

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут Сумського Державного університету
Факультет денної форми навчання
Кафедра системотехніки і інформаційних технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою системотехніки та
інформаційних технологій

_____Худолей Г.М.
“ ____ ” _____ 2020 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

"Система управління котлом плавління сиру Stephan UM-130"

Керівник проекту к. т. н.

Г. М. Худолей

Проектант:

студент групи СУ - 61Ш

А.О. Салганюк

Залікова книжка №

Шостка – 2020

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
1.Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта управління	
2.Вибір каналів управління, сигналізації та блокування	
3.Вибір сучасних засобів автоматизації, розробка системи сигналізації та захисту та алгоритмів управління	18
4.Алгоритм роботи системи управління.	
5.Розрахункова частина	
6 РЕАЛІЗАЦІЯ CODE SYS	55
ВИСНОВОК	58
ЛІТЕРАТУРА	59

					СУ-61Ш-7 6.151.05.07ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Салганюк А.О.</i>			Система управління котлом плавлення сиру Stephan UM – 130	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Худолей Г.М.</i>					2	59
<i>Реценз.</i>						ШІ СумДУ СУ-61ш-7		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		<i>Худолей Г.М.</i>						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

АСУТП - Автоматизована система управління технологічним процесом

ПЧ - перетворювач частоти

ПК - персональний комп'ютер

ТП – технологічний процес

ОУ - об'єкт управління

ПЛК - програмований логічний контролер

ППП - пристрій плавного пуску

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВСТУП

Аналізуючи сучасний стан виробництва забезпечення населення України високоякісними продуктами харчування, розширення їх асортименту та зниження продовольчої залежності від імпорту – проблема, яка в останні роки набирає все більшого масштабу.

Темою мого дипломного проекту є автоматизація цеху по виробництву плавленого сиру, тому ми більше звертаємо увагу на процес виготовлення даного молочного продукту. Мета проекту полягає в модернізації та вводити нових засобів автоматизації, для збільшення обсягів виробництва продукції та отриманні більшого прибутку.

Підвищений знос технологічного обладнання приводить до зміни його характеристик, що вимагає коригування технологічних регламентів. Крім того, на якість кінцевого продукту впливає величезна кількість чинників, що вимагають постійного коректування роботи технологічного обладнання. Ліквідація цих недоліків вимагає постійного втручання в хід технологічних процесів з метою підвищення їх ефективності. Значну роль у вирішенні проблем відіграє автоматизація виробничих процесів.

Проблема ефективної експлуатації АСУТП завжди була актуальною темою. Не всі складові ефективності грають однакову роль в утворенні прибутку в реальних умовах експлуатації. Глобальна мета управління процесом - виконання виробничої програми при найкращому в економічному та екологічному сенсі технологічному режимі в отриманні максимального прибутку.

Автоматизація на базі сучасної мікропроцесорної техніки дозволяє реалізувати якісно нову технологію і підвищити ефективність виробництва за рахунок:

- підвищення обсягу продукції, що випускається;
- зниження витрат сировинних і енергетичних ресурсів за деякими статтями витрат на ТП;
- підвищення якості продукції;
- скорочення простоїв через неполадки;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання.
- використовувати мінімальну кількість працівників, необхідних для підтримки ТП в робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

Основна задача проекту полягає в виконанні таких ланок: підтримання потрібного рівню безпеки протікання ТП плавлення продукту, покращення техніко-економічних показників, створення нормальних санітарно-гігієнічних норм і безпечних умов праці. Робота виконується на основі завдання кафедри системотехніки та інформаційних

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

технологій Шосткинського інституту СумДУ.

Основний зміст викладено в трьох розділах, де було представлено: вибір каналів контролю та керування, вибір сучасних засобів автоматизації та розрахункова частина.

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта управління

1.1 Загальна характеристика продукту

Молочна галузь – один з провідних секторів української економіки. Показники даної галузі потребують постійного спостереження для виявлення змін та слабких місць і пропозицій щодо їх усунення.

Плавлений сир – це молочний продукт, який виготовлюють шляхом подріблення, змішування та плавлення натуральних сирів і додавання різноманітних інгредієнтів. В даний час частка плавлених сирів в світовому сироварінні становить для розвинених країн від 10 до 15%.

Асортимент плавлених сирів, що випускається вітчизняними підприємствами, налічує понад 100 найменувань. Сир випускається різної жирності, з копченням сирної маси і без, з різними наповнювачами[5].

Умовно плавлені сири можна розбити на такі групи:

- сири плавлені скибкові;
- сири плавлені ковбасні;
- сири плавлені пастоподібні;
- сири плавлені солодкі;
- сири плавлені консервні;
- сири плавлені до обіду.

Особливістю скобкових сирів є можливість нарізування цих сирів на скибочки, що й знайшло відображення в їх назві. Сири плавлені ковбасні отримали свою назву через розфасовки їх у формі ковбас за аналогією з м'ясними виробами. Сири плавлені пастоподібні відрізняються пластичною концентрацією, що нагадує пасту. Обов'язковим компонентом солодких плавлених сирів є цукор – пісок, що забезпечує їм такий солодкий і ароматний смак. Сири плавлені до обіду призначені для приготування перших страв або як приправа для інших страв.

Плавлені сири є багатим джерелом вітамінів А, D та Е, а також кальцію, фосфорних сполук та жирних полінасичених кислот, необхідних для організму людини. Окрім того, у плавленому сири міститься високий відсоток казеїну – чистого якісного білка, насиченого важливими для організму амінокислотами. Разом з цим, плавлені сири відносять до висококалорійних продуктів через вміст в них великої кількості жирів.

Виробництво плавлених сирів досить просте. Виробляється цей продукт з досить дешевих компонентів. Крім того плавлений сир надає виробникам надає простір для різноманітних складових. Всі ці якості плавленого сиру, а також його транспортабельність роблять виробництво плавленого сиру перспективним з економічної точки зору.

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 Компоненти, що входять до складу плавленого сиру

Стандартний склад плавленого сиру включає в себе:

- молочні продукти такі, як: сир, масло, молоко, сичужні сири;
- сіль;
- консерванти (спеціальні речовини, розроблені спеціально для сирів та нешкідливі для здоров'я, якщо не перевищувати певної добової дози – така може міститися тільки в декількох кілограмах сиру);
- солі – плавители: нетоксичні і нешкідливі речовини, що розплавляють сирну масу і роблять її однорідною;
- згущувач;
- ароматизатори;
- барвники.

Плавлені сири в порівнянні з твердими засвоюються майже на 100%, в них набагато нижчий вміст холестерину. При цьому в складі продукту є багато інших корисних елементів таких, як:

1. Натрій;
2. Кальцій;
3. Фосфор;
4. Амінокислоти;
5. Полінасичені жирні кислоти;
6. Жиророзчинні вітаміни: А, D, E.

Енергетична цінність (калорійність) різних сортів коливається в діапазоні 220-360 ккал. Це робить плавлений сир поживним продуктом, корисним для формування кісткової тканини, зубів, нігтів та волосся. Також це природне джерело білка, необхідного для нормального росту і розвитку м'язів, функціонування мозку[5].

1.3 Опис технологічного процесу

Плавлений сир представляє собою продукт, що виробляється з різних сирів, сиру, масла та інших молочних продуктів зі спеціями чи без них шляхом теплової обробки з додаванням спеціальних солей-плавителів і спеції повинні відповідати вимогам чинної нормативно-технічної документації.

Технологічний процес виготовлення плавлених сирів складається з наступних операцій:

- вибір сировини;
- попередня підготовка;
- подріблення сировини;

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- складання суміші;
- плавлення;
- гомогенізація;
- фасування й упакування;
- охолодження;
- зберігання.

Технологічна схема плавлення сирів представлена на рисунку 1.1

Вибір сировини

Вибір сировини здійснюється в залежності від виду готового продукту, користуючись маркою вихідної сировини. Для забезпечення нормального процесу плавлення і необхідних показників якості готового продукту особливу увагу слід приділяти підбору сировини за ступенем зрілості, активної кислотності, і органолептичними показниками.

Попередня підготовка

Сири за допомогою ножів очищають від парафіну, корки, сир від плісняви і слизу, масло від Штаффа і нарізають на невеликі шматки (50-70 мм.) для подрібнення і складають в лотки для інгредієнтів. Рідкі наповнювачі, в разі їх необхідності за рецептурою, фільтрують, спеції дезінфікують, обробляючи окропом.

Подрібнення сировини

Подрібнення інгредієнтів проводиться до досягнення шматочками сиру розміру 3-8 мм, цей процес можна здійснювати на м'ясорубці, згідно паспорта. Кожен вид сировини подрібнюють окремо і завантажують в окремі лоточки[5].

Складання суміші

Для складання суміші користуються формулами матеріального балансу з розрахунком отримання готової продукції необхідної жирності і вологості.

Спочатку визначають зразкове співвідношення компонентів суміші сичужних жирних сирів, нежирного сиру і т.д., потім за даними хімічного аналізу сировини розраховують кількість сухих речовин і вміст жиру в кожному виді сировини, визначаючи в підсумку, скільки жиру і сухих речовин необхідно відняти або додати .

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

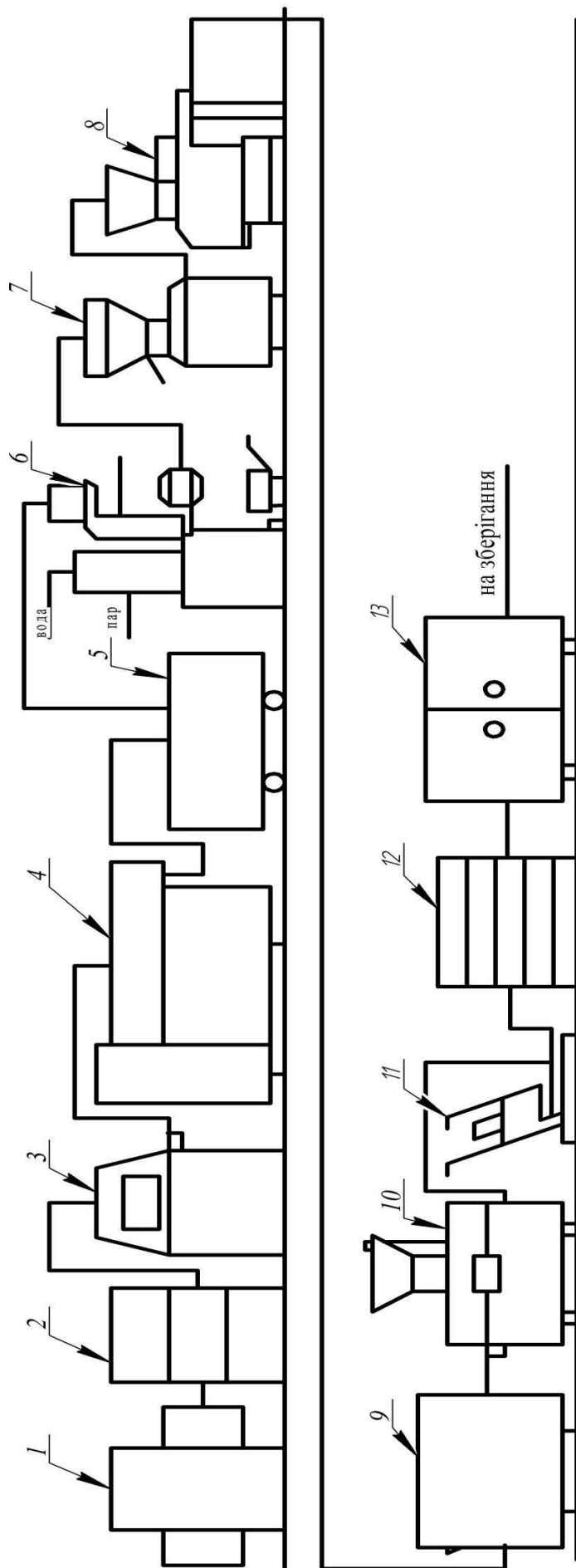


Рисунок 1.1 - Технологічна схема плавлення сирів

На технологічній схемі показано:

- 1. Очищувач парафіну; 2. Стелаж для заморожування сиру; 3. Подрібнювач; 4. Змішувач; 5. Конвеєр; 6. Плавитель; 7. Мікрокутер; 8. Фасувальний апарат;
- 9. Холодильна камера; 10. Вакуумний шприц; 11. Клипсатор; 12. Стелаж-візок; 13. Коптильна камера.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Плавлення сирної маси

Плавлення підготовленої сирної маси здійснюють в котлі Stephan. Оператор на пульті керування відкриває кришку плавителя і за допомогою конвеєра завантажується продукт. Після потрапляння сировини в ємність оператор з пульту керування закриває кришку плавителя для забезпечення герметичності при варці, а також безпечного ходу технологічного процесу. Потім оператор запускає процес плавлення продукту.

Першочергово в котел подається вода і відбувається процес подрібнення за допомогою ножа (головний двигун 1) на повільній швидкості (швидкість 1). Також з двигуном ножа приводиться в дію змішувач мішалки для перемішування подрібненого продукту.

Через певний проміжок часу для більшого подрібнення продукту двигун ножа переключається на другу швидкість.

Після подрібнення починається процес плавлення, для цього за допомогою вакуумного насоса відкачується повітря з ємності і починає подаватися очищений і підготовлений пар для нагріву продукту до 130 °С. Досягнувши необхідної температури відбувається процес витримки на протязі 10-15 хв в залежності від типу сировини. По закінченню етапу витримки відкривається клапан для витравлювання тиску з котла і вмикається вакуумний насос для усунення гарячого повітря, двигун вимикається.

Кінцевим етапом плавлення є відкачування готового продукту з плавителя до наступного етапу виробництва.

Гомогенізація сирної маси

З метою поліпшення емульгування жиру і отримання більш тонкої структури плавленого сиру, розплавлена сирна маса, безпосередньо після плавлення піддається емульгуванню. Процес емульгування полягає в наступному: на плавники відкривається кран зливного отвору, і гаряча сирна маса по трубопроводах за допомогою роторного насоса подається на емульсор.

Фасовка розплавленої сирної маси

Розплавлений сир в гарячому стані фасують на автоматах порціями різної маси і форми в алюмінієву лаковану фольгу з етикетками і полістиролові стаканчики.

Охолодження

Після фасування або копчення плавлені сири відразу піддають охолодженню.

Умови зберігання і транспортування сиру.

Температура охолодження сиру, при якій його можна упакувати в ящики, повинна бути не вище 15 °С. Температура плавленого сиру, виробленого з підприємства, повинна бути не вище 10 °С. Упакований сир зберігають на складах, торгових базах і

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ					

холодильниках при температурі від 0 до -4 ° С і відносній вологості повітря відповідно 85-90% і 80-85%.

На основі виконаного аналізу технологічного процесу та схеми руху матеріальних потоків було визначено параметри для сигналізації контролю і управління, та зведено до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік параметрів сигналізації, контролю і управління

№ пор.	Найменування параметра, місце відбирання вимірювального імпульсу	Задане значення параметра, припустимі відхилення	Відображення інформації				Регулювання	Найменування регулювального впливу, місце встановлення регулювального органу. Умовн. прохід трубопроводу	Характеристики середовища			
			показання	реєстрація	підсумовування	сигналізація			давачів		круючих органів	
									агресивне	пожежо-вибухо-небезпечне	агресивне	пожежо-вибухо-небезпечне
1	Температура продукту	130°C	+	+	-	+	+	За рахунок гарячого пару	+	-	-	-
2	Витрата води	40л	+	+	-	+	+	Зарахунок перемикачів клапану витратоміра	+	+	-	-
3	Оберти змішувача	1500-3000 об/хв	+	+	-	+	+	Зарахунок зміни обертів двигуна	+	+	-	-
4	Рівень продукту	1.5м	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-
5	Двигун кришки	750 об/хв	+	+	-	+	+	Керування відкриттям, закриттям	+	+	-	-
6	Оберти конвеєра	750 об/хв	+	+	-	+	+	Зарахунок зміни обертів двигуна	+	+	-	-
7	Оберти вакуумного насоса	3000 об/хв	+	+	-	+	+	Зарахунок зміни обертів двигуна	+	+	-	-
8	Витрата пару	59 м3/год	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
9	Тиск вакууму в клапані вентилятора	150 мм.рт.ст	+	+	-	-	+	Вимкнення двигуна вентиляції	-	-	-	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

Лист

11

2 Вибір каналів управління, сигналізації та блокування

Виконавши конструктивно-технологічний аналіз процесу плавлення сирної маси була проведена робота по вибору каналів контролю та управління.

2.1 Контур керування приводом кришки плавителя

Закриття, відкриття відбувається оператором з автоматизованого робочого місця. Тому передбачено датчик швидкості руху двигуна (поз. 8а), яка обробляється та передається до контролера за допомогою перетворювача (поз. 8б), де обробляє та передає керуючий вплив на зміну обертів двигуна (поз 8г) з перетворювача частоти (поз. 8в). Структурна схема контуру керування приводом кришки плавителя представлена на рисунку 2.1

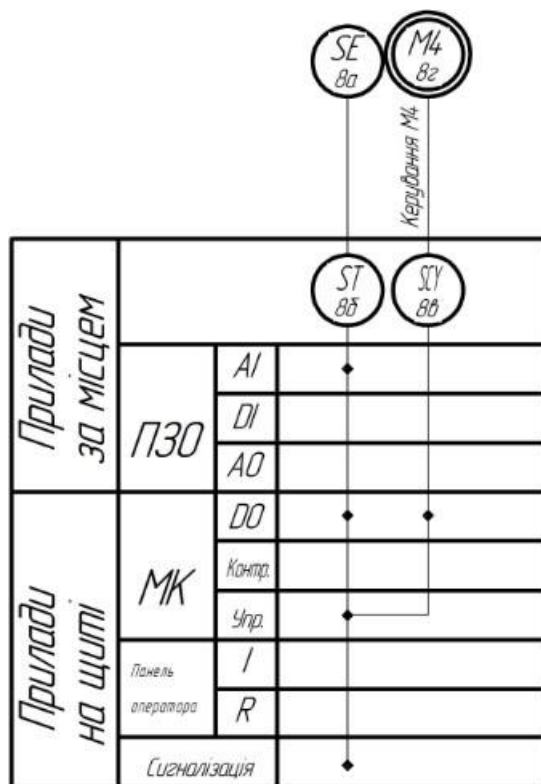


Рисунок 2.1 – Схема керування кришкою плавителя

2.2 Контур керування приводу конвеєром

Швидкість обертів двигуна конвеєру (поз. 2б) підтримується на заданому рівні і після завантаження плавителя сиром по досягненні регламентного рівня 1,5 м (поз. 2а) відбувається зупинка конвеєра. Структурна схема контуру керування приводу конвеєру представлена на рисунку 2.2

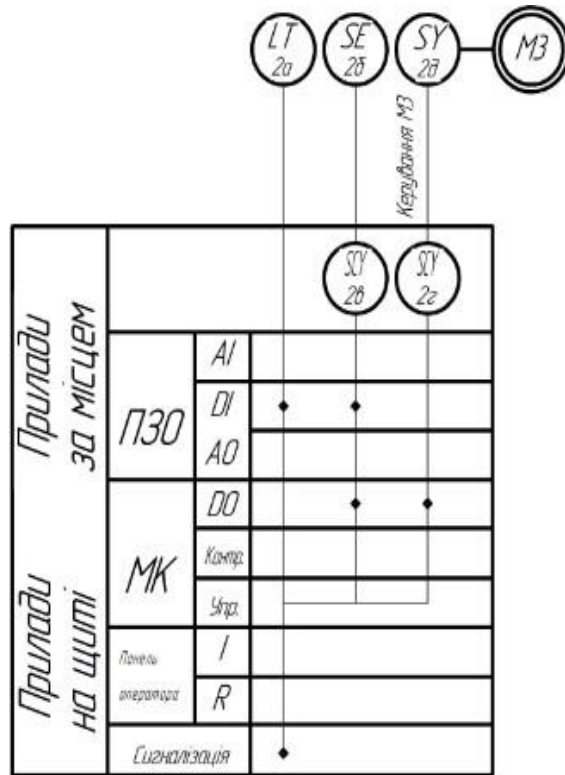


Рисунок 2.2 – Схема керування конвеєром

2.3 Контур керування витрати води в плавитель

Витрата води (поз 3а) контролюється та підтримується на регламентній величині 40л за 1 технологічний цикл. Здійснення подачі води до плавителя доцільно виконувати змінюючи подачу води на вході в правитель. Структурна схема контуру керування приводу конвеєру представлена на рисунку 2.3

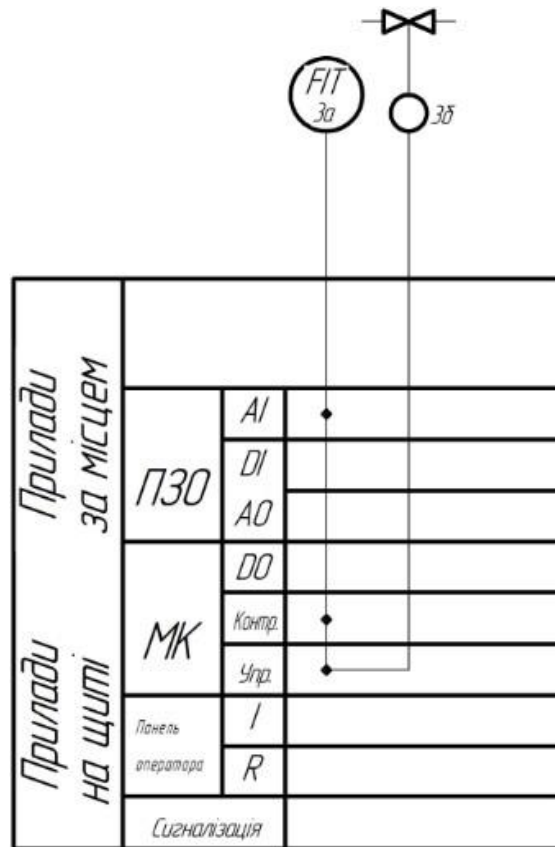


Рисунок 2.3 – Схема керування подачею води

2.4 Контур керування двигуном змішувача

Керування змішувачем відбувається автоматично для цього зчитуються з датчика швидкості покази (поз. 1а), які обробляються та передаються до контролеру за допомогою перетворювача (поз. 1б), де обробляється та передається керуючий вплив на зміну обертів двигуна (поз. 1г) з перетворювача частоти (поз. 1в). Структурна схема контуру керування змішувачем представлена на рисунку 2.4

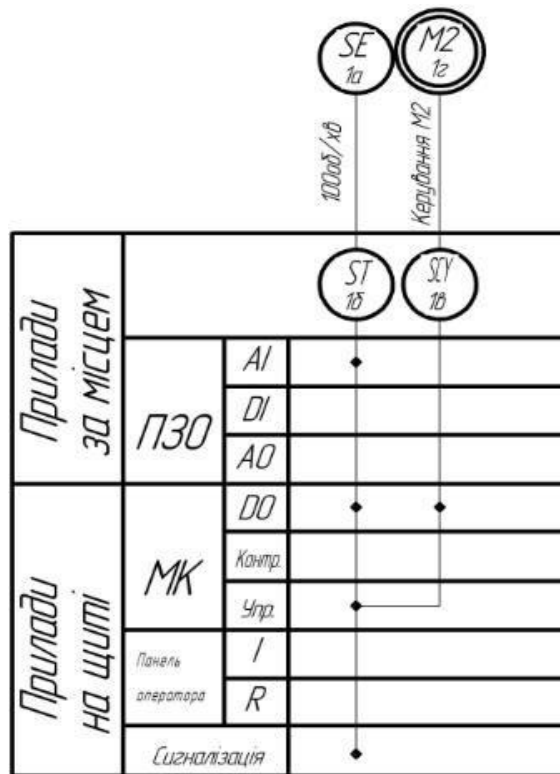


Рисунок 2.4 – Схема керування змішувачем

2.5 Конур керування стабілізації вакуума

Для визначення запуску вакуумного насоса на трубопроводі встановлюється датчик вакуума (поз. 5а), який передає покази на контролер через перетворювач (поз. 5б), де обробляється та передається керуючий вплив на зміну обертів двигуна (поз. 5в). Структурна схема контуру керування приводу конвеєру представлена на рисунку 2.5

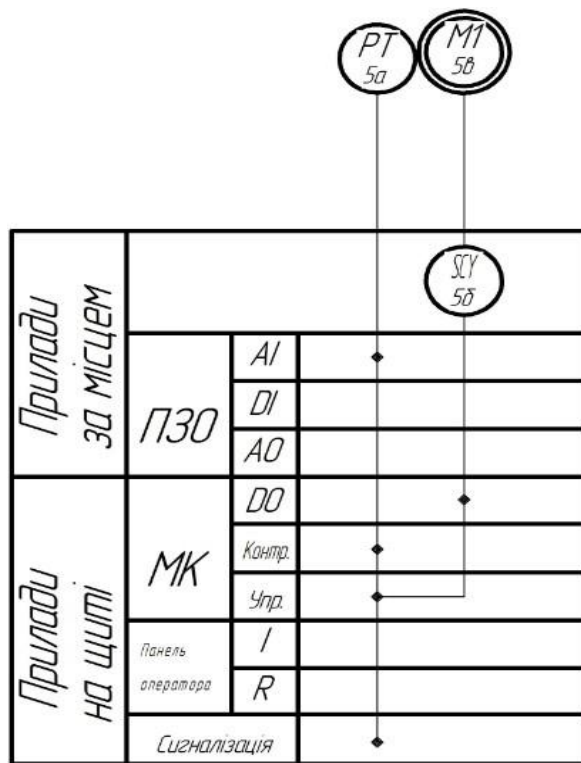


Рисунок 2.5 – Схема керування вакуумним насосом

2.6 Контур керування приводом подачі пару

Температура плавлення продукту (поз. 4б) є важливою технологічною змінною від підтримання якої на регламентному рівні 130°C залежить якість плавлення сиру в плавителі.

Здійснення стабілізації заданого значення температури в плавителі найбільш доцільно виконувати за допомогою зміни подачі (витрати) пару на вході в правитель (поз. 4б,4в). Структурна схема контуру керування температурою в плавителі представлена на рисунку 2.6

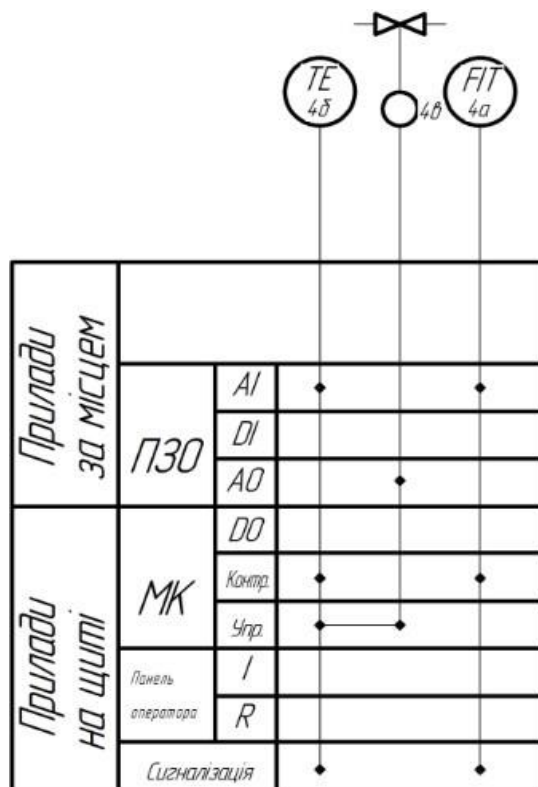


Рисунок 2.6 – Схема керування подачею пару

3 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

При виборі датчиків, контролюючих засобів виконуючих органів с дистанційним керування завдяки яким ми можемо відслідковувати хід технологічного процесу треба максимально дотримуватися технічної грамотності. Процес виготовлення плавлених сирів це не вибухо-небезпечне виробництво, тоді цю особливість будемо враховувати в останній черзі, а на першу ланку ми візьмемо надійність в експлуатації, точність вимірювання та ціну.

3.1 Вибір датчика швидкості

Для визначення швидкості конвеєра обираємо один з датчиків:

а) Limes LI20 / BA1/

Магнітний вимірювач має вигляд досить простої вимірювальної системи, що складаються з магнітної стрічки, що закріплюється на нерухомій частині машини, і магнітного датчика, що закріплюється на рухомій частині машини. Вимірювання переміщення останньої визначається за величиною і напрямком зсуву магнітного датчика щодо нульової позначки магнітної стрічки. Завдяки міцному алюмінієвому корпусу, спеціальною технологією герметизації і класу захисту IP68 / IP69k, системи LIMES зберігають найвищий рівень надійності навіть при найнесприятливіших умовах навколишнього середовища[17].

Зовнішній вигляд датчика швидкості має вигляд представлений на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Датчик швидкості Limes LI20/BA1

Технічні характеристики:

Найменування	Limes LI20/BA1
Напруга живлення:	4,8...20 VDC
Ступінь захисту	IP 67
Температура навколишнього середовища	-20...+80°C
Тип виходу	RS422
Точність	0,08
Ціна	5352 <u>грн</u>

б) Датчик LM13

Датчик LM13 складається з герметичної вимірювальної голівки, що зчитує, яка переміщається над магнітної самоклеючої шкалою з зазором до 1,5 мм і може мати діапазон вимірювання до 100 м[6].

У вимірювальну голівку вбудований світлодіодний індикатор правильного положення голівки і справності датчика. Відсутність жорстких допусків і спеціальне обладнання для установки магнітної стрічки спрощують монтаж пристрою LM13. Референтна мітка може бути заздалегідь встановлена на магнітну шкалу або приклеюється над стрічкою за допомогою самовирівнюючого пристрою, яке значно спрощує процес установки.

Датчики LM13 виробляються тільки з цифровим виходом і мають дозволу 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50, 125 і 250 мкм. При максимальному дозволі (1 мкм) швидкість переміщення LM13 досягає 4 м / сек.

Завдяки компактним розмірам і внутрішньої конструкції, LM13 підходить також і для конструкцій з вигнутою магнітною стрічкою. Самоклеїтка магнітна стрічка може бути встановлена на поверхню з радіусом вигину від 60 мм і більше.



Рисунок 3.2 – Датчик LM13

Основні технічні характеристики:

Світлодіодний датчик індикації	да
Діапазон вимірювання	50 м
Клас точності, мкм/м	± 20
Вихідні сигнали	LM13IC, LM12AV
Робоча температура	$-10 \pm 80^{\circ}\text{C}$
Ступінь захисту	IP68

Після порівняння порівнянні технічних характеристик, було зроблено висновок, що датчик швидкості Limes LI20 / BA1 більше нам підходить так, як він дешевший.

3.2 Вибір пристрою керування для двигуна конвеєра

Для керування двигуном конвеєра обираємо ПЧ:

а) ПЧВ101-К18-А, це універсальний пристрій для керування асинхронним двигуном, який показано на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 - Пристрій керування двигуном ПЧВ101-К18-А

Технічні характеристики:

Найменування	ПЧВ101-К18-А
Напруга живлення	1×220 В и 3×380 В
Цифрові входи	5
Аналогові входи	2
Клас захисту	IP20
Вихідна частота	0-400 Гц
Діапазон регулювання	1:1000
Ціна	3180 грн

б) Частотний перетворювач Lenze ESMD251X2SFA має такі функції:

- пуск та регулювання швидкості двигуна;
- реверс;
- прискорення, уповільнення;
- захист двигуна і перетворювача;
- динамічне гальмування;
- проста конструкція, малі габарити та маса.

Застосовується для горизонтального транспортування вантажів, фасувального обладнання, спеціальних механізмів показаний на рисунку 3.4[7].



Рисунок 3.4 - ESMD 0.25кВт 240В

Технічні характеристики:

Потужність	0,25кВт
Напруга	220В
Входи дискретні	3 DI + 1 <u>Start/Stop</u>
Входи аналогові	1(VDC/ <u>mA</u>)
Ступінь захисту	IP20
Ціна	3800 <u>грн</u>

Після порівняння технічних характеристик було зроблено висновок, обидві ПЧ задовольняють поставлені вимоги, але оскільки ОВЕН ПЧВ101-К18-А дешевше обираємо його.

3.3 Вибір датчика рівня

Для визначення рівня в плавителі обираємо ємнісний датчик рівня:

а) CLM – 36

Ємнісний рівномір CLM – 36 призначений для безперервного вимірювання рівня рідин і сипучих матеріалів в закритих і відкритих ємностях, відстійниках, резервуарах.

Він показаний на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 - Ємнісний рівномір CLM – 36

Технічні характеристики:

Найменування	CLM-36
Діапазон вимірювання	0.2-20
Похибка	1%
Живлення постійної напруги	9-36 В
Вихідний сигнал	4-20 мА
Клас захисту	IP67
Ціна	3650 грн

б) SITRANS LC300

SITRANS LC300 - це ємнісний перетворювач із зворотним зміщенням частоти, призначений для безперервного вимірювання рівня рідин і сипучих речовин. Він ідеально підходить для стандартних завдань при обробці вуглеводнів, в харчовій промисловості і при виробництві напоїв, для обробки води і стічних вод, в хімічній, добувній галузях промисловості і при виробництві цементу[8].

Основні області застосування. Провідні і непровідні середовища, включаючи наступні: рідини і сипучі речовини в стандартних промислових технологічних процесах, завдання, пов'язані з утворенням пилу і хімічні процеси з утворенням парів.

Головні переваги:

- точність і надійність досягається завдяки зондам з покриттям PFA;
- вбудований локальний ЖК-дисплей;
- двухпроводная струмова петля 4-20 мА;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

Лист

22

- сигналізація по току відповідно до NAMUR NE 43.



Рисунок 3.6 - SITRANS LC300

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювання	1,66...3300 пФ
Струмний сигнал	4...20 мА
Похибка	0.5%
Температура навколишнього середовища	-40-+85 °С
Живлення	12...30 В

При порівнянні технічних характеристик обираємо ємнісний датчик CLM – 36 так, як він більш надійний.

3.4 Вибір пристрою керування для двигуна змішувача

Для керування швидкістю обертів змішувача обираємо ПЧВ205-22К-В

Він представлений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 - Пристрій керування двигуном ПЧВ205-22К-В

Технічні характеристики:

Найменування	ПЧВ205-22К-В
Напруга живлення	1×220 В и 3×380 В
Цифрові входи	5
Аналогові входи	2
Клас захисту	IP20
Вихідна частота	0-400 Гц
Діапазон регулювання	1:1000
Точність	0,1%
Ціна	31140 грн

3.5 Вибір датчика швидкості двигуна

Для визначення обертів двигуна змішувача обираємо енкодер E40S8-10-3-T-24 показаний на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Енкодер E40S8-10-3-T-24

Технічні характеристики:

Найменування	E40S8-10-3-T-24
Напруга живлення	12-24 VDC
Ступінь захисту	IP50
Робоча температура	-10°C...+70°C
Вихід керування	NPN – вихід з відкритим колектором
Частота обертання	До 5000 об/хв
Ціна	3817 грн

3.6 Вибір пристрою плавного пуску вакуумного насосу

Пристрій плавного пуску (ППП) ОВЕН УПП1 призначений для плавного пуску та зупинки 3-фазного двигуна змінного струму, зниження величини пускового струму. Цифрове управління пристрою плавного пуску дозволяє зробити точну настройку і легку установку. Завдяки регулюванню пускового моменту пристрій плавного пуску використовується для широкого кола завдань. Пристрій представлений на рисунку 3.9[9].



Рисунок 3.9 – ППП УПП1-1К5-В

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

Лист

25

Технічні характеристики:

Найменування	УПП1-1К5-В
Пусковий момент	0...85% Мном
Час разгону	0,4...10 сек
Керуюча напруга	24...480 В постійного/змінного струму
Ступінь захисту	IP20
Потужність (кВт)	1,5
Ціна	4060 грн

3.7 Вибір датчику тиску

Датчик ОВЕН ПД100И призначений для вимірювання тиску. Вихідний сигнал 4...20 мА застосований високо стабільний сенсор. Представлений на рисунку 3.10

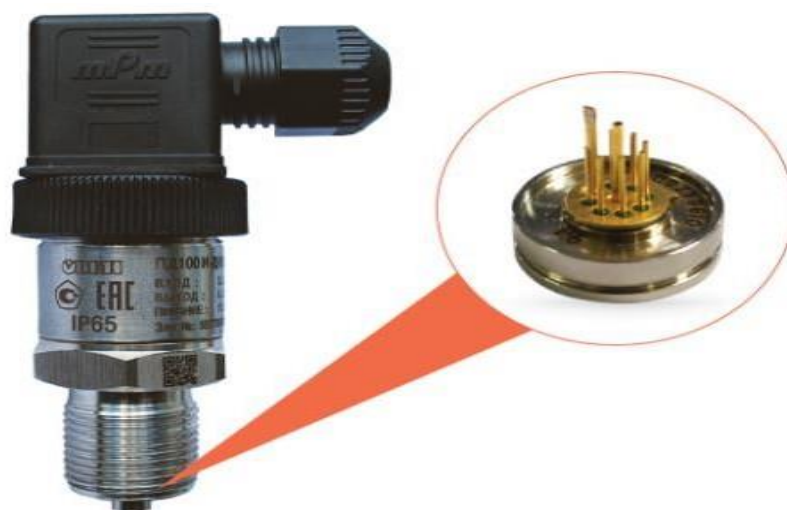


Рисунок 3.10 – Датчик тиску ОВЕН ПД100И

Технічні характеристики:

Найменування	ОВЕН ПД100И
Вихідний сигнал	4...20 мА
Похибка	0,25
Напруга живлення	12...24 VDC
Ступінь захисту	IP65
Ціна	2948 грн

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

Лист

26

3.8 Вибір пристрою керування двигуном кришки

Для керування швидкістю обертів двигуна кришки ПЧВ205-22К-В

Він представлений на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 - Пристрій керування двигуном ПЧВ205-22К-В

Технічні характеристики:

Найменування	ПЧВ205-22К-В
Напруга живлення	1×220 В и 3×380 В
Цифрові входи	5
Аналогові входи	2
Клас захисту	IP20
Вихідна частота	0-400 Гц
Діапазон регулювання	1:1000
Точність	0,1%
Ціна	31140 грн

3.9 Вибір датчика витрат води та пару

Для виміру витрат води було розглянуто наступні датчики:

ЭМИС-Вихрь 200 ЕхіаВ 015.Б-Ж*Н*Ф-1,6-100-СИМ-ВВ-А-ГП

Регулятор потоку ЭМИС - Вихрь є дуже надійним, широко застосовуються для вимірювання витрати газу, пара, рідин. Прилад невибагливий в обслуговуванні і відрізняється високою надійністю і високою точністю.[10]



Рисунок 3.12 - Датчик витрат ЭМИС-Вихрь 200 Ех1аВ

Технічні характеристики:

Вимірюване середовище	Вода, газ
Напруга живлення	10...36В
Вихідний сигнал	4...20 мА
Діапазон перетворення	0-5м ³ /год
Похибка перетворення	±0,5%
Температура вимір. середовища	-40°C-+75°C
Міжповірочний інтервал	4 роки
Ціна	27600грн

б) ЭМИС-МАГ 270

Електромагнітний витратомір-лічильник ЭМИС-МАГ 270 призначений для постійного вимірювання об'єму й витрати рідин, лугів, кислот і води, а також для операцій, пов'язаних з їх обліком і контролем.



Рисунок 3.13 – Датчик витрат ЭМИС-МАГ 270

Технічні характеристики:

Похибка	до $\pm 0,5\%$
Тиск вимірюваного середовища	до 32МПа
Температура вимірюваного середовища	-40°C-+100°C
Вихідні сигнали	струмовий 4...20 мА
Міжповірочний інтервал	4 роки
Ціна	65870 грн

Після порівняння технічних характеристик двох указаних вище датчиків, було зроблено висновок, що по параметрам підходять обидва датчики, але так як у ЭМИС-МАГ 270 ціна набагато більше, було обрано ЭМИС - Вихрь 200.

3.10 Вибір датчиків температури

Для вимірювання температури в плавителі обираємо термопару:

а) ДТС015Д-Pt100.0.5.100.I.EXD-T6

Термоперетворювачі ДТС у вибухозахищеному виконанні призначені для безперервного вимірювання температури різних робочих середовищ (пара, газ, вода, сипкі матеріали, хімічні реагенти тощо), що не агресивні до матеріалу корпусу датчика[11].

Зовнішній вигляд датчика температур представлена на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 - Датчик температури ДТС015Д-Pt100.0.5.100.I.EXD-T6

Технічні характеристики:

Тип виходу:	аналоговий
Діапазон вимірюваних температур	0...+200°C
НСХ	Pt100
Вихідний сигнал	4...20 мА
Клас точності	±0,5%
Міжповірочний інтервал	2 роки
Ціна	2568 грн

б)ДТП0155М.И

Перетворювач термоелектричний ОВЕН ДТП-І з вбудованим перетворювачем призначений для вимірювання в перетворення температури твердих, рідких, газоподібних речовин у сигнал постійного струму 4...20 мА.



Рисунок 3.15 – Датчик температури ДТП0155М.И

Основні технічні характеристики:

Напруга живлення	24 В
Вихідний сигнал	4...20 мА
Клас точності	±0,2%
Діапазон вимірюваних температур	-40...+600°C
Міжповірочний інтервал	2 роки
Ціна	1620 грн

Після порівняння технічних характеристик двох указаних вище датчиків ,було зроблено висновок, що по параметрам підходять обидва датчика, але так, як ДТС015Д- Pt100.0.5.100.I.EXD-Т6 коштує дорожче і в нього є вибухозахист який нам не потрібен. Через це було прийняте рішення використовувати ДТП0155М.И.

3.11 Вибір контролеру

Вибір контролеру здійснюємо опираючись на необхідну швидкість передачі даних, обсяг пам'яті, можливість узгодження з АРМ Контролер вибираємо виходячи із забезпечення необхідної швидкодії, обсягу пам'яті, простоту використання та експлуатації, та звертаємо увагу на кількість аналогових та дискретних входів/виходів показаних в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вимоги до портів контролера.

Сигнали	Кількість сигналів
Аналогові входні	6
Дискретні входні	3
Аналогові вихідні	1
Дискретні вихідні	7

Враховуючи потреби обираємо контролер:

а) ОВЕН ПЛК 160

ОВЕН ПЛК160 - програмований моноблочний контролер з дискретними і аналоговими входами / виходами на борту для автоматизації середніх систем. Має оптимальні для побудови систем автоматизації середнього рівня і розподілених систем управління[12].

Переваги ОВЕН ПЛК160:

- наявність вбудованих дискретних і аналогових входів / виходів на борту;
- швидкісні входи для обробки енкодерів;
- ведення архіву роботи обладнання або робота по заздалегідь обумовленим сценаріями при підключенні до контролера USB-накопичувачів;
- просте і зручне програмування в системі CODESYS V.2 через порти USB Device, Ethernet, RS-232 Debug;
- передача даних на верхній рівень через Ethernet або GSM-мережі (GPRS);
- управління частотними перетворювачами;
- підключення панелей операторів, GSM-модемів, зчитувачів штрих-кодів і т.д.

інтерфейсів.

Конкурентні переваги ОВЕН ПЛК154:

Відсутність ОС, що підвищує надійність роботи контролерів.

Швидкість роботи дискретних входів - до 10 КГц при використанні підмодулей лічильника. Велика кількість інтерфейсів на борту: Ethernet, 2 послідовних порту.

Розширений температурний діапазон роботи: від -20 до +70 С.

Вбудований акумулятор, що дозволяє «перечікувати» зникнення живлення: виконання програми при пропажі живлення і переклад вихідних елементів в «безпечний стан».

Вбудований годинник реального часу.

Контролер підтримує роботу з нестандартними протоколами за допомогою одного з портів, що дозволяє підключати такі пристрої як електро- газо-, водолічильники, зчитувачі штрих-кодів і т.п.



Рисунок 3.17 – ОВЕН ПЛК154

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

Лист

33

Технічні характеристики:

Два варіанти живлення:	
Змінний струм	(90-265) В, (47 ... 63) Гц
Постійний струм	(18-29) В
Споживана потужність	до 10 Вт
Дискретні входи	4
Дискретні виходи	4
Аналогові входи	4
Аналогові виходи	4
Вимірювальний сигнал	24 В
Тип сигналу	п-р-п та р-п-р
Дискретні виходи	Р - реле
Ціна	9428 грн

Порівнявши технічні характеристики двох контролерів, було обрано те, що ОВЕН ПЛК160 нам більше підходить так як в нього достатньо входів та виходів, достатньо надійний за ОВЕН ПЛК 154.

На виробництві може бути задіяно декілька котлів плавлення сиру, тому необхідно встановити додатковий модуль виводу аналогових сигналів ОВЕН МВ110-6У, та 1 модуль виводу дискретних сигналів ОВЕН МВ110-16Р.

Модуль аналогово виводу МУ110-6У[15]

Прилад призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 0 до 10 В для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації та самописцям.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор.

До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурація МУ110 здійснюється за допомогою ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ОВЕН АС3-М або АС4, відповідно) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки.



Рисунок 3.18 – Модуль МУ110-8У.

Основні особливості модуля аналогово виводу МУ110-8У:

Кількість аналогових виводів	8 каналів
Споживана потужність	не більше 6 ВА
Кількість аналогових вихідних елементів	6
Тип аналогових вихідних елементів	ЦАП «параметр - напруга 0 ... 10 В»
Основна приведена похибка ЦАП	не більше $\pm 0,5\%$
Діапазон напруг живлення виходу	12 ... 36 В
Інтерфейс зв'язку з комп'ютером	RS-485

3.12 Вибір блока живлення

Так, як процесу автоматизації потребує роботи на пониженій напрузі встановлюємо блок живлення. Розглянемо декілька варіантів:

а) ОВЕН БП-60Б-Д4

Промисловий блок живлення ОВЕН БП60 призначений для живлення стабільною напругою постійного струму широкого спектра радіоелектронних пристроїв - релейної автоматики, контролерів.

Блоки живлення БП60 випускається в пластиковому корпусі з кріпленням на DIN-рейку. Застосовується для побудови систем електроживлення різної складності, в тому числі розподілених.

Основні функції:

- перетворення змінного (постійного) напруги в постійну стабілізовану напругу;
- стабільна робота в широкому діапазоні вхідних напруг без зниження характеристик вихідного напруги;
- впевнений запуск навантаження з великими вхідними ємностями (панелі

оператора, модеми тощо);

- захист від перенапруги і імпульсних перешкод на вході;
- захист від перевантаження, короткого замикання і перегріву;
- регулювання вихідної напруги за допомогою внутрішнього підлаштування резистора в діапазоні $\pm 8\%$ від номінального вихідного напруги зі збереженням потужності;
- індикація про наявність напруги на виході.



Рисунок 3.19 - ОВЕН БП-60Б-Д4

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Технічні характеристики:

Частота вхідної змінної напруги	47...63 Гц
Поріг спрацювання захисту по струму	не більше 1,5I _{max}
Максимальна вихідна потужність	60 Вт
Номинальна вихідна напруга, В	24 В
Робочій діапазон температур	-20..._50°C
Рівень радіоперешкод по ГОСТ Р 51527	група С
Ступінь захисту	IP20
Амплітуда пульсації вихідної напруги	120мВ
Ціна	1700 грн

б) Мікрол БПС-24-4к_Н20

Призначений для живлення стабілізованою напругою постійного струму 24 В комплексу вимірювальних перетворювачів теплоенергетичних параметрів, а також різних приладів промислового виробництва.

Зовнішній вид представлений на рисунку 3.20.



Рисунок 3.20 - Мікрол БПС-24-4к_Н20

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

Лист

37

Технічні характеристики:

Номинальна вихідна напруга	22±2В
Номинальний вихідний струм кожного джерела живлення	25мА
Клас стабілізації вихідного струму	0.2
Пульсація вихідної напруги	0.1%
Напруга живлення змінним струмом	110-242 В
Споживана потужність	4.5Вт
Клас захисту	IP20

Після порівняння технічних характеристик двох указаних вище блоків живлення, було зроблено висновок, що параметри двох блоків задовольняють, але оскільки більшість обраних засобів автоматизації вироблена фірмою «ОВЕН», ми обираємо ОВЕН БП-60Б-Д4.

3.13 Вибір панелі оператора

Для контролю та управління технологічним процесом з пульта керування обираємо панель оператора:

а) Weintek MT8101iE

Панелі оператора (НМІ) являють собою пристрої взаємодії між людиною (оператором) і автоматизованою системою управління технологічним процесом. Їх використання забезпечує безперервний моніторинг і ефективний контроль над об'єктом управління.

В операторських панелях Weintek для реалізації функцій управління замість блоків кнопочного типу використовується сенсорний екран (touch screen).[100]

Особливості сенсорних панелей Weintek iE:

- ультра-тонкі форми і різні розміри дисплея (від 4,3 "до 10") дозволяють використовувати сенсорні панелі в будь-якому середовищі промислових додатків.
- абсолютно новий вид і колірної дизайн, виконаний з прекрасним естетичним смаком.
- спеціальне покриття для використання в жорстких атмосферних умовах.
- потужний процесор: Cortex A8 600МГц.
- вбудований ізольований RS-485-інтерфейс забезпечує надійність при роботі злюбимо складним обладнанням (крім моделей MT8050iE і MT6070iE).
- більше 250 драйверів для комунікації з різними типами контролерів.
- відповідність стандартам CE, ступінь захисту IP65.

Зовнішній вигляд Weintek MT8101iE представлений на рисунку 3.21.

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38



Рисунок 3.21 - Weintek MT8101iE

Технічні характеристики:

Процесор	Cortex A8
Частота	МГц :600
Тип дисплея, діагональ	262 тис. кольорів TFT (10,1)
Роздільна здатність дисплея	800 × 480
Вбудований годинник реального часу	присутній
Пам'ять програм (Flash-RAM)	128 Мб
Тип напруги живлення	постійне
Номінальна напруга живлення	24 В
Споживана потужність	не більше 10 Вт

б) ИП320

Графічна панель оператора ІП320 призначена для об'єктів автоматизації з невеликим набором параметрів. Підтримує спільну роботу з ОВЕН ПЛК, модулями лінійки ОВЕН Мх110, а також приладами і контролерами інших виробників. Випускається в щитовому корпусі 172x94x30 мм, ступінь захисту з боку передньої панелі ІР65.[101]

Основні функції ОВЕН ІП320:

- робота в мережі RS-485 і RS-232 в режимі Master, Slave;
- сумісність з контролерами різних фірм-виробників;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

Лист

39

- підтримка універсального протоколу Modbus RTU;
- монохромний графічний ЖК дисплей з роздільною здатністю 192x64 пікселя і з підсвічуванням;
- читання і редагування значень параметрів і передача їх в мережу;
- захист за допомогою пароля від несанкціонованої зміни значень параметрів і переходу на інший екран;
- напруга живлення - 24 В постійного струму.

Загальний вигляд ИП320 показаний на рисунку 3.22.



Рисунок 3.22 – ИП320

Технічні характеристики:

Напруга живлення	20...28 В постійного <u>струму</u>
Споживана потужність	4 Вт
Інтерфейс <u>зв'язку</u>	RS-232, RS-485
Швидкість <u>роботи інтерфейсів</u>	2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 115200 <u>бит/с</u>
Універсальний протокол обміну	<u>Modbus RTU</u>
Ступінь захисту	IP65
Температура <u>навколишнього середовища</u>	0 - +50°C

Після порівняння технічних характеристик двох указаних вище панелей оператора було зроблено висновок, обидві панелі задовольняють поставлені вимоги, але оскільки більшість засобів автоматизації вироблена фірмою «ОВЕН», ми обираємо ОВЕН ИП320.

3.14 Вибір ARM

Модель AdvantiX IPC-SYS1-3-A9 поєднує в собі дві найпотрібніших якості: невисоку вартість і надійність. Основне призначення це обробка великих обсягів даних, критично важливих додатків в режимі безвідмовного цілодобового використання. Крім того, станція стійка до вібрації та пилу.



Рисунок 3.23 – Зовнішній вигляд AdvantiX IPC-SYS1-3-A9

Технічні характеристики:

Процесор	Core i7-6700 (4 ядра, HT)
Пам'ять	до 64Гб, 4 x DIMM DDR4-2133
Відеосистема	Інтегрований графічний адаптер Intel HD Graphics 510/530, DX 12
Мережа	2 x контролера Ethernet 10/100/1000 Intel i219LM, i210AT, підтримується WoL (Wake-on-Lan), PXE, Teaming, iAMT 11
Порти	7 x USB 2.0 4 x USB 3.0 2 x LAN (RJ-45) 2 x PS / 2 2 x COM (RS-485), 1 x LPT Line In, Line Out, Mic
Живлення	2 x 400W або 2 x 450W RPS з Гаряча заміною
Робоча температура	5 ... 40°C (робота)
Операційна система	Microsoft Windows 7 32/64, Windows 8.1 x64, Windows 10 x64, Win Server 2012 Linux
Гарантія	2 роки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

Лист

41

4 Алгоритм роботи системи управління

4.1 Опис алгоритму роботи системи

У загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на рисунках 4.1 та 4.2. Після включення живлення система перевіряє працездатність всіх пристроїв, і потім, в разі несправності система видасть повідомлення про несправності, після чого буде очікувати подальших дій оператора.

У разі вдалої перевірки система виконує ініціалізацію всіх пристроїв і чекатиме команди старту роботи. Після надходження команди старту запускається програма запуску системи. Дана програма необхідна для того щоб уникнути аварійних ситуацій під час пуску. Коли програма запуску виконає повний запуск системи, система переходить на основну програму, за якою і продовжує працювати.

4.2 Програма перевірки працездатності

Алгоритм перевірки працездатності є таким.

Спочатку система подасть запит готовності контролера і чекатиме відповіді впродовж деякого часу, до спрацьовування таймера. Якщо контролер не відповідає протягом цього часу, то робиться висновок, що система не працює, якщо ж все контролер відповідає на запит, то система переходить до перевірки модулів виводу, послідовно відправляючи запити кожному з них очікує відповіді. Якщо всі модулі вводу / виводу справні, то система переходить до перевірки датчиків, як і в попередньому випадку посилаючи запити і чекаючи відповідь. У разі якщо всі пристрої і датчики справні, система виходить з програми.

4.3 Програма запуску системи

Алгоритм запуску системи необхідний для того, щоб уникнути аварійних ситуацій, браку продукції, а також для економії енергії. В першу чергу система перевіряє стан плавителя. Після підготовки апаратів система готова до повного запуску і входить в робочий режим.

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

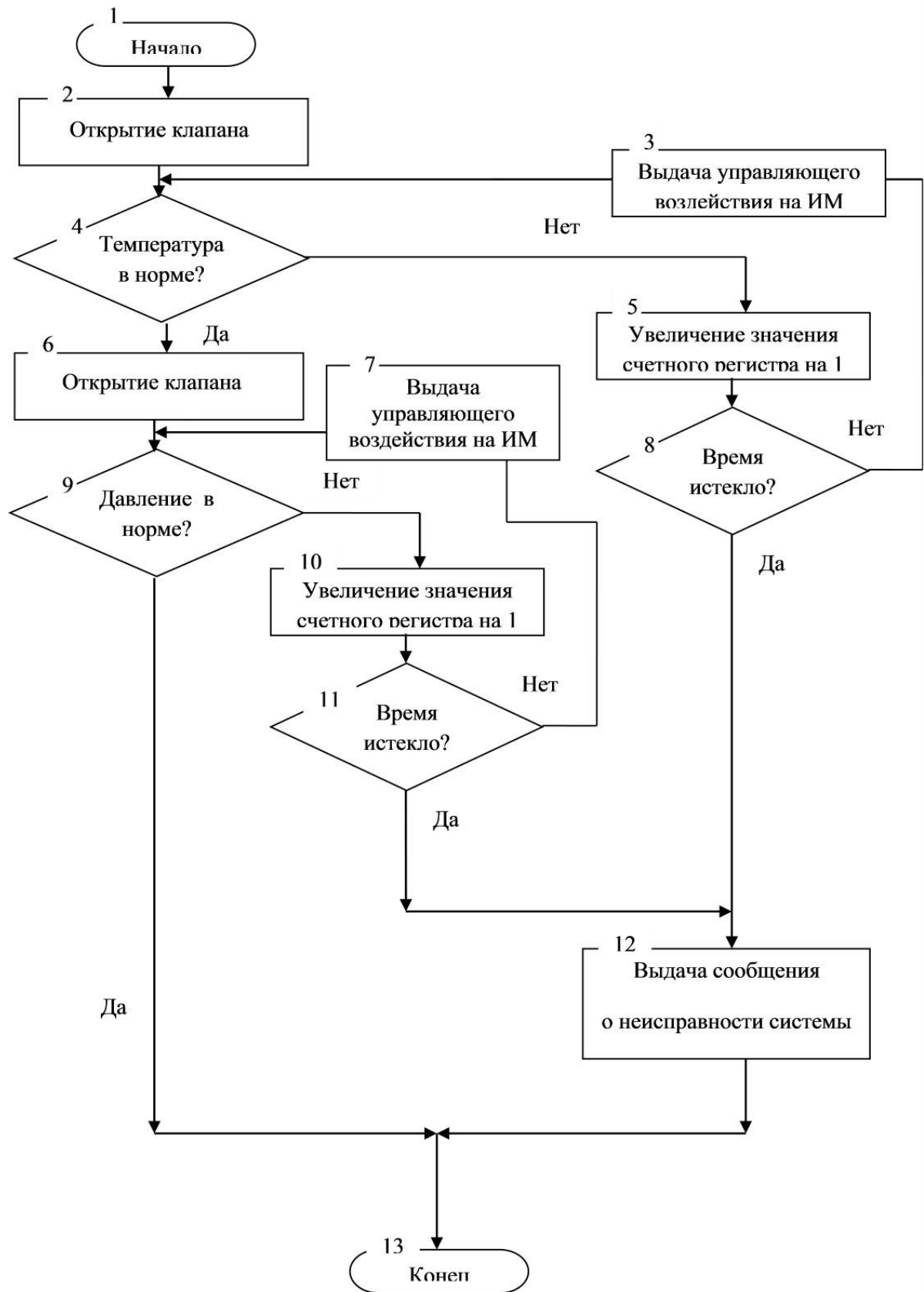
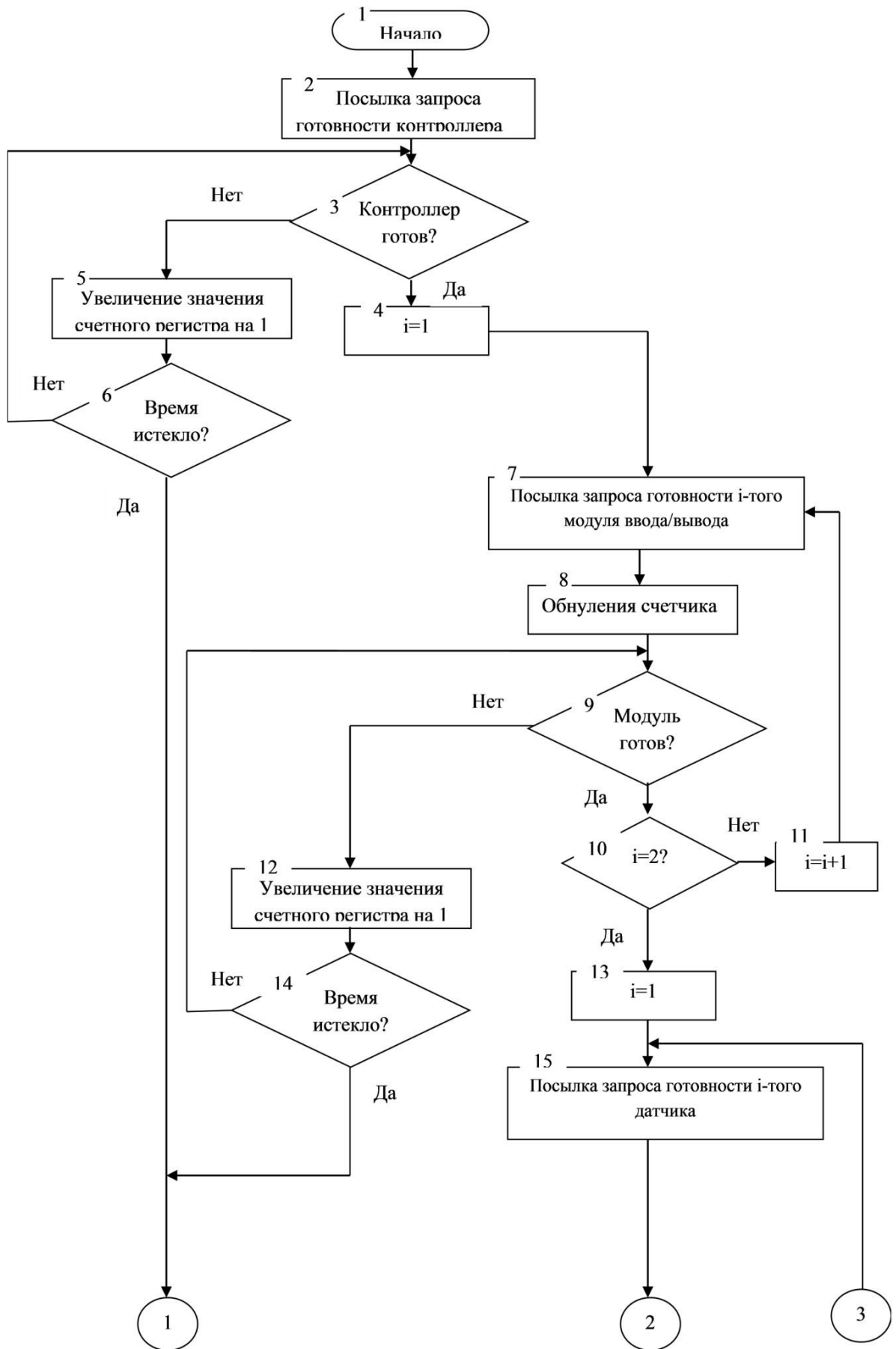


Рисунок 4.1 – Алгоритм проверки работоспособности системы



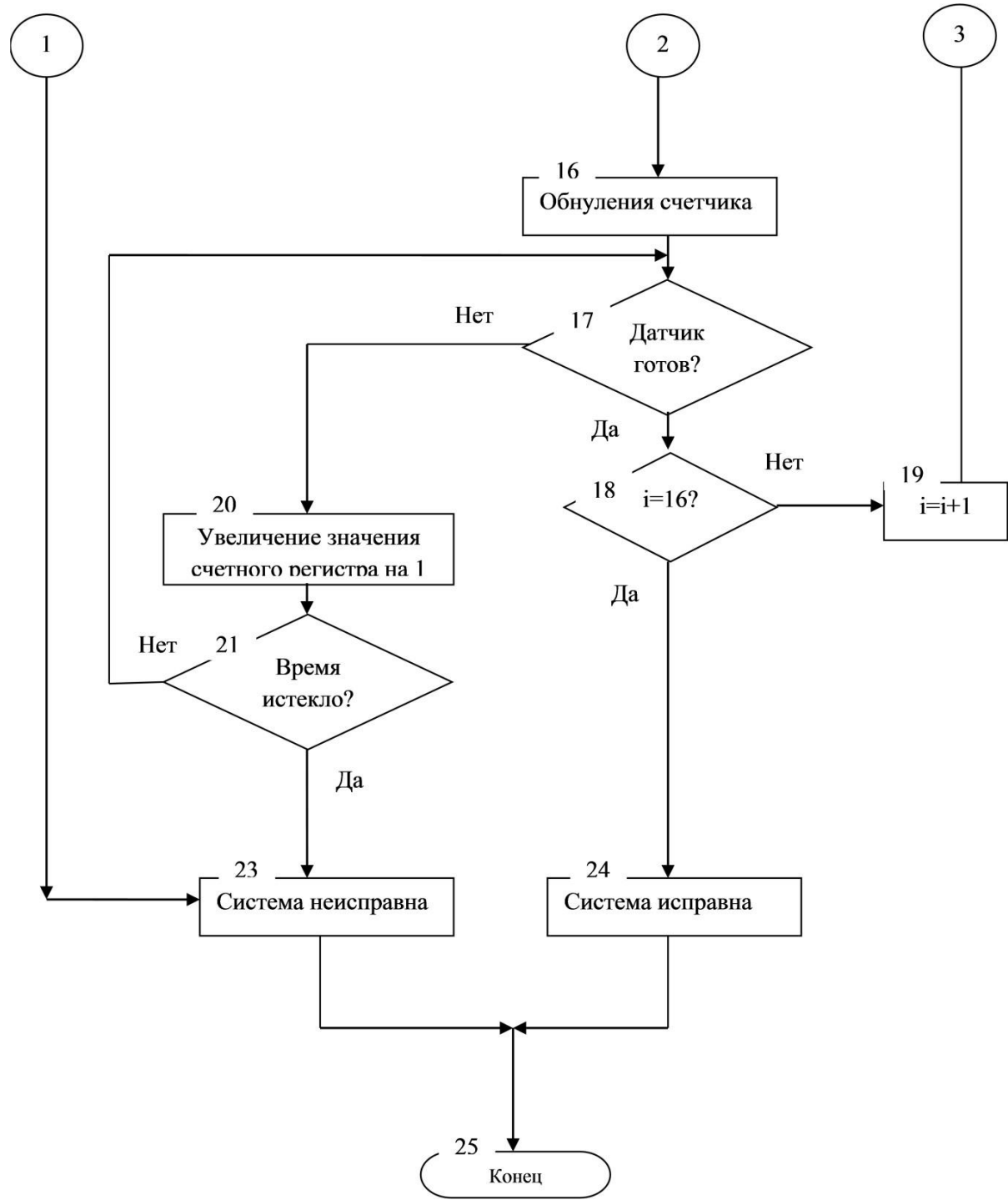


Рисунок 4.2 – Алгоритм запуска системы

5 Розрахункова частина

Основним параметром, що визначає якість вихідного продукту, є температура в плавителі. При температурі менше необхідної або вище необхідної, сирна маса, вода та інші домішки не будуть плавитися, що призведе до неякісного вихідного продукту. З цих причин, ми виконуємо синтез регулятора саме для даного контуру.

В результаті синтезу ми повинні отримати наступні показники перехідного процесу:

- час перехідного процесу $t_p \leq 1500$ с;
- перерегулювання $\tau \leq 20\%$;
- температура $T = 130 \dots 135$ °С;
- статична точність $S_0 = 1\%$.
- ступінь затухання $y=0.5$.

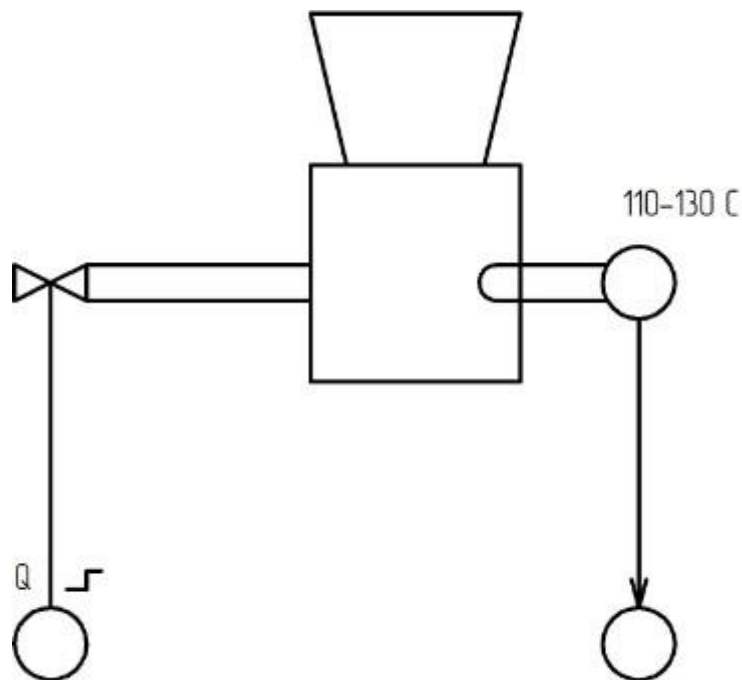


Рисунок 5.1 – Схема експерименту

5.1 Отримання математичного опису об'єкта керування

Моделі динамічних об'єктів визначаються або за допомогою теоретичних викладок, або шляхом обробки експериментальних даних.

При експериментальному аналізі (або ідентифікації) об'єктів вихідною інформацією для побудови математичних моделей слугують сигнали, доступні вимірюванню. Вхідні і вихідні сигнали об'єкта реєструються і обробляються з

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

використання певних методів ідентифікації, які дають можливість окреслити співвідношення між цими сигналами у вигляді деякої математичної залежності. За способом накопичення експериментальних даних методи ідентифікації діляться на активні і пасивні.

Активний експеримент заснований на введенні в об'єкт штучних збурень різного виду - як детермінованих, так і випадкових.

В ході проведення активного експерименту, була отримана перехідна характеристика представлена на рисунку 5.1

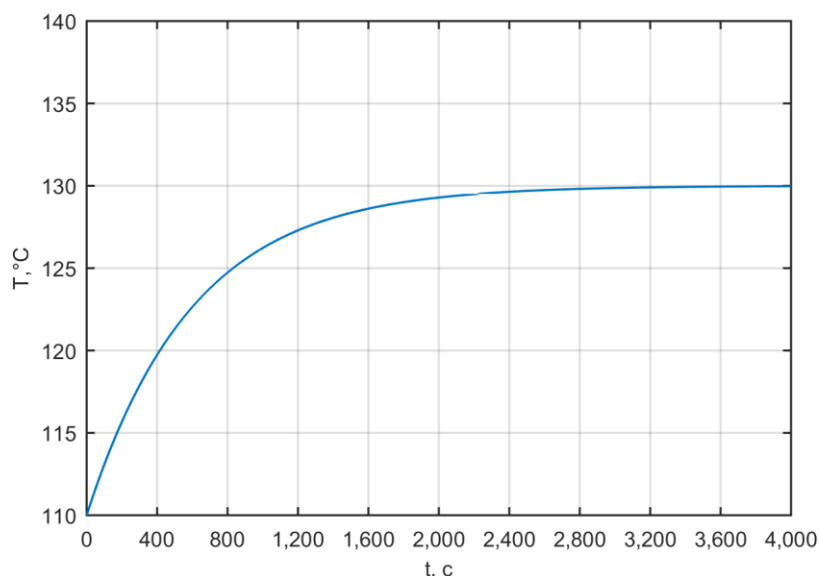


Рисунок 5.1 – Перехідна характеристика об'єкта керування

Нормуємо перехідну характеристику, результат представлений на рисунку 5.2

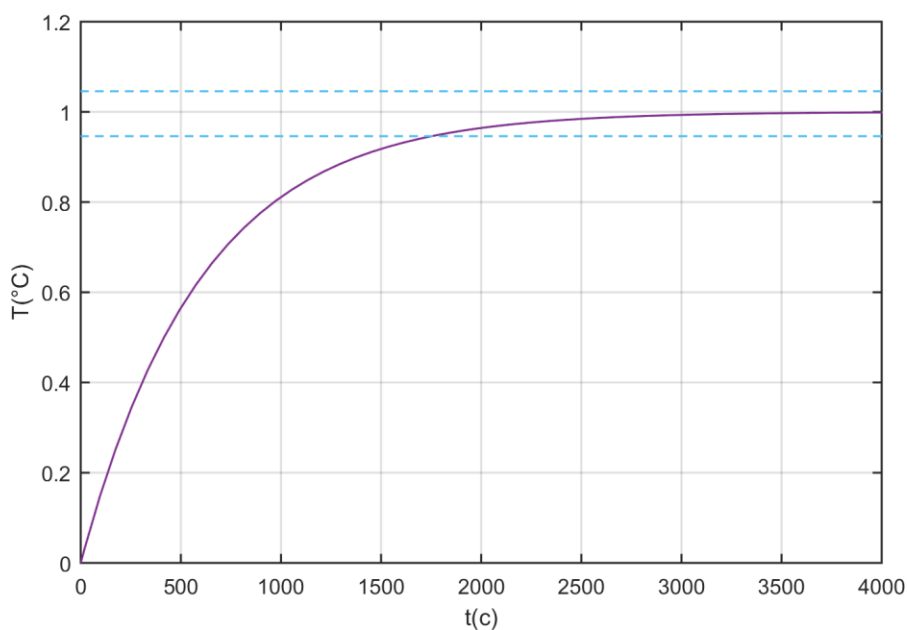


Рисунок 5.2 – Нормована перехідна характеристика

За зовнішнім видом перехідної характеристики робимо висновок, що об'єкт керування описується передаточною функцією інерційної ланки:

$$W(p) = \frac{k}{1 + Tp}$$

Коефіцієнт передачі k визначається відношенням вихідного і вхідного сигналу в сталому режимі таким чином:

$$k = \frac{Y_{\text{ВЫХ}}}{x} = \frac{1}{1} = 1.$$

Для знаходження постійної часу T використовуємо метод двох точок, рисунок 5.3

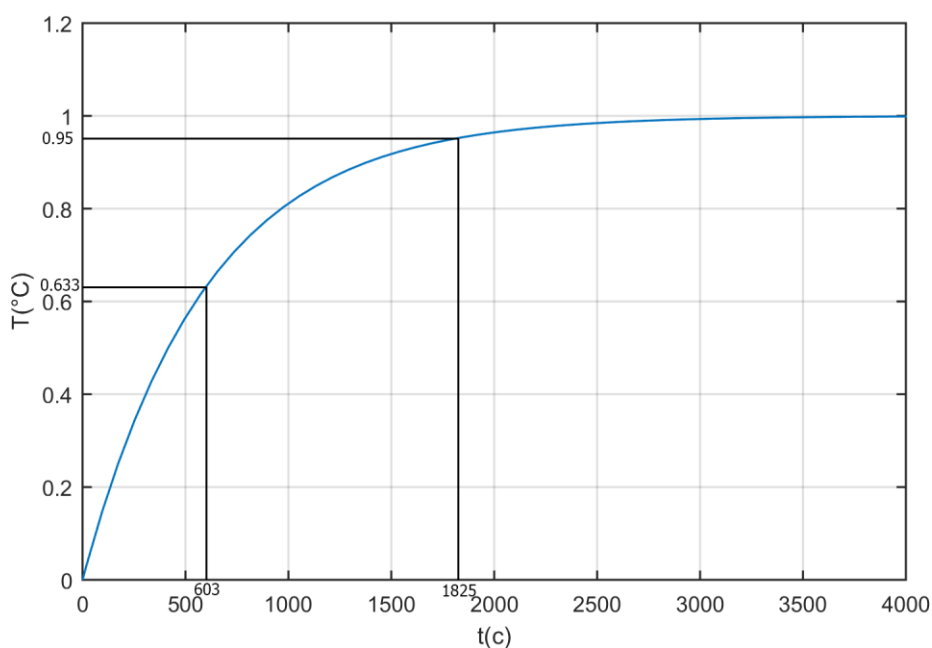


Рисунок 5.3 – Визначення постійної часу методом двох точок

Визначаємо постійну часу:

$$T = \frac{603 + \frac{1825}{3}}{2} = 605 \text{ с.}$$

Таким чином передаточна функція ідентифікованого об'єкта має вигляд:

$$W(p) = \frac{1}{1 + 605p}$$

Побудуємо перехідну характеристику отриманої передаточної функції, рисунок 5.4

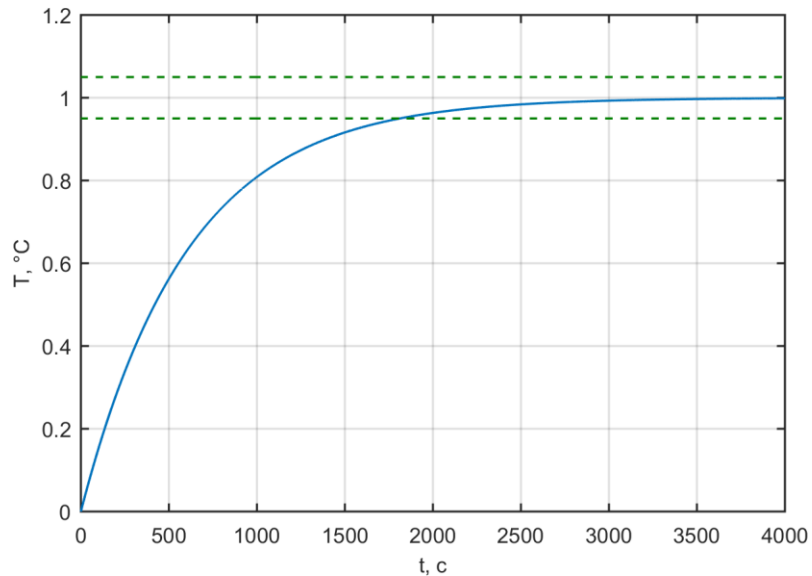


Рисунок 5.4 – Перехідна характеристика моделі об’єкта керування

5.2 Перевірка адекватності моделі об’єкта керування

Для перевірки адекватності отриманої моделі необхідно застосувати один з статистичних критеріїв. Skorистаємося методом Фішера, так як він дозволяє переконатися в правильності отриманої моделі з великою ймовірністю (близько 95%).

Виберемо 15 рівномірно розподілених точок на кривій розгону отриманої експериментально і 15 точок, при тих же часах, на кривій розгону моделі. Значення в даних точках запишемо в масиви y_1 і y_2 відповідно. Ці значення занесені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Значення, отримані з перехідних характеристик

y_1	0.27	0.48	0.62	0.73	0.8	0.86	0.9	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1
y_2	0.28	0.49	0.64	0.74	0.82	0.86	0.9	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Для цих точок визначимо математичне очікування

$$\bar{y}_{Y1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1i} = 0.82 \quad \bar{y}_{Y2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2i} = 0.83$$

Визначимо дисперсію для кожної вибірки

$$S_{Y1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{Y1} - y_{1i})^2 = 0.047,$$

$$S_{Y2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{Y2} - y_{2i})^2 = 0.045.$$

Визначимо відношення оцінок дисперсій шляхом поділу більшою з оцінок на меншу

$$\frac{S_{Y2}}{S_{Y1}} = \frac{0.047}{0.045} = 1.044.$$

Порівнюємо отримане значення з критерієм Фішера $F = 2.4$. Так як значення критерію Фішера більше отриманого значення робимо висновок, що наша модель адекватна об'єкту регулювання.

5.3 Вибір регулятора і розрахунок його параметрів

В даний час промислові регулятори являють собою найбільш поширений вид засобів автоматизації.

Традиційна схема системи управління, синтезованої на базі стандартних регуляторів, представлена на рисунку 5.5.

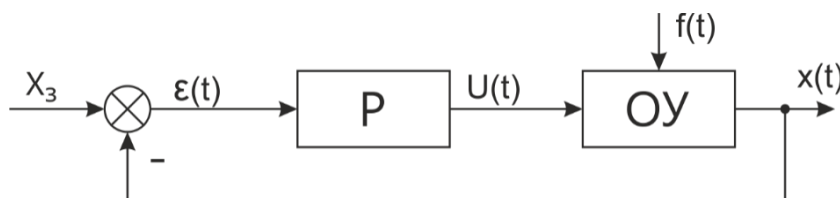


Рисунок 5.5 – Структурна схема типової схеми керування

У схемі, наведеній на рис. 5.5, позначенням відповідають:

P - регулятор; OU - об'єкт управління; X_3 - сигнал завдання; $\varepsilon(t)$ - сигнал неузгодженості; $U(t)$ - сигнал керування; $f(t)$ - обурення; $x(t)$ - вихідна координата.

Метою будь-якого управління є досягнення бажаної поведінки об'єкта управління. При цьому в якості критеріїв оцінки поведінки об'єкта можуть виступати: величина перерегулювання, час керування, коливальність процесу і т.д. За своїм виконанням OU зазвичай конструктивно незмінний. Отже, незмінні і його динамічні характеристики. Тому досягти бажаної поведінки об'єкта управління можна, лише конструюючи новий об'єкт, до складу якого входить вихідний OU і регулятор. У цьому полягає сенс побудови системи управління. Вирішення цього завдання досягається за рахунок вибору належного регулятора.

Вибір закону керування $U(t)$, що задовольняє необхідним показниками системи, називається синтезом системи. При синтезі систем управління промисловими об'єктами найбільш широкое застосування знайшли регулятори з типовими законами управління: пропорційний - П, пропорційно-інтегральний - ПІ, пропорційно-інтегрально-диференціальний - ПІД.

Для нашого об'єкта управління оптимальним вибором буде ПІ-регулятор, так як

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ				

пропорційний регулятор не зможе забезпечити відсутність статичної помилки, що істотно погіршить якість вихідної продукції. У разі, якщо ПІ-регулятор дасть незадовільні показники якості перехідного процесу, слід застосувати ПІД-регулятор.

5.4 Розрахунок оптимальних налаштувань ПІ-регулятора методом Ротача

Вихідними даними для розрахунку є: передавальна функція об'єкта управління і показник ступеня загасання ($\psi = 0.9$). Розрахунок будемо виконувати використовуючи математичний пакет Mathcad, задамо вихідні дані

$$M_z := 1.6 \quad W(s) := \frac{1}{605s + 1}$$

Сформуємо частотну передавальну функцію об'єкта управління шляхом заміни $s = j\omega$

$$W_j(\omega) := W(s) \text{ substitute, } s = i \cdot \omega \rightarrow \frac{1}{1 + 605i \cdot \omega}$$

Запишемо частотну передавальну функцію розімкнутої системи як послідовне з'єднання ПІ-регулятора і об'єкта управління

$$W_p(k_1, T_i, \omega) := \left(k_1 + \frac{1}{T_i \cdot i \cdot \omega} \right) \cdot W_j(\omega)$$

Отримуємо функціональні залежності, для реальної та уявної частин АФЧХ розімкнутої системи управління, при коефіцієнті посилення регулятора рівному одиниці

$$U_p(\omega, T_i) := \operatorname{Re}(W_p(1, T_i, \omega)) \quad V_p(\omega, T_i) := \operatorname{Im}(W_p(1, T_i, \omega))$$

Формуємо функціональну залежність, яка описує ОЕ в залежності від значення показника коливальності M

$$\gamma(M) := \operatorname{asin}\left(\frac{1}{M}\right)$$

$$Y(X, M) := \tan(\gamma(M)) \cdot X$$

Запишемо вираз для визначення радіусу кола забороненої зони і положення його центру, як функцію показника коливальності M

$$r(M) := \frac{M}{M^2 - 1} \quad u(M) := \frac{M^2}{M^2 - 1}$$

Формуємо рівняння кіл забороненої зони в прямокутній системі координат

$$R(\psi, M) := r(M) \cdot \sin(\psi) - u(M)$$

$$I(\psi, M) := r(M) \cos(\psi)$$

Задаємо діапазон частот і крок зміни, для побудови АЧХ з метою відображення тільки, необхідного нам, третього квадранта

$$\omega := 0, 0.0001 \dots 1$$

Також введемо необхідні параметри s , M_s , які будемо змінювати для отримання одночасного дотику прямої ОЕ і кіл. Виконуємо графічні побудови і визначаємо три пари налаштувань для ПІ-регулятора (рисунок 5.6).

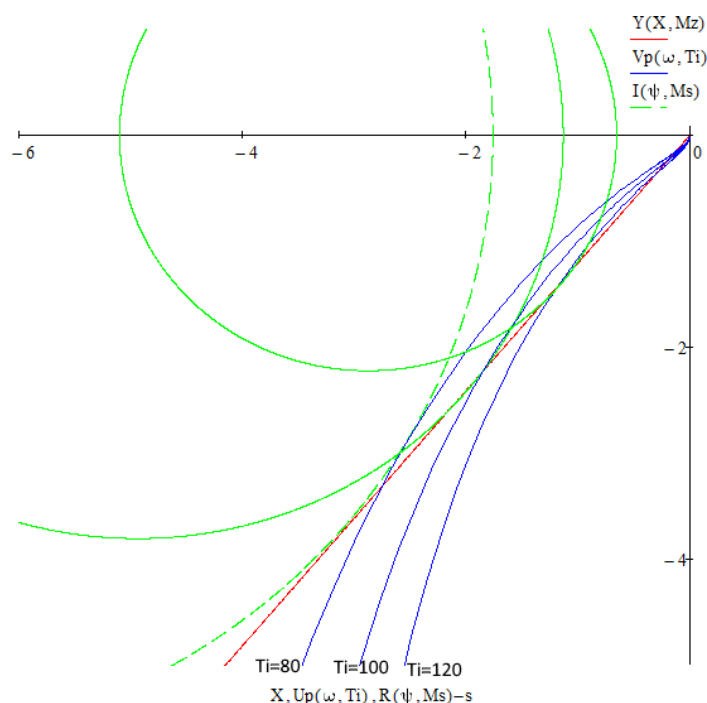


Рисунок 5.6 – Визначення налаштувань ПІ – регулятора методом Ротача

Визначаємо граничне значення коефіцієнта посилення регулятора, що забезпечує задане значення показника коливальності, для кожного з випадків, з виразу

$$k_{\text{пр.}} = \frac{M}{M^2 - 1} \cdot \frac{1}{r_0}$$

Отримані пари налаштувань введемо у вигляді матриці:

$$\text{Data} := \begin{pmatrix} 80 & 0.65 \\ 100 & 0.989 \\ 120 & 1.65 \end{pmatrix}$$

Для визначення, яка з пар налаштувань дає кращі показники якості, побудуємо графіки перехідних процесів для отриманих значень і визначимо їх показники. Отримані перехідні характеристики представлені на рисунку 5.7.

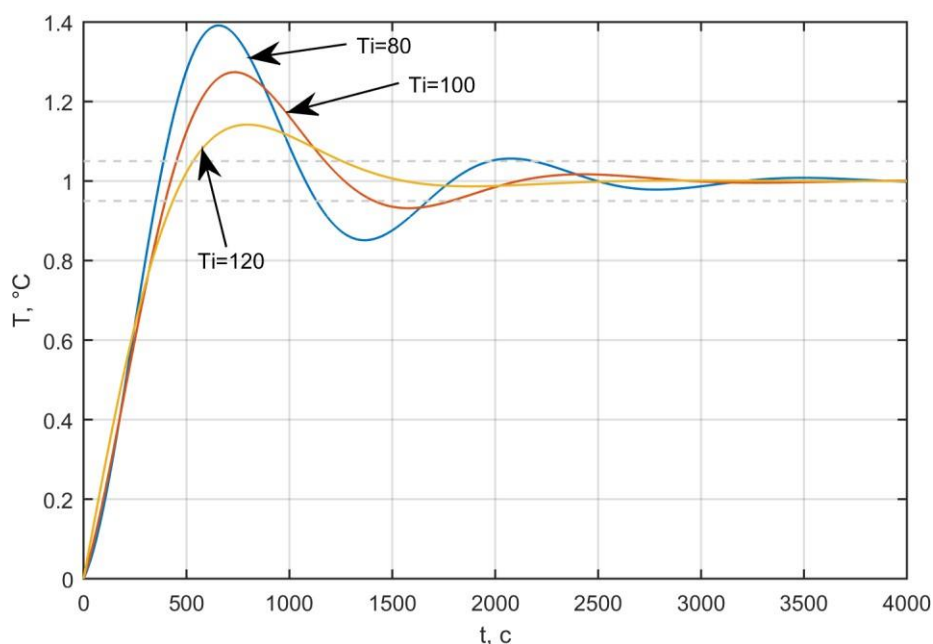


Рисунок 5.7 – Графіки перехідних процесів при різних настройках регулятора

З отриманого графіка, очевидно, що найкращі показники якості перехідної процес має при постійній інтегрування рівною $T_i = 120$ і коефіцієнті посилення рівному $k_p = 1.65$. Визначимо ці показники і зведемо в таблицю 5.2 разом з необхідними, за завданням, значеннями і показниками без регулятора.

Таблиця 5.2 – Показники якості перехідного процесу

Показник	Завдання	<u>ПИ-регулятор</u>
Статична похибка, %	0	0
Час t_p , с	≤ 1500	1300
<u>Перерегулювання</u> σ , %	≤ 20	13.8

Як видно з отриманої таблиці, дані настройки регулятора повністю задовольняють поставлене завдання. У порівнянні з системою без регулятора, ми отримали відсутність статичної помилки і менший час перехідного процесу, платою за це стало наявність перерегулювання, яке було відсутнє раніше, але так як воно не перевищує 20% то є

допустимим для нашої системи.

5.5 Моделювання об'єкта керування

Проведемо імітаційне моделювання об'єкта управління за допомогою математичного пакета MatLab (додаток Simulink). Для цього зберемо структурну схему, представлену на малюнку 5.8. У системі є канал управління, ПІ-регулятор, безпосередньо об'єкт управління, а також осцилограф на якому можливо спостерігати перехідний процес.

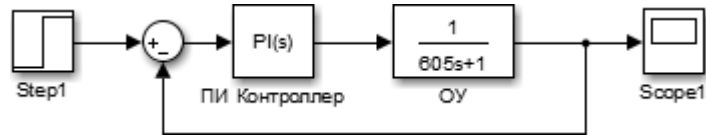


Рисунок 5.8 – Структурна схема об'єкта керування

Проведемо моделювання системи і отримаємо її перехідну характеристику (рисунок 5.9).

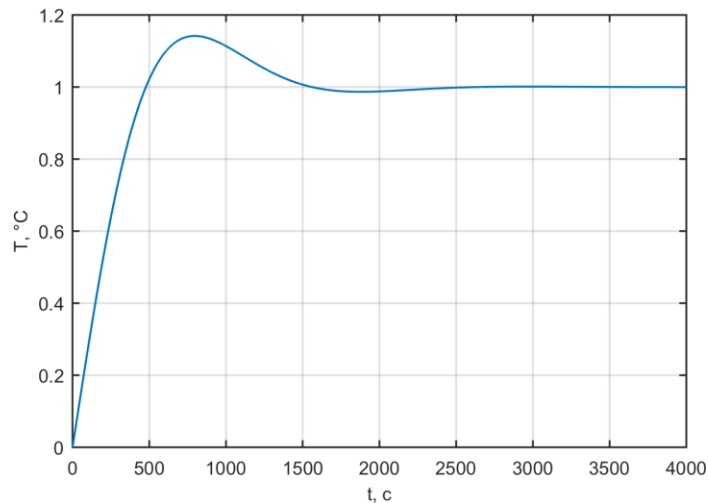


Рисунок 5.9 – Перехідна характеристика отриманої системи

Визначимо показники якості за отриманим графіком перехідного процесу:

- час перехідного процесу $t_p = 1280$;
- перерегулювання $\tau = 14\%$.

Дані показники якості повністю задовольняють завдання.

6 Реалізація в CoDeSys

CoDeSys (Controller Development System) - це найпопулярніший в світі апаратно незалежний комплекс для прикладного програмування ПЛК та вбудованих контролерів. Основним його компонентом є середовище програмування на мовах стандарту MEK 61131-3. Комплекс працює на комп'ютері. Програми компілюються в машинний код і завантажуються в контролер. Будь-яке завдання, яка має рішення у вигляді програми, можна реалізувати в CoDeSys[16].

CoDeSys був націлений на завдання, що вимагають автономності, надійності і максимальної швидкодії при мінімізації апаратних засобів. Завдяки цьому він вийшов далеко за рамки традиційних для MEK 61131-3 систем ПЛК. Сьогодні автомобілі, крани, екскаватори, самоскиди, яхти, друкарські машини, деревообробні верстати, ливарні і прокатні машини, складальні автомати найбільших світових брендів включають один або групу вбудованих контролерів з CoDeSys. Компанією ITQ GmbH у 2011 році було проведено дослідження характеристик і поширеності програмних інструментів в областях машинобудування і мобільних застосувань в Європі [1]. За його результатами, CoDeSys і інструменти на його базі (Bosh Rexroth IndraWorks, Beckhoff TwinCAT і ін) використовують 36% компаній. Конкуруючи з CoDeSys універсальні інструменти спільно склали 7%.

На сьогоднішній день CoDeSys успішно застосовується у всіх без винятку областях промисловості. У світі понад 350 компаній, виготовляють контролери з CoDeSys в якості штатного інструменту програмування. За 2011 р продано 500 тис. Ліцензій на різні пристрої з CoDeSys. Всі конкуруючі системи відстають в рази, що дозволяє доказово говорити про світове лідерство.

Як продукт, CoDeSys орієнтований на виробників контролерів. Розробляючи новий контролер, вони встановлюють в нього систему виконання CoDeSys Control. Збирають з її компонентів необхідну конфігурацію, додають власні ноу-хау і специфічні компоненти і отримують власне інструментальне ПО. Як правило, до користувача CoDeSys потрапляє в коробці разом з обладнанням. Йому потрібно тільки встановити систему і перейти до вирішення своїх практичних завдань. Всі комерційні і технічні питання, пов'язані з підтримкою ядра контролера, всіх типів його апаратних модулів, бібліотек, стеків і конфігуратор мереж його турбувати не повинні. Все це повинно бути вирішено за нього розробниками ПЛК та CoDeSys спільно.

Середовище програмування CoDeSys включає набір інструментів для підготовки і налагодження програм, компілятори, конфігуратор, редактори візуалізації і т.д. При необхідності функціональність системи доповнюється опціональними компонентами.

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

Проект CoDeSys можна зберігати не тільки на диску ПК, але і в контролері, якщо він має достатній обсяг пам'яті, що дозволяє уникнути втрати вихідних текстів чи плутанини в проєктах. Для великих проєктів передбачено використання системи контролю версій (SVN).

Для налагодження користувачеві не потрібно відкривати спеціальних налагоджувальних вікон або складати будь-яких списків змінних. При підключенні до ПЛК редактори введення програм "оживають". Безпосередньо в них відображаються значення всіх видимих на екрані змінних. Причому в складних виразах видно всі проміжні результати.

CoDeSys Control - це частина, яка повинна бути вбудована ПЛК. Нерідко виникає питання: "Якщо CoDeSys дає на виході машинний код, то навіщо взагалі потрібна система виконання?" Відповідь криється в стрижневу ідею технології ПЛК. Програмуючи ПЛК, користувач повинен думати виключно про суть прикладної задачі. Його не повинні хвилювати організація пам'яті, процедури опитування модулів введення / виведення, способи синхронізації даних, функції мережевого обміну і зв'язку з верхнім рівнем, виклики циклічних і подієвих завдань, організація фіксації виходів при налагодженні на обладнанні і т. П. Так, для отримання значення входу в своїй програмі, прикладний програміст ПЛК вибирає змінну і задає в діалоговому вікні одиниці виміру, параметри фільтрації та інші параметри. Всю чорнову роботу за нього повинна виконати система виконання. Якщо програмісту доводиться думати про передачу байтів або виклику бібліотечних функцій для роботи з введенням / висновком, то це не ПЛК? і говорити про зручність і надійності прикладного програмування не доводиться.

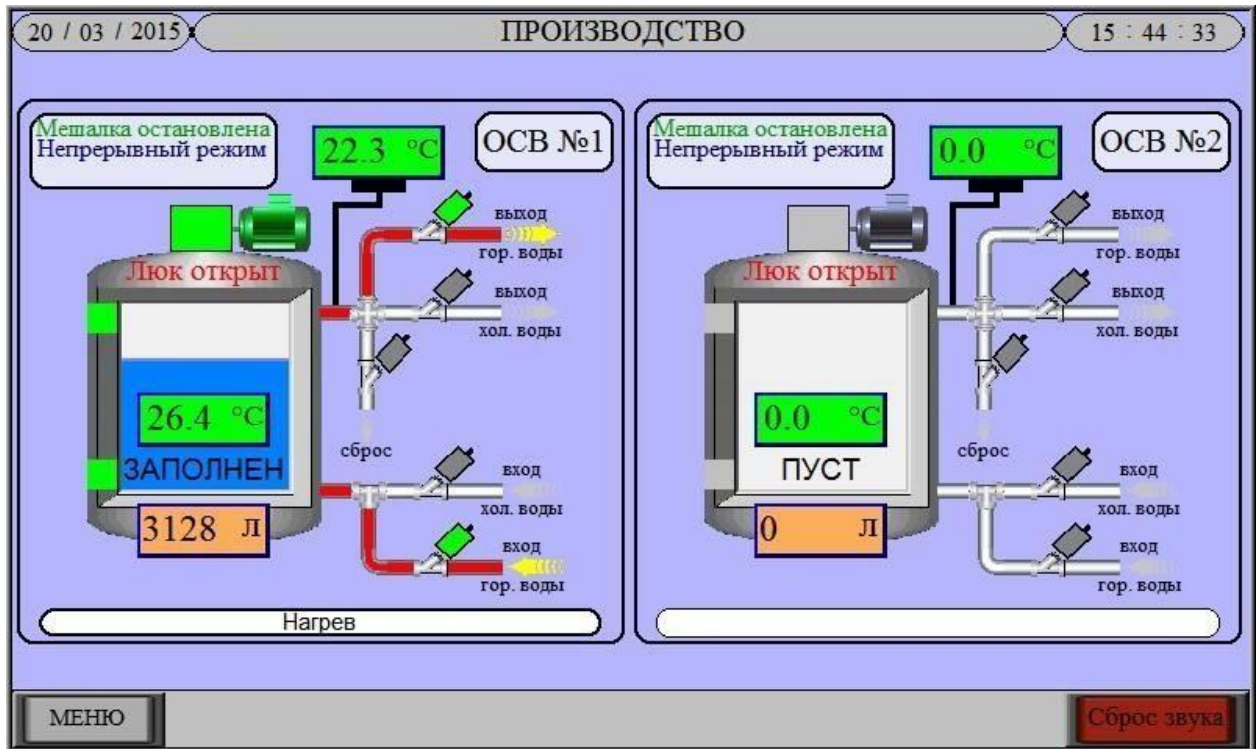
В цілому CoDeSys Control включає більше 200 компонентів. Кожна "збірка" під конкретну модель ПЛК буде відрізнятися. Її склад визначається можливостями апаратури і типом ПЛК. Включення всіх компонентів, про всяк випадок, призвело б до не виправданого зростання апаратних ресурсів і вартості. Наприклад, включення функції "гарячої" правки коду без зупинки ПЛК подвоює вимоги до ОЗУ. Деякі компоненти представлені в декількох варіантах. Наприклад, компонент "менеджер завдань". Найдешевший ПЛК може мати єдиний апаратний таймер, "цокаючий" кожні 10 мс, і не мати ОС. Для нього підійде простий планувальник циклічних завдань без витіснення. З ним не зможуть працювати деякі інші компоненти, наприклад, ЧПУ або стек CANopen, але вони і не потрібні в ПЛК такого рівня. Для ПЛК з потужним 32- або 64-бітовим процесором і ОС РВ розумно включити найбільш досконалий "менеджер завдань" з підтримкою подій, реального часу і декількох додатків в одному пристрої. З кожним таким додатком можна працювати як з незалежним ПЛК: завантажувати, запускати,

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

зупиняти і налагоджувати програми, не впливаючи на роботу інших додатків.

CoDeSys Control може функціонувати під управлінням будь-якої ОС або навіть без неї. Найбільш часто використовують ОС VxWorks, Windows CE і Linux. Є адаптації під RT-OS32 (RTKernel), QNX, Nucleus, pSOS, OS9, TenAsys INtime. Виробник устаткування може самостійно адаптувати CoDeSys Control під іншу ОС.

Використовуючі інструмент візуалізації SCADA системи CoDeSys було розроблено інтерфейс мнемосхеми для АРМ оператора:



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ

ВИСНОВКИ

В проекті було розглянуто систему автоматичного керування плавителя сирної маси Stephan UM – 130, розроблено інформаційне, технічне забезпечення та алгоритм роботи системи автоматизації.

В дипломному проекті САУ плавителя були зроблені наступні етапи:

- визначення початкових даних об'єкта керування;
- вибір датчиків, що встановлені на самому плавителі;
- виконавчі органи, що виконують команди від ПЛК;

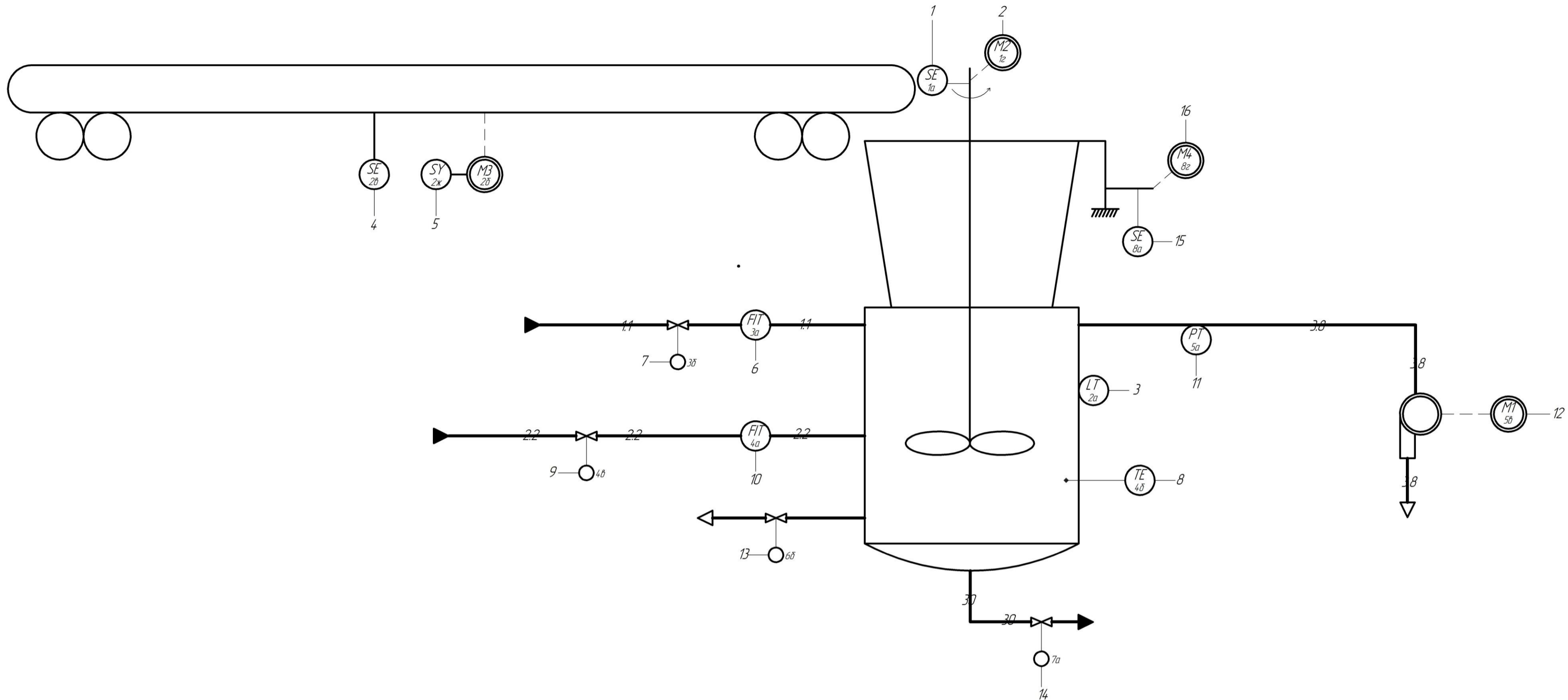
Автоматизоване робоче місце (АРМ) до складу якого входить станція оператора AdvantiX IPC-SYS1-3-A9 з встановленою операційною системою Windows 7, процесором Intel Core i7 і встановленим програмним комплексом CoDeSys.

Був розрахований контур регулювання температури в плавителі. При розрахунках використали два методи: метод Фішера та методом Ротача. Всі необхідні показники якості були досягнуті.

Використання сучасних методів управління технологічним процесом, а також новітніх технічних засобів автоматизації дало можливість реалізувати якісно нову технологію управління, що призвело до:

- підвищення якості продукції, що випускається;
- скорочення простоїв через неполадки;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання;
- використовувати мінімальну кількість працівників, необхідних для підтримки ТП в робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

					СУ-61Ш-7 6.151.00.05.07ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58



Перб. примен.
Спроб. №

Взаєм. інв. №
Інв. № дідл.
Підп. і дата

Інв. № ладл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дідл.	Підп. і дата
Прилади на щиті	Панель оператора	AI	1	1500ва/хб
		DI	2	Керування М2
		AO	3	
		DO	4	Керування М3
		DO	5	Керування М4
Прилади за місцем	ПЗО	AI	6	
		DI	7	
		AO	8	
		DO	9	
		DO	10	
Прилади на щиті	Панель оператора	AI	11	
		DI	12	
		AO	13	
		DO	14	
		DO	15	
Прилади на щиті	Сигналізація	AI	16	
		DI		
		AO		
		DO		
		DO		

Позиція	Найменування
-1.1-	Вода
-2.2-	Пар
-3.8-	Вакуум
-3.0-	Готовий продукт

СУ-61Ш-7 6.151.00.07.01			
Ізм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Разроб.	Салганюк А.О.		
Проб.	Худалеї Г.М.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Чтв.			

Система управління котлом плавлення сиру Stephan UM-130			Лит.	Маса	Масштаб
					1:1
Функціональна схема автоматизації			Лист	Листів	1

ШІ СумДУ
зр. СЦ-61-7
Формат А2

