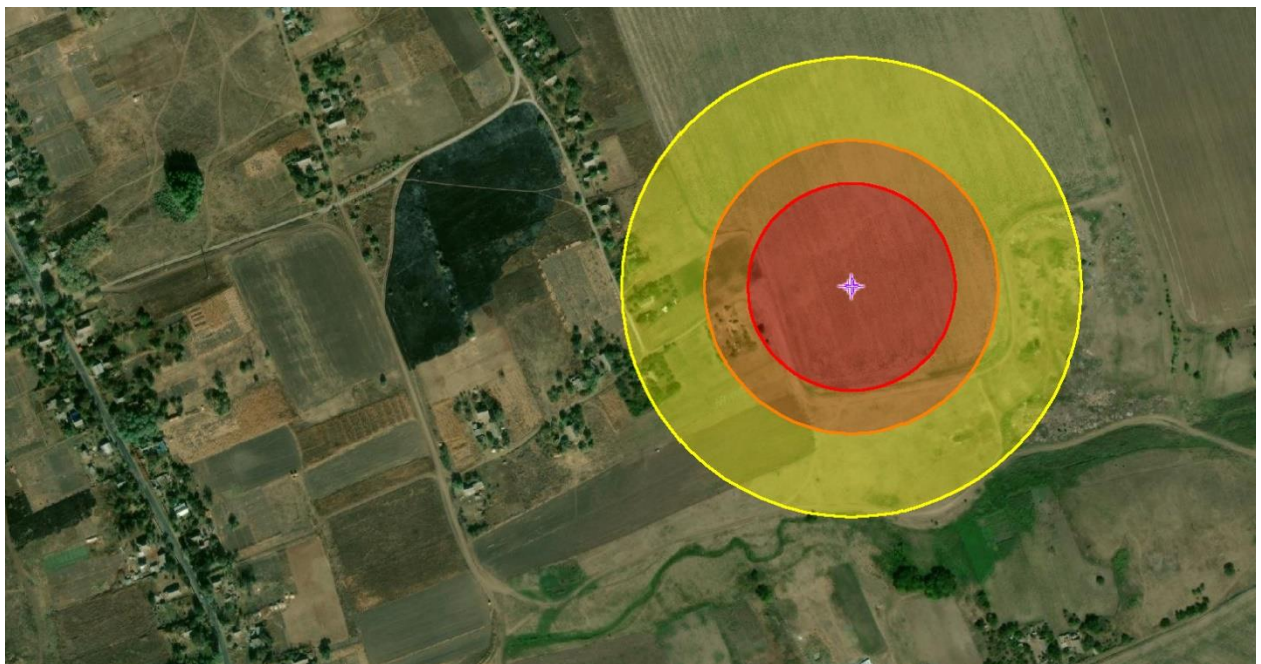



Рисунок 6.9 - Вибухова хвиля

Характеристики бензолу наведені на рис. 6.10.

БЕНЗОЛ		КІСД : 0015 (листопад 2016 р.)	
Циклогексатриєн Бензол			
Номер CAS: 71-43-2 А.№: 1114 Номер ЄС: 200-753-7			
<b>ПОЖЕЖА І ВИБУХ</b>	<b>ГОСТРІ РИЗИКИ</b>	<b>ПРОФІЛАКТИКА</b>	<b>Засоби пожежогасіння</b>
	Дуже легкозаймистий. Суміш парів/пари вибухонебезпечні. Небезпечна пожежа та вибуху. Дія. Хімічна небезпечна.	Уникайте відкритого вогню, іскри і не палити. Зарядка системи, вентиляція, вибухозахищені електричні та освітлювальні прилади. НЕ використовуйте стиснене повітря для наповнення, заправки або обробки. Використовуйте ручні інструменти без іскріння. Запобігайте накопиченню електростатичних зарядів (наприклад, заземлення).	Використовуйте пену, струмінь води, вуглекислий газ, порошок. У разі пожежі зберігати контейнери тощо, холодне обприскуванням водою.
<b>УНИКАЙТЕ ВСІХ КОНТАКТІВ!</b>			
<b>Вдихання</b>	<b>СИМПТОМИ</b>	<b>ПРОФІЛАКТИКА</b>	<b>ПЕРША ДОПОМОГА</b>
	Запаморочення, сонливість, головний біль, нудота, задиханість, судороги, втрата свідомості.	Використовуйте вентиляцію, місцеву витяжку або засоби захисту органів дихання.	Свіже повітря, відпочинок. Зверніться за медичною допомогою.
<b>Шкіра</b>	ЦЕ МОЖНА ВБИРАТИ! Суха шкіра. Покривлення. Біль. Також дія. Відлякання.	Закони рукавички. Закисний одяг.	Змити забруднений одяг. Промийте шкіру великою кількістю води або під душем. Зверніться за медичною допомогою.
<b>Очі</b>	Покривлення. Біль.	Носить закисний одяг або закисні окуляри разом із захистом органів дихання.	Споконку промийте із великою кількістю води проточом кльким хвильні (за можливості змити контактні лінзи), потім зверніться до лікаря.
<b>Прокікування</b>	Біль у животі. Суєлість у роті. Вн порикув. Також дія. Вдихання.	Під час роботи на теплі, не пийте та не куріть.	Полосніть рот. Не викликайте блювоту. Зверніться за медичною допомогою.
<b>ВИДАЛЕННЯ ОПЛАТУ</b>		<b>КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МАРКУВАННЯ</b>	
Потруїти від джерела займання. Евакувати небезпечну зону. Зверніться до фахівців індивідуальний захист повної закисний одяг з автономним дихальним апаратом. Не виймайте в сміттєзаповнювачі. Не допускайте забруднення навколишнього середовища хімічними речовинами. Якіснощі швидко зберіть рідину, що випає та пропиту, у закриті ємності. Поглиніть рідину, що залишилася, піском або інертним абсорбентом. Потім зберігайте та утилізуйте відповідно до місцевих правил.		Відповідно до критерієв ЄС ООН	
<b>ЗБЕРІГАННЯ</b>		 НЕБЕЗПЕКА	
Вогнетривий. Відокремлено від харчових продуктів і кормів, окислювачів і палючих. Зберігати в місці без стінки або доступу до каналізації.		Дуже легкозаймиста рідина і пара Може бути смертельною при прокинутуванні та потрапінні в дихальні шляхи Високий подразнює шкіру Високий: серйозне подразнення очей Може викликати гострі дефекти Може викликати рак Високий: подразнення слизової оболонки та центральної нервової системи через тривалій або багаторазовий вплив Шкідливий для водних організмів з догортривалими наслідками	
<b>УПАКОВКА</b>		Транспортує Класифікація ООН Клас небезпечна ООН: 3, Група упаковки ООН: III	
Не перевозити з їжею та кормами.			

На рисунок 6.10 - Властивості бензолу, симптоми дії його на організм

БЕНЗОЛ		КІСД : 0015	
<b>ФІЗИКО-ХІМІЧНА ІНФОРМАЦІЯ</b>			
<b>Фізичний стан, зовнішній вигляд</b>	БЕЗКОЛОРИСТА РІДИНА з характеристичним запахом.	<b>Формула</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
<b>Класифікація</b>	Пара вадча за повітря і може рухатися по землі, мовкива дистанційна пожежа. Електростатичні заряди можуть утворитися потіком, перемішуванням тощо.	<b>Молекулярна вага</b>	78.1
<b>Хімічна небезпечна</b>	Хімічна небезпечна бурхливо реагує з окислювачами, залізною кислотою, оцтовою кислотою та палючими. Це створює ризик пожежі та вибуху. Вражає пластмаси та гуму.	<b>Температура кипіння</b>	80 °C
		<b>Температура плавлення</b>	6 °C
		<b>Висока густина пари</b>	4.1
		<b>Розчинність у воді</b>	1.8 г/100 мл при 25 °C
		<b>Висока густина пари (повітря = 1)</b>	2.7
		<b>Висока густина парів/пари (повітря = 1)</b>	1.2
		<b>Температура спалювання</b>	-11 °C
		<b>Температура самозаймання</b>	490 °C
		<b>Вискозність</b>	0.65 мПа·с при 20 °C
		<b>Коефіцієнт розподілу октанол/вода</b>	100
<b>ВПЛИВ І ЕФЕКТИ НА ЗДОРОВ'Я</b>			
<b>Шкоди впливу</b>	Речовина може всмоктуватися в організм при вдиханні, через шкіру та при ковтанні.	<b>Ризик вдихання</b>	Шкідливе забруднення повітря може бути досягнуто дуже швидко при випаровуванні цієї речовини при 20 °C.
<b>Наслідки короточасного впливу</b>	Речовина подразнює очі, шкіру та дихальні шляхи. Якщо ці рідина потрапить координату астрації в очі може привести до кіліної інфекції. Речовина може впливати на центральну нервову систему. Це може викликати зменшення свідомості. Вплив, що перевищує ліміт професійного впливу, може привести до втрати свідомості та смерті. При попаданні всередину речовина легко потрапить в дихальні шляхи і може привести до кіліної інфекції.	<b>Наслідки тривалого або багаторазового впливу</b>	Речовина енергійно швидко, що може викликати суєлість і тріщини. Речовина може впливати на центральну нервову систему та вісую систему. Речовина може впливати на слизову оболонку. Це може викликати запалення. Ця речовина канцерогенна для людини. Може викликати складні генетичні пошкодження у людей. Дія. Примітка: E
<b>Межі професійного впливу</b>			
TLV: 0.5 ppm як TWA, 2.5 ppm як STEL (шкіра), A1 (потенційно канцероген для людини); Випущений ЄС: EU-OEL: 3.25 mg/m <sup>3</sup> (1 ppm як TWA (шкіра)); MAK: категорія канцерогену 1; група мутагенів статевих клітин 3A; поглинання шкірою (H)			
<b>НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ</b>			
Речовина токсична для водних організмів. Речовина може спричинити догортривалий вплив у водному середовищі.			
<b>ПРИМІТКА</b>			
Вживання алкогольних напоїв посилює шкідливу дію. Залежно від ступеня опорожнения рекомендується періодичні клінічні огляди. Запах є недостатнім попередженням про перевищення меж впливу. Бензол викликає гострий мієлоїдний лейкоз і гострий мієломобластний лейкоз. Також спостерігається позитивний зв'язок між впливом бензолу та гострого мієлоїдного, хронічного мієлоїдного, мієлоїдного та мієлоїдного лейкозів.			
<b>ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ</b>			
Символ класифікації: CE, F, T, R: 45-46-11-36 / 38-48 / 23/34 / 25-65, C: 53-45, Примітка: E			

Рисунок 6.11 - Фізичні та хімічні властивості

У людей, які вдихають високий рівень бензолу, протягом від кількох хвилин до кількох годин можуть виникнути такі ознаки та симптоми:

- сонливість;
- запаморочення;
- прискорене або нерегулярне серцебиття;
- головні болі;
- тремтіння;
- спантеличеність;
- несвідомість;



- смерть (на дуже високих рівнях).

Вживання їжі або напоїв, що містять високі рівні бензолу, може викликати такі симптоми протягом від кількох хвилин до кількох годин:

- блювота;
- роздратування шлунку;
- запаморочення;
- сонливість;
- судоми;
- прискорене або нерегулярне серцебиття;
- смерть (на дуже високих рівнях).

Якщо людина відригує через ковтання їжі або напоїв, що містять бензол, блювота може всмоктатися в легені і викликати проблеми з диханням і кашель. Прямий вплив бензолу на очі, шкіру або легені може спричинити пошкодження та подразнення тканин. Поява цих ознак і симптомів не обов'язково означає, що людина зазнала впливу бензолу. При гострому отруєнні бензолом (парами бензолу) потерпілого необхідно в першу чергу винести на свіже повітря, у разі зупинки дихання проводять штучне дихання до нормалізованого, як стимулятори дихання застосовують кисень і лобелін. Застосування адреналіну як аналептик категорично заборонено! При виникненні блювоти внутрішньовенно 40% розчин глюкози, у разі порушення кровообігу – ін'єкцію розчину кофеїну.

## **6.7 Висновки по розділу**

Використання ергономічних принципів для забезпечення трудової діяльності підвищує ефективність праці, забезпечує здоров'я співробітників, часом навіть допомагає утримати на роботі цінних фахівців, нарешті – просто сприяє створенню сприятливого та комфортного психологічного мікроклімату в колективі. Можна сформулювати основну мету ергономіки – це забезпечення комфортності, безпеки та ефективності трудового процесу, тобто створення таких умов роботи, які сприяють зниженню стомлюваності людини і збереженню її здоров'я.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи складено висновки:

Для досягнення мети роботи обрано комплекс технічних засобів на базі мікропроцесорного контролера VIPA 200 та SCADA системи Zenon.

Для зерносушарки шахтного типу для каналу керування «Температура агенту сушіння – температура зерна» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку другого порядку з запізненням 270 секунд. Дослідження за допомогою П-образного впливу показало симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової. Дослідження об'єкту графічним методом по вихідній характеристиці після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 1450 с., час встановлення складає приблизно 2500 с., пере регулювання відсутнє.

Для процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці по каналу температура агенту сушіння – температура зерна після проведеного дослідження передавальної характеристики, було отримано модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «к» при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має прямо пропорційний вплив, та залежить від знаку та значення збурення. Для об'єкту керування з коефіцієнтом « $k=0,35$ » збурення критично впливає на вихідний параметр при негативному знаку зі значенням 16 та більше. Позитивне значення збурення не впливає на вихідний параметр.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має прямо пропорційний вплив, ще більше при зниженні коефіцієнту «к» об'єкту керування. Критичне значення коефіцієнту «к» сягає  $k=0,28$ . Вже при цьому значенні коефіцієнту «к» система керування не має запасу стійкості при впливі негативного збурення на вихідний параметр, що зобов'язує виконати заново розрахунок параметрів регулятора.

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. З моделі відокремлені модель об'єкта керування та модель регулятора. За допомогою стандартних засобів математичного пакета MATLAB отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор на мові програмування Structured Text.

На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмного програмованого логічного контролера Zenon Logic який входить до складу SCADA системи Zenon. В SCADA системі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс, який містить відображення інформації про технологічний процес, зміну температури, хронологічний список подій та інформаційний список тривоги.

Розраховані капітальні та експлуатаційні витрати на впровадження проекту автоматизованого керування технологічним комплексом сушки зерна. Розрахований термін окупності проекту, який при недотриманні необхідної вологості зерна становить  $T_p=0,0197$  року. Встановлення нової системи автоматичного керування підвищує надійність управління комплексом, зменшує кількість аварій, та дозволяє виробляти більш якісний продукт її впровадження є цілком вигідним та ефективним рішенням.

Розроблені інженерно-технічні заходи для усунення небезпечних та шкідливих факторів при керуванні технологічною лінією сушки зерна. Виконаний розрахунок захисного заземлення, надані вимоги пожежної безпеки при експлуатації зерносушарки та інструкції на випадок надзвичайних ситуацій.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://www.segodnya.ua/economics/enews/ukraina-preodolela-istoricheskiy-rubezh-okonchatelnye-itogi-urozhaya-zernovyh-1242934.html>.
2. <https://www.pzcu.gov.ua/ua/branches/centralregion/8>.
3. <http://vmzhk.vioil.com>.
4. Политехнический словарь/Редкол.: А.Ю. Ишлинский и др.— 3-е изд, перераб. и доп. — М.: Советская энциклопедия, 1989.—656 с.
5. Купченко А. В. Современное состояние и тенденции развития мощностей по хранению зерна в хозяйствах Украины / А. В. Купченко // Хранение и переработка зерна. — 2012. — №4. — С. 32–35.
6. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок / [Станкевич Г.М., Шаповаленко О.І., Страхова Т.В., Петруня Б.М., Яковенко А.І., Остапчук М.В., Шашкін А.Б.] — Одеса-Київ : ДАК «Хліб України»,1997. — 72 с.
7. Горелка МДГГ. — Режим доступа: [www.URL: http://gorelka.com.ua/ru/gorelka\\_mdgg\\_foto.html](http://www.URL: http://gorelka.com.ua/ru/gorelka_mdgg_foto.html) — 01.12.2021 р.
8. Пшениця. Технічні умови : ДСТУ 3768:2004. — [Чинний від 2004-05-28].— К. : Держспоживстандарт України, 2004. — 16 с. — (Національний стандарт України)
9. Термоперетворювачі опору з вихідним сигналом 4–20мА. — Access mode: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5mi-yermoperetvorjuvachi-oporu-z-vyhidnym-sygnalom-4...20ma/tehnichni-harakterystyky>.
10. Колесов Л.В. Экспериментальное обоснование совершенствования процесса сушки в шахтных зерносушилках / Л.В. Колесов, Н.М. Андрианов // Автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна: Сб. науч. трудов ЛСХИ.— Л.,1990.—с.69–81.
11. ГОСТ 34.003-90. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Терміни, і визначення. - М.: Держстандарт, 1992. - 54 с.

12. ГОСТ 19.201-78. ЕСПД. Єдина система програмної документації. Технічне завдання. Вимоги до змістом і оформленням. - М.: Держстандарт, 1982. - 128 с.
13. ГОСТ 19.404-79. ЕСПД Єдина система програмної документації. Пояснювальна записка. Вимоги до змісту та оформлення. - М.: Держстандарт, 1982. - 128 с.
14. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
15. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
16. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
17. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
18. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.
19. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.

## Додаток А

## Програмні модулі системи керування

## A.1 Модуль об'єкта керування

```

(*)
*
* File: AnalogDigitalToryanskiy.exp
*
* IEC 61131-3 Structured Text (ST) code generated for subsystem
"AnalogDigitalToryanskiy/Subsystem3"
*
* Model name           : AnalogDigitalToryanskiy
* Model version        : 1.42
* Model creator        :
* Model last modified by   : STUDENTS
* Model last modified on   : Wed Dec 11 14:39:39 2019
* Model sample time      : 0s
* Subsystem name         : AnalogDigitalToryanskiy/Subsystem3
* Subsystem sample time   : 1s
* Simulink PLC Coder version : 1.6 (R2013b) 08-Aug-2013
* ST code generated on    : Wed Dec 11 17:56:17 2021
*
* Target IDE selection    : 3S CoDeSys 2.3
* Test Bench included     : No
*
*)
FUNCTION_BLOCK Subsystem3
VAR_INPUT
    ssMethodType: SINT;
    bi_Input: LREAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    bo_Output: LREAL;
END_VAR
VAR
    u1_states: LREAL;
    u1_states_h: LREAL;
    Delay2_DSTATE: ARRAY [0..269] OF LREAL;
END_VAR
VAR_TEMP
    k: DINT;
    i: DINT;
    u1: LREAL;

```

```

END_VAR
CASE ssMethodType OF
  SS_INITIALIZE:

    (* InitializeConditions for Delay: '<S1>/Delay2' *)
    FOR i := 0 TO 269 DO
      Delay2_DSTATE[i] := 0.0;
    END_FOR;
    (* End of InitializeConditions for Delay: '<S1>/Delay2' *)

    (* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2 у
цифровій формі1' *)
    u1_states := 0.0;

    (* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 1 у
цифровій формі1' *)
    u1_states_h := 0.0;
  SS_STEP:

    (* Output: '<Root>/bo_Output' incorporates:
    * Delay: '<S1>/Delay2' *)
    bo_Output := Delay2_DSTATE[0];

    (* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 1 у цифровій формі1' *)
    u1 := 0.001257734719152 * u1_states_h;

    (* Update for Delay: '<S1>/Delay2' incorporates:
    * DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2 у цифровій формі1' *)
    FOR k := 0 TO 268 DO
      Delay2_DSTATE[k] := Delay2_DSTATE[k + 1];
    END_FOR;
    Delay2_DSTATE[269] := 0.001598720682394 * u1_states;
    (* End of Update for Delay: '<S1>/Delay2' *)

    (* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2 у цифровій
формі1' *)
    u1_states := u1 - (-0.998401279317606 * u1_states);

    (* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 1 у цифровій
формі1' incorporates:
    * Update for Inport: '<Root>/bi_Input' *)
    u1_states_h := bi_Input - (-0.996406472230993 * u1_states_h);
  END_CASE;
END_FUNCTION_BLOCK

```

```
VAR_GLOBAL CONSTANT
  SS_INITIALIZE: SINT := 0;
  SS_STEP: SINT := 1;
END_VAR
VAR_GLOBAL
END_VAR
```



## A.2 Модуль регулятора

```
(*
*
* File: AnalogDigitalToryanskiy.exp
*
* IEC 61131-3 Structured Text (ST) code generated for subsystem
"AnalogDigitalToryanskiy/Subsystem2"
*
* Model name           : AnalogDigitalToryanskiy
* Model version        : 1.42
* Model creator        :
* Model last modified by   : STUDENTS
* Model last modified on   : Wed Dec 11 14:39:39 2019
* Model sample time      : 0s
* Subsystem name        : AnalogDigitalToryanskiy/Subsystem2
* Subsystem sample time   : 1s
* Simulink PLC Coder version : 1.6 (R2013b) 08-Aug-2013
* ST code generated on    : Wed Dec 11 17:58:51 2021
*
* Target IDE selection    : 3S CoDeSys 2.3
* Test Bench included     : No
*
*)
FUNCTION_BLOCK Subsystem2
VAR_INPUT
    ssMethodType: SINT;
    bi_Error: LREAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    bo_Output: LREAL;
END_VAR
VAR
    u_states: LREAL;
    u_DSTATE: LREAL;
END_VAR
VAR_TEMP
    rtb_Saturation1: LREAL;
    rtb_u: LREAL;
    u_tmp: LREAL;
END_VAR
CASE ssMethodType OF
    SS_INITIALIZE:
```

(\* InitializeConditions for DiscreteIntegrator: '<S1>/Интегрирующа складова1' \*)

```
u_DSTATE := 0.0;
```

```
(* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі1' *)
```

```
u_states := 0.0;
```

```
SS_STEP:
```

```
(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі1' incorporates:
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error' *)
```

```
u_tmp := bi_Error - (-0.992779814873728 * u_states);
```

```
(* Gain: '<S1>/Пропорційна складова2' incorporates:
```

```
* DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча складова1'
```

```
* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі1'
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum13' *)
```

```
rtb_u := (((0.359420289855072 * u_tmp) + (-0.359420289855072 * u_states)) + (u_DSTATE + bi_Error)) * 2.96;
```

```
(* Saturate: '<S1>/Saturation1' *)
```

```
IF rtb_u >= 160.0 THEN
```

```
    rtb_Saturation1 := 160.0;
```

```
ELSIF rtb_u > 0.0 THEN
```

```
    rtb_Saturation1 := rtb_u;
```

```
ELSE
```

```
    rtb_Saturation1 := 0.0;
```

```
END_IF;
```

```
(* End of Saturate: '<S1>/Saturation1' *)
```

```
(* Output: '<Root>/bo_Output' *)
```

```
bo_Output := rtb_Saturation1;
```

```
(* Update for DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча складова1' incorporates:
```

```
* Gain: '<S1>/Ti2'
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum8'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum9' *)
```

```
u_DSTATE := ((rtb_Saturation1 - rtb_u) + (0.001221001221001221 * bi_Error)) + u_DSTATE;
```

```
(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі1' *)
```

```
u_states := u_tmp;
```

```
END_CASE;
```

```
END_FUNCTION_BLOCK
VAR_GLOBAL CONSTANT
  SS_INITIALIZE: SINT := 0;
  SS_STEP: SINT := 1;
END_VAR
VAR_GLOBAL
END_VAR
```

## Додаток Б

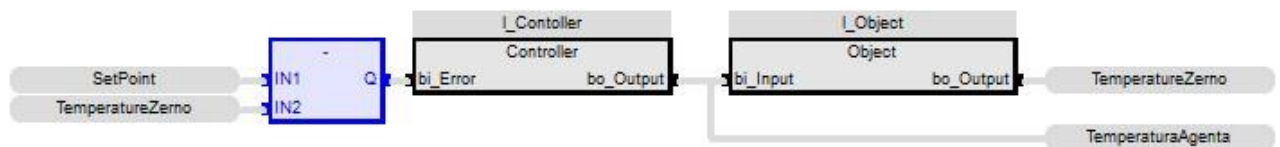
## Програмне забезпечення системи керування

**Б.1 Програмне забезпечення об'єкта керування****Б.1.1 Список програм**

[FBD] Main (\* Основна програма \*)

[ST] Object (\* Об'єкт керування \*)

[ST] Controller (\* Засіб керування \*)

**Б.1.2 Основна програма****Б.1.3 Об'єкт керування**

(\* Output: '<Root>/bo\_Output' incorporates:

\* Delay: '<S1>/Delay2' \*)

```
bo_Output := Delay2_DSTATE[0];
```

(\* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 1 у цифровій формі1' \*)

```
u1 := 0.001257734719152 * u1_states_h;
```

(\* Update for Delay: '<S1>/Delay2' incorporates:

\* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2 у цифровій формі1' \*)

```
FOR k := 0 TO 268 DO
```

```
    Delay2_DSTATE[k] := Delay2_DSTATE[k + 1];
```

```
END_FOR;
```

```
Delay2_DSTATE[269] := 0.001598720682394 * u1_states;
```

(\* End of Update for Delay: '<S1>/Delay2' \*)

(\* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2 у цифровій формі1' \*)

```
u1_states := u1 - (-0.998401279317606 * u1_states);
```

```
(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 1 у цифровій формі1' incorporates:
```

```
* Update for Inport: '<Root>/bi_Input' *)
```

```
u1_states_h := bi_Input - (-0.996406472230993 * u1_states_h);
```

### Б.1.4 Засіб керування

```
(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі1' incorporates:
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error' *)
```

```
u_tmp := bi_Error - (-0.992779814873728 * u_states);
```

```
(* Gain: '<S1>/Пропорційна складова2' incorporates:
```

```
* DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча складова1'
```

```
* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі1'
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum13' *)
```

```
rtb_u := (((0.359420289855072 * u_tmp) + (-  
0.359420289855072 * u_states)) + (u_DSTATE + bi_Error)) * 2.96;
```

```
(* Saturate: '<S1>/Saturation1' *)
```

```
IF rtb_u >= 160.0 THEN
```

```
    rtb_Saturation1 := 160.0;
```

```
ELSIF rtb_u > 0.0 THEN
```

```
    rtb_Saturation1 := rtb_u;
```

```
ELSE
```

```
    rtb_Saturation1 := 0.0;
```

```
END_IF;
```

```
(* End of Saturate: '<S1>/Saturation1' *)
```

```
(* Outport: '<Root>/bo_Output' *)
```

```
bo_Output := rtb_Saturation1;
```

```
(* Update for DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча складова1' incorporates:
```

```
* Gain: '<S1>/Ti2'
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum8'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum9' *)
```

```
u_DSTATE := ((rtb_Saturation1 -  
rtb_u) + (0.001221001221001221 * bi_Error)) + u_DSTATE;
```

```
(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій  
формі1' *)  
u_states := u_tmp;
```

## Б.1.5 Перелік змінних

### Global variables

#### TemperaturaAgenta

REAL

Embedded: <Symbol>

#### SetPoint

REAL

Embedded: <Symbol>

#### TemperatureZerno

REAL

Embedded: <Symbol>

#### Main

##### l\_Controller

Controller

##### l\_Object

Object

#### Controller

##### bi\_Error

REAL

##### bo\_Output

REAL

##### u\_states

REAL

##### u\_DSTATE

REAL

##### rtb\_Saturation1

REAL

##### rtb\_u

REAL

##### u\_tmp

REAL

#### Object

##### bi\_Input

REAL

##### bo\_Output

REAL

##### u1\_states

REAL

##### u1\_states\_h

REAL

##### Delay2\_DSTATE

REAL [0..269]

##### k

DINT

##### i

DINT

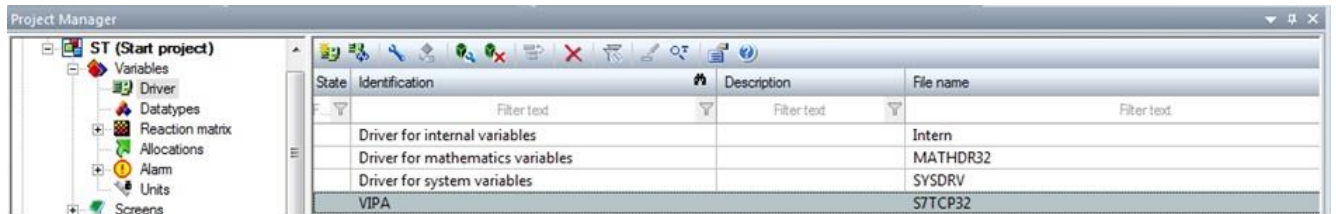
##### u1

REAL

## Додаток В

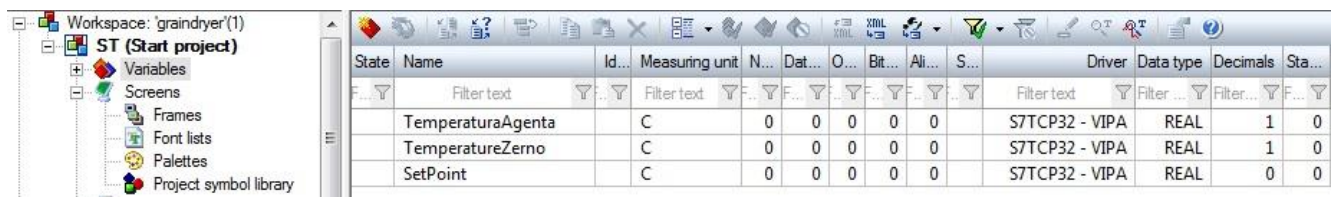
### Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу

#### В.1 Драйвера



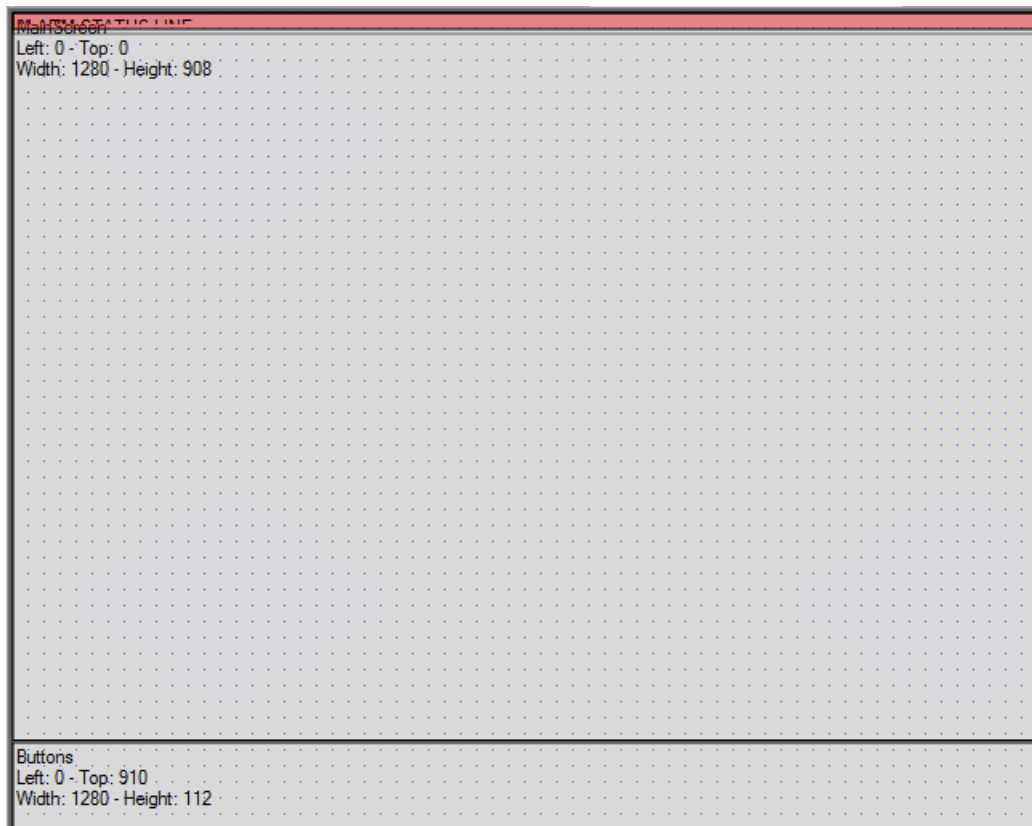
State	Identification	Description	File name
	Filter text	Filter text	Filter text
	Driver for internal variables		Intern
	Driver for mathematics variables		MATHDR32
	Driver for system variables		SYSDRV
	VIPA		S7TCP32

#### В.2 Перелік змінних

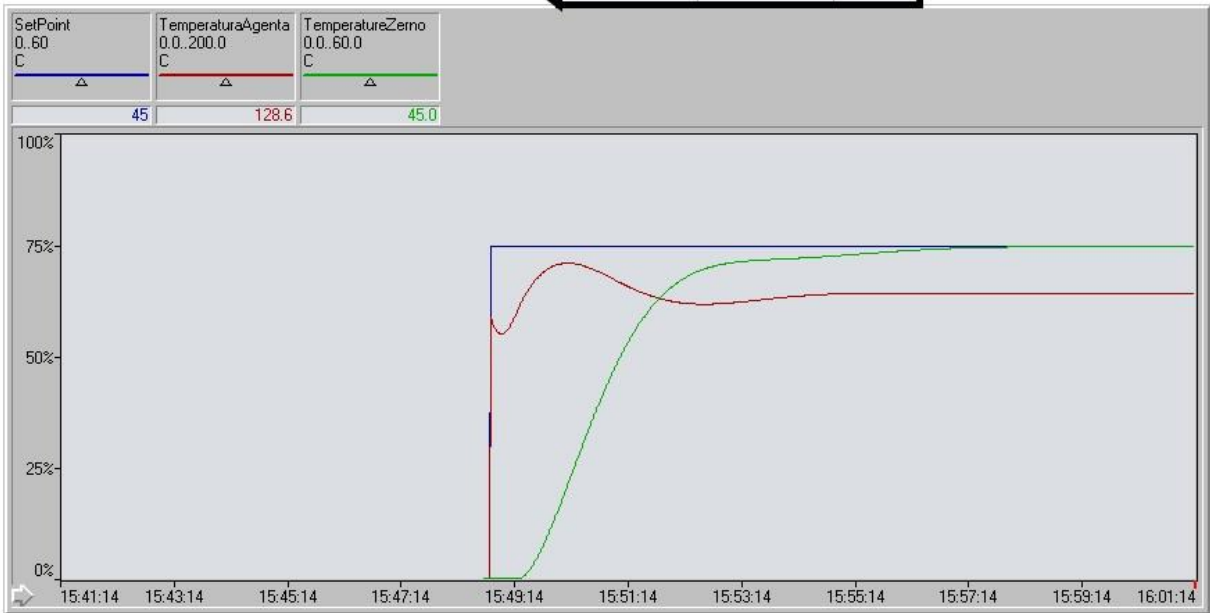
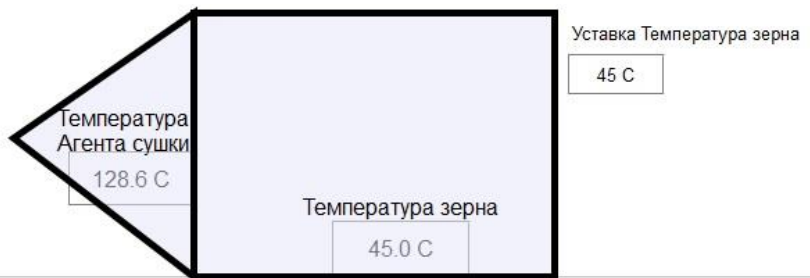
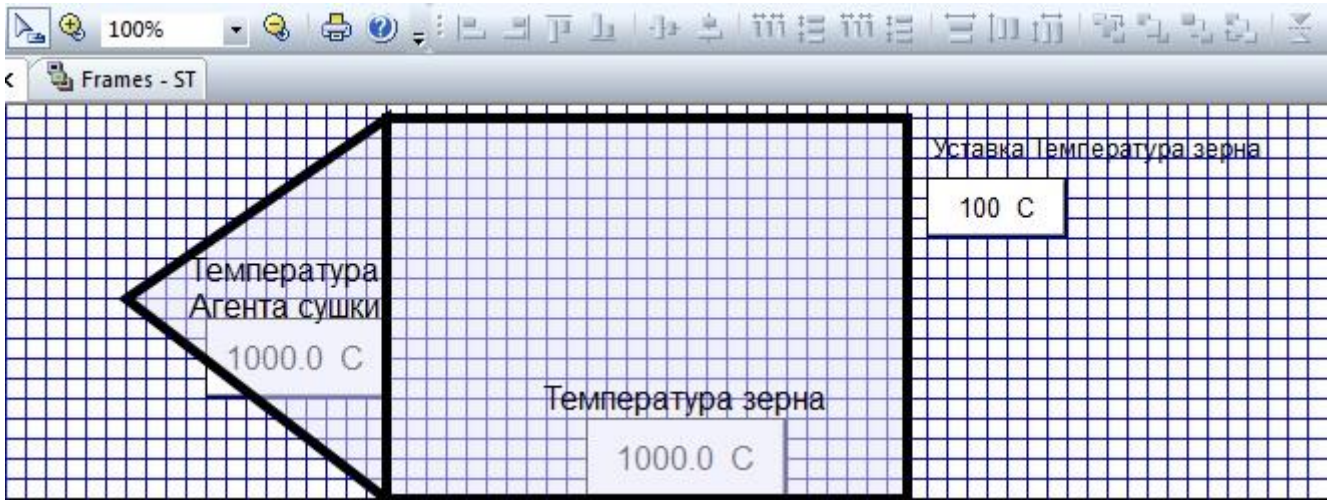


State	Name	Id...	Measuring unit	N...	Dat...	O...	Bit...	Ali...	S...	Driver	Data type	Decimals	Sta...
	Filter text		Filter text							Filter text	Filter...	Filter...	F...
	TemperaturaAgenta		C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - VIPA	REAL	1	0
	TemperatureZerno		C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - VIPA	REAL	1	0
	SetPoint		C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - VIPA	REAL	0	0

#### В.3 Шаблони зображень







## В.4 Функції

Project Manager

Workspace: 'graindryer'(1)

ST (Start project)

- Variables
  - Driver
  - Datatypes
  - Reaction matrix
  - Allocations
  - Alarm
  - Units
- Screens
  - Frames
  - Font lists
  - Palettes
  - Project symbol library
- Functions

Sta...	Name	Type	Parameter
	Filter text	Filter text	Filter text
	SwitchProcessScreen	Screen switch	ProcessScreen (Standard)
	SwitchCELScreen	Screen switch	CELScreen (Standard)
	SwitchAMLScreen	Screen switch	AMLScreen (Standard)
	SwitchButtonScreen	Screen switch	ButtonScreen (Standard)
	Exit	Exit Runtime	
	ReloadProject	Reload project online	changed objects
	Switch_FullTrend	Screen switch	Full_Trend (Extended Trend) ...

## В.5 Зображення

Project Manager

Workspace: 'graindryer'(1)

ST (Start project)

- Variables
  - Driver
  - Datatypes
  - Reaction matrix
  - Allocations
  - Alarm
  - Units
- Screens
  - Frames
  - Font lists

State	Visible under ...	Name	Screen type	Frame	Background co...
	<input checked="" type="checkbox"/>	ButtonScreen	Standard	Buttons	#FFD700
	<input checked="" type="checkbox"/>	main	Standard	MainScreen	#7FFFD4
	<input checked="" type="checkbox"/>	ProcessScreen	Standard	MainScreen	#7FFFD4
	<input checked="" type="checkbox"/>	AMLScreen	Alarm Message List	MainScreen	#7FFFD4
	<input checked="" type="checkbox"/>	Full_Trend	Extended Trend	MainScreen	#7FFFD4
	<input checked="" type="checkbox"/>	CELScreen	Chronological Event List	MainScreen	#7FFFD4

Технологічна схема    Діаграма процесу    Список Тревог    Список подій    Вихід    Перезавантажити

[\*]-[\*]-[\*]-[\*],Ref:0d,1h,0m,0s] Фільтр... Зберегти Імпорт

Variable name	Time received	Text
	02.12.2018 2:02:43	System was started
Controller/Global/SetPoint	02.12.2018 2:03:02	Modify spontaneous value: (140.0)

Кількість:

Експорт Видалити Stop

Коментар:

Друкувати

[\*]-[\*]-[\*]-[\*],Ref:0d,1h,0m,0s] Фільтр... Зберегти Імпорт

Variable name	Time received	Time cleared	Tim
---------------	---------------	--------------	-----

Експорт Видалити Stop

Всього:

Не оброблено:

обробити обити сторі Обробити всі

Видалити далити сторі Видалити всі

Коментар:

Функція тризони:

онати функі крити допом Друкувати

**ВІДГУК**

**на кваліфікаційну роботу ступеню магістра  
на тему: “Дослідження та синтез системи автоматичного керування  
температурою нагріву зерна у зерносушарці”**

студента групи 151м-20-1

Торянського Максима Леонідовича

Тема кваліфікаційної роботи актуальна і безпосередньо близька професійній діяльності магістра спеціальності 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Оригінальність роботи полягає в отриманні моделі впливу збурення на вихідний параметр системи керування шахтної зерносушарки по каналу температура агента сушіння – температура зерна, що дозволяє визначити межове значення коефіцієнта «к» об'єкту керування як межу стійкості розробленої системи керування температурою зерна у зерносушарці.

Студент виконав роботу з добрим ступенем самостійності підтримуючи консультації з керівниками розділів. Праця студента над кваліфікаційною роботою підтвердила достатність знань та навиків з даної галузі знань. В цілому кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «добре» за умови відповідного захисту, а студент Торянський М.Л. присвоєння йому кваліфікації «магістр» за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, доцент

К. В. Соснін

05.01.2022

**ВІДГУКИ ПО РОЗДІЛАМ ТА ПІДРОЗДІЛАМ**



