

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
Центр заочної та дистанційної форм навчання.
Кафедра системотехніки і інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри СІТ

_____ Худолей Г.М.

«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Система управління процесом сушіння зерна на елеваторі.

Керівник проекту:

Викладач-стажист

Сердюк І.В.

Дипломник:

студент групи СУ-71Ш

Павленко К.І.

Шостка 2021

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ	2
ВСТУП	3
1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ.	4
2. ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ	16
3. ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ, ЗАХИСТУ ТА АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ	18
4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	47
5. SCADA СИСТЕМИ	64
ВИСНОВОК	70
ЛІТЕРАТУРА	71

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ ТП - автоматизована система управління технологічним процесом.

ВО - виконавчий орган.

ОУ - об'єкт управління.

ОР - об'єкт регулювання.

ПЗ – програмне забезпечення.

ПЛК - програмований логічний контролер.

ПТК – програмно-технічний комплекс.

САР - система автоматичного регулювання.

ТЗА – технічні засоби автоматизації.

ТП - технологічний процес.

ТЕП - техніко-економічні показники.

УЗО - пристрої зв'язку з об'єктом.

УУ - пристрій управління.

ВТУП

Україна - велика агропромислова країна, яка повністю забезпечує себе зерновими культурами і експортує їх в країни ближнього і далекого зарубіжжя. У сільському господарстві гостро стоїть проблема заощадження енергоресурсів шляхом економного використання газу, топкового палива, мазуту та дизельного палива, яке використовується в зерносушарках.

Питання про спосіб оптимального режиму і конструкції сушарки, а також інтенсифікації процесу сушіння безпосередньо пов'язані з якістю автоматизації самого процесу. Оптимальним прийнято вважати режим або процес, що забезпечує не тільки якість матеріалу, але і мінімальні трудові, матеріальні та енергетичні ресурси.

При розробці нової системи автоматизації, а також при удосконаленні існуючих, зниження енергетичних витрат на сушку і, перш за все, на паливо - пріоритетна задача. Інтенсивність сушіння і питомі енергетичні витрати повністю визначають техніко-економічні показники процесу сушіння і його витрати.

Будь-яка автоматизація сушарки може бути визнана досить ефективною, якщо досягнуто скорочення енергетичних витрат і вплив людського фактора.

Незважаючи на велику кількість запропонованих способів автоматизації, актуальність проблеми не знижується. Одна з причин - використання застарілих методів керування системами сушіння.

1.Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта управління.

Розробка системи управління сушіння зерна на елеваторі вимагає чіткого розуміння технологічного процесу.

1.1 Опис процесу сушіння зерна

1.1.1 Сушка зерна

Тривале зберігання зерна можливо при його відповідної попередньої обробки, спрямованої на приведення маси в стійкий стан. Основним

способом такої обробки є сушка зерна, технологія якої базується на сорбційних властивостях зерна і спрямована на створення умов для десорбції.

1.1.2 Принципи та способи сушіння зерна

Технологія сушіння ґрунтується на двох принципах: Зниження кількості вологи в зерні без підведення тепла і зміни її агрегатного стану. На цьому принципі базується метод сорбційної сушки, коли для поглинання вологи застосовуються вологопоглинаючі матеріали, що змішуються з зерновими масами (тирса, сульфат натрію та ін.). До даної технології відноситься і хімічна сушка. Цей принцип знаходить своє застосування при просушування бобових культур, оскільки під впливом тепла вони мають властивість розтріскуватися. Із застосуванням підведення тепла для зміни агрегатного стану міститься в зерні вологи. На основі цього принципу виділяють три способи сушіння зерна.

1.1.3 Способи сушки зерна.

1.1.3.1 Контактний (кондуктивний) спосіб полягає в безпосередньому зіткненні зернових мас з поверхнею, що нагрівається і отриманні тепла за рахунок природної теплопровідності. Даний спосіб відрізняється низькою продуктивністю і великою витратою палива, тому використовується рідко. Сушка відбувається нерівномірно, що негативно впливає на якість зерна.

1.1.3.2 Радіаційний спосіб базується на тому, що тепло підводиться до зернових мас у вигляді інфрачервоних або сонячних променів. Яскравою ілюстрацією способу є повітряно-сонячне сушіння, при якій зайва волога випаровується під дією сонця і вітру суто через поверхню насипу зерна. При цьому зерно під впливом сонячних променів активніше дозріває, відбувається його практично повна стерилізація і знезараження.

1.1.3.3 Конвективний спосіб передбачає передачу тепла зерновим масам від рухомого агента тепла (нагрітого повітря або його суміші з газами) шляхом конвекції. Одночасно агент сушіння має функцію поглинання і виведення вологи. Сучасні сушарки зерна функціонують саме на основі цього способу.

Він є найбільш ефективним і продуктивним, хоча і досить дорогим. На елеваторі ТОВ «Кролевецький комбикормовий завод» використовується сушарка шахтного типу з конвективним способом сушіння зерна.

1.1.4 Режими сушіння зерна

Під поняттям режиму сушіння на увазі оптимальну температуру агента сушіння і максимально допустиму температуру зерна з урахуванням тривалості сушіння або кількості її циклів. Вибір режиму сушіння здійснюється виходячи з:

- роду та виду насіння, зерна або культури;
- їх початкової вологості;
- цільового призначення продукту;
- конструкційного типу зерносушарки.

1.2 Технологічна схема сушіння зерна в сушарках шахтного типу.

Коли говорять про технологію для сушіння пшениці та кукурудзи, з відповідною продуктивністю, то на сьогоднішній день найбільш виправданою буде сушарка шахтного типу безперервної дії. Завдяки модульній будові її продуктивність теоретично необмежена. На практиці вже змонтовані агрегати з продуктивністю багатьох тисяч (!) тон на добу. Подача та вивід повітря сушарки шахтного типу безперервної дії здійснюється горизонтальними відкритими знизу даховидними повітряними шахтами. Під дією сили тяжіння продукт осипається в проміжках на дно сушарки.

Вертикальні струмені продукту пересікаються з горизонтальними шахтами вдуву теплого повітря і шахтами видуву. Оптимізована даховидна форма цих каналів забезпечує рівномірне просування продукту (рисунок 2 та рисунок 3).

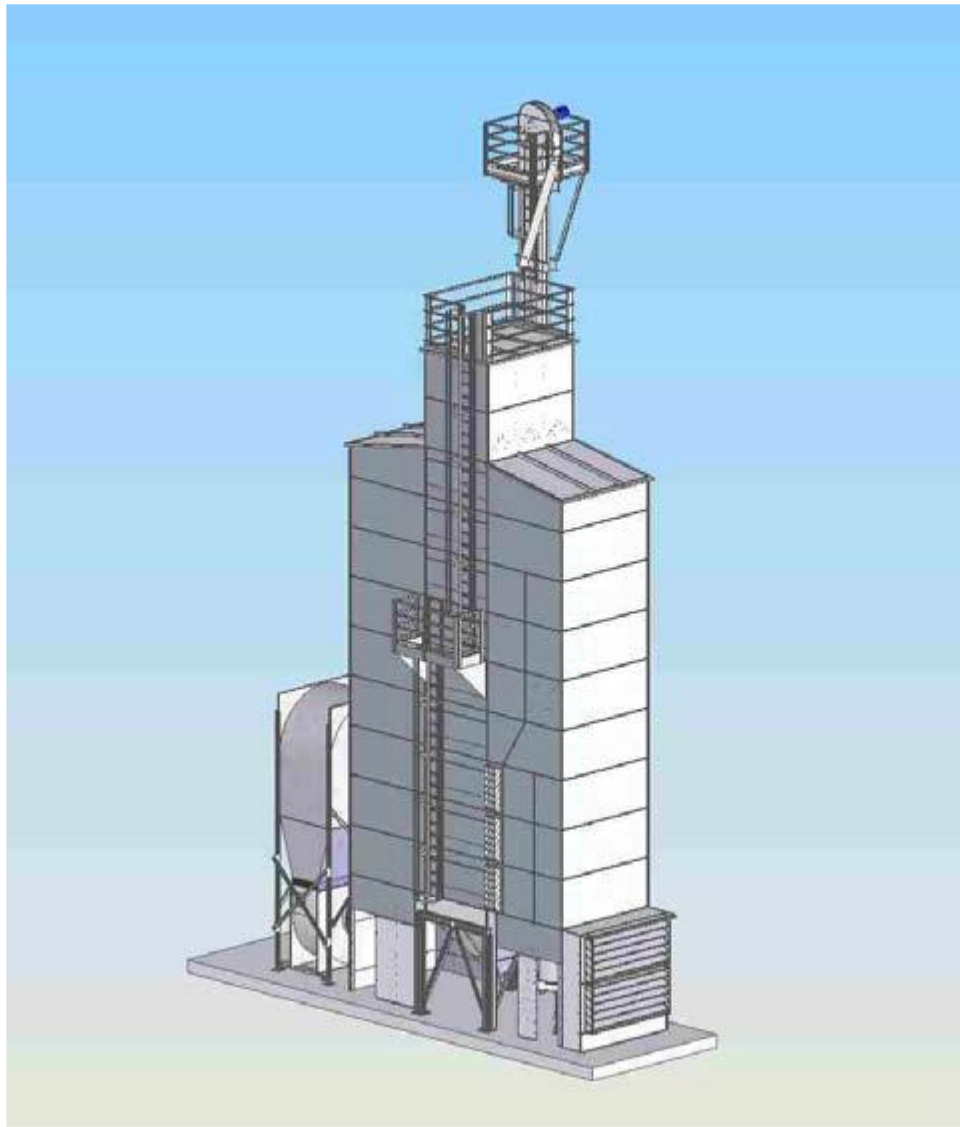


Рисунок 1 3D-ескіз сушарки шахтного типу безперервної дії

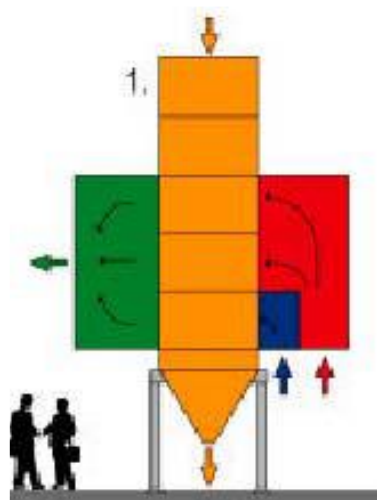


Рисунок 2 Сушарка в перерізі. Продукт сушіння загрузається зверху в колону сушарки зверху (позначено стрілочкою) і під дією сили тяжіння просувається вниз до виходу (жовта стрілка

знизу). Справа в колону сушарки (жовта) подається гаряче повітря (червоне). Зліва виводиться насичене вологою повітря (зелене). Внизу справа знаходиться також зона охолодження (синя)

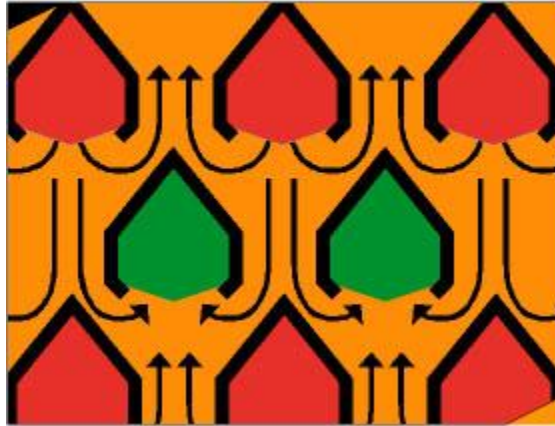


Рисунок 3 Функціональний принцип сушарки шахтного типу неперервної дії. Червоні канали символізують тепле повітря, зелені – відпрацьоване повітря, що виводиться назовні. Між ними знаходиться продукт сушіння (жовтий).

Канали по всій довжині донизу відкриті. Тепле повітря лицьовою частиною тепло-повітряних шахт (червоні) потрапляє всередину сушарки і обдуває через продукт сушіння (жовтий). При цьому продукт нагрівається і віддає зайву вологу в повітря. В свою чергу повітря охолоджується і, в залежності від продукту сушіння, насичується до певної міри вологою. Вологе повітря виводиться сусідніми каналами (зелені). Канали для гарячого повітря та для відтоку повітря відкриті на протилежних стінках сушильної колони, щоб забезпечити адекватний притік та відтік. З іншої сторони – канал закритий, тому повітря змушене проходити вищеописаним шляхом (через продукт). За допомогою вентиляторів, відпрацьоване повітря з сушки видаляється. Вирішальну роль для надійного зберігання після сушіння і запобіганню утворенню грибка відіграє рівномірність просушування. Діють 3 непорушні умови рівномірного сушіння:

- Рівномірний розподіл продукту
- Рівномірний розподіл температури

- Рівномірний розподіл повітря

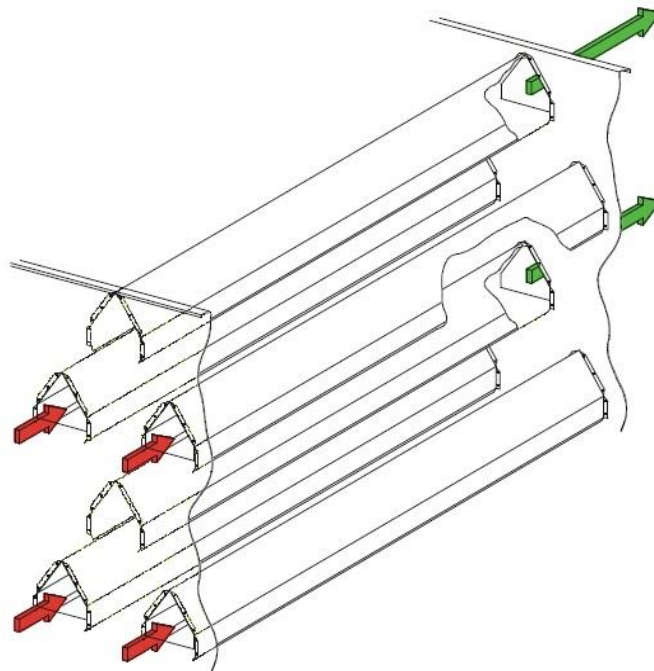


Рисунок 4 Рівномірна конструкція каналів. Червоні стрілочки символізують приток гарячого повітря, зелені – відтік відпрацьованого повітря.

Канали по всій глибині сушарки мають однакову ширину. Канали притоку теплого повітря та відтоку відпрацьованого повітря відкриті поперемінно і таким чином забезпечують проходження повітря через продукт. Цією конструкційною особливістю забезпечується відповідність 2 основним принципам рівномірного сушіння з трьох: рівномірний розподіл повітря та рівномірний розподіл продукту. Насамперед потрібно щоб тепло розподілялося рівномірно на весь об'єм колони. Повітря нагрівається за допомогою газового пальника. Це досягається застосуванням плоского газового пальника, який кріпиться впоперек повітряного ковпака. Потім повітря подається якомога довгими каналами в сушильні секції (див. Рисунок 2). Так забезпечується рівномірний розподіл температури.



Рисунок 5 Пневматична подвійна вигрузка

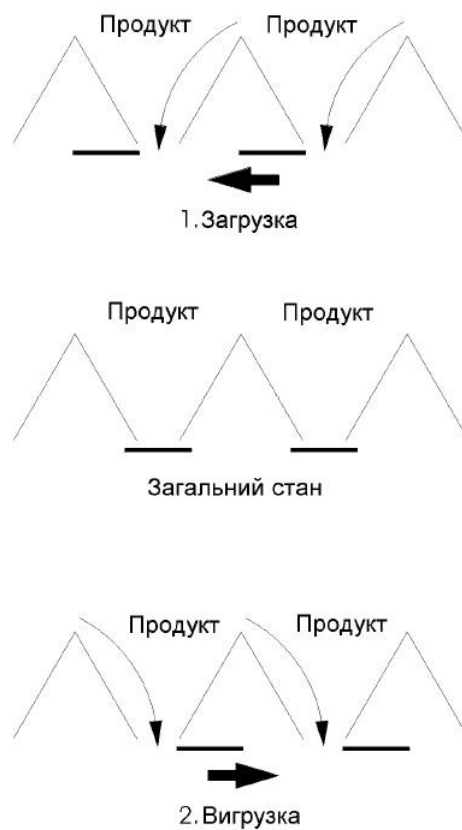
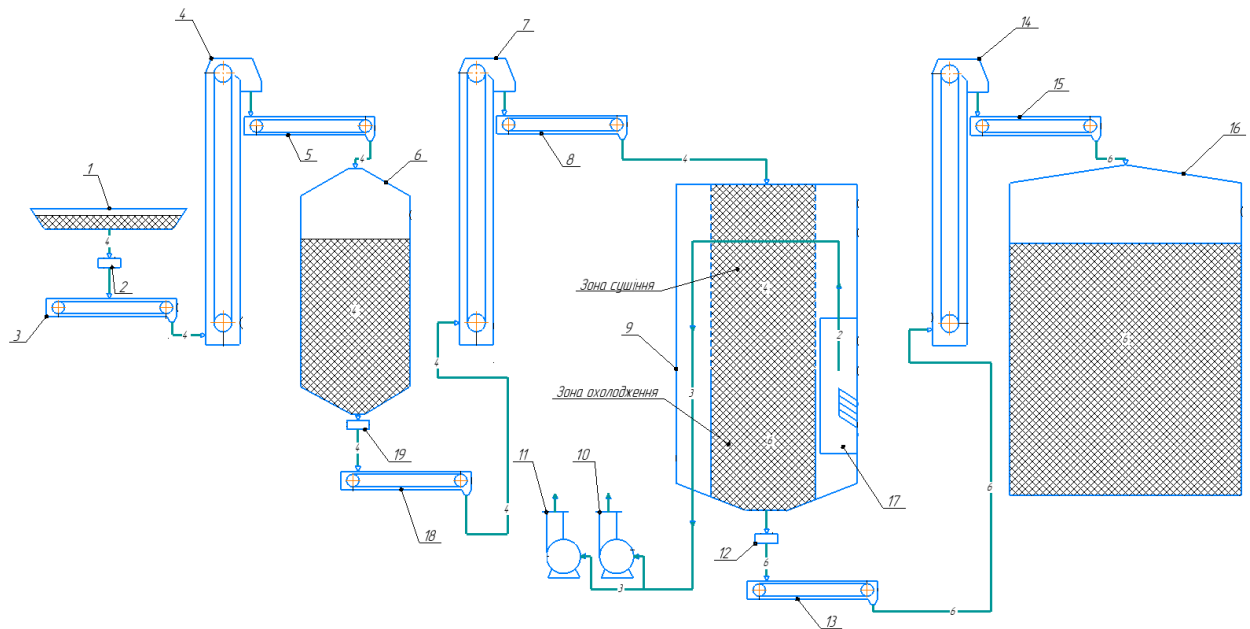


Рисунок 6 Функціональний принцип подвійної вигрузки

До повноцінного виконання умови «рівномірне просушування» належить

система вивантаження. Треба старатись досягнути, щоб практично кожне зернятко знаходилось в сушарці один і той сам час. Це значить, що на всій дистанції, переміщення зерна здійснювалося з одною і тою ж однаковою швидкістю. На сьогодні це досягається за допомогою безперервної роботи пневматичної системи подвійної вивантаження. Система подвійної вивантаження перекриває дно сушарки на всю довжину і спрацьовує поперемінно на короткі періоди часу, менш ніж 1 с. Таким чином забезпечується абсолютно рівномірна подача продукту в сушарку.

1.3 Повний процес сушіння зерна на ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод»



Позначення	Найменування
1	Зважальна яма
2	Засувка електроприводом та датчиком позиювання
19	Засувка з електроприводом
3,5,8,13,15,18	Ланцюгові транспортери
4,7,14	Норії
6	Силос тимчасового зберігання сирого зерна
10, 11	Витяжні вентилятори
9	Зерносушарка
12	Засувка з пневмоприводом
15	Газовий пальник
16	Силос зберігання сухого зерна
Позначення	Найменування
1	Газ
2	Тепле і сухе повітря
3	Холодне і вологе повітря
4	Сире зерно
5	Задір повітря з вулиці
6	Сухе зерно

Рисунок 7: Загальна схема транспортування та сушіння зерна

Зерно яке привозять на лінійний елеватор з автомобіля вивантажують в завальну яму, далі продукт рухається по так званому «маршруту», який встановлює оператор. В цьому бункері на дні є **засувка**, і під дією сили тяжіння через засувку зерно потрапляє в **скребковий транспортер**, а далі в **норію**, яка піднімає зерно вгору. Зерно падає знову в транспортер який переміщає продукт в **металевий силос оперативного накопичення** сирого зерна. На дні силосу також є засувка через яку продукт потрапляє в транспортер. З транспортера воно потрапляє в загрузочну норію, далі знову на транспортер і далі потрапляє в шахти сушарки. На дні сушарки є **вивантажувальний механізм**, який під час загрузки сушарки закритий і не дає продукту рухатись далі. Після того як сушарка наповнилась (300 т зерна), оператор сушарки вмикає **витяжні вентилятори**, які будуть витягувати вологе повітря з зерна. Після запуску вентиляторів оператор вмикає **газовий пальник**, який нагріває повітря. Після цього вмикається вивантаження і зерно потрапляє в транспортер. Зерно сушиться та поступово під своєю вагою просувається вниз коли спрацьовує механізм вивантаження. Вивантаження вмикається на певний проміжок часу (декілька секунд), та з певною періодичністю (приблизно кожні 2 хв.). Під час вивантаження тепле повітря не повинно проходити через зерно, тому на цей час відкриваються **клапани вторинно повітря**, які відкриваються на вулицю і потік повітря йде по меншому супротиву, тобто не через зерно а через клапан. Зерно, яке було з самого верху сушарки під час початку сушіння (запуску газового пальника), дійшовши до самого низу сушарки висушиться до вологи 14%. А зерно, яке було на початок сушіння на дні сушарки сире. Тому «маршрут» міняється і закріплюється. Сире зерно з сушарки знову подається в шахти. Це буде тривати поки воно не пройде через всю сушарку. В цей час сире зерно з силосу не подається в сушарку. Після того як зерно висухло «маршрут» знову міняється і вже сухе зерно потрапляє в силос зберігання сухого зерна, а

сире зерно з оперативного силосу знову подається з сушарку. І вже цей процес йде безперервно, поки є сире зерно. Також в сушарці є функція **рекуперації**. Якщо продукт має дуже сире, відпрацьоване повітря частково можна використати повторно. Оператор відкриває **клапани рекуперації** і повітря виходить не на вулицю, а повертається в ту частину де знаходиться пальник, нагрівається і знову проходить через продукт.

1.4 Обладнання

Обладнання умовно можна поділити на **транспортну систему**, тобто ті агрегати які доставляють зерно до сушарки і забирають з неї, та на саму сушарку.

1.4.1 Транспортна система

1.4.1.1.Засувки:

- а) на завальних ямах та силосах (СМВУ). Щоб зерно своєю вагою не вивело з роботи транспортер, його потік регулюється позиційним відкриттям засувки, для визначення положення засувки використовується датчик позиціонування. Відкриття та закриття засувки відбувається за допомогою електроприводу.
- б) на транспортерах засувка встановлюється для змінити «маршруту», тому потік зерна регулювати не потрібно, і на них встановлюється тільки електропривод для відкриття та закриття засувки.

1.4.1.2 Транспортери. На транспортері встановлюється датчик швидкості та датчик підпору, вони запобігають псуванню обладнання якщо по якимось причинам швидкість транспортеру змінилася, або продукт заклав канал для його проходження далі по маршруту. З двох сторін транспортера стоять барабани на які натягується ланцюг зі скребками, вони і пересувають продукт вздовж транспортера за допомогою електропривода який знаходиться в «голові» транспортера на приводному барабані. Для ввімкнення транспортера використовується пристрій плавного пуску.

1.4.1.3. Норії. Цей пристрій ще називають ковшовим елеватором. Являє собою вертикальний конвеєр, до якого прикріплені ковші. За рахунок їх постійного переміщення відбувається підйом сипучого вантажу. Вантаж в

нижній частині захоплюється ковшами, рухається вертикально і висипається через патрубок горизонтально у верхній частині норії. Ковші повертаються назад вниз перекинутими. **Ковшовий елеватор** являє собою замкнуте полотно з тяговим органом, огинають приводний і натяжний барабани (зірочки), і прикріпленими до нього ковшами. Несучої і огорожувальної частиною елеватора є зварний сталевий кожух з завантажувальним і розвантажувальним патрубками. Приводиться в роботу за допомогою електропривода. На елеваторі застосовується гвинтовий або вантажний натягач. На норії також встановлюються датчики швидкості і підпору. Пуск виконується за допомогою пристрою плавного пуску.

1.4.1.4. Силос. Силоси на конусній основі призначені для оперативного накопичення та відвантаження зернових та олійних. На силосі встановлений датчик рівня, який контролює його наповненість продуктом.

1.4.2 Сушарка

Зерносушарка сконструйована у вигляді вертикальної шахти, та має безліч датчиків які потрібні для контролю різних параметрів під час сушіння зерна.

а) датчик рівня зерна. Шахти наповнюються швидше ніж проходить процес сушіння та вивантаження, тому тут встановлюються датчики рівня, якщо він спрацював, то обладнання яке подає зерно в шахти сушарки зупиняється.

Запускається воно автоматично після того як рівень зерна в шахті впав.

б) на клапанах вторинного повітря, клапанах рекуперації, та вивантажувальному механізмі встановлюють датчики які підтверджують їх відкриття або закриття. В дію вони приводяться за допомогою пневматичних циліндрів. Робочий тиск повітря 6-8 атм.

в) по всій висоті сушарки встановлені датчики температури зерна, температури пальника, температури відпрацьованого повітря, та датчики запобіжного термостата які забезпечують безпечну роботу сушарки. Датчик температури (датчик РТ 100) і датчик запобіжного термостата знаходяться в шахті гарячого повітря. Датчики температури з'єднані з контролером розподільного щита. Шляхом зіставлення значення температури

висушування, яке встановлюється на контролері температури, і фактичним значенням температури осушуючого повітря продуктивність пальника регулюється таким чином, щоб отримати приблизно постійне значення температури висушування.

г) зверху (на вході) та знизу (на виході) встановлені датчики вологості.

Точно вимірюючи вологість зерна, не витрачається зайве паливо та забезпечується оптимальна кондиційність продукції на виході. Волога зерна регулюється за допомогою механізму вивантаження. За допомогою елемента розгрузки відбувається розгрузка продуктів із шахтних сушарок. Він представляє собою мобільний жолоб, який закриває / відкриває отвір розгрузки. Переміщення жолоба забезпечується за рахунок пневмоциліндрів. Так переміщення відбувається через регулярні інтервали. Кожний такий інтервал включає в себе відрізки часу (час роботи і час розгрузки), які регулюються на панелях управління розподільним щитом. Остаточний рівень вологості, залежить від регульованого часу роботи. Чим довше зерно знаходиться в сушарці тим менше в нього остаточної вологи.

Частиною сушарки є **пальник**. Пальник призначений для нагрівання повітря в сушарках. Процес нагріву повітря заснований на використанні в якості палива природного газу. Пальник виготовляється в кліматичному виконанні, що відповідає категорії розміщення 2 по ГОСТ 15150, але для роботи при температурі навколишнього повітря від -20 до +40 С і відносній вологості до 80%. Навколишнє середовище має бути не вибухонебезпечним і не містити агресивних газів і парів в концентраціях, що руйнують метали та ізоляційні матеріали. Пальник являє собою апарат, завданням якого є забезпечення горіння газоподібного палива. В якості спалюваного сировини використовують натуральний газ. Весь процес роботи пальника можна розділити на 3 принципових етапи:

1. Підготовчий етап.
2. Етап змішання.
3. Етап горіння.

До складу пальника включаються витяжні вентилятори, які створюють всі необхідні умови постачання повітря для горіння. Потік повітря в залежності від культури може бути різним. Зміна сили потоку досягається за допомогою зміни частоти обертів двигуна вентилятора. Для цього використовуються частотні перетворювачі. Біля витяжних вентиляторів, встановлюються датчики які контролюють температуру та тиск повітря. Це потрібно для того, щоб впевнитися, що повітря проходить через продукт сушіння. Температура пальника встановлюється оператором сушарки (наприклад, температура сушіння соняшникового насіння 60 С, а кукурудзи – 130 С). Вона повинна бути не змінною, цього можна досягти за допомогою виконавчого механізму, який регулює тиск та кількість палива. Для того, щоб оператор сушарки знав, що пальник дійсно працює, біля пальника встановлюються фотоелементи, які реагують на світло (горіння палива).

2. ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ

Після ретельного аналізу технологічного процесу сушіння зерна визначаємо технологічні параметри, які потребують контролю та керування.

Згідно з тим як працює обладнання, контролю, сигналізації та блокуванню підлягають наступні параметри:

2.1 Транспортна система

- Швидкість транспортерів на
- Підпір (рівень зерна) транспортерів та норій

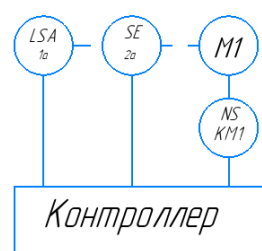


Рисунок : Локальний контур контролю, сигналізації, та блокування транспортерів та норій

2.2 Сушарка

- Температура зерна

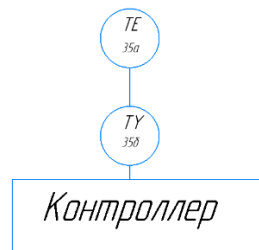


Рисунок : Локальний контур контролю температури зерна

- Тиск повітря, який проходить через зерно

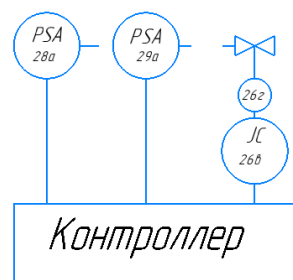


Рисунок : Локальний контур контролю, сигналізації, та блокування пальника по тиску повітря

- Рівень продукту в шахтах сушарки

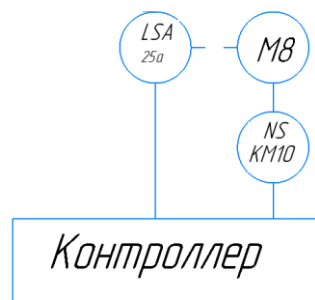


Рисунок : Локальний контур контролю, сигналізації рівня зерна в сушарці та зупинка подаючого транспортера

- Полум'я пальника

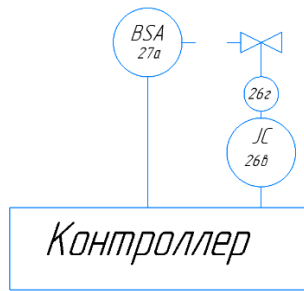


Рисунок : Локальний контур контролю, сигналізації, та блокування пальника при відсутності полум'я

Регулювання параметрів потрібне тільки в сушарці, а саме:

- Температура пальника

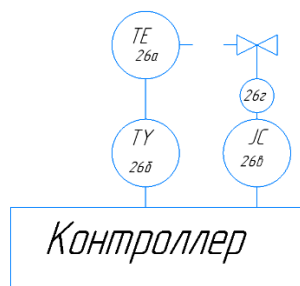


Рисунок: Локальний контур регулювання температури пальник

- Вологість зерна

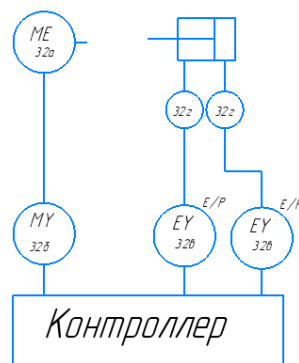


Рисунок: Локальний контур регулювання вологи зерна в сушарці

3. ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ, ЗАХИСТУ ТА АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ

До засобів автоматизації відносяться датчики основних технологічних параметрів, виконавчі механізми (пристрої) та допоміжні прилади.

3.1 Вибір датчиків

3.1.1 Вибір датчика температури

Існує кілька способів вимірювання температури. Температуру можна виміряти за допомогою таких засобів:

- термометрів розширення;
- манометричними термометрами;
- пірометрами;
- термометрами опору;
- термоелектричними термометрами.

Датчики температури знаходяться тільки в зерносушарці і вони відіграють дуже важливу роль в процесі сушіння, і від їх показань залежить не тільки якість зерна після сушіння, але й пожежна безпека. Тому для таких цілей ми використовуємо термометри опору німецького виробництва JUMO GmbH & Co. KG. Угвинчуючий термометр опору з приєднувальною головкою форми J Для температур від -50 ... + 400 ° C

Одинарний або подвійний термометр опору. Поставляється з вимірювальним перетворювачем. Термометр опору, переважно застосовується для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ. Надійна герметичність такої конструктивної форми як при вакуумметричній, так і при надмірному тиску є важливим критерієм при виборі. Областю застосування, переважно є кліматична, холодильна і нагрівальна техніка, пече будівництво, машинобудування. У вимірювальній частини стандартно використовується температурний сенсор Pt100 по DIN EN 60 571, клас B з двопровідним підключенням, можливо виконання Pt500 або Pt1000. Схема

підключення може бути і 3-х дротова, і 4-х дротова. На замовлення можна вбудувати в присьднувальну головку вимірювальний перетворювач.

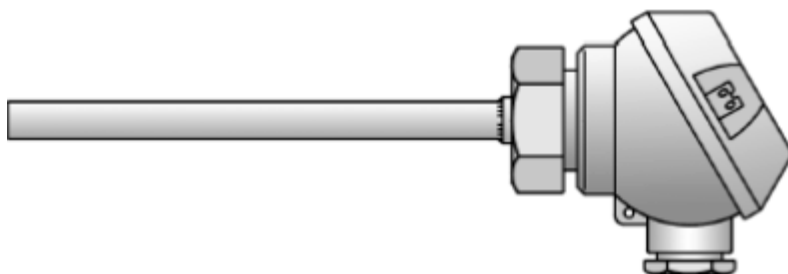


Рисунок 8: термометр опору JUMO GmbH & Co. KG. з присьднувальною головкою форми J

Технічні дані

Присьднувальна головка Форма J, алюмінієве литво, М 16x1,5; IP 54,
навколишня температура -40 ... + 100 ° С

Увага: знижуйте навколишню температуру
при застосуванні вимірювального перетворювача,
типовий лист 70.7030 (95.6530)

Підключення до процесу

Різьба, нержавіюча сталь 1.4571

Захисна трубка

Нержавіюча сталь 1.4571, Ø7 мм і Ø8 мм

Вимірювальна частина

Pt100 температурний сенсор, DIN EN 60 751, клас В, 2-х дротяне включення

Час опитування

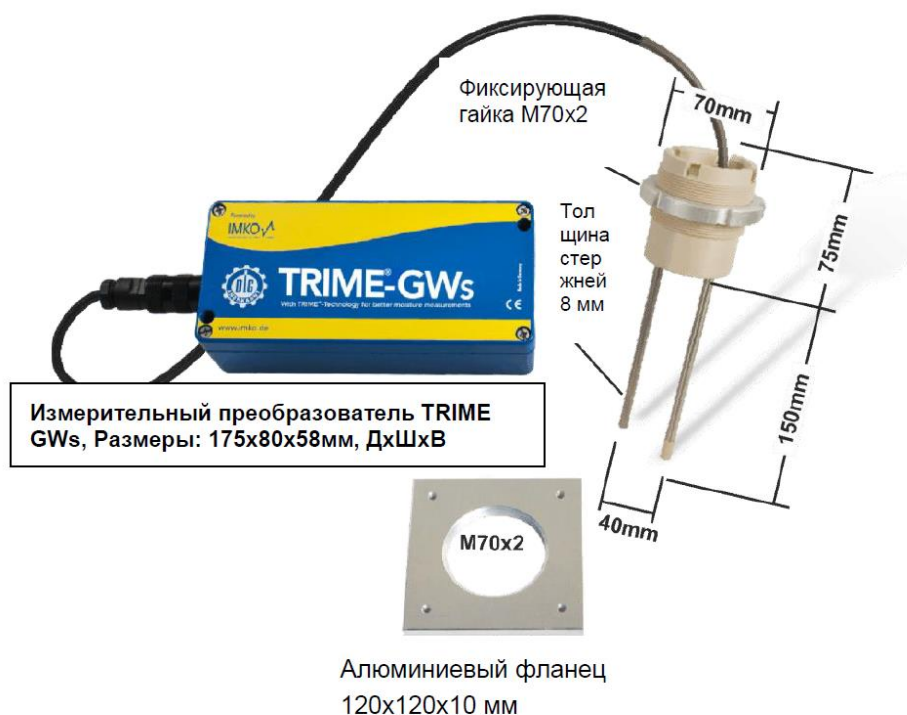
$t_{0,9} = 14\text{с}$, у воді 0,2 м / с, Ø7 мм

Вимірювальний перетворювач

Аналоговий вимірювальний перетворювач, вихід 4 ... 20mA,
типовий лист 70.7030 (95.6530)

3.1.2 Вибір датчика вологості

Також дуже важливим параметром в процесі сушіння зерна є вологість самого зерна, якщо показники датчика вологості будуть значною мірою відрізнятися від реальної вологості, то це може вплинути на зберігання зерна. Якщо зерно буде вологіше чим потрібно, то в силосі зберігання, воно впріє, і почне покриватися грибок. А якщо пересушене, то воно почне битися під час транспортування. В такому випадку для вимірювання температури вибираю датчик вологості німецького виробництва марки ІМКО. Цей датчик спеціально розроблений для сушарок шахтного типу.



Риунок 9: Система вимірювання вологості TRIME-GWs

Динамічна рефлектометрія (Time-Domain-Reflectometry, скорочено TDR) заснована на радіолокаційному діелектричному методі вимірів, де діелектричні константи або вміст вологи вимірюються за тривалістю електромагнітних імпульсів. Система вимірювання вологості TRIME-GWs складається з перетворювача даних вимірювань і зовнішнього двухстержневого вимірювального щупа GR з проводом довжиною 2,5 м. В "TRIME-GWs" вбудований перетворювач даних вимірювань TDR серії SONO-Serie фірми ІМКО. Високочастотний імпульс (1 ГГц), який створюється в рефлектометричним перетворювачі TRIME®, проходить уздовж волноводів,

утворюючи електромагнітне поле навколо них і, отже, в матеріалі навколо щупа. Технологія, запатентована ІМКО, дозволяє вимірювати тривалість цього імпульсу з дозволом в одну пікосекунду (1×10^{-12}), щоб по ній визначити вологість і провідність. Обумовлена величина вологості, провідності або температури передається прямо в ПЛК через два аналогових виходу (0 або 4 ... 20 мА) або зчитується через послідовний інтерфейс. TRIME-GWs зі щупом GR призначений для вимірювання вологості прямо в сушарці для різних видів зерна. Стрижневий щуп GR все ж вимагає хорошої сипучості вимірюваного матеріалу, щоб при він міг добре прилягати стрижнями при пересипанні. Якщо сипкість матеріалу не дуже хороша, то краще використовувати поверхневі щупи, наприклад, SONO-VARIO LD або SONO-GS1. Головка щупа GR складається з РЕЕК і таким чином підходить для температур до 100°C . Приєднувальний провід щупа довжиною 2,5 м складається з тефлону. Головка щупа і приєднувальний провід витримують температуру до 130°C . Температура оточення вимірювального перетворювача TRIME-GWs не повинна перевищувати 80°C . На кінці одного зі стрижнів щупа GR вбудований температурний датчик, що вимірює температуру матеріалу або зерна. Величини температури можуть видаватися на аналоговому виході 2.

3.1.3 Датчик рівня

У сушарку монтуються датчики мінімального і максимального рівня заповнення продукту. Їх сигнали управляють надходженням продукту в сушарку (початком і зупинкою завантажувального норії). Для контролю процесів наповнення або спорожнення бункерів використовуються безконтактні ультразвукові, контактні, лопатеві, вібраційні датчики і сигналізатори. Для прикладу розглянемо декілька видів датчиків рівня для сипучих матеріалів.

UWT Vibranivo - вібраційний сигналізатор рівня

Лопасті вібровилки, відчуваючи п'єзоелектричні вплив вібрують на механічній резонансній частоті. Загасання коливань (зміна амплітуди), що виникає внаслідок покривання лопастей вібровилки матеріалом, реєструється

схемою. Як тільки зонд звільняється від матеріалу, він знову починає вібрувати, що також реєструється пристроєм.

Температурний діапазон застосувань: -40 ... + 150 ° C

Дозвіл на застосування в зонах з небезпекою вибуху пилю.

Спеціальне виконання сигналізатора рівня за технічним завданням замовника, виготовлення робочої частини з харчової нержавіючої сталі 316 ТІ.



Рисунок 10 : **UWT Vibranivo** - вібраційний сигналізатор рівня

Soliswitch FTE 30 – ротаційний датчик рівня

Синхронний двигун приводить в рух гвинти за рахунок роботи зубчастого колеса. Як тільки продукт досягає гвинта, його рух сповільнюється і зупиняється. За рахунок реактивного моменту двигуна відбувається активація підключеного сигнального або контрольного обладнання за допомогою мініатюрного вимикача. Після цього двигун індикатора рівня заповнення зупиняється. Якщо продукт знаходиться нижче рівня заповнення, то гвинт знову вивільняється, а мініатюрний вимикач наводиться у вихідне положення пружиною. Таким чином двигун знову запускається і цикл повторюється.



Рисунок 11: **Soliswitch FTE 30** – ротаційний датчик рівня

Для наших цілей більш вдалим є ротаційний датчик **Soliswitch FTE 30** тому, що продукт не завжди є чистим сміття може налипнути на вібровилку і амплітуда коливань не збільшиться і датчик буде весь час показувати, що ємність заповнена. А ротаційний датчик, за рахунок редуктора та пружини яка працює на протидію продукту датчик повернеться в своє робоче положення.

Технічні характеристики

параметр	значення
принцип вимірювань	Флажковий принцип вимірювання
Характеристики / Застосування	Універсальне рішення для контролю граничних рівнів в силосах з сипучими продуктами.
Харчування / Комунікація	230В AC 50 / 60Гц 115В AC 50 / 60Гц 48В AC 50/60 Гц 24В AC 50 / 60Гц 20 ... 28В DC
Температура навколишнього середовища	-20 ° C ... 60 ° C
Робоча температура	-20 ° C ... 80 ° C
Робочий тиск абс. / Макс. межа надлишкового тиску	0.5 бар ... 1.8 бар
Мін. щільність вимірюваного продукту	> = 100 г / л

змочувані частини	Корпус: 1.4305 Лопаті: 1.4301
Макс. механ. бічна навантаження	60Н Армований корпус: 1500Н Тросове виконання > 1500Н
Приєднання до процесу	G 1 1/2, PBT G 1 1/2, 1.4305 Армований корпус G 1 1/2, 1.4305
довжина датчика	100 мм 200 мм 300 мм 400 мм 500 мм 600 мм Довжина троса прибл. 2000 мм, при необхідності її можна вкоротити
вихід	Дискретний, макс. 10 А / 250В АС
Сертифікати / Нормативи	Сертифікат на застосування у вибухонебезпечних зонах Ex Zone 10 ATEX 1 / 3D IP65 T110 ° C
Опції	Реле
Дод. інформація	Шарнірні лопасті Захисна кришка
діапазон застосування	макс. розмір часток 50мм

3.1.4. Датчики швидкості, позиціювання, та положення вигрузного механізму сушарки.

В сучасному світі для вирішення задач АСУ дуже велику популярність мають індуктивні датчики. Завдяки своїй надійності, простоті та дешевизні інші види датчиків розглядати не буду. Тахогенератори дають велику похибку, яка не дозволяє точно керувати лінійної швидкістю переміщення транспортера, а енкодери дуже дорогі. Широке застосування індуктивні датчики знаходять в промисловості для вимірювання переміщень. Використовуються вони і в якості датчиків наближення, які служать для виявлення різних металевих і неметалевих об'єктів безконтактним способом за принципом "так" або "ні". Принцип дії заснований на зміні амплітуди коливань генератора при внесенні в активну зону датчика металевого, магнітного, феромагнітного або аморфного матеріалу певних розмірів. При подачі живлення на кінцевий вимикач в області його чутливої поверхні утворюється змінюється магнітне поле, наводить у внесеному в зону матеріалі вихрові струми, які призводять до зміни амплітуди коливань генератора. В результаті виробляється аналоговий вихідний сигнал, величина якого змінюється від відстані між датчиком і контрольованим предметом. Тригер Шмітта перетворює аналоговий сигнал в логічний. Отже для своїх цілей підходить індуктивний датчик литовського виробництва ICB12S30F04PO CARLO GAVAZZI

Технічні характеристики:

Корпус з нержавіючої сталі, циліндричний

- Діаметр: M12, M18, M30
- Короткі або довгі версії
- Відстань зондування: від 2 до 15 мм
- Живлення: від 10 до 40 В постійного струму
- Вихідні дані: Транзистор NPN / PNP, перемикач або перемикач
- Захист: коротке замикання та зворотна полярність
- Світлодіодна індикація для виходу ON

- 2 м кабель або вилка M12



Рисунок 12: індуктивний датчик ICB12S30F04PO CARLO GAVAZZI

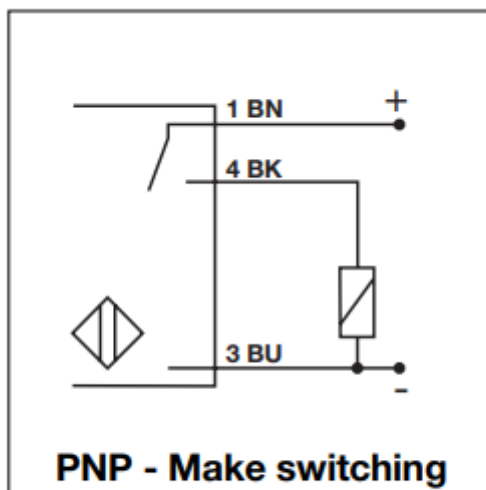


Рисунок 13: підключення індуктивного датчика ICB12S30F04PO CARLO GAVAZZI

3.1.5 Датчик підпору

Іноді при заповненні норії або транспортера сипучими продуктами виникають ситуації, коли рівень завантаження перевищує допустимий. Подібні ситуації можуть призвести до зупинки і заклинювання ковшового елеватора. Для контролю рівня продукту використовуються датчики підпору (завалу). Розглянемо декілька датчиків підпору і виберемо такий, який більш підходить для умов нашого виробництва.

Ємнісний датчик CBN 15-30GK60-E0 (Pepperl & Fuchs, Німеччина)

Активним елементом ємностного датчика є система, яка складається з дискообразного сенсорного електрода і чашеобразного екрану. Два ці електроди формують конденсатор з базовою ємністю C . Ємність змінюється на величину ΔC при наближенні об'єкта до поверхонь датчика (відстань $\sim s$). Конденсатор є складовою частиною RC генератора. Його вихідна напруга U_{\sim} залежить від ефективної ємності $C_a = C_G + \Delta C$ міжсенсорним електродом і потенціалом екрану. RC-генератор спрацьовує, коли відстань між об'єктом і конденсатором стає менше визначеного значення. Вихідна напруга генератора демодулюється і фільтрується, і після подання возмущаючого імпульсу видає сигнал на виході.

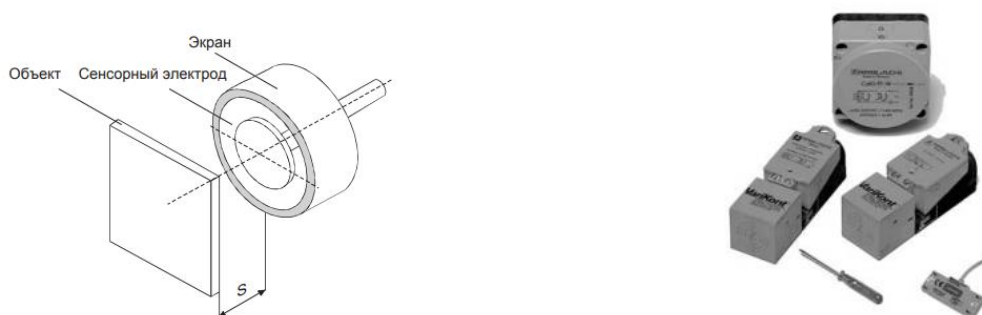


Рисунок 14 : Ємнісний датчик CBN 15-30GK60-E0

Мембранний датчик тип MF (Mollet Fullstandtechnik, Німеччина) являє собою мембрану з штоком і мікровимикач. Зерно тисне на мембрану, і її

шток замикає ланцюг за допомогою мікровимикача. Сигнал від датчика надходить на контролер, який дає команду на розвантажувальний транспортер приймального бункера і зупиняє завантаження норії.



Рисунок 15: **Мембранний датчик** тип MF (Mollet Fullstandtechnik, Німеччина)

Ємнісний датчик не підготує нам тому, що пил та бруд, які наліпають на сенсор будуть сигналізувати, що транспортер або норія повні і це спричинить зупинку механізмів. Тому обираємо мембранний датчик з механічним контактом, на який ці фактори менш впливають. У той же час це буде досить економічне рішення.

3.2 Вибір пальника для сушарки.

Газовий пальник представляє собою генератор гарячого повітря без теплообмінника, тобто повітря підігрівається за рахунок безпосереднього змішування гарячого та свіжого повітря. На ринку є дуже велика кількість пальників для сушарок, але одним з лідерів є компанія **Roses&Wayler (Італія)**. Ця компанія може забезпечити відповідні габарити пальника, а також якість та безпеку. І що також дуже є великими плюсом, то це економічність палива. Для габаритів і потужності нашої сушарки вибираємо модель **MJ7 WO 20100**. Для забезпечення безпечної роботи у пальника є

власні захисні елементи, які при необхідності викликають аварійну зупинку.

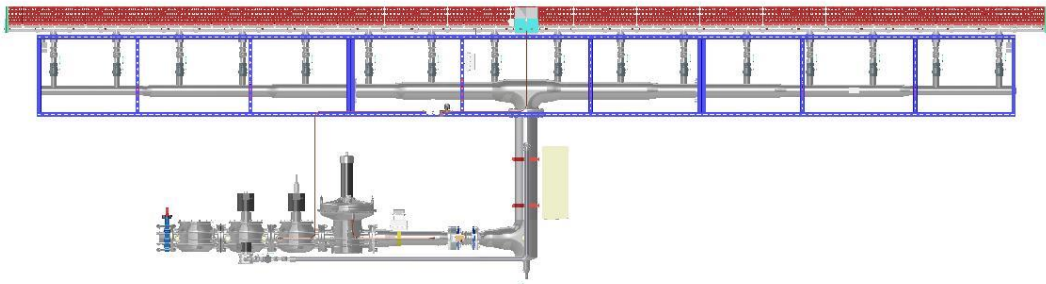


Рисунок 16: газовий пальник Roses&Wayler MJ7 WO 20100

Тепер більш детально розглянемо з чого складається пальник та як він працює.

Пуск пальника.

Цифри і букви відповідають вказаним на рисунках компонентам нагрівача повітря.

- Пуск вентилятора сушарки
- Перевірити, перепад тиску в точках + AP і-AP. Мінімум 3mbar (30 мм в.с.).
- Відкрити клапан газопостачання 1,
- Включити вимикачі та 2Q1 2Q2,
- Клапан 4M1 має бути встановленим до своєї мінімальної потужності. -
Необхідно переконатися в тому, що термостат закритий.
- 3-ходовий клапан 3Y1 допомагає повітрю поступати в атмосферу за допомогою реле тиску 3S4.
- Увімкнути перемикач 3S1 і дистанційний вимикач.
- Подача живлення на контролері пальника 2D1 вимкнена протягом 5 секунд, це призводить до ініціації зондування системи клапана (VPS), після чого живлення контролера відновлюється.
- Якщо VPS в порядку, і якщо тиск газу вище встановленого мінімуму, клапан 3-х напрямків з'єднує клапан атмосферного тиску з камерою згоряння.
- Якщо перемикач тиску повітря 3S6 змінює положення в перші 12 секунд, в 20-ту секунду трансформатор розпалу буде активований і відкриється

запобіжний клапан і експериментальний 5Y1 5Y2, враховуючи загальний час попередньої вентиляції 20 с.

- Якщо займання сталося від 4B1 на протязі 3-х секунд з моменту відкриття клапана, то після 12-ї секунд відкриваються клапани 5Y3 і 5Y4. Основне полум'я пальника контролюється 3B1 +3 D1 і має прибути до кінця пальника через 3с. Під час першого запуску, через присутність повітря в трубі, ці кроки повинні бути повторені, до моменту займання «пілотного» полум'я.

- Після закінчення часу безпеки основного полум'я, контроль потужності приймає команду газового потоку для досягнення і підтримки заданої температури повітря.

- Коли 4M1 досягає свого максимуму вогневої позиції, переконайтеся, що полум'я не жовтого кольору або дуже "стійке". Встановіть регулятор повітря, щоб отримати "м'яке" полум'я синього кольору.

- Якщо полум'я залишається жовтим навіть, коли регулятор закритий повністю, в першу чергу перевірте чи є надлишковий тиск газу або перешкоди на вхідний канал до газового пальника, другого акту на регуляторі тиску, щоб зменшити витрату газу, поки полум'я ОК (див. інструкцію виробника). Крім того, якщо це не представляється можливим, максимальний гвинтовий замок сервомотора клапана 4M1 повинен бути скоректований. Щоб зробити все це зручно, ви можете натиснути на керівництво команди сервомотора і зафіксуєте його. Переконайтеся, що під час знаходження на цьому завданню, температура процесу повітря не перевищує рекомендованих для обладнання, де ви встановили нагрівач повітря. **НЕ ЗАБУДЬТЕ РОЗБЛОКУВАТИ Серводвигун.**

- С 4M1 в повністю відкритому положенні, переконайтеся, що температура не перевищує параметрів, необхідних для процесу з більш високою температурою. Якщо так, тодоцільно зменшити тиск газу через регулятор тиску, або налаштувати на максимум гвинтовий замок сервомотора.

- Включенням і виключенням газового пальника в кількості десять разів, перевіряється осічка.

- Якщо є осічка, через спостереження за газовим пальником та вказівок контролера визначити причину збою.
- У випадку, якщо не було виявлення експериментального полум'я, необхідно налаштувати регулятор тиску 10, щоб експериментально отримати правильне поєднання повітря, яке дозволяє газу запалюватися. Повторюйте до тих пір, поки 10 циклів будуть успішно запуснені.
- Якщо це можливо, перевірте потік споживання газовим пальником на повну потужність; він не повинен перевищувати значення, як описано в таблиці газового пальника. - Заповнити форму пуску і відправити її по електронній пошті постачальнику пальника.

Технічні характеристики

№	Найменування	Од. вимірювання	Значення
1	Тип пальника повітря		Он-лайн
2	Використовувати		Шафу для підігріву повітря
3	Швидкість повітря мінімальна/максимальна	м/с	15/30
4	Повітряно-газова суміш		Змішування в соплі
5	Теплова потужність мінімальна/максимальна	кВт	2000/20000
6	Витрати природного газу мінімальні / максимальні	м³/год.	200/2000
7	Тиск ПРИРОДНОГО ГАЗУ мінімальний / максимальний	mbar	200/360
8	Тиск в камері згорання мінімальний / максимальний	mbar	-6/-3
9	Регулювання потужності	-	Регулюючим клапаном
10	Необхідна потужність електропостачання	кВт	0.8
11	Запобіжник	А	6
12	Трансформатор розпалювання	кВ; мА	8; 28
13	Електроживлення	В/Гц	1+N ~ 230/50
14	Детектор полум'я		іонізаційний стрижень

3.2.1. Датчики пальника

3.2.1.1 Реле тиску



Рисунок 17: Реле тиску типу 604

Реле тиску типу 604 використовується як Δp перемикач витрати у вентиляції повітроводів для управління фільтрами і вентиляторами, а в первинній і вторинній системі управління для управління повітряними засувками. Виробником цього реле являється швейцарська компанія Huba Control AG Headquarters Schweiz.

Технічні характеристики

Діапазон тиску

Відносний і диференціальний 0,2 ... 3 - 50 мбар

Умови роботи

Середнє повітря та нейтральні гази

Температура

Середній / навколишній -30 ... +85 C

Резистивне навантаження

5 А при 250 В змінного струму

4 А при 30 В постійного струму

3.2.1.2 Реле газу та повітря

В цьому пальнику використовується реле німецького виробництва **Karl Dungs GmbH & Co. KG**, модель GW A6



Рисунок 18: реле газу та повітря GW А6

Ці реле призначені для контролю в технологіях згорання, вентиляції та кондиціонування. Вони підходять для вмикання, вимикання або перемикавання ланцюга, якщо фактичне значення тиску змінюється порівняно із заданим значенням.

Максимальний робочий тиск: 500/600 мбар, діапазон налаштування становить 1 ÷ 500 мбар.

Температура навколишнього середовища та середовища -15 ÷ 70 о С, температура зберігання -30 ÷ 80 С.

Комутаційна напруга: постійний струм: 24 ÷ 48 В, змінний струм 24 ÷ 250 В.

Номинальний струм: змінний струм 10 А (6 А для ГВ 3 А6).

GW... А6 / 1 має вбудовану демпфувальну насадку.

Підходить для газів сімейств 1, 2, 3 та інших нейтральних газоподібних середовищ.

3.2.1.3 Датчик полум'я для газового типу

Датчик підходить для перевірки наявності полум'я на газових пальниках. Він може використовувати або ультрафіолетову фотопробірку, або електрод для використання ефекту випрямлення

полум'я (іонізація).



Рисунок 19: Датчик полум'я RE3 220

Модель	RE3 220
Бренд	БРАНМА
Країна виробництва	Італія
Тип	Детектор полум'я
Робоча температура	0 ~ 60 ° C
Час реакції	<1 с
Мінімальний струм іонізації	0,5 мА
Вологість	95% макс. при 40 ° C
Напруга	220 ~ 230 В
Частота	50 ~ 60 Гц

3.2.2 Виконавчі пристрої пальника

Регулювання температури пальника виконує система газових клапанів і серводвигуна. Робота яких описана вище. Зараз розглянемо які виконуючі механізми входять до складу цього пальника.

3.2.2.1 Електромагнітний клапан EVP / NC, EVPC / NC, MADAS (Italy).



Рисунок 20: Електромагнітний клапан EVP / NC, EVPC / NC, MADAS (Italy).
Електромагнітний клапан EVP / NC, EVPC / NC, MADAS (Italy). газовий відсічний двохпозиційний нормально закритий EVP / NC, EVPC / NC призначений для автоматичного перекриття потоку газового середовища (природний газ, метан, парова фаза скрапленого газу, біогаз, коксовий газ, вуглекислий газ, повітря та інші сухі гази) шляхом зняття напруги з котушки (електромагніту) клапана. При наявності напруги клапан відкритий. Клапан призначений для використання в системах дистанційного керування газопальниковими пристроїв парових та водогрійних котлів, теплогенераторів, побутових опалювальних установок і технологічних трубопроводних системах для управління потоком газу в якості запірно-регулюючих органів і органів безпеки. Клапани можуть управлятися детекторами загазованості, датчиками тиску, термостатами і т. Д. Клапани забезпечені енергозберігаючим пристроєм, що дозволяє істотно знизити споживання електроенергії. Таким чином, в порівнянні з аналогічною продукцією інших виробників потребує набагато менше енергії на 50-60%. Клапани можуть бути забезпечені індикатором положення відкрито / закрито (кінцевий вимикач). Клапани моделі EVPF / NC обладнані пристроєм для регулювання витрати. Клапани моделі EVPS / NC, крім влаштування для регулювання витрати і установки стартового витрати, мають функцію повільного відкриття. Залежно від настройки максимальний час відкриття

клапана може бути задано в діапазоні від 1 до 30 секунд. Клапани з повільним відкриттям призначені для використання в якості клапана безпеки, що встановлюється на ввіді в котельню, з можливістю забезпечення безпечної роботи пристроїв, чутливих до «пневмоударам».

Робоче середовище: неагресивні сухі гази (природний газ, метан, зріджений газ, біогаз, коксовий газ, повітря)

Приєднання: муфтове або фланцеве (DN15-DN50), фланцеве (DN65-DN350)

Максимальний робочий тиск: 200 mbar, 360 mbar

Напруга живлення: ~ 12V, 24V, 110V, 230V змінного струму; -12V, 24V постійного струму Час закриття: <1 сек.

3.2.2.2 Регулятор тиску газу моделей RG/2MC, FRG/2MC (з вбудованим фільтром)

Призначений для зниження тиску газу з високого і середнього до низького і автоматичного підтримання заданого тиску незалежно від зміни вхідного тиску. Регулятори застосовуються в побутовому і промисловому секторах і використовуються для природного і зрідженого газів, біогазу, повітря та інших неагресивних газів.



Рисунок 21: Регулятор тиску газу моделей **RG/2MC, FRG/2MC**

Технічні характеристики

Приєднання	муфтове (DN15 ÷ DN50) муфтове або фланцеве (DN25 ÷ DN50) фланцеве PN16 (DN65 ÷ DN150)
Температура навколишнього середовища	-30 + 60 ° C
Максимальний тиск:	1 bar, 2 bar або 6 bar
Діапазон настройки вихідного тиску	7 ÷ 600 мбар
Ступінь очищення:	50 мкм, 20 мкм 10 мкм

3.2.2.3 ЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРИВІД BELIMO NM230A-S

Привід повітряної заслінки без зворотного пружини Belimo NM230A-S поворотного типу 10 Nm. Застосовується для управління повітряними заслінками площею до 2,0 м². Управління відбувається за принципом 'відкрито / закрито ', або трипозиційне. Передбачено ручне управління за допомогою кнопки - при натисканні на кнопку передача виводиться з зацепа шестерень. Для виставлення кута поворотного ходу служать механічні упори. У приводі передбачений захист від перевантаження, що конструктивно не вимагає додаткових кінцевих вимикачів.



Рисунок 22: електричний привід Belimo NM230A-S

Технічні характеристики

Для мереж напругою 230 В

Максимальний кут повороту складає 95 °

Механічний індикатор положення

Зупиняється автоматично після досягнення кінцевих положень

Напрямок руху – реверсивний

Діапазон номінальної напруги 85 ... 265 В

Оснащений фіксатором, який запобігає провертання електроприводу

3.2.2.4 Система автоматичного управління пальником ВРАНМА серії МРІ

Позначення МРІ відноситься до серії мікроконтролерів, також придатні для управління пальниками з примусовою тягою для змішаного нафтового та газового палива для непостійної експлуатації. МРІ - це новий продукт, як кожен блок, крім виконання всіх типових функцій пальника, також включає в себе клапан перевірки, та програму перевірки системи. Підключення лише одного блоку управління замість двох це, безумовно, технічно та економічно перевага. Ці елементи керування виконують енергонезалежне блокування, тобто перезапуск системи в умовах безпечного відключення можливе лише за допомогою скидання керування вручну. Ще одна особливість - можливість контролювати різні види повітряної заслінки. Завдяки універсальності, цей діапазон елементів управління підходить для оснащення багатоступеневих або модулюючих пальники для побутового та промислового опалення.



Рисунок 23: Система автоматичного управління пальником BRAHMA серії MPI

Живлення: 230 В (+10% / - 15%) - 50 / 60Гц

за запитом: 110 / 120В (+10% / - 15%) - 50 / 60Гц

Діапазон робочих температур: -20 ° С + 60 ° С

Вологість навколишнього середовища: макс. 95%

Ступінь захисту: IP40.

3.3 Виконавчі пристрої сушарки

3.3.1 Регулювання вологості зерна

Виконавчим пристроєм регулювання вологості являється пневмоциліндр, який відводить жолоб від отвору вигрузки.

DNC-125-250-PPV-A FESTO з робочим тиском 0,6-12 Bar



Рисунок 24: пневмоциліндр DNC-125-250-PPV-A FESTO

Для подачі повітря в циліндри використовуються **розподільник з електромагнітним управлінням CPE FESTO**



Рисунок25: розподільник з електромагнітним управлінням CPE FESTO

Завдяки системі модульних монтажних плит з ударостійкого поліаміду окремі розподільники можна об'єднати в загальний блок.

- У базовому блоці або блоках розширення можна організувати різні зони тиску за рахунок перекриття каналів PRS.
- Живлення повітрям і відведення вихлопу можна здійснювати з двох сторін базового і кінцевих блоків.
- Живлення і вихлоп можна підвести до кінцевого блоку як збоку, так і зверху.
- Завдяки засувкам при складанні не потрібні ніякі гвинти.
- Можливі комбінації

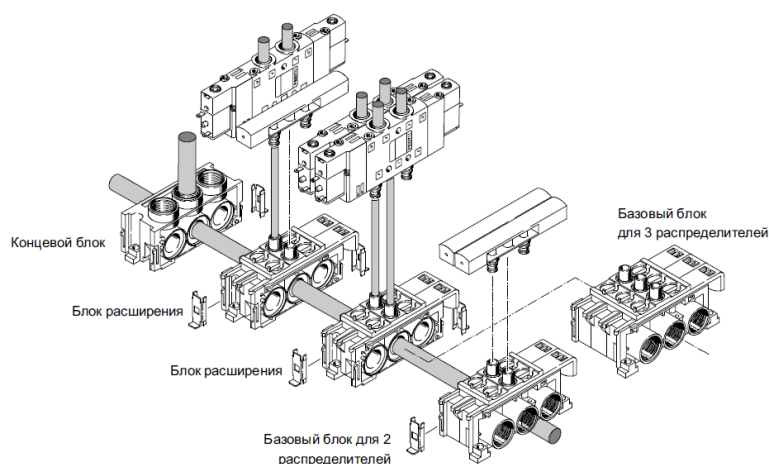


Рисунок 26: блоки розподільника з електромагнітним управлінням CPE FESTO

Характеристики

Приєднувальна різьба M5, M7, G 1/8, G 1/4, G 3/8

Цанговий фітінг 4, 6, 8, 10, 12 мм

Витрата 180, ... 3 200 літрів / хв.

Напруга 24 В DC, 110, 230 В AC

Розподільники трубного монтажу

з електричним пілотним керуванням і пневмово поверненням.

3.4 Прилади управління двигунами

3.4.1. Системи плавного пуску

Під час пуску двигуна крутящий момент за частки секунди часто досягає 150-200% від номінального, що може привести до виходу з ладу механічної частини приводу. При цьому пусковий струм може бути в 6-8 разів більше номінального. Застосування пристроїв плавного пуску забезпечує обмеження швидкості наростання і максимального значення пускового струму протягом заданого часу (після застосування пристрою плавного пуску значення пускового струму зменшується до 3-4 номінальних). Тому пуск електроприводу норій та транспортерів виконується за допомогою пристрою плавного пуску. На ринку є дуже великий вибір УПП, за якістю та ціною політикою, всі торгові марки приблизно однакові, тому не варто зупинятися на виборі. Зараз ми обираємо плавний пуск шведсько-швейцарської компанії АВВ.



Рисунок 27: плавний пуск

Комплексний захист електродвигуна;

Трифазне управління;

Робоча напруга: 208-690 В змін. струму;

Широкий діапазон напруги живлення: 100-250 В, 50/60 Гц;

Номінальний робочий струм: від 30 до 1250 А (2160 А при підключенні «в трикутник»);

Друковані плати з захисним покриттям;

Управління крутним моментом для управління насосами;

Знімна панель управління;

Функція позиціонування і реверсу двигуна на зниженій швидкості.

3.4.2 Частотний перетворювач

В сушарці стоять витяжні вентилятори, які утворюють повітряний потік який проходить через продукт сушіння, в залежності яке зерно знаходиться в сушарці повітряний потік може бути різний, зміна потоку досягається зміною частоти обертів витяжного вентилятора. Тому для цього в керуванні двигуном вентилятора, нам необхідно встановити перетворювач частоти.

Частотний перетворювач Schneider Electric



Рисунок 28: перетворювач частоти Altivar Process

Altivar Process - перетворювач частоти з вбудованими інтелектуальними сервісами, завдяки яким забезпечується можливість скорочення експлуатаційних витрат в галузях промисловості і комунального господарства.

Перший перетворювач частоти з вбудованими сервісами і наступними функціями

Вбудоване вимірювання потужності і панель інструментів енергоспоживання

Вбудований контроль і управління технологічним процесом

Вбудовані напірно-витратні графіки насоса (можливість задати 5 точок графіка)

Низький рівень гармонік (THDi <48% при навантаженні 80% або THDi <5% у перетворювачів з низькими гармоніками)

Функція «Старт і стоп» для зниження споживання електроенергії при зупинці

Моніторинг та захист виконавчого механізму

Моніторинг відхилення поточного режиму насоса від точки максимальної ефективності

Простота обслуговування (динамічний QR-код)

Легка інтеграція в комунікаційні мережі за допомогою вбудованого порту Ethernet

Конфігурація пристрою з використанням технології Smart Process Object

Вбудований Web-сервер

Надійне охолодження і технологія придушення гармонік

Модульна і компактна конструкція

Проста інтеграція в електромережі

Можливості місцевого та дистанційного керування (ПЛК, внесений термінал, ЧМІ)

3.5 Вибір контролера для транспортної системи.

При виборі контролера треба звертати увагу на те, які функції він буде виконувати. А саме пуск двигунів, контроль пуску двигуна, контроль оперативного живлення, положення засувки та перекидних клапанів, контроль рівня, швидкості підпору, контроль навантаження двигунів, автоматичний чи ручний режим управління обладнанням. А також аварійна зупинка та сигналізація при порушенні роботи вище вказаних параметрів. Також треба звернути увагу на те, що елеваторний комплекс збільшує свої об'єми, а тому розширення модулів входів/виходів впливає на вибір контролера. З урахування всіх потреб найкращим вибором буде **SIMATIC S71500** другого покоління



Рисунок 29: **SIMATIC S71500** другого покоління

Найвища продуктивність для свого класу. Ефективне вирішення завдань автоматизації середнього і високого рівня складності. Мінімальні часи реакції на зовнішні події. Модульна конструкція. Максимальна адаптація апаратури до вимог вирішуваних завдань. Зручна конструкція і робота з природним охолодженням. Одночасне обслуговування систем локального і рас пределеніє введення-виведення і просте включення в мережеві конфігурації. Вбудована підтримка захищеного обміну даними через промислові мережі та Інтернет. Розширена концепція захисту доступу до програми і даними. Вільний нарощування функціональних можливостей при модернізації системи управління. Для програмування, конфігурування, діагностики та обслуговування програмованих контролерів S7-1500 використовуються інструментальні засоби пакета STEP 7 Professional V13 (TIA Portal). Разом з цим контролером буде задіяна багатофункціональна станція нового покоління для побудови систем розподіленого вводу-виводу на основі мереж PROFINET і PROFIBUS **SIMATIC ET 200SP**.

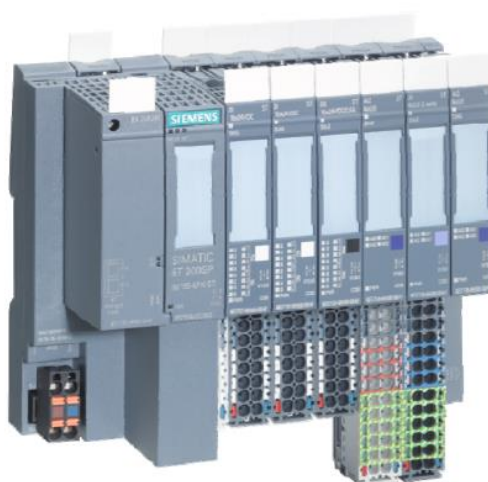


Рисунок 30: **SIMATIC ET 200SP**

Залежно від типу інтерфейсного модуля в одній станції може використовуватися до 64 периферійних модулів, які обслуговують до 1024 дискретних або до 256 аналогових каналів введення-вивода. Також доступні для замовлення центральні процесори (CPU) на базі S7-1500 для створення повноцінних інтелектуальних розподілених систем ПЛК, програмованих через Step7 Professional V13.

3.6 Вибір контролера управління сушаркою

Для таких цілей компанією Stela drying technology (Німеччина), була розроблена спеціальна панель керування сушаркою КТР 1000 на основі мікропроцесора SIMATIC S7 300

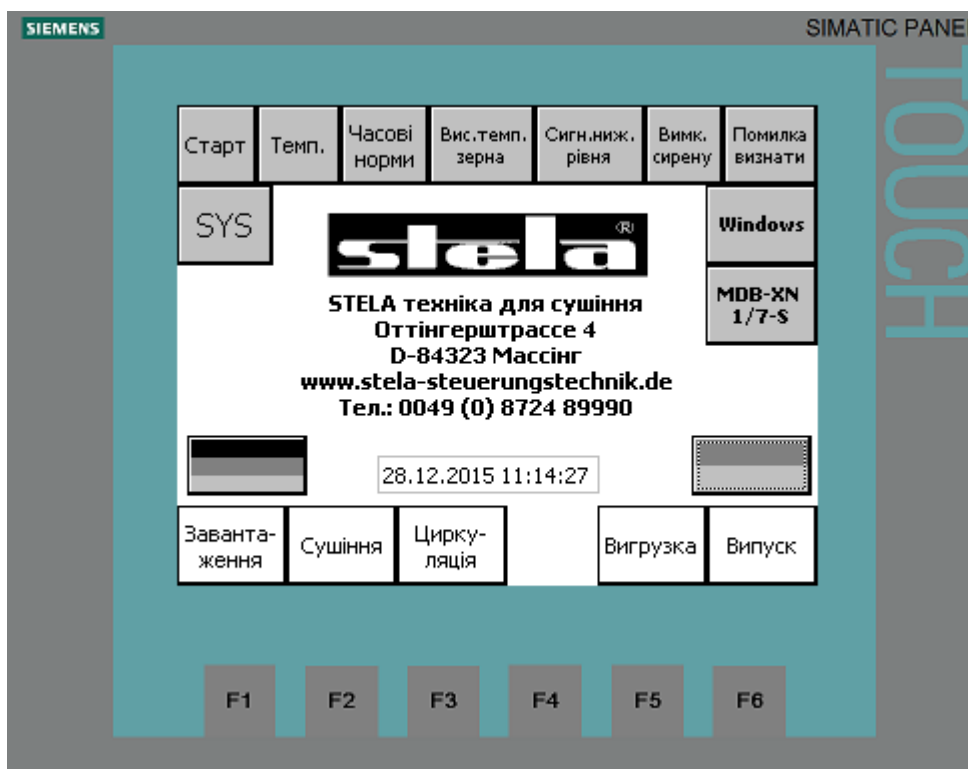


Рисунок 32: панель керування сушаркою КТР 1000

Всі параметри процесу сушіння регулюються за допомогою сенсорної панелі. Це залежить від продукту, який ви хочете сушити, які налаштування ви маєте зробити. Для різних видів продукції потрібні різні налаштування часу і температури, щоб отримати бажаний продукт. Панель керування з Windows

CE встановлена лише на приладах керування, які працюють на базі операційної системи «Windows CE».

За допомогою панелі керування з Windows CE обслуговуючий персонал може наприклад:

- виконати резервне копіювання/відновлення;
- виконати налаштування зв'язку;
- налаштувати дату/час;
- виконати конфігурацію панелі вводу (екранної клавіатури);
- виконати конфігурацію клавіатури та мишки;
- виконати конфігурацію налаштувань мережі;
- налаштувати принтер;
- відформатувати Flash-накопичувач;
- виконати необхідні налаштування пристрою (наприклад, яскравість і калібрування сенсорної панелі)
- вказати налаштування передачі даних;

4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Ідентифікація об'єкта

Мета ідентифікації полягає в тому, щоб отримати математичний опис об'єкта. Завдання ідентифікація може бути вирішена двома способами: аналітично і експериментально. Аналітичний метод ґрунтується на аналізі та використанні фізичних законів, що визначають хід процесів, що протікають в об'єкті. Експериментальний метод базується на процесі отримання необхідних даних (кривої розгону) безпосередньо з об'єкта. Експериментальний метод

використовується для перевірки адекватності моделі, отриманої аналітичним шляхом.

4.1.1 Аналітичне визначення математичної моделі [14]

Об'єктом є пальник. Пальник призначений для нагрівання повітря в сушарках. Процес нагріву повітря заснований на використанні в якості палива природного газу. Кількість тепла, що виділяється в одиницю часу визначається з виразу:

$$\Phi = k \cdot q_p$$

(4.1)

где k - швидкість горіння, q_p - тепловий ефект від горіння.

Швидкість горіння визначається з рівняння Арреніуса:

$$k = k_0 \cdot e^{-E/RT}$$

(4.2)

де k_0 - передекспоненційний множник, що залежить від числа зіткнень реагуючих молекул, E - енергія активації (кДж/кмоль), R - газова постійна (кДж/кмоль · К), T - абсолютна температура (°С).

В основу математичного опис належить рівняння теплового балансу для вмісту пальнику, яке може бути записано у вигляді:

$$M \cdot c \cdot \frac{d}{dt} T = q_{cm} + \Phi$$

(4.3)

де M - маса газу, c - теплоємність газу, q_{cm} - тепловий потік, який розраховується за такою формулою:

$$q_{cm} = a_{cm} \cdot S \cdot (T_{cm} - T)$$

(4.4)

де a_{cm} - коефіцієнт тепловіддачі від стінки, S - площа тепловіддачі, T_{cm} - середня температура у пальнику.

Для знаходження T_{cm} складаємо рівняння теплового балансу стінки:

$$M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot \frac{d}{dt} T_{cm} = q_n - q_{cm}$$

(4.5)

де M_{cm} - маса стінки, c_{cm} - теплоємність стінки, q_n - тепловий потік від парової сорочки до стінки.

Залежність теплового потоку, переданого від сорочки до стінки, пов'язана з температурою пари в сорочці в такий спосіб:

$$q_n = a_n \cdot S \cdot (T_n - T_{cm})$$

(4.6)

Виконавши підстановку (6) і (4) в (5) і виразимо T_{cm} :

$$T_{cm} = \frac{a_n \cdot S \cdot T_n + a_{cm} \cdot S \cdot T}{M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot p + a_n \cdot S - a_{cm} \cdot S_{cm}}$$

(4.7)

де $p = \frac{d}{dt}$

Потім підставляємо (4.1) і (4.7) в (4.3) отримуємо вираз:

$$T \cdot (M \cdot c \cdot M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot p^2 + (M \cdot c \cdot a_n \cdot S + a_{cm} \cdot S \cdot M \cdot c + a_{cm} \cdot S \cdot M_{cm} \cdot c_{cm} - \Phi \cdot M_{cm} \cdot c_{cm})) \cdot p + a_n \cdot S^2 \cdot a_{cm} - \Phi \cdot a_n \cdot S - \Phi \cdot a_{cm} \cdot S) = a_{cm} \cdot S^2 \cdot a_n \cdot T_n$$

З огляду на слабкий характер нелінійності, і, прийнявши допущення про незначність відхилення вихідної координати в процесі нормальної роботи від деякого початкового значення T_0 , проведемо лінеаризацію нелінійності, тобто заміну існуючої нелінійності $k_0 \cdot e^{-E/RT}$ лінійною характеристикою методом розкладання в ряд Тейлора біля робочої точки T_0 з відкиданням членів розкладання другого і вище порядків. Отримуємо

$$f(T)|_{T=T_0} = k_0 \cdot e^{-E/RT} \approx \frac{df(T)}{dT} \cdot T_0 = k_0 \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2}$$

(4.8)

В результаті лінійне диференціальне рівняння математичного опису набуде вигляду

$$\begin{aligned}
& T \cdot (M \cdot c \cdot M_{cm} \cdot c_{cm} \cdot p^2 + (M \cdot c \cdot a_n \cdot S + a_{cm} \cdot S \cdot M \cdot c + a_{cm} \cdot S \cdot c_{cm} \cdot M_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \times \\
& \times M_{cm} \cdot c_{cm}) \cdot p + a_n \cdot S^2 \cdot a_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_n \cdot S - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_{cm} \cdot S) = \\
& = a_{cm} \cdot S^2 \cdot a_n \cdot T_n
\end{aligned}$$

Потім виконавши формальну заміну змінних $T = y$, $T_n = u$ і

підстановку

$$a_0 = M \cdot c \cdot M_{cm} \cdot c_{cm}$$

$$a_1 = M \cdot c \cdot a_n \cdot S + a_{cm} \cdot S \cdot M \cdot c + a_{cm} \cdot S \cdot c_{cm} \cdot M_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot M_{cm} \cdot c_{cm}$$

$$a_2 = a_n \cdot S^2 \cdot a_{cm} - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_n \cdot S - k_0 \cdot q_p \cdot e^{-E/RT_0} \cdot \frac{E}{R \cdot T_0^2} \cdot a_{cm} \cdot S$$

$$K_u = a_{cm} \cdot S^2 \cdot a_n$$

маємо

$$a_0 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dy}{dt} + a_2 \cdot y = K_u \cdot u$$

(4.9)

Маючи на увазі виконання принципу суперпозиції для лінійних систем, на основі диференціального рівняння (8.9) отримуємо передавальну функцію об'єкта управління

$$W(p) = \frac{K_u}{a_0 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + a_2}$$

(4.10)

параметри об'єкта:

- теплоємність газу $c = 18 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}$;
- теплоємність стінки пальнику $c_{cm} = 540 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ \text{C}$;
- маса газу $M = 1989 \text{ кг}$;
- маса стінки пальнику $M_{cm} = 1000 \text{ кг}$;
- коефіцієнт тепловіддачі стінки $a_{cm} = 62.8 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}$;
- коефіцієнт тепловіддачі пари $a_n = 87,2 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}$;
- площа тепловіддачі $S = 9,42 \text{ м}^2$;
- передекспоненційний множник $k_0 = 0,7$;

- енергія активації $E = 820 \text{ кДж/кмоль}$;
- газова постійна $R = 8.31 \text{ кДж/кмоль} \cdot \text{К}$;
- тепловий ефект $q_p = 112 \text{ Дж/кг}$;
- початкова умова по температурі $T(0) = 17 \text{ }^\circ\text{C}$.

Коефіцієнти передавальної функції з урахуванням зазначених даних:

$$a_0 = 1989 \cdot 18 \cdot 1000 \cdot 540 = 1.933 \cdot 10^{10}$$

$$a_1 = 1989 \cdot 18 \cdot 87.2 \cdot 9.42 + 62.8 \cdot 9.42 \cdot 1989 \cdot 18 + 62.8 \cdot 9.42 \cdot 540 \cdot 1000 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \times \\ \times 1000 \cdot 540 = 3.7 \cdot 10^8$$

$$a_2 = 87.2 \cdot 88.74 \cdot 62.8 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \cdot 87.2 \cdot 9.42 - 0.7 \cdot 112 \cdot e^{-820/8.31 \cdot 17} \cdot \frac{820}{8.31 \cdot 289} \times \\ \times 62.8 \cdot 9.42 = 4.858 \cdot 10^5$$

$$K_u = 62.8 \cdot 9.42 \cdot 87.2 = 4.859 \cdot 10^5$$

Передавальна функція з урахуванням коефіцієнтів:

$$W(p) = \frac{4.86 \cdot 10^5}{1.93 \cdot 10^{10} \cdot p^2 + 3.7 \cdot 10^8 \cdot p + 4.86 \cdot 10^5} = \frac{1}{3.97 \cdot 10^4 \cdot p^2 + 761 \cdot p + 1}$$

(4.11)

Виконуємо моделювання, використовуючи математичний пакет MatLab.

Модель подана на рис. 43, а результати моделювання на рис. 44.

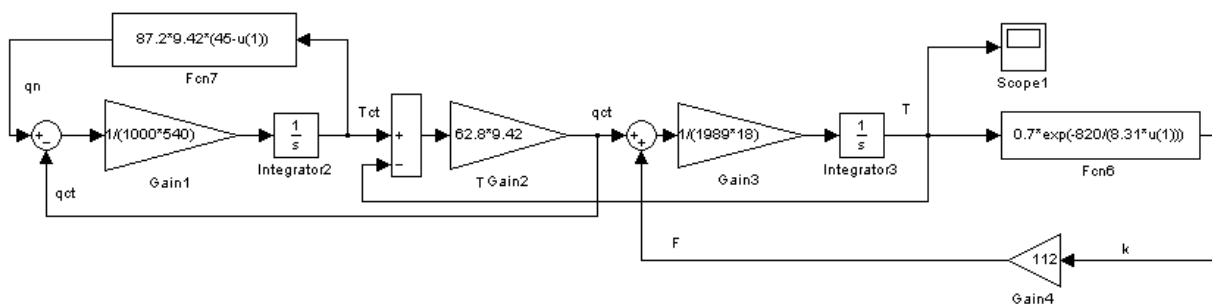


Рисунок 43 – Модель об'єкта регулювання

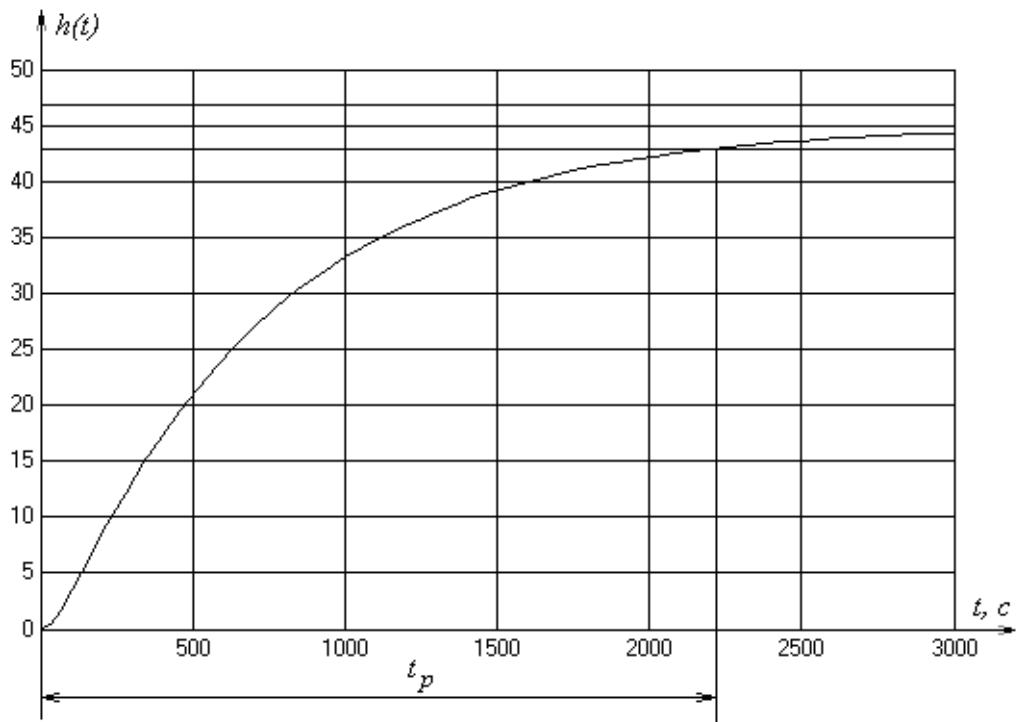


Рисунок 44 – Перехідна характеристика об'єкта регулювання

Час перехідного процесу $t_p = 2220 \text{ с} = 37 \text{ хв.}$

4.1.2 Перевірка адекватності математичної моделі

Для перевірки адекватності математичної моделі, отриманої аналітично, знімаємо криву розгону безпосередньо з об'єкта. Отримана характеристика представлена на рис. 45.

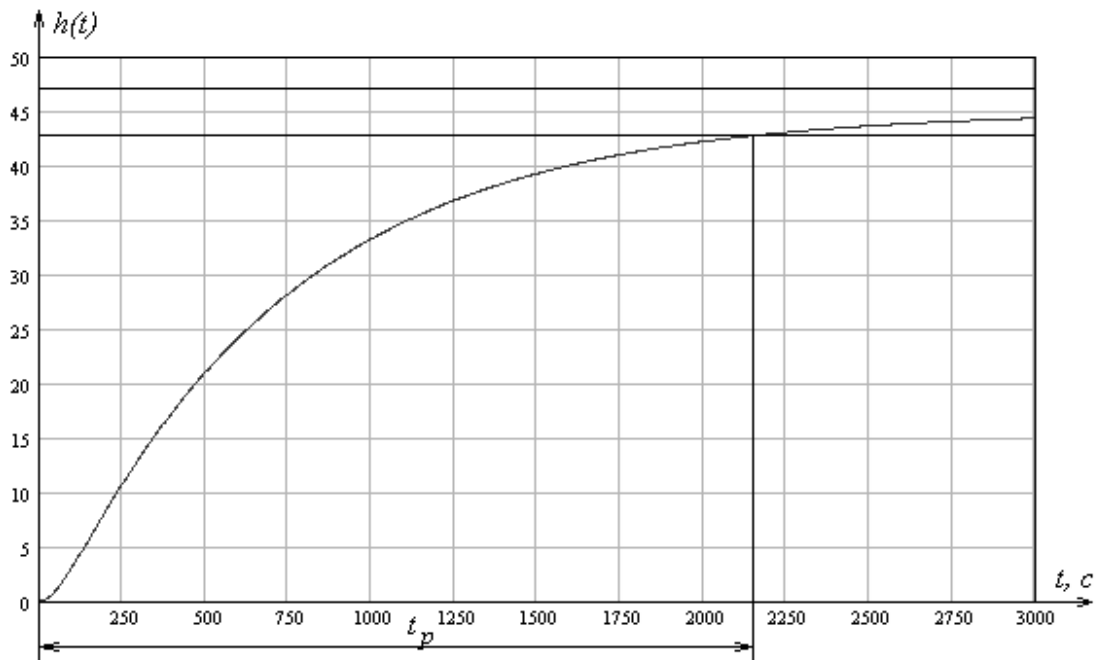


Рисунок 45 – Крива розгону об'єкта регулювання

Час перехідного процесу $t_p = 2230 \text{ c} = 37.2 \text{ мин.}$

Використовуючи метод найменших квадратів [15], перевіримо схожість двох кривих розгону (отриманої аналітичним і експериментальним способом). Для цього розбиваємо весь інтервал часу на 12 рівних частин. Визначаємо значення температури в відповідні моменти часу і зводимо їх в табл.1.

Таблиця 1 – Значення температури в фіксовані моменти часу

t	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
	0	5	0	0	00	50	00	50	00	50	00	50	00
h отримані аналітично	0	11	21	28	33	37	39	41,5	42,5	43	43,5	44	44,5
h' отримані експериментально	0	10,9	21	27,9	33	36,9	39	41,5	42,4	43	43,5	44	44,5

Зробимо оцінку точності шляхом порівняння експериментальних значень досліджуваної величини з відповідними значеннями, отриманими аналітичним шляхом. Для цього обчислимо коефіцієнт детермінації R^2 (кореляції). Розрахунок базується на визначенні дисперсії, як показника, який оцінює ступінь розсіювання значень досліджуваної величини.

$$R^2 = \frac{S_{\tilde{h}}^2}{S_h^2} = \frac{\sum (\tilde{h}_i - \bar{\tilde{h}})^2}{\sum (h_i - \bar{h})^2}$$

(8.12)

де \bar{h} – середнє арифметичне

$$\bar{h} = \frac{\sum h_i}{n} = \frac{10.9 + 21 + 27.9 + 33 + 36.9 + 39 + 41.5 + 42.4 + 43 + 43.5 + 44 + 44.5}{12} = \frac{427.6}{12} = 35.63$$

$$\bar{\tilde{h}} = \frac{\sum \tilde{h}_i}{n} = \frac{11 + 21 + 28 + 33 + 37 + 39 + 41.5 + 42.5 + 43 + 43.5 + 44 + 44.5}{12} = \frac{428}{12} = 35.67$$

$$R^2 = \frac{(11 - 35.67)^2 + (21 - 35.67)^2 + (28 - 35.67)^2 + (33 - 35.67)^2 + (37 - 35.67)^2 + (39 - 35.67)^2 + (41.5 - 35.67)^2 + (42.5 - 35.67)^2 + (43 - 35.67)^2 + (43.5 - 35.67)^2 + (44 - 35.67)^2 + (44.5 - 35.67)^2}{(10.9 - 35.63)^2 + (21 - 35.63)^2 + (27.9 - 35.63)^2 + (33 - 35.63)^2 + (36.9 - 35.63)^2 + (39 - 35.63)^2 + (41.5 - 35.63)^2 + (42.4 - 35.63)^2 + (43 - 35.63)^2 + (43.5 - 35.63)^2 + (44 - 35.63)^2 + (44.5 - 35.63)^2} = \frac{1245.6668}{1250.5268} = 0.99$$

Якщо коефіцієнт детермінації дорівнює 1, то значення, отримані експериментальним і аналітичним шляхом повністю збігаються. Якщо ж коефіцієнт детермінації близький до 1, то можна вважати, що модель адекватна реальному об'єкту.

4.2. Вибір і розрахунок параметрів регулятора [16]

4.2.1 розрахунок налаштувань П-регулятора

Передавальна функція П-регулятора $W_n(p)$ є коефіцієнт підсилення регулятора k_n :

$$W_n(p) = k_n$$

(4.13)

Розрахунок регулятора проведемо методом визначення оптимальних параметрів за показником коливальності (метод В.Я. Ротача).

Визначаємо межу зони, в якій замкнута система управління буде мати запас стійкості буде не нижче заданого показника коливальності $M \leq M_3$. При цьому вважається, що САУ має необхідний запас стійкості, якщо її показник коливальності знаходиться в діапазоні $M = 1.3 \dots 2.3$, що відповідає ступеню згасання $\psi = 0.95 \dots 0.75$. Таким чином, вибираємо ступінь коливальності $M = 1.55$.

Частотна передаточна функція об'єкта управління $W_{oo}(\omega)$ і П-регулятора $W_p(\omega)$:

$$W_{oo}(\omega) = \frac{1}{3.97 \cdot 10^4 \cdot (j \cdot \omega)^2 + 761 \cdot j \cdot \omega + 1}$$

(4.14)

$$W_p(\omega) = k_p$$

(4.15)

Будуємо АФЧХ розімкнутої системи $W(\omega) = W_n(\omega) \cdot W_{oo}(\omega)$, використовуючи математичний пакет Mathcad. Потім знаходимо такий коефіцієнт підсилення k_p , при якому ця характеристика торкатиметься окружності, для заданого значення M . Результати побудови представлені на рис. 46.

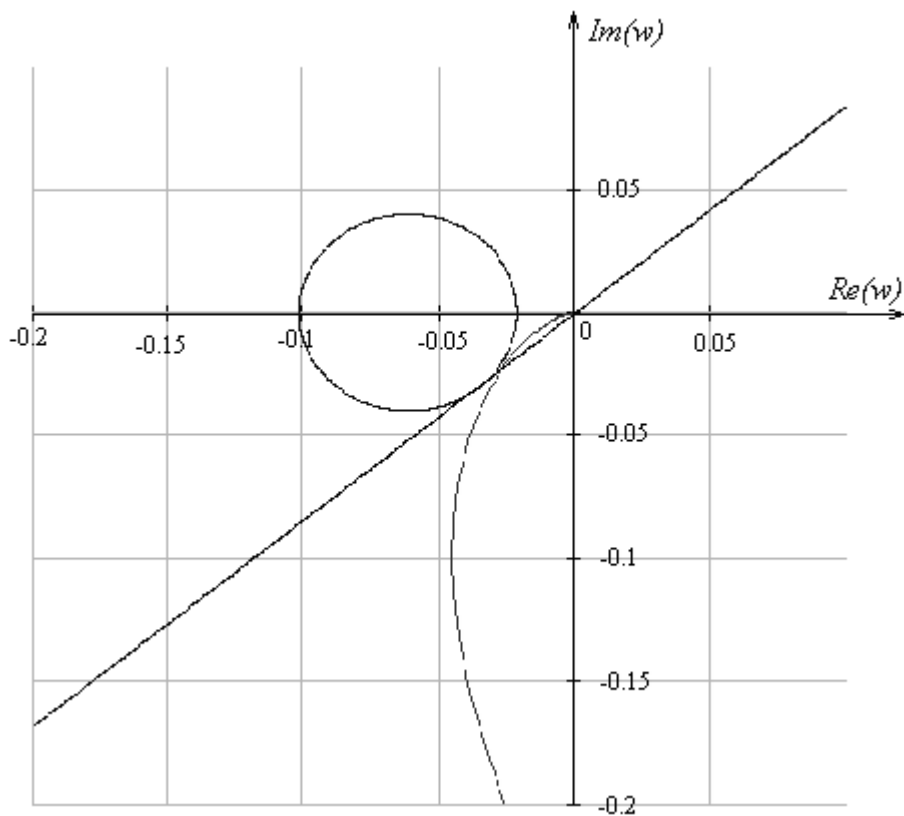


Рисунок 46 – АФЧХ розімкнутої системи і заборонена область

Величину коефіцієнта підсилення П-регулятора визначаємо відповідно до формули (4.16).

$$k_p = \frac{M}{M^2 - 1} \cdot \frac{1}{r_{окр}}$$

(4.16)

де $r_{окр}$ – радіус кола забороненої області.

$$k_p = 27.585$$

Графік перехідної характеристики $h(t)$ замкнутої системи при оптимальних настройках регулятора представлений на рис. 47.

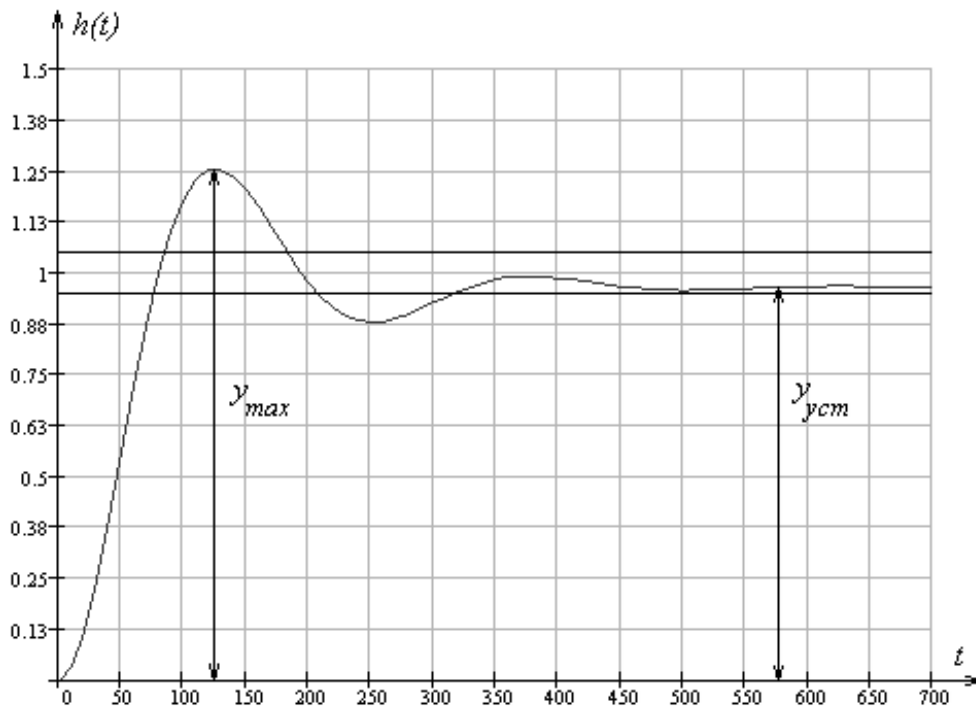


Рисунок 47 – Перехідна характеристика замкнутої системи при

$$k_n = 27.585$$

Прямі показники якості, відповідно до отриманого графіку, такі:

– Перерегулювання $\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\text{уст}}}{y_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{1.25 - 1}{1} \cdot 100\% = 25\%$,

(4.17)

– Час перехідного процесу $t_p = 318$ с,

– Статична помилка 3%.

4.2.2 розрахунок налаштувань ПІ-регулятора

Передавальна функція ПІ-регулятора $W_p(p)$ має вигляд:

$$W_p(p) = k_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_u p} \right)$$

(4.18)

де k_p - коефіцієнт передачі (підсилення) регулятора

T_u - час ізодрома

Частотна передавальна функція ПІ-регулятора $W_p(\omega)$:

$$W_p(\omega) = k_p + \frac{1}{T_u \cdot j \cdot \omega}$$

(4.19)

Будуємо сімейство АФЧХ розімкнутої системи $W(\omega) = W_p(\omega) \cdot W_{об}(\omega)$ для різних фіксованих значень часу ізодрома T_u , використовуючи математичний пакет Mathcad. Потім знаходимо такі коефіцієнти посилення k_p , при яких ці характеристики будуть торкатися кола, для заданого значення M . Результати побудови представлені на рис. 48.

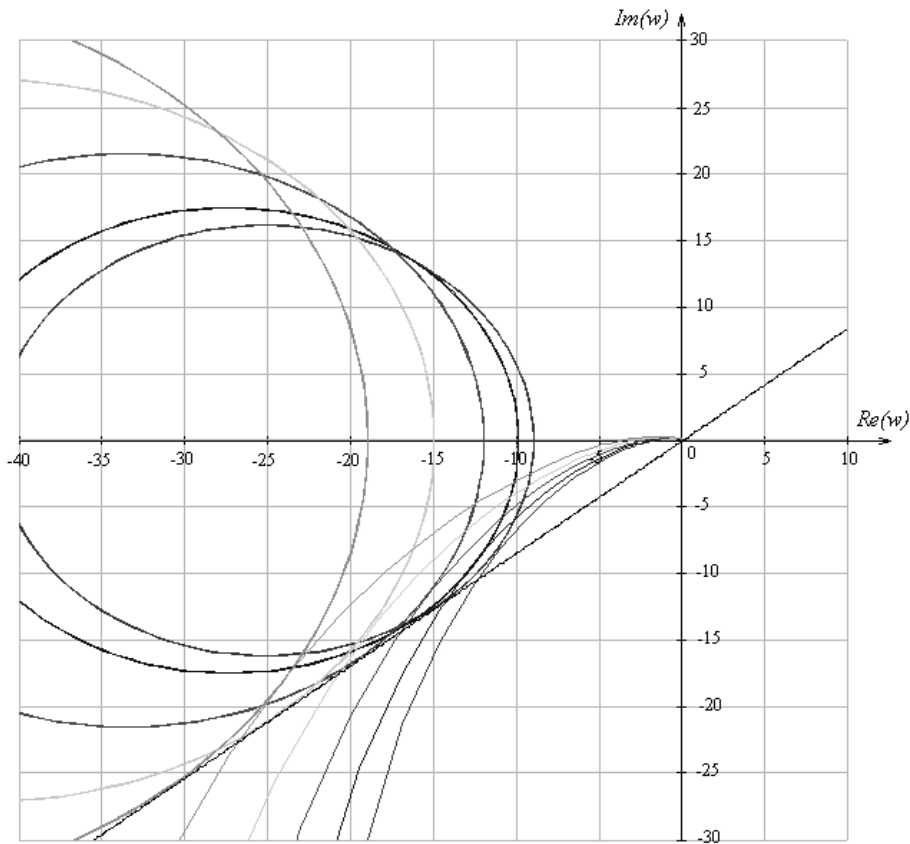


Рисунок 48 – Сімейство АФЧХ розімкнутої системи

Величини коефіцієнта підсилення ПІ-регулятора визначаємо відповідно до формули (4.16) для кожного значення T_u .

Отримані пари налаштувань зводимо в табл. 2.

Таблиця 2 – коефіцієнти налаштування ПІ-регулятора

T_u	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43
-------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

k_p	3,27	3,43	3,59	3,62	3,75	3,98	4,54	4,84	5,13	5,72	6,23	7,4
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

За результатами будуюмо графік залежності (рис. 49).

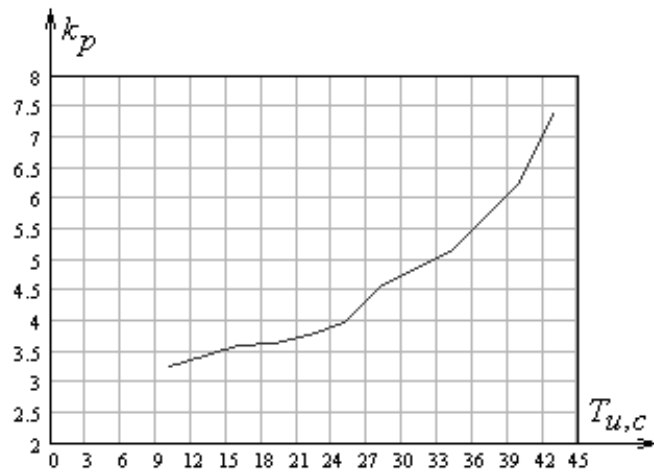


Рисунок 49 – Межа області заданого М

Для визначення того, яка пара налаштувань дає найкращі показники якості, будуюмо графіки перехідних характеристик замкнутої системи для декількох значень T_u ($T_u = 25$ с, $T_u = 31$ с, $T_u = 37$ с, $T_u = 43$ с). Результати подані на рис. 50.

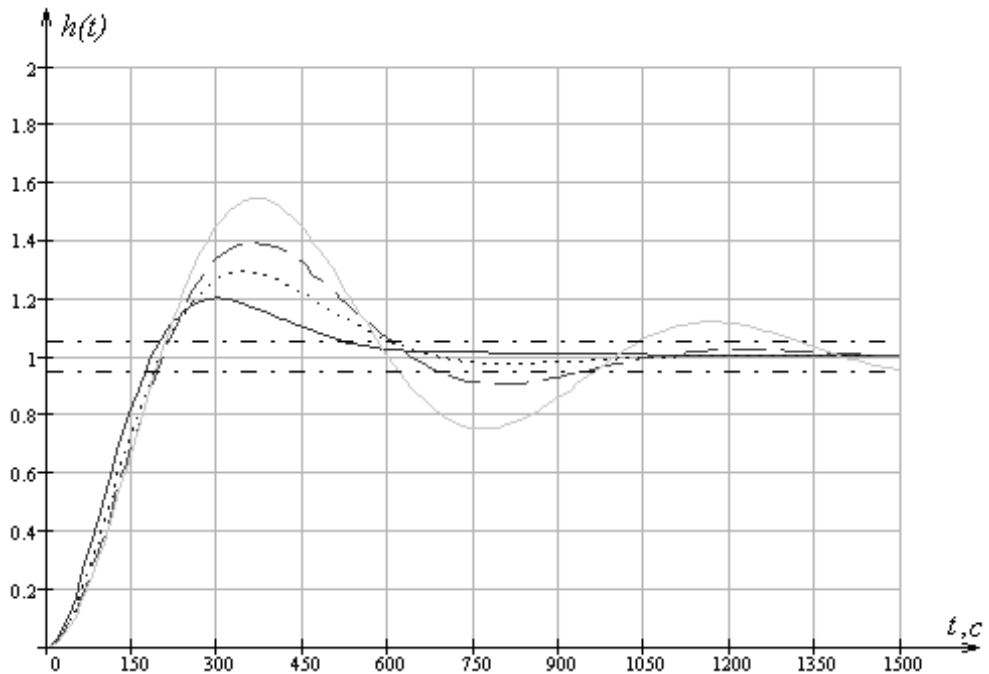


Рисунок 50 – Перехідні характеристики САУ для заданого М при різних значеннях часу ізодрома

Найкращі показники якості забезпечує пара налаштувань регулятора $k_p = 7,39, T_u = 43 \text{ c}$. Графік перехідної характеристики замкнутої системи при оптимальних настройках регулятора поданий на рис, 51.

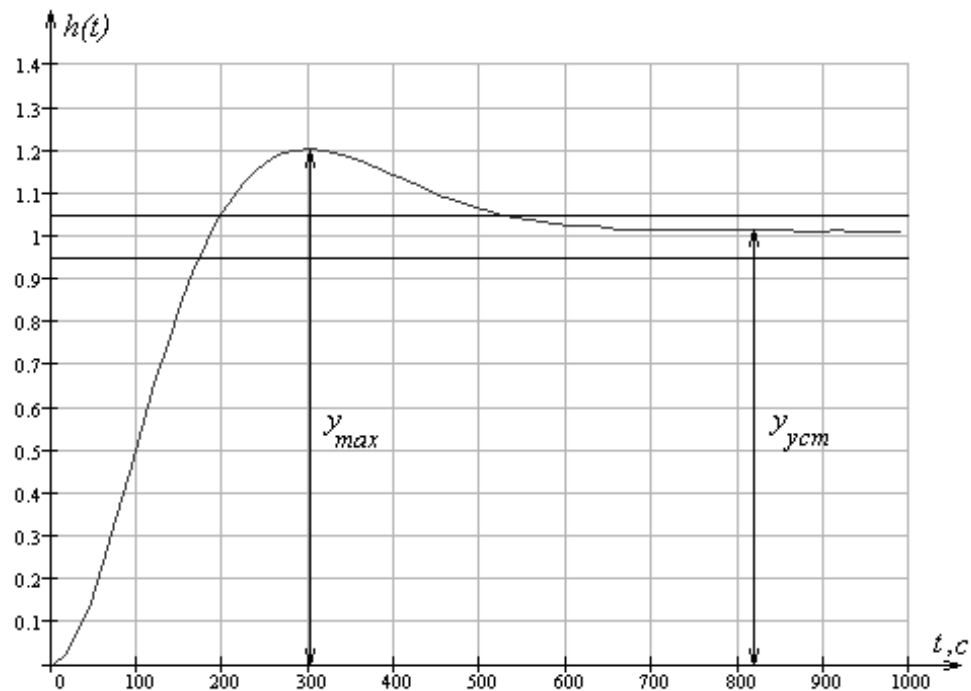


Рисунок 51 – Перехідна характеристика замкнутої системи при

$$k_p = 7,39 \quad T_u = 43 \text{ c}$$

Прямі показники якості, відповідно до отриманого графіку, такі:

- Перерегулювання $\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\text{уст}}}{y_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{1.2 - 1}{1} \cdot 100\% = 20\%$,
- Час перехідного процесу $t_p = 540 \text{ c}$.

4.2.3 Розрахунок налаштувань ПІД-регулятора

Передавальна функція ПІД-регулятора $W_{\text{нид}}(p)$ має вигляд:

$$W_{\text{нид}}(p) = k \cdot \left(1 + \frac{1}{T_u \cdot p} + T_o \cdot p \right)$$

(4.20)

де k - коефіцієнт передачі (підсилення) регулятора

T_u - час ізодрома

T_o - постійна часу диференціювання (час передування).

Формуємо частотну передавальну функцію ПІД-регулятора $W_{\text{нид}}(\omega)$:

$$W_{nuo}(\omega) = k + \frac{1}{T_u \cdot j \cdot \omega} + \alpha \cdot T_u \cdot j \cdot \omega$$

(4.21)

$$\text{де } \alpha = \frac{T_d}{T_u}.$$

Для підвищення стійкості ПІД- регулятора до завад співвідношення між величиною часу ізодрома і часу передування вибираємо з умови

$$\frac{T_d}{T_u} < 0.25$$

(4.22)

і прийемо рівним $\alpha = 0.2$.

Будуємо сімейство АФЧХ розімкнутої системи $W(\omega) = W_{nuo}(\omega) \cdot W_{ob}(\omega)$ для різних фіксованих значень часу ізодрома T_u , використовуючи математичний пакет Mathcad. Потім знаходимо такі коефіцієнти підсилення k_p , при яких ці характеристики будуть торкатися кола, для заданого значення M . Результати побудови подані на рис. 52.

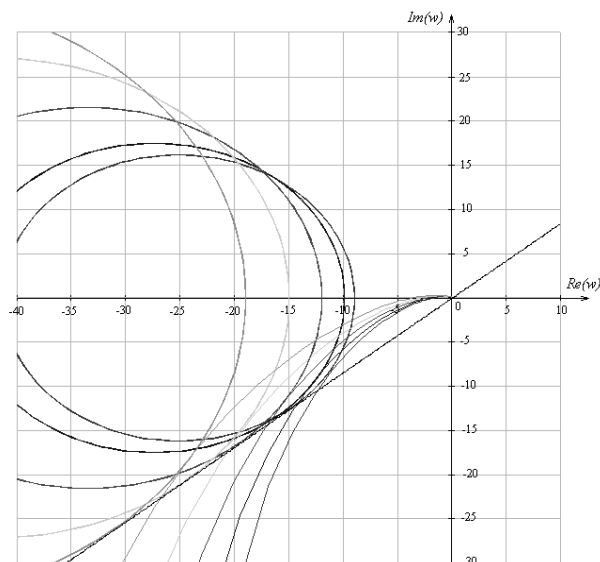


Рисунок 52 – Сімейство АФЧХ розімкнутої системи

Величини коефіцієнта підсилення ПІД-регулятора визначаємо відповідно до формули (4.16) для кожного значення T_u .

Отримані налаштування зводимо в табл. 3:

Таблиця 3 – коефіцієнти налаштувань ПІД-регулятора

T_u	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43
T_d	2	2,6	3,2	3,8	4,4	5	5,6	6,2	6,8	7,4	8	8,6
k_p	3,3	3,47	3,62	3,64	3,73	3,96	4,55	4,84	5,14	5,7	6,23	7,42

За результатами будуємо графік залежності $k_p(T_u)$ (рис. 53).

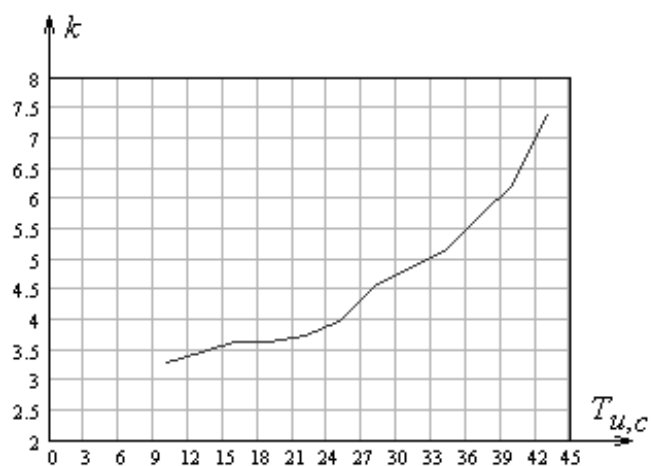


Рисунок 53 – Межа області заданого М

Для визначення того, яка пара налаштувань дає найкращі показники якості, будуємо графіки перехідних характеристик замкненої системи для декількох значень T_u ($T_u = 25$ с, $T_u = 31$ с, $T_u = 37$ с, $T_u = 43$ с). Результати подані на рис. 54.

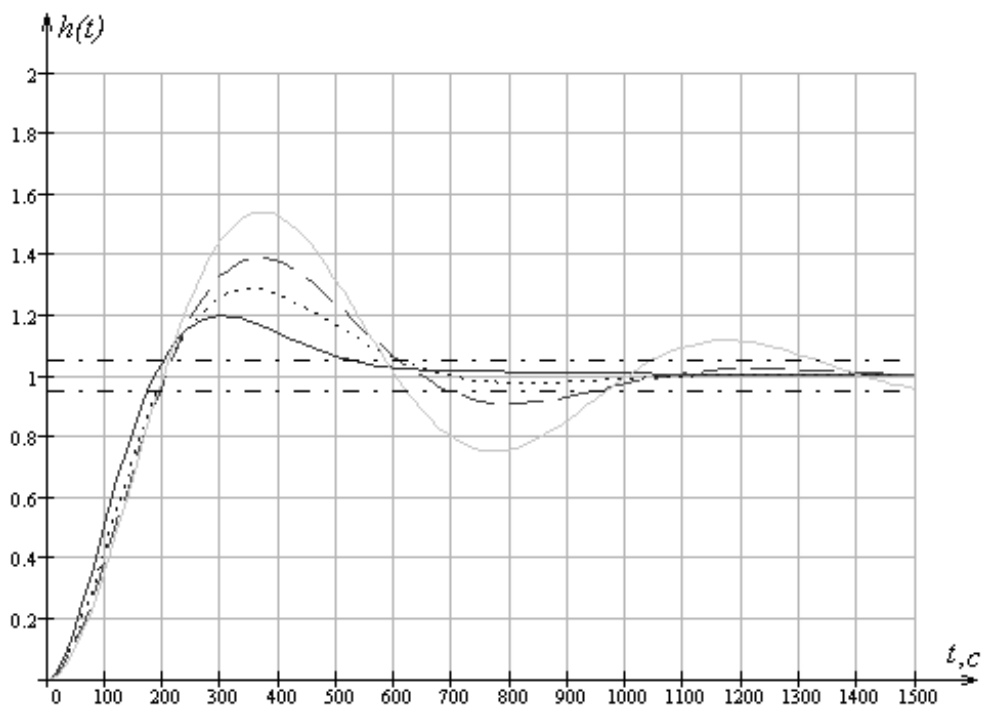


Рисунок 54 – Перехідні характеристики САУ для заданого М при різних значеннях часу ізодрома

Найкращі показники якості забезпечує пара налаштувань регулятора $k_p = 7,41, T_u = 43 \text{ c}$. Графік перехідної характеристики замкнутої системи при оптимальних налаштуваннях регулятора поданий на рис. 55.

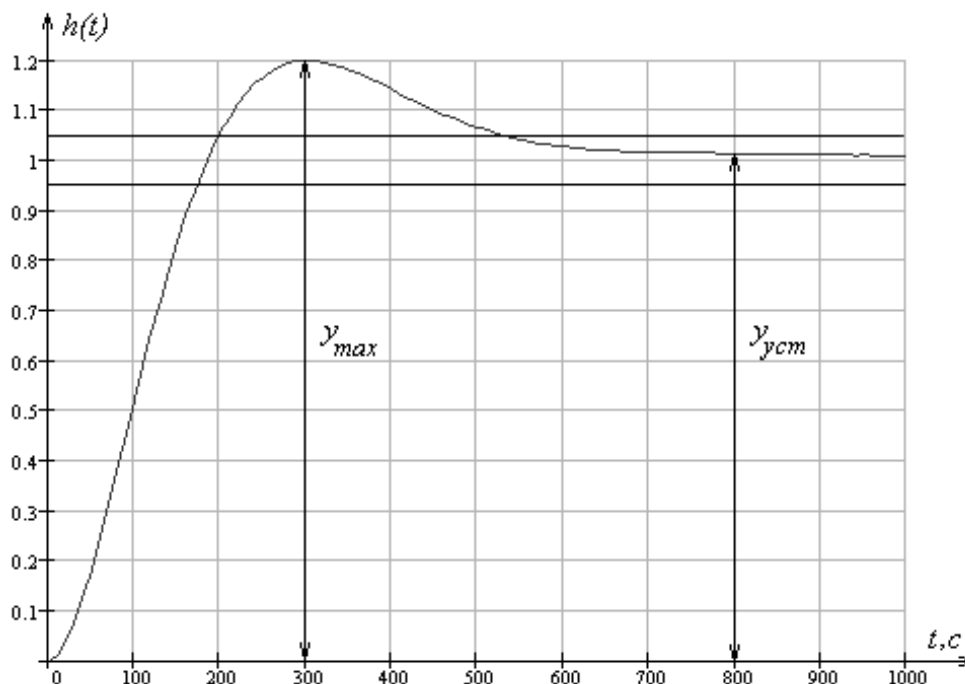


Рисунок 55 – Перехідна характеристика замкнутої системи при $k_p = 7,41 T_u = 43 \text{ c}$

Прямі показники якості, відповідно до отриманого графіку, такі:

- Перерегулювання $\sigma = \frac{y_{\max} - y_{\text{уст}}}{y_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{1.2 - 1}{1} \cdot 100\% = 20\%$,
- Час перехідного процесу $t_p = 535 \text{ c}$.

Порівнюючи отримані результати, бачимо, що П-регулятор дає статичну помилку, а також перерегулювання 25%, що не задовольняє заданим умовам. ПІ-регулятор і ПІД-регулятор дають незначно відмінні результати. Оскільки ПІД-регулятор більш чутливий до завад і складніший в реалізації, то для управління температурою ПВС будемо використовувати ПІ-регулятор.

5. SCADA СИСТЕМИ

5.1 Програмне забезпечення транспортної системи

Розроблення людино-машинного інтерфейсу АСУ ТП

Людино-машинний інтерфейс (human-machine interface – HMI) АСУ ТП програмного забезпечення Siemens Totally Integrated Automation Portal (TIA PORTAL), у середовищі SCADA Simatic WinCC. Системи SCADA використовуються для моніторингу та контролю фізичних процесів, що беруть участь у промисловості та інфраструктурі у великих масштабах та на великих відстанях. SIMATIC WinCC можна використовувати в поєднанні з контролерами Siemens. WinCC написаний для операційної системи Microsoft Windows . Він використовує Microsoft SQL Server для протоколювання і поставляється з VBScript і ANSI C інтерфейс прикладного програмування

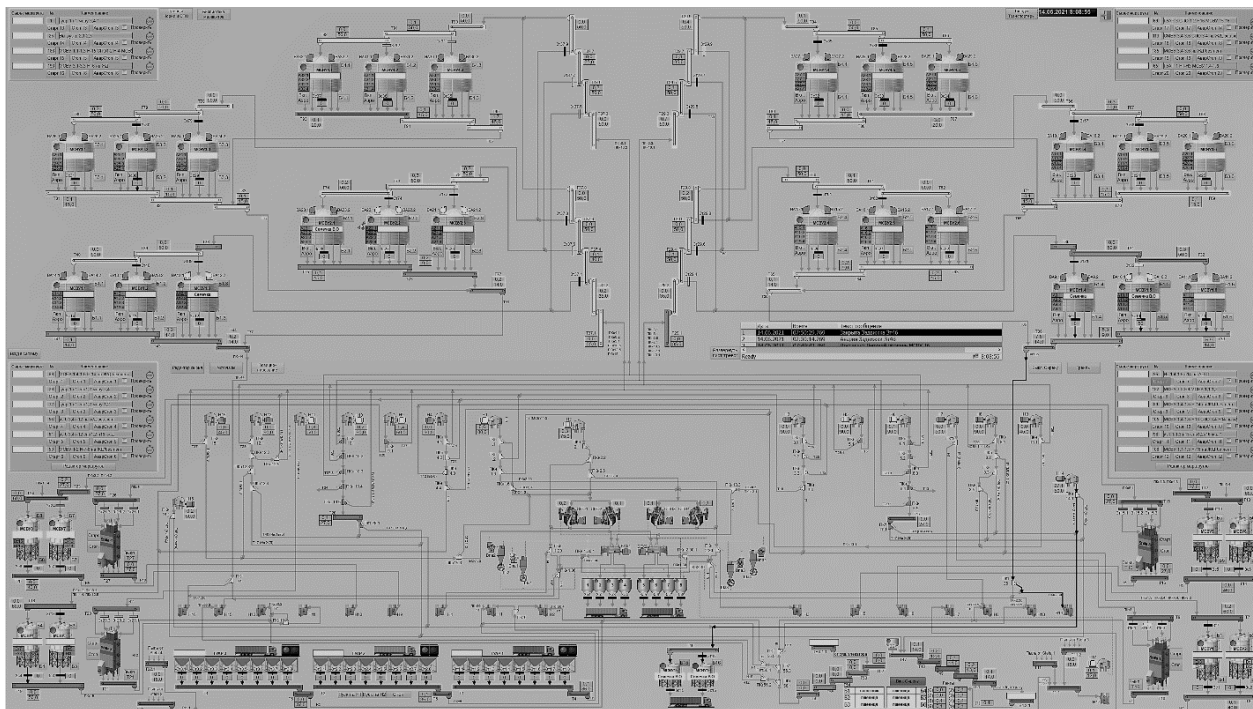


Рисунок 31: Загальний вигляд розробленого людино-машинного інтерфейсу АСУ ТП для у середовищі Simatic WinCC для ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод»

5.2 Програмне забезпечення керування сушаркою

Людино-машинний інтерфейс (human-machine interface – HMI) АСУ ТП для сушарки в SCADA Simatic WinCC виглядає так само я на панелі керування. Розглянемо більш детально її функціонал.

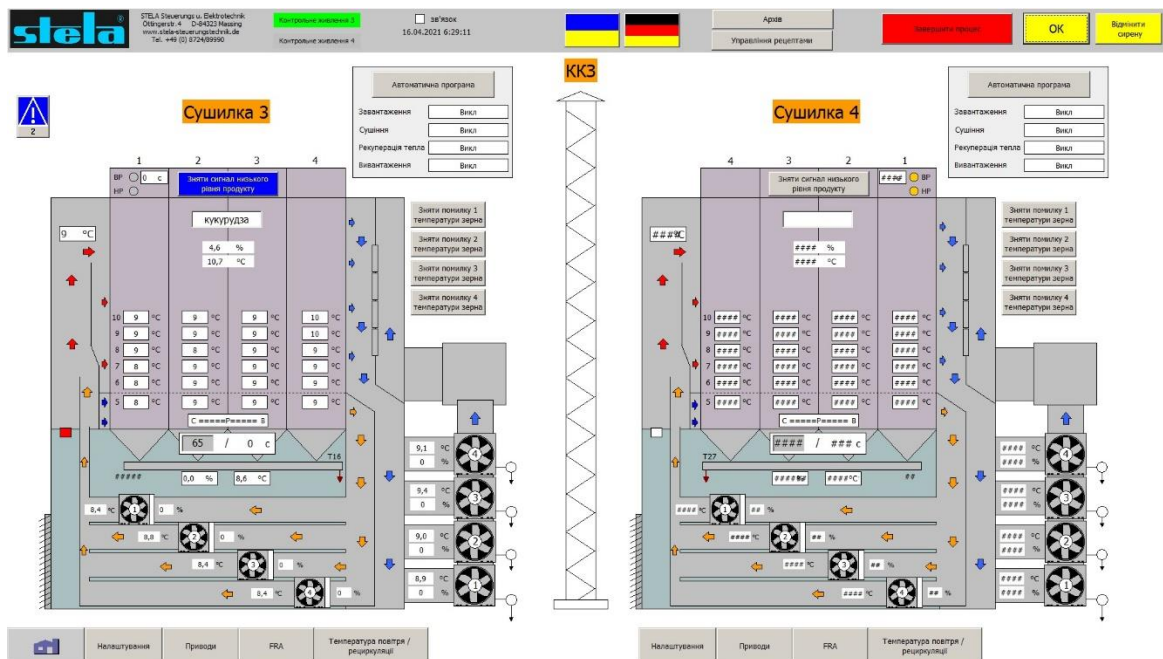


Рисунок 33: Загальний вид сушарок в SCADA Simatic WinCC

5.2.1 Налаштування температур

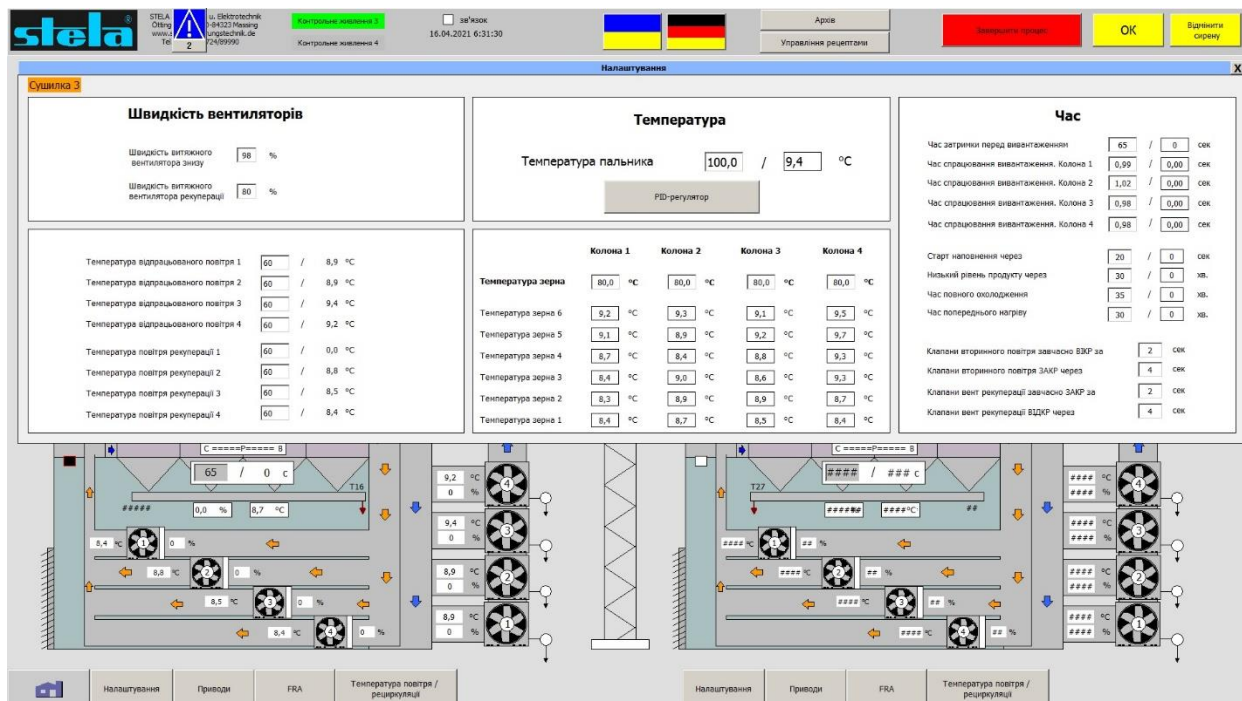


Рисунок 34: У цьому вікні ви можете налаштувати всі цільові значення температури і часу

5.2.2 Регулятор

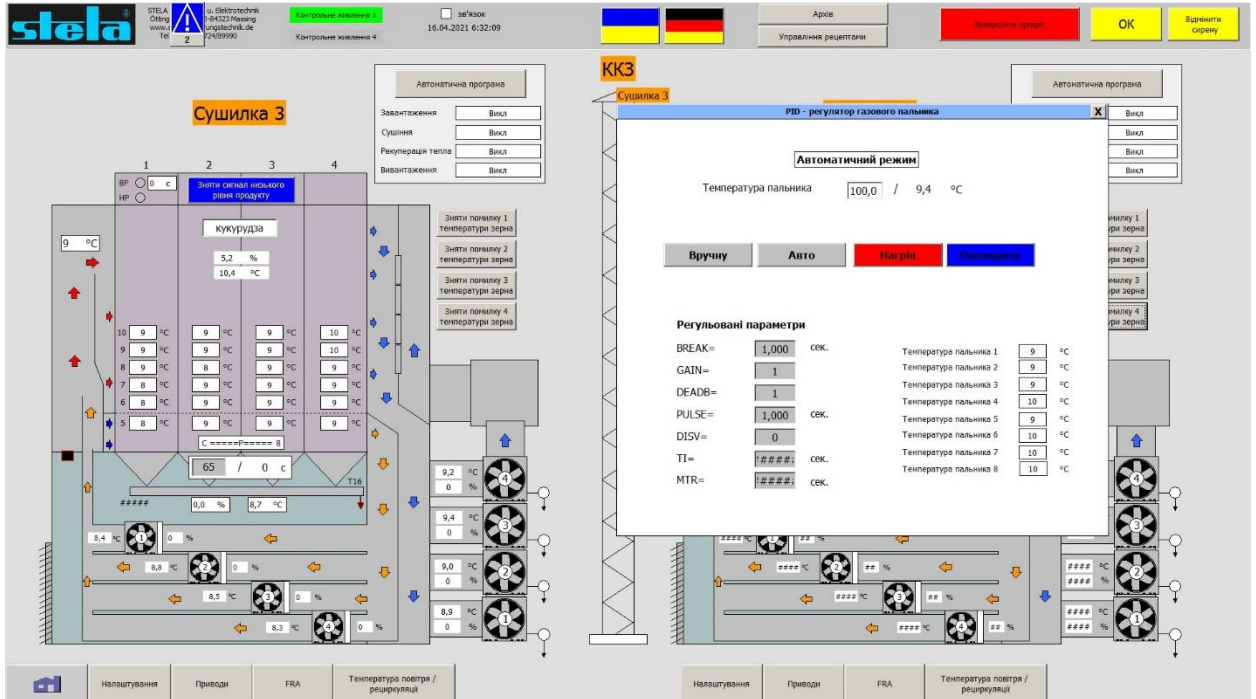


Рисунок 35: Вікно налаштування регулятора

Параметри регулятора:

BREAK: мінімальна тривалість паузи керуючого імпульсу

GAIN: підсилення відрізка

DEADB: ширина мертвої зони

PULSE: мінімальна тривалість керуючого імпульсу

TI: час інтеграції

Оптимізація роботи газової горілки за допомогою регулятора

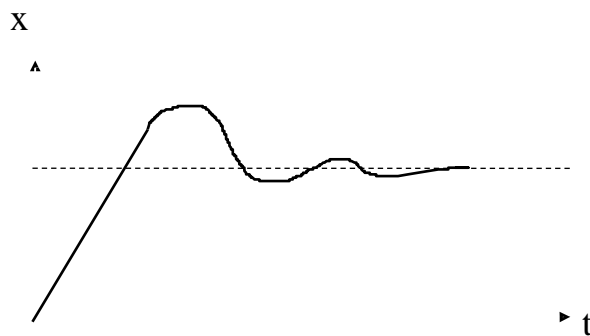


Рисунок 36: TI занадто короткий



Рисунок 37: ТІ занадто довгий

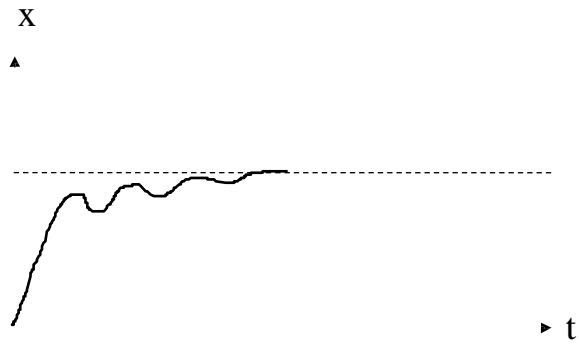


Рисунок 38: GAIN занадто мале

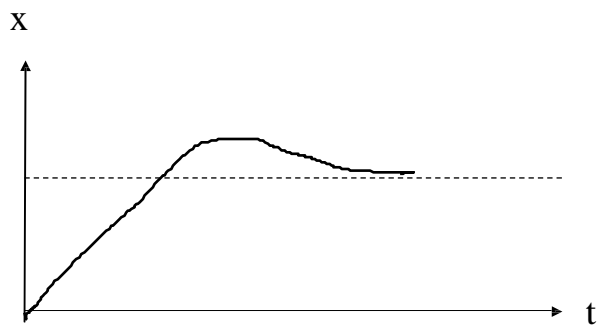


Рисунок 39: GAIN занадто велике



Рисунок 40: Оптимально налаштоване

5.2.3 Налаштування приводів сушіння

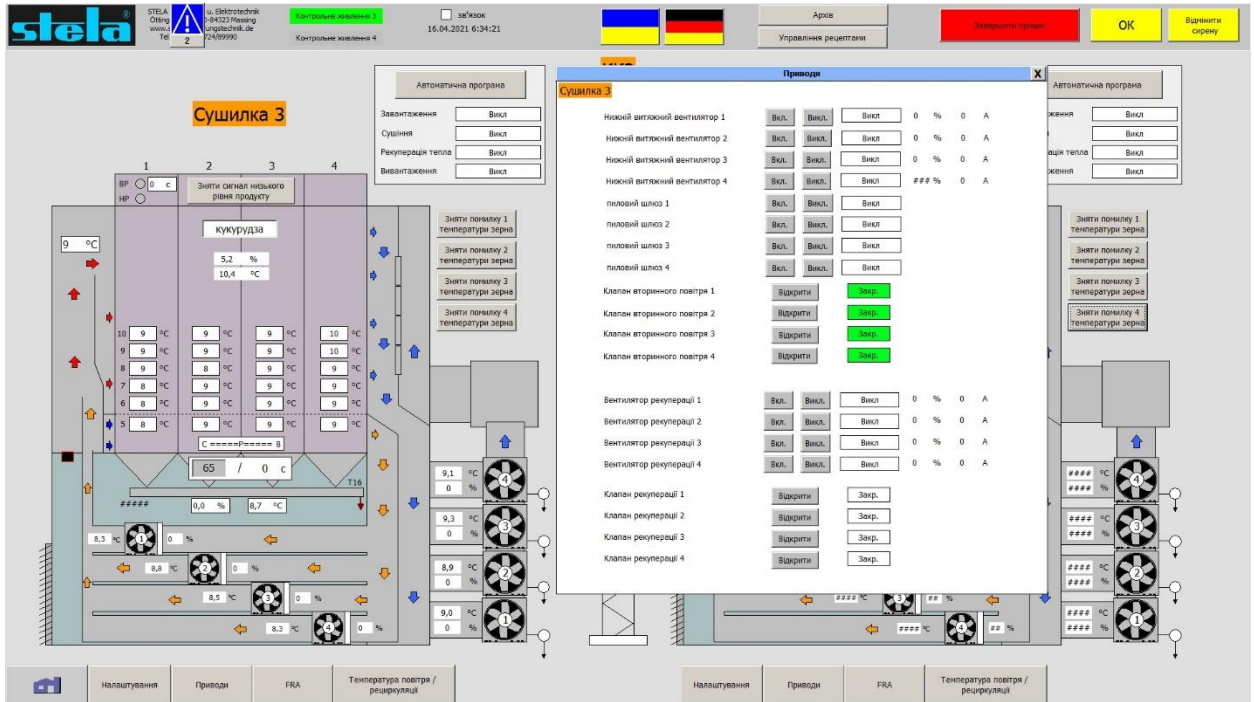


Рисунок 41: Вікно налаштування приводів сушіння

5.2.4 Регулювання вологості

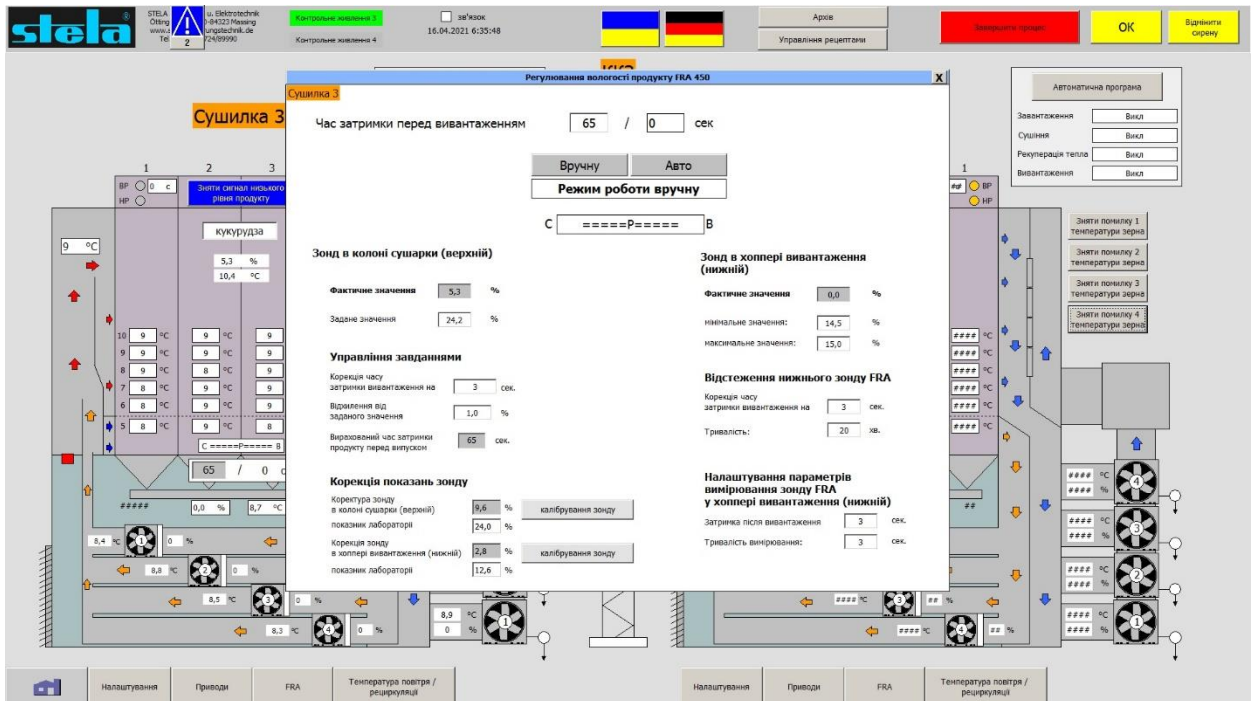


Рисунок 42: Вікно для налаштування параметрів регулювання вологості

5.2.5 Архів

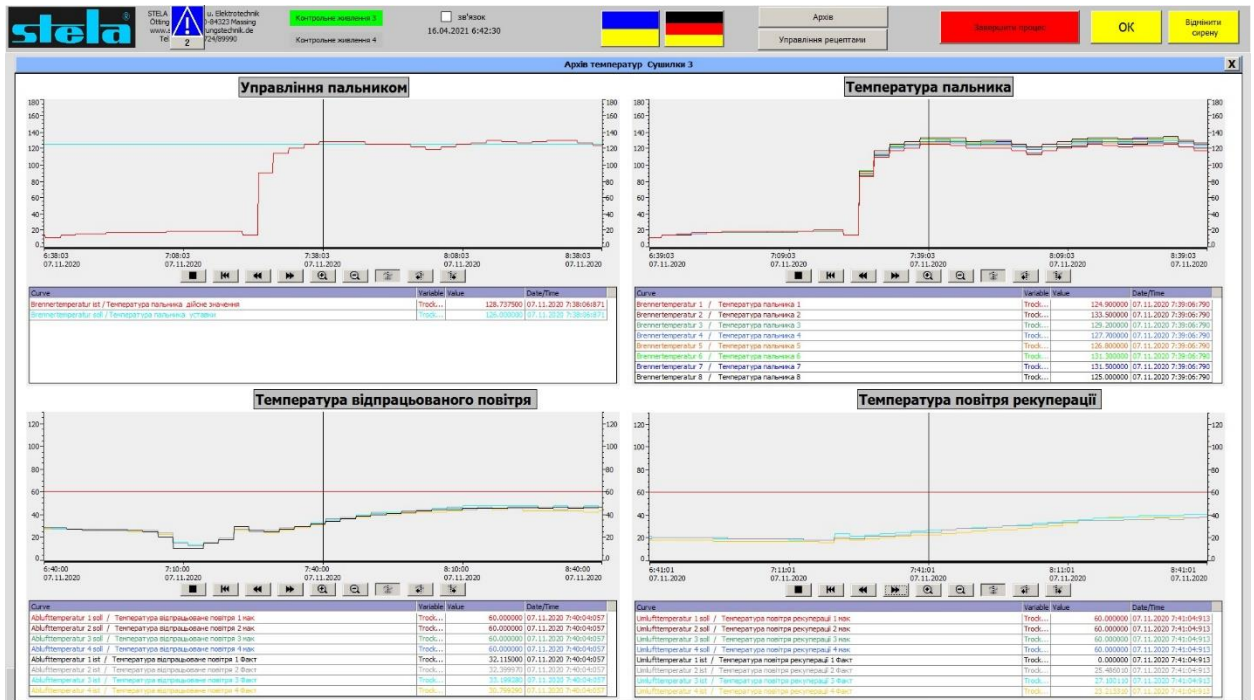


Рисунок 43: Вікно архівів

В цьому меню можна переглянути як себе поводить регулятор і на основі цього зробити додаткові налаштування регулятора. Також тут відображається графік температур повітря в різних зонах сушарки.

ВИСНОВОК

На основі SCADA–системи WinCC розроблено людино-машинний інтерфейс автоматизованого робочого місця оператора, що надає широкий набір засобів для контролю та керування роботою проектованої системи.

Зокрема реалізовано спеціальний користувацький графічний інтерфейс, який полегшує і робить ефективнішою роботу інженерного персоналу з ПП-регулятором. ПП-регулятор розроблено як програмний елемент системи керування, що дало змогу спростити введення в експлуатацію, а також позитивно вплинуло на загальну швидкодію АСУ ТП.

Впровадження розробленої системи автоматизованого управління дозволить:

- використовувати для управління інформацію, за обсягом значно перевищує знання окремого оператора;
- оперативно і точно змінювати програму управління відповідно до змін технології;
- підвищити продуктивність обладнання за рахунок виключення операцій ручного управління;
- здійснювати логіко-програмне управління процесами, якими людина управляти точно і своєчасно не може через відносно повільної реакції на зміну ходу процесу;

різко скоротити кількість помилок оперативного персоналу і аварій через персоналу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Справ сел. / А.С. Клюєв, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський, С.А. Клюєв. -М .: Вища школа, 1990.- 464 с.
2. Типове положення з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції. Затверджено КМ України від 26 квітня 1996 року № 473.
3. Сайт компанії «Енергосила»: www.energosila.ru.
4. Фізика. У 5 книгах. Леденев О.Н .: Фізико-математична література., 2005. - 207 с.
5. Теорія лінійних систем автоматичного регулювання та керування. Попов О.П. Учеб. посібник для втузів. - 2-е изд., Перераб. і доп. - М .: Наука., 1989. - 304 с.
6. Теорія автоматичного керування. Попович М.Г., Ковальчук О.Б. Підручник для вузів. - К .: Либідь, 1997. - 542 с.
7. Стаття: "ОРС: Інтеграція інтелектуальних приладів вимірювання витрат енергоносіїв на основі пакету BridgeVIEW" В.Є. Здановский /І.В.Ц. Мосенерго /
8. LabVIEW для всіх / Джеффри Тревіс: Пер. з англ. Клушин Н.А. - М .: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2004. - 544 с. : Ил.
9. Березін Б. І., Березін С. Б. Початковий курс С і С ++. - М .: ДІАЛОГ-
10. Архів ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод»