

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ОДЕСЬКИЙ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова
Факультет	Автоматизації та робототехніки
Кафедра	Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	151 - «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітня програма	«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Тема: «Автоматизація процесу керування сушінням кукурудзи на підприємстві глибокої переробки зерна»

Розробив	Б.Ю.Коренной
Керівники к.т.н., доцент	І.М.Світий
к.т.н., доцент	О.М.Жигайло
Зав. кафедри АТПіРС д.т.н., професор	В.А. Хобін
<i>«e-версія роботи ідентична оригіналу»</i>	Б.Ю.Коренной
<i>«e-версію роботи прийнято»</i>	
Депозитор кафедри АТПіРС	Т.В. Волик

Одеса-2023

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова
Кафедра	Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітня програма	«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТП і РС
д.т.н., проф. Хобін В.А.

« 02 » 09 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

1. Студент **Коренной Богдан Юрійович**
2. Тема кваліфікаційної роботи «**Автоматизація процесу керування сушінням кукурудзи на підприємстві глибокої переробки зерна**»
3. Керівники кваліфікаційної роботи **Жигайло Олексій Михайлович, к.т.н., доцент, Світий Іван Миколайович, к.т.н., доцент**
п. 2 затверджено наказом ОНТУ № 475-03 від 22 серпня 2022 року і п. 3 затверджено наказом ОНТУ від 07 березня 2023 року № 96-03.
4. Строк подання студентом випускної дипломної роботи - 05 червня 2023 р.
5. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: матеріали виконаних індивідуальних завдань (ІЗ) технологічної і переддипломної практик, курсових та самостійних робіт, виконаних у відповідності с ІЗ.
6. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) :
 - 1) Характеристика управління сушіння зерна, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керуванням процесом.
 - 2) Конкретизація задачі дотримання регламентів сушіння зерна, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.
 - 3) Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів.
 - 4) Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування сушіння зерна.
 - 5) Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів.

- 6) Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК.
- 7) Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК.
- 8) Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці.
- 9) Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації роботи.
7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	Світий І.М., к.т.н. доц. каф. АТПіРС		
Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	Світий І.М., к.т.н. доц. каф. АТПіРС		
Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САУ	Левінський В.М., доц. каф. АТП і РС		
Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	Степанов М.Т., доц. каф. АТП і РС		
Вибір ТЗА та розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК	Левінський В.М., доц. каф. АТП і РС		
Попереднє обґрунтування економічної доцільності впровадження проекту	Дроздова В.А., доц. каф. МіЛ (ПУтаА)		

8. Дата видачі завдання 26 грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика управління сушінням зерна в шахтній зерносушарці, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керуванням процесом	29.03.23 р.	
2	Конкретизація задачі дотримання регламентів управління сушінням зерна в шахтній зерносушарці, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	10.04.23 р.	
3	Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	24.04.23 р.	
4	Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування сушінням зерна в шахтній зерносушарці	25.04.23 р.	
5	Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів	28.04.23 р.	
6	Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК	05.05.23 р.	
7	Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	19.05.23 р.	

8	Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці	26.05.23 р	
9	Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації роботи	02.06.23 р	

Студент

Коренной Б.Ю

**Керівники кваліфікаційної
роботи бакалавра**

**Світій І.М
Жигайло О.М**

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра Коренного Богдана Юрійовича «Автоматизація процесу керування сушінням кукурудзи на підприємстві глибокої переробки зерна» викладена на 167 сторінках, число таблиць 19, рисунків – 37, додатків - 5, джерел з переліку посилань - 12.

Ключові слова: сушіння зерна, шахтна зерносушарка, математична модель, імітаційна модель, система автоматичного регулювання, САР підвищеної динамічної точності.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування процесом сушінням кукурудзи.

Мета роботи – підвищення техніко-економічних та екологічних показників функціонування процесу сушіння кукурудзи, які досягаються за рахунок підвищення динамічної точності контурів САР, зниження числа перед аварійних та аварійних ситуацій, покращення взаємодії з оператором-технологом.

Методи дослідження – методи теорії автоматичного керування, ідентифікації об'єкту керування, імітаційного моделювання.

Отримані результати – розроблені алгоритми керування, які забезпечують підвищення динамічної точності стабілізації регульованих змінних як в перехідних, так і в сталих режимах роботи САР; алгоритми пуску і зупинки обладнання; програми для ПЛК, що реалізують ці алгоритми; розроблені інтерфейси АРМ оператор-технолога і наладчика САР; фрагменти документації технічного забезпечення системи керування.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень.....	10
Вступ.....	11
Розділ 1. Характеристика технологічного процесу, розробка концептуальної моделі об'єкту керування	
1.1 Історія підприємства	12
1.2 Продукція що випускається.....	14
1.3 Конкретизація задачі логічного керування технологічним процесом сушіння зерна	18
1.4 Конкретизація мети модернізації системи.....	22
1.5 Висновок за розділом	23
Розділ 2. Синтез і аналіз системи автоматичного регулювання.....	28
2.1. Розробка концептуальної моделі (структурної схеми) об'єкта регулювання.....	24
2.2. Ідентифікація (розробка моделей) каналів перетворення об'єкта регулювання	24
2.3. Ідентифікація моделей вхідних дій об'єкта регулювання	25
2.4. Реалізація моделей на ПЕОМ і обґрунтування їх адекватності об'єкту	34
2.5.Висновок за розділом	35
Розділ 3. Синтез і аналіз САР підвищеної динамічної точності	53
3.1. Конкретизація задач регулювання технологічним агрегатом	53
3.2. Параметричний синтез і аналіз САР базової структури.....	55
3.3. Структурний і параметричний синтез САР підвищеної динамічної точності і її	

аналіз.....	56
3.4. Висновок з розділу	69
Розділ 4. Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування технологічним процесом	
4.1. Короткий опис технологічного процесу з наведенням детальних процедур технологічного пуску, технологічної зупинки та аварійної зупинки у позаштатних ситуаціях.....	70
4.2. Формалізація регламентів функціонування ТОК: за пуском, технологічною та аварійною зупинками технологічного процесу у вигляді блок-схем та їх опис	77
4.3. Розробка алгоритмів автоматичного керування: за пуском, технологічною та аварійною зупинкою (циклом роботи) ТОК у вигляді блок-схем та їх опис ..	99
4.4. Розробка функціонально логічної схеми (ФЛС) процесу керування ТОК, з використанням типових символічних позначень логічних елементів, та її детальний опис	105
4.5 Моделювання роботи алгоритму керування в середовищі MatLab	106
4.6 Результати моделювання роботи САК.....	108
4.7 Висновки за розділом.....	110
Розділ 5 Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів	86
5.1. Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал, які повинні бути враховані при виборі технічних засобів та місць їх розміщення.....	90
5.2 Вибір технічних засобів.....	95

5.3 Вибір технічних засобів реалізації керуючих дії на технологічний процес і управління обладнанням.....	98
5.4 Вибір технічної структури і технічних засобів для реалізації контролерно-комп'ютерної мережі.....	100
5.5 Висновок за розділом	101
Розділ 6. Параметризація технічних засобів, контролера і мереж, програмування алгоритмів логічного керування та регулювання САК	102
6.1 Аналіз вхідних і вихідних сигналів і вибір топології побудови системи	103
6.2. Розробка структури мікропроцесорного ядра системи керування	105
6.3 Програмне конфігурування контролера та розробка програмного забезпечення системи керування в середовищі CoDeSys	115
6.4. Розробка підсистеми взаємодії автоматизованого робочого місця та мережі контролерів за допомогою OPC-сервера.....	122
6.5 Висновки за розділом.....	123
Розділ 7. Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	124
7.1. Конкретизація функцій і структури екранів АРМ оператора-технолога ...	125
7.2. Розробка екранів АРМ оператора – технолога. Шаблон екранів.	133
7.3. Конкретизація функцій і структури екранів АРМ наладчика САУ	138
7.4. Розробка екранів АРМ наладчика САУ	141
РОЗДІЛ 8. Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК та заходів з охорони праці	143
8.1. Характеристика технологічного об'єкта управління	146
8.2. Опис схеми автоматизації	147
8.3 Опис принципової електричної схеми	148

8.4. Розробка принципових електричних схем живлення	150
8.5 Висновки за розділом	154
Розділ 9. Попереднє обґрунтування економічної доцільності	
впровадження проекту автоматизації	155
9.1 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації за її обраним варіантом.....	155
9.2. Розрахунок змін основних показників діяльності підприємства, джерел інвестування й інвестиційної привабливості.	157
9.3 Висновок за розділом	159
Висновок:.....	160
Література.....	161
Додатки	162 - 167

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ:

САК – система автоматичного керування;
ПК – персональний комп'ютер;
МК – мікропроцесорний контролер;
ММ – математична модель;
ВП – випадковий процес;
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
ФФ – формуючий фільтр;
СП – стохастичний процес;
ОР – об'єкт регулювання;
СХ – стохастичні характеристики;
ТП – технологічний процес;
ОК – об'єкт керування;
КЗ – коригувальний зв'язок;
СКЗ – спрощений коригувальний зв'язок;
НС – найпростіша структура;
ПДТ – підвищена динамічна точність;
ППЗС – передпускова звукова сигналізація;
ЦДП – цифрово-дискретний перетворювач;
ДЦП – дискретно – цифровий перетворювач;
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;
АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;
АРМ – автоматизоване робоче місце;
ТА – технологічний агрегат;
ЗА – засоби автоматизації.

ВСТУП

Робота на підприємстві глибокої переробки зерна пов'язана з виконанням виробничих операцій в регульованому сушильному середовищі, що забезпечується спеціалізованою установкою сушіння зерна, а саме шахтною зерносушаркою. Якісне сушіння зерна на підприємстві пов'язане з запуском та зупинкою сушарки для забезпечення енергозбереження з технологічною метою. Тому якісна підготовка сушеного зерна є суттєвим фактором підвищення економічної ефективності функціонування виробництва в цілому.

Одним з найефективніших шляхів підвищення ефективності процесу сушіння зерна в шахтній зерносушарці, підтверджених практикою, є підвищення рівню автоматизації процесу шляхом підвищення інтелектуального рівню системи автоматичного регулювання.

У роботі має бути проведено дослідження процесу сушіння зерна, як об'єкту керування, в результаті котрих має бути отримано математичні моделі основних каналів керування та неконтрольованих збурень. Отримані моделі слід перевірити на відповідність експериментальним даним. На основі отриманих моделей слід розробити алгоритми регулювання процесом, котрі забезпечують високу якість керування процесом.

Метою дипломної роботи є підвищення конкурентоздатності підприємства за рахунок підвищення ефективності допоміжного процесу сушіння зерна шляхом розробки обґрунтованих технічних рішень зі створення модернізованої САР процесом. Для досягнення поставленої мети визначенні завдання:

- проаналізувати процес сушіння зерна як об'єкту керування;
- розробити комплекс його моделей як об'єкту регулювання і провести моделювання для підтвердження відповідності отриманих моделей експериментальним даним;

– розробити варіанти алгоритмів регулювання, провести їхню параметричну оптимізацію, порівняльний аналіз САР, що забезпечують підвищену динамічну точність регулювання регламентованих змінних;

Рішенню перерахованих вище завдань і присвячена ця дипломна робота.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

1.1 Історія підприємства

Hungrana Starch and Isoglucose Manufacturing and Trading Ltd. (Hungrana Keményitő és Izocukorgyártó és Forgalmazó Kft.), як найбільша компанія з переробки кукурудзи в Європі, є визначальним гравцем у харчовій промисловості Угорщини вже більше століття.

Щодня споживачі стикаються з виробленими тут цукрово-крохмальним асортиментом, спиртовою та комбікормовою продукцією, коли купують молочні продукти, випічку, джеми чи безалкогольні та алкогольні напої, а також коли беруть до рук паперову упаковку.

У 1912 році землевласник Бено Куффлер заснував компанію-попередницю, яка починалася як сільськогосподарський лікеро-горілчаний завод і використовувала цукровий буряк як сировину.

У 1938 році на заводі працює 50 осіб, підприємство виробляє етанол, як основний продукт, значна частина якого зневоднюється. Зневоднений етанол змішують з бензином для отримання палива під назвою Motalko. Основною сировиною залишається цукровий буряк.

У 1942 році на фабрику підведено електроенергію. Він генерується паровим генератором постійного струму і приводить в дію електричні машини.

У 1945 році німці підірвали фабрику, яка в результаті серії потужних вибухів горіла майже 7 днів. 80% об'єкта знесено.

У 1948 році реконструкція досягає стадії, коли можна починати виробництво. Виробництво все ще зосереджено на етанолі на основі патоки на реконструйованому заводі.

У 1959 році в якості сировини вводиться кукурудза. Фабрика переходить на ферментацію на основі кукурудзи.

У 1969 році виробництво популярного шотландського віскі Club 99 починається з 560 000 пляшок 0,7 л на рік.

У 1971 році крім розливу віскі Club 99, починається розлив інших ароматизованих міцних напоїв. Виробництво до 7 млн пляшок на рік.

У 1978 році будівництво заводу з переробки кукурудзи починається як нова інвестиція.

У 1981 році введено в експлуатацію цех з переробки кукурудзи і розпочато виробництво. Ще в тому ж році починається розлив Coca-Cola в Угорщині на фабричному розливному заводі. Завод з переробки кукурудзи вводиться в експлуатацію і починається виробництво. Ще в тому ж році починається розлив Coca-Cola в Угорщині на розливному цеху заводу.

У 1990 році перенесення заводу з виробництва кристалічної декстрази та заводу з виробництва натурального крохмалю з Асара до Сабадедьгази. У цей період починається перша фаза приватизації заводу, в рамках якої австрійська компанія Agrana придбає 49% акцій підприємства.

У 1993-94 роках починається другий крок приватизації фабрики, оскільки бельгійська компанія Amylum також стає зацікавленою стороною в приватизації як професійний інвестор, і завод в кінцевому підсумку продається Agrana та Amylum.

У 1995 році реалізується проект збільшення потужностей вартістю 40 млн доларів США, в результаті чого потужність заводу з переробки кукурудзи зросла до 1200 т/добу.

У 2004 році Amylum купується британською компанією Tate & Lyle і Eaststarch, що належить американській ADM, придбавши між собою 50% акцій Hungrana. Того ж року Угорщина приєднується до Європейського Союзу, і Hungrana стає найбільшим у Європі власником квоти ізоглюкози з квотою виробництва 220 000 тонн на рік.

У 2007 році початок виробництва та дистрибуції палива GreenPower E85.

У 2007-08 р завдяки інвестиціям у 120 мільйонів євро потужність переробки кукурудзи збільшена з 1500 тонн до 3000 тонн на добу.

У 2011-12 р подальше збільшення потужності переробки кукурудзи з 3000 тонн на добу до 3500 тонн.

У 2012 р запущено котельню на біомасі, яка замінить третину споживання природного газу компанією на екологічно чисту енергію.

У 2013 р запущено новий завод Pharma2 потужністю 900 гл/добу для виробництва органічного етанолу надвисокої чистоти для фармацевтичних, косметичних та інших хімічних виробництв. У тому ж році квота виробництва Hungrana із 220 000 т ізоглюкози збільшена до 250 000 т, що є найбільшим у Європейському Союзі.

У 2015 р ADM купує акції Tate & Lyle у Eaststarch і таким чином отримує 50% акцій Hungrana, крім того, що Agrana володіє іншими 50%.

У 2016 р в результаті інвестицій у розмірі 2,7 мільярда форинтів було запущено гранулюючу установку для виробництва гранульованого корму з кукурудзяної клейковини (CGF) з кукурудзяного волокна та інших багатих білком компонентів. Hungrana отримує Угорську нагороду за якість сільського господарства.

У 2017 р рада округу Фейер і Hungrana Ltd укладають стратегічну угоду.

У 2018 р розпочинається будівництво четвертого котла на біомасі з метою максимального покриття потреб компанії в парі за рахунок відновлюваних ресурсів.

У 2019 р запущено четвертий котел, що працює на біомасі, завдяки чому за рахунок відновлюваних ресурсів покривається дві третини потреб компанії в парі.

Таким чином, наше річне споживання природного газу скорочується на 10 мільйонів кубометрів, а викиди вуглекислого газу – на двадцять тисяч тонн.

1.2 Продукція що випускається

1.21 Нативний кукурудзяний крохмаль

Крохмаль — це вуглевод, який використовується як функціональний інгредієнт у харчуванні людини для забезпечення енергією мозку та м'язів. Його можна знайти в різних крупах, овочах, макаронах, хлібі, рисі та картоплі. Ми в Hungrana використовуємо незмінену кукурудзу для мокрого помелу для виробництва нативного кукурудзяного крохмалю, однорідного порошку білого або кремового кольору, без будь-якого стороннього смаку чи запаху, який можна вживати людям із целиакією.

Використовується в харчовій промисловості для виробництва хлібобулочних, кондитерських виробів, солодоців, швидкого приготування, молочних, м'ясних, снекових, безглютенових продуктів.

Його також використовують у виробництві фармацевтичних препаратів, косметики, комбікормів і кормів для домашніх тварин. Це важливий основний

матеріал для паперових фабрик, де його використовують як для склеювання поверхонь, так і для склеювання шарів гофрокартону. У хімічній промисловості це один із компонентів для виробництва пластмас, що розкладаються.

1.22 Крохмальне молоко

Цей продукт являє собою водну суспензію кукурудзяного крохмалю, виготовлену для використання в паперовій промисловості шляхом мокрого помелу кукурудзи.

Він використовується як допоміжний дегідрант на паперових фабриках, а також для обробки поверхонь і для зменшення поглинаючої здатності. Віднімання (сушіння) вмісту вологи крохмального молока дає порошкоподібну форму природного кукурудзяного крохмалю.

1.23 Ізоглюкоза

Ізоглюкоза - це сироп з високим вмістом фруктози, отриманий з кукурудзяного крохмалю шляхом ферментативного гідролізу, очищення та концентрування. Водний розчин глюкози, фруктози (фруктового цукру) і різних цукрів вищого сорту залежно від типу. За співвідношенням глюкози і фруктози його можна назвати глюкозо-фруктозним або фруктозо-глюкозним сиропом. Ізоглюкоза - це висококалорійний цукровий сироп, який є 100% чистим натуральним підсолоджувачем і ідеально підходить для заміни кристалічного цукру. В основному використовується для виробництва безалкогольних напоїв, енергетичних напоїв, сиропів, джемів, желе, фруктових соків, кондитерських виробів, хлібобулочних виробів, молочних продуктів і консервів.

1.24 Декстроза

Моногідрат декстрази, широко відомий як виноградний цукор, є одним із найпростіших вуглеводів. Його значення в біологічних процесах є фундаментальним: він використовується клітинами як джерело енергії та метаболіту. Це найбільш доступне джерело енергії. Завдяки швидкому засвоєнню глюкози він швидко підвищує рівень глюкози в крові та інсуліну, допомагаючи «прокачувати» поживні речовини до м'язів.

Цей продукт доступний у рідкій і кристалічній формі. Моногідрат кристалічної декстрази – це приємно солодкий, легкозасвоюваний цукор із охолоджуючим смаком. Ці властивості роблять його придатним для широкого спектру застосувань у різних галузях промисловості, наприклад, у виробництві харчових продуктів і кормів, а також у фармацевтиці. Використовується в кондитерських і хлібобулочних виробках, молочних продуктах, помадних і кремових начинках, м'ясних продуктах і кормах для тварин. Його рідка форма має високий вміст декстрази (глюкози) і створює солодкий, в'язкий сироп, що швидко кристалізується, який використовується у фармацевтичній промисловості як сировина для бродіння.

1.25 Глюкоза

Глюкоза — сиропоподібний, в'язкий, прозорий, безбарвний водний розчин різних молекул цукру з менш солодким смаком, отриманий із крохмалю шляхом ферментативного гідролізу. Це передбачає розщеплення довгих ланцюгів молекул глюкози, пов'язаних у ланцюжку крохмалю, на більш короткі ланцюги. Результатом цього процесу є суміш цукрів (глюкозний сироп).

Сиропа з різним вмістом глюкози і мальтози широко використовуються у виробництві різних видів кондитерських виробів, наприклад, у виробництві желе, морозива, цукерок, жувальних гумок, джемів і желатинових кондитерських виробів і навіть у пивоварній промисловості.

1.26 Традиційна алкогольна продукція

Наші зернові спиртні напої використовуються в різних галузях промисловості та продаються під торговою маркою Hungranalс у двох основних категоріях: із вмістом алкоголю 96% об'єму та у зневодненій формі з мінімальним вмістом алкоголю 99,5% об'єму.

Преміум-сегмент спиртів 96% - це тонкий спирт, який є важливою складовою не тільки харчової промисловості, а й фармацевтики. Наш спирт питний повністю відповідає горілчаному стандарту і є популярним інгредієнтом для алкогольних напоїв. Це чудовий дезінфікуючий засіб і розчинник, необхідний для виробництва різних активних інгредієнтів і ароматизаторів.

Так звані промислові спирти в основному використовуються в хімічній промисловості, в косметиці та побутовій хімії як основний спирт або в різних денатурованих формах.

Одними з найважливіших сфер застосування 99% зневоднених алкогольних продуктів є фармацевтична та косметична промисловість. Існує також значний попит у виробництві розчинників і у виробництві тонкої хімічної продукції, розчинників і рідин для миття вітрового скла та вікон.

1.27 Біоетанол

Продукт, який ми виробляємо у найбільшій кількості, — це біоетанол, дегідратований спирт, спеціально призначений для використання в паливі. В даний час біоетанол із зернових є очевидним і ефективним джерелом відновлюваної енергії в Європі, зменшуючи кількість викидів парникових газів (ПГ) в автомобілях, що працюють на бензині, шляхом змішування його з паливом. Біоетанол, вироблений Hungara, має рівень скорочення викидів парникових газів значно вищий, ніж у середньому по ЄС, понад 80% у порівнянні з автомобільним бензином, що робить його більш популярним на європейському ринку.

1.28 HUNGRAGERM® / ЗАРОДКИ КУКУРУДЗИ

Зародки кукурудзи - кормова сировина, що містить натуральні рослинні олії. Завдяки високому вмісту олії він є чудовим джерелом енергії для птиці, жуйних тварин, свиней і домашніх тварин. Окрім високого вмісту рослинної олії та ненасичених жирних кислот, він також використовується у виробництві преміксів завдяки своїй натуральній клітковині, що добре засвоюється.

1.29 HUNGRAFEED® PRO / ГЛЮТЕН

Кукурудзяний глютен - високоякісна кормова сировина, що містить концентрований білок.

Завдяки своїм корисним властивостям кукурудзяний глютен надзвичайно підходить для багатьох цілей: його високий вміст метіоніну (незамінна амінокислота: 2,4 г/100 г білка) дозволяє йому доповнювати амінокислотний склад інших широко використовуваних білкових носіїв (напр. соєвий шрот). Його низький

вміст золи, калію та натрію, а також природний жовтий колір (завдяки приблизно 160 ppm вмісту ксантофілів, які мають антиоксидантні властивості) також забезпечують чудові можливості для використання. Легка засвоюваність, низький вміст мінеральних речовин і вміст білка, що не викликає алергії, роблять кукурудзяний глютен придатним інгредієнтом у широкому асортименті високоякісних кормових матеріалів.

1.29 Також на підприємстві виготовляють

Крохмаль картопляний нативний
Нативний пшеничний крохмаль
Біонативний кукурудзяний крохмаль
Життєво необхідний пшеничний глютен
Висушений сироп глюкози

Загальна контактна інформація
Адреса: Hungrana Kft., 2432 Szabadegyháza, Ipartelep
Електронна адреса: info@hungrana.hu
Телефон: +36 (25) 578 111
Факс: +36 (25) 578 112

1.3 Конкретизація задачі логічного керування технологічним процесом сушіння зерна

В якості об'єкта модернізації системи автоматизації обрана шахтна зерносушарка, схема якої зображена на рис. 1.

Апаратурно-технологічна схема котрого наведена на рис.1.

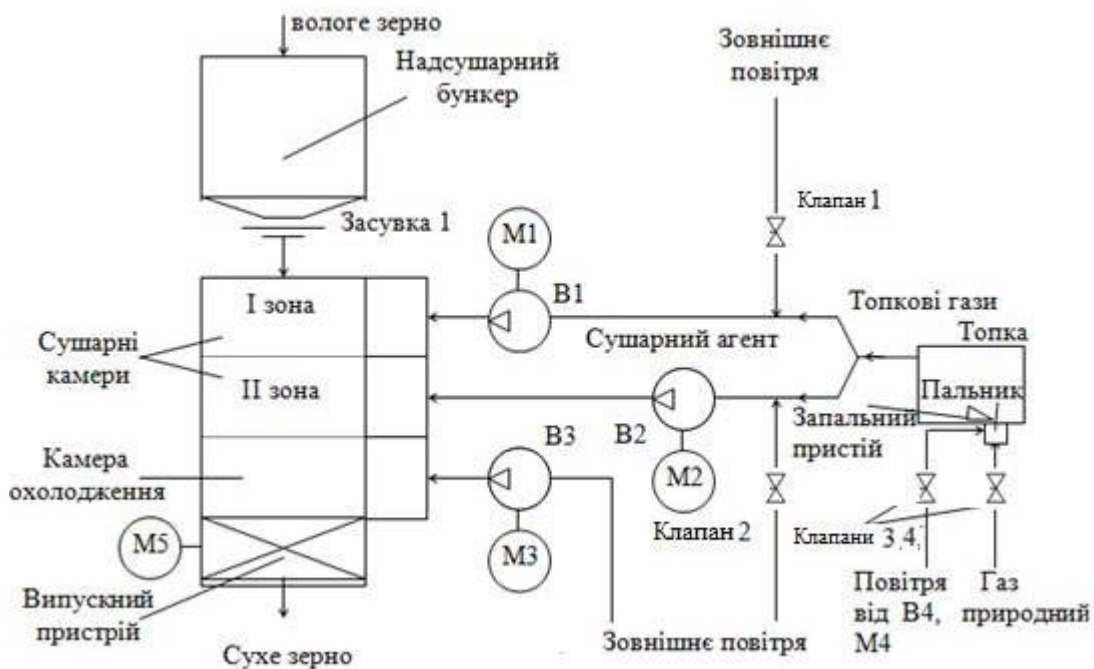


Рис. 1 – Апаратурно-технологічна схема процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці

Вологе зерно подається в надсушильний бункер, звідки через засувку 1 послідовно проходить дві сушарні камери (I і II зона сушіння) і камеру охолодження. Висушене до 13...15 % зерно подається на склад для збереження. Продуктивність сушарки визначається настроюванням випускного пристрою. Сушильний агент (суміш топкових газів і зовнішнього повітря) подається в I і II зони сушарки відповідно вентиляторами V1 і V2. Зовнішнє повітря в камеру охолодження подається вентилятором V3. Підсмоктування зовнішнього повітря в магістралі подачі топкових газів виконується через клапани 1 і 2.

Топкові гази в топці утворюються завдяки спалюванню природного газу та повітря, що подаються на пальник через клапани 3,4 відповідно з магістралі та вентилятора повітря V4 (привод M4). Рекомендується співвідношення (K_c) їхніх витрат, що забезпечує ефективність та екологічність спалювання газу.

Температура сушильного агента на виході з топкового агрегату 200 ± 5 °C, температура сушильного агента на вході в I зону не вище 130 °C, на вході в II зону – не вище 120 °C. Номінальні значення температури нагрівання зерна на виході I-ої зони – 45 °C, II-ої зони – 50 °C.

1.4 Формалізація регламентів функціонування за пуском, технологічною та аварійної зупинкою технологічного процесу

Розглянемо регламенти на роботу процесу сушіння зерна, основні з них наведені в табл. 1

Таблиця 1.1 – Таблиця технологічних регламентів

Назва параметрів	Позначення	Одиниці вимірювання	Номінальне значення параметру або функція зміни номінального значення	Допустимі відхилення від номіналу		
				Довготривалі ($t \rightarrow \infty$)	Короткочасні ($0 < t \ll \infty$)	
				Величина	Величина	час, сек
1	2	3	4	5	6	7
Температура с.а.1 у зону 1	$\theta_{с.а.1}$	$^{\circ}\text{C}$	125	± 1	± 5	60
Температура с.а.2 у зону 2	$\theta_{с.а.2}$	$^{\circ}\text{C}$	115	± 1	± 5	60
Кінцева вологість зерна	w_k	%	13	$\pm 0,5$	± 2	60

Складання схеми та опис суті технологічного процесу, реалізованого технологічним агрегатом, як цілеспрямованого перетворення матеріальних і енергетичних потоків.

Сушіння зерна – дуже важливий процес, завдяки якому з'являється можливість продовжити термін зберігання зерна. Основною метою сушіння є зниження вмісту вологи в зерні до такого показника, за якого його можна буде закласти на досить тривале зберігання.

Вологість - найважливіший показник якості насін'я і зерна. Від вмісту води в зерні залежить його харчова й кормова цінність, стійкість при зберіганні, рентабельність перевезень, технологія переробки. Стандартами встановлені чотири стани зерна по вологості: сухе, середньої сухості, вологе й сире.

Вологість зерна в період збирання коливається в великих межах і залежить від культури, сорту, строків збирання, погодних умов. Середня вологість зерна озимого жита й пшениці в період збирання для нашої зони становить 15,5...22,0 %, вівса - 16,0...20,5, ячменя - 16,0...21,0, гороху - 17,5...24,0 %.

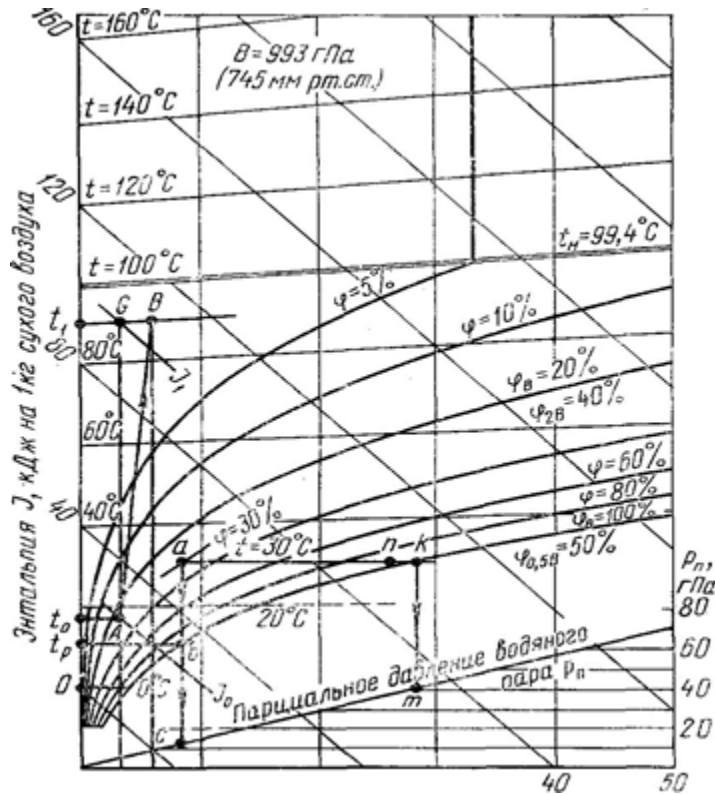


Рис. 1.2 – J-d-діаграма вологого повітря (Вологовміст d, 0/00 (г вологи на 1кг сухого повітря))

1.5.1 Опис конструкції технологічного агрегату та особливостей його експлуатації.

Для забезпечення виробничого процесу сушіння зерна з заданими параметрами може використовуватися шахтна зерносушарка МС 1075 ЕМ (Mathews Company)

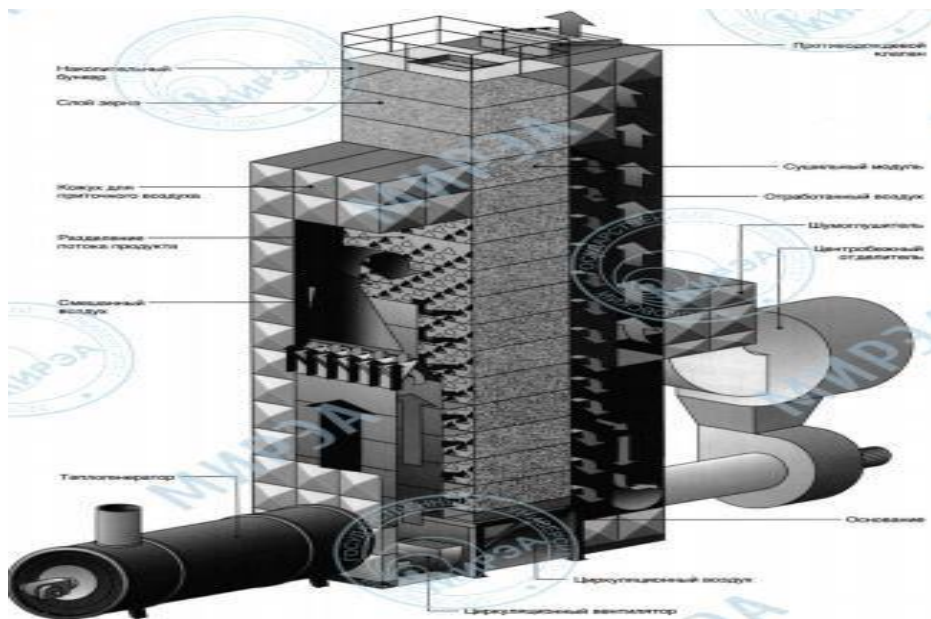


Рисунок 1.3-Конструкция шахтной зерносушарки MC 1705 EM

Товщина зернового стовпа становить 30 см, що забезпечує рівномірне зняття вологи із внутрішніх та зовнішніх стінок зернового стовпа.

Система автоматичного контролю температури автоматично переналаштована на проходження потоку зерна через зерносушарку за різних рівнів вологості.

Швидкість вивантаження продукту сушіння регулюється виходячи з показань максимально точного терморезистора.

Алюмінієві валки, розташовані по всій довжині вивантаження сушарки, керуються електродвигуном з швидкістю обертання, що автоматично змінюється, і регулюють швидкість вивантаження зерна з сушарки.

Пальник, що регулюється, забезпечує максимальний ККД при всіх рівнях робочої температури.

Панель управління зерносушарки дозволяє регулювати температуру нагріву повітря, подачу палива (рідкого пропану або природного газу), керувати роботою електричних механізмів і взагалі проста в експлуатації.

На сушарці використовуються ґрати з отворами 1,2X12 мм, які підходять для сушіння різних культур.

Технічні характеристики MC 1075 EM:
Загальна місткість: 31.7 м³

Товщина зернового стовпа:30 см
Висота зернового стовпа:7.30 см
Потужність пальника (сушіння та охолодження):2180 кВт
Потужність пальника(сушіння):3086 кВт
Двигун вентилятора:41.3 кВт
Потужність двигуна завантажувального шнека:3.8 кВт
Потужність двигуна вивантажувального шнека:1.1 кВт
Робоча висота:6.9 м
Загальна довжина:10.8 м
Загальна ширина:2.3 м
Витрата електроенергії: 380 В,3 фази,50 Гц,124 А

1.5.2 Формулювання умов, при яких можливо й доцільно реалізувати розглянутий технологічний процес.

Мета ведення процесу - визначає умови ведення, при яких у результаті технологічного процесу виходить продукт із заданими властивостями. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення від номіналу технологічних параметрів. У нашій випадку:

Температура агента сушіння перед першою й другою зонами сушіння залежать від культури, її початкової вологості;

Максимальна температура нагрівання зерна залежить від роду зернової культури, її початкової вологості;

Витрата атмосферного повітря на нагрівання зерна - 1200 м³/хв;

Витрата атмосферного повітря на охолодження зерна - 498 м³/хв;

Вологість пшениці на виході сушарки вибирають виходячи з оптимальних умов зберігання й переробки пшениці;

Кількість зерна, що просушується не повинне бути більше встановленої норми, а саме 50 т/год.

1.5.3 Параметризація схеми технологічного процесу, загальна характеристика параметрів і їх взаємозв'язків.

Схема, що наведена на рис.1.4 має назву параметризована технологічна схема об'єкта управління, тому що на ній наведені позначення основних змінних, що відображають стан технологічного обладнання, характеристики потоків продуктів і енергоносіїв.

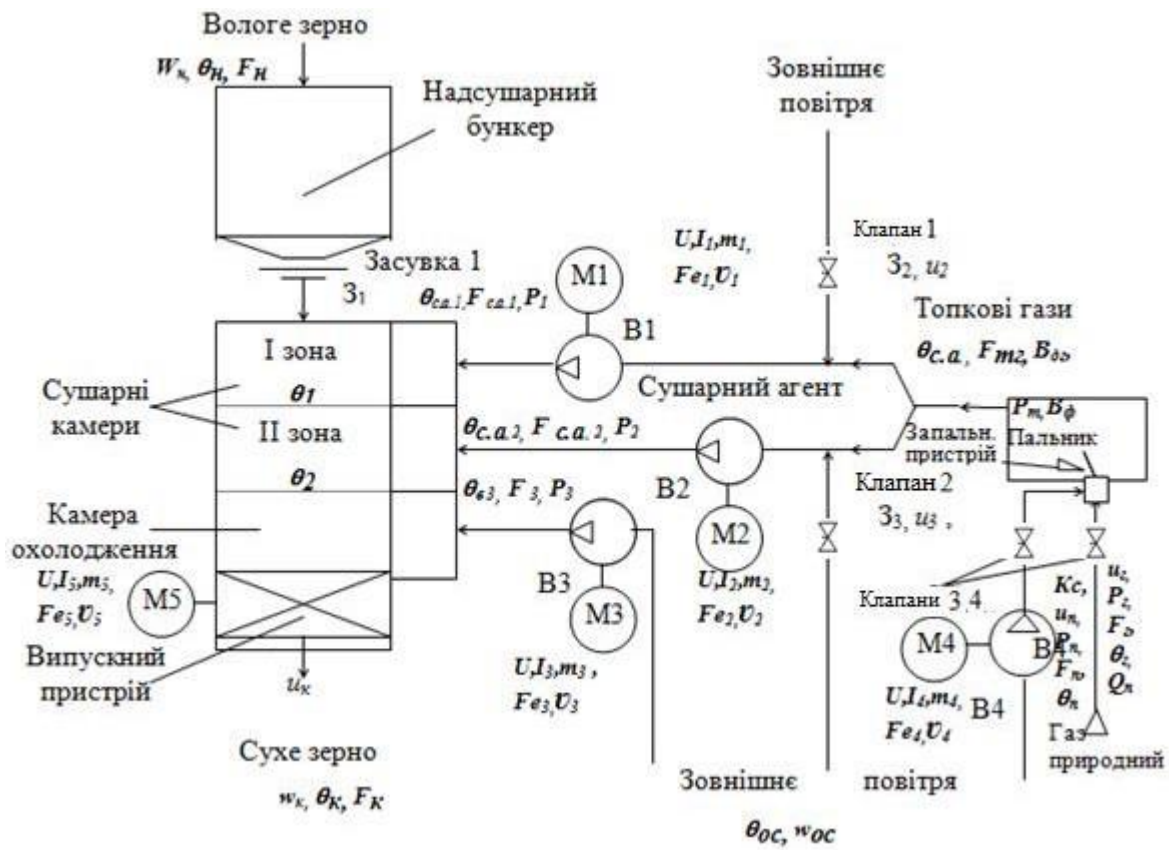


Рис. 1.4 – Параметризована технологічна схема сушіння зерна в шахтній зерносушарці

Позначення на параметризованій технологічній схемі:

$\theta_1, \theta_2, \theta_n, \theta_k$ – температура зерна у першій, другій зоні та на вході та виході зерносушарки, $^{\circ}\text{C}$;

$\theta_{c.a.1}, \theta_{c.a.2}, \theta_{c.a.}$ – температура агента сушіння, що подається у першу та другу зони зерносушарки, та топкових газів на виході з топки, $^{\circ}\text{C}$;

W_n, W_k – вологість зерна та на вході та виході зерносушарки, % ;

F_n, F_k – витрати зерна та на вході та виході зерносушарки, т/год.;

θ_{oc} – температура довкілля, $^{\circ}\text{C}$;

W_{oc} – вологість довкілля, %

U – напруга в мережі живлення, В.;

I_i – струм i -го ($i=1, \dots, 5$) електродвигуна, А;

m_i – стан i -го електродвигуна, («вкл.» чи «відкл.»);

Fe_i – витрати електроенергії i -м електродвигуном, кВт/год;

ν_i – частота живлючої напруги i -го електродвигуна (за використання частотного перетворювача), кГц;

$F_{тг}, F_{c.a.1}, F_{c.a.2}, F_3, F_{г}, F_{п}$ – витрати топкових газів, агента сушіння у 1-шу, 2-гу зони, повітря у камеру охолодження, газу та повітря на пальник, м³/год;

$P_1, P_2, P_3, P_n, P_{г}, P_{п}$ – тиски с.а. та повітря після вентиляторів В1...В4, газу на пальник топки, Па

$P_{т}$ – розрідження у топці, Па;

$B_{ф}$ – наявність факелу у топці («є» чи «немає»);

$\theta_{г}, \theta_{п}$ – температура газу та повітря на пальник, $^{\circ}\text{C}$;

$B_{дг}$ – порушення екологічних норм вмісту шкідливих речовин в димових газах, («є» – «немає»);

$Q_{п}$ – теплотворна здатність палива (газу), ;

Z_i – стан i -ї ($i=1, \dots, 3$) клапанів («відкр»-«закр»);

u_r, u_n – ступень відкриття клапану газу та повітря на пальник, %;

u_2, u_3 – ступень відкриття клапану підсмоктування повітря, %;

u_k – ступень відкриття випускного пристрою, %.

1.6. Конкретизація регламентів і умов ведення процесу, його формалізоване представлення

1.6.1 Виявлення нормативів ведення технологічного процесу і роботи технологічного агрегату.

Основу нормативів складають три основних регламенти.

Технологічний регламент – визначає умови, при яких в результаті технологічного процесу буде отримано продукт із заданими властивостями. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення від номіналу технологічних параметрів. Для технологічного процесу сушіння зерна в ДСП-16 такими змінними (параметрами) є: $\theta_k, w_k, \theta_{c.a.1}, \theta_{c.a.2}$,

Експлуатаційний регламент визначає умови нормальної безаварійної роботи технологічного обладнання. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення експлуатаційних параметрів технологічного обладнання. Для сушарки такими змінними (параметрами) є: $P_t, P_1, P_2, P_3, P_n, P_r, V_f$.

Техніко-економічний та екологічний регламент визначає умови ефективності ведення процесу і його екологічності. Він являє собою набір номінальних і гранично-допустимих значень техніко-економічних і екологічних параметрів. До цієї групи змінних (параметрів) можна віднести: $F_n, F_k, Fe_1, Fe_2, Fe_3, Fe_4, Fe_5, F_n$, а також співвідношення витрат, що відображають питомі витрати енергоносіїв (наприклад, K_e, K_r), K_c і т.п.

$K_e, K_r = \sum_{i=1} F_{ei} / F_k$; $K_r = F_r / F_k$; $K_c = F_r / F_n$, показники, що розраховуються

за час переробки певного обсягу сировини, або іншого оперативного інтервала часу.

1.6.2 Аналіз наслідків виходу технологічних і експлуатаційних параметрів за регламентні допуски.

Відхилення параметрів технологічного процесу від регламентних значень, що викликані зміною параметрів, які характеризують умови ведення процесу навіть при досить ефективному управлінні процесом, можуть перевищувати встановлені допуски. Залежно від наслідків, можна виділити два характерних типів таких порушень:

а) технологічний процес не припиняється, вихід за допуски ліквідується з часом, наприклад, за рахунок управління процесом;

б) технологічний процес припиняється повністю або частково, для його поновлення часто необхідна підготовка обладнання до повторного запуску (видалення сировини з машин, очищення робочих органів, їхня заміна й т. і.).

Відхилення температури сушильного агента, що подається в будь-яку зону (1 чи 2) сушарки нижче гранично допустимих значень може призвести до недостатнього просушування зерна, в результаті чого продукт не буде мати заданої вологості, а перевищення температури верхнього гранично допустимого значення може привести до перегріву продукту. В обох випадках порушення регламенту веде до погіршення якості готового продукту.

Відхилення від розрахункової швидкості протікання продукту через сушарку може спричинити перегрів продукту або продукт не до кінця просушиться.

Допуски на відхилення поточних (режимних) регламентованих значень параметрів від номінальних прийнято розділяти і задавати у вигляді допусків на тривалі і короточасні відхилення. Аналіз нормативів ведення технологічного процесу та експлуатації обладнання оформимо у вигляді таблиці 1.1 технологічних регламентів.

1.6.3 Виявлення параметрів, що характеризують умови ведення технологічного процесу та експлуатації технологічного агрегату.

Поточні значення нормативних параметрів відрізняються від номінальних у наслідку зміни умов ведення процесу. Ці умови характеризуються вхідними параметрами (змінними), які можна згрупувати по таких ознаках.

Сировинні - характеризують властивості продукту, що йде на переробку: F_n , θ_n , W_n , крім того, ті що на схемі не вказані: c - питома теплоємність зерна, v - насипна щільність зерна; s – зміст мікрофлори.

Енергетичні - характеризують енергію, що підводить до технологічного об'єкта ззовні: θ_g , θ_p – температура газу та повітря на пальник; U – напруга в мережі живлення, B ; I_i – струм електродвигунів; ν_i – частота живлючої напруги; Q_p – теплотворна здатність палива; F_g – витрати палива; P_g – тиск палива; і інш.

Механічні - ті, що характеризують стан робочих органів технологічного агрегату: Z_i – стан засувки («відкр»-«закр»); u_g , u_p – ступень відкриття засувки газу та повітря на пальник; u_2 , u_3 – ступень відкриття засувки підсмоктування повітря; u_k – ступень відкриття випускного пристрою; m_i – стан і-го електродвигуна.

1.6.4 Формалізація параметричної схеми технологічного процесу і отримання його параметричної схеми.

Параметрична схема ТП має змістовний характер. Формалізація опису взаємозв'язків між параметрами ТП досягається за рахунок переходу до формалізованої параметричної схеми ТП. При цьому ті параметри, які відображають мету функціонування об'єкту моделювання та додаткових вимог до нього, тобто регламентовані параметри будуть вихідними, а параметри, що відображають умови функціонування об'єкту - вхідними.

Зв'язок між вхідними і вихідними параметрами – причинно-наслідковий. У рамках даної схеми ці зв'язки задаються тільки на якісному рівні, згодом деякими зв'язками можна буде знехтувати, деякі представити опосередковано.

Параметрична схема сушіння зерна наведена на рис. 1.5.

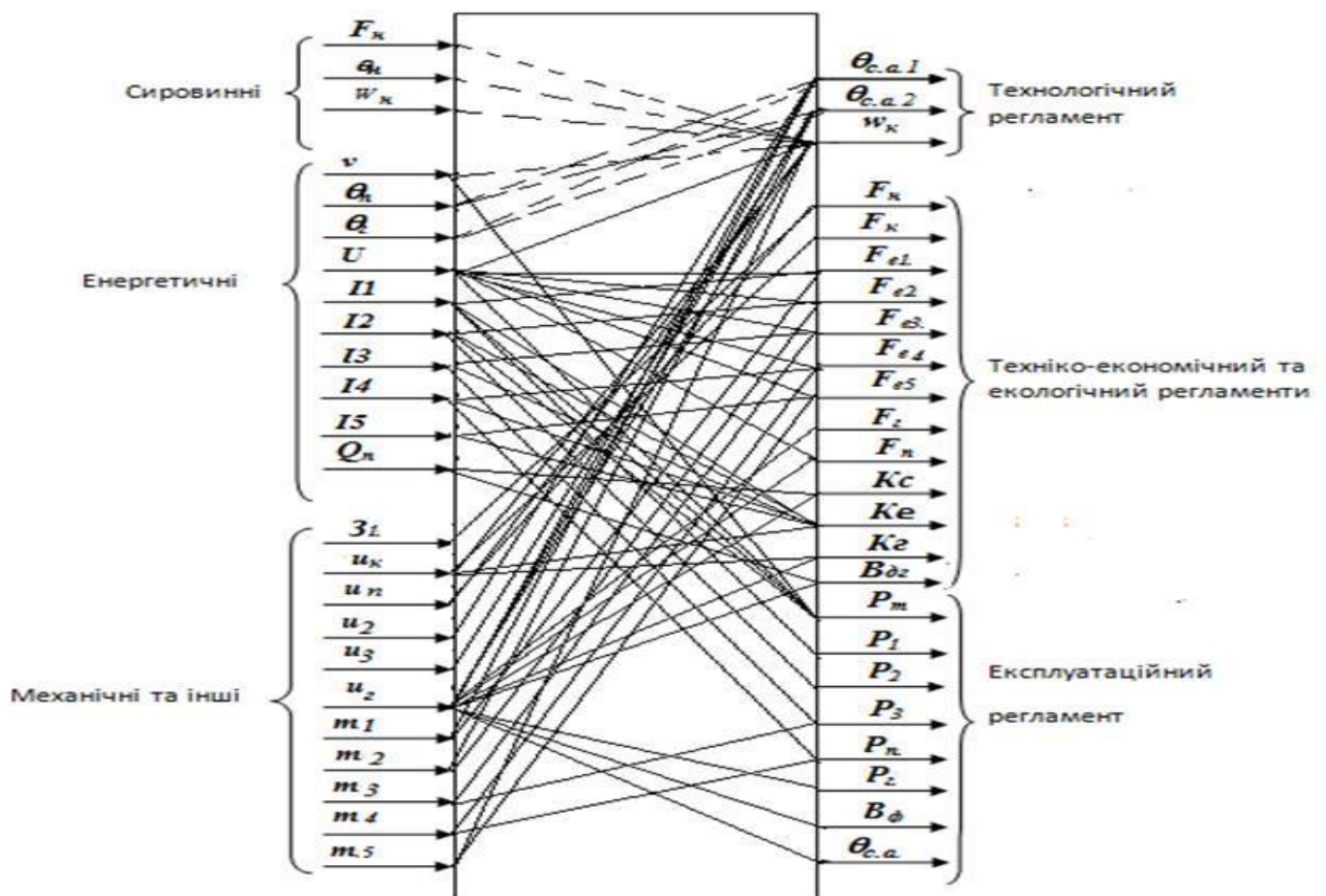


Рис. 1.5 – Параметрична схема процесу сушіння зерна

РОЗДІЛ 2. СИНТЕЗ І АНАЛІЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРОСТОЇ СТРУКТУРИ

2.1 Конкретизація структури САР і алгоритмів регулювання

2.1.1 Розробка на основі обраного загального принципу побудови САР, її найпростішої конкретної структури.

Координатна схема процесу сушіння зерна наведена на малюнку 2.1.

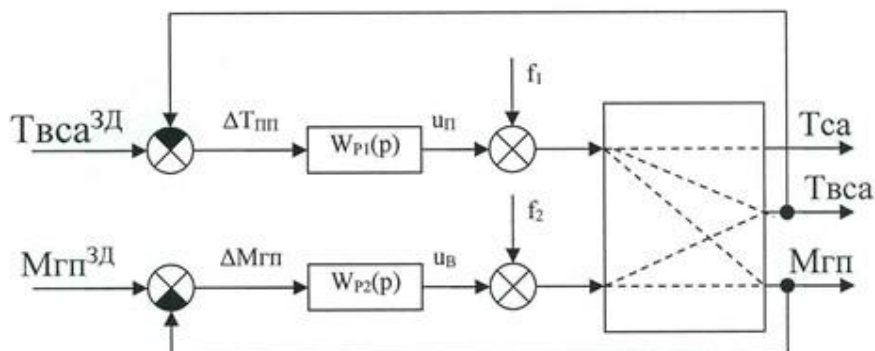


Рис. 2.1 - Структурна схема САР процесу сушіння зерна в шахтній сушарці базової структури

Позначення на схемі

- U_r – Положення регулюючого органу для подачі газу в топку;
- $U_{гп}$ – Положення регулюючого органу випуску зерна з сушарки;
- $T_{са}$ – Температура сушильного агенту;
- $T_{вса}$ – Температура відпрацьованого сушильного агенту;
- $M_{гп}$ – Вміст вологи в зерні;
- f_1, f_2 – вектори неконтрольованих збурень.

Структурна схема САР базової структури наведена на малюнку 2.2. На малюнку $W_{p1}(p)$ - передаточна функція регулятора температури сушильного агенту; $W_{p2}(p)$ - передаточна функція регулятора вмісту вологи; $T_{вса}^{ЗДН}$, $M_{гп}^{ЗДН}$ - задані значення регульованої координати; $\Delta T_{вса}$, $\Delta M_{гп}$ - помилка регулювання.

2.1.2 Вибір кількох альтернативних варіантів типових алгоритмів регулювання, запис їх рівнянь і передатних функцій.

В інженерній практиці при управлінні технологічними процесами в більшості випадків використовують типові алгоритми регулювання або регулятори. До них відносяться пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ), пропорційно-диференціальний (ПД) і пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання. Якщо ОУ по каналах управління володіє статичними властивостями, то П- і ПД-алгоритми

регулювання у складі САР дають помилку статизму. При цьому найчастіше статична точність таких САР неприйнятна. І-складова усуває помилку статизму, але істотно знижує швидкодію регулювання. Якщо ОУ володіє астатичними властивостями, то в САР з П- і ПД-алгоритмами регулювання помилка статизму усувається астатичною складовою самого ОУ. Тому такі регулятори доцільно використовувати в об'єктах, канали яких володіють астатичними властивостями. Якщо канали ОУ є статичними, рекомендується використовувати алгоритми регулювання з І-складовою, тобто ПІ і ПІД.

Процес сушіння зерна по всіх каналах володіє статичними властивостями, тому в якості альтернативних варіантів алгоритмів регулювання вибираємо пропорційно-інтегральний (ПІ) і пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання.

Рівняння руху ПІ-регулятора

$$u(t) = K_D \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{\dot{\epsilon}\zeta}} \int_0^t \Delta y(t) dt \right) + u_0;$$

Передаточна функція ПІ-регулятора

$$W_p(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{\text{ИЗ}} p} \right)$$

Рівняння руху ПІД-регулятора

$$u(t) = K_p \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{\text{ИЗ}}} \int_0^t \Delta y(t) dt + T_{\text{ИД}} p \frac{d\Delta y(t)}{dt} \right) + u_0;$$

Передаточна функція ПІД-регулятора

$$W_p(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{\text{ИЗ}} p} + \frac{T_{\text{ИД}} p}{0,2 \cdot T_{\text{ИД}} p + 1} \right)$$

2.1.3 Розробка структурної схеми і програми цифрового імітаційного моделювання САР при детермінованих і стохастичних вхідних впливах.

В результаті виконання курсової роботи з дисципліни «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів» була проведена ідентифікація моделей каналів перетворення координатних впливів технологічного процесу сушіння зерна. Результати ідентифікації зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 –Результати ідентифікації каналів перетворення координатних впливів ОУ

Канал ОУ	Модель динаміки	
	1-го порядку	2-го порядку
«Uг – Tca»	$W_0(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-23,8p}}{15,6p + 1}$	$W_0(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-14,8p}}{(11,6p + 1)^2}$
«Uг – Mgp»	$W_0(p) = \frac{-0,1 \cdot e^{-142,5p}}{63,75p + 1}$	$W_0(p) = \frac{-0,1 \cdot e^{-111p}}{(45p + 1)^2}$
«Ugp – Mgp»	$W_0(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-44p}}{22,5p + 1}$	$W_0(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-30,5p}}{(16,8p + 1)^2}$

Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором наведена на малюнку 2.3, а з ПД-регулятором - на рис. 2.4. Структурна схема моделювання ОУ наведена на рис. 2.5.

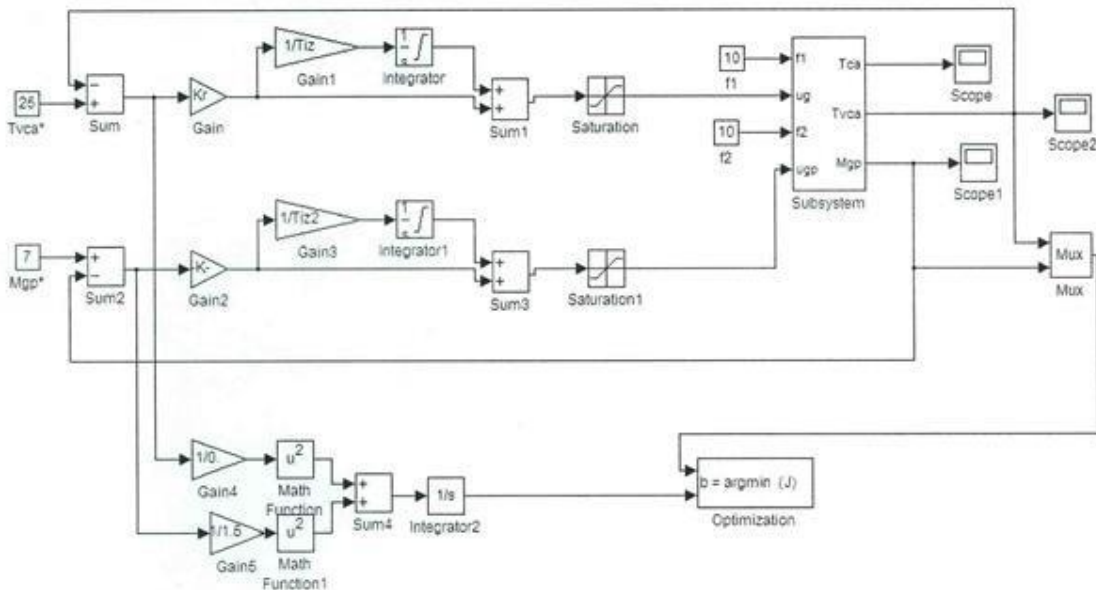


Рис. 2.2 – Структурна схема моделювання САР с ПІ-регулятором.

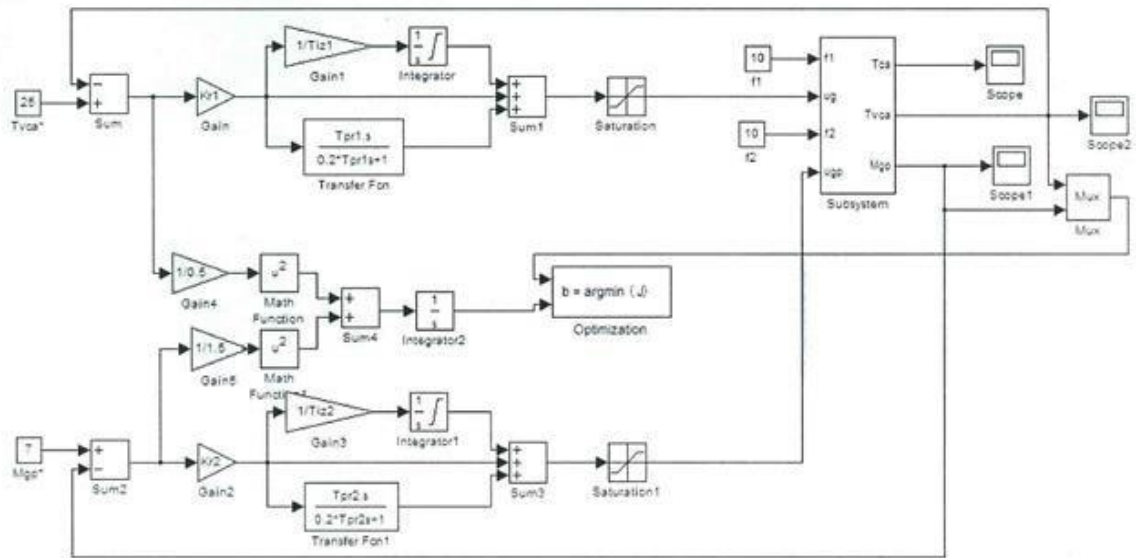


Рис. 2.3 – Структурна схема моделювання САР з ПІД-регулятором

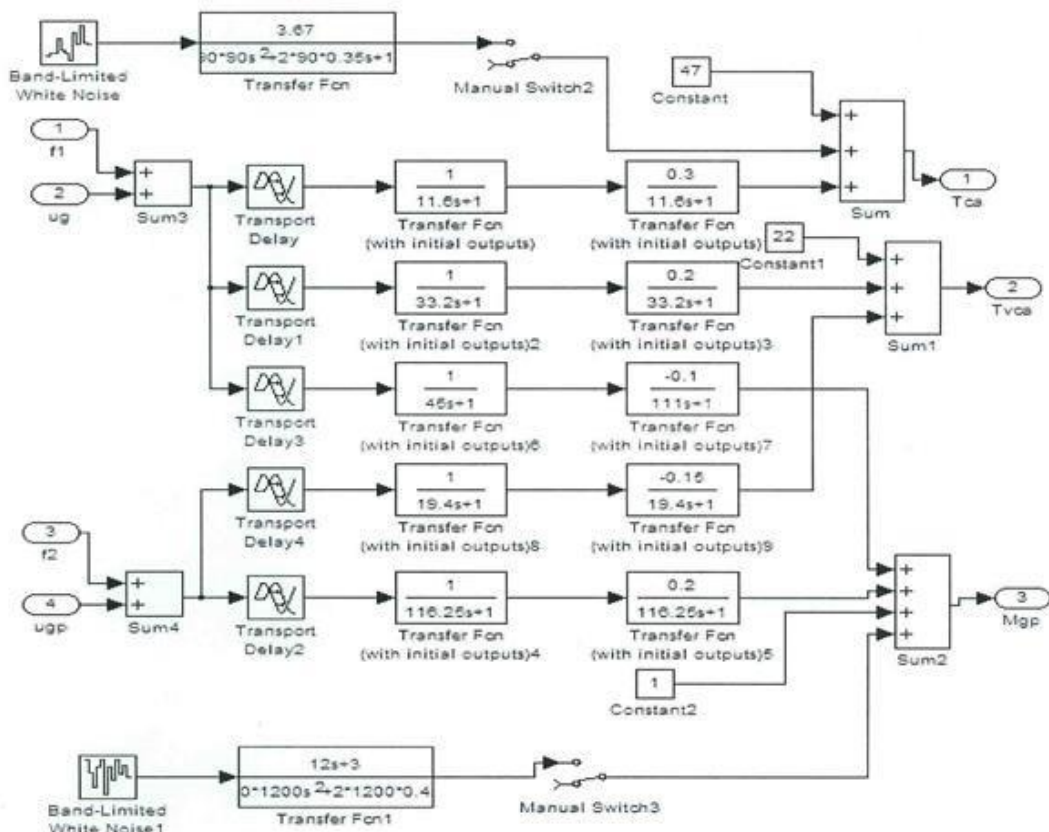


Рис. 2.4 – Структурна схема моделювання ОУ.

2.2 Параметричний синтез САР з різними варіантами типових алгоритмів регулювання та їх порівняльний аналіз для детермінованих вхідних впливів

2.2.1 Вибір початкових наближень настроювальних параметрів алгоритмів регулювання на основі інженерних методик параметричного (неоптимального) синтезу САР.

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОУ каналу температури відпрацьованого сушильного агенту буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0.2 \cdot e^{-58,3p}}{48,2p + 1}$$

Розрахунок параметрів ПІ- регулятора:

$$K_p = \frac{0,8 \cdot T_O}{K_O \cdot \tau_O} = \frac{1,1 \cdot 48,2}{0,2 \cdot 58,3} = 4,5 \frac{\%x.p.o.}{^\circ C}$$

$$T_{ИЗ} = 2 \cdot \tau_o = 2 \cdot 58,3 = 116,6c$$

Розрахунок параметрів ПІД- регулятора:

$$K_p = \frac{1 \cdot T_O}{K_O \cdot \tau_O} = \frac{1 \cdot 48,2}{0,2 \cdot 58,3} = 4,1 \frac{\%x.p.o.}{^\circ C}$$

$$T_{ИЗ} = 2 \cdot \tau_o = 2 \cdot 58,3 = 116,6c$$

$$T_{ИП} = \tau_o = 58,3c$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОУ вмісту вологи буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-342p}}{150p + 1}$$

Розрахунок параметрів ПІ - регулятора:

$$K_p = \frac{1,1 \cdot T_O}{K_O \cdot \tau_O} = \frac{1,1 \cdot 150}{0,2 \cdot 1342} = 2,4 \frac{\%x.p.o.}{\%}$$

$$T_{ИЗ} = 2 \cdot \tau_o = 2 \cdot 342 = 684c$$

Розрахунок параметрів ПІД- регулятора:

$$K_p = \frac{1 \cdot T_O}{K_O \cdot \tau_O} = \frac{1 \cdot 150}{0,2 \cdot 342} = 2,2 \frac{\%x.p.o.}{\%}$$

$$T_{ИЗ} = 2 \cdot \tau_o = 2 \cdot 342 = 684c$$

$$T_{ИП} = \tau_o = 342c$$

Порівняємо перехідні процеси в САР з ПІ-регулятором до і після оптимізації за інтегральним і прямим показниками якості. Результати порівняння зведені в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 Результати порівняння.

САР з ПІ-регулятором	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta T_{вса}$ МАКС	$\Delta M_{гп}$ МАКС	$T_{вса}$ $T_{гп}, c$	$M_{гп}$ $T_{гп}, c$	
до оптимізації	0,6	1,2	1100	9000	1057
Після оптимізації	0,7	1,5	900	6000	768

Для оптимального параметричного синтезу САР сушіння зерна ПІД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис.2.7. Результати оптимізації настройок ПІД-регулятора наведено на рис.

2.8.

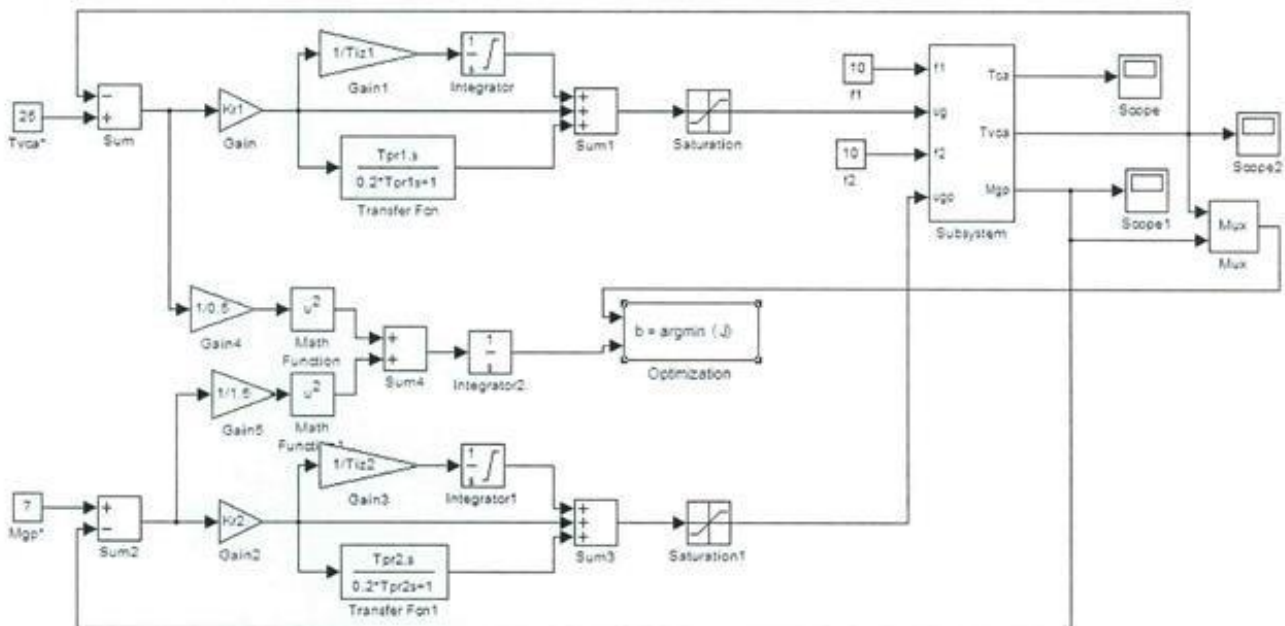
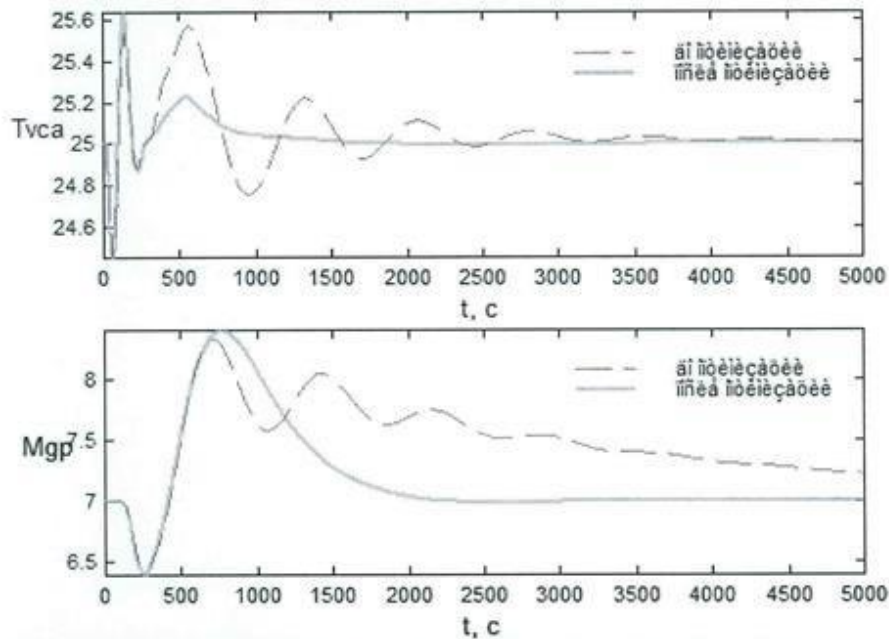


Рис. 2.7 - Структурна схема моделювання САР для оптимізації налаштувань ПІД-регулятора.



Ету таблиці	лінійна частота	затухання	ла-аути стабілізація	Автомат стабілізація	Сіа-аіа едеадеу показники:
Kr1	4.5036	0.4	4.1	41	аі - 1328.8896
Tiz1	48.1167	1.2	116.6	800	іііа - 628.8419
Tpr1	52.3572	5.8	58.3	580	показники.
Kr2	2.945	0	2.2	22	Еіе+аіаі аіаі
Tiz2	260.401	68	684	2000	іііааааа показники:
Tpr2	98.5456	34	342	900	іаііііаіа - 1500
					аіаіа+аіііа - 725

Рис. 2.8 – Результати оптимізації налаштувань ПД-регулятора.

Порівняємо перехідні процеси в САР з ПД-регулятором до і після оптимізації за інтегральним і прямим показниками якості. Результати порівняння зведені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати порівняння САР с ПД-регулятором до і після оптимізації.

САР з ПД-регулятором	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta T_{вса}$ МАКС	$\Delta M_{гп}$ МАКС	$T_{вс}$ $T_{пп}, c$	$M_{гп}$ $T_{пп}, c$	
до оптимізації	1,6	1,8	4000	5000	1328
Після оптимізації	1,8	2	2000	2500	628

2.2.3 Порівняльний аналіз перехідних процесів в параметрично оптимальних системах за значенням критерію оптимальності і показникам, для яких встановлені гранично-допустимі значення.

Для проведення порівняльного аналізу САР з ПІ- і ПД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис. 2.9. При цьому структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором наведена на рис. 2.10, а САР з ПД-регулятором - на рис. 2.11. Результати порівняння варіантів САР наведено на рис. 2.12, 2.13 і в таблиці 2.4.

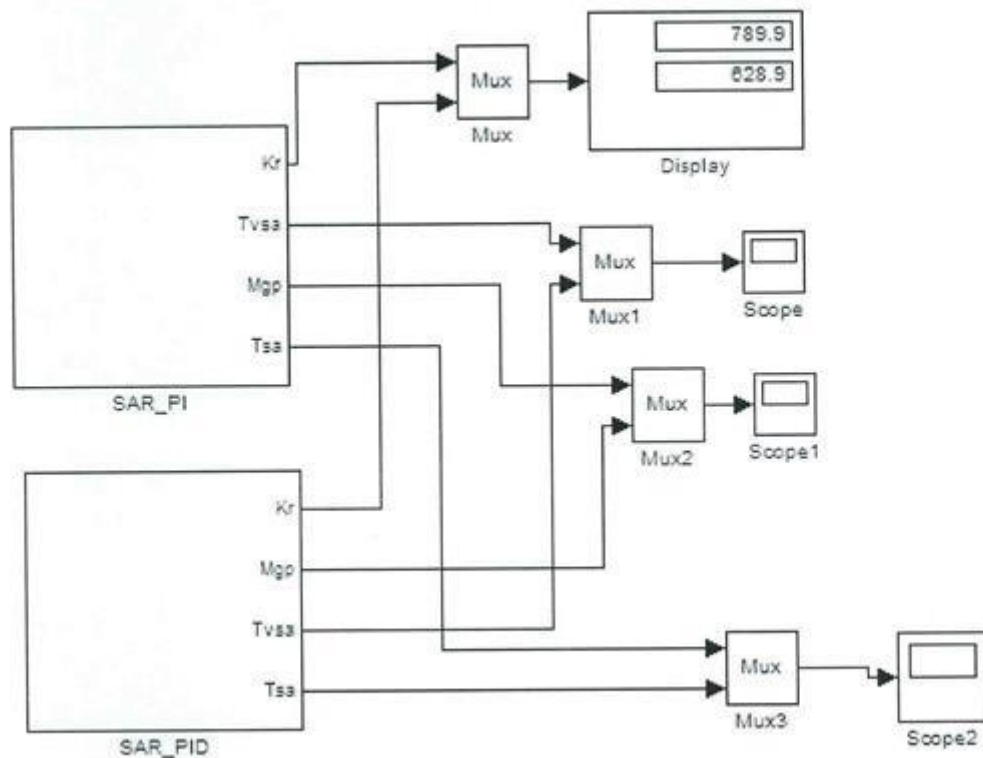


Рис. 2.9 - Структурна схема моделювання для порівняльного аналізу варіантів САР.

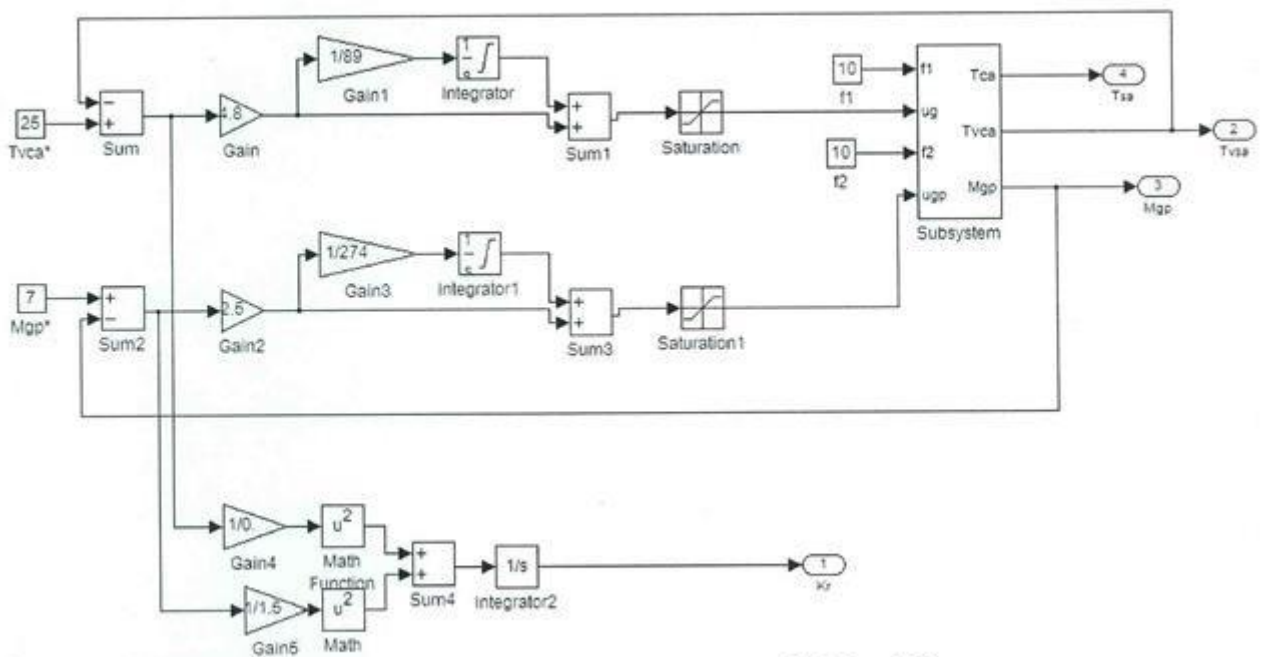


Рис. 2.10 – Структурна схема моделювання САР с ПІ-регулятором.

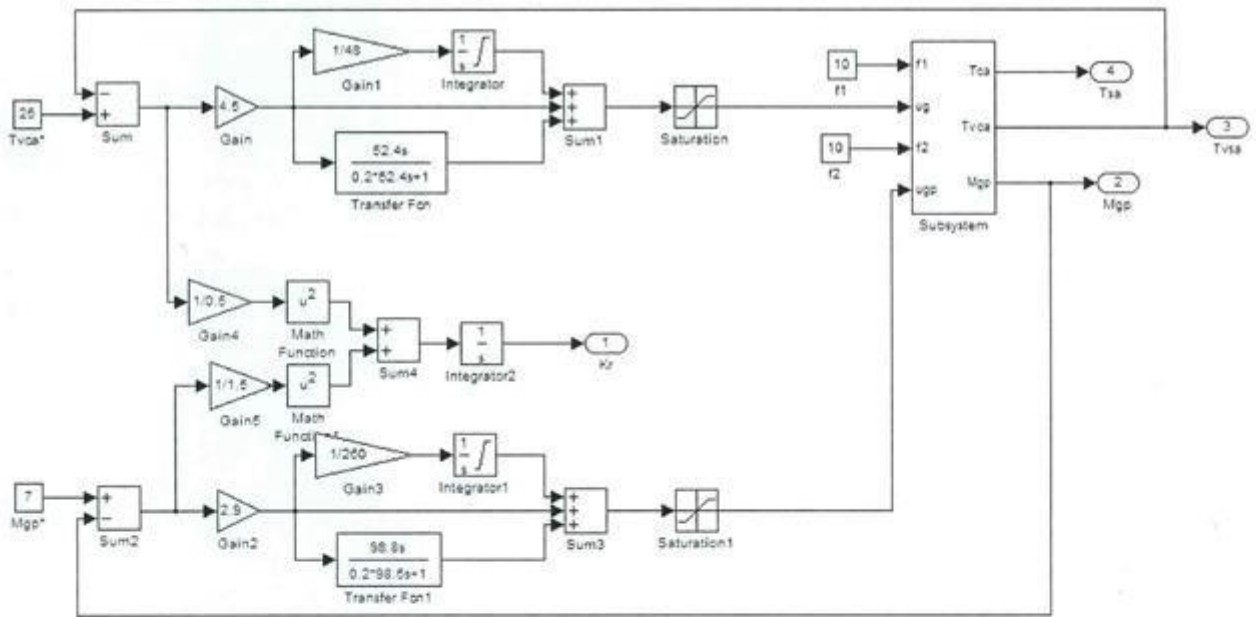


Рис. 2.11 – Структурна схема моделювання САР с ПІД-регулятором.

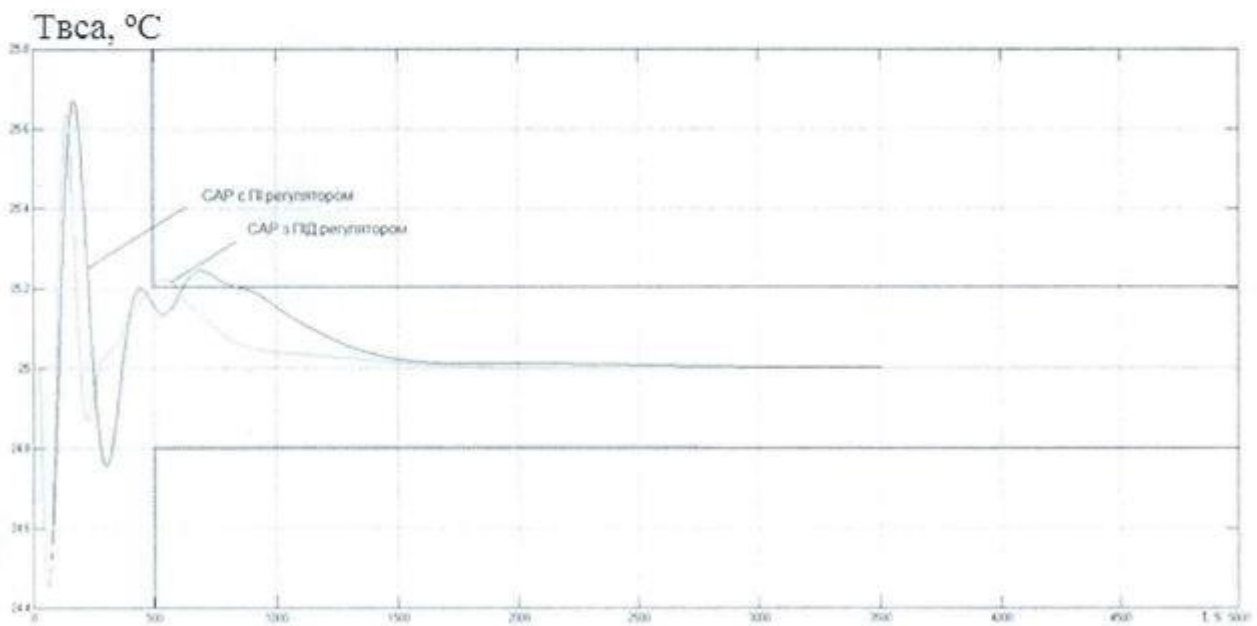


Рис. 2.12 – Результати порівняння варіантів САР для каналу температури відпрацьованого сушильного агенту.

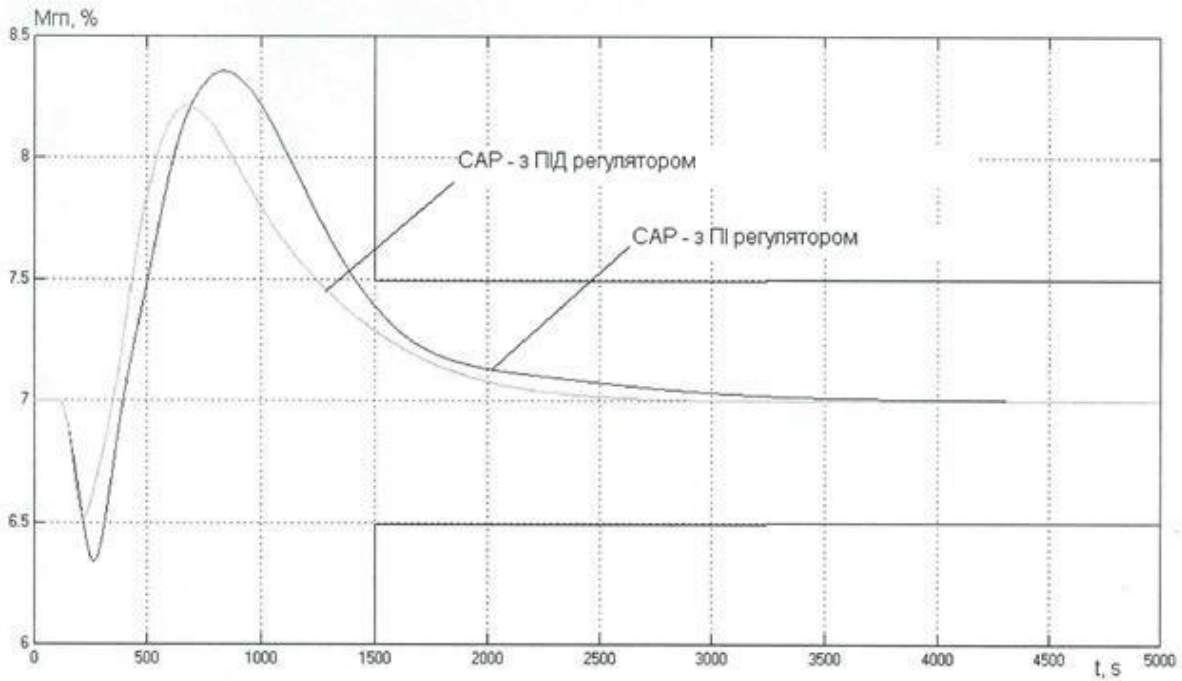


Рис. 2.13 – Результати порівняння варіантів САР для каналу вмісту вологи в продукті.

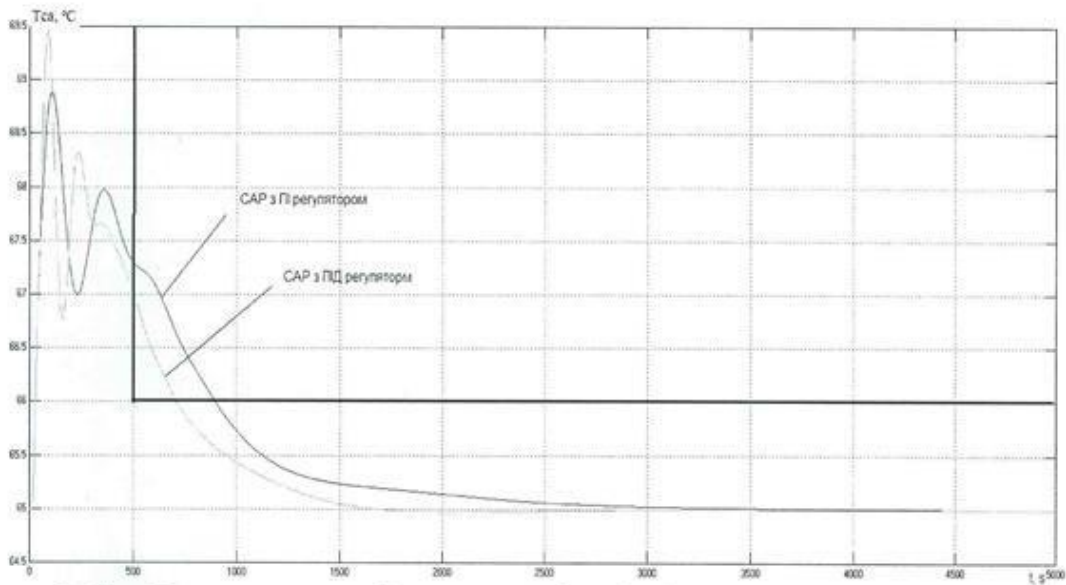


Рис. 2.14 – Результати порівняння варіантів САР для каналу температури сушильного агенту.

Таблиця 2.4 – Результати порівняння варіантів САР

Алгоритм регулювання	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta T_{вса}$ МАКС	$\Delta M_{гп}$ МАКС	$T_{вса}$ $T_{пп}, C$	$M_{гп}$ $T_{пп}, c$	
ПІ	2,7	1,3	1700	3500	789
ПІД	2,8	1,4	1500	2500	628

2.3.1 Вибір параметрів ОУ, за який доцільно оцінити грубість САР значень їх варіацій і планування машинного експерименту з оцінки грубості.

Слід зазначити, що внаслідок не лінійності, параметри каналів можуть варіювати в межах до $\pm 20\%$. При цьому дослідження САР на грубість будемо проводити в умовах дії детермінованих ступінчастих неконтрольованих збурень 10% х.р.о. Структурні схеми моделювання для аналізу САР з ПІ- і ПІД-регуляторами на грубість наведено на рис. 2.16, 2.17 та 2.18.

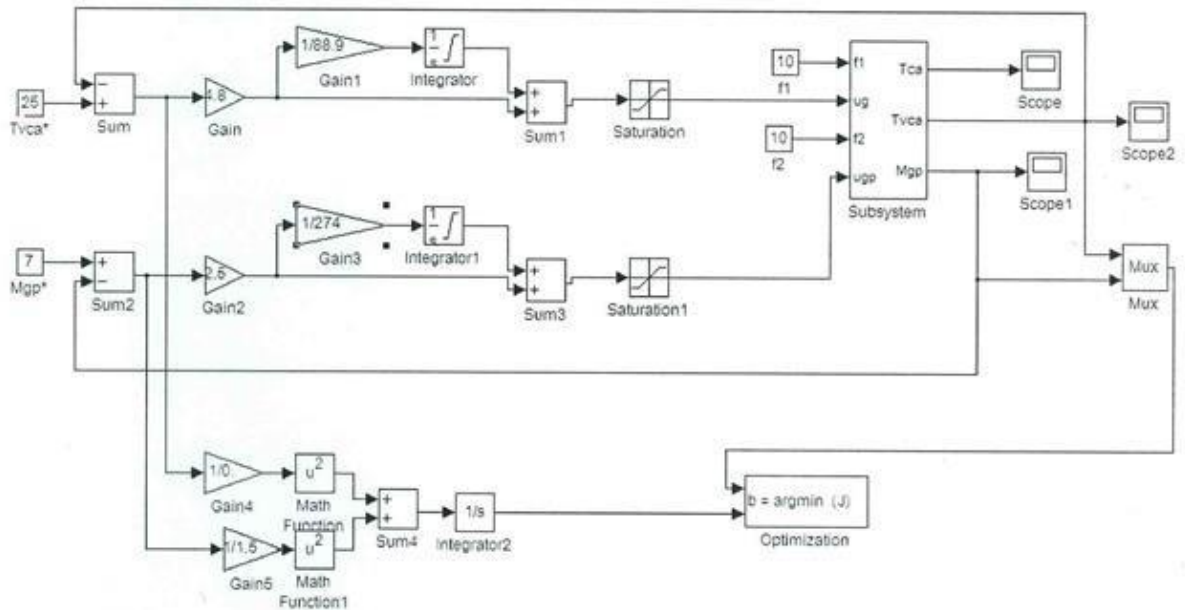


Рис. 2.15 - Структурна схема моделювання для аналізу САР з ПІ-регулятором на грубість.

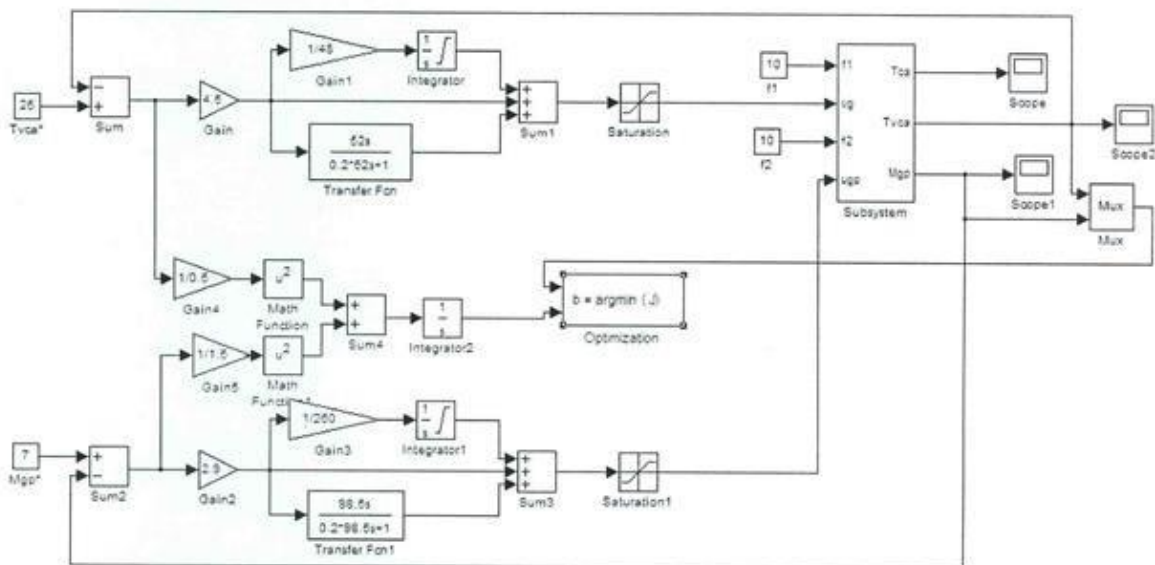


Рис. 2.16 - Структурна схема моделювання для аналізу САР з ПІД-регулятором на грубість.

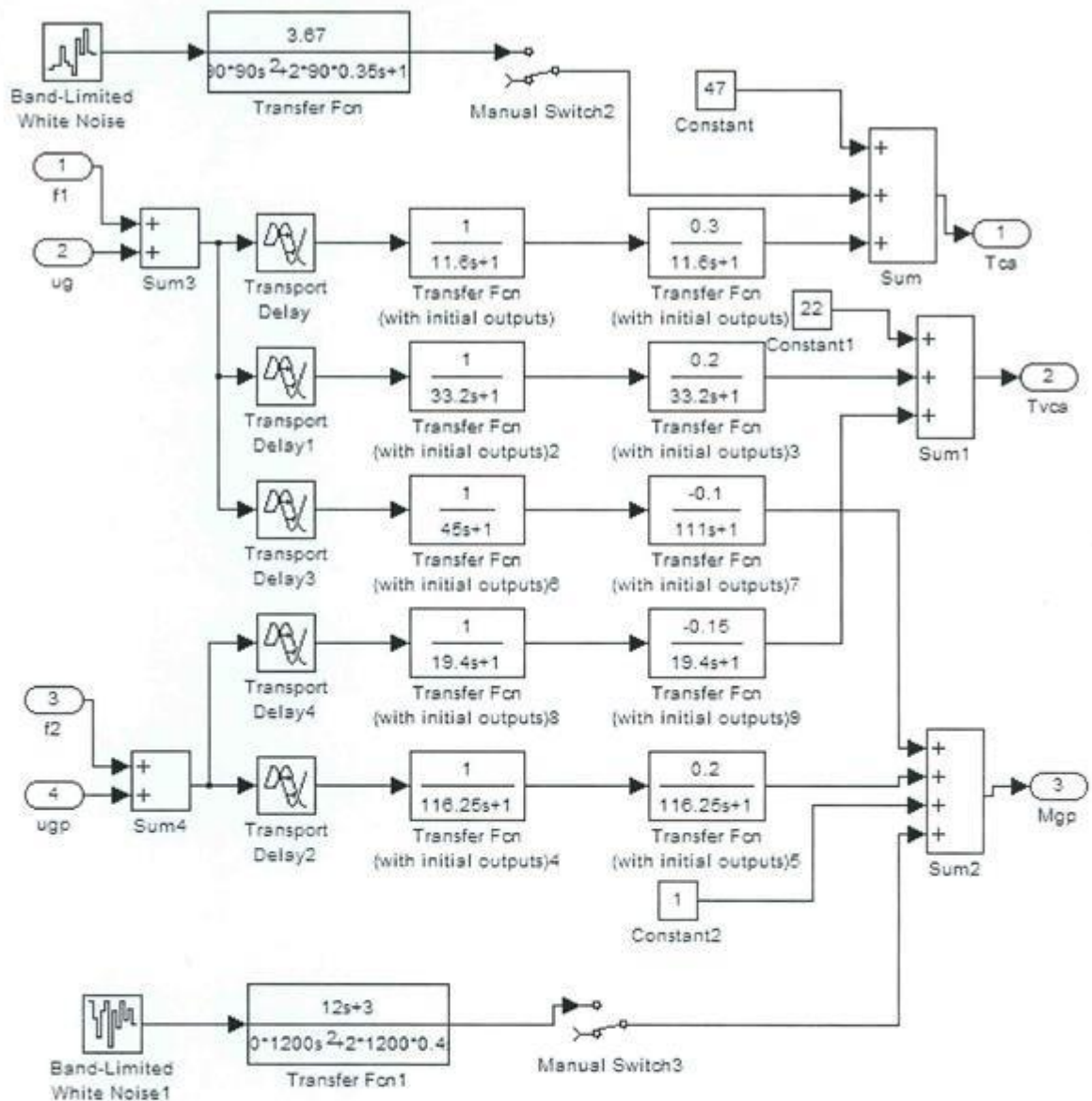


Рис. 2.17 - Структурна схема моделювання ОУ для аналізу САР на грубість.

2.3.2 Порівняльний аналіз перехідних процесів за критерієм оптимальності та показниками, для яких встановлені гранично допустимі значення.

Результати оцінки САР з ПІ-регулятором на грубість наведено на рис. 2.18, а САР з ПД-регулятором - на рис. 2.19. Як видно з результатів, САР і з ПІ-регулятором, і з ПД-регулятором є грубою, оскільки в умовах варіації параметрів ОУ дає згасаючі перехідні процеси. Але також в умовах дії збурень детермінованого характеру перехідні процеси в САР виходять за рамки регламентних зон.

Результаты проверки системы на грубость.

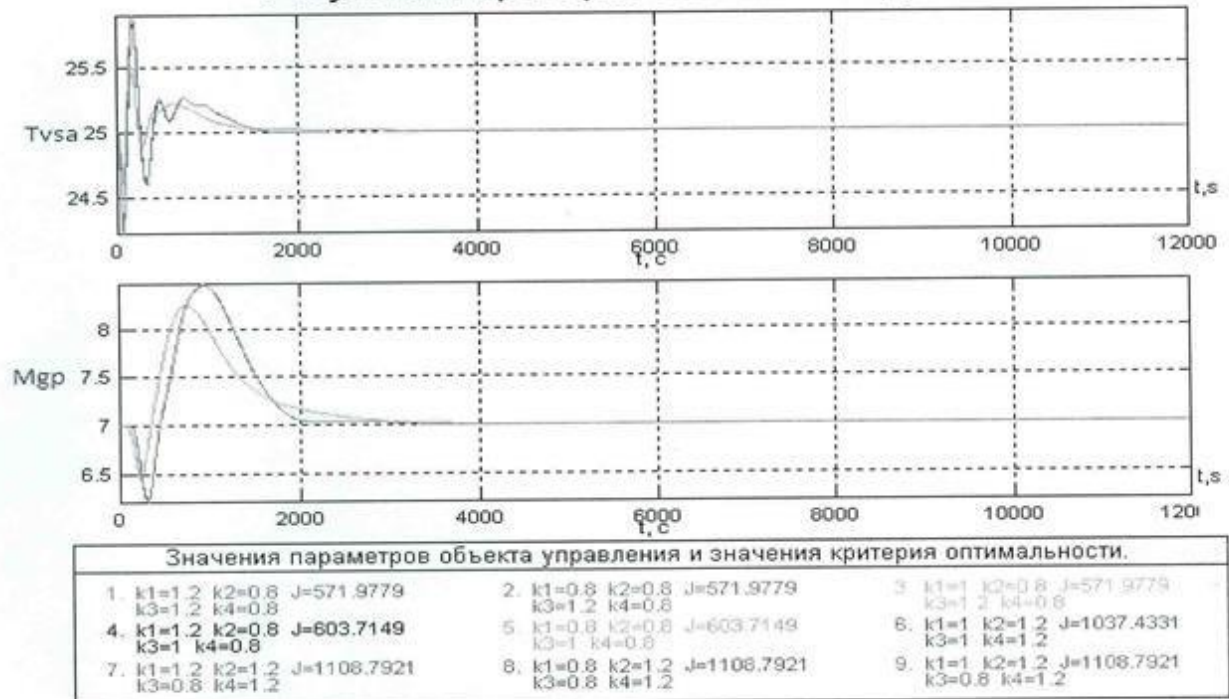


Рис. 2.18 - Анализ на грубость САР с ПИ-регулятором в умуви дії детермінованих неконтрольованих збурень.

Результаты проверки системы на грубость.

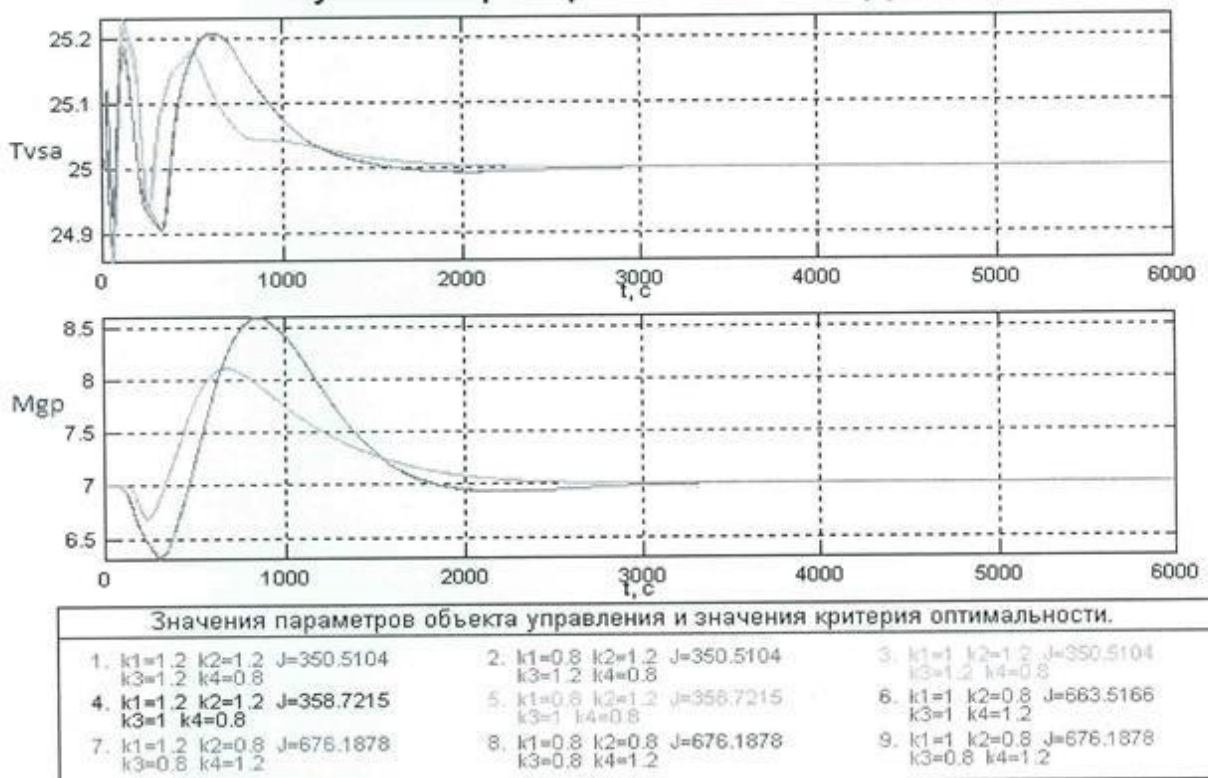


Рис. 2.19 - Анализ на грубость САР с ПИД-регулятором в умуви дії детермінованих неконтрольованих збурень.

2.3.3 Вибір з розглянутих поєднань параметрів ОУ найбільш «несприятливих» і «сприятливих» для управління.

Як видно з результатів оцінки САР на грубість, "найгіршим" для управління поєднанням параметрів ОУ є більшу на 20% час запізнювання ОУ, а "найкращим" для управління поєднанням - на 20% менший час запізнювання.

Схема моделювання САР базової структури і ПІ-регулятором для порівняння варіантів з номінальними параметрами, а також з параметрами ОУ "сприятливими" і "несприятливими" для управління наведена на рис. 2.20. Результати порівняння варіантів САР наведено на рис. 2.21 та 2.22 і зведені в таблицю 2.5.

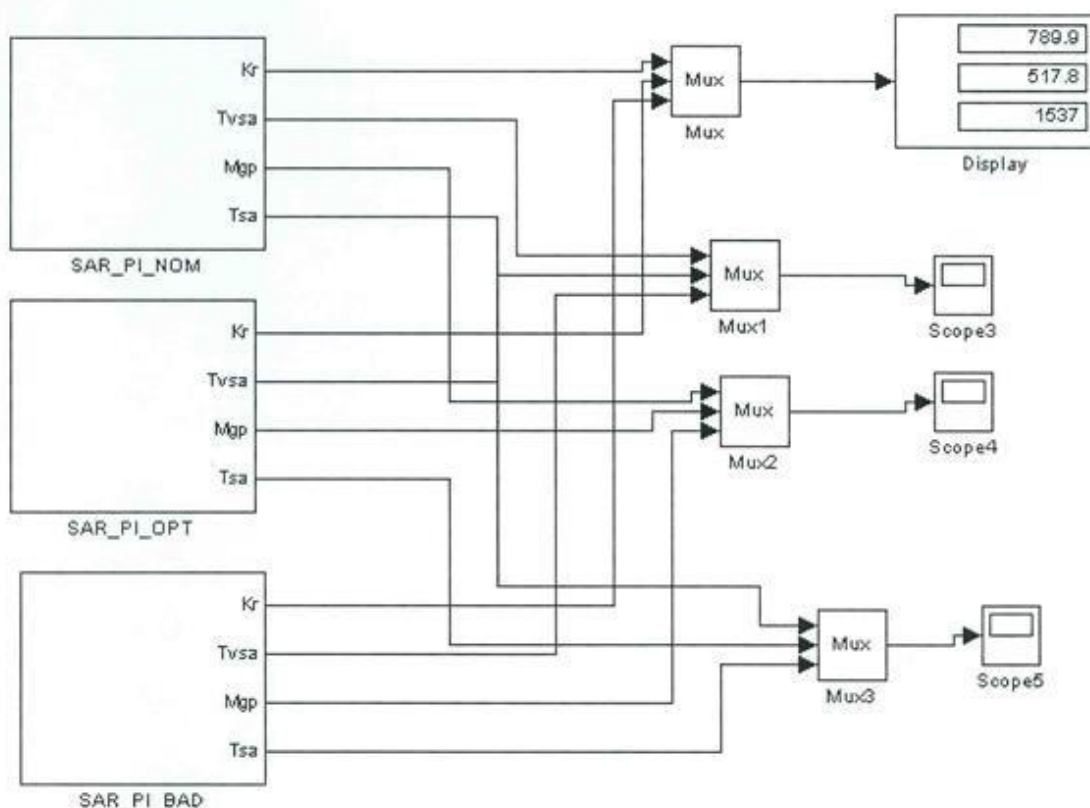


Рис. 2.20 - Схема моделювання САР базової структури з ПІ-регулятором для порівняння варіантів з номінальними, "сприятливими" і "несприятливими" для управління параметрами ОУ.

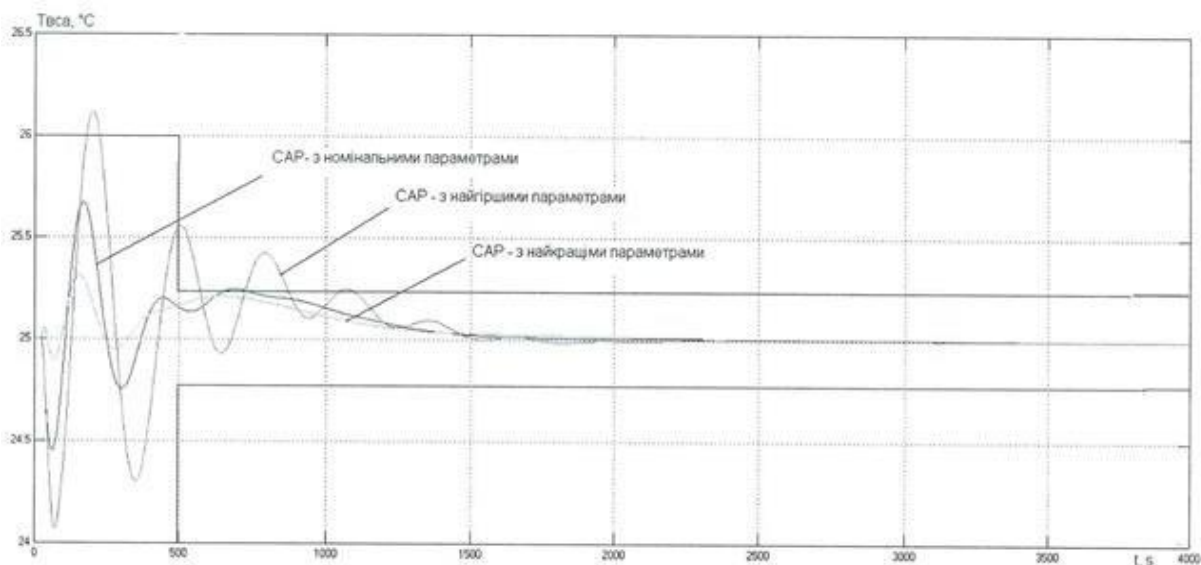


Рис. 2.21 - Результати порівняння варіантів САР з ПІ-регулятором каналу температури відпрацьованого сушильного агенту.

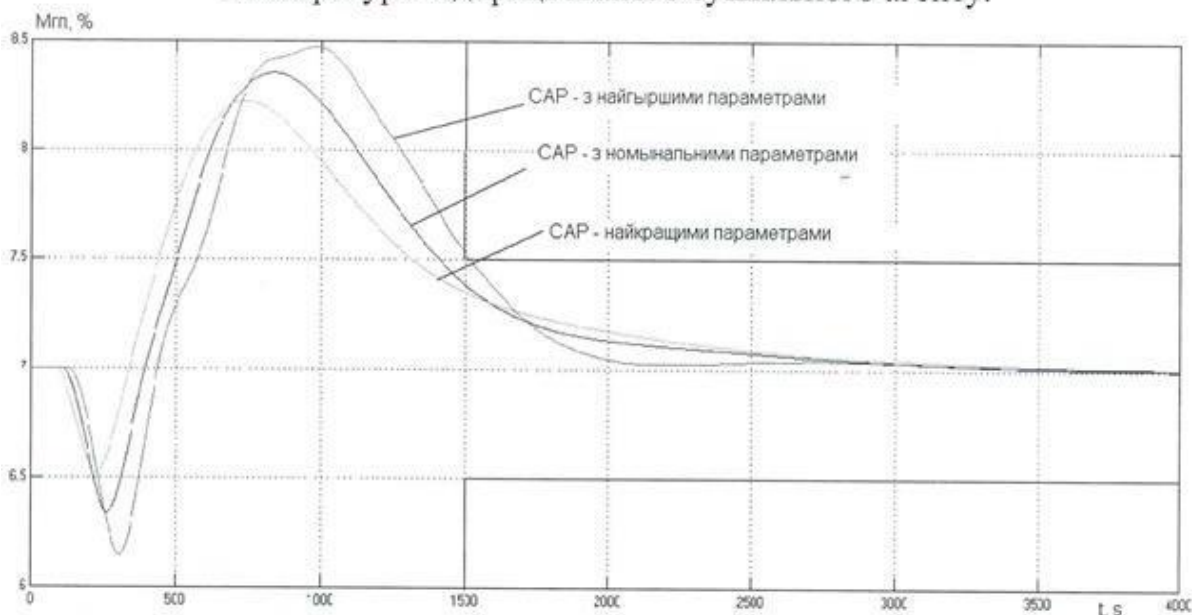


Рис. 2.22 - Результати порівняння варіантів САР з ПІ-регулятором каналу вмісту вологи.

Таблиця 2.5 - Результати порівняння варіантів САР з ПІ-регулятором.

Параметри ОУ	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta T_{вса}$ МАКС	$\Delta M_{гп}$ МАКС	$T_{вса}$ $T_{пп}$, С	$M_{гп}$ $T_{пп}$, с	
Номінальні	0,7	1,4	1500	3000	789
"Найкращі"	0,3	1,25	1700	3000	517
"Найгірші"	1,2	1,5	2200	2200	1537

Схема моделювання САР з ПІД-регулятором для порівняння варіантів з номінальними параметрами, а також з параметрами ОУ "сприятливими" і "несприятливими" для управління наведена на рис. 2.23. Результати порівняння варіантів САР наведено на рис. 2.24 та рис. 2.25 і зведені в таблицю 2.6.

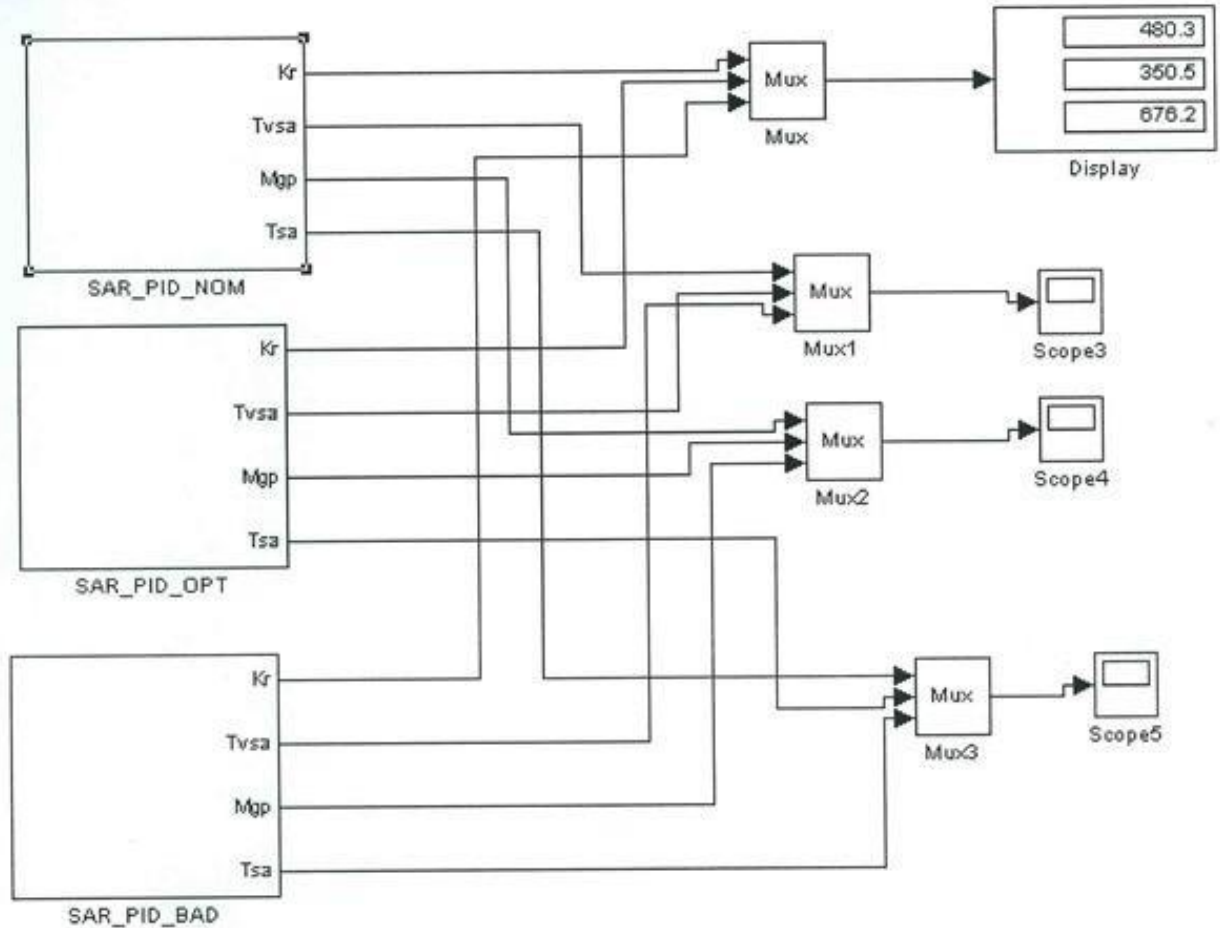


Рис. 2.24 - Схема моделювання САР з ПІД-регулятором для порівняння варіантів з номінальними, "сприятливими" і "несприятливими" для управління параметрами ОУ.

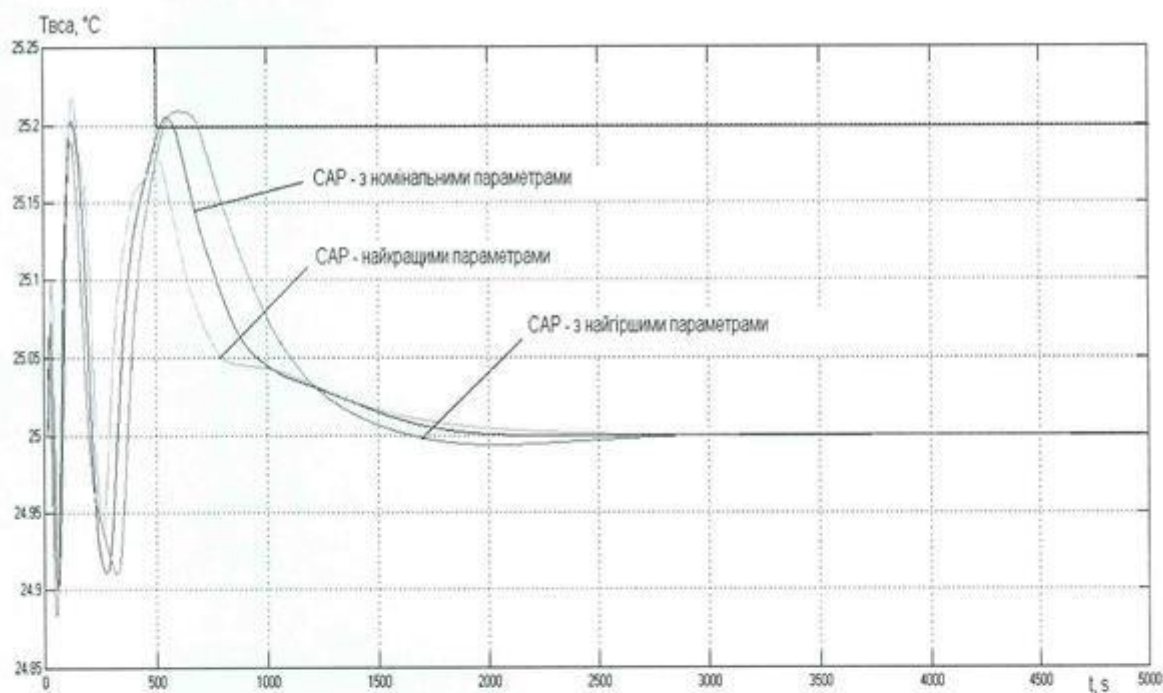


Рис. 2.25 - Результати порівняння варіантів САР з ПІД-регулятором каналу температури відпрацьованого сушильного агенту

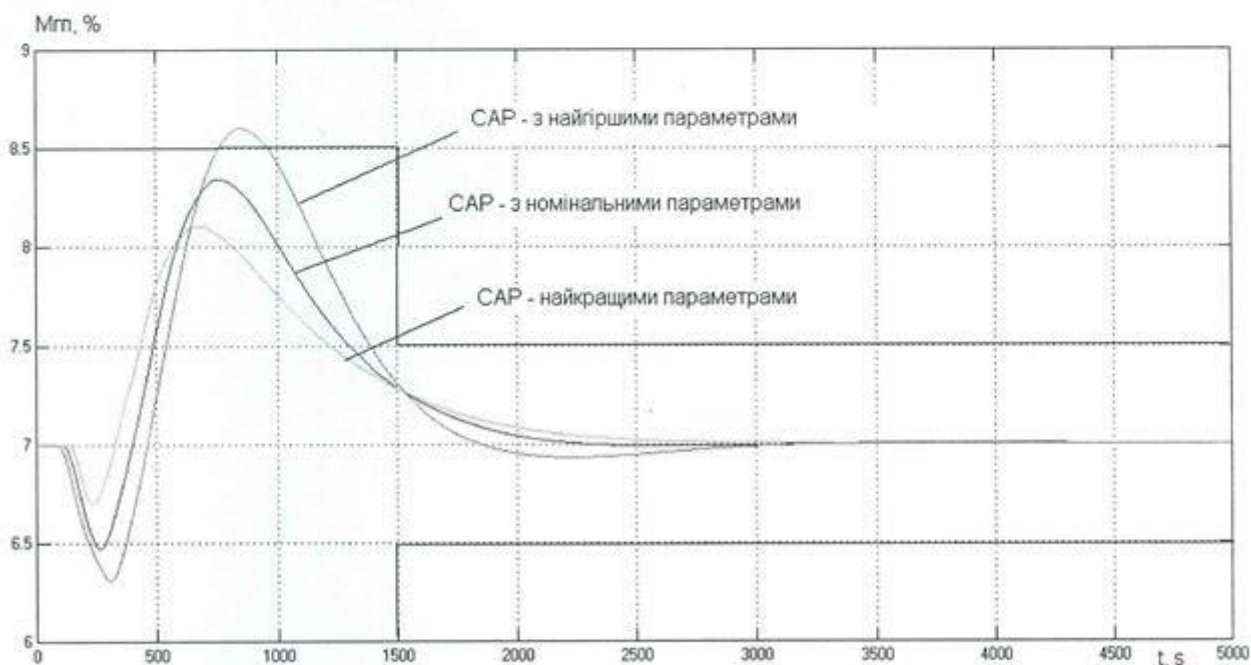


Рис. 2.26 - Результати порівняння варіантів САР з ПІД-регулятором каналу вмісту вологи в продукті.

Таблиця 2.6 - Результати порівняння варіантів САР з ПІД-регулятором.

Параметри ОУ	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta T_{вса}$ МАКС	$\Delta M_{гп}$ МАКС	$T_{вса}$ $T_{пп}$, °С	$M_{гп}$ $T_{пп}$, °С	
Номінальні	0,21	1,3	1500	3000	480
"Найкращі"	0,22	1,1	1700	3000	350
"Найгірші"	0,2	1,7	2200	2200	676

2.4 Аналіз сталих процесів в САР при стохастичних вхідних впливах

2.4.1 Оцінка отримання статистично стійких результатів.

Для оцінки САР на грубість у сталому режимі будемо використовувати схеми моделювання, наведеними на рис. 2.27 - 2.29. Результати моделювання САР з ПІ-регулятором наведена на рис. 2.30 та рис. 2.31, а з ПІД-регулятором - на рис. 2.32 та рис. 2.33.

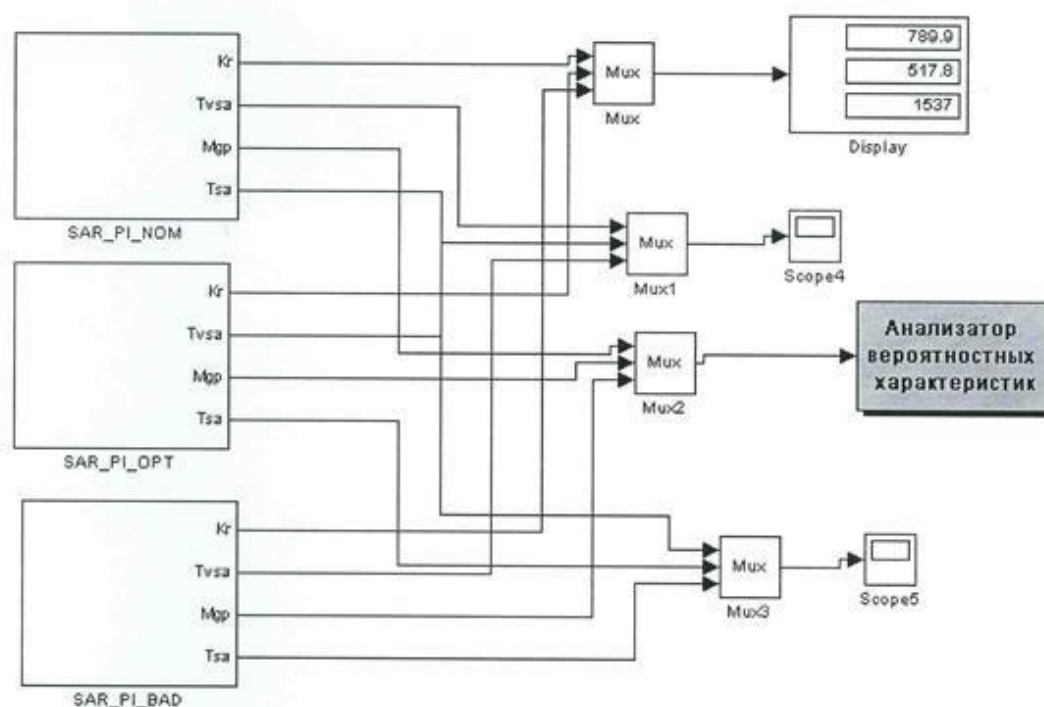


Рис. 2.27 - Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором для оцінки грубісті в сталих режимах.

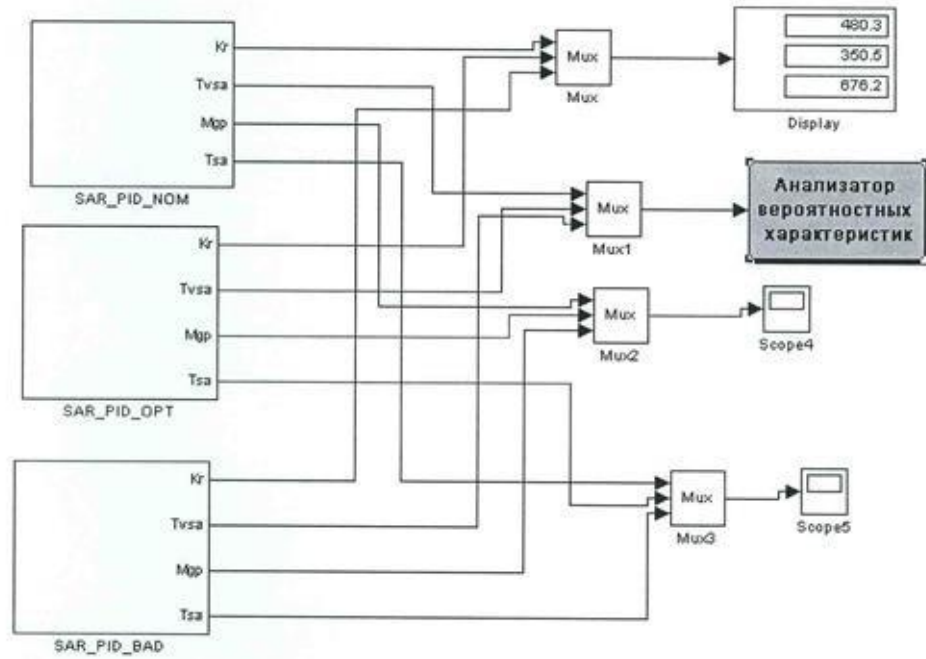


Рис. 2.28 - Структурна схема моделювання САР з ПІД-регулятором для оцінки товщини в сталих режимах.

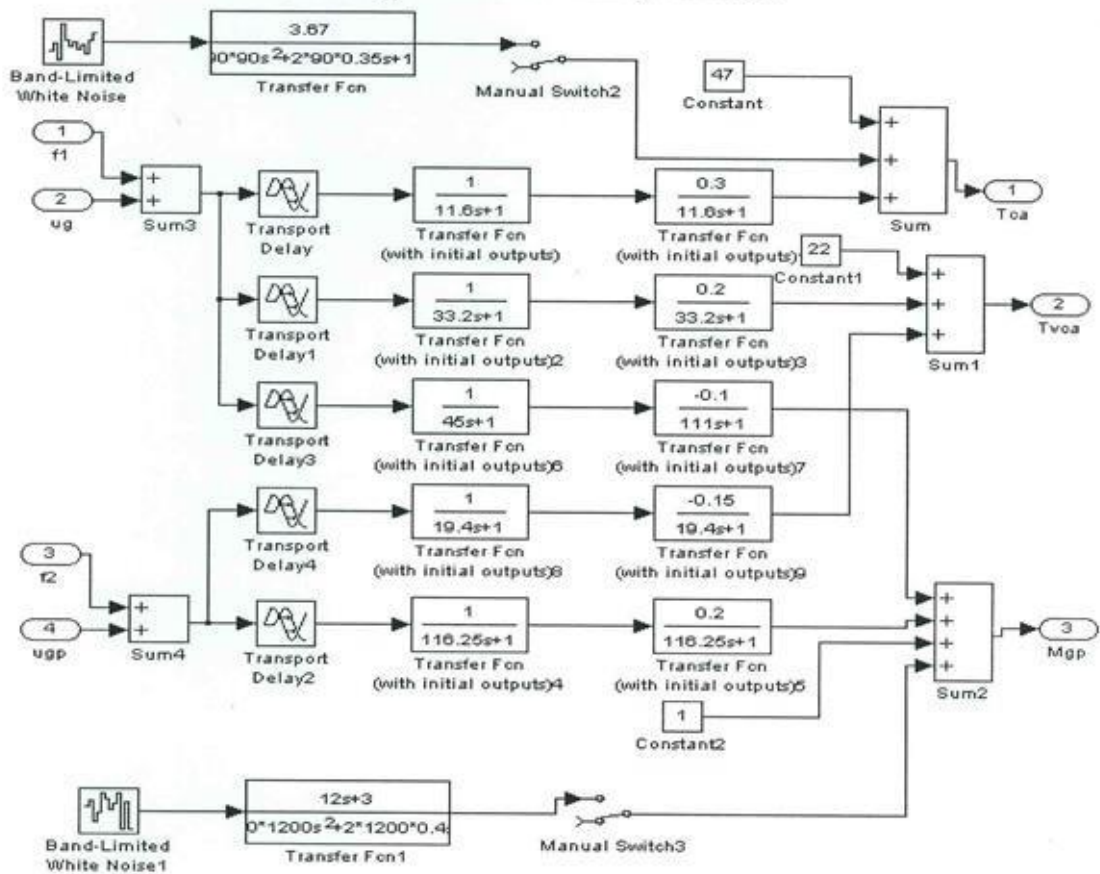


Рис. 2.29 - Структурна схема моделювання ОУ для оцінки товщини САУ в сталих режимах

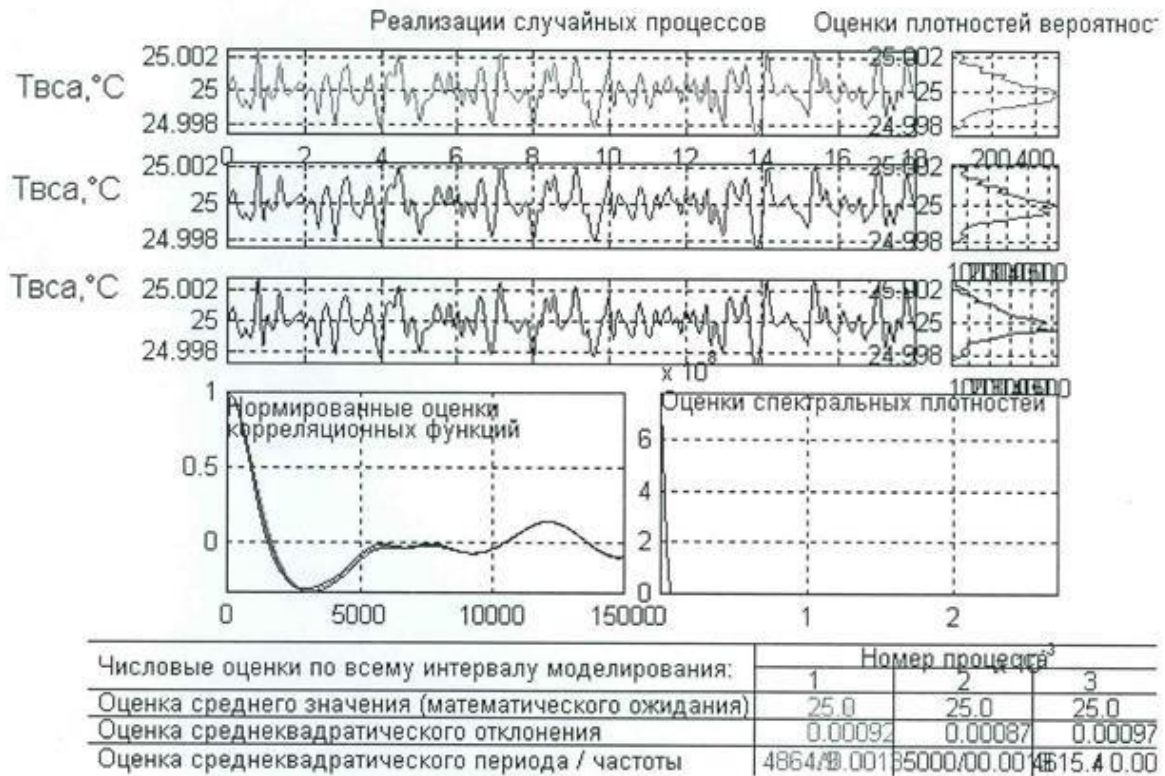


Рис. 2.30 – Результаты моделирования САР с ПИ-регулятором каналу температуры відпрацьованого сушильного агенту.



Рис. 2.31 – Результаты моделирования САР с ПИ-регулятором каналу вмісту вологи.

2.4.2 Порівняльний аналіз сталих процесів для поєднань параметрів ОУ, відповідних номінальним, «несприятливим» і «сприятливим» властивостям ОУ за інтегральним показником і показниками, для яких встановлені граничнодопустимі значення.

Порівняння результатів моделювання проведемо по математичному очікуванню, середньоквадратичного відхилення, середньоквадратичного періоду і інтегральним критерієм. Порівняльні результати оцінки САР на грубість з ПІ-регулятором зведені в таблицю 2.7, а САР з ПІД-регулятором - в таблицю 2.8.

Таблиця 2.7 - Результати оцінки САР з ПІ-регулятором на грубість в сталих процесах

Показники якості	Значення параметрів ОУ					
	номінальні		найкращі		найгірші	
	Твса, °С	Мгп, %	Твса, °С	Мгп, %	Твса, °С	Мгп, %
Математичне очікування	25	7,2	25.0	7,2	25.0	7,2
Середньоквадратичне відхилення	0.13	0,4	0.071	0.32	0.7	0.49
Середньоквадратичний період	2000	5000	1333	5000	1333	5000
Інтегральний критерій	781		517		1532	

Таблиця 2.8 - Результати оцінки САР з ПІД-регулятором на грубість в сталих процесах

Показники якості	Значення параметрів ОУ					
	номінальні		найкращі		найгірші	
	Твса, °С	Мгп, %	Твса, °С	Мгп, %	Твса, °С	Мгп, %
Математичне очікування	25	7,2	25	7,2	25	7,2
Середньоквадратичне відхилення	0,052	0.39	0,46	0.35	0.056	0.44
Середньоквадратичний період	1666	5000	1666	5000	1666	5000
Інтегральний критерій	480		350		680	

2.5 Висновки по розділу

САР з ПІД-регулятором в перехідних режимах задовольняє гранично допустимим вимогам, САР з ПІ-регулятором також задовольняє цим вимогам. САР в сталих режимах не виходить за рамки зони незначущих відхилень.

Після проведення процедури оптимізації параметрів ПІ-регулятора параметри каналу температури сушильного агенту змінилися: коефіцієнт передачі збільшився на 83%, а час ізодрома зменшився на 59%, інтегральний критерій зменшився на 70%, максимальне динамічне відхилення зменшилося на 0%, час перехідного процесу зменшився на 53%. Параметри каналу вмісту вологи змінилися: коефіцієнт передачі збільшився на 52%, а час ізодрома зменшився на 27%, інтегральний критерій зменшився на 50%, максимальне динамічне відхилення зменшилось на 10%, час перехідного процесу зменшився на 33%.

Після проведення процедури оптимізації параметрів ПІД-регулятора параметри каналу температури відпрацьованого сушильного агенту змінилися: коефіцієнт передачі збільшився на 77%, час ізодрома зменшився на 16%, час передбачення зменшився на 67%, інтегральний критерій зменшився на 50%, максимальне динамічне відхилення зменшилося на 3%, час перехідного процесу зменшився на 26%. Параметри каналу вмісту вологи змінилися: коефіцієнт передачі збільшився на 33%, час ізодрома зменшився на 31%, час передбачення збільшився на 67%, інтегральний критерій зменшився на 50%, максимальне динамічне відхилення зменшилось на 5%, час перехідного процесу зменшився на 65 %.

Введення в алгоритм регулювання Д-складової призводить до зменшення інтегрального критерію на 45%, зменшення максимального динамічного відхилення на 5% і до зменшення часу перехідного процесу на 34%.

І САР з ПІ-регулятором, і САР з ПІД-регулятором є грубими. Відносна різниця між "сприятливими" і "несприятливими" поєднаннями параметрів ОУ в САР з ПІ-регулятором становить за критерієм 15%. Різниця параметрів каналу температури: по максимальному динамічному відхиленню - 15%, а по часу перехідного процесу - 10%. Різниця параметрів каналу щільності диму: по максимальному динамічному відхиленню - 5%, а по часу перехідного процесу - 15%.

Різниця між "сприятливими" і "несприятливими" поєднаннями параметрів ОУ в САР з ПІД-регулятором становить за критерієм 13%. Різниця параметрів каналу температури відпрацьованого сушильного агенту: по максимальному динамічному відхиленню - 8%, а по часу перехідного процесу - 10%. Різниця параметрів каналу вмісту вологи : по максимальному динамічному відхиленню - 15%, а по часу перехідного процесу - 40%.

За більшістю показників відносна різниця показників якості перехідних процесів при "сприятливих" і "несприятливих" для управління параметрах ОУ більше для САР з ПІД-регулятором. Це може означати, що САР з ПІ-регулятором "грубіше", тобто менш чутлива до варіації параметрів ОУ.

Як вже зазначалося вище, параметри регуляторів в результаті параметричної оптимізації змінюються досить суттєво, але і налаштування регуляторів, отримані з інженерних методиками, дають нам стійкі перехідні процеси в САР. Тому можна зробити висновок, що інженерні методики розрахунку параметрів регулятора на практиці застосовні, хоча існує значний запас підвищення динамічної точності САР.

З усього вище сказаного можна зробити висновок, що за більшістю показників якості САР з ПД-регулятором є краще, ніж САР з ПІ-регулятором. Тому в подальших дослідженнях в якості базового алгоритму регулювання будемо застосовувати ПД-регулятор.

РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ І АНАЛІЗ САР ПІДВИЩЕНОЇ ДИНАМІЧНОЇ ТОЧНОСТІ

3.1 Структурний синтез САР підвищеної динамічної точності

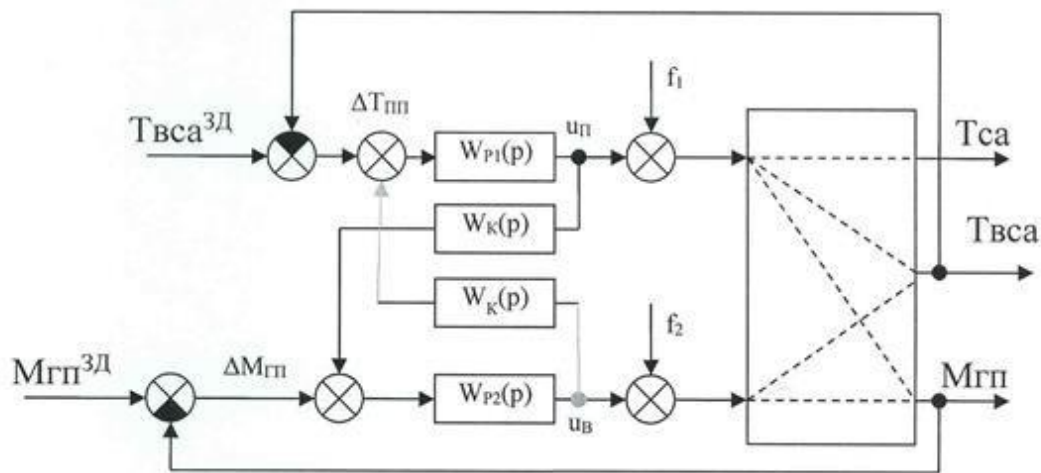
3.1.1 Аналіз особливостей об'єкта регулювання, що знижують динамічну точність і вибір способів її підвищення за рахунок введення в структуру САР додаткових зв'язків, що забезпечують, наприклад, її інваріантність, автономність, компенсацію запізнювання і т.д.

Причиною недостатньої точності САР можуть бути зовнішні умови: дія інтенсивних контрольованих і неконтрольованих збурень, інтенсивне зміна завдання САР, а також внутрішні особливості ОУ і САР (значне співвідношення t_0 / T_e , взаємний вплив каналів в багатовимірній САР).

У нашому випадку основною причиною недостатньої динамічної точності САР є дія перехресних зв'язків. Основним шляхом підвищення динамічної точності саме розглянутої САР є побудова автономної САР.

3.1.2 Розробка на основі вибраних способів підвищення динамічної точності САР її структурної схеми і формулювання (в аналітичній формі) умов, що забезпечують необхідні властивості САР.

В основу підвищення динамічної точності САР буде покладено принцип двоканальності Петрова, сутність якого у введенні додаткових каналів впливу через коригувальну зв'язок. Відповідно до принципу інваріантності Петрова структурна схема автономної САР матиме вигляд, наведений на рис. 3.1.



Структурна схема САР автономна.

Рис. 3.1 - Структурна схема автономної САР, з корегуючими зв'язками, інваріантної до контрольованого збурення.

3.1.3 Виведення передаточних функцій коригуючих зв'язків, аналіз їх структури з умов фізичної реалізованості, приведення до фізично реалізуємого виду, уявлення у формі з'єднання типових динамічних ланок та отримання перехідних характеристик.

$$W_{K1}(p) = -\frac{W_{u1-m}^o(p)}{W_{p2}(p) * W_{u-m}^o(p)}$$

якщо

$$W_{u1-m}^o(p) = \frac{-0,1 \cdot e^{-142,5p}}{63,75p + 1}$$

$$W_{u2-v}^o(p) = \frac{0,2 * e^{-58,3}}{48,2p + 1}$$

$$W_p(p) = 2,9 \cdot \left(1 + \frac{1}{264,9p} + 79,2p \right)$$

Тоді

$$W_K(p) = -\frac{-0,1 * e^{-142,5p}}{63,75p + 1} \cdot \frac{0,2 * e^{-346p}}{150p + 1} \cdot \frac{264,9(150p + 1)}{(20980p^2 + 264,9p + 1) * (63,75p + 1)} = \frac{0,1}{2,9 * 0,2} \cdot e^{-142,5 + 342p} \times$$

$$0,17 \cdot \frac{219,5p + 1}{20p + 1} \cdot \frac{264,9p * (150p + 1)}{(20980p^2 + 264,9p + 1) * (63,75p + 1)}$$

Виведення другої коригуючої ланки:

$$W_{K2}(p) = -\frac{W_{u1-m}^o(p)}{W_{p1}(p) * W_{u1-m}^o(p)}$$

якщо

$$W_{u1-m}^o(p) = \frac{-0,15 \cdot e^{-37,5p}}{26,5p + 1}$$

$$W_{u2-v}^o(p) = \frac{0,2 * e^{-58,3}}{48,2p + 1}$$

$$W_p(p) = 4,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{48p} + 52p \right)$$

Тоді

$$W_{k2}(p) = -\frac{-0,15 \cdot e^{-37,5}}{4,5 \cdot \frac{48 \cdot 52p^2 + 48p + 1}{48p} \cdot \frac{0,2 \cdot e^{-58,3p}}{48,2p + 1}} = \frac{-0,15}{4,5 \cdot 0,2} \cdot e^{-37,5 - 58,3p} \times$$

$$\times \frac{48p(48 \cdot 2p + 1)}{(26,5p + 1) \cdot (2469p^2 + 48p + 1)} = -0,17 \cdot \frac{2313,6p^2 + 48p}{(6144p^3 + 1048p^2 + 26,5p + 2496p^2 + 48p + 1)} =$$

$$= -0,17 \cdot \frac{23136p^2 + 48p}{66144p^3 + 3744p^2 + 26,5p + 2496p^2}$$

Структурна схема моделювання передаточної функції корегуючої зв'язки наведена на рис. 3.2 а її перехідна характеристика - на рис. 3.3

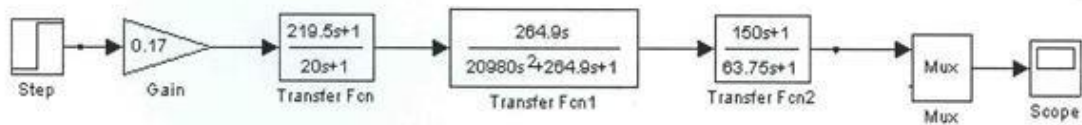


Рис. 3.2 - Структурна схема моделювання передатної функції корегуючого зв'язку $W_{k1}(p)$

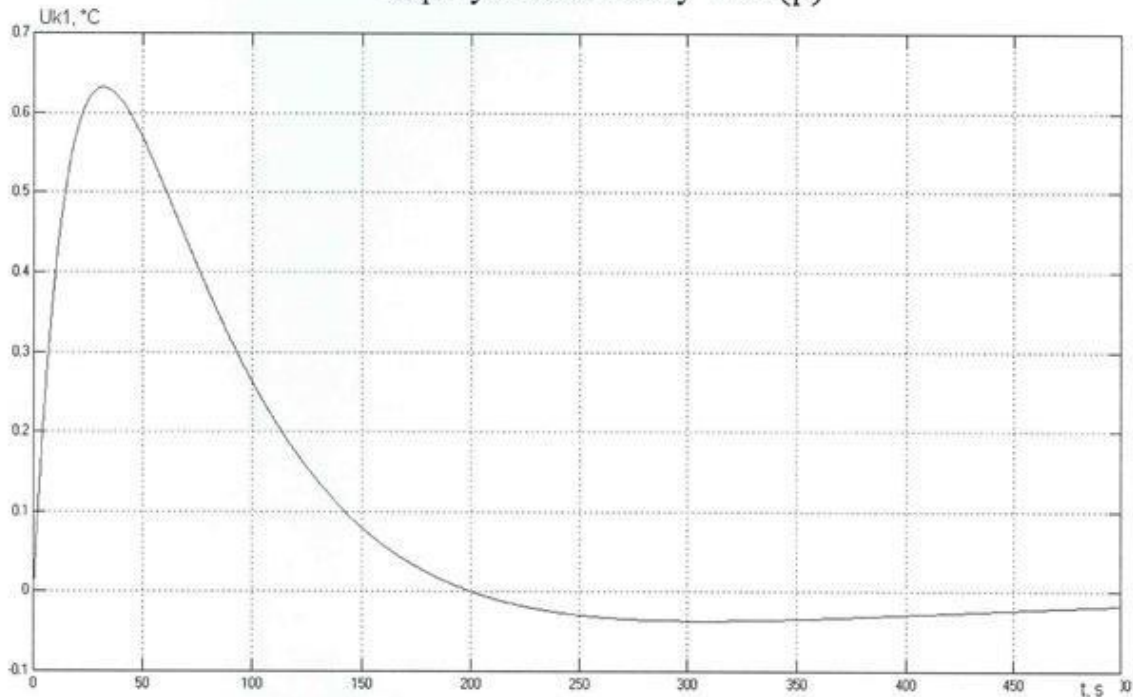


Рис. 3.3 - Перехідна характеристика корегуючого зв'язку $W_{k1}(p)$.

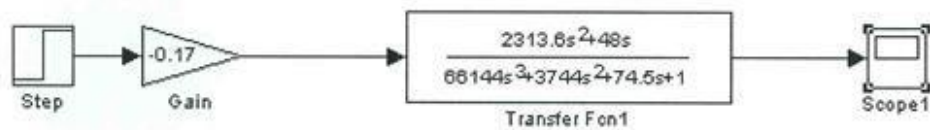


Рис. 3.4 - Структурна схема моделювання передатної функції корегуючого зв'язку $W_{к2}(p)$

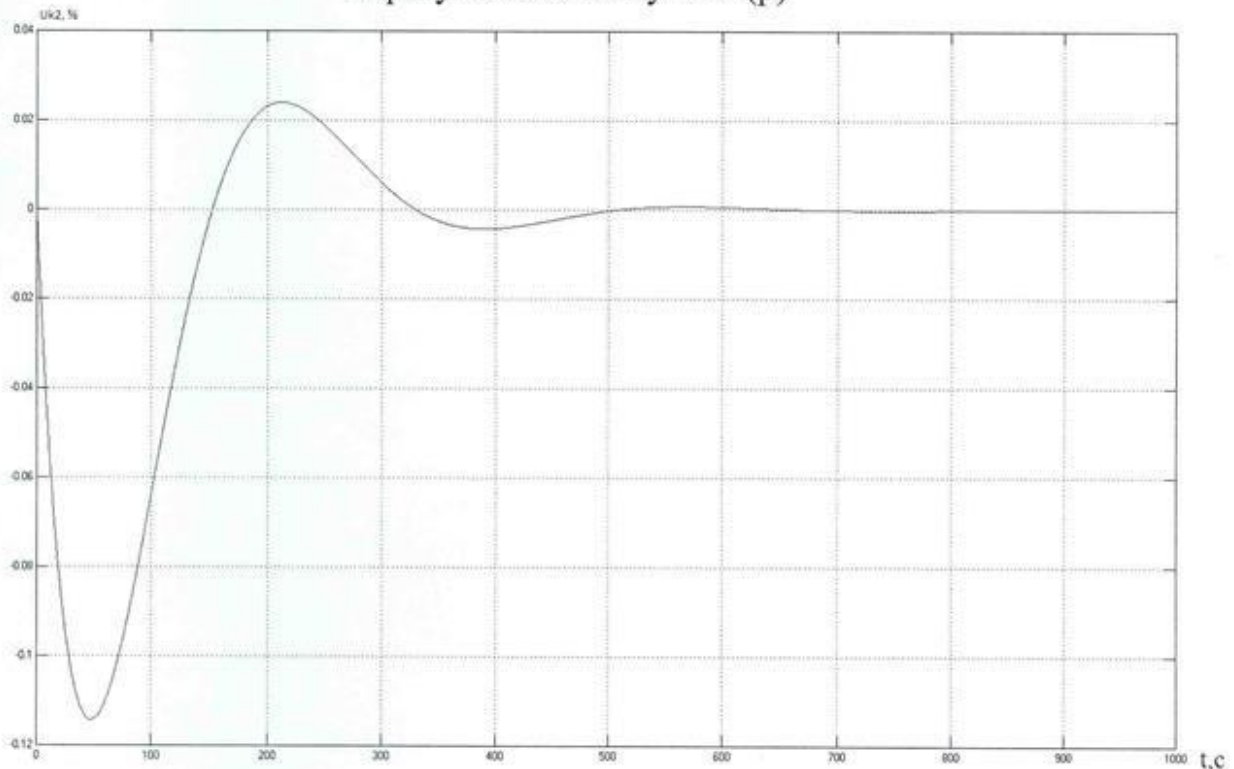


Рис. 3.5 - Перехідна характеристика корегуючого зв'язку $W_{к2}(p)$.

3.2.1 Отримана передаточна функція корегуючого зв'язку представлена в дуже в складній формі передатної функції, тому її доцільно спростити при збереженні її диференціальних властивостей. Спрощена передатна функція корегуючого зв'язку буде мати вигляд:

$$W_{к1}(p) = -0.21 \frac{534.06p^2 + 32.25p}{16318.5p^2 + 1494.8p^2 + 61p + 1} \cdot e^{-27.9p} = -0.21 \frac{32.25p}{1494.8p^2 + 61p + 1} \cdot e^{-27.9p}$$

$$W_{к2}(p) = 0.27 \frac{13160p^2 + 188p}{2160640p^3 + 40232p^2 + 308p + 1} \cdot e^{-84p} = 0.27 \frac{188p}{40232p^2 + 308p + 1} \cdot e^{-84p}$$

3.2.2 Вибір початкових наближень параметрів спрощених коригувальних зв'язків з умов близькості перехідних характеристик коригувальних зв'язків до і після їх спрощення (можливе застосування будь-яких методів як оптимізаційних, так і звичайних).

В якості початкових наближень параметрів коригуючої зв'язку приймемо наступні значення параметрів: $KK = -0,175$; $Tk1 = 38,7$; $ksi=0,79$; Для уточнення початкових наближень параметрів коригуючої зв'язку скористаємося схемою моделювання, наведеною на рис. 3.4. Результати розрахунку початкових наближень параметрів коригуючої зв'язку наведені на рис. 3.5, а результати моделювання -на рис. 3.6.

Структурна схема моделювання передаточної функції спрощеного корегуючого зв'язку $Wk1(p)$ наведена на рис. 3.6 , а її перехідна характеристика -на рис. 3.8.

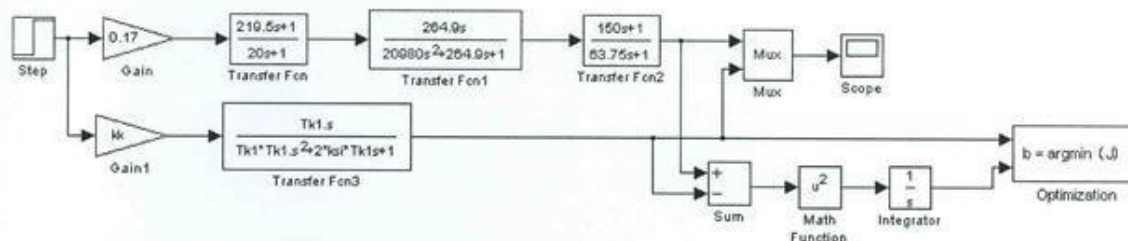
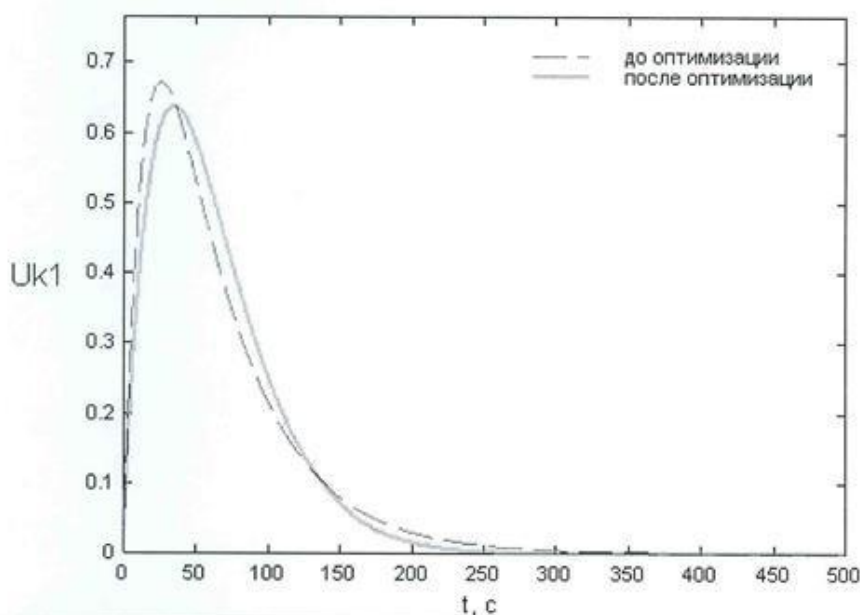


Рис. 3.6 – Схема моделювання для уточнення початкових наближень параметрів коректуючого зв'язку $Wk1(p)$



Імя переменної	Оптимальное значення	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
Tk1	33.5497	0.2	27	270	до - 0.73947
kk	1.6539	0.2	2.07551	25	после - 0.28506
ksi	0.93269	0.07	1.20394	7	оптимізації.
					Количество шагов
					процедуры оптимізації:
					максимальное - 600
					фактическое - 71

Рис. 3.7 – Результати розрахунку початкових наближень параметрів коректуючого зв'язку $Wk1(p)$

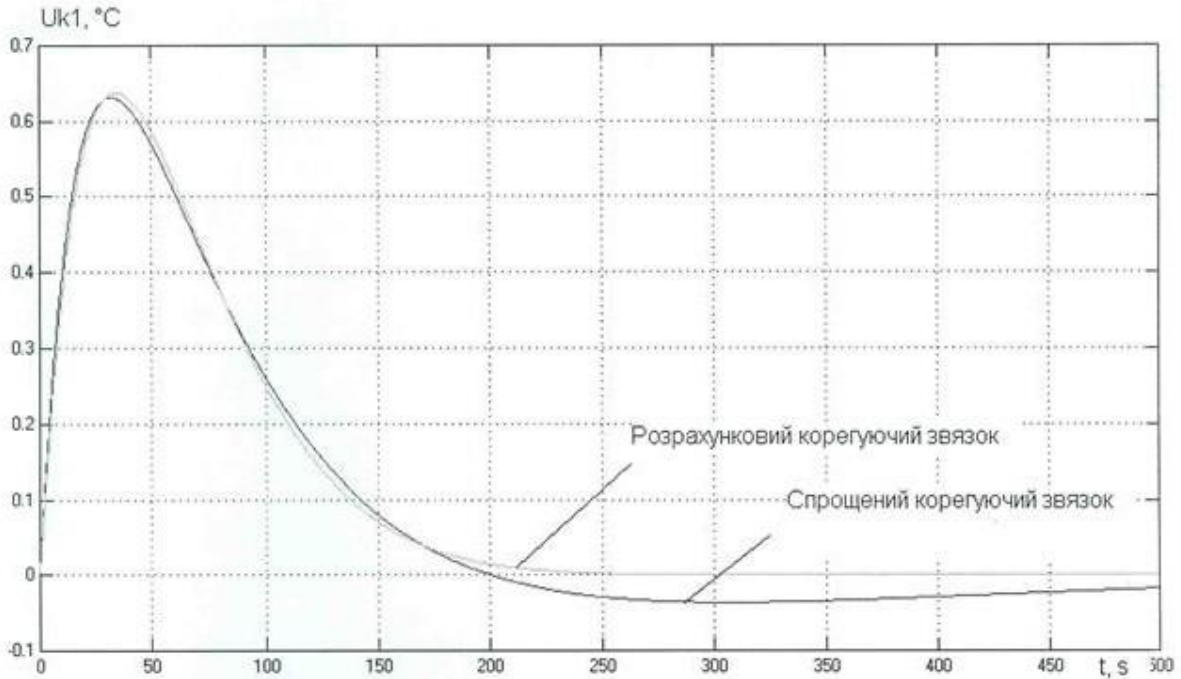


Рис. 3.8 – Перехідна характеристика розрахункового та спрощеного коректуючого зв'язку $W_{k1}(p)$.

Структурна схема моделювання передаточної функції спрощеного корегуючого зв'язку $W_{k2}(p)$ наведена на рис. 3.9, а її перехідна характеристика -на рис. 3.11.

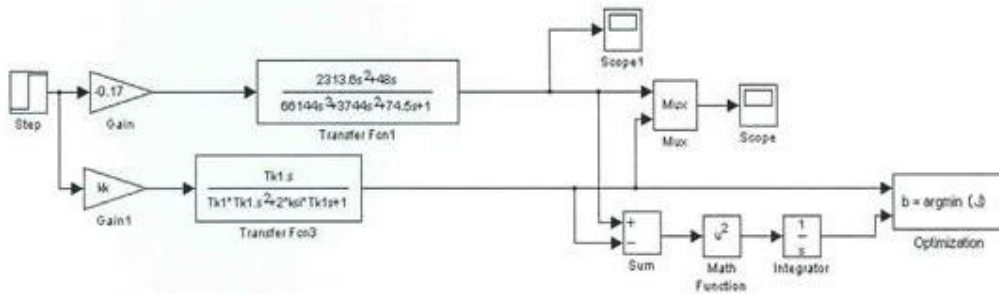
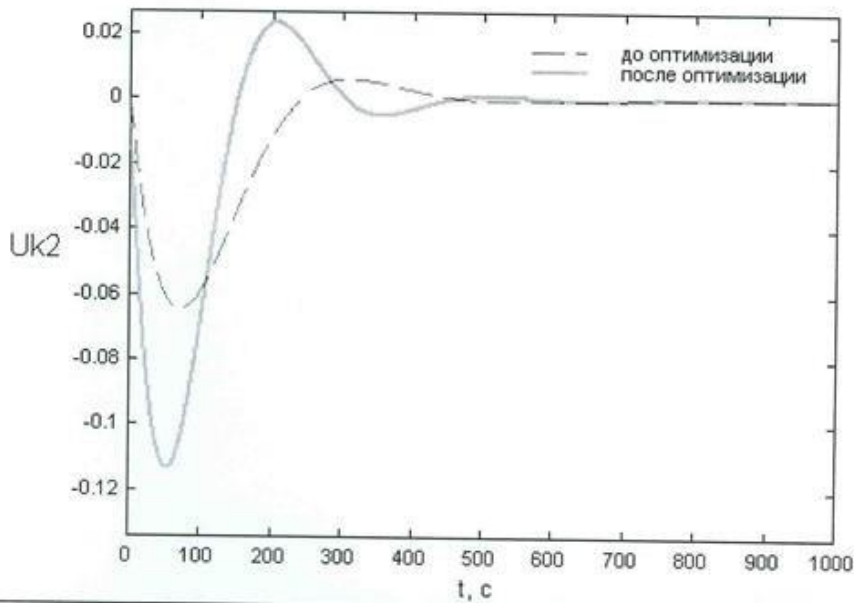


Рис. 3.9 – Схема моделювання для уточнення початкових приближень параметрів коректуючого зв'язку $W_{k2}(p)$



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
Tk1	43.2564	0.5	61.2	500	до - 0.30197
ksi	0.44785	0	0.6	10	после - 0.007454
kk	-0.19756	-5	-0.13	0	оптимизации.
					Количество шагов
					процедуры оптимизации:
					максимальное - 1000
					фактическое - 49

Рис. 3.10 – Результаты розрахунку начальных приближений параметров коректующого зв'язку $W_{k2}(p)$

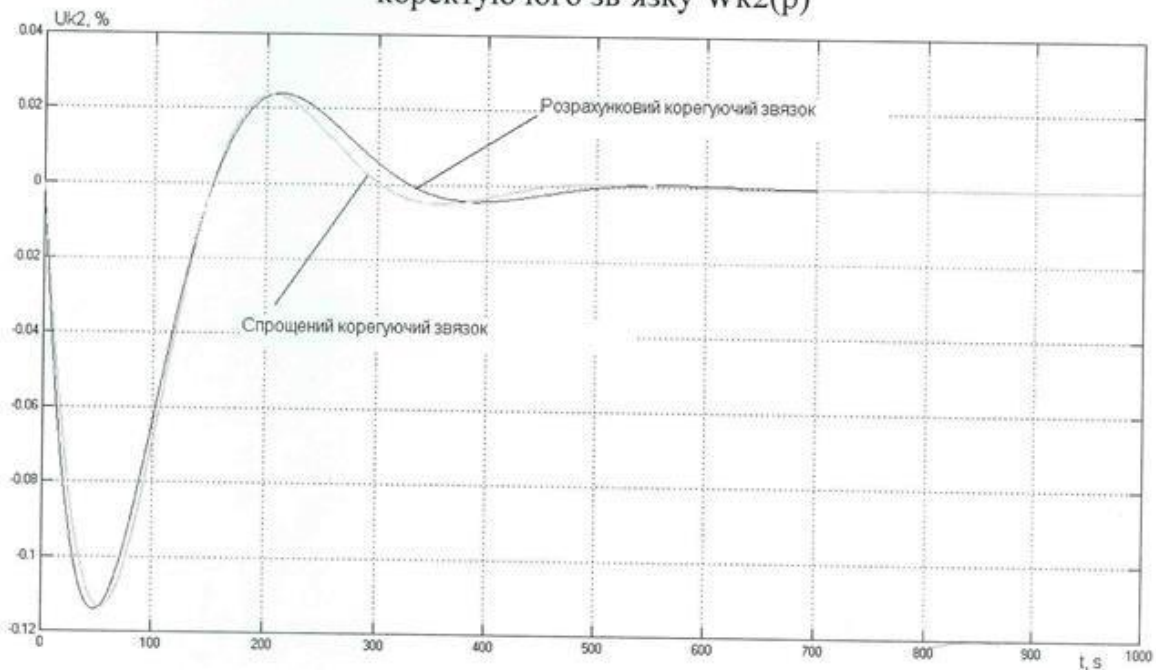


Рис. 3.11 – Перехідна характеристика розрахункового та спрощеного коректующого зв'язку $W_{k2}(p)$

3.2.3 Розробку структурної схеми та програми цифрового імітаційного моделювання та параметричний оптимальний синтез САК підвищеної динамічної точності для детермінованих(ступінчатих) вхідних впливів.

Схема моделювання САК підвищеної динамічної точності для оптимального параметричного синтезу корегуючого зв'язку приведена на рис. 3.11, а результати оптимізації - на рис. 3.12.

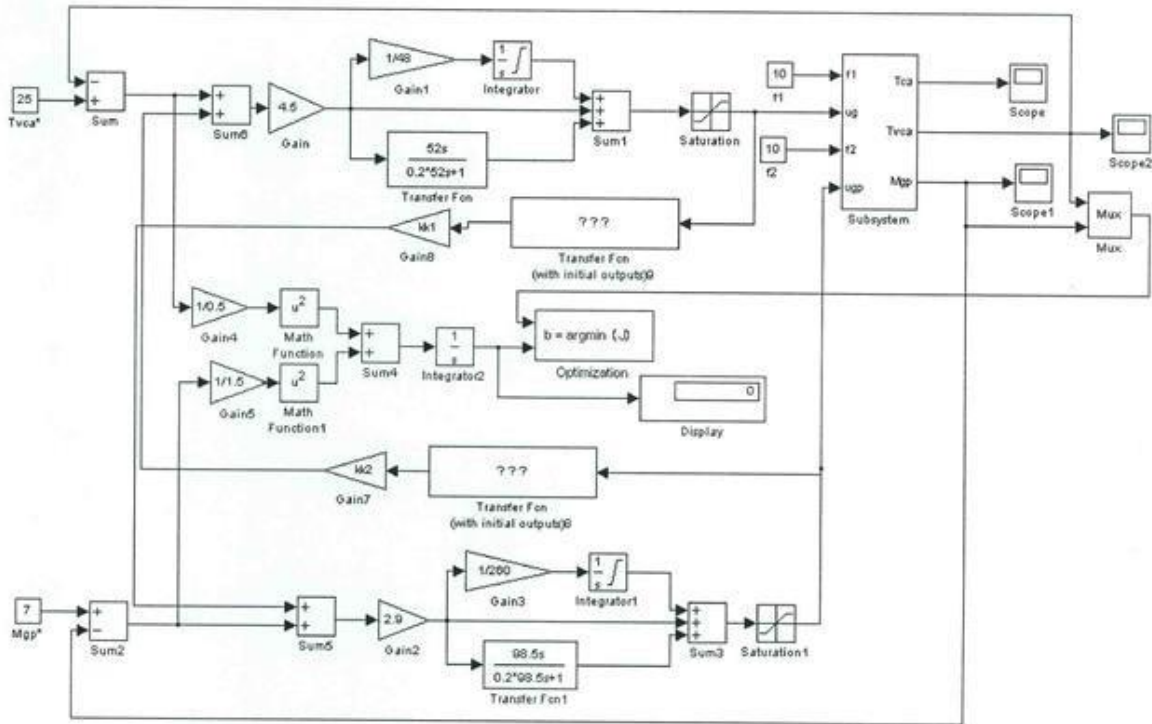
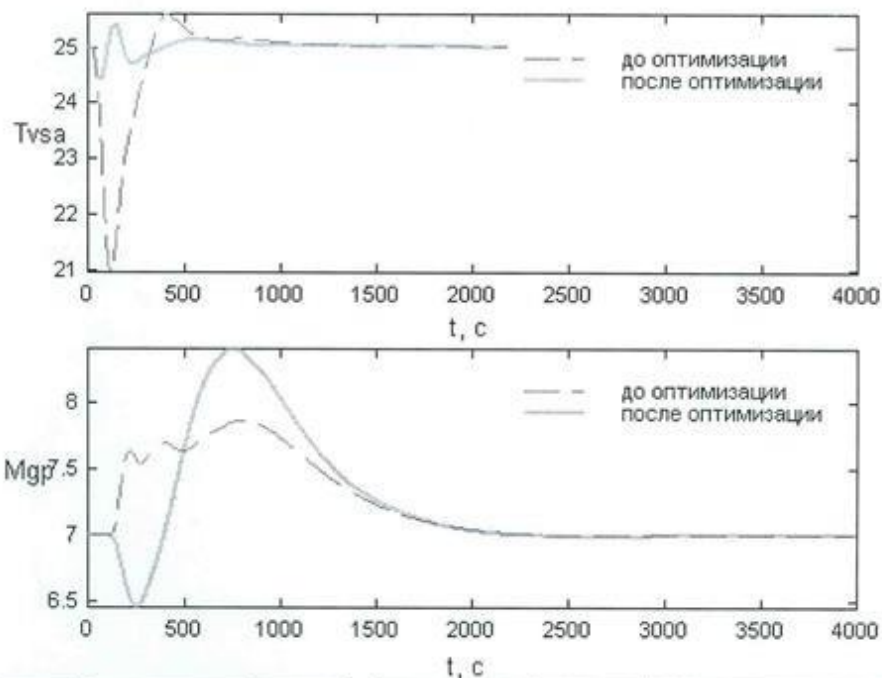


Рис. 3.12 – Схема моделювання САК підвищеної динамічної точності для оптимального параметричного синтезу корегуючого зв'язку



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
kk1	-4.5193	-10	-2.57	10	до - 3931.334
Tk1	0.21125	0.2	2.7	27	после - 479.7685
ksi1	0.71299	0.07	0.79	8	оптимизации.
kk2	-0.17415	-10	-0.13	2	Количество шагов
ksi2	1.083	0.06	0.6	6	процедуры оптимизации:
Tk2	58.6784	6	61.2	600	максимальное - 5000
					фактическое - 1273

Рис. 3.8 – Результати оптимізації параметрів коригуючого зв'язку

3.3 Аналіз грубості САР підвищеної динамічної точності до варіацій параметрів об'єкту регулювання

3.3.1 Вибір параметрів ОУ, по якій цілеспрямовано дати оцінку грубості САР значень та їх варіацій й планування машинного експерименту по оцінці грубості.

Як і в випадку з САР базової структури, САР підвищеної динамічної точності досліджуємо на грубість в умовах варіації параметрів ОУ, а саме, часу запізнення в каналах ОУ $\pm 20\%$.

3.3.2 Порівняльний аналіз перехідних процесів за критерієм оптимальності й показникам, у яких встановлені гранично-допустимі значення. Результати перевірки САР підвищеної динамічної точності на грубість в умовах варіацій параметрів ОУ приведенні на рис. 3.14. Як видно з результатів оцінки САР на грубість, в умовах варіацій параметрів ОУ САР дає східні перехідні процеси, а значить, САР є грубою.

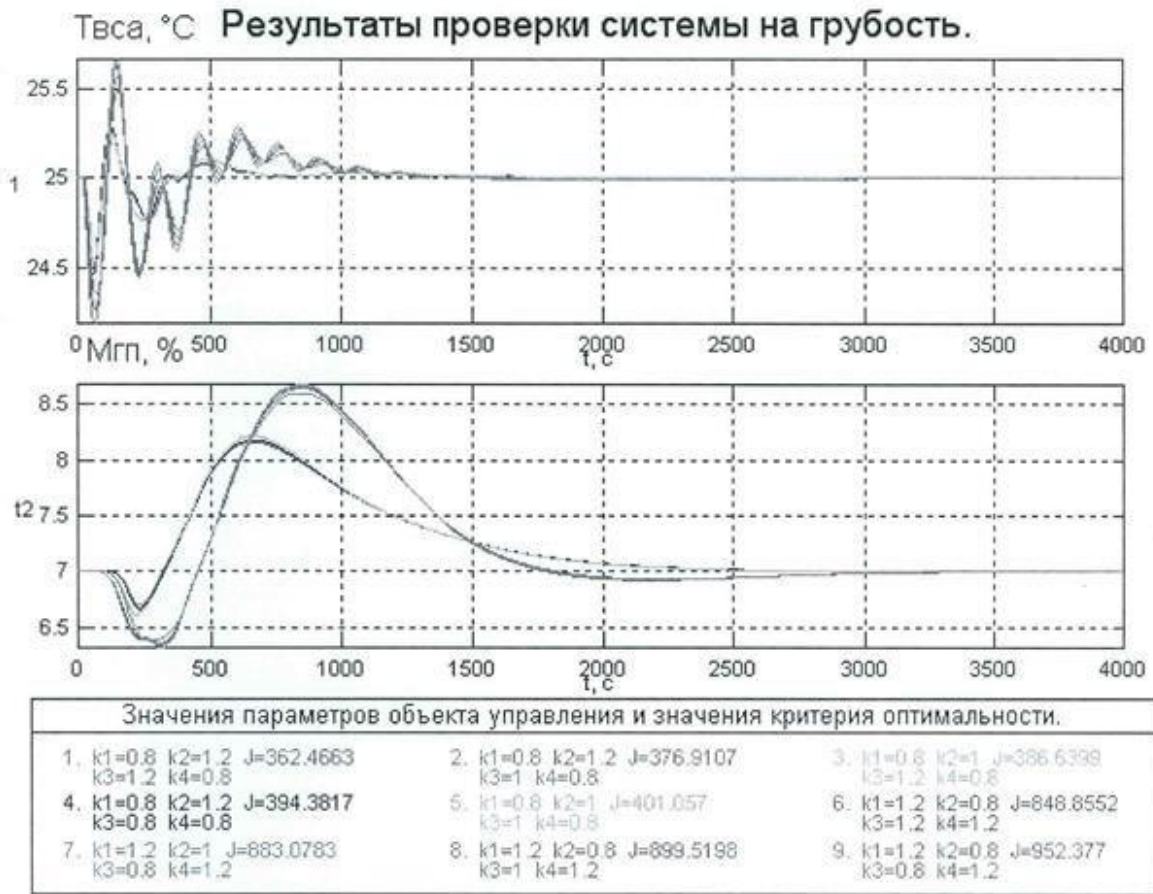


Рис. 3.14 – Аналіз САР підвищеної динамічної точності на грубість в умовах варіацій параметрів ОУ

3.3.3 Вибір з розглянутих комбінацій параметрів ОУ найбільш «несприятливих» і «сприятливих» для управління.

Як видно з результатів оцінки САР на грубість, найбільш "сприятливим" для управління є номінальне час запізнювання по каналу керування, і запізнювання, менше на 20% відносно контрольованого обурення по каналу контрольованого обурення. Найбільш "несприятливих" для управління є поєднання параметрів ОУ, відповідне час запізнювання по обох каналах, на 20% більшим їх номінальних значень.

Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності для порівняння варіантів з номінальними параметрами, а також з параметрами ОУ "сприятливими" і "несприятливими" для управління наведена на рис. 3.10. Результати порівняння варіантів САР наведено на рис. 3.15 і зведені в таблицю 3.1.

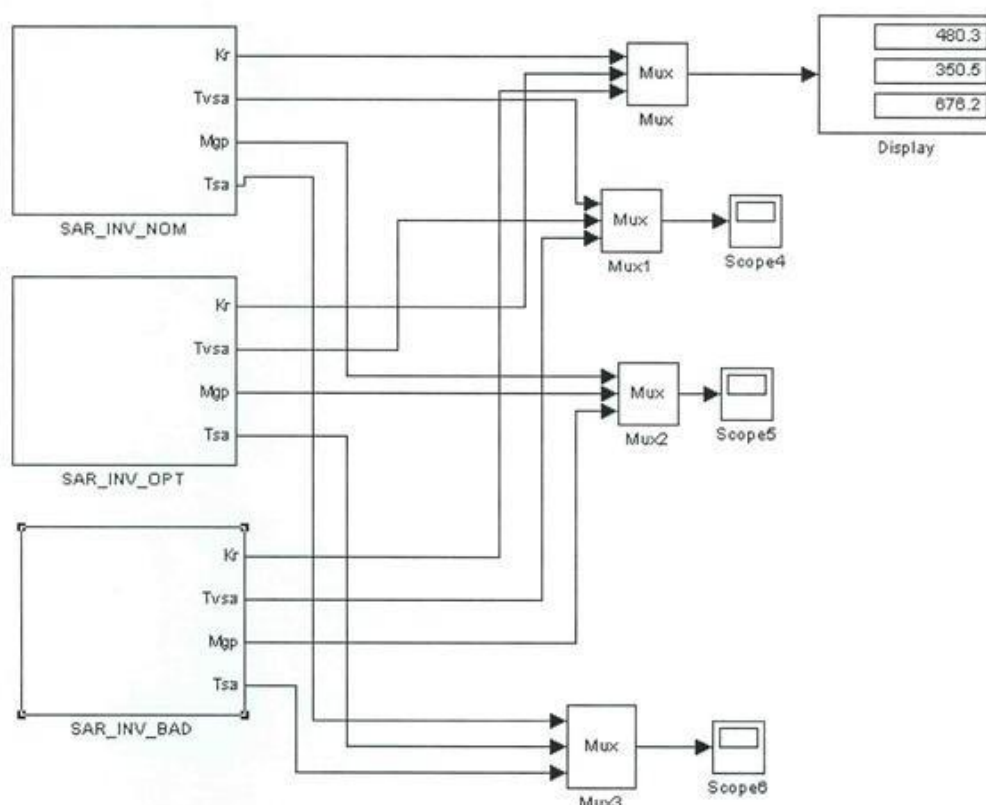


Рис. 3.15 – Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності для порівняння варіантів з номінальними, "сприятливими" і "несприятливими" для управління параметрами ОУ

Таблиця 3.1 – Результати порівняння варіантів САР підвищеної динамічної точності

Параметри ОУ	Прямі показники якості				Критерій
	ΔT_{vsa} МАКС	ΔM_{gp} МАКС	T_{vsa} $T_{пп}$, °C	M_{gp} $T_{пп}$, °C	
Номінальні	0,4	1,3	1700	2700	480
"Найкращі"	0,5	1,1	1500	2500	350
"Найгірші"	0,3	1,7	2000	3000	676

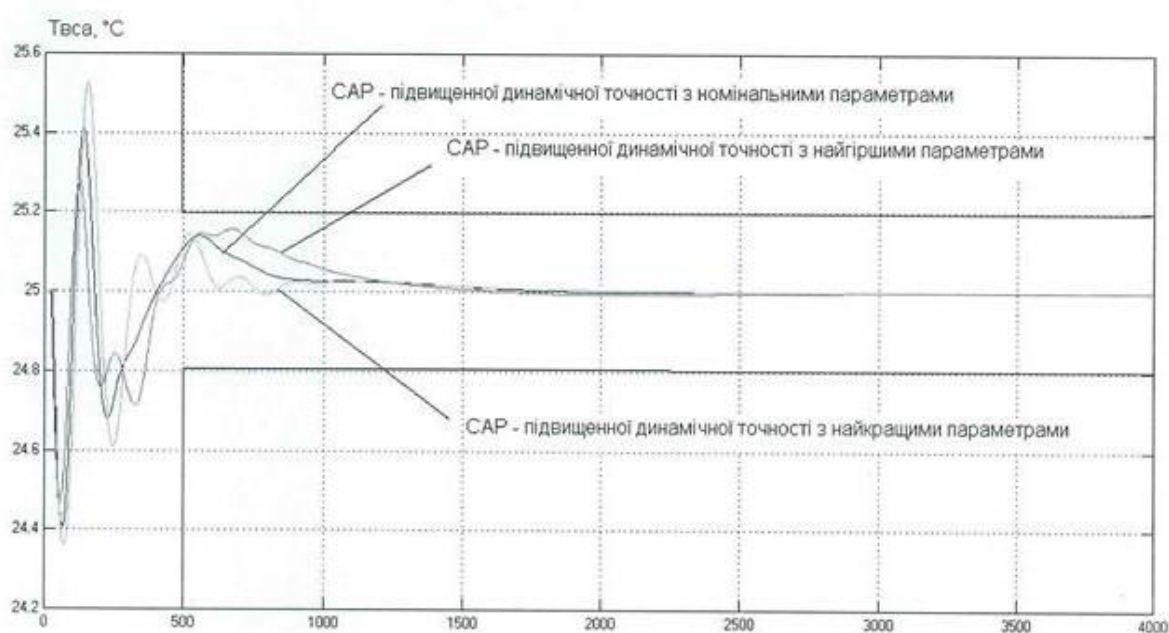


Рис. 3.16 – Результати порівняння варіантів САР підвищеної динамічної точності для каналу температури ввідпрацьованого сушильного агенту

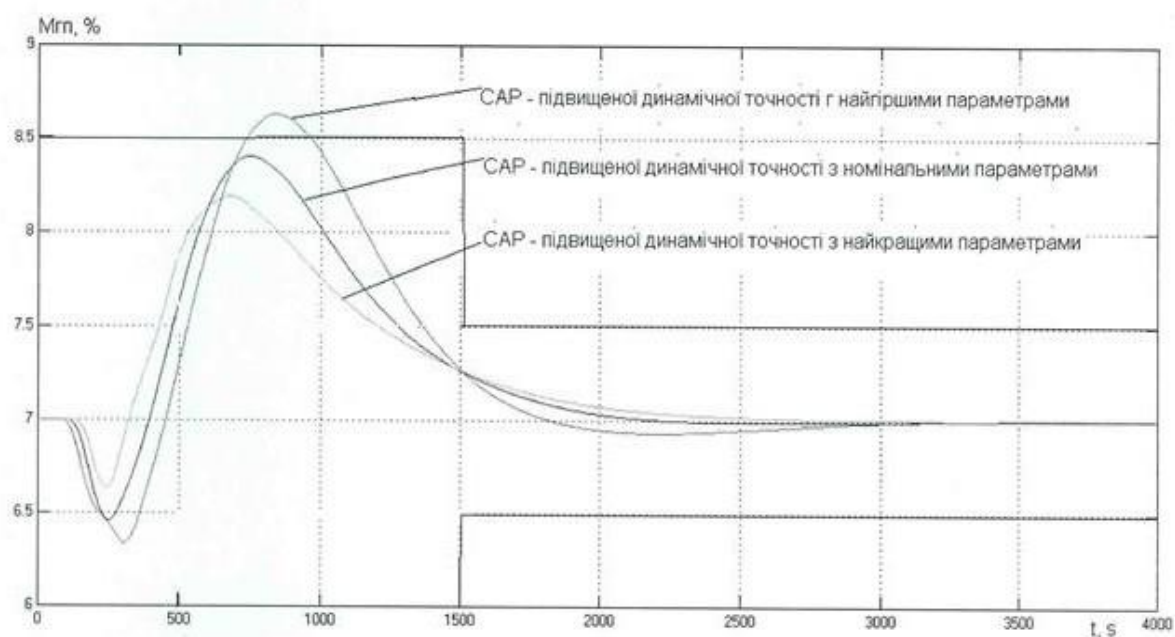


Рис. 3.17 – Результати порівняння варіантів САР підвищеної динамічної точності для каналу вмісту вологи

Як бачимо з результатів аналізу САР на grubіть, САР підвищеної динамічної точності являється грубою тому що при любых поєднаннях параметрів ОУ дає східні перехідні процеси, які, до того ж, не виходять за рамки незначних відхилень.

3.4 Аналіз сталих процесів в САР при стохастичних вхідних діях

3.4.1 Оцінка получения статично стійких результатів.

Для оцінки САР на грубість в сталому режимі будемо використовувати схему моделювання, приведену на рис. 3.13. Результати моделювання приведені на рис. 3.14,3.15 і в таблиці 3.2.

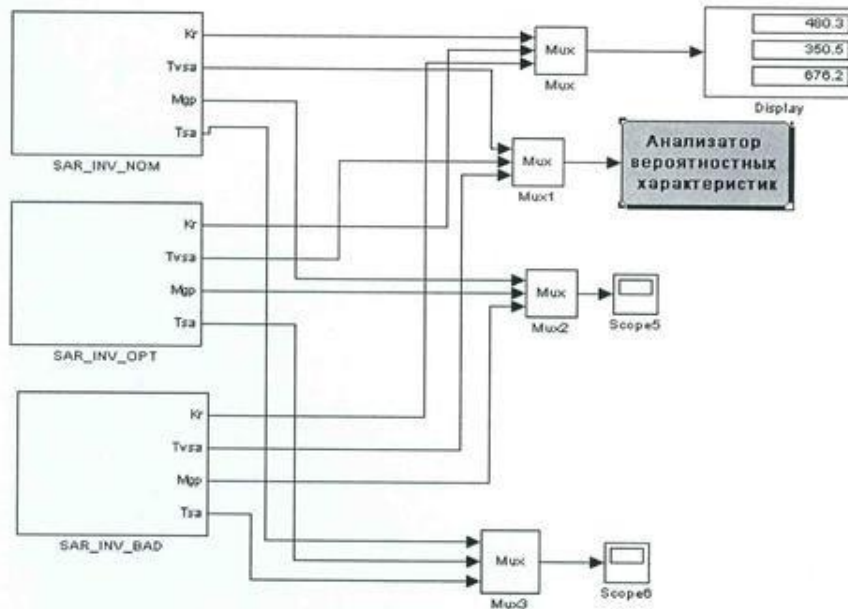


Рис. 3.18 – Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності для оцінки на грубість в сталих режим



Рис. 3.19 - Результаты оцінки САР підвищеної динамічної точності на грубість в сталих режимах для каналу температури відпрацьованого сушильного агента

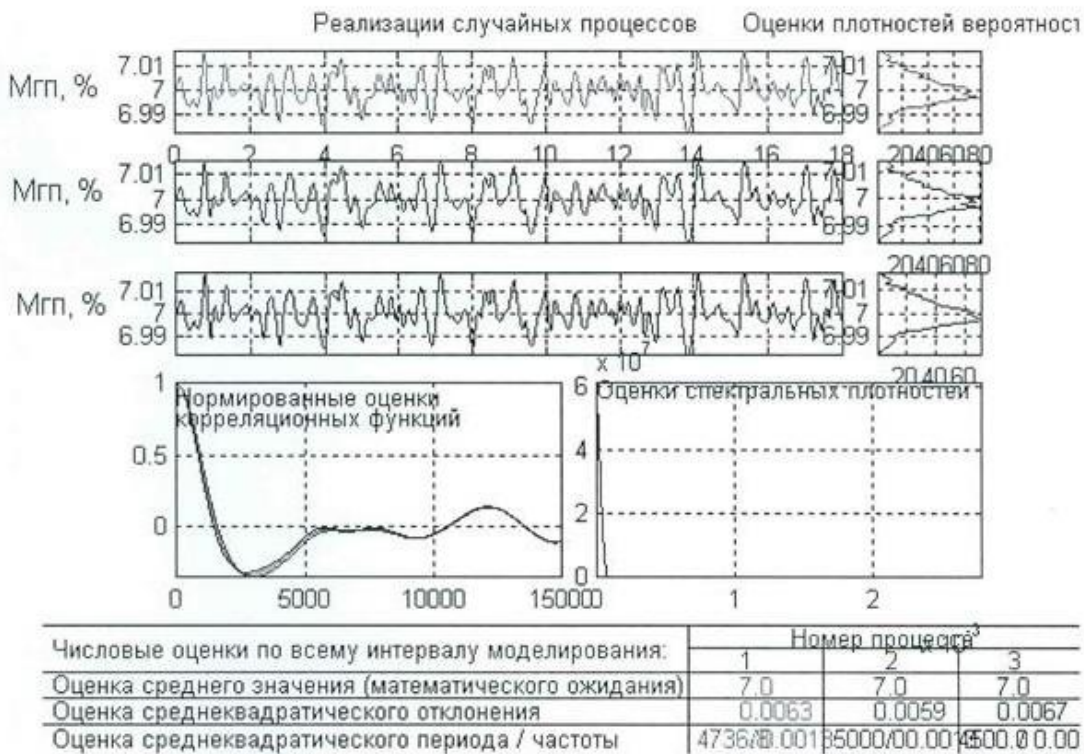


Рис. 3.20 - Результати оцінки САР підвищеної динамічної точності на грубість в сталих режимах для каналу вмісту вологи

Таблиця 3.2 – Результати порівняння варіантів САР підвищеної динамічної точності на грубість в сталих режимах

Показники якості	Значення параметрів ОУ					
	номінальні		найкращі		найгірші	
	Твса, °С	Мгп, %	Твса, °С	Мгп, %	Твса, °С	Мгп, %
Математичне очікування	25	7,2	25	7,2	25	7,2
Середньоквадратичне відхилення	0,9	0.44	1	0.37	0.87	0.54
Середньоквадратичний період	2000	4736	1000	5000	2000	5000
Інтегральний критерій	480		350		680	

3.5 Порівняльний аналіз САР найпростішої структури й підвищеної динамічної точності (с корегуючими зв'язками)

3.5.1 Порівняльний аналіз перехідних процесів в параметрично оптимальних САР за величинами критеріїв и показників, на які встановлені гранично допустимі значення.

Для порівняння якості роботи САР з ПІД-регулятором та підвищеної динамічної точності розроблена структурна схема моделювання приведена на рис. 3.21. Результати порівняння приведені на рис. 3.22,3.23 і в таблиці 3.3.

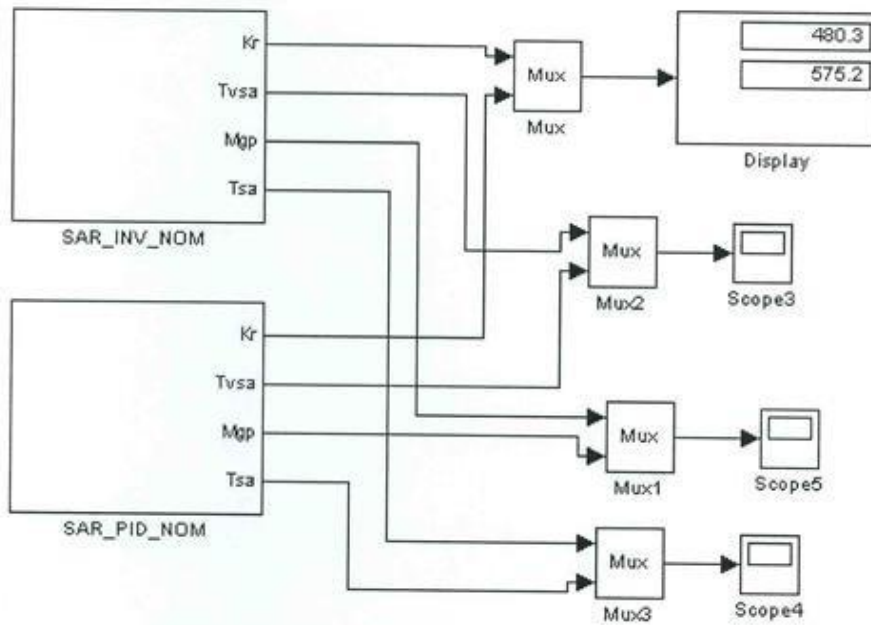


Рис. 3.21 – Структурна схема моделювання для порівняння САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності в перехідних режимах

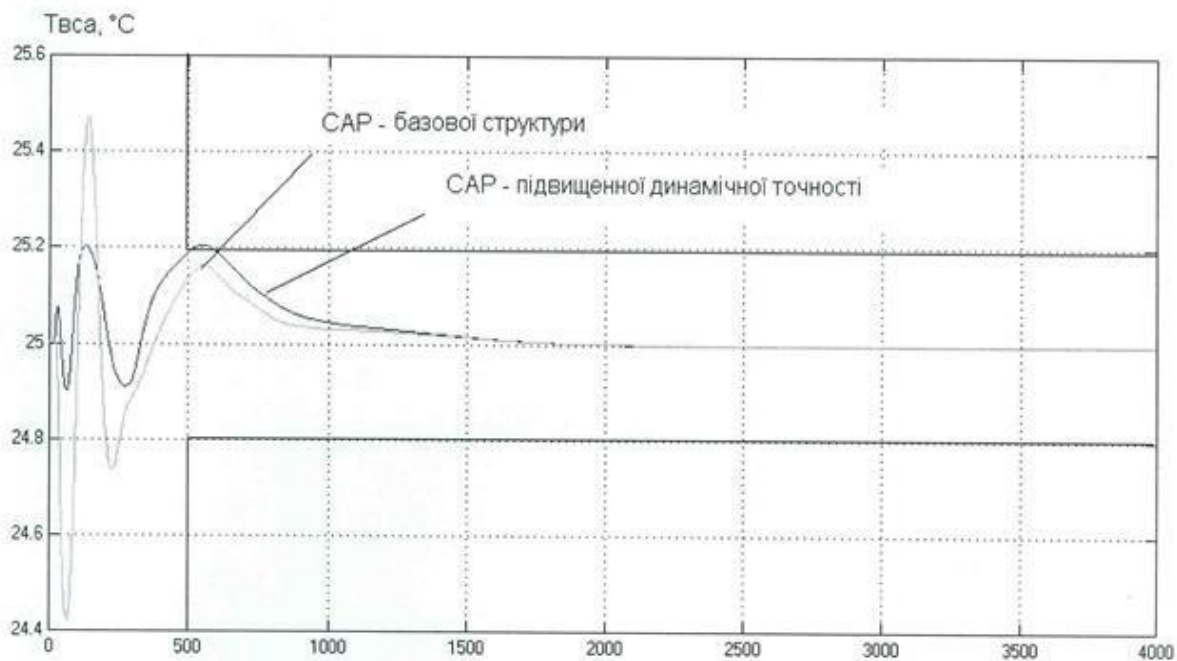


Рис. 3.22 – Перехідні процеси САР з ПІД-регулятором та САР підвищеної динамічної точності для каналу температури відпрацьованого сушильного агенту

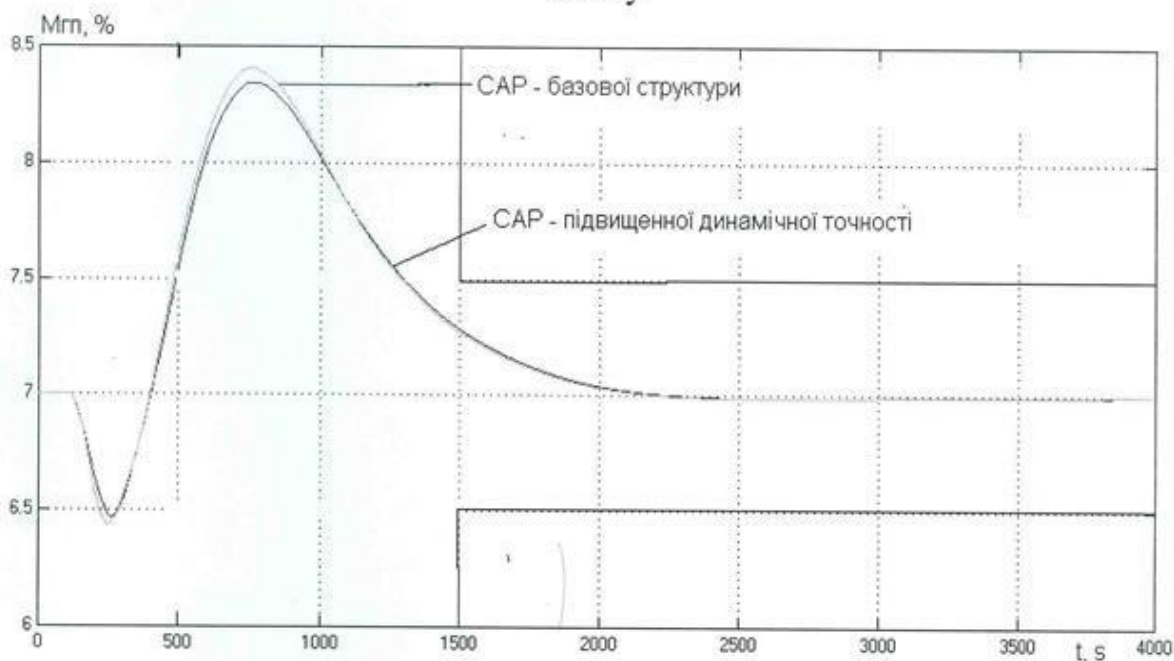


Рис. 3.23 – Перехідні процеси САР з ПІД-регулятором та САР підвищеної динамічної точності для каналу вмісту вологи

3.6 Висновки за розділом

САР підвищеної динамічної точності не задовольняє гранично припустимим вимогам за відотною вологістю, та задовольняє – за температурою.

Після підвищення динамічної точності САР інтегральний критерій зменшився на 1,4%, максимальні динамічні відхилення не змінилися і лише суттєво зменшився час перехідного процесу за відотною вологістю сушильного агенту

САР підвищеної динамічної точності є негрубою відотною вологістю та грубою за температурою.

Оскільки для САР підвищення динамічної точності дає покращення інтегрального показника якості регулювання та суттєве зменшення часу перехідного процесу за відотною вологістю у порівнянні з САР базової структури, тому САР підвищеної динамічної точності використовувати доцільно.

РОЗДІЛ 4 КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ І РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

Як вихідні дані розглянемо такі характеристики обладнання :

Електродвигун вентилятора М1 - керується дискретним сигналом, вентилятор подає повітря до першої зони сушарної камери, електродвигун вентилятора М2- керується дискретним сигналом, вентилятор подає повітря до другої зони сушарної камери, електродвигун вентилятора М3 - керується дискретним сигналом, вентилятор подає повітря до охолоджувальної камери, електродвигун вентилятора М4 - керується дискретним сигналом, повітря з нього подається на запальний пристрій, електродвигун М5 - керується дискретним сигналом, з випускного пристрою, виходить сухе зерно.

Для перевірки умов необхідних для пуску необхідно перевірити наявність тиску сушильного агенту , наявність тиску зовнішнього повітря, наявність тиску топкових газів. Для забезпечення передпускової - звукової сигналізації, необхідно увімкнути її, витримати деякий час та вимкнути. Для забезпечення подачі сушильного агенту, у систему підготовки повітря, необхідно увімкнути вентилятор В1, після того як двигун М1 буде увімкнений необхідно увімкнути вентилятори В2 та В3, потім необхідно увімкнути контур регулювання температури в приміщенні . На основі наведеного вище опису роботи процесу формалізуємо у вигляді блок-схеми регламент функціонування установки у режимах пуску та технологічної зупинки, та складемо відповідні алгоритми керування. Блок-схема регламенту на пуск процесу сушіння вказано рис 2.

Для зупинки процесу сушіння необхідно вимкнути вентилятор В1, після цього вимкнути контур регулювання температурою в приміщенні, витримати час, після цього вимкнути вентилятор В2, витримати час та вимкнути вентилятор М3. Блок-схема регламенту на зупинку процесу сушіння вказано рис 4.

Для аварійної зупинки процесу сушіння необхідно вимкнути контур регулювання температури в приміщенні, закрити клапани подачі повітря і газу, вимкнути вентилятори В1, В2, В3. Блок-схема регламенту на аварійну зупинку процесу сушіння зерна вказано рис 3.

4.3. Розробка алгоритмів автоматичного логічного керування за пуском, зупинкою та аварійною зупинкою (циклом роботи) технологічного агрегату

На рис. 5, 6 наведено блок-схеми алгоритмів керування пуском та зупинкою системи сушіння, що розроблені згідно до регламентів функціонування, та деталізують послідовність видачі керуючих дій.



Рис. 4.1 – Блок-схема регламента на пуск

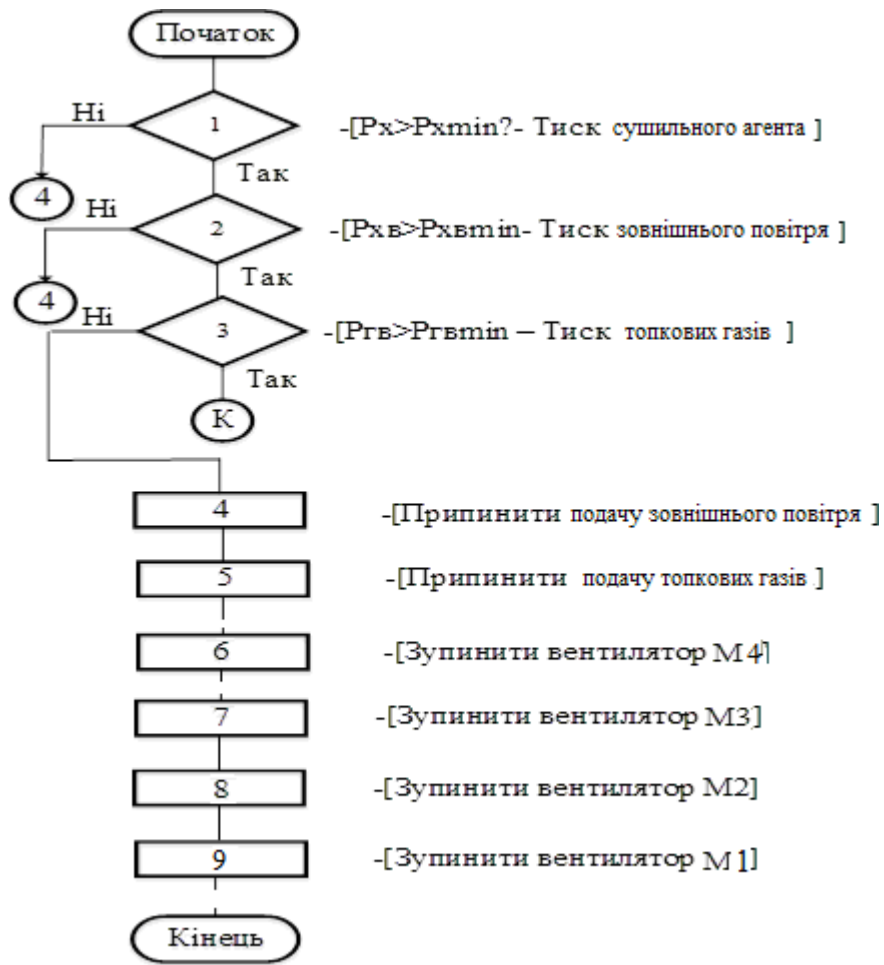


Рис. 4.2 – Блок-схема регламента на аварійну зупинку

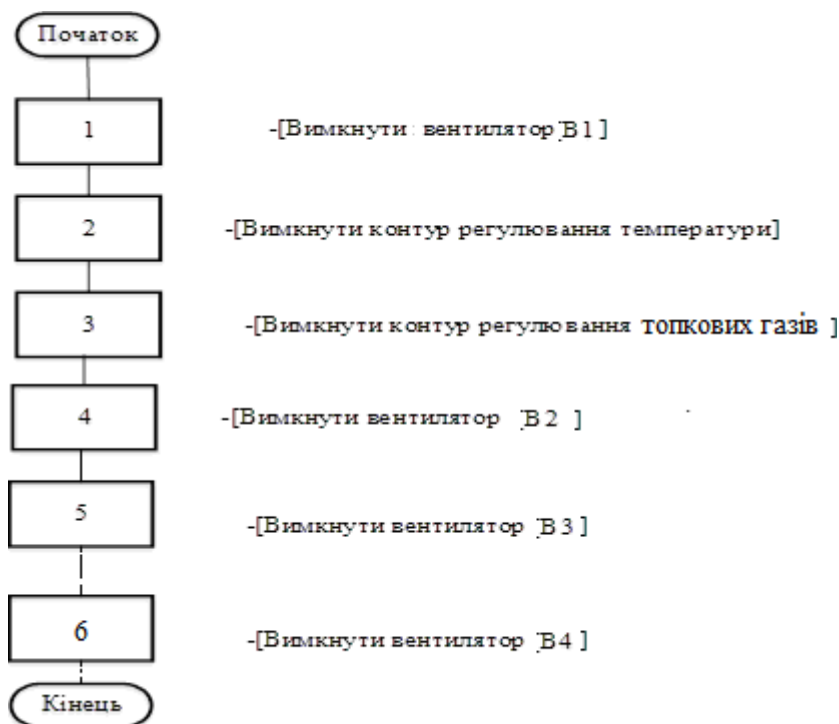


Рис. 4.3 – Блок-схема регламента на зупинку

Для перевірки умов необхідних для пуску необхідно перевірити наявність тиску в контурі подачі сушильного агента , в контурі подачі топкових газів . Для забезпечення передпускової звукової сигналізації необхідно увімкнути її, витримати деякий час та вимкнути. Після цього запустити двигун вентилятора М1, далі витримати час 5 секунд та запустити двигун вентилятора М2, потім знову витримати час 5 секунд та запустити двигун вентилятора М3. Потім потрібно відкрити засувки подачі сушильного агента ,далі витримати 5 секунд та запустити двигун вентилятора М4. Потім потрібно відкрити засувку подачі газу РК2 Блок-схема алгоритму керування за штатним пуском процесу наведена на рис.5.

Для зупинки процесу сушіння зерна необхідно вимкнути контур регулювання температури, після цього необхідно вимкнути вентилятор М1, потім витримати час 5 секунд, після цього необхідно вимкнути вентилятор М2, потім витримати час 5

секунд, після цього необхідно вимкнути вентилятор М3, витримати час 5 секунд і вимкнути вентилятор М4. Блок-схема алгоритму керування за штатним зупинкою наведена на рис.6.

У разі коли установка сушіння працює у нормальному режимі та при цьому стає відсутній один з сигналів – тиск сушильного агенту , тиск зовнішнього повітря, тиск топкових газів, система переходить в режим аварійної зупинки. Аварійна зупинка камери здійснюється наступним чином - вимикаємо контур керування температури, вимикаємо вентилятор М1, вимикаємо вентилятор М2, вимикаємо вентилятор М3, вимикаємо вентилятор М4. Алгоритм зупинки вказаний у блок-схемі рисунку 4.7.

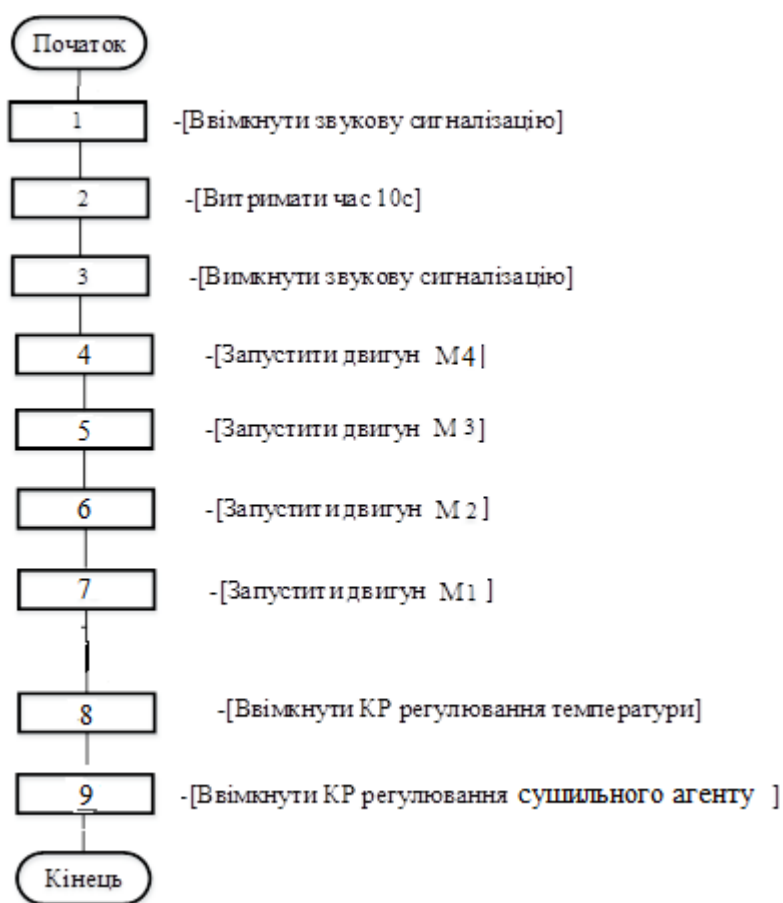


Рис. 4.4 –Блок-схема алгоритма автоматичного управління пуском

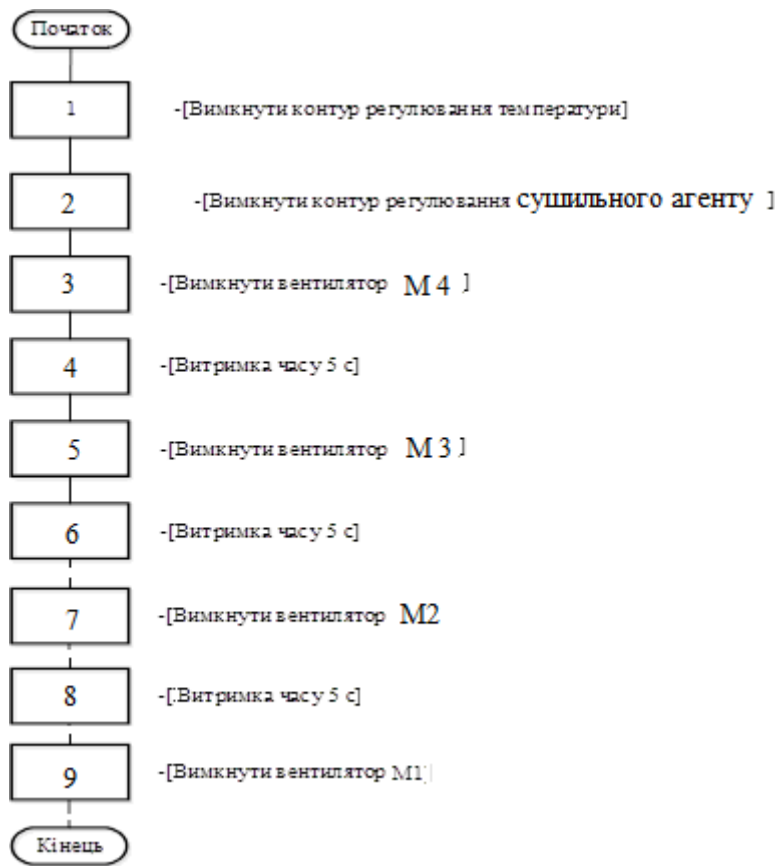


Рис. 4.5 - Блок - схема автоматичного управління зупинкою

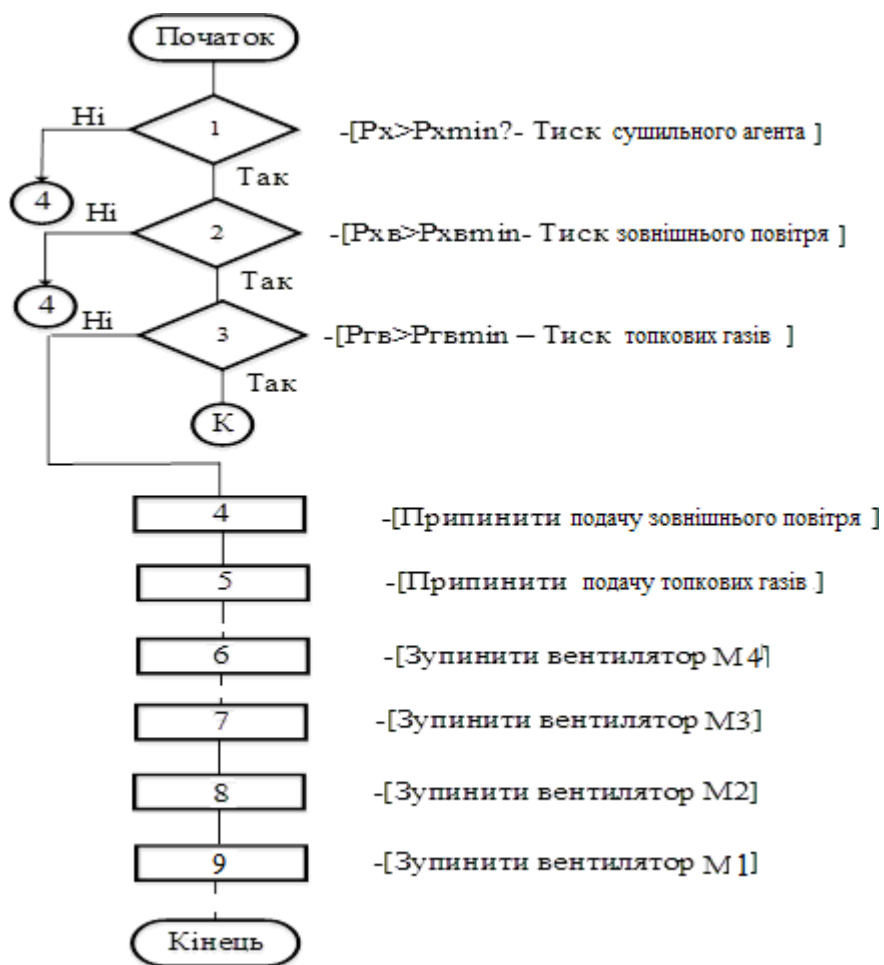


Рис. 4.6 – Блок-схема регламента автоматичного управління аварійною зупинкою

4.4 .Розробка функціонально логічної схеми (ФЛС) керування процесом сушінням зерна кукурудзи

Для розробки цієї схеми необхідні алгоритм автоматичного управління пуском апарату і його зупином.

Формування умов необхідних для запуску здійснюється елементом 9 по сигналам від датчика тиску сушильного агенту 1, датчика зовнішнього повітря 2, датчика тиску топкових газів 3 та кнопки пуск 4, які поступають в схему через ДЦП 5-8 Підхоплення сигналу пуск виконує RS-тригер 10. Після появи логічної 1 на виході RS вмикається передпускова сигналізація звукова (ППЗС). Витримку часу забезпечує таймер 11. Формує сигнал ППЗС елемент 12 через ЦДП 13. По завершенні ППЗС від таймера 11 починає свою роботу установка. Вмикається RS – тригер 19 котрий формує та подає сигнал запускає двигун М1. Після появи логічної 1 на виході RS тригера 19 сигнал потрапляє на таймер 21, після витримки часу сигнал потрапляє на тригер 23 котрий формує та подає сигнал запускає двигун М2. Після появи логічної 1 на виході RS тригера 23 сигнал потрапляє на таймер 25, після витримки часу сигнал потрапляє на тригер 27 котрий формує та подає сигнал запускає двигун М3. Після появи логічної 1 на виході RS тригера 27 сигнал потрапляє на таймер 29, після витримки часу сигнал потрапляє на тригер 31 котрий формує та подає сигнал запускає двигун. Після появи логічної 1 на виході RS тригера 33 сигнал потрапляє на тригер 35 який відкриває засувку . При досягненні заданої температури орган 36 подає сигнал перемикання елемент 34 після чого вмикається контур регулювання вологості. Після цього вмикається RS – тригер 37 котрий формує та подає сигнал на відкриття клапана засувки . При досягненні заданої температури нуль орган 42 подає сигнал перемикання елемент 44 після чого вмикається контур регулювання температури.

Сигнал з елемента 15 потрапляє на ДЦП 16, тригер 17. Сигнал йде на ресет тригера 29 та 37 тим самим вмикає КР регулювання температури тим самим закриває КР1

та КР2 .Також сигнал потрапляє на таймер 18, і через 5 секунд потрапляє на ресет тригера 19 тим самим вмикає вентилятор М1 , сигнал після спрацювання потрапляє на таймер 22, через 5 секунд сигнал потрапляє на ресет тригера 23, тим самим вмикає вентилятор М2,сигнал після спрацювання потрапляє на таймер 26, через 5 секунд сигнал потрапляє на ресет тригера 27, тим самим вмикає вентилятор М3,сигнал після спрацювання потрапляє на таймер 29,через 5 секунд сигнал потрапляє на ресет тригера 30,тим самим вмикає вентилятор М4 Після цього сигнал потрапляє на ресет тригера 17 тим самим скидає його.

4.5 Розробка функціонально логічної схеми керування технологічним процесом

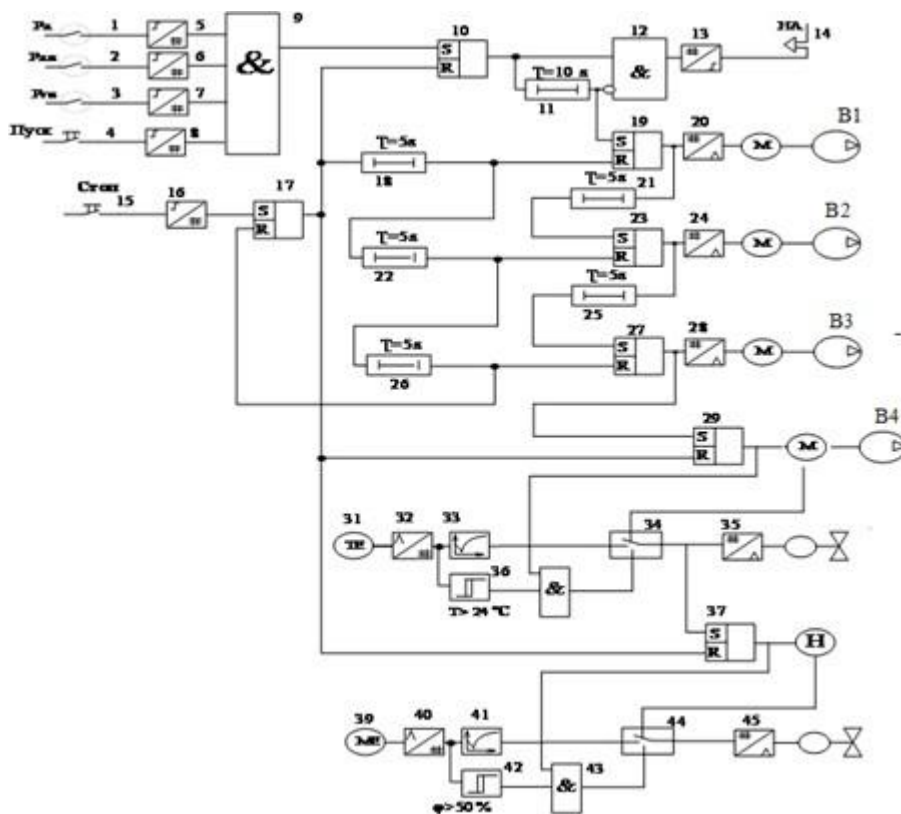


Рис. 4.7- Функціонально-логічна схема управління процесом

4.6 Розробка моделі системи логічного управління ТО засобами середовища MatLab/Simulink

Моделювання роботи САК здійснюється в середовищі MATLAB, використані характеристики ОК та параметри налаштування регуляторів повинні бути

ідентичними здобутим у попередніх КП (курс «ТАК»). На рис. 4.9 наведена схема моделювання роботи САК, реалізована в MATLAB

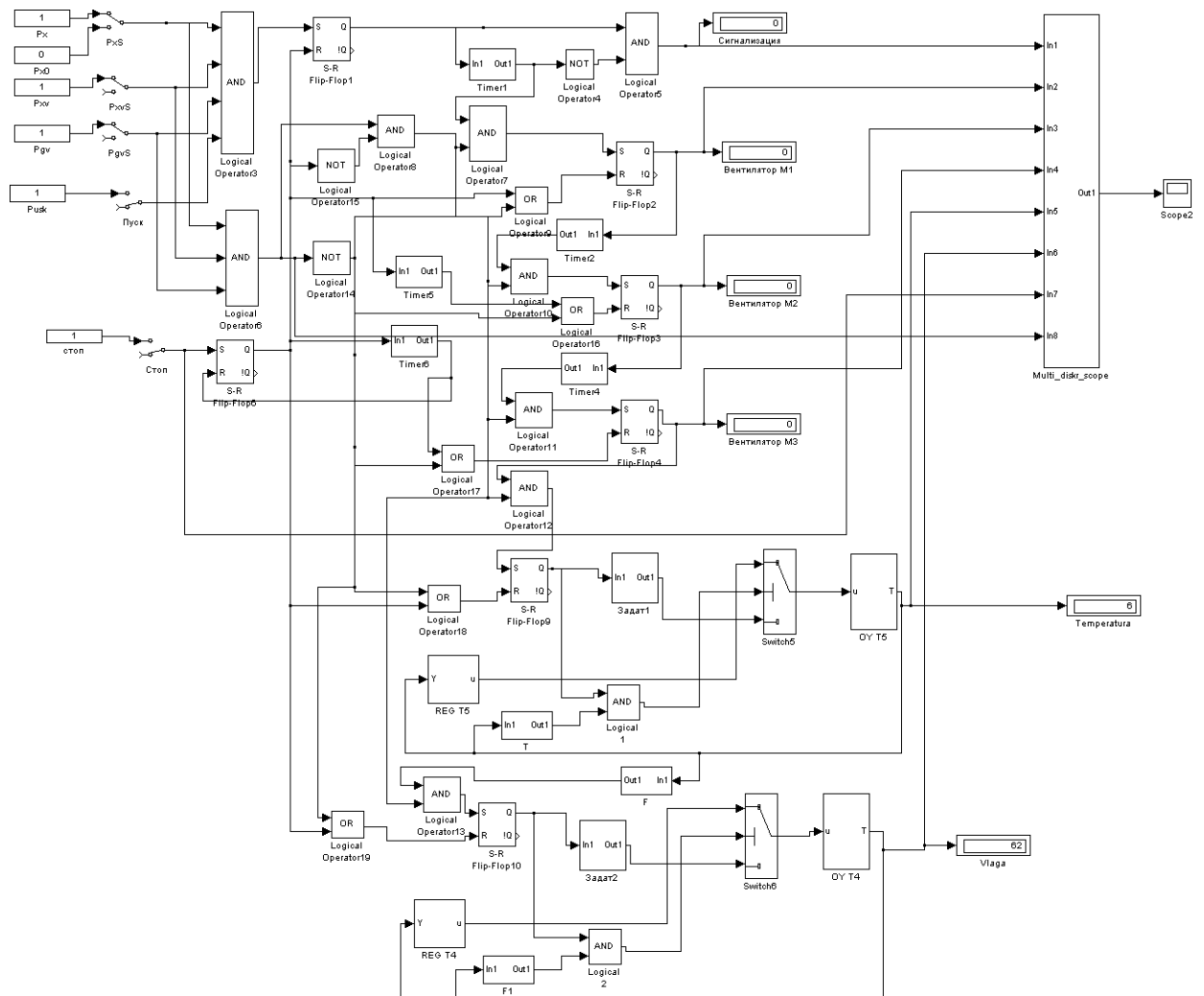


Рис. 4.8 – Схема моделювання роботи алгоритму запуску, технологічної та аварійної зупинки процесу сушіння зерна, яка реалізована в MATLAB

Дана схема відображає роботу технологічного апарату реалізовану в середовищі MatLab. Блоком «Pх», «Pхv», «Pgv», моделюємо сигнал від датчиків тиску. При натисканні на кнопку пуск логічний елемент «I» формує на виході сигнал «1», яка вмикає тригер 1, сигнал з тригера подається на таймер1 який вмикає ЗС. Далі сигнал з таймера приходиться на тригер 2 який вмикає двигун вентилятора М1. Далі сигнал з

тригера 2 приходять на таймер 2, з таймера сигнал приходять на тригер 3 який вмикає двигун вентилятора М2. Далі сигнал з тригера 3 приходять на таймер 4, з таймера сигнал приходять на тригер 4 який вмикає двигун вентилятора М3. Далі сигнал з тригера 4 приходять на таймер 5, з таймера сигнал приходять на тригер 5 який вмикає двигун вентилятора М4. Сигнал з тригера 5 потрапляє на тригер 9, тригер 9 відкриває клапан подачі сушильного агенту. Після того як температура досягла заданої, датчик перемикається в положення 2 і вмикає КР температури. Після цього сигнал від включення КР температури надходить на тригер 10, після цього сигнал з тригера 10 надходить на датчик який відкриває засувку подачі зовнішнього повітря, після того як температура досягла заданого значення, датчик перемикається в положення 2, тим самим включаючи КР температури. При натисканні кнопки «Стоп» сигнал надходить на тригер 6, вмикає тригер. Сигнал з тригера 6 надходить на ресет тригера 9,10, тим самим скидаючи його і вимикається КР регулювання температури. Сигнал з тригера 6 надходить на ресет тригера 2 тим самим вмикає Вентилятор М1. Також сигнал з тригера 6 через таймер 2 надходить на ресет тригера 3, тим самим скидаючи його і вмикає Вентилятор М2. Сигнал з тригера 6 через таймер надходить на ресет тригера 4 тим самим вмикає Вентилятор М3. Сигнал з тригера 6 надходить на ресет тригера 5 тим самим вмикає Вентилятор М4.

4.7 Результати моделювання роботи САК/СЛК

На рис. 4.9 наведені часові графіки змінних (Діаграма роботи системи керування), що відображають реальну послідовність керування пристроями установки сушіння (вентилятора, засувки).

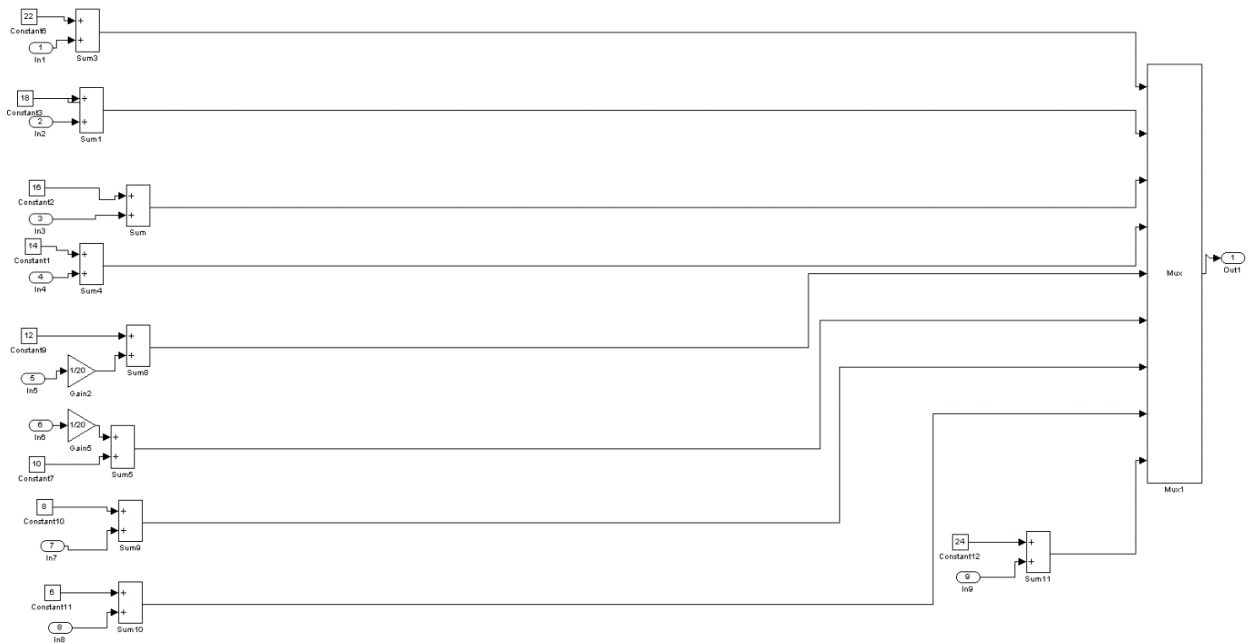


Рис. 4.9 – Схема моделювання роботи блоку MUX_dr_score 1, що реалізована в MATLAB

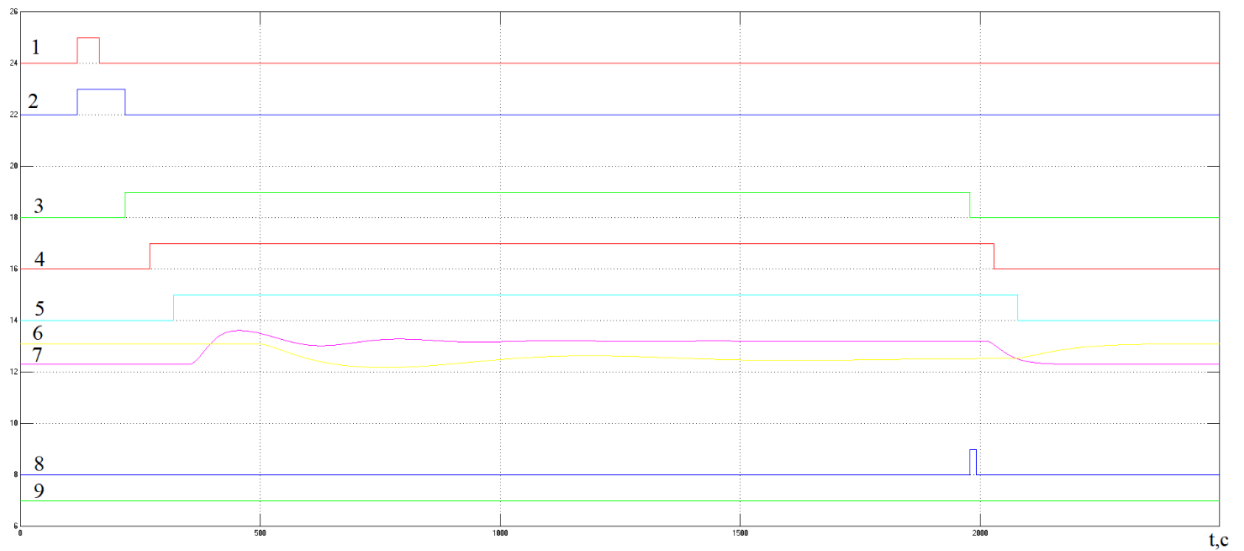


Рис. 4.10 – Діаграма роботи функціонально - логічної схеми процесу сушіння, розробленої в програмі Matlab.

- 1 - Сигнал натискання кнопки «Пуск»
- 2 - Сигнал спрацьовування ППЗС
- 3 - Сигнал спрацьовування вентилятора М4
- 4 - Сигнал спрацьовування вентилятора М3
- 5 - Сигнал спрацьовування вентилятора М2
- 6 - Сигнал спрацьовування вентилятора М1
- 7 - Сигнал зміни температури θ
- 8 - Сигнал натискання кнопки «Стоп»
- 9 – Сигнал наявності тиску сушильного агента, зовнішнього повітря та топкових газів

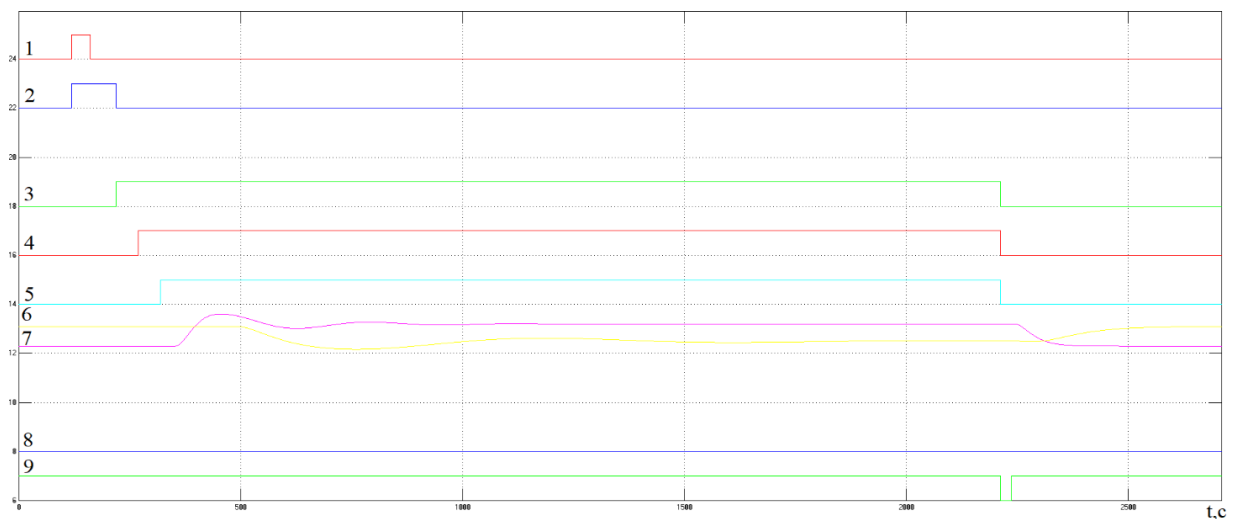


Рис. 4.11 – Діаграма роботи системи керування в аварійному режимі

1 - Сигнал натискання кнопки «Пуск»

2 - Сигнал спрацьовування ППЗС

3 - Сигнал спрацьовування вентилятора М4

4 - Сигнал спрацьовування вентилятора М3

5 - Сигнал спрацьовування вентилятора М2

6 - Сигнал спрацьовування вентилятора М1

7 - Сигнал зміни температури θ

8 - Сигнал натискання кнопки «Стоп»

9 – Сигнал наявності тиску сушильного агенту, зовнішнього повітря та топкових газів

4.8. Висновки за розділом

В результаті виконання розділу для даного технологічного процесу були складені регламенти функціонування та алгоритми пуску-зупинки процесу сушіння зерна в штатному та аварійному режимах, розроблена функціональна логічна схема, побудована її реалізація на ПК за допомогою середовища MATLAB. Можемо сказати про те, що алгоритми керування, які були розроблені, а також характеристики отримані при моделюванні роботи САК достатньо точно співпадають з реальним технологічним процесом.

РОЗДІЛ.5 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО
ЗМІННИ
ПРОЦЕСУ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ, РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ
СТРУКТУРИ КОНТРОЛЕРНО-КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

5.1. Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал, які повинні бути враховані при виборі технічних засобів та місць їх розміщення.

В данному розділі описана інформація щодо технічних засобів, які використовуються у технологічному процесі сушіння зерна (див. розділ 1)
Охарактеризуємо параметри сушарки, де буде експлуатуватися система керування:

Температура сушильного агенту в першій зоні зерносушарки: - $\theta_{с.а1} = 125^{\circ}\text{C}$.

Температура сушильного агенту в другій зоні зерносушарки: - $\theta_{с.а2} = 115^{\circ}\text{C}$.

Кінцева вологість зерна $W_k = 13\%$

Таким параметрам повітря відповідає вологовміст, який згідно і-діаграми вологого повітря (рис. 1.2) має становити $x = 0$ г/кг. . Зовнішнє повітря в камеру охолодження подається вентилятором. Підсмоктування зовнішнього повітря в магістралі подачі топкових газів виконується через засувки

Топкові гази в топці утворюються завдяки спалювання природного газу та повітря, що подаються на пальник через засувки, відповідно з магістралі та вентилятора повітря. Рекомендується співвідношення (Кс) їхніх витрат, що забезпечує ефективність та екологічність спалювання газу.

Температура сушильного агента на виході з топкового агрегату 200 ± 5 °С, температура сушильного агента на вході в I зону не вище 130 °С, на вході в II зону – не вище 120 °С. Номінальне значення температури нагрівання зерна на виході I- ої зони – 45 °С, II-ої зони – 50 °С.

«Правила будови електроустановок. електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» встановлюють:

Допустимий рівень вибухозахисту і ступінь захисту оболонки електричних машин (стаціонарних і пересувних) у залежності від класу вибухонебезпечної зони

Клас вибухонебезпечної зони	Рівень вибухозахисту і ступінь захисту
0	Особливо вибухобезпечне електрообладнання
1	Вибухобезпечне електрообладнання
2	Підвищеної надійності проти вибуху
20	Особливо вибухобезпечне і вибухобезпечне електрообладнання (за умови дотримання вимог п. 4.6.9)
21	Вибухобезпечне електрообладнання (за умови дотримання вимог п. 4.6.9)
22	Без засобів вибухозахисту (за умови дотримання вимог п. 4.6.9). Ступінь захисту IP54 Частини машин, що дають іскріння (наприклад, контактні кільця), повинні бути замкнені в оболонку зі ступенем захисту IP54

Допустимий рівень вибухозахисту і ступінь захисту оболонки електричних апаратів і приладів (стаціонарних, пересувних і переносних) у залежності від класу вибухонебезпечної зони

Клас вибухонебезпечної зони	Рівень вибухозахисту і ступінь захисту
0	Особливо вибухобезпечне електрообладнання
1	Вибухобезпечне електрообладнання
2	Підвищеної надійності проти вибуху. Допускається застосовувати електрообладнання без засобів вибухозахисту для апаратів і приладів, що не іскрять і не нагріваються вище +80° С в оболонці зі ступенем захисту не менше IP54
20	Особливо вибухобезпечне і вибухобезпечне електрообладнання (за умови дотримання вимог п. 4.6.9)
21	Вибухобезпечне електрообладнання (за умови дотримання вимог п. 4.6.9)
22	Без засобів вибухозахисту (за умови дотримання вимог п. 4.6.9) оболонки зі ступенем захисту не менше IP54

Для зерносушарки, слід вибрати ступінь захисту оболонки електричних машин та ступінь захисту оболонки електричних апаратів і приладів - «Вибухобезпечне електрообладнання».

«Правила будови електроустановок. електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» визначають:

По класифікації вибухонебезпечності обладнання та приміщень відноситься до П-Іа пожежонебезпечної зони - простір у приміщенні, в якому знаходиться тверді горючі речовини і матеріали.

«Правила будови електроустановок. електрообладнання спеціальних установок ДНАОП 0.00-1.32-01» встановлюють:

Мінімальний ступінь захисту оболонок електричних машин у залежності від класу пожежонебезпечної зони

Вид установки та умови роботи	Ступінь захисту оболонок для пожежонебезпечних зон класу			
	П-І	П-ІІ	П-Іа	П-ІІІ
Установки стаціонарні, які іскрять або мають частини, що іскрять за умовами роботи	IP44	IP54	IP44	IP44
Установки стаціонарні, які не іскрять і не мають частин, що іскрять за умовами роботи	IP44	IP44	IP44	IP44
Установки на пересувних механізмах (крани, тельфери тощо), які іскрять або не іскрять за умовами роботи	IP44	IP54	IP44	IP44

Мінімальний ступінь захисту оболонок електричних апаратів, приладів, шаф та наборів затискачів у залежності від класу пожежонебезпечної зони

По класифікації вибухонебезпечності обладнання та приміщень робоче середовище відноситься до П-Іа пожежонебезпечної зони - простір у приміщенні, в якому знаходяться тверді горючі речовини і матеріали. (IP44)

Для виміру температури використовуватимемо термометр опору Терра ТСП-У Pt100 4...20 мА у вибухонебезпечному виконанні.

5.2 Вибір технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання

Датчик призначений для безперервного вимірювання температури в системах контролю і автоматичного регулювання різного призначення.

Принцип дії:

Термометр опору - електронний прилад, призначений для вимірювання температури. Принцип дії заснований на залежності електричного опору металів, сплавів і напівпровідникових матеріалів від температури. При застосуванні напівпровідникових матеріалів його зазвичай називають термоопором, терморезистором або термістором.



Рис 5.1
Нераеус ТСП-У Pt100

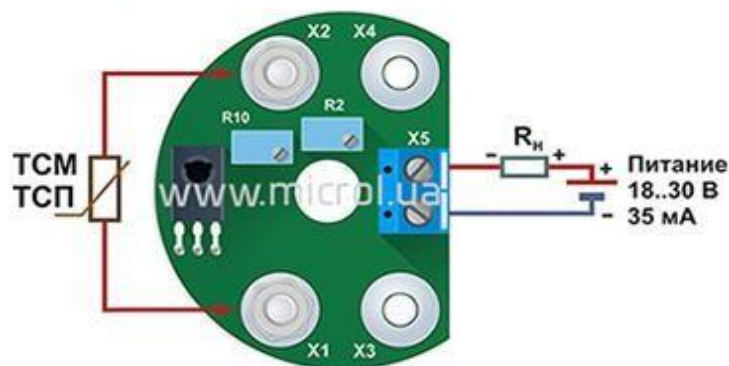


Рис. 5.2 Схема підключення уніфікованого датчика температури ТСП-У Pt100

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювання -20 ... +200 ° C

Ступінь захисту арматури IP 62

Ступінь вибухозахисту

0ExiallCT6...T1 X

(разрешен. зони: 0, 1, 2, 20, 21, 22)

Матеріал захисної арматури нержавіюча сталь 12X18H10T

Опір 100 Ом

Робочий струм 1 мА

Міжповірочний інтервал 4 роки

Схема підключення 3-х і 4-х дротова

Монтаж в трубопроводі без теплоізоляції датчиків ТСП-Н Pt100

Виконавчий пристрій — це функціональний елемент системи автоматичного керування, який впливає на об'єкт керування, змінюючи потік енергії або матеріалів, які надходять на об'єкт. Більшість виконавчих пристроїв мають механічний чи електричний вихід.



Рис. 5.5 Виконавчий механізм Belimo AVK24A

Напруга живлення 24 В ~, 50/60 Гц; 24 В=

Діапазон напруги живлення 19,2 ... 28,8 В ~ / 21,6 ... 28,8 В =

Розрахункова потужність 9,5 ВА

Управляючий сигнал Y 0...10 = (при вхід. опорі 100 кОм)

Встановлення точки спрацьовування охоронної функції Шток приводу втягується/висувається, настраюється поворотним регулятором POP

Електричне підключення Клемна колодка (контакти 4 мм²) та кабель: 1 м, 4 x 0,75 мм²

Споживана потужність:

Схема подключения



Рис 5.6 Схема підключення Виконавчий механізм Velimo AVK24A

- під час руху 5 Вт
 - при утриманні 2 Вт
- Функціональні дані
- Зусилля 2000 Н
- Хід штока 32 мм

Реле тиску - елемент керуючої роботи насоса в системах з гідропневматичною автоматикою. Це можуть бути готові автоматичні станції або окремо встановлений блок



Рис. 5.7 Реле тиску Grundfos KP1

- Матеріал: Олов'яно-бронзовий сплав.
- Ступінь захисту корпусу IP30/IP44
- Максимальна потужність, що комутується, 4 кВт
- КР реле тиску, низький тиск
- Температура навколишнього середовища: -40 – +65°C (+80°C протягом не більше 2 годин).
- Максимальна температура довкілля 70°C
- Робочий тиск = 4 бар
- Макс. випробувальний тиск = 4 бар

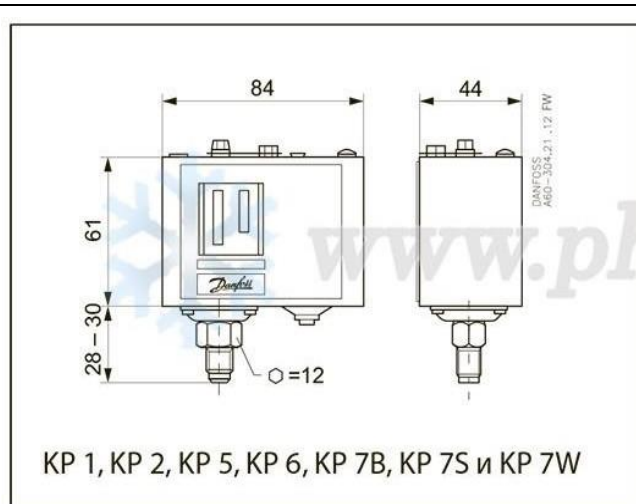


Рис 5.8 Схема Реле тиску Grundfos KP1

Контактне навантаження, АС:

АС1: 16 А, 400 В

АС3: 16 А, 400 В

АС15: 10А, 400 В

Макс. пусковий струм (LR): 112А, 400 В

Контактне навантаження, DC:

DC13: 12 Вт, 220 В струм управління



Рис. 5.9 Реле тиску SENTERA PSW-200

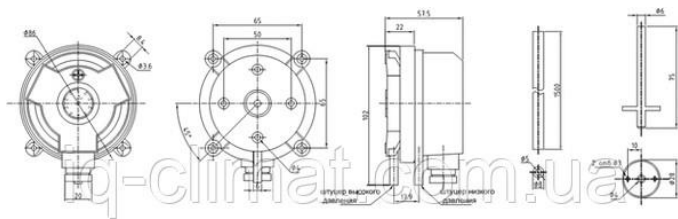


Рис 5.10 Схема Реле тиску PSW-200-PVC

Характеристики F4SP1/M3:

Матеріал корпусу: Сталь

Тип: Поршневий

Робоча температура: від -25 ° С до + 85 ° С

Різьблення: G1 / 4 "

Максимальний робочий тиск, бар: 300

Діапазон вимірів 20-200 Па

Частота перемикання, циклів / хв .: 90

Тип коннектора: 30x30

Похибка: ± 4%

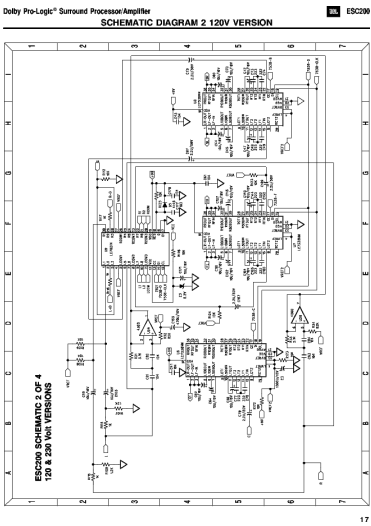
Ущільнення: NBR

	Ступінь захисту IP: 65
	Вага, кг .: 0,06


Блок ручного управління (БРУ)

Призначений для переключення ланцюгів керування виконавчими пристроями і механізмами, індикації режимів робіт, вимірювання та індикації одного технологічного параметра.

 <p>Рис. 5.11 – Блок ручного управління Peter Prinzing GmbH ESC 200</p>	Вхідний аналоговий сигнал	0-5мА ($R_{вх}=400$ Ом), 0(4)-20 мА ($R_{вх}=100$ Ом), 0-10В ($R_{вх}=25кОм$)
	Вихідний аналоговий сигнал	0-5 мА ($R_{н}<2кОм$), 0(4)-20 мА ($R_{н}2$ кОм)
	Максимальна похибка установки сигналу завдання	по цифровому індикатору $\pm 0,1\%$ (вихід задатчика та вхід індикатора)

 <p>Рис. 5.12 – Схема підключення ESC</p> <p>200</p>	по лімбу потенціометра $\pm 2,0\%$	
	Діапазон зміни установки завдання	0-100%
	Основна приведена похибка вимірювання	$\pm 0,2\%$

Мікропроцесорний індикатор - це технологічний універсальний багатофункціональний двоканальний індикатор-регулятор. Прилад використовується для фіксування автоматичного регулювання двох вхідних технологічних параметрів, значення яких може бути перетворено на стандартний сигнал.

 <p>Рис. 5.13 Індикатор технологічний мікропроцесорний</p>	<p>Джерело живлення: 24 В змінного/постійного струму Імакс. 140 мА</p> <p>110/230 В змінного струму Імакс. 30 мА</p> <p>Дисплей: 3x LED 0,5" Червоний</p> <p>Клавіатура: кнопки мікроперемикача</p> <p>Рознімання: вставні клемні колодки</p>
---	---

MIKSTER INDU-50

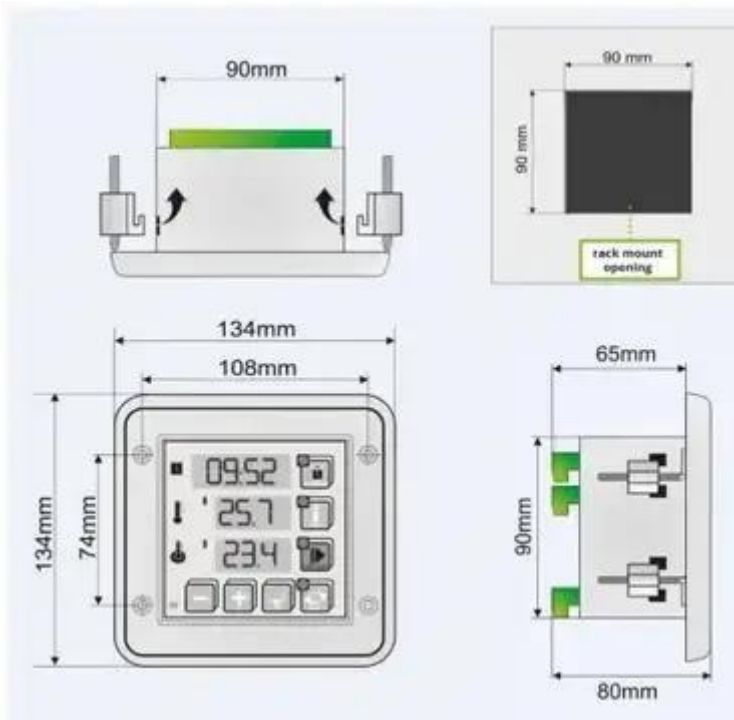


Рис 5.14 Схема підключення Індикатор технологічний мікропроцесорний INDU-50

Діапазон вимірювання температури:

– 99°C до 600°C

Роздільна здатність вимірювання температури: 0,1°C від – 9,9°C до 99,9°C

1°C в інших діапазонах

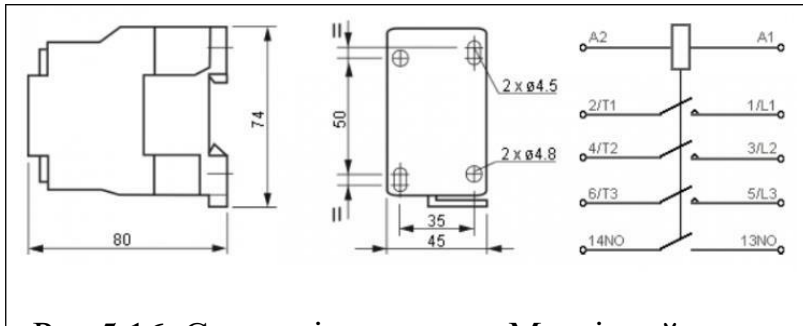
Похибка вимірювання температури:
 $\leq \pm 0,5^\circ\text{C}$ ПН-ЕН 61131-2:2008

Магнітний пускач - електричний апарат, призначений для пуску, зупинки, реверсування та захисту електродвигуна. Магнітний пускач складається з контактора, посту кнопки і теплового реле.



Рис 5.15. Магнітний пускач Schneider Electric LC1K0610M7 3P 1НО 06А 220V

- • Діапазон: TeSys
- • Тип пристрою або його аксесуарів: Контакттор
- • Назва виробу: TeSys K
- • Коротка назва пристрою: LC1K
- • Область застосування: Управління
- • Застосування



контактора:
Управління
електродвигуном,
Активне
навантаження

Модуль –
функція



Рис 5.17. Модуль MOXA NPort W2250A-EU

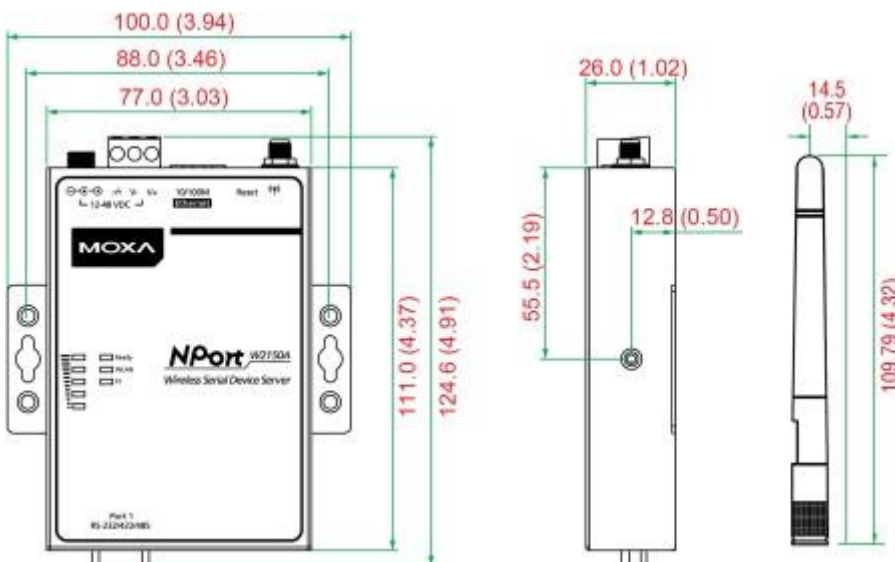


Рис 5.18. Схема підключення Модуль MOXA NPort W2250A-EU

Порт 10/100BaseT(X)
4 (роз'єм RJ45) 1
тримає і вищий 4-значний
3 (вхис/С); 5кВ (вбудований)
тростандарту IEEE 802.3 для
йк10BaseT AC1
) IEEE 802.3u для 100BaseT(X)
Функції програмного
забезпечення Ethernet
Веб-консоль параметрів
конфігурації (HTTP/HTTPS)
утиліта Windows
Керування DHCP Option 82,
HTTP, IPv4, SMTP,
SNMPv1/v2c/v3, Syslog,
Telnet, веб-консоль
Windows Real COM
Драйвери Windows
95/98/ME/NT/2000, Windows
XP/2003/Vista/2008/7/8/8.1/10
(x86/x64),

іонально завершений вузол радіоелектронної апаратури, оформлений конструктивно як самостійний продукт.



Рис 5.19. Контролер програмований SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP

Характеристики ЦПУ	Робоча пам'ять	64 Кб
Завантажувана пам'ять ММС макс. (в комплект не входить)		8 Мб
Час виконання операцій, логічний		0.1 мкс
Час виконання операцій з фіксованою точкою		2 мкс
Час виконання операцій з плаваючою точкою		3 мкс
Кількість прапорів/таймерів/лічильників		2048 / 256 / 256
Вбудовані інтерфейси РtP, МРІ	Кількість активних комунікаційних з'єднань	8
Кількість вбудованих дискретних входів		16
Кількість вбудованих дискретних виходів		16

Програмований контролер спеціальної різновид електронної обчислювальної машини. Найчастіше

ПК використовують із автоматизації технологічних процесів.

Кінцеві або як їх ще називають шляхові вимикачі використовуються для зв'язування електричного ланцюга, наприклад, в електричних приладах та сигналізації



Рис 5.22. Вимикач кінцевий Emas,
1NO+1NC,

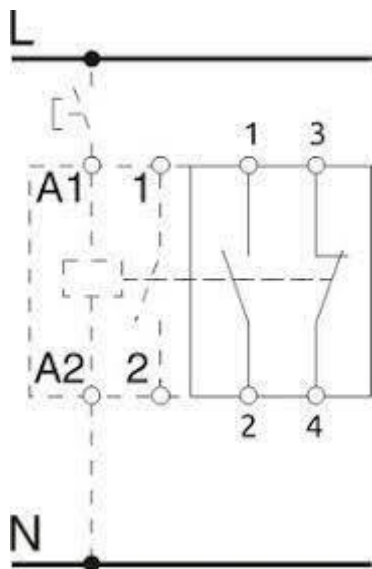


Рис 5.23 . Схема підключення Emas,
1NO+1NC

Серія L52

Тип корпусу фіксований

Матеріал корпусу цинк-алюмінієвий сплав

Тип головки фіксована головка

Матеріал голівки цинк-алюмінієвий сплав

Тип контактів 1NO+1NC

Робота контактів миттєва дія

Номинальний струм, 3А

Ступінь захисту, IP65

Робоча температура, °C -25...+80 °C

5.3 Вибір технічних засобів реалізації керуючих дії на технологічний процес і управління обладнанням

5.3.1 Для прямого пуску та зупинки електроприводів сушарки обрані наступні технічні засоби

Для електроприводу потужністю 1,5 кВт застосований вимикач Emas, 1NO+1NC,

Контактор Schneider Electric LC1K0610M7 3P 1NO 06A 220V для комутації електродвигуна, 3-полюсний, потужністю 3,8 кВт/415В, струм (А) ≤ 440 В АС3 ($\leq 55^{\circ}\text{C}$): 9 з можливістю комутації.

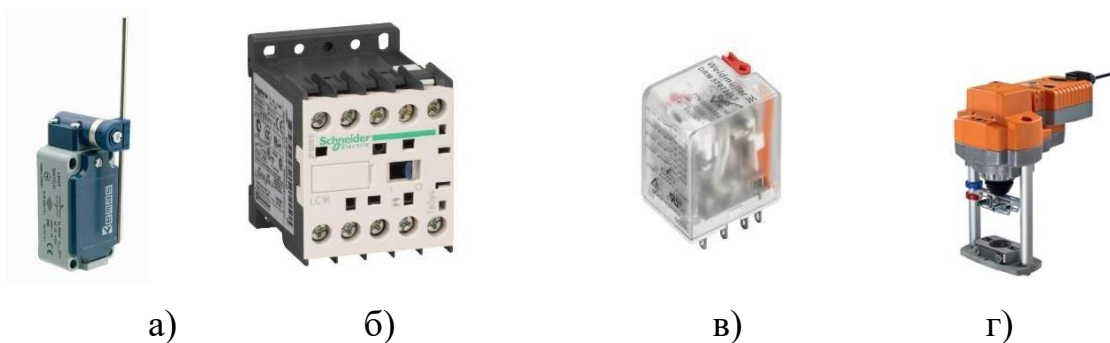


Рис 5.24 Зовнішній вигляд

- а) Вимикача Emas, 1NO+1NC,
- б) Контактор Schneider Electric LC1K0610M7 3P
- в) Реле проміжного, Weidmuller PS 35836971
- г) Виконавчий механізм Belimo AVK24A

Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971 24В вхідні напруги (напруга котушки) в залежності від типу знаходяться в діапазоні 5...230 АС/DC. На виході є різні типи контактів, використання різних матеріалів контактів дозволяє комутувати потужності в діапазоні від кількох мВт до максимум 4 кВА.

Виконавчий механізм Belimo AVK24A з напругою живлення 24 В \sim , 50/60 Гц; зі встановлення точки спрацьовування

охоронної функції Шток приводу втягується/висувається, налаштовується поворотним регулятором Споживана потужність: під час руху 5 Вт при утриманні 2 Вт

5.4 Вибір технічної структури і технічних засобів для реалізації контролерно-комп'ютерної мережі

5.4.1 Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра керування.

В системі автоматизації ПЛК та допоміжне устаткування розташовуються в одному приміщенні компактно, тому виберемо централізовану схему розміщення модулів системи керування.

Систему керування ПЛК будемо розробляти на базі контролера SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP

Враховуючи, що центральний процесор і модулі системи мають виконання IP20, доцільно розмістити їх у настінній шафі зі ступенем захисту не менш IP54 в окремому від технологічного устаткування приміщенні.

На наступних рисунках наведені рекомендації з монтажу SIMATIC S7-300 з урахуванням зазорів, можливості розсіювання тепла, а також схема заземлення.

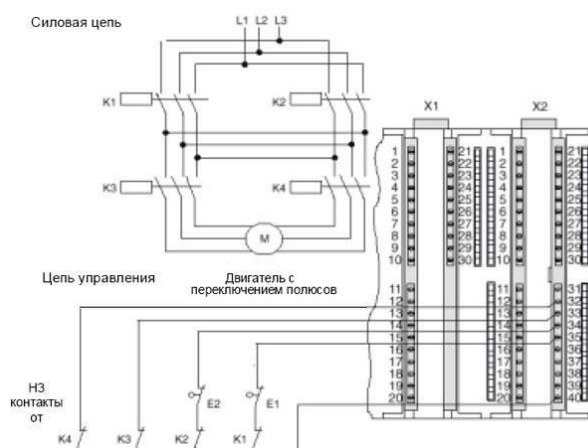


Рис 5.25 Зазори при встановленні у шафу

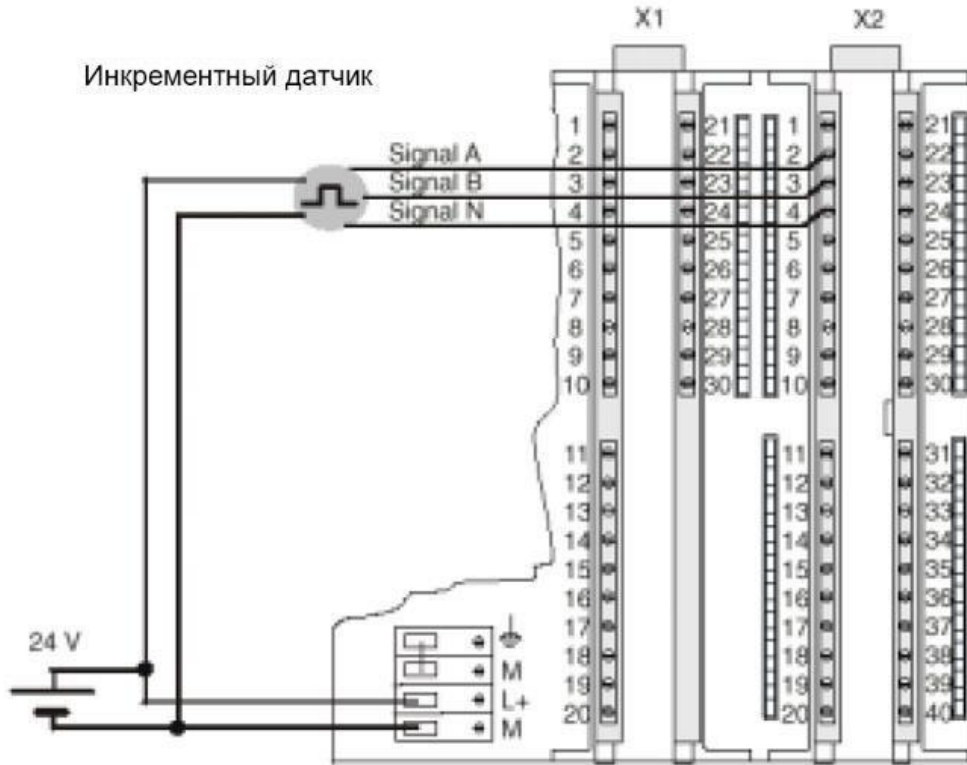


Рис 5.26 Схема заземлення в шафу

Приміщення підприємства опалювальне, що можна використовувати модулі звичайного виконання, а не з розширеним температурним діапазоном, які дорожче. Враховуючи список змінних, які необхідно вводити та виводити з контролеру, схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи автоматичного керування приймає наступний вигляд

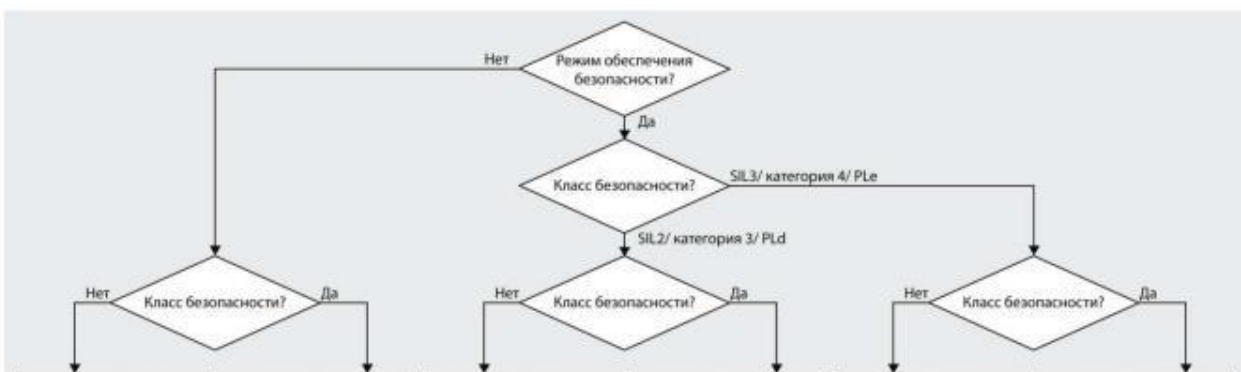


Рис 5.27 Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування

5.5 Висновок за розділом

В даному розділі було проведено вибір технічних засобів, за допомогою яких, оператору вдасться забезпечити якісне керування процесом сушінням зерна кукурудзи . Для цього, усі класи точності та діапазони відповідають нормам, тобто оператор буде отримуватиме дійсну інформацію щодо протікання процесу. За допомогою уніфікованих сигналів, досягається висока точність керування процесом. Усі виконавчі механізми відповідають вимогам технічного процесу.

РОЗДІЛ 6

РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРНО-КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ, ПРОГРАМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ САК

6.1. Аналіз вхідних і вихідних сигналів і вибір топології побудови системи

Виконав аналіз технологічної схеми та функцій які повинна реалізовувати система керування складемо таблицю (табл. 6.1) зі списком параметрів які повинні вводитись і виводитись з контролера.

Таблиця № 6.1. Список параметрів які вводяться і виводяться із контролера

№ пп	Найменування параметру	Умовне позначення	Вид сигналу A/D	Тип сигналу I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контролера	Позначення на схемі
1	Температура зерна в 1-й зоні	Tz1	A	I	(0-20 мА)	AB1
2	Температура зерна в 2-й зоні	Tz2	A	I	(0-20 мА)	AB2
3	Температура сушильного агента 1-ї зони сушіння	Tca1	A	I	(0-20 мА)	AB3
4	Температура сушильного агента 2-ї зони сушіння	Tca2	A	I	(0-20 мА)	AB4
5	Температура сушильного агента на виході з топки	Tca_т	A	I	(0-20 мА)	AB5
6	Вологість зерна на виході	Mz	A	I	(0-20 мА)	AB6
7	Положення РО зона 1	GE1	A	I	(0-20 мА)	AB7
8	Положення РО зона 2	GE2	A	I	(0-20 мА)	AB8
9	Нижній рівень у надсушарному бункері	L1	D	I	«сухий контакт»	ДВ1
10	Верхній рівень у надсушарному бункері	L2	D	I	«сухий контакт»	ДВ2
11	Сигнал з кнопки «Авар.стоп»	SB3	D	I	«сухий контакт»	ДВ3
12	Сигнал контролю	SS4	D	I	«сухий	ДВ4

	стану приводу двигуна М1				контакт»	
13	Сигнал контролю стану приводу двигуна М2	SS5	D	I	«сухий контакт»	ДВ5
14	Сигнал контролю стану приводу двигуна М3	SS6	D	I	«сухий контакт»	ДВ6
15	Сигнал контролю стану приводу двигуна М4	SS7	D	I	«сухий контакт»	ДВ7
16	Сигнал стану авт. вимикача двигуна М1	SS8	D	I	«сухий контакт»	ДВ8
17	Сигнал стану авт. вимикача двигуна М2	SS9	D	I	«сухий контакт»	ДВ9
18	Сигнал стану авт. вимикача двигуна М3	SS10	D	I	«сухий контакт»	ДВ10
19	Сигнал стану авт. вимикача двигуна М4	SS11	D	I	«сухий контакт»	ДВ11
20	Кінцеве положення засувки зерна «закрита»	GS1	D	I	«сухий контакт»	ДВ12
21	Кінцеве положення засувки зерна «відкрита»	GS2	D	I	«сухий контакт»	ДВ13
22	Сигнал з кнопки «Пуск»	SB3	D	I	«сухий контакт»	ДВ14
23	Сигнал з кнопки «Стоп»	SB3	D	I	«сухий контакт»	ДВ15
24	Керуючий вплив подачі повітря у зону 1	U1	A	O	(0-10В)	ВА1
25	Керуючий вплив подачі повітря у зону 2	U2	A	O	(0-10В)	ВА2
26	Керуючий вплив ЧП М4	U3	A	O	(0-10В)	ВА3
27	Сигнал керування М1	U_1	D	O	«відкритий колектор»	ВД1
28	Сигнал керування М2	U_2	D	O	«відкритий колектор»	ВД2

29	Сигнал керування М3	U_3	D	O	«відкритий колектор»	ВД3
30	Сигнал керування М4	U_4	D	O	«відкритий колектор»	ВД4
31	Сигнал керування засувки зерна «відкрити»	U_5	D	O	«відкритий колектор»	ВД5
32	Сигнал керування засувки зерна «закрити»	U_6	D	O	«відкритий колектор»	ВД6
33	Сигнал управління звуковою сигналізацією	ZS	D	O	«відкритий колектор»	ВД7

Кількість каналів вводу\виводу:

AI – 8 , AO – 3, DI – 15, DO - 7

6.2. Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування.

Технічну структуру системи управління розробимо на базі розподіленої системи WAGO I/O.

Для реалізації алгоритмів управління в модулях ПЗО контролера повинні бути передбачені 8- аналогових входів, 3-аналогових виходи, 15-дискретних входів і 7-дискретних виходів.

Виходячи із сформованої таблиці 6.1, для реалізації алгоритмів управління скористаємося контролером WAGO 750-881 з модулями ПЗО: AI WAGO 750-453, AO WAGO 750-555, DI WAGO 750-430, DO WAGO 750-530.

Центральний процесор WAGO 750-881 характеризується наступними показниками: 32-бітний мікропроцесор, програмна сумісність з WAGO-I/O-PRO V2.3 (based on CODESYS V2.3), годинник реального часу, вбудований носій інформації об'ємом 512 Мбайт, інтегрований Web-інтерфейс.

Загальний вид контролера та схема його підключення наведені на рис.6.1.

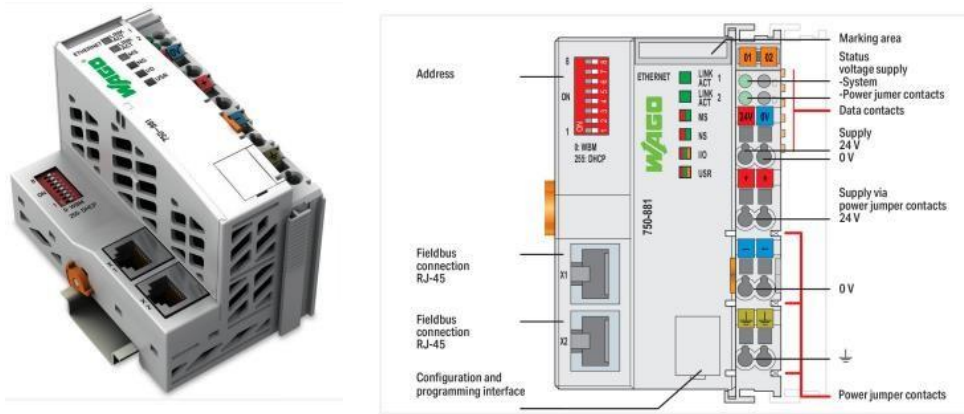


Рис. 6.1 – Контролер WAGO 750-881 – зовнішній вигляд.

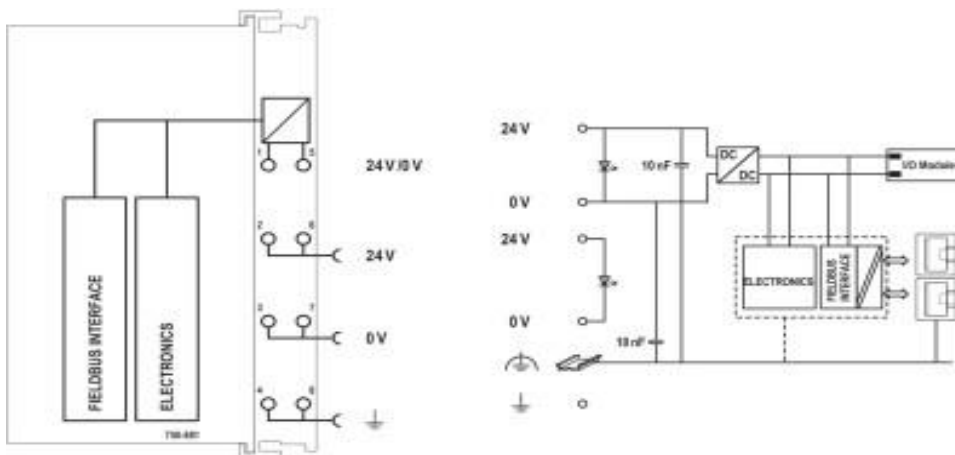
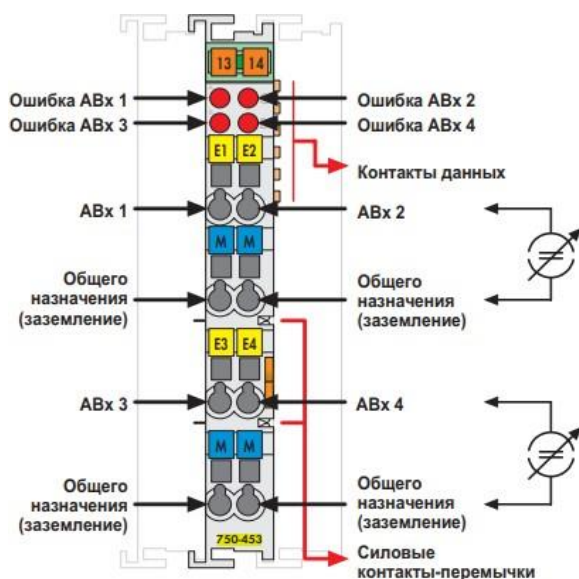


Рис.6.2 – Схема підключення контролера WAGO 750-881.

Для введення аналогових сигналів у контролер будемо використовувати 4-канальний модуль аналогового введення WAGO 750-453 (рис. 6.3).



Технические данные	
Колличество входов	4
Подача напряжения	через преобразователь постоянного тока сетевого напряжения
Потребление тока (внутреннее)	65 мА
Входное напряжение (макс.)	32 В
Ток сигнала	0 - 20 мА (750-453, 753-453)
	4 - 20 мА (750-455, 753-455)
Входное сопротивление	< 100 Ом / 20 мА
Разрешение	12 бит
Время преобразования (тип.)	10 мс
Ошибка измерения (25°C)	< ± 0,2 % от величины всего измерительного диапазона
Температурный коэффициент	< ± 0,01 % / К от величины всего измерительного диапазона
Развязка	500 В между системой и источником питания
Битовая ширина	4 x 16 бит - данные, 4 x 8 бит - управление/состояние (опционально)
Проводное соединение	CAGE CLAMP®
Сечения	0,08 mm ² ... 2,5 mm ² / AWG 28 ... 14
Длина участка без изоляции, серия 750/753	8 ... 9 mm / 0,33 дюйма
	9 ... 10 mm / 0,37 дюйма
Ширина	12 мм
Вес	51 г
ЭМС СЕ - помехоустойчивость	в соот. с EN 61000-6-2 (2005)
ЭМС СЕ - излучение помех	в соот. с EN 61000-6-4 (2007)
ЭМС при применении в судостроении	
- помехоустойчивость	согласно Германскому Плейду (2003)
ЭМС при применении в судостроении	
- излучение помех	согласно Германскому Плейду (2003)

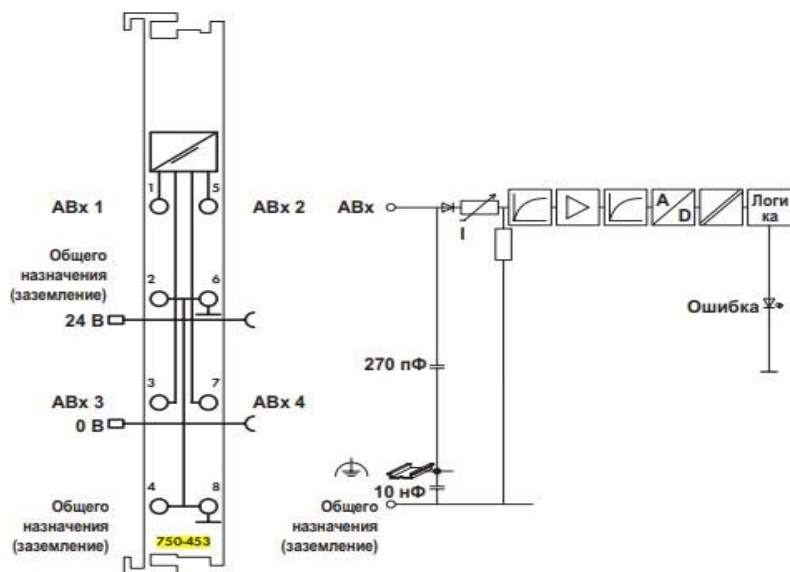


Рис. 6.3 – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-453, його характеристики та схема підключення.

Для виведення аналогових сигналів з контролера (формування аналогових керуючих дій) будемо використовувати 4-канальний модуль аналогового виводу WAGO 750-555 (рис. 6.4).

Технические данные	
Количество выходов	4
Потребление тока, тип. (внутреннее)	60 мА
Подача напряжения	через преобразователь постоянного тока сетевого напряжения
Ток сигнала	0 - 20 мА (750-553, 753-553) 4 - 20 мА (750-555, 753-555)
Полное сопротивление нагрузки	0 - 300 Ом или 300 - 600 Ом (используйте один и тот же диапазон полного сопротивления для всех нагрузок!)
Разрешение	12 бит
Время преобразования (тип.)	10 мс
Время восстановления (тип.)	100 мс
Ошибка измерения (25 °C)	< ± 0,1 % от величины всего измерительного диапазона
Температурный коэффициент	< ± 0,01 % / K от величины всего измерительного диапазона
Развязка	500 В между системой и источником питания
Битовая ширина	4 x 16 бит - данные, 4 x 8 бит - управление/состояние (опция)
Проводное соединение	CAGE CLAMP®
Сечения	0,08 mm² ... 2,5 mm² / AWG 28 ... 14
Длина участка без изоляции, серия 750/753	8 ... 9 mm / 0,33 дюйма
Ширина	9 ... 10 mm / 0,37 дюйма
Вес	53,5 г
ЭМС СЕ - помехоустойчивость	в соотв. с EN 61000-6-2 (2005)
ЭМС СЕ - излучение помех	в соотв. с EN 61000-6-4 (2007)
ЭМС при применении в судостроении	
- помехоустойчивость	согласно Германскому Ллойду (2003)
ЭМС при применении в судостроении	
- излучение помех	согласно Германскому Ллойду (2003)

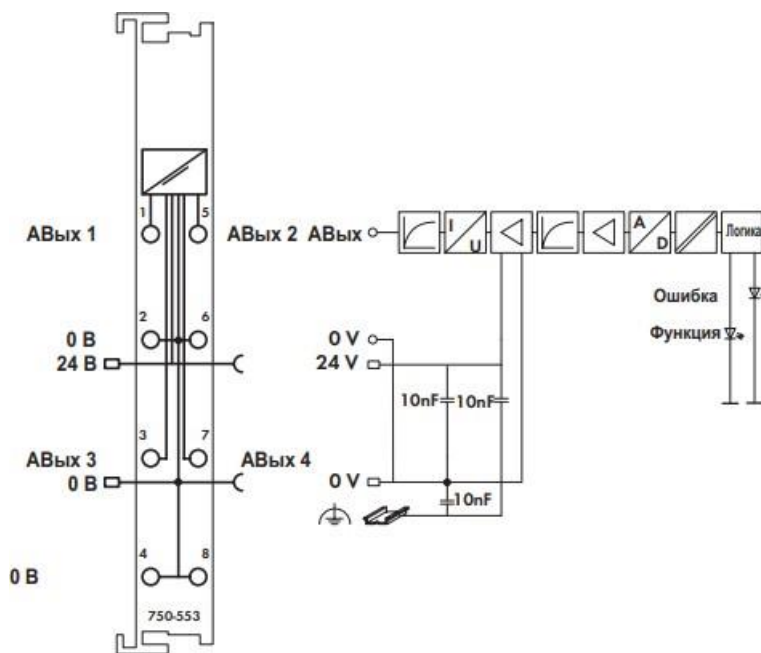
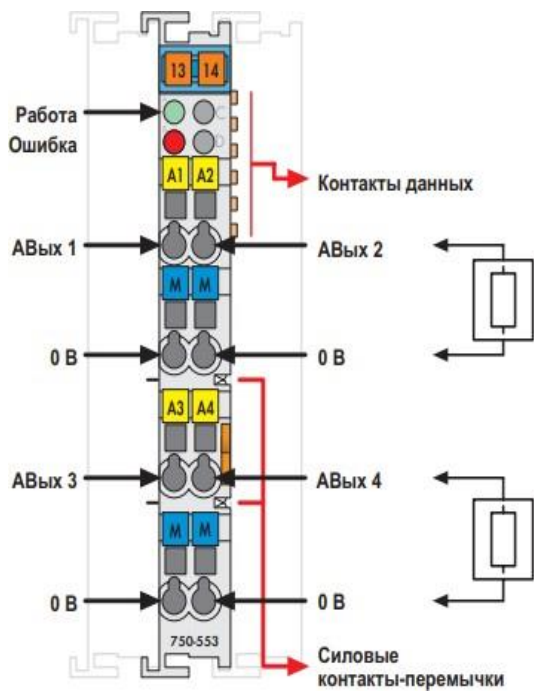
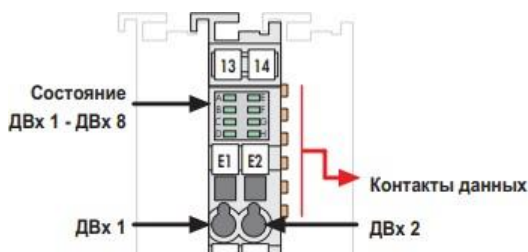


Рис. 6.4 – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-555, його характеристики та схема підключення.

Для вводу дискретних сигналів до контролеру будемо використовувати 8-канальний модуль дискретного вводу WAGO 750-430 (рис. 6.5).



Технические данные	
Количество входов	8
Потребление тока (внутреннее)	17 мА
Напряжение через силловые контакты-перемычки	24 В пост. тока (-25 - +30 %)
Напряжение сигнала (0)	-3 - +5 В пост. тока
Напряжение сигнала (1)	15 - 30 В пост. тока
Входной фильтр	3,0 мс (750-430 / 753-430) 0,2 мс (750-431 / 753-431)
Входной ток (тип.)	2,8 мА
Развязка	500 В между системой и источником питания
Внутренняя битовая ширина	8 бит

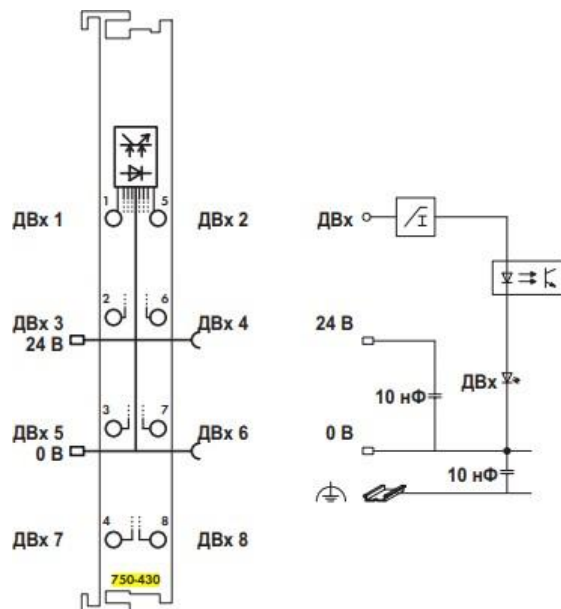
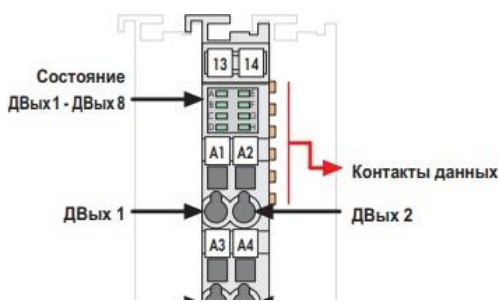


Рис. 6.5 – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-430, його характеристики та схема підключення.

Для виводу дискретних сигналів до контролеру будемо використовувати 8-канальний модуль дискретного виводу WAGO 750-530 (рис. 6.6).



11

Технические данные	
Количество выходов	8
Потребление тока (внутреннее)	25 мА
Напряжение через силовые контакты-переключки	24 В пост. тока (25 - +30 %)
Тип нагрузки	резистивная, индуктивная, лампы
Макс. частота переключений	2 кГц
Выходной ток (макс.)	0,5 А, с защитой от короткого замыкания
Распределение энергии W при выключении индуктивной нагрузки (макс.)	0,9 Дж; $I_{\text{макс}} = 2 \times W_{\text{макс}} / I^2$
Потребление тока, тип. (полевой уровень)	15 мА + заряд
Развязка	500 В между системой и источником питания
Внутренняя битовая ширина	8 бит
Проводное соединение	CAGE CLAMP®

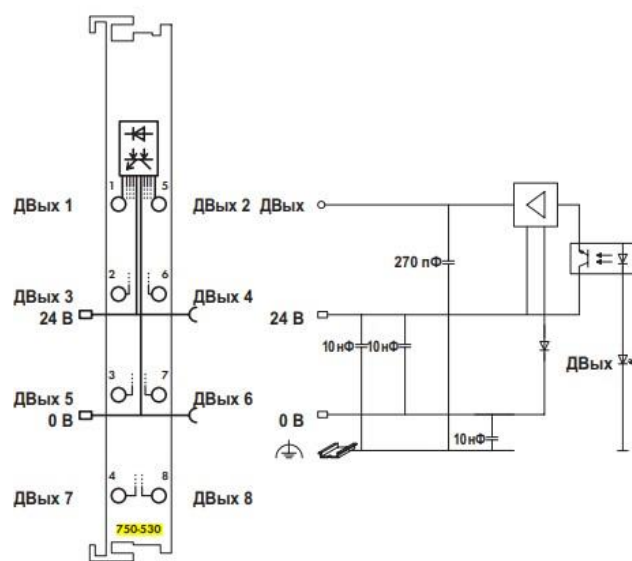


Рис. 6.6 – Загальний вигляд модуля ПЗО WAGO 750-430, його характеристики та схема підключення.

Додатково нам знадобляться модуль живлення 24В постійного струму WAGO 750-601 а також кінцевий модуль шини 750-600.

Зв'язок контролера з комп'ютером здійснюється за допомогою інтерфейсу Ethernet.

Враховуючи обраний контролер, модулі ПЗО до нього, та список змінних, які необхідно вводити та виводити з контролера схема технічною структури мікропроцесорного ядра системи автоматичного керування прийме наступний вигляд. (рис. 6.7).

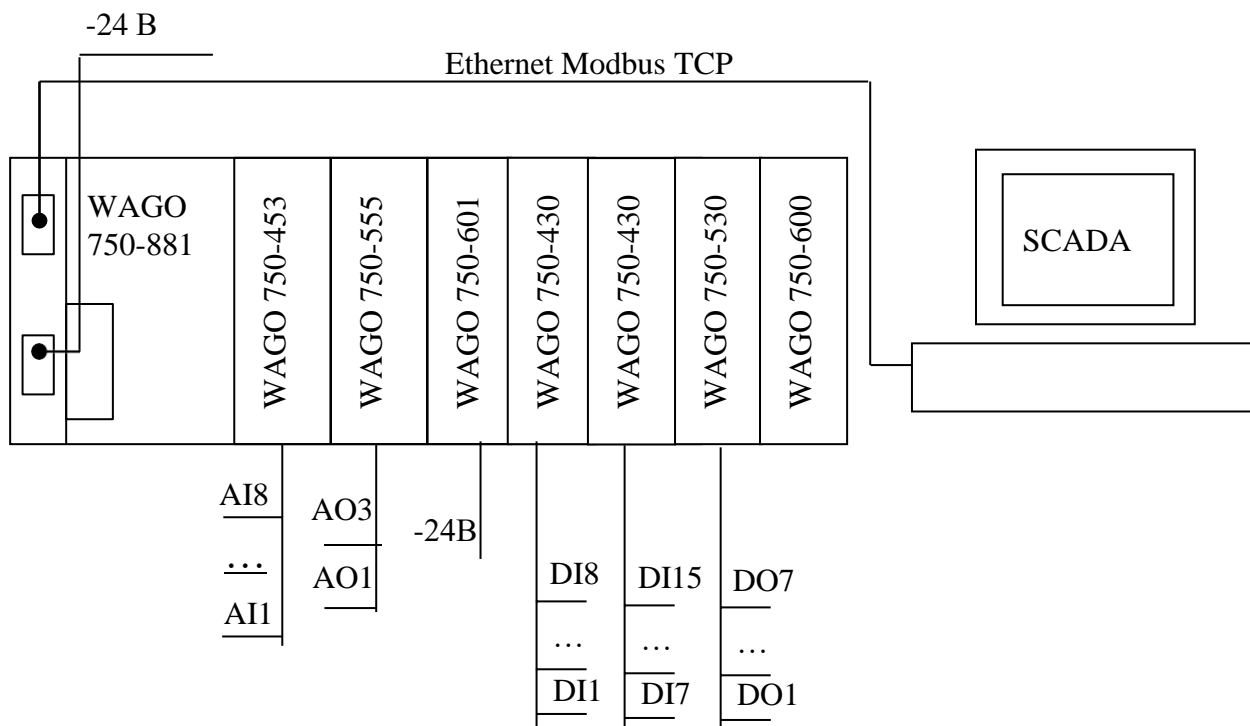


Рис. 6.7 – Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи управління процесом сушіння зерна.

6.3 Програмне конфігурування контролера та розробка програмного забезпечення системи керування в середовищі CoDeSys.

Першим етапом проведено програмне конфігурування контролера та його модулів ПЗО у середовищі CoDeSys. На рис. 6.8 – 6.10 розкрита процедура конфігурування CPU контролера та його модулів ПЗО.

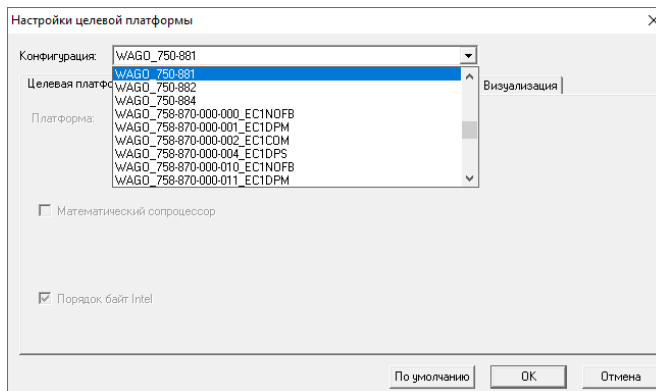


Рис.6.8 – Вікно вибору контролера у середовищі CoDeSys.

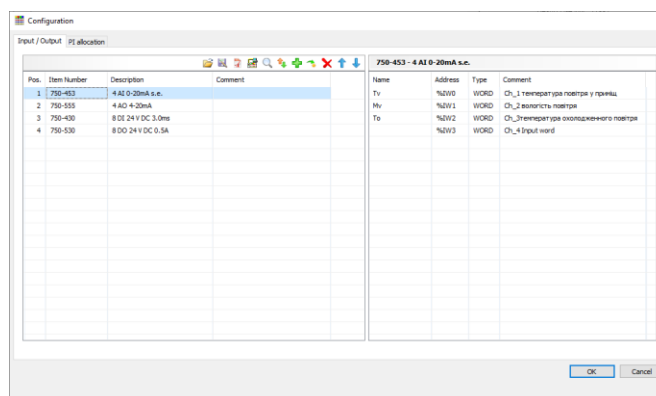


Рис. 6.9 – Приклад вікна конфігурування модулів ПЗО WAGO.

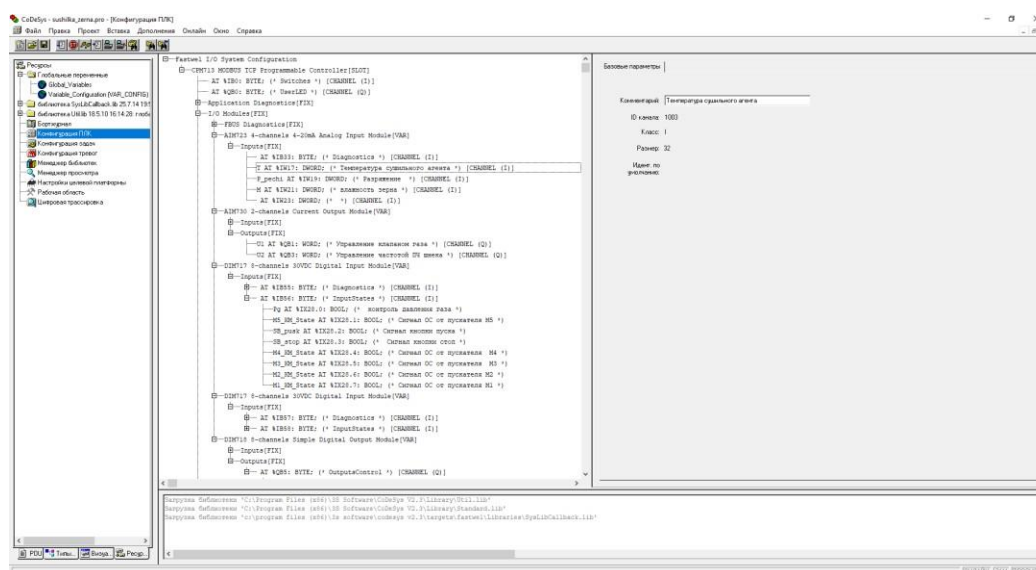


Рис. 6.10 – Фрагмент вікна конфігурування модулю ПЗО у CodeSys .

Завершив конфігурацію переходимо до програмної реалізації алгоритмів керування.

6.4. Програмна реалізація алгоритмів регулювання та їх тестування на моделі ОК.
Модель САР розраховується у програмному модулі POU_100ms, який обчислюється кожну 0.1 секунди. Час обчислення задається при конфігуруванні контролера у розділі «Конфігурація задач» (рис.6.11).

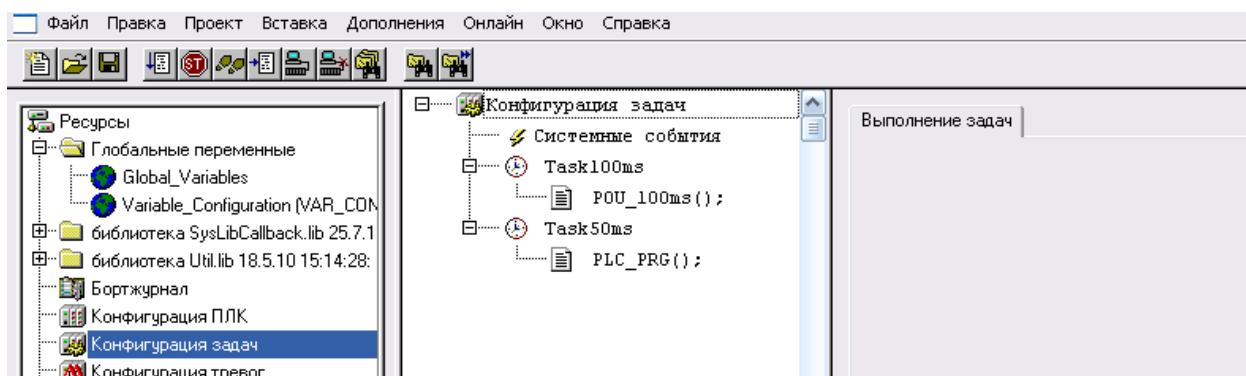


Рис. 6.11– Загальний вигляд вікна проекту при конфігуруванні задач.

На рис. 6.12, 6.13 представлені фрагменти програм, які реалізують модель об'єкта керування та алгоритми регулювання.

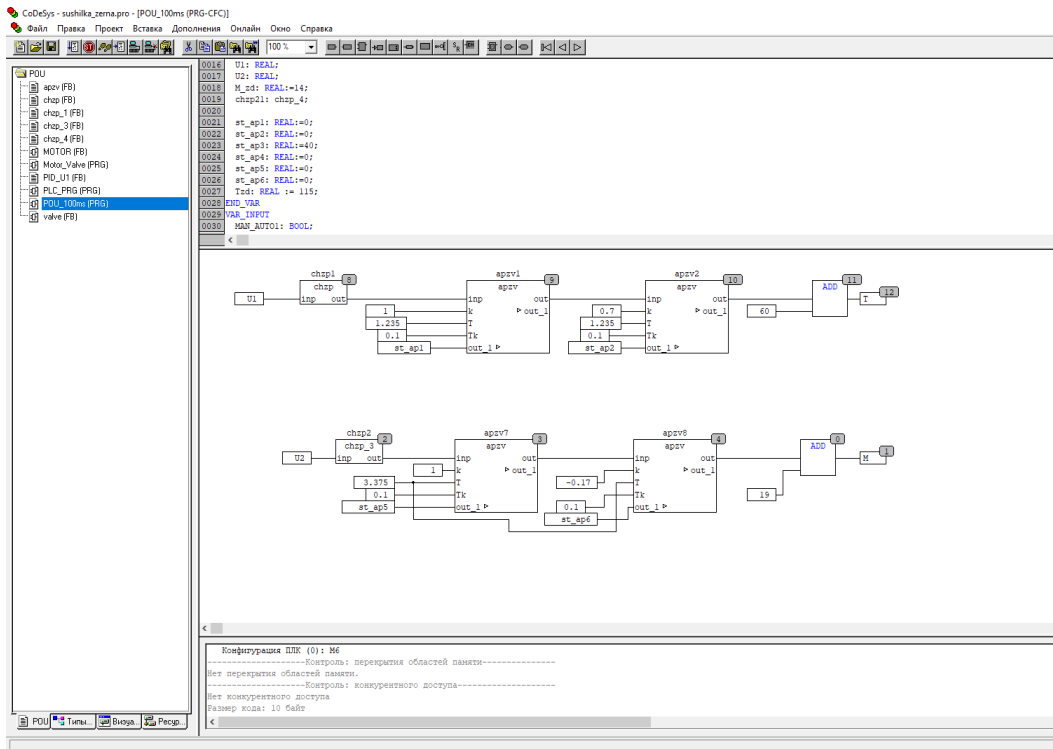


Рис. 6.12 – Фрагмент програми, яка реалізує модель об'єкта керування.

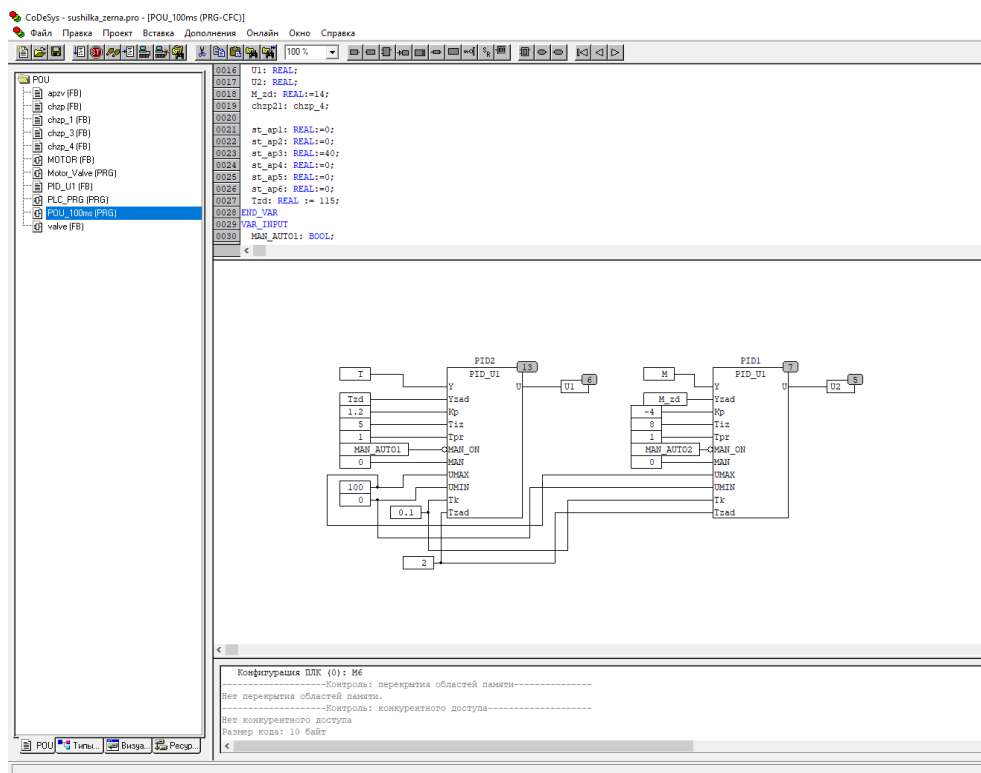


Рис. 6.13 – Фрагмент програми, яка реалізує алгоритми регулювання.

Для реалізації моделі об'єкта керування використовувались спеціально розроблені функціональні блоки динамічних ланок: ланки запізнення та статичної аперіодичної

інерційної ланки першого порядку. На рис. 6.14 та 6.15 представлені фрагменти програм реалізації цих ланок мовою ST.

```

0001 FUNCTION_BLOCK apzv
0002 VAR_INPUT
0003   inp: REAL; (* *)
0004   k: REAL;
0005   T: REAL;
0006   Tk: REAL;
0007 END_VAR
0008 VAR_OUTPUT
0009   out: REAL;
0010 END_VAR
0011 VAR
0012 END_VAR
0013
0001 out:= (Tk*k*inp + T*out)/(T + Tk);
0002

```

Рис. 6.14 – Фрагмент програми, яка реалізує статичну аперіодичну інерційну ланку першого порядку.

```

0001 FUNCTION_BLOCK chzp
0002 VAR_INPUT
0003   inp: REAL;
0004 END_VAR
0005 VAR_OUTPUT
0006   out: REAL;
0007 END_VAR
0008 VAR
0009   data: ARRAY[1..29] OF REAL := 29(0);
0010   i: INT:=1;
0011 END_VAR
0012
0001 out:=data[i];
0002 data[i]:=inp;
0003 i:=i+1;
0004 IF i > 29 THEN
0005   i:=1;
0006 END_IF;
0007

```

Рис. 6.15 – Фрагмент програми, яка реалізує ланку запізнення.

Для реалізації алгоритмів регулювання використовувались спеціально розроблений функціональний блок ПІД – регулятору з інерційним задатчиком та переключенням режиму РУЧ/АВТ. Цей блок розроблений мовою ST . На рис. 6.16 представлена внутрішня структура регулятора.

```

0001 FUNCTION_BLOCK PID_U1
0002 VAR_INPUT
0003   Y: REAL; (*регулируемая переменная*)
0004   Yzad: REAL; (*заданное значение*)
0005   Kp: REAL; (*коэфф. передачи*)
0006   Tiz: REAL; (*время изодома*)
0007   Tpr: REAL; (*время предварения*)
0008   MAN_ON: BOOL; (*ручной режим Вкл.\Бжкл.*)
0009   MAN: REAL; (*Управл. возд. в ручной режиме*)
0010   UMAX: REAL; (*максимал. знач. управл. возд.*)
0011   UMIN: REAL; (*минимал. знач. управл. возд.*)
0012   Tk: REAL; (*шаг квантования*)
0013   Tzad: REAL;
0014 END_VAR
0015 VAR_OUTPUT
0016   U: REAL; (*управляющее воздействие*)
0017 END_VAR
0018 VAR
0019   Ui: REAL;
0020   Yzadd: REAL;
0021   Up_1: REAL;
0022   Ud: REAL;
0023   DY: REAL;
0024   Up: REAL;
0025 END_VAR

[PID_U1 (FB-ST)]
авить Дополнения Онлайн Окно Справка
FUNCTION_BLOCK PID_U1
VAR_INPUT
(*Ручной режим управления*)
IF MAN_ON = TRUE THEN
  U:=MAN;
  Ui:= U;
  Yzadd:= Y;
  Ud:=0;
  Up_1:=0;
ELSE
  (**ПИД- алгоритм управления **)
  (*Расчет инерционного задатчика*)
  Yzadd:= (Tk*Yzad + Tzad*Yzadd)/(Tk+Tzad);
  (*Расчет ошибки регулирования*)
  DY:= Yzadd - Y;
  (*Расчет П-составляющей*)
  Up:= Kp*DY;
  (*Расчет И-составляющей*)
  Ui:= (Tk/Tiz)*Up + Ui;
  (*Реализация ограничения И-составляющей*)
  IF Ui > UMAX THEN
    Ui:= UMAX;
  ELSIF Ui < UMIN THEN
    Ui:= UMIN;
  END_IF;
  (*Расчет Д-составляющей*)
  Ud:= (Tpr*(Up-Up_1)+0.2*Tpr*Ud)/(Tk+0.2*Tpr);
  Up_1:=Up; (*Переопределение промежуточной переменной для расчета Д-сост.*)
  (** Расчет управляющего воздействия **)
  U:= Up + Ui + Ud;
END_IF;
(*Реализация ограничения управляющего воздействия*)
IF U > UMAX THEN
  U:= UMAX;
ELSIF U < UMIN THEN
  U:= UMIN;
END_IF;

```

Рис. 6.16 – Код программы ПД - регулятора.

На рис. 6.17 наведені перехідні характеристики що отримані при тестуванні програм ПД – регулювання на моделі об’єкту керування.

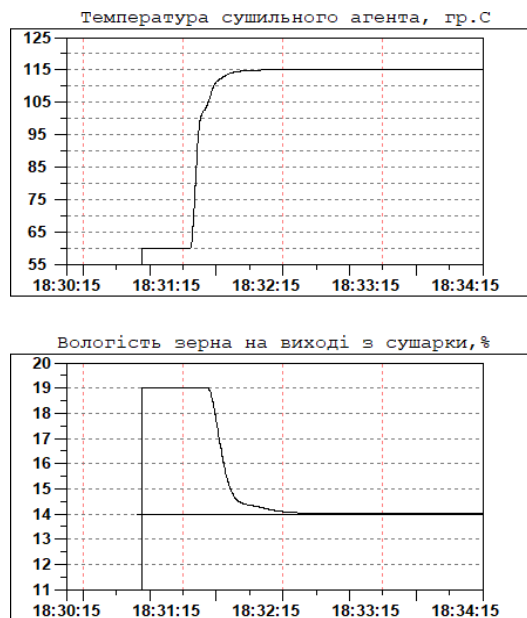


Рис. 6.17 – Перехідні характеристики, отримані при тестуванні і відлагодженні алгоритмів регулювання на моделі ОК.

6.5. Програмна реалізація алгоритмів логічного керування

Програмна реалізація алгоритмів логічного керування виконана в програмному модулі PLC_PRG який обчислюється з кроком 0.05с. Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичного пуску та зупинки наведено на рис. 6.18 та 6.19.

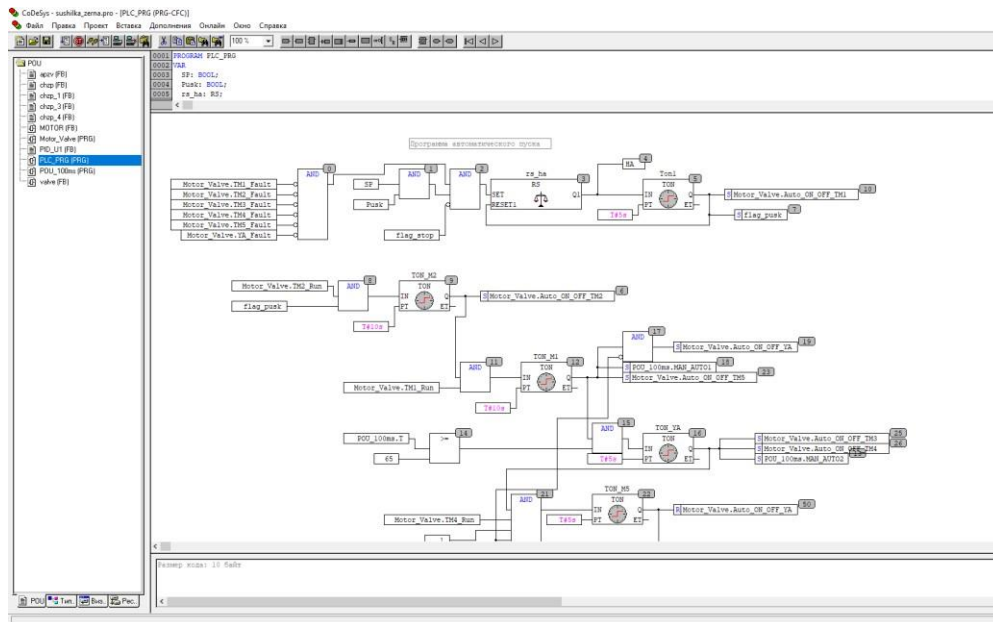


Рис. 6.18 – Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичного пуску.

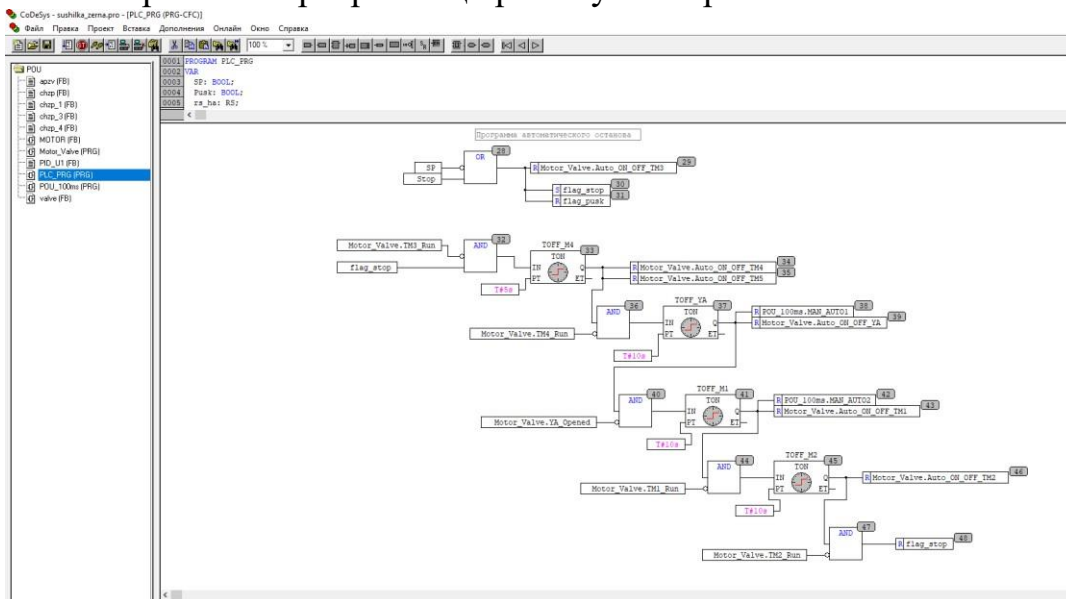


Рис. 6.19 – Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичної зупинки.

Програма логічного керування формує сигнали для підпрограм керування двигунами, клапанами та контурами регулювання. Розрахунок підпрограм керування двигунами та клапанами виконується у програмному модулі Motor_Valve. (рис. 6.20)

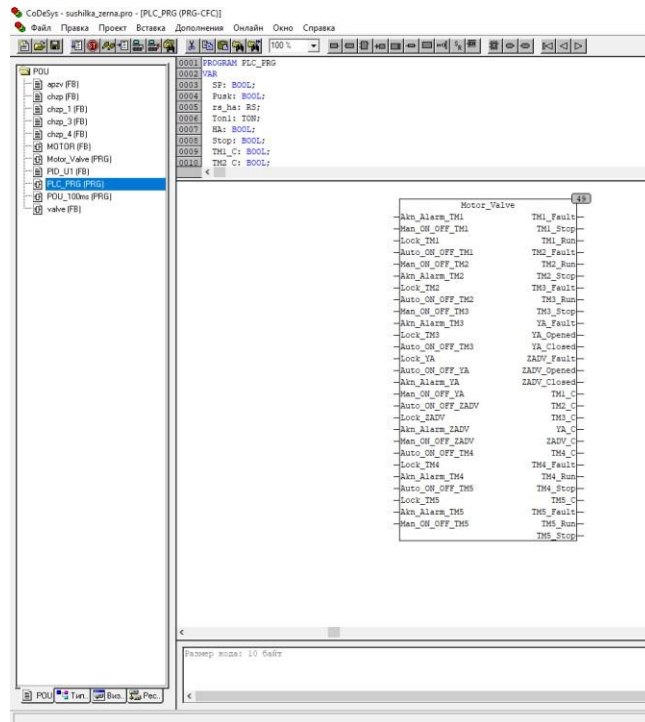


Рис. 6.20 – Фрагмент програми PLC_PRG з викликом модуля Motor_Valve.

Внутрішня структура програмного модуля Motor_Valve наведена на рис. 6.21.

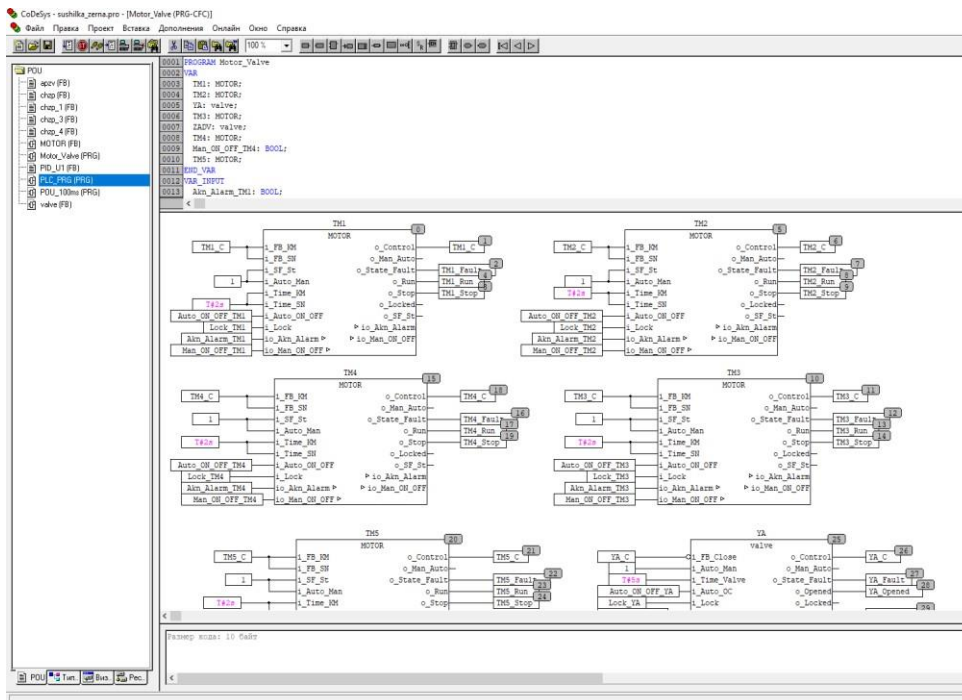


Рис. 6.21 – Фрагмент внутрішньої структури програмного модуля Motor_Valve.

Декілька входів та виходів функціональних блоків управління двигунами та клапанами з'єднуються з входами та виходами контролера для управління та аналізу стану двигуна. Внутрішня структура функціональних блоків керування двигуном на рис. 6.22 та 6.23.

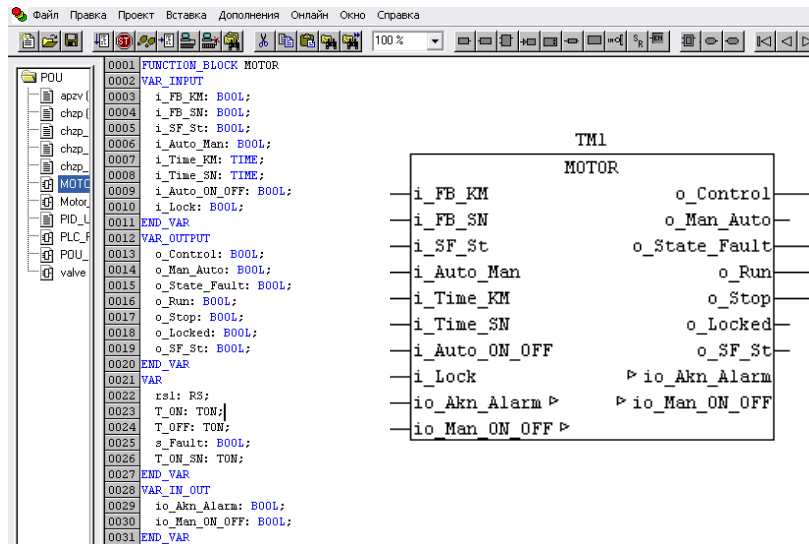
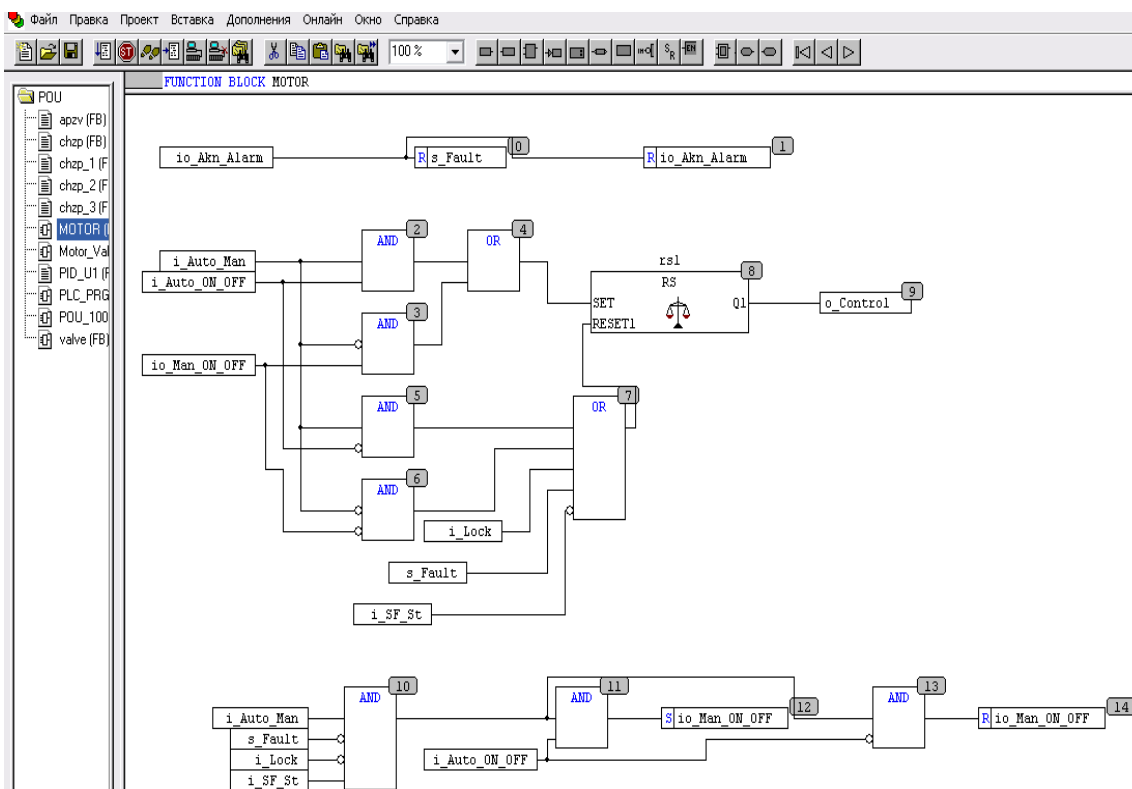


Рис.6.22 – Загальний вигляд блоку керування двигуном та список змінних підпрограми що його реалізує.



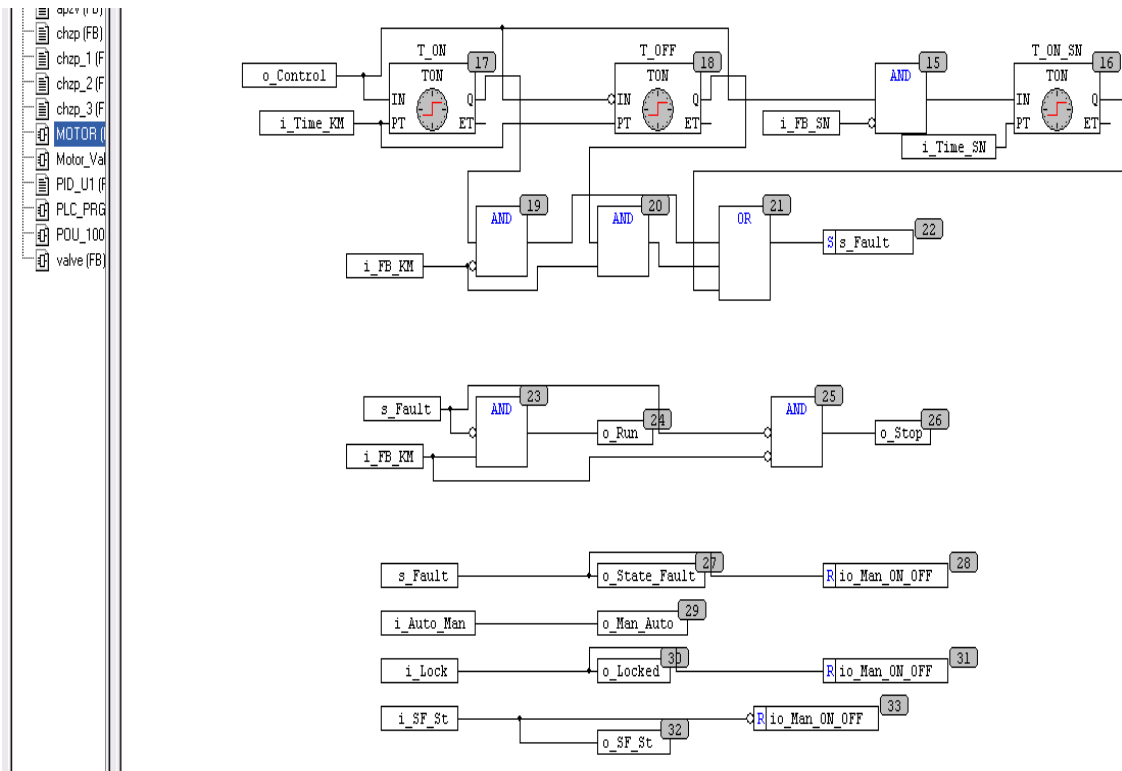


Рис. 6.23 – Фрагмент підпрограми що реалізує блоку керування двигуном (кінець).

Результати тестування програми при виконанні алгоритмів пуску та зупинки підтвердили правильність реалізації. Фрагмент програми та графічний інтерфейс при тестуванні алгоритму пуску наведено на рис. 6.24 та 6.25.

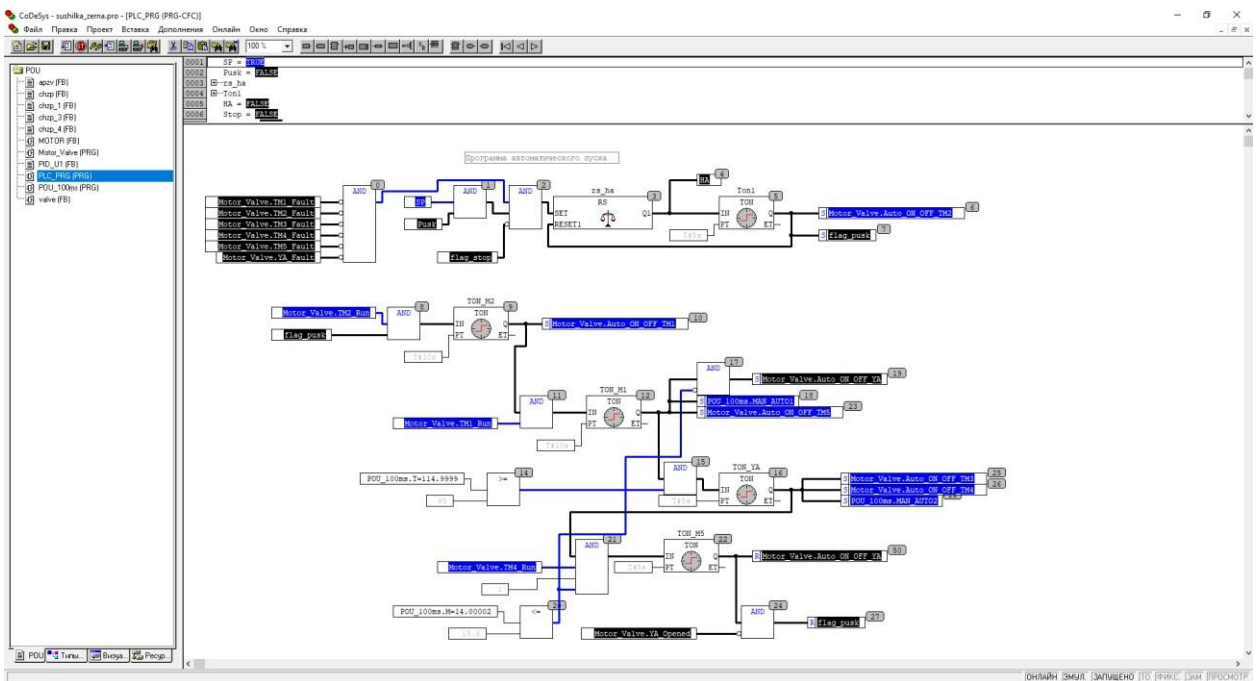


Рис. 6.24 – Фрагмент програми (в режимі тестування) що реалізує алгоритм пуску.

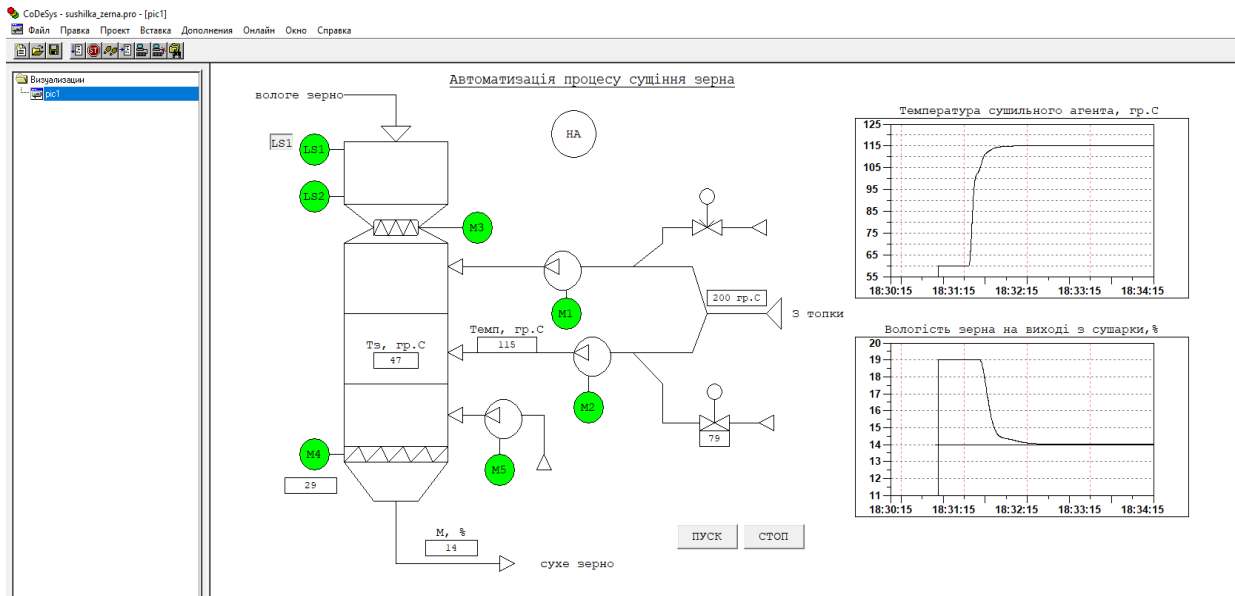


Рис. 6.25 – Фрагмент графічного інтерфейсу оператора.

Результати тестування програми у режимі емуляції контролеру, що реалізує управління пуском та останом процесу сушіння зерна підтверджують коректність реалізації програми моделі САР та програми логічного керування.

6.6. Розробка підсистеми взаємодії автоматизованого робочого місця та мережі контролерів за допомогою OPC-сервера.

Взаємодія автоматизованого робочого місця (АРМ) та мережі контролерів з допомогою OPC - сервер розглянемо на прикладі реалізації зв'язку засобами пакету CoDeSys 2.3, в якому розробляється ПО контролера. Як приклад розглянемо реалізацію зв'язку тільки для контурів регулювання. В наявності контролера WAGO 750-881 не має, тому для тестування в якості цільової платформи оберемо 3S CoDeSys SP PLCWinNT V 2.4. та відзначимо необхідність завантаження символічного файлу (рис. 6.26).

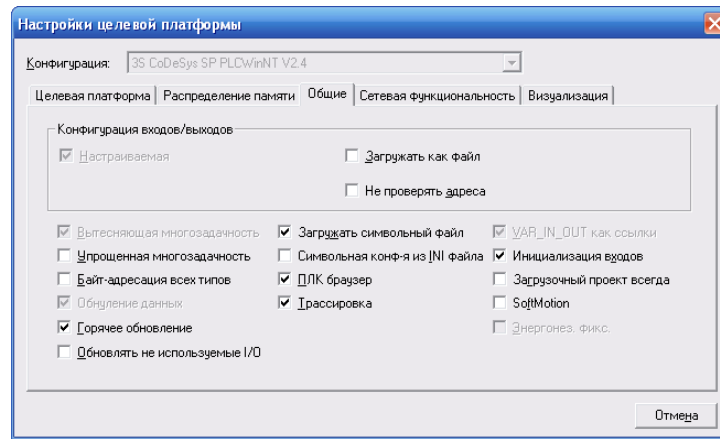


Рис. 6.26 – Загальний вигляд вікна вибору цільової платформи.

Проводимо конфігурацію OPC – серверу у пакеті CoDeSys 2.3, для обміну даними зі SCADA системою. Для цього вказуємо які змінні потрібно включити в мережевий обмін даними (рис. 6.27) та налаштовуємо параметри мережевого зв'язку (рис. 6.28). В мережевий обмін включаємо регульовані змінні та їхні задані значення.

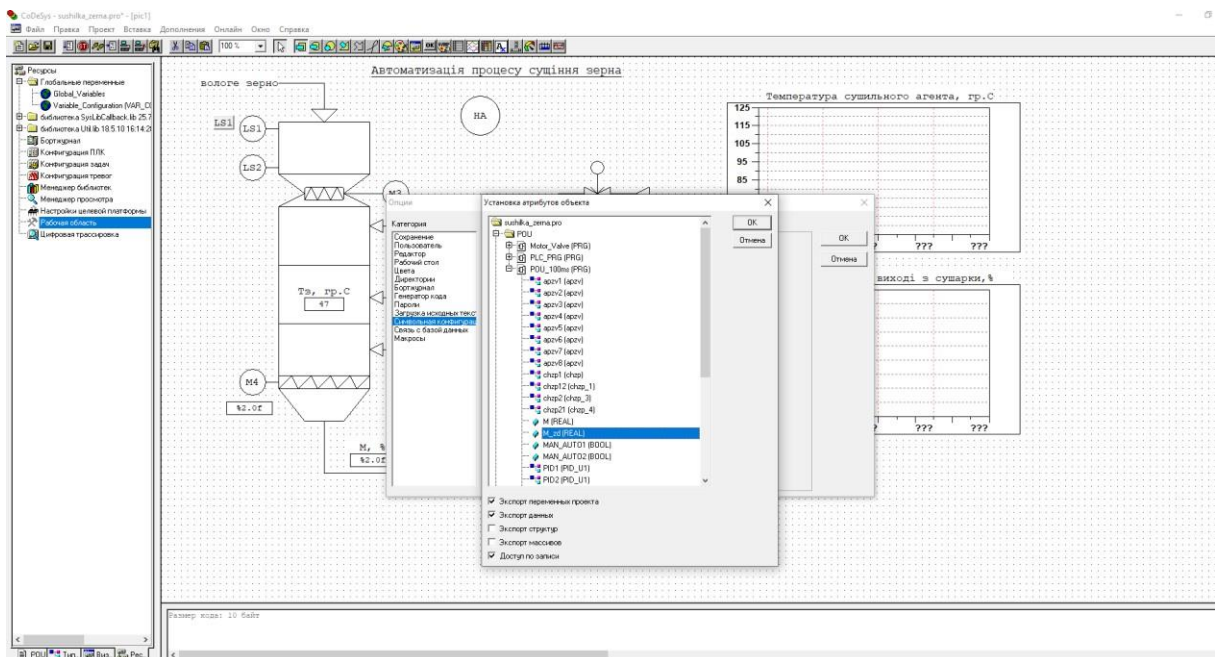


Рис. 6.27 – Фрагмент налаштування символічного файлу для обміну даними з використанням OPC - сервера.

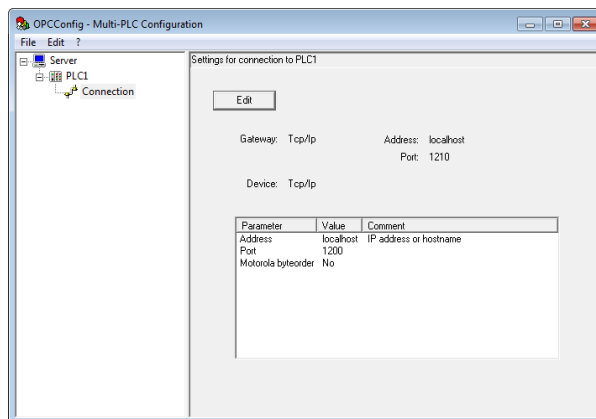


Рис. 6.28 – Вікно налаштування параметрів мережевого зв'язку для OPC -сервера.

Після конфігурації вибрані змінні будуть доступні OPC - клієнтам. Зокрема SCADA-системам.

У середовищі SCADA-системи WinCCFlexible реалізуємо вікно трендів для відображення зміни поточних та заданих значень регульованих змінних. Проводимо підключення до OPC сервера CoDeSys 2.3 в середовищі WinCCFlexible та формування нових тегів.

На рис. 6.29 та 6.30 представлені вікна налаштування мережевого підключення до OPC сервера CoDeSys та створення тегів пов'язаних з OPC сервером в SCADA системі WinCCFlexible.

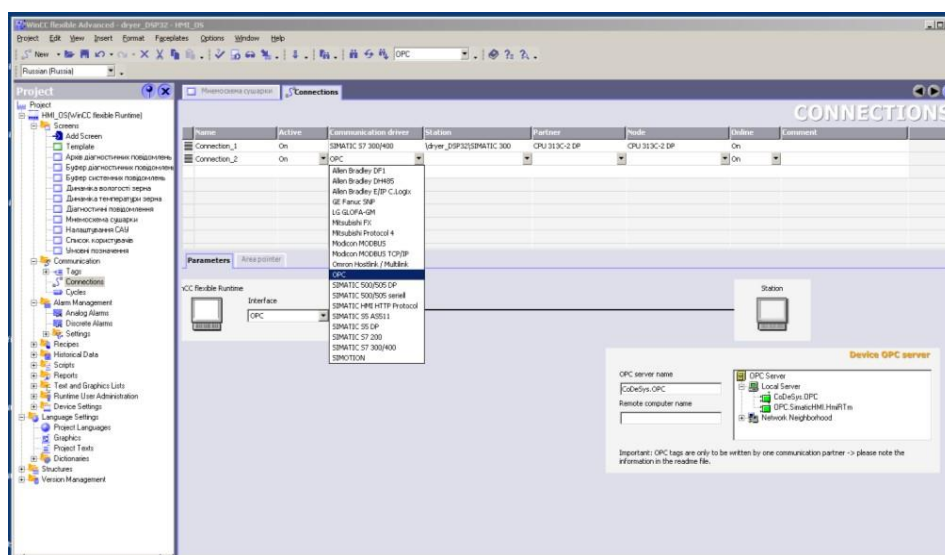


Рис. 6.29 – Вікно створення мережевого підключення до OPC сервера CoDeSys в SCADA системі WinCCFlexible.

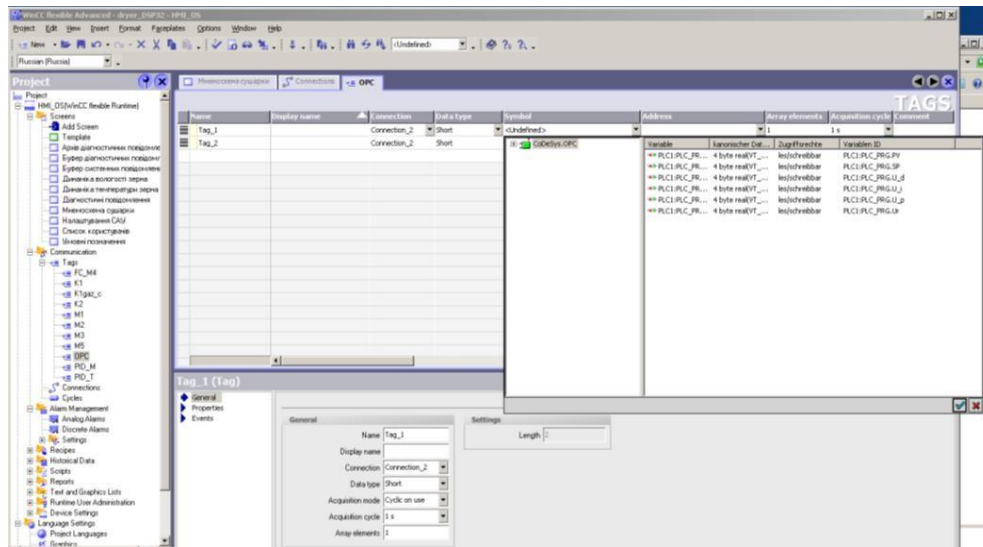


Рис. 6.30 – Вікно створення тегів пов'язаних з OPC сервером CoDeSys в SCADA системі WinCCFlexible.

Результати тестування мережевого обміну даними між SCADA системою WinCCFlexible і програмою контролера створеної в пакеті CoDeSys з допомогою OPC сервера CoDeSys підтвердили обмін даними.

6.7 Висновки за розділом

В даному розділі була розроблена технічна структура мікропроцесорного ядра системи керування процесом сушіння зерна, здійснений вибір промислового контролера та його блоків вводу/виводу, в середовищі CoDeSys розроблені програми, які реалізують алгоритми логічного керування та регулювання, проведена їх перевірка, яка засвідчила роботоспроможність програм та їх відповідність алгоритмам керування.

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА SCADA ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГА І НАЛАДЧИКА САК

7.1. Конкретизація функцій та структури екранів АРМ оператора-технолога.

Робоче місце оператора-технолога процесу сушіння зерна повинно передбачати наявність набору функцій, які максимально охоплюють і забезпечують виконання його професійних обов'язків. З урахуванням цього АРМ оператора-технолога має передбачати можливість виконання оператором наступних функцій:

1. Контролювати значення технологічних параметрів процесу сушіння і задавати режими роботи обладнання.

2. Контролювати стан обладнання зерносушарки (включено, вимкнений, знаходиться в аварії і т.д.) і значення експлуатаційних параметрів обладнання.

3. Керувати запуском і зупинкою обладнання в ручному та автоматичному режимах управління.

4. Керувати окремим обладнанням в ручному режимі.

5. Контролювати виникнення порушень в роботі обладнання і оперативно реагувати на них. Виходячи із викладеного раніше, в проекті, для реалізації АРМ оператора-технолога передбачені наступні екрани:

1) Мнемосхема зерносушарки. Основний екран із зображенням мнемосхеми процесу сушіння дозволяє контролювати хід процесу, керувати обладнанням, міняти режими роботи обладнання та контролювати виникнення порушень в роботі.

2) Графіки. Екран, призначений для відображення графіку зміни температури сушильного агенту та вологості зерна.

3) Технічні повідомлення, Буфер повідомлень. Архів повідомлень. Екрани, призначені для відображення діагностичних повідомлень різних класів.

4) Умовні позначення. Екран допомоги для нових недосвідчених користувачів.

7.2. Розробка екранів АРМ оператора-технолога

7.2.1. Шаблон екранів.

Шаблон екранів створюється в окремому підрозділі графічного редактора екранів SCADA-системи WinCCFlexible. Графічні елементи розташовані у вікні шаблону (рис.7.1) будуть присутні на всіх екранах що входять в проект.

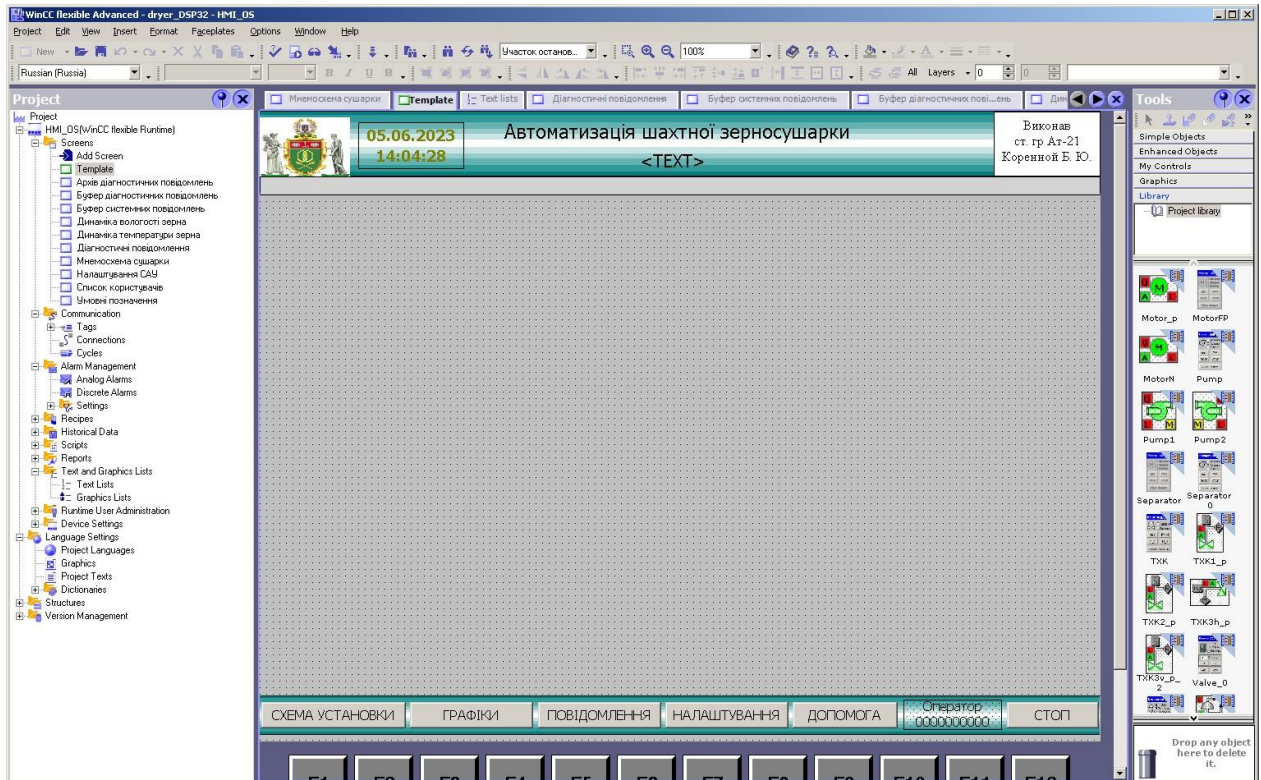


Рис.7.1 – Загальний вигляд шаблону вікон.

Шаблон екранів включає заголовок екрану і меню перемикання екранів АРМ. Заголовок екрану створений з використанням типових елементів графічного редактора системи WinCCflexible. Він включає логотипи академії та розробника проекту, загальна назва технологічного процесу, елементи відображення поточної дати і часу, елемент відображення поточної активної помилки, а також текстове поле виведення назви поточного активного вікна. Висновок назви вікна здійснюється за допомогою виклику підпрограми (рис.7.2). Підпрограма викликається з системної події - «Change screen».

```

Sub DisplayCurrentScreenName( )
1  WARNING!
2  *****
3  This is a generated script.
4  Do not modify this script!
5  *****
6
7
8 Dim o
9 Set o = HmiRuntime.Screens("OverView").ScreenItems("TemplateTextFieldScreenName")
10 o.Text = HmiRuntime.BaseScreenName
11
12

```

Рис.7.2 – Вихідний код підпрограми відображення назви активного вікна.

Меню переключення екранів складається з набору кнопок, що дозволяють виконувати перемикання між різними графічними вікнами. Для перемикання вікон використовуються спеціальні системні функції (рис. 7.3).

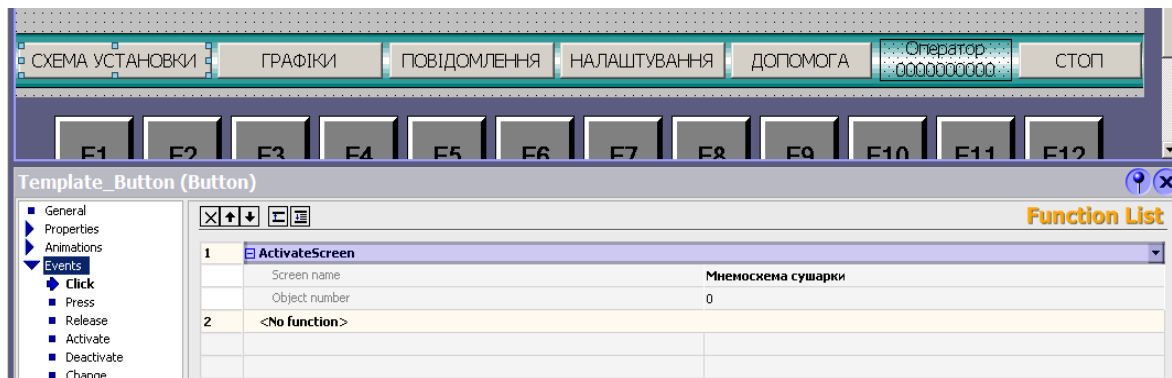


Рис.7.3 – Приклад використання системної функції «ActivateScreen» для перемикання екранів графічного інтерфейсу.

У заголовку екрану також відображається ім'я поточного активного користувача. Ім'я користувача виводиться у текстовому полі за допомогою функції «GetUserName», яка викликається системою подією «Change user» (рис.7.4). Кнопки «Вхід» та «Вихід» (розташовані на окремому екрані) дозволяють увійти в профіль користувача, або ж вийти з профілю. Реєстрація нових користувачів здійснюється при натисканні кнопки «Реєстрація».

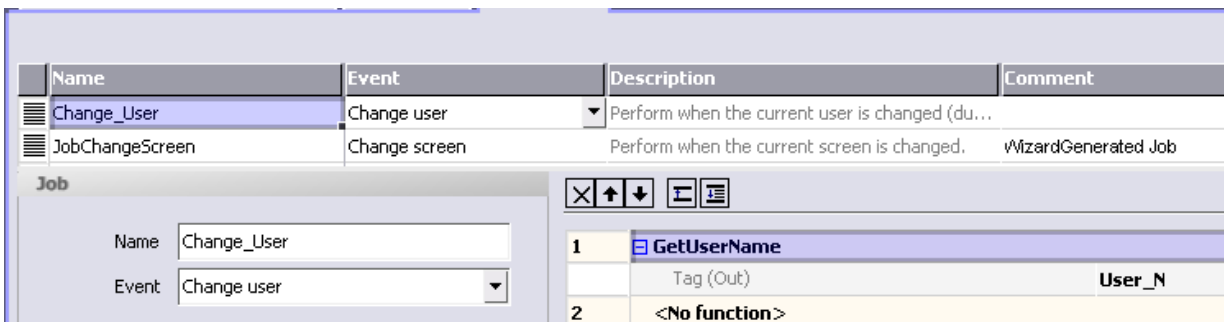


Рис. 7.4 – Вікно налаштування обробки системних подій в планувальнику завдань «Scheduler».

7.2.2. Мнемосхема сушарки.

Основне вікно «Мнемосхема сушарки» (рис. 7.5) містить схематичне зображення зерносушарки з елементами відображення і управління. Зображення агрегатів зерносушарки створено в графічному редактор SCADA - системи WinCCFlexible з використанням стандартних елементів графічної бібліотеки цього редактора. Встановлені на мнемосхемі графічні елементи відображення і управління дозволяють оператору контролювати стан обладнання і значення технологічних параметрів, а також керувати обладнанням.

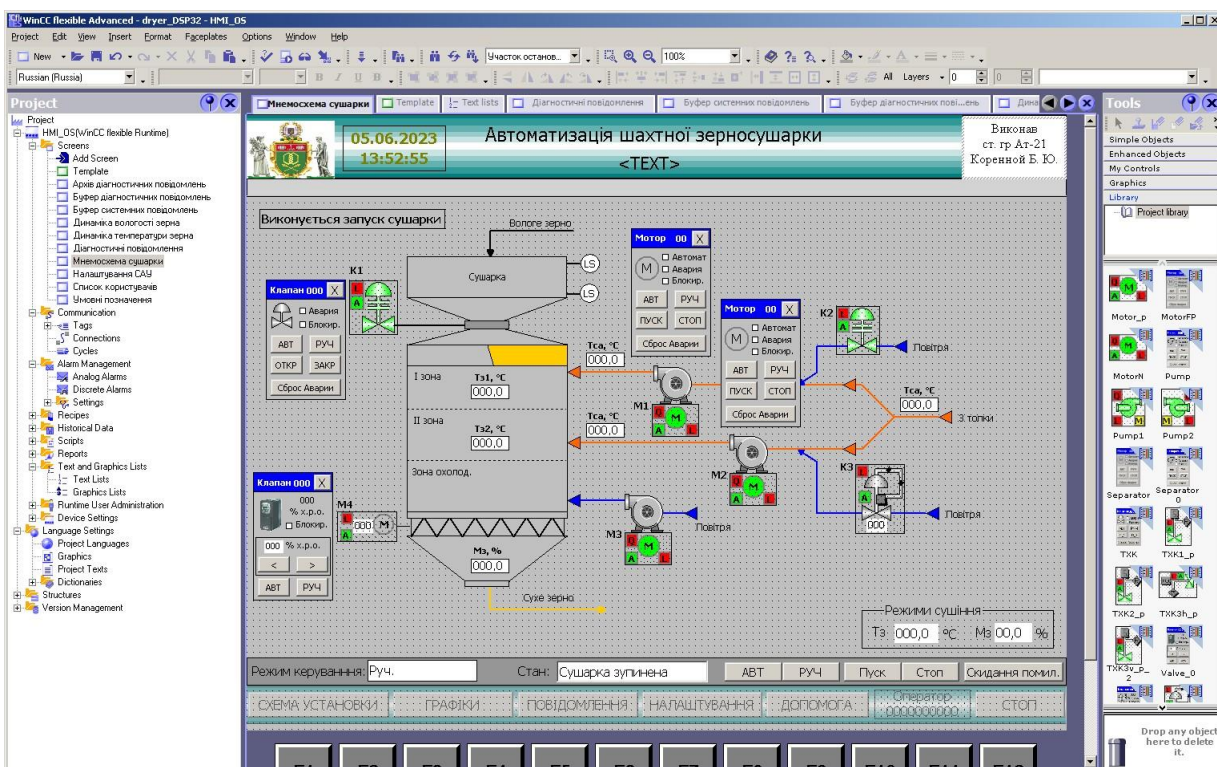


Рис. 7.5 – Загальний вигляд вікна «Мнемосхема сушарки».

Відображення поточних значень і введення заданих значень технологічних параметрів виконується з використанням елементів «IO Field», які пов'язують з відповідними тегамі. Відображення дискретних сигналів з датчиків виконується за допомогою елементів «Circle» за рахунок зміни їх кольору. Також зміною кольору елементів мнемосхеми волочильного стану або появою стрілок вказують напрямку потоку складових, холодної та теплої води, відображається включення двигунів і відкриття клапанів.

Контроль стану двигунів і клапанів реалізований з використанням спеціально розроблених в редакторі «Faceplate» екранних форм (рис. 7.6).

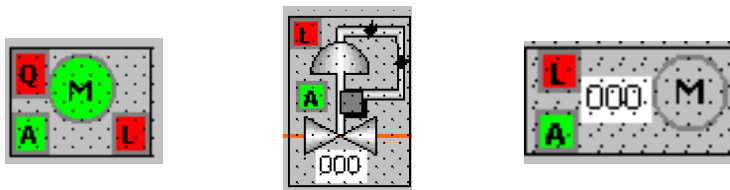


Рис. 7.6 – Екранні форми для контролю стану двигунів та виконавчих пристроїв.

Екранні форми підключаються до відповідних тегів у контролері і відображають стан і режим роботи обладнання.

Керувати двигунами і клапанами оператор може з використанням спеціальних екранних форм керування (рис. 7.7).

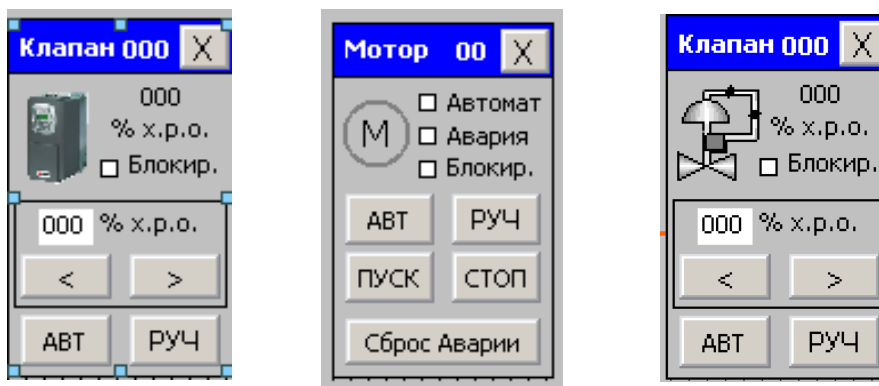


Рис. 7.7 – Екранні форми для керування двигунами і клапанами.

Екранні форми управління також прив'язуються до тегів контролера і дозволяють оператору міняти режим роботи (АВТ / РУЧ) клапана або двигуна, управляти їх станом, підтвердити помилки при їх виникненні. На рис. 7.8 представлений приклад прив'язки тегів до екранної форми управління двигуном. Створені екранні форми згруповані в спеціальній бібліотеці і можуть використовуватися при створенні інших проектів.

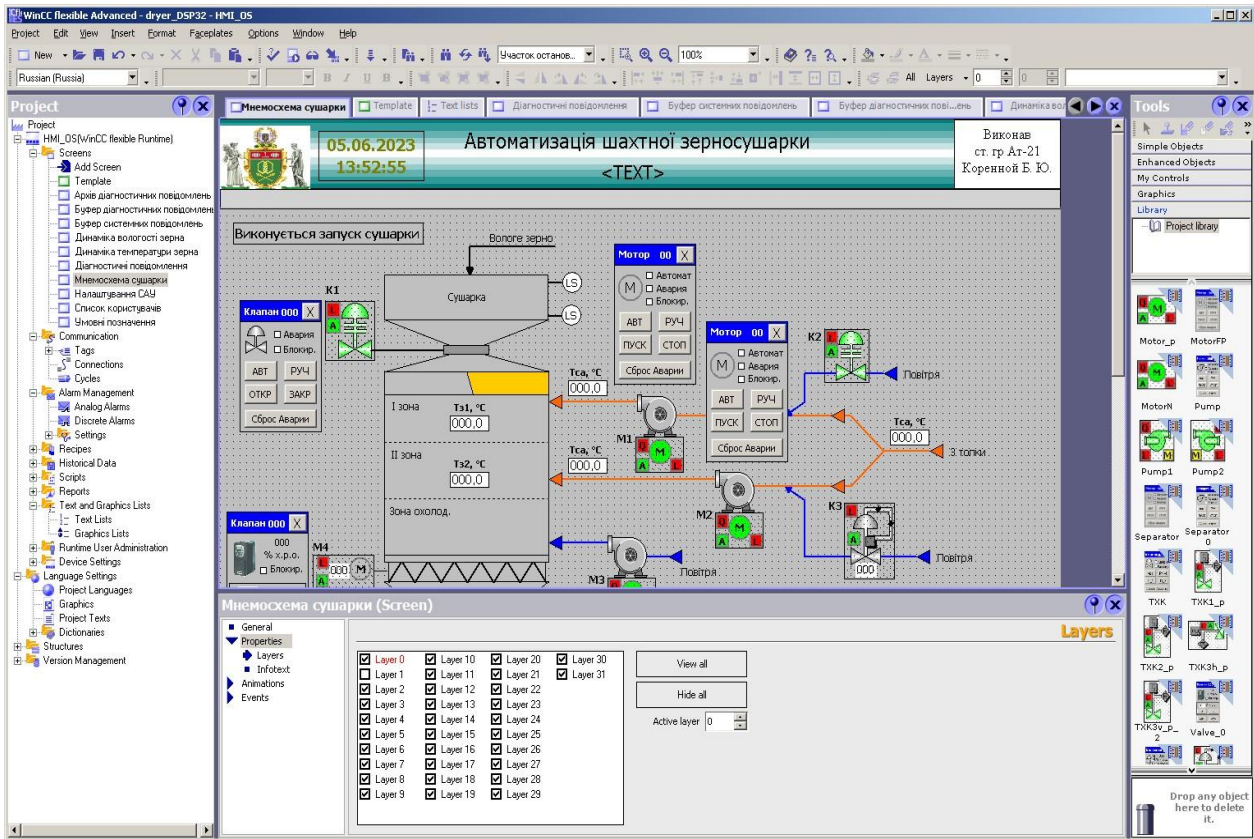


Рис. 7.8 – Фрагмент вікна прив'язки тегів до екранної форми керування двигуном.

На малюнку 7.9 представлений екран «Мнемосхема сушарки» при працюючому в автоматичному режимі, без порушень режиму роботи і справному обладнанні. А на малюнку 7.10 представлений цей же екран, але з відкритими екранними формами управління клапанами і двигунами. Екранні форми управління викликаються натисканням лівої кнопки миші на відповідній екранній формі контролю стану двигуна або клапана. Детальну інформацію про екранних формах контролю стану двигунів або клапанів з розшифровкою їх станів оператор може отримати в екранній формі «Допомога» (рис. 7.11).

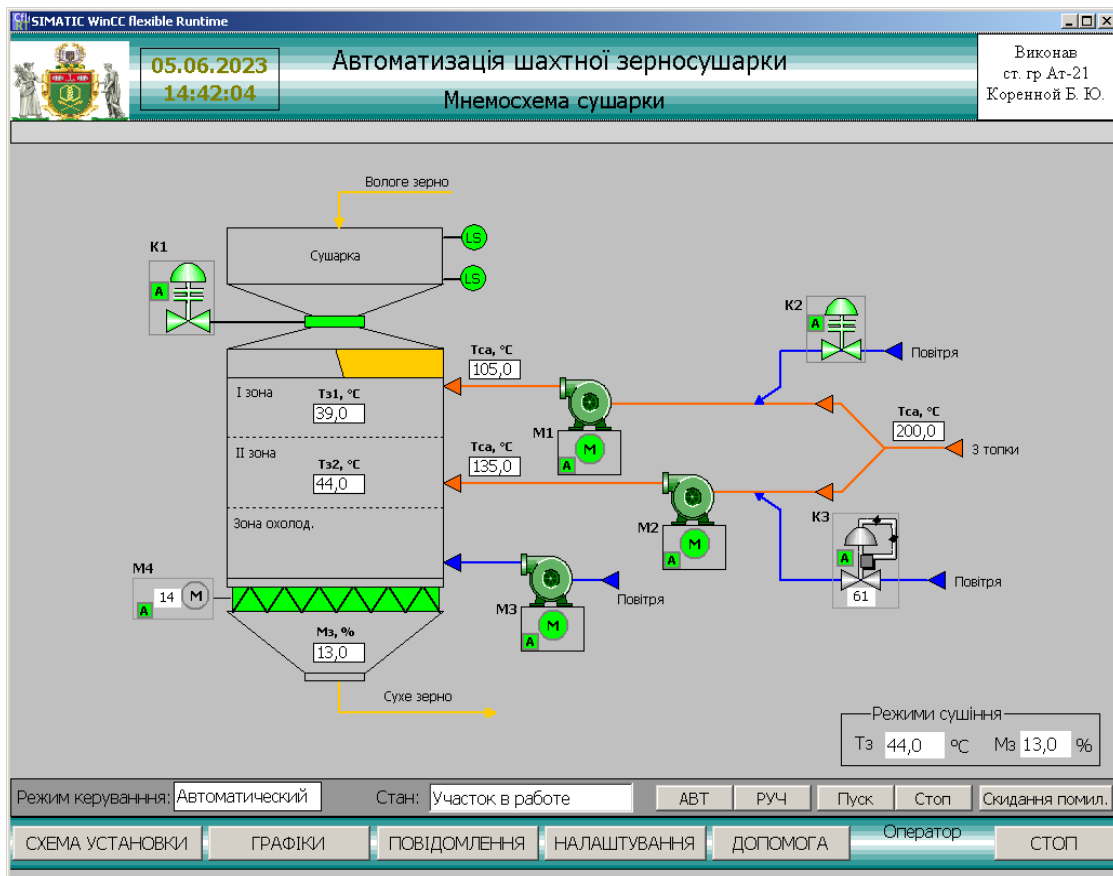


Рис. 7.9. – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема сушарки» при нормальній роботі.

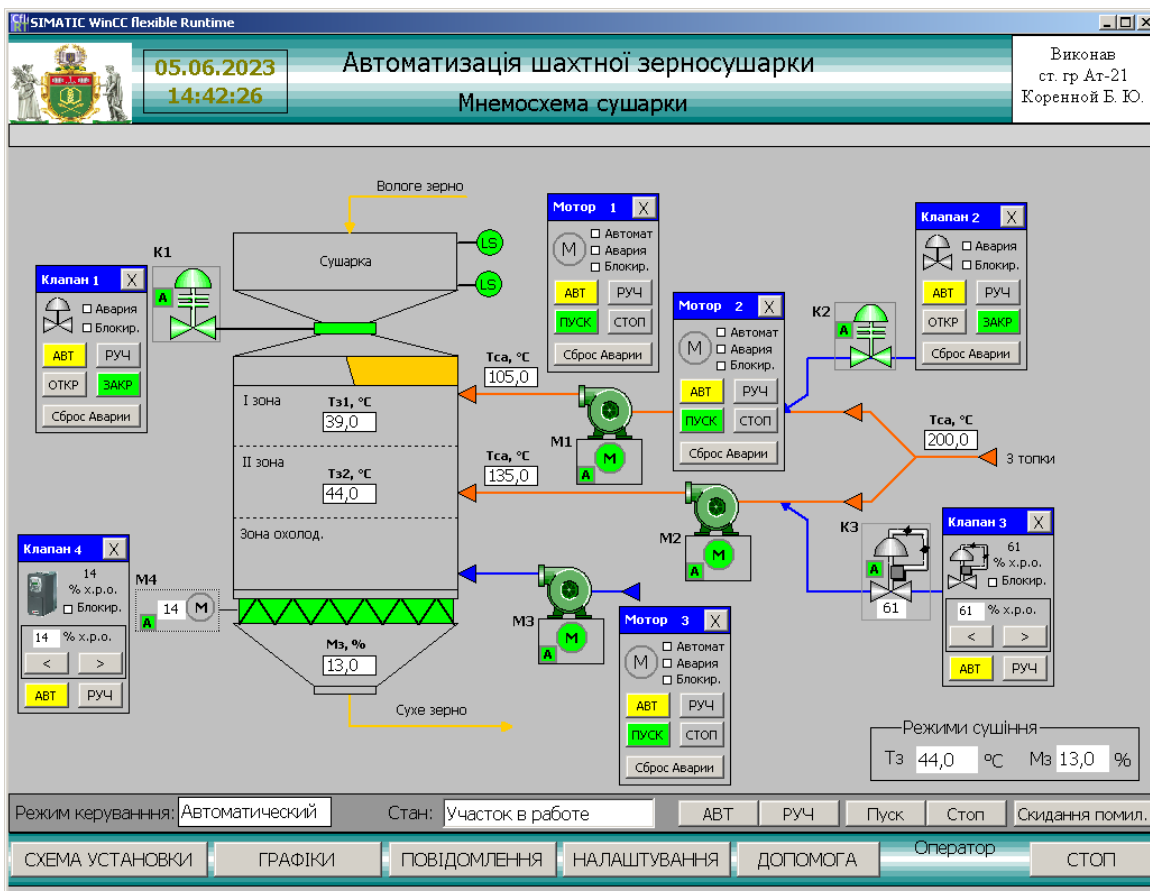


Рис. 7.10.– Загальний вигляд екрану «Мнемосхема сушарки» при відкритих екранних формах управління двигунами і клапанами.

7.2.3. Экран «Допомога».

Экран «Допомога» розроблений як вікно допомоги оператору. На цьому екрані розшифровані умовні позначення, кольору і літерні позначення, які використовуються в основному екрані «Мнемосхема сушарки».



Рис.7.11 – Загальний вигляд екрану «Допомога».

Вивчивши умовні позначення, оператор зможе однозначно інтерпретувати поточний стан двигуна або клапана за його екранній формі. Вивчення цього екрани особливо актуально для нових, тільки приступили до роботи, операторів.

7.2.4. Графіки зміни технологічних параметрів.

Для реєстрації змін основних технологічних параметрів в проекті передбачено вікна побудови графіків зміни температури зерна та вологості зерна. Для побудови графіків використовується елемент «Trend View» із стандартної бібліотеки SCADA - системи WinCCFlexible. На малюнку 7.12 представлений вікно реєстрації

температури, а на малюнку 7.13 приклад налаштування елемента «Trend View» і його прив'язки до тегів контролера.

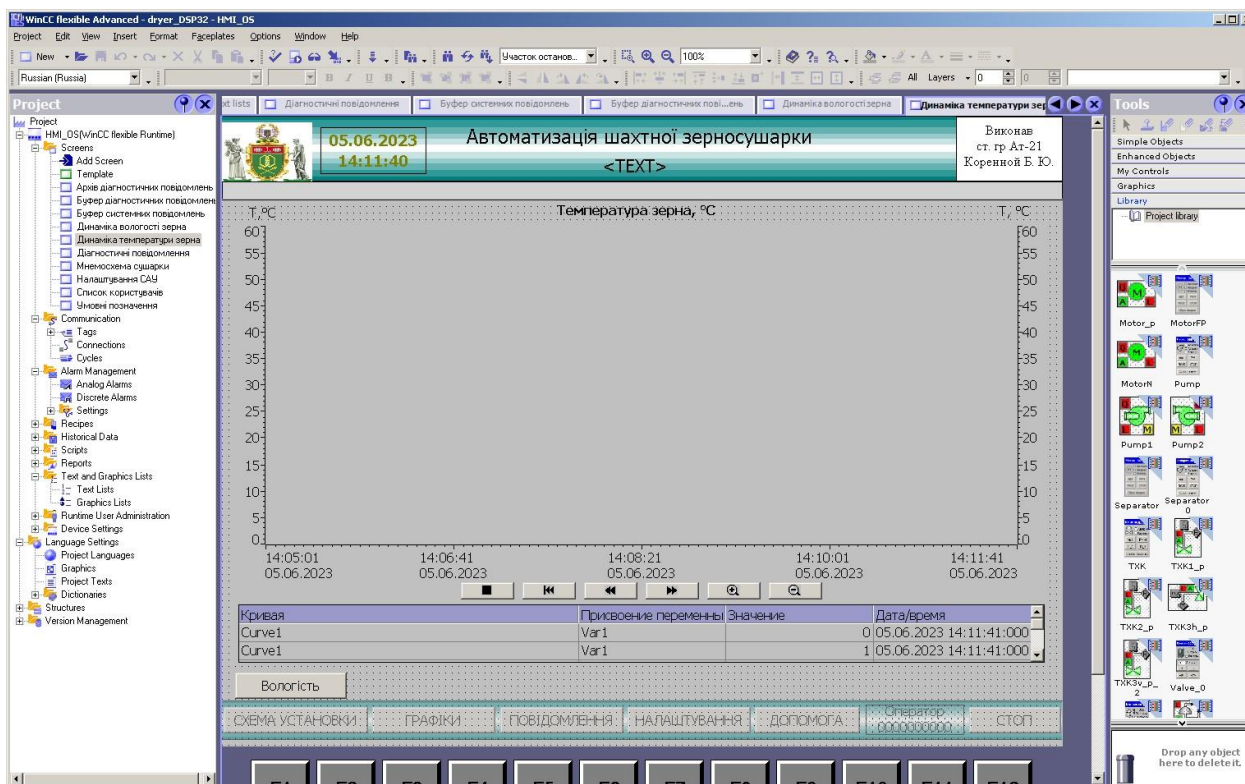


Рис.7.12 – Экран реєстрації температури.

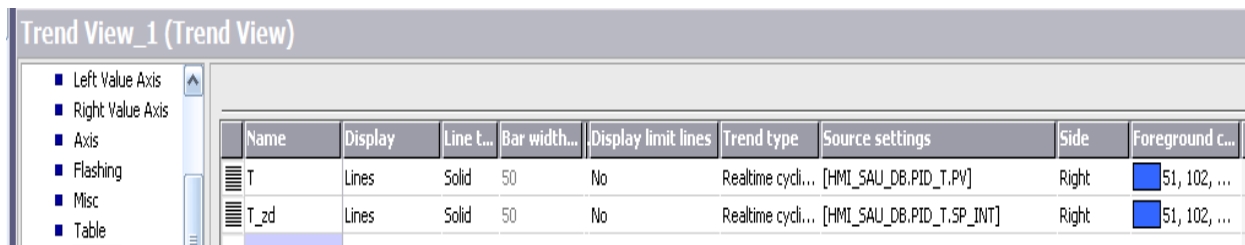


Рис.7.13 – Приклад налаштування елемента «Trend View».

На рис. 7.14 представлені графіки зміни температури сушильного агента та вологості зерна під час пуску сушарки у роботу.

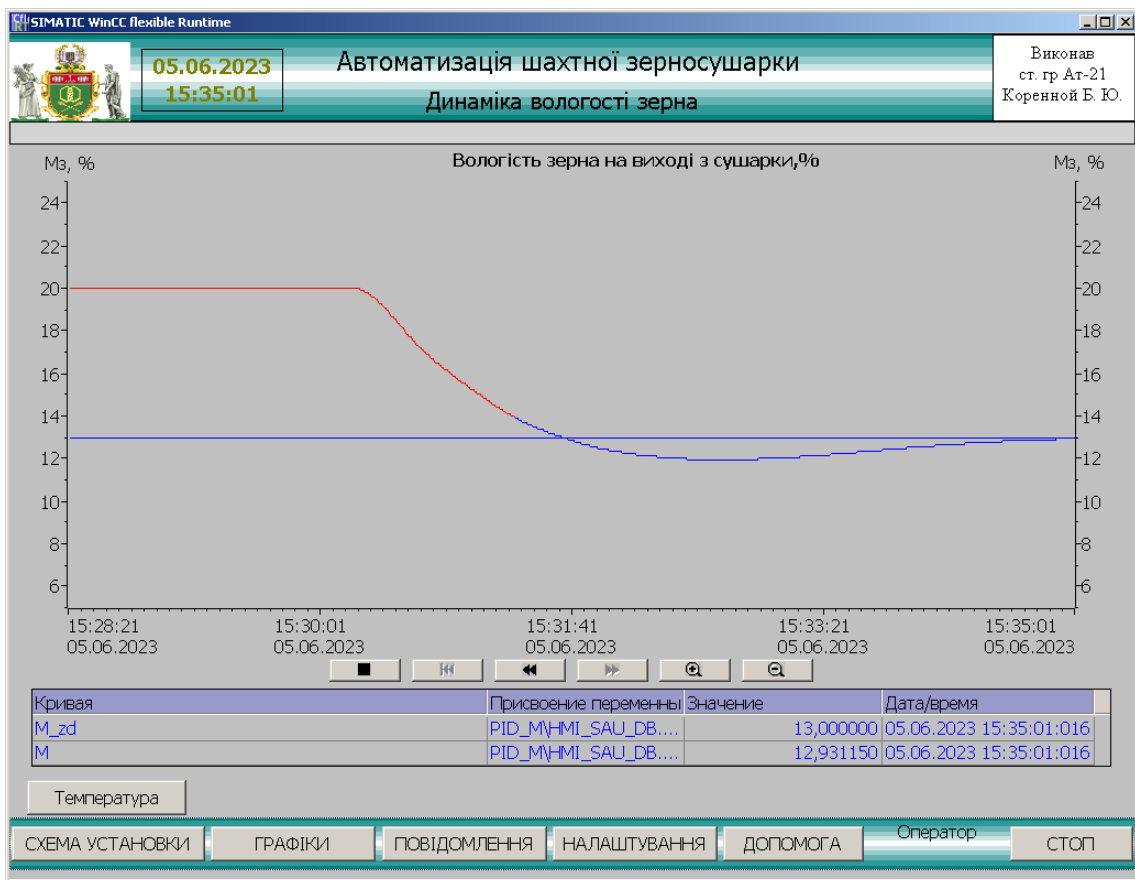
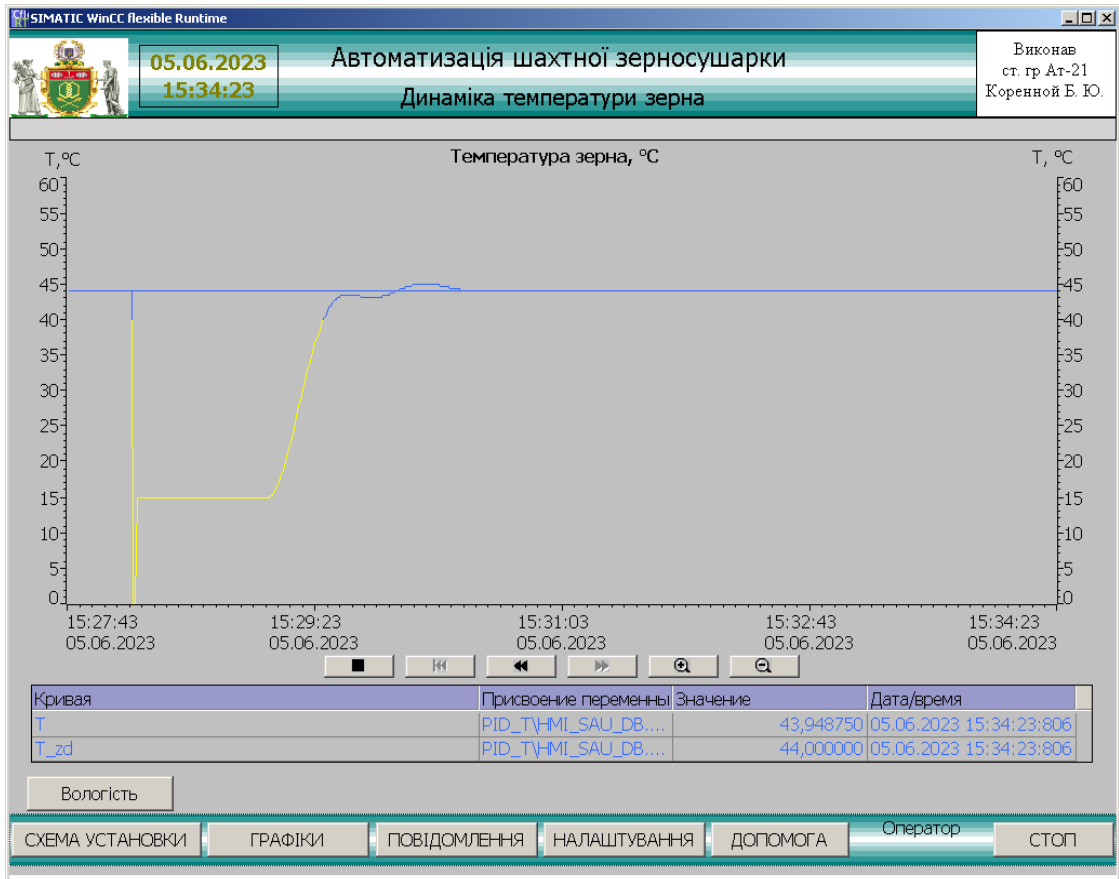


Рис. 7.14.– Графіки зміни температури та вологості зерна.

7.2.5. Діагностичні повідомлення.

Для інформування оператора про стан технологічного процесу і події виникають з обладнанням процесу сушіння в проекті створена система повідомлень з використанням відповідного редактора SCADA - системи WinCCFlexible. Система повідомлень включає повідомлення обумовлені користувачем і системні повідомлення. Повідомлення, обумовлені користувачем, розділені на дискретні і аналогові і належать класам «Warnings» (попередження) і «Errors» (помилки). Повідомлення класу «Errors» інформують про критичні або небезпечних робочих станах заносяться в архів. Фрагменти списків дискретних і аналогових повідомлень, класів повідомлень представлені на малюнках 7.15 - 7.17.

Text	Number	Class	Trigger Tag	Trigger bit	Trigger address
Управление клапаном K1 заблокировано	1	Warnings	K1_alarm_state	14	DB 1 DBX 60.6
Ошибка клапана K1	2	Errors	K1_alarm_state	15	DB 1 DBX 60.7
Клапан K1 закрыт	3	Warnings	K1_alarm_state	0	DB 1 DBX 61.0
Клапан K1 открыт	4	Warnings	K1_alarm_state	1	DB 1 DBX 61.1
Ошибка двигателя M1	5	Errors	B1_alarm_state	15	DB 1 DBX 0.7
Управление двигателем M1 заблокировано	6	Warnings	B1_alarm_state	14	DB 1 DBX 0.6
Двигатель M1 выключен	7	Warnings	B1_alarm_state	0	DB 1 DBX 1.0
Двигатель M1 включен	8	Warnings	B1_alarm_state	1	DB 1 DBX 1.1
Ошибка двигателя M2	9	Errors	B2_alarm_state	15	DB 1 DBX 10.7
Управление двигателем M2 заблокировано	10	Warnings	B2_alarm_state	14	DB 1 DBX 10.6
Двигатель M2 выключен	11	Warnings	B2_alarm_state	0	DB 1 DBX 11.0
Двигатель M2 включен	12	Warnings	B2_alarm_state	1	DB 1 DBX 11.1
Ошибка двигателя M3	17	Errors	B3_alarm_state	15	DB 1 DBX 20.7
Управление двигателем M3 заблокировано	18	Warnings	B3_alarm_state	14	DB 1 DBX 20.6
Двигатель M3 включен	19	Warnings	B3_alarm_state	1	DB 1 DBX 21.1
Двигатель M3 выключен	20	Warnings	B3_alarm_state	0	DB 1 DBX 21.0
Ошибка вытяжного вентилятора M5	25	Errors	B4_alarm_state	15	DB 1 DBX 30.7
Вытяжной вентилятор M5 выключен	26	Warnings	B4_alarm_state	0	DB 1 DBX 31.0
Вытяжной вентилятор M5 включен	27	Warnings	B4_alarm_state	1	DB 1 DBX 31.1
Управление вытяжным вентилятором M5 заблокировано	28	Warnings	B4_alarm_state	14	DB 1 DBX 30.6

Рис.7.15 – Фрагмент вікна редактора дискретних повідомлень.

Text	Number	Class	Trigger tag	Limit	Trigger mode
Влажность зерна выше верхнего предела	5	Warnings	HMI_SAU_DB.PID_M.PV	14	On rising edge
Влажность зерна ниже нижнего предела	6	Warnings	HMI_SAU_DB.PID_M.PV	11	On falling edge
Температура зерна выше верхнего предела	1	Warnings	HMI_SAU_DB.PID_T.PV	48	On rising edge
Температура зерна ниже нижнего предела	2	Warnings	HMI_SAU_DB.PID_T.PV	40	On falling edge

Рис.7.16 – Фрагмент вікна редактора аналогових повідомлень.

Name	Display name	Acknowledgment	Log	E-mail address	C color	CD color	CA color	CDA color
Errors	!	On "activated"	Alarm_log_1		Red			
Diagnosis Events	S7	Off	<No log>					
Warnings		Off	<No log>					
System	\$	Off	<No log>					

Рис. 7.17 – Загальний вигляд вікна класів повідомлень.

Відображення повідомлень на екрані виконується за допомогою елемента «Alarm View», який може бути налаштований на виведення поточних активних повідомлень, вмісту буфера повідомлень, вмісту архіву повідомлень. При цьому можуть виводитися на екран повідомлення різних класів. На малюнку 7.18 представлений приклад екрану з елементами «Alarm View» налаштованими на виведення поточних активних робочих повідомлень і повідомлень про несправності, а на малюнку 7.19 представлено вікно властивостей елемента «Alarm View» налаштованого на виведення поточних активних повідомлень про несправності, що відносяться до класу «Errors».

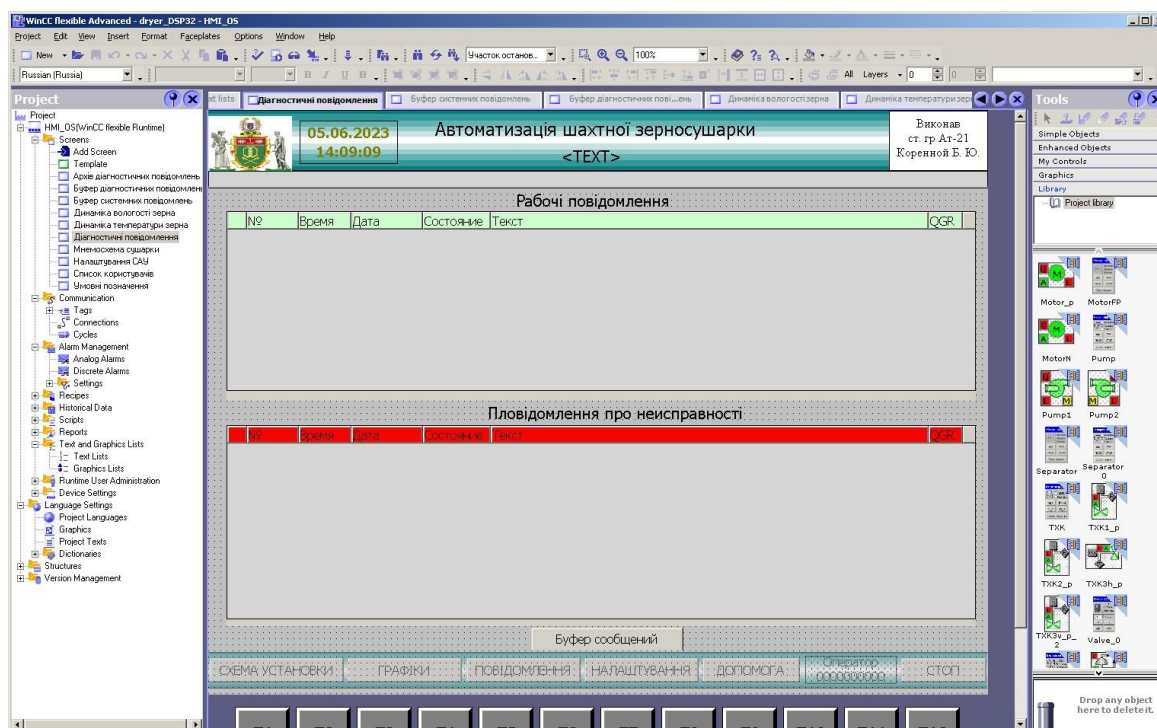


Рис.7.18 – Загальний вигляд екрану виведення поточних активних діагностичних повідомлень.

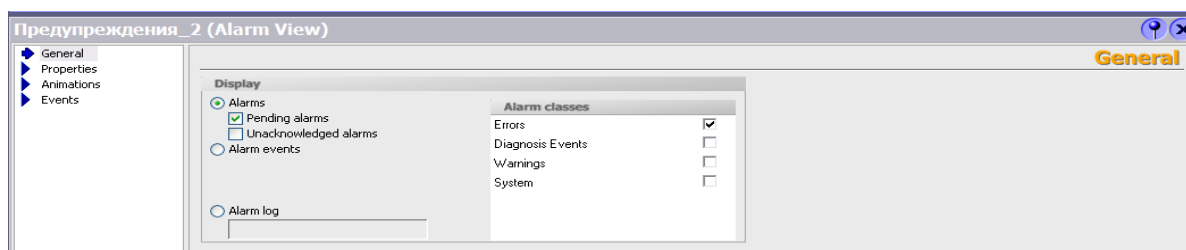


Рис. 7.19 – Загальний вигляд вікна налаштування властивостей елемента виведення повідомлень «Alarm View».

Приклади екранів, призначених для виведення буфера повідомлень і вмісту архіву повідомлень, представлені на малюнках 7.20, 7.21.

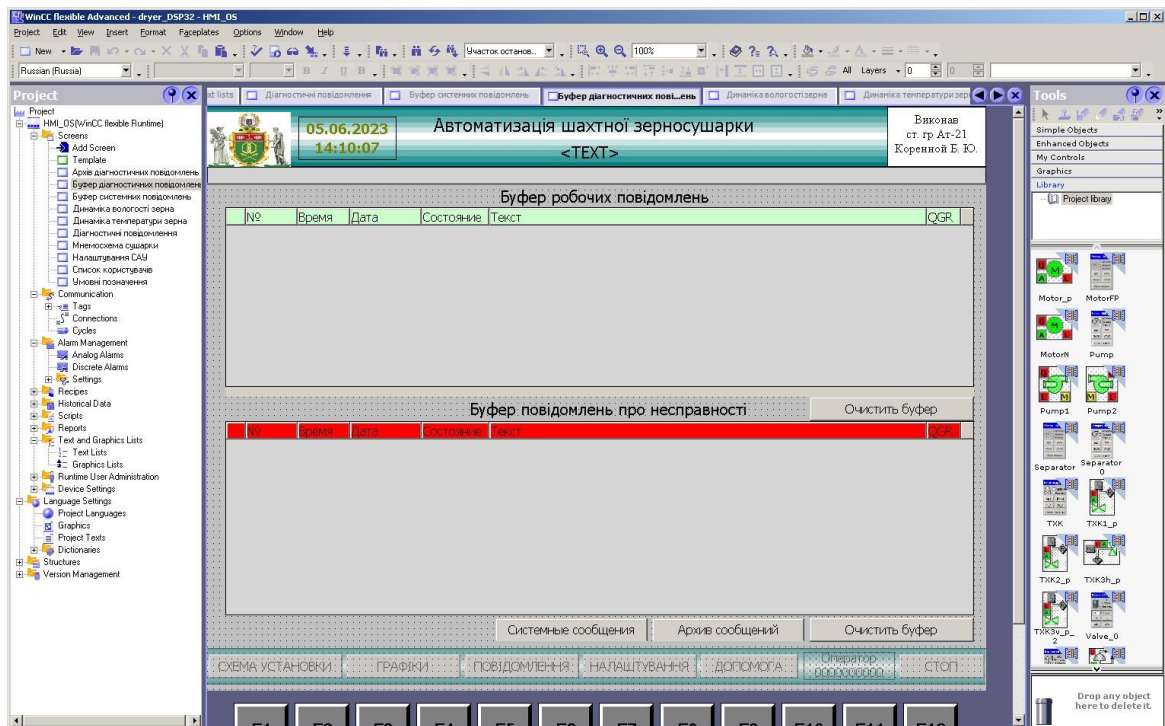


Рис. 7.20 – Загальний вигляд вікна відображення вмісту буфера діагностичних повідомлень.

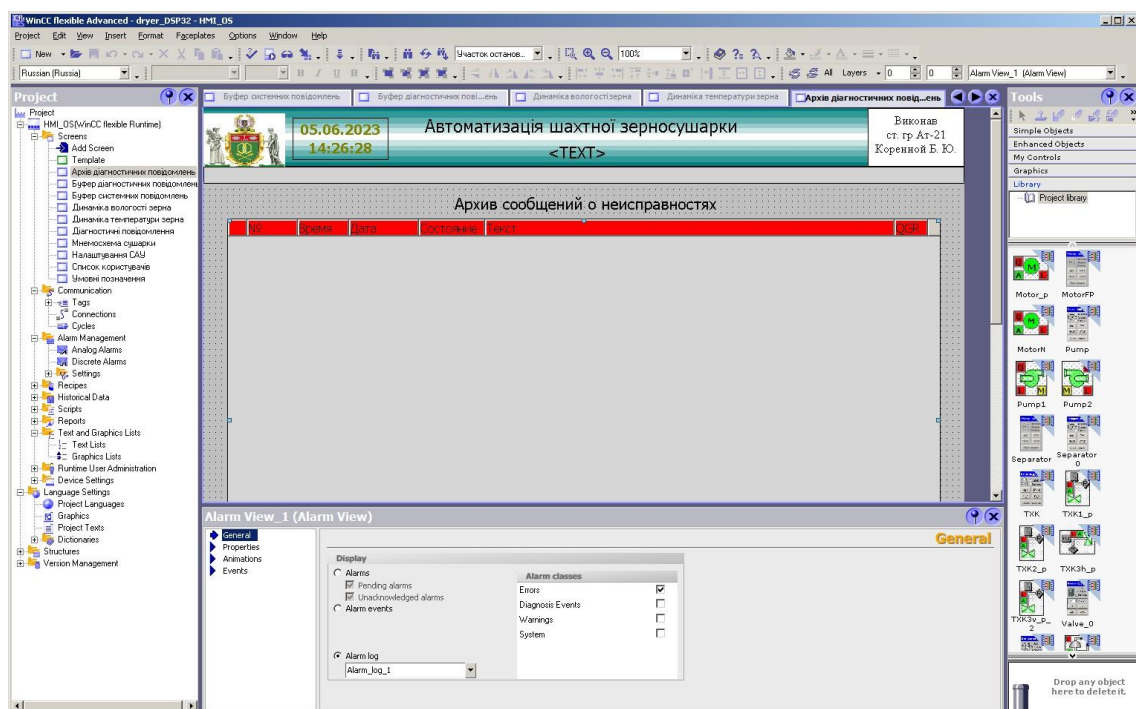


Рис.7.21 – Приклад налаштування елемента відображення вмісту архіву з повідомленнями про несправності.

На малюнках 7.22 - 7.25 представлені екрани, що демонструють роботу системи повідомлень для повідомлень, що визначаються користувачем.

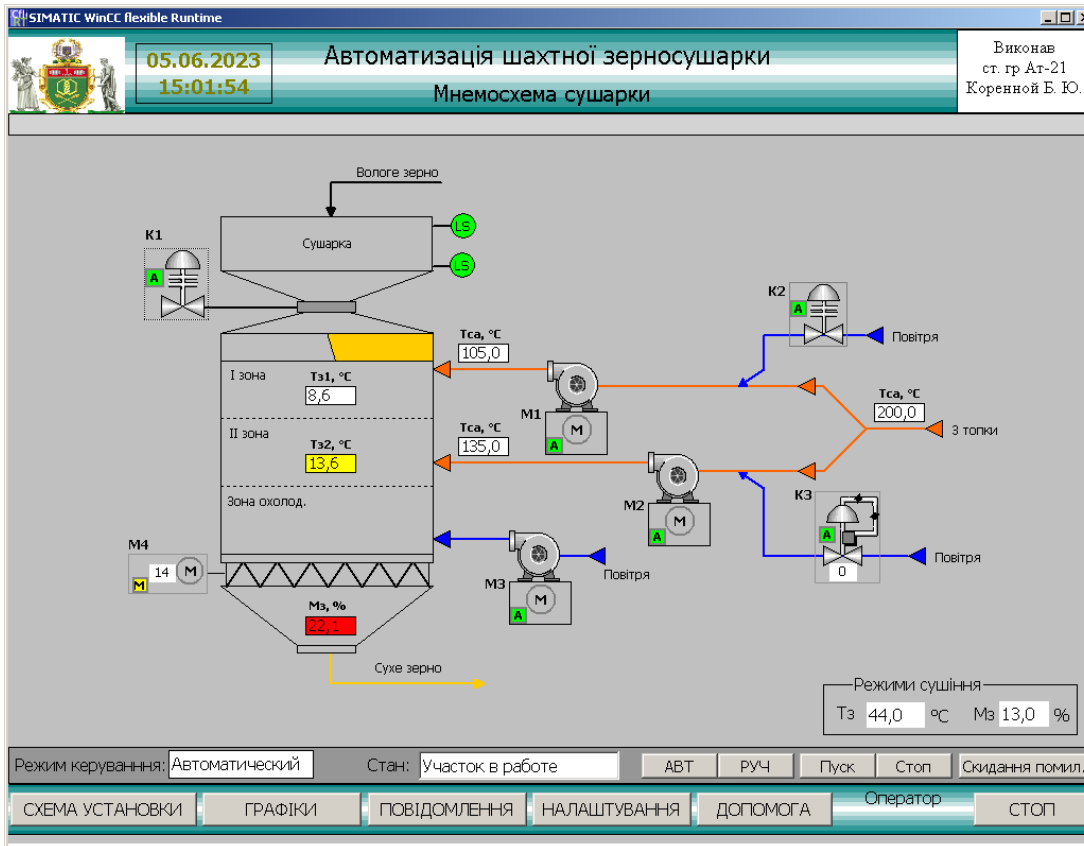


Рис.7.22 – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема сушарки» при виникненні помилки.

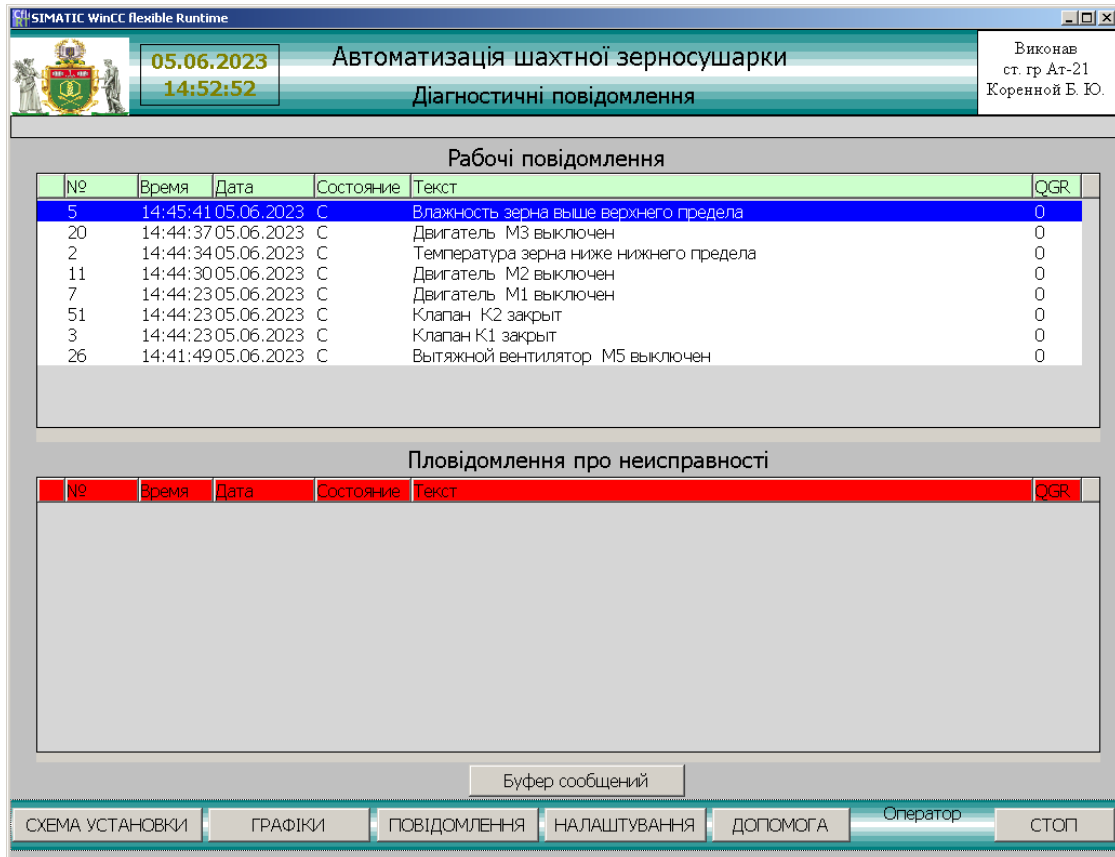


Рис.7.23 – Загальний вигляд екрану з поточними повідомленнями.

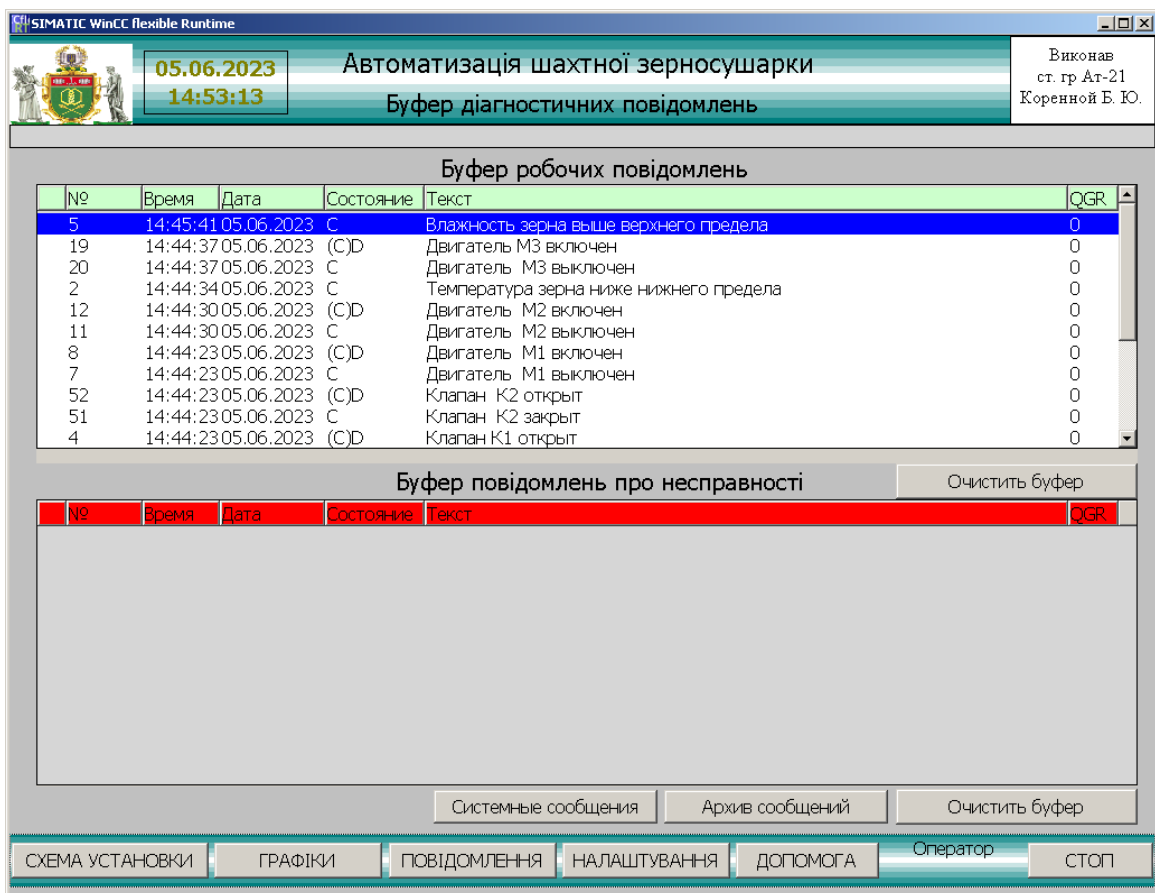


Рис.7.24 – Загальний вигляд екрану з відображенням буфера повідомлень.

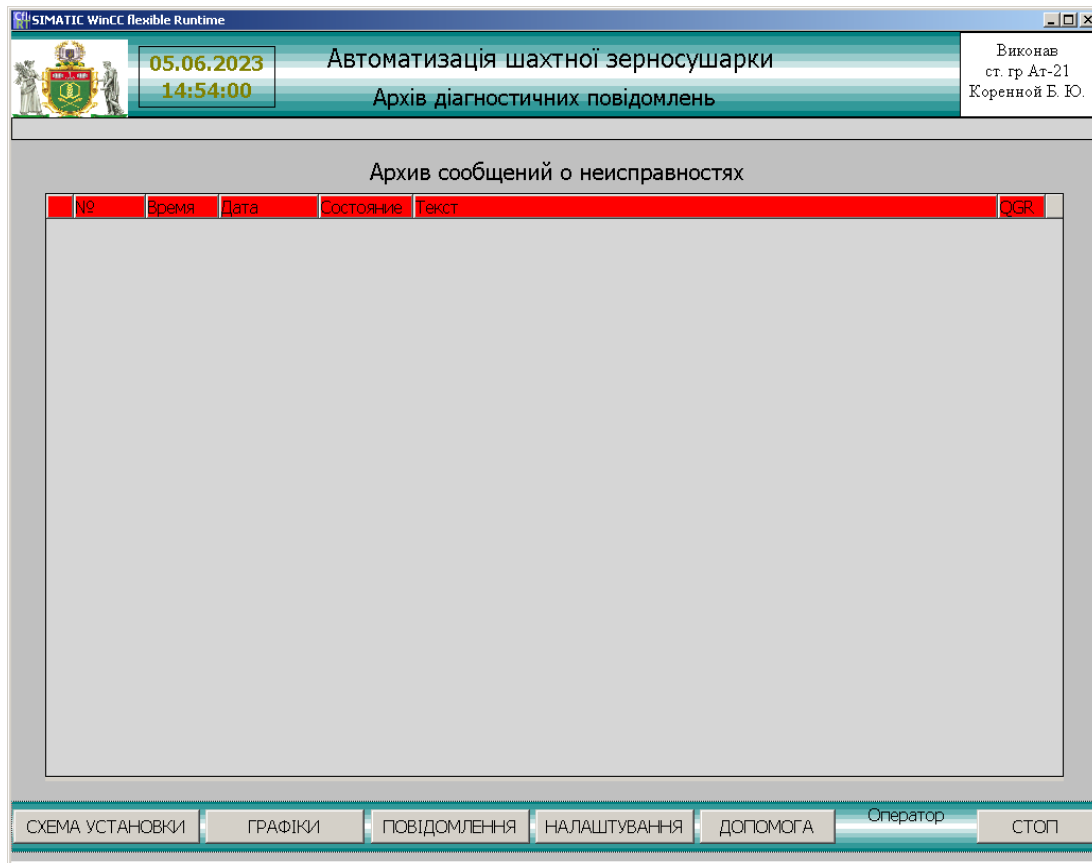


Рис.7.25 – Загальний вигляд екрану з відображенням архіву повідомлень про несправності.

7.3. Конкретизація функцій та структури екранів АРМ наладчика САК.

Робоче місце наладчика системи автоматичного управління повинно передбачати наявність набору функцій, які максимально охоплюють і забезпечують можливість виконання його професійних обов'язків.

Виходячи з цього, екрани автоматизованого робочого місця наладчика повинні надавати можливість виконання наступних завдань:

1. Управляти контурами регулювання:

- Відображати поточні та задані значення регульованих перемінних;
- Відображати поточні значення керуючих впливів;
- Міняти значення настроювальних параметрів регуляторів;
- Міняти задані значення регульованих змінних;
- Перемикаєти режими роботи регуляторів АВТ / РУЧ і формувати управляючі дії в ручному режимі.

2. Задавати значення затримок часу для таймерів, що використовуються в алгоритмах пуску і зупину.
3. Задавати значення затримок часу для спрацьовування датчиків положення клапанів.
4. Задавати значення затримок часу для спрацьовування датчиків зворотного зв'язку стану двигунів.
5. Задавати граничні значення технологічних параметрів.
6. Виконувати адміністрування користувачів системи.
7. Виконувати аналіз системних повідомлень.

В зв'язку з цим в проекті, для реалізації АРМ наладчика передбачено наступні екрани:

1. Налаштування САК.
2. Реєстрація.

Програмна реалізація цих екранів у SCADA - системі WinCCFlexible представлена в наступному розділі.

7.4. Розробка екранів АРМ наладчика САК.

7.4.1. Налаштування САК.

Для виконання завдань налаштування контурів регулювання, тайм аутів на спрацьовування датчиків положення, тимчасових затримок для алгоритмів керування пуском і зупинкою, граничних значень технологічних параметрів у проекті передбачений екрани зміни налаштувань САК (рис.7.26).

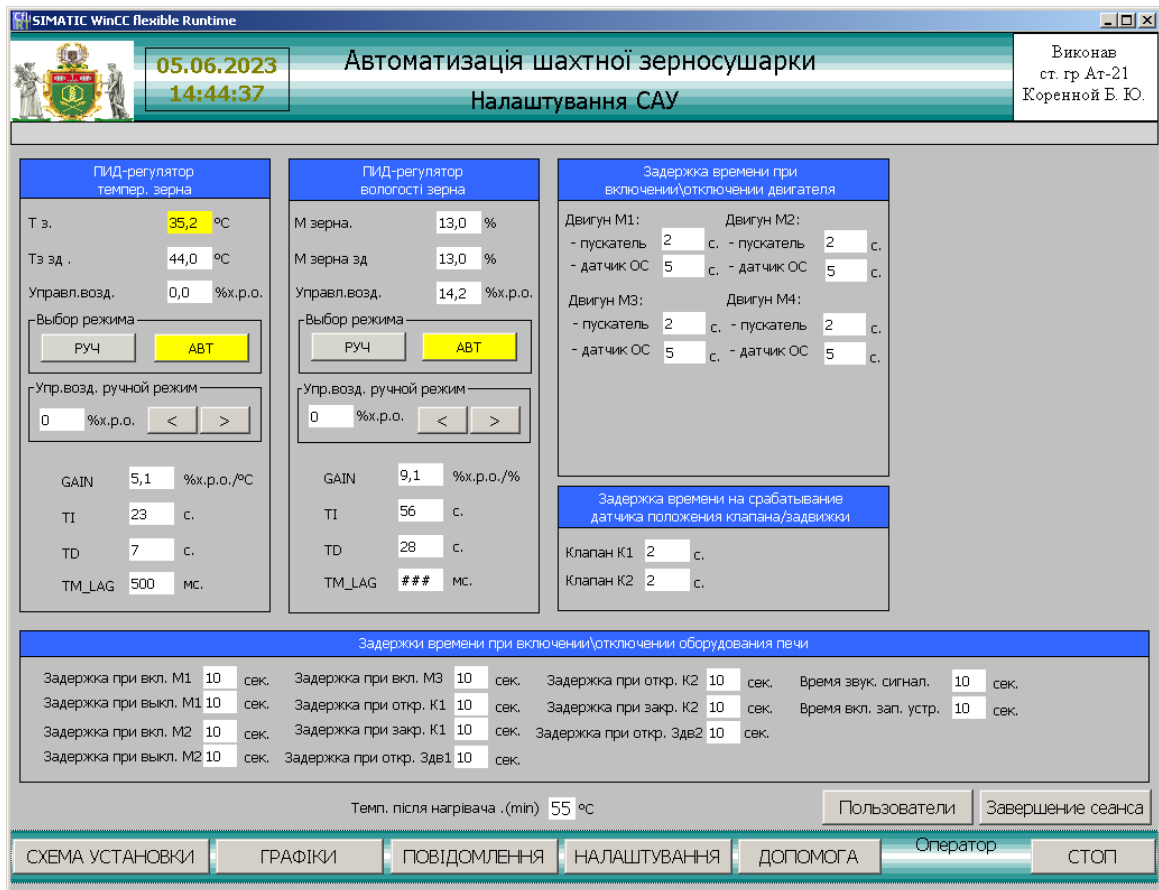


Рис.7.26.– Загальний вигляд екрану «Налаштування САУ».

Екрани реалізовані з використанням елементів «IO Field», «Button», «Text Field» стандартної бібліотеки SCADA - системи WinCCFlexible. Всі кнопки і поля введення / виведення прив'язані безпосередньо до тегам в контролері і дозволяють змінювати їх значення.

7.4.2. Список користувачів.

Екран «Реєстрація» (рис. 7.27) надає настройщику можливість виконувати роботу зі списком користувачів. Змінювати імена, паролі, групи існуючих користувачів. Додавати і видаляти користувачів системи. Реалізовано екран на основі елемента «User View».

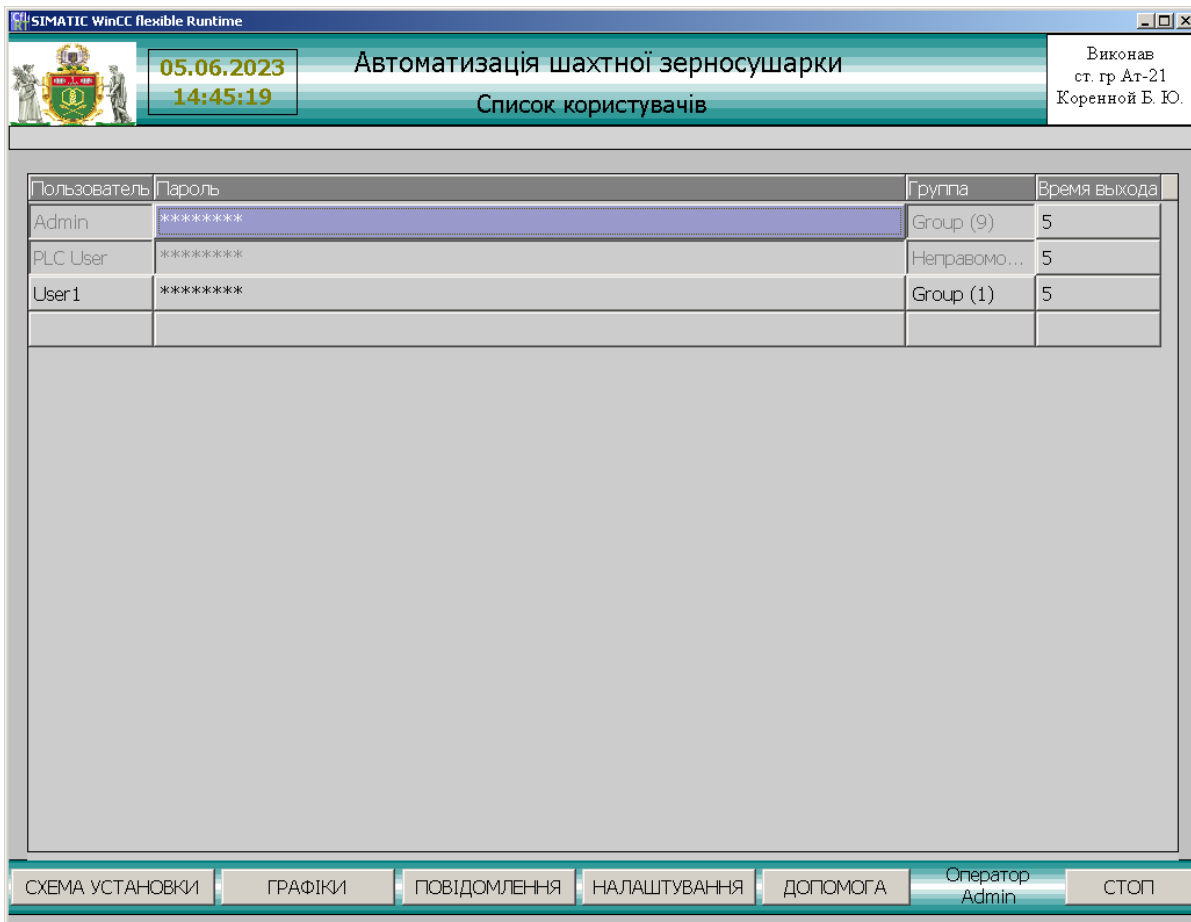


Рис. 7.27.– Загальний вигляд екрану «Реєстрація» з елементом «User View» при роботі програми.

7.5 Висновки за розділом

При виконанні розділу в середовищі SCADA - системи WinCCFlexible розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК процесу сушіння зерна. АРМ дозволяє контролювати хід технологічного процесу, задавати режими роботи, здійснювати перемикання режимів управління обладнанням (АВТ / РУЧ) і управляти в ручному режимі окремим обладнанням, проводити налаштування і налагодження САУ. Відображати динаміку зміни технологічних параметрів, вести журнали подій, проводити адміністрування користувачів програми.

Таблиця 1

Назва параметрів	Позначення	Одиниці вимірювання	Номінальне значення параметру або функція зміни номінального значення	Допустимі відхилення від номіналу		
				Довготривалі ($t \rightarrow \infty$)	Короткочасні ($0 < t \ll \infty$)	
				Величина	Величина	час, сек
1	2	3	4	5	6	7
Температура с.а.1 у зону 1	$\theta_{с.а.1}$	$^{\circ}\text{C}$	125	± 1	± 5	60
Температура с.а.2 у зону 2	$\theta_{с.а.2}$	$^{\circ}\text{C}$	115	± 1	± 5	60
Кінцева вологість зерна	w_k	%	13	$\pm 0,5$	± 2	60

Як вихідні дані розглянемо такі характеристики обладнання (рис. 4.1):

u_r, u_n – ступень відкриття клапану газу та повітря на пальник, %;

u_k – ступень відкриття випускного пристрою, %.

8.2. Основні технічні рішення

Необхідно розробити комплект графічної і текстової документації.

Графічні:

- 1 – схему автоматизації;
- 2 – принципову електричну схему контролю й керування;
- 3 – принципову електричну схему живлення.

Текстові:

- попередній перелік обладнання до всіх графічних документів;
- пояснювальна записка до проекту.

Особливістю принципової електричної схеми контролю й керування, є те, що вона будується як сполучена схема контролю, керування, сигналізації й

підключення вхідних і вихідних сигналів до контролера. Щит оператора встановлюється у спеціальному операторському пункті (ОП). На внутрішній площі щита оператора встановлюють електричні прилади, апаратуру, трансформатори, блоки живлення, а на фасадній панелі – прилади, що показують, кнопкові станції, ключі вибору режиму й задачники.

Контролер, що реалізує основні функції контролю та регулювання лінії CPU-313C-2DP фірми "Siemens", обраний з програмованих моделей, оснащений інтерфейсами MPI та PROFIBUS.

Всі модулі вводу/виводу серії SIEMENS SIMATIC S7-300 та CPU монтуються на профільній шині Siemens 122мм, як окрема конструкція в щиті оператора. Вони використовуються для підтримки регламентних значень, передачу даних на робочу станцію на базі IBM PC сумісного комп'ютера, встановленого також в ОП. Контролери даної фірми серії SIMATIC S7-300 призначені для організації взаємодії між обчислювальною системою (ПК), що реалізують функції відображення та архівації інформації й датчиками безперервних і дискретних сигналів, а також для видачі керуючих сигналів на виконавчі механізми. CPU та модулі забезпечують виконання наступних основних функцій:

- прийом і дешифрацію команд по каналу RS 485;
- введення й нормалізацію аналогових сигналів (струм, напруга);
- опитування стану дискретних входів;
- фільтрацію аналогових і дискретних вхідних сигналів;
- виводи аналогових сигналів управління;
- виводи дискретних сигналів, через релейні виходи.

Взаємодія контролера й комп'ютера здійснюється за допомогою модуля інтерфейсного зв'язку (модуль PC ADAPTER), що перетворює сигнали стандарту RS 485 в стандарт USB.

Для керування термокамерою застосовується IBM PC сумісний комп'ютер на якому встановлена SCADA-система, що призначена для оперативного контролю,

сигналізації, реєстрації параметрів. Також є можливість передачі даних на комп'ютери, що встановлені за межами ОП, за допомогою локальної мережі.

8.2. Опис схеми автоматизації

Схема автоматизації технологічного процесу є основним документом, що визначає функціональну структуру, обсяг автоматизації й що роз'ясняє певні процеси, що протікають у функціональних ланцюгах. Вона складена відповідно до ДСТУ Б.А. 2.4-16:2008 (заміна ГОСТ 21.404 – 85) "Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах". Особливістю розробленої схеми є те, що всі функції системи розподілені між контролерами (МПК і регулятор МІК112) та комп'ютером (ПК).

Система автоматичного управління процесом сушіння зерна передбачає: автоматичне розпалення топки (подача палива, запалення факела, контроль наявності факела); контур включає електрозапальник типу Ез (12а, 12б) і прилад контролю полум'я й автоматичного розпалювання газомазутних пальників Ф24.2 (13а, 13б;) автоматичне відсічення газу при аварійному порушенні режиму роботи сушарки, що відтинає орган на подачі газу – запобіжний клапан типу ПКД (13в) з електромагнітом; автоматичну стабілізацію температури газоповітряної суміші, вимірюваної термоперетворювачем опору типу ТСП (1а), сигнал від якого надходить на електронний регулюючий прилад Р25.2 (1б) і далі на виконавчий механізм ПР-1М (1в), який змінює подачу палива в топку; автоматичну стабілізацію температури зерна на виході із другої зони зміною співвідношення витрат газоповітряна суміш – повітря перед вентилятором другого ступеня; температура вимірюється термоперетворювачем опору ТСП (7а); сигнал надходить на пропорційно-інтегральний регулятор Р25.2 (7б), що впливає на виконавчий механізм типу МЕО (7в); останній змінює зазор на спеціальній жалюзній засувці й тим самим змінює співвідношення газоповітряна суміш – повітря; автоматичний контроль температури сушильного агента на вході в обидві зони сушарки, температури зерна на виході з обох зон, температури топкових газів.

Для виміру температури використовуються термоперетворювачі опору типу ТСП (2 а–6а) і багатоточковий реєструючий міст, типу КСМ (6б) із сигнальним пристроєм; при відхиленні температури від заданої загоряється сигнальна лампочка на щиті управління; автоматичний контроль розрідження в топці, тиску в магістралі подачі палива й у магістралі вентилятора високого тиску, здійснюваний датчиком напору типу ДН (9а, 10а, 11а, 14а).

Системою передбачена світлова сигналізація відхилення технологічних параметрів від заданих значень, а також сигналізація порушення режиму роботи сушарки. Прилади контролю технологічних параметрів, апаратура управління й сигналізації розташовані на щиті управління сушарки.

8.3 Опис принципової електричної схеми

На принциповій електричній схемі показані елементи, які виконують строго певну функцію і які не можуть бути розділені на частини. Ця схема дає уявлення за допомогою графічних зображень і позначень про послідовність роботи електричних приладів й елементів для досягнення поставлених функціональних завдань. Схема складена відповідно до вимог Держстандартів (ГОСТ) :

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.701. ЕСКД. Схеми. Види й типи. Загальні вимоги до виконання

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.702. ЕСКД. Правила виконання електричних схем;

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.709. ЕСКД. Система маркування ланцюгів в електричних схемах.

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.710. ЕСКД. Позначення умовні, буквено-цифрові, які вжиті на електричних схемах.

Принципова електрична схема керування зерносушаркою МС 1075 ЕМ Перемикачем SA1 вибирають заданий варіант роботи обладнання: робота тільки першої зони (положення 1) або другої зони сушарки (положення 2) або їхня спільна робота (становище 3).

Перед пуском сушарки включають автоматичні вимикачі SF1 та SF2, а потім кнопкою SB2 – пускач KM16. Контакт KM16 запитує силову частину схеми. Другий контакт KM 16 через реле KV3 включає попереджувальний звуковий сигнал, який відключають кнопкою SB21.

Пуск здійснюють вручну. Блоком P13 включають двопоточну норію через пускач KM 13. Останній замикає свої контакти ланцюга живлення пускачів KM2 і KM3. Блок P1 і P2 включають електродвигуни вентиляторів M1 M2. Від контакту KM2 спрацьовує реле часу KT1, яке через 150 с зі своїм контактом включає трансформатор запалення TV та електромагнітний клапан YA1 подачі палива. При появі полум'я в топці спрацьовує реле KV5, включається і стає самоблокування реле KV4, яке відключає реле KT1. Якщо протягом 15 с в топці полум'я не виникає, то контакт KT1 на 165 секунді з моменту пуску шунтує ланцюг фотореле і цим спрацьовує реле KV5, а потім KV4. Реле KT1 розшунтує коло фотореле, відключає KV5, а потім контакт KV5 відключає пускач KM2 і тим самим відключає вентилятор топки. Контакт KM2 знімає напругу зі схеми контролю полум'я та включає через контакти KV1 звуковий сигнал НА. Аналогічно діє схема при згасанні полум'я в топці з будь-яких інших причин.

При успішному пуску топки відповідними кнопками включають KM5 та KM6, а потім KM14 та KM15. Розвантажувальний пристрій випускного пристрою може керуватися вручну або автоматично за сигналами датчиків рівня SL1 і SL2.

Зупиняє зерносушарку оператор вручну у зворотній послідовності.

8.4. Розробка принципів електричних схем живлення

Схема електрична принципова живлення розробляється з урахуванням необхідності безперебійного живлення найбільш відповідальних споживачів системи автоматизації електроенергії, зокрема контролера МПК . Крім того, для живлення МПК, через джерело безперебійного живлення, доцільно виконати індивідуальну лінію заземлення. Це є вкрай важливим і відповідальним, тому що від цього буде залежати надійна робота програмного забезпечення системи контролю й управління, що реалізована на них. На схемі представлено електроживлення приладів, перетворювачів, і контролера. Уведення живлення здійснюється від розподільного пункту живлення (існуючого силового щита). У системі зроблений вузол для зручності та безпеки виконання ремонтних робіт (розетки з живленням 36 В) та освітлення, які живляться напругою до головного автоматичного вимикача *SF1*. У щиті передбачена установка вхідного автомата *SF1*, лампи освітлювальної *EL* та розетки для електроінструмента (36В). В ланцюгах лампи, трансформатору *TV* (220/36В) установлені вимикачі *SA1*, *SA2* та для *TV* запобіжники з плавкими вставками *FU1*, *FU2*.

Живлення датчиків, розташованих по місцю здійснюється від блоку стабілізованого живлення *ESC 200* . Живлення щитових приладів типу *ESC 200* , блоків живлення *G3* (220/24 В), напругою 220 В.

Для запобігання з'єднання лінії індивідуального заземлення із заземленням корпусів електрообладнання необхідно забезпечити ізолювання корпусів джерел живлення *G1*, *G2*,.

Живлення комплексу ПК здійснюється напругою 220 В від *UPS*. Ланцюги живлення (220В) приладів захищені автоматичними вимикачами, установленими в щиті оператора *SF1*,..., *SF3*, на ланцюг живлення приладів БРУ-7 встановлений вимикач *SA3* та запобіжник *FU3*, ланцюги живлення (24В) приладів вимикачами *SA4*, *SA5*, *SA6* та запобіжниками з плавкими вставками *FU4*,..., *FU8*.

У схемі передбачений принцип маркування, що передбачає: дроти зі змінною напругою 220В, 36В маркірувати номерами 8XX, а дроти з постійною напругою 24В,

36В маркірувати номерами 9XX. У додатку наведена принципова електрична схема живлення та специфікація для неї.

В ході виконання розділу було розроблено варіант комплекту технічної документації САК на базі контролера фірми Siemens SIMATIC S7-300.

Розроблений комплект включає основні документи технічного забезпечення системи автоматизації керування технологічного процесу. В результаті виконання отримані навички з розробки технічної документації на системи автоматизації з використанням МПК, та сучасних пристроїв автоматизації.

Поз. позначення	Найменування	К - сть.	Примітка
	<u>Перелік приладів на схемі автоматизації</u>		
	Прилади за місцем		
4а	Датчик температури Heraeus (ТСП-У Pt100), живл.24 В, вих.1мА, -20-200 °С, потужність перетворювача 0,8 Вт	1	
5а	Датчик вологи Galltec Mela Sensortechnik (DVT-UT-2-01- TC-SHT-100-Y), живл.24 В, вих.4-20мА, 0...100%, потужність перетворювача 3,6 Вт	1	
6а	Датчик температури Heraeus (ТСП-У Pt1000), живл.24 В, вих.4-20мА, -20-200 °С, потужність перетворювача 0,8 Вт	1	
4б	Виконавчий механізм Velimo AVK24A-MP-RE, 24 В, кер.0-10В	1	
5б	Виконавчий механізм Velimo SVC24A-SZ-TPC,24 В, кер.0-10В	1	

7a	Реле тиску Grundfos KP1, -40 - +65 ° С. Макс. Робочий тиск = 4 бар	1	
8a,9a	Реле тиску SENTERA PSW-200-PVC, Робоча температура: від -25°C до +85°C, Максимальний робочий тиск, бар: 300	2	
	<u>Прилади на щиті оператора</u>		
46,56	Блок ручного управління Peter Prinzing GmbH ESC 200, жив. 220 В, вх. сигн. 4-20 мА, , потужн. 7Вт	2	
66	Індикатор технологічний мікропроцесорний MIKSTER INDU-50, жив 24В, , вх. сигн. 4-20 мА, потужність 4.32Вт	1	
12	Модуль MOXA NPort W2250A-EU перетворювач інтерфейсів USB- RS485	1	
МПК	Контролер програмований SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP	1	
	<i>Модуль аналогового вводу SM 331-7KF02-0AB0</i>	1	8AI
	Модуль аналогового виводу SM 332-5HB01-0AB0	1	2AO
	Модуль дискретного вводу-виводу SM 323-1BH01-0AB0	1	16DI/ 16DO
	Блок живлення PS 307, AC100/240V, DC 24V,5A	1	
11	PC ADAPTER USB A2 (SM USB to MPI) , USB CABLE 5M INCLUDED MPI KABEL, 0,3M (6GK1571-0BA00-0AA0)	1	з каб. 5м

Поз. позначен- ня	Найменування	Кіл.	Приміт ка
	<u>Перелік приладів на принциповій</u>		
	<u>електричній схемі</u>		
	Прилади за місцем		
1KM-3KM	Магнітний пускач Schneider Electric LC1K0610M7 3P 1NO 06A 220V	3	існуючі
1SB1,3SB1	Кнопки КМЕ 4201, 1 р	3	
HA	Дзвоник електричний UWE 24В, 0,06А	1	
	Прилади в силовому щиті		
1QF-3QF	Вимикач кінцевий Emas, 1NO+1NC	3	існуючі
1 FU, 3FU	<i>Запобіжник із плав. вставкою ВПТ, струм 3А</i>	7	існуючі
	<u>Прилади на щиті оператора</u>		
1SA, 3SA,11 SA	Перемикач ELFIN 22 на 3 положення,	7	
1SB3-3SB3	Кнопка ELFIN 22, 1з, зелений штовкач, (Пуск)	7	
10SB1, 10SB2			
1SB2-3SB2	Те ж, 1р, червоний штовкач, (Стоп)	2	
1K-3K ,11K	Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971, 24В, (однорупне)	4	
1VD-3VD, 7VD-9VD	Світлосигнальна арматура у сборі ELFIN 22, 24В пост.	6	

РГЗ №1 з ПСА	Специфікація до принципової електричної схеми	Лист
		2,3,4, 5

Поз. позначення	Найменування	К- сть	Приміт- ка
	<u>Перелік приладів на схемі</u>		
	<u>принципової електричної живлення</u>		
SF1	Вимикач кінцевий Емас, 1NO+1NC	1	
SF2	Те ж, 1А	1	
SF3	Те ж, 5А	2	
EL	Патрон косий настінний Е27 ФнП-03	1	
XS1	Розетка РШ-0-2- двополюсна, 5А	2	
XS2, XS3	Розетка РШ-0-3- триполюсна, 10А	2	
SA1, ..., SA 5	Вимикач, ПВ-1-16, 16А	5	
FU1	Запобіжник із плавкою вставкою, ПТ, 2А	1	
FU2	Те ж, 12А	1	
FU3	Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 0,15А	1	
FU4	Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 0,25А	1	
FU5	Те ж, 0.5А	1	
FU6	Те ж, 0,5А		
FU7	Те ж, 0,25А	1	
FU8	Те ж, 1 А	1	

FU9	Те ж, 0,15А	1	
G1	Блок живлення стабілізований MeanWELL DR 120-24(120Вт,24В,5А)	1	
G2	Джерело безперебійного живлення (UPS)	1	
	Power Must 800VA		
РГЗ №1з ПСА	Специфікація до принципової електричної схеми живлення	Лист	
		6	

РОЗДІЛ 9 ПОПЕРЕДНЄ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

9.1 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації за її обраним варіантом.

В даному розділі буде розглянута доцільність впровадження обраного варіанту розробленої системи автоматизації, з економічної точки зору. Для розрахунку економічних показників обраного варіанту нової розробленої САК буде враховано ціни на закупівлю комплексу технічних засобів, а саме: кабельної продукції, датчиків температури, тиску, частотного перетворювача.

Використані прилади	К - сть.	Ціна
Датчик температури Heraeus (ТСП-У Pt100), живл.24 В, вих.1мА, -20-200 °С, потужність перетворювача 0,8 Вт	1	962
Датчик вологи Galltec Mela Sensortechnik (DVT-UT-2-01-ТС-SHT-100-У), живл.24 В, вих.4-20мА, 0...100%, потужність перетворювача 3,6 Вт	1	940
Датчик температури Heraeus (ТСП-У Pt1000), живл.24 В, вих.4-20мА, -20-200 °С, потужність перетворювача 0,8 Вт	1	935
Виконавчий механізм Belimo AVK24A-MP-RE, 24 В, кер.0-10В	1	39712
Виконавчий механізм Belimo SVC24A-SZ-TPC, 24 В, кер.0-10В	1	19059
Реле тиску Grundfos KP1, -40 - +65 ° С. Макс. Робочий тиск = 4 бар	1	3360
Реле тиску SENTERA PSW-200-PVC, Робоча температура: від -25°С до +85°С, Максимальний робочий тиск, бар: 300	2	2125

Блок ручного управління Peter Prinzing GmbH ESC 200, жив. 220 В, вх. сигн. 4-20 мА, , потужн. 7Вт	2	23340
Індикатор технологічний мікропроцесорний MIKSTER INDU-50, жив 24В, , вх. сигн. 4-20 мА, потужність 4.32Вт	1	3280
Модуль MOXA NPort W2250A-EU перетворювач інтерфейсів USB- RS485	1	5875
Контролер програмований SIMATIC S7-300, CPU313C- 2DP	1	35518
Модуль аналогового вводу SM 331-7KF02-0AB0	1	32777
Модуль аналогового виводу SM 332-5HB01-0AB0	1	33888
Модуль дискретного вводу-виводу SM 323-1BH01-0AB0	1	25766
Блок живлення PS 307, AC100/240V, DC 24V,5A	1	1467
PC ADAPTER USB A2 (SM USB to MPI) , USB CABLE 5M INCLUDED MPI KABEL, 0,3M (6GK1571-0BA00- 0AA0)	1	1500

Магнітний пускач Schneider Electric LC1K0610M7 3P 1НО 06А 220V	3	2316
Кнопки КМЕ 4201, 1 р	3	276
Резистор змінний високоточний 2,2 кОм, СП5	2	770
Дзвоник електричний UWE 24В, 0,06А	1	290

Автоматичний вимикач триполюсний HagerNCN340, 6А	3	2422
Запобіжник із плавкою вставкою ВПТ, струм 3А	7	168
Перемикач ELFIN 22 на 3 положення,	7	5642
Кнопка ELFIN 22, 1з, зелений штовкач, (Пуск)	7	3346
Те ж, 1р, червоний штовкач, (Стоп)	2	715
Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971, 24В, (одногрупне)	4	816
Світлосигнальна арматура у сборі ELFIN 22, 24В пост.	6	240

Вимикач автоматичний ВА47-29М, 10А	1	177
Те ж, 1А	1	177
Те ж, 5А	2	354
Патрон косий настінний Е27 ФнП-03	1	11
Розетка РШ-0-2- двополюсна, 5А	2	134
Розетка РШ-0-3- триполюсна, 10А	2	152
Вимикач, ПВ-1-16, 16А	5	595
Запобіжник із плавкою вставкою, ПТ, 2А	1	40
Те ж, 12А	1	40
Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 0,15А	1	27
Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 0,25А	1	27
Блок живлення стабілізований MeanWELL DR 120- 24(120Вт,24В,5А)	1	1115
Джерело безперебійного живлення (UPS) Power Must 800VA	1	2800

Загальна сума модернізації: 253191 грн

9.1. Розрахунок змін основних показників діяльності підприємства, джерел інвестування й інвестиційної привабливості.

Як результат, після модернізації САК зерносушарки, очікується

- Ціна за 1т-7000 грн
- Продуктивність зерносушарки-900т/добу
- Продажна вартість САР –253191 грн.
- Річний об'єм виробництва – 250 000 т.

1) Визначимо величину початкових інвестицій в нову, розроблену САР.

Первинна вартість придбання нової техніки розраховується за формулою:

$$IC_{САР} = /(\text{Цпрсар} + \text{Цпрсар} \cdot K_m + \text{Цпрсар} \cdot N_T/100 + \text{Цпрсар} \cdot N_{Tr}/100) + (\text{Цпрсар} + \text{Цпрсар} * N_T/100 + \text{Цпрсар} * N_{Tr}/100) * N_{Зс}/100/ = \text{Цпрсар} * 1,165 = 253191 * 1,165 = 294967.515 \text{ грн}$$

де K_m – коефіцієнт монтажних робіт, ($K_m=0,1$);

N_T – нормативні відрахування на тару та упаковку, ($N_T = 0,25\%$);

N_{Tr} – транспортні расходи, ($N_{Tr} = 5\%$);

2) Визначемо кількість браку до і після модернізацій:

$$Br_1 = OB * K_{бр1} = 900 * 0.04 = 36 \text{ т};$$

$$Br_2 = OB * K_{бр2} = 900 * 0.02 = 18 \text{ т};$$

3) Визначимо обсяг реалізованої продукції до і після модернізацій:

$$OP_1 = (OB - Br_1) * \text{Цод.пр.} = (250000 - 36) * 7000 = 17\,497\,480 \text{ грн};$$

$$OP_2 = (OB - Br_2) * \text{Цод.пр.} = (250000 - 18) * 7000 = 17\,498\,740 \text{ грн};$$

4) Визначимо заміну амортизаційних відрахувань за рахунок модернізації САР:

$$\Delta A = IC * N_a,$$

де

На - норма річних амортизаційних відрахувань для засобів автоматизації, яка дорівнює 50%;

$$\Delta A = 294967.515 * 0,5 = 147483.758 \text{ грн}$$

Нра1у - норма річних амортизаційних відрахувань для засобів автоматизації, яка дорівнює 50%;

5) Визначимо приріст прибутку підприємства за рахунок впровадження САР:

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \text{ де } \Pi_1 = \text{ОР}_1 - \text{Сп}_1;$$

$$\Pi_2 = \text{ОР}_2 - \text{Сп}_2, \text{ звідки } \Delta\Pi = \text{ОР}_2 - \text{Сп}_2 - \text{ОР}_1 + \text{Сп}_1 = \text{ОВ} * \text{Цод.пр} - \text{Бр}_2 * \text{Цод.пр} - \text{Сп}_1 - \Delta A - \text{ОВ} * \text{Цод.пр} + \text{Бр}_1 * \text{Цод.пр} + \text{Сп}_1 = (\text{Бр}_1 - \text{Бр}_2) * \text{Цод.пр} - \Delta A = \Delta\text{Бр} * \text{Цод.пр} - \Delta A$$

$$\Delta\Pi = (36-18) * 7000 - 147483.75 = 21483.75 \text{ грн};$$

6) Визначимо приріст чистого прибутку:

$$\Delta\text{ЧП} = (\Delta\Pi - \Delta A) * (1 - \text{Пп}), \text{ де}$$

Пп – податок на прибуток, який дорівнює 18%.

$$\Delta\text{ЧП} = (21483,75 - 147\,483,75) * 0,82 = 138\,553,35 \text{ грн};$$

7) Визначимо приріст чистого грошового потоку: $\Delta\text{ЧГП} = (\Delta\text{ЧП} + \Delta A) = 138\,553,35 + 147\,483,75 = 286\,037,1 \text{ грн}.$

Отже, чистий грошовий потік за період реалізації данного проекту є більшим за нуль, а саме: 286 037,1 грн. Проект є фінансово прибутковим адже чистий грошовий потік за період реалізації проекту більше 0 і дорівнює 286 037,1 грн. та термін окупаємості менше нормативного.

ВИСНОВОК

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було виявлено, що якісна реалізація технологічного процесу сушіння зерна в шахтній зерносушарці залежить від точності підтримки режимного параметра: температур охолодження та підігрівання повітря в топці.

За усіма каналах об'єкт має статичні властивості і найбільш точно може бути описаний моделями другого порядку. Ідентифікація моделей каналів ОК, доступних для цілеспрямованої дії, проводилася методом активного експерименту з нанесенням на вхід каналу 10%-ї ступінчастої дії, для параметричної ідентифікації моделей каналу управління застосовувалися методики двох загальних точок для моделей першого і другого порядку. Ідентифікація моделі каналу контрольованого збурення ОК, проводилася статистичними методами. Статистичними методами була отримана модель стохастичної складової контрольованого та неконтрольованих збурень.

Відтворення отриманих моделей у середовищі імітаційного моделювання здійснювалося в середовищі моделювання MATLAB. Відтворення моделей стохастичної складової контрольованого та неконтрольованих збурень здійснено методом формуючого фільтра.

Далі ця модель була використана для синтезу САР спочатку простішої структури потім підвищеної динамічної точності з використанням корегуючи зв'язків за принципом Петрова. Були розраховані початкові параметри регулятора за спрощеними методиками і проведено аналіз такої САР (базової структури). Після аналізу було здійснено оптимізацію параметрів регулятора за допомогою програми Optimizator, який розраховував «найкращі» поєднання параметрів в заданому діапазоні по заданому інтегральному модульному критерію оптимальності (мінімум критерію). Після цієї процедури було зроблено висновок про покращення прямих та інтегральних показників якості.

Було проведено синтез САР підвищеної динамічної точності (на основі розробленої САР базової структури). Розраховано, спрощено та оптимізовано параметри коригуючого зв'язку та доведено його доцільність використання. Проведено всі можливі перевірки на грубість САР з урахування можливості зміни параметрів ОК, та зроблено висновок про грубість в варіаціях параметрів ОК на $\pm 20\%$ відхилених від номінальних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу «Мікропроцесорні і програмні засоби автоматизації» для бакалаврів 6.050202 денної та заочної форми навчання / Укладачі: В. М. Левінський, А.І. Павлов, М.Т. Степанов. – Одеса: ОНАХТ, 2011р. – 13.с
2. Каталог S7-300 «SIMATIC ST70 ». – Siemens AG, 2007. – 232 с.
3. Хобін В.А. Конспект курсу лекцій по дисципліні «Ідентифікація і моделювання технологічних об'єктів» для студентів спеціальності 7.092501 денної та заочної форм навчання. - Одеса: ОНАХТ, 2016р
4. Хобін В.А. Конспект курсу лекцій по дисципліні «Теорія автоматичного керування» для студентів спеціальності 7.092501 денної і заочної форм навчання. - Одеса: ОНАХТ, 2007. – 87 с.
5. Муратов В.Г. «Метрологія та основи вимірювання. Конспект лекцій». Частина 1,2,3. - Одеса: ОНАХТ, 2012р.
6. Методичні вказівки до виконання комплексного курсового проекту з дисципліни «Метрологія та технологічні вимірювання галузі»/ Скл. Муратов В.Г. - Одеса: ОНАХТ, 2012р.
7. Методичні вказівки до виконання КП по курсу "Проектування систем автоматизації" для студентів спеціальності 6.050202 денної та заочної форм навчання / Скл. Ю.М. Скаковській, В.І. Старичков. -Одеса:ОГАПТ, 2016. 35
8. Методические указания по выполнению и оформлению курсовой работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов спец. 2103 дневной и заочной форм обучения / Сост. В.А. Хобин. – Одесса: ОТИПП, 1992 г. – 15 с.
9. Муратов В.Г. Метрология и основы измерений. Конспект лекций.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А – Попередній перелік обладнання до схеми автоматизації

Поз. позначення	Найменування	К - сть.	Примітка
	<u>Перелік приладів на схемі автоматизації</u>		
	Прилади за місцем		
4а	Датчик температури Heraeus (ТСП-У Pt100), живл.24 В, вих.1мА, -20-200 °С, потужність перетворювача 0,8 Вт	1	
5а	Датчик вологи Galltec Mela Sensortechnik (DVT-UT-2-01- TC-SHT-100-Y), живл.24 В, вих.4-20мА, 0...100%, потужність перетворювача 3,6 Вт	1	
6а	Датчик температури Heraeus (ТСП-У Pt1000), живл.24 В, вих.4-20мА, -20-200 °С, потужність перетворювача 0,8 Вт	1	
4б	Виконавчий механізм Belimo AVK24A-MP-RE, 24 В, кер.0-10В	1	
5б	Виконавчий механізм Belimo SVC24A-SZ-TRC,24 В, кер.0-10В	1	
7а	Реле тиску Grundfos KP1, -40 - +65 ° С. Макс. Робочий тиск = 4 бар	1	
8а,9а	Реле тиску SENTERA PSW-200-PVC, Робоча температура: від -25°С до +85°С, Максимальний	2	

	робочий тиск, бар: 300		
	<u>Прилади на щиті оператора</u>		
46,56	Блок ручного управління Peter Prinzing GmbH ESC 200, жив. 220 В, вх. сигн. 4-20 мА, , потужн. 7Вт	2	
66	Індикатор технологічний мікропроцесорний MIKSTER INDU-50, жив 24В, , вх. сигн. 4-20 мА, потужність 4.32Вт	1	
12	Модуль MOXA NPort W2250A-EU перетворювач інтерфейсів USB- RS485	1	
МПК	Контролер програмований SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP	1	
	<i>Модуль аналогового вводу SM 331-7KF02-0AB0</i>	1	8AI
	Модуль аналогового виводу SM 332-5HB01-0AB0	1	2AO
	Модуль дискретного вводу-виводу SM 323-1BH01-0AB0	1	16DI/ 16DO
	Блок живлення PS 307, AC100/240V, DC 24V,5A	1	
11	PC ADAPTER USB A2 (SM USB to MPI) , USB CABLE 5M INCLUDED MPI KABEL, 0,3M (6GK1571-0BA00-0AA0)	1	з каб. 5м

Додаток Б

Таблиця Б – Попередній перелік обладнання до схеми принципової електричної

Поз. позначен- ня	Найменування	Кіл.	Приміт ка
	<u>Перелік приладів на принциповій</u>		
	<u>електричній схемі</u>		
	Прилади за місцем		
1KM-3KM	Магнітний пускач Schneider Electric LC1K0610M7 3P 1NO 06A 220V	3	існуючі
1SB1,3SB1	Кнопки КМЕ 4201, 1 р	3	
4R,5R	Резистор змінний високоточний 2,2 кОм, СП5	2	
HA	Дзвоник електричний UWE 24В, 0,06А	1	
	Прилади в силовому щиті		
1QF-3QF	Вимикач кінцевий Emas, 1NO+1NC	3	існуючі
1 FU, 3FU	Запобіжник із плавкою вставкою ВПТ, струм 3А	7	існуючі

	<u>Прилади на щиті оператора</u>		
1SA, 3SA,11 SA	Перемикач ELFIN 22 на 3 положення,	7	
1SB3-3SB3	Кнопка ELFIN 22, 1з, зелений штовкач, (Пуск)	7	
1SB2-3SB2	Те ж, 1р, червоний штовкач, (Стоп)	2	
1K-3K ,11K	Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971, 24В, (однорупне)	4	
1VD-3VD, 7VD-9VD	Світлосигнальна арматура у сборі ELFIN 22, 24В пост.	6	
	Специфікація до принципової електричної схеми		Лист
			2,3,4, 5

Додаток В

Таблиця В – Попередній перелік обладнання до принципової електричної схеми живлення

Поз. позначення	Найменування	К- сть	Приміт- ка
	<u>Перелік приладів на схемі</u>		
	<u>принципової електричної живлення</u>		
SF1	Вимикач автоматичний ВА47-29М, 10А	1	
SF2	Те ж, 1А	1	
SF3	Те ж, 5А	2	
EL	Патрон косий настінний Е27 ФнП-03	1	
XS1	Розетка РШ-0-2- двополюсна, 5А	2	
XS2, XS3	Розетка РШ-0-3- триполюсна, 10А	2	
SA1, ..., SA 5	Вимикач, ПВ-1-16, 16А	5	
FU1	Запобіжник із плавкою вставкою, ПТ, 2А	1	
FU2	Те ж, 12А	1	
FU3	Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 0,15А	1	
FU4	Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 0,25А	1	
FU5	Те ж, 0,5А	1	
FU6	Те ж, 0,5А		
FU7	Те ж, 0,25А	1	
FU8	Те ж, 1 А	1	
FU9	Те ж, 0,15А	1	
G1	Блок живлення стабілізований MeanWELL DR	1	

	120-24(120Вт,24В,5А)		
G2	Джерело безперебійного живлення (UPS)	1	
	Power Must 800VA		
РГЗ №1з ПСА	Специфікація до принципової електричної схеми живлення	Лист	
		6	