

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут сумського державного університету
Центр заочної та дистанційної форми навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій
Спеціальність 6.151 «автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему:

"Система управління технологічним процесом виробництва ацетальдегіду"

Керівник роботи

ст викладач, к.т.н.

О.О. Андрусенко

Дипломник:

студент групи СУз-91ш

М.О. Короткевич

Номер залікової книжки: 19180029

Шостка – 2023

РЕФЕРАТ

Короткевич Максим Олександрович. Система управління технологічним процесом виготовлення ацетальдегіду. Бакалаврська робота. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2023 рік.

Бакалаврська робота містить 57 аркушів пояснювальної записки, з урахуванням 37 рисунків, 3 таблиць; 2 креслень; 4 демонстраційних плакатів.

Робота присвячена розробці системи управління процесу виготовлення ацетальдегіду. Автоматизація дозволяє зменшити потреби в кількості людських втручань в технологічний процес і зробити процес більш адаптивним до збурюючих дій, які можуть виникнути в процесі роботи обладнання. Розробка системи управління даного технологічного процесу забезпечує управління великими потужними агрегатами в якому людські зусилля зводяться до налаштування та налагодження автоматичних пристроїв управління і регулювання.

Ключові слова: технологічний процес, система управління, регулюючий мікропроцесорний контролер, алгоритм управління, регульований параметр.

SUMMARY

M. O. korotkevych. The control system of the technological process of production of acetaldehyde. Bachelor work. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2023 year.

A bachelor work is contained by 57 leaves of explaining message, taking into account 37 pictures, 3 tables; designer document which contains 2 drafts; 4 demonstration poster.

Work focuses on the development of a process control system of production of acetaldehyde. Automation reduces the need for the amount of human intervention in the manufacturing process and make the process more adaptive to the disturbing influences which may arise during operation. Automating this process provides a powerful management of large aggregates in which human efforts are reduced to configure and troubleshoot the automatic control and regulation devices.

Keywords: process control system that regulates the microprocessor controller, the control algorithm, the adjustable parameter.

ЗМІСТ

Список скорочень та умовних позначень	3
Вступ	5
1 Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта автоматизації	7
2 Аналіз параметрів технологічного процесу	11
3 Вибір каналів контролю та управління	13
4 Вибір засобів автоматизації	20
5 Розрахункова частина	30
6 Алгоритм роботи системи управління	46
7 Розробка АСУТП та структурної схеми	51
Висновок	56
Список використаних джерел	57

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АРМ – автоматизоване робоче місце
- АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом
- АЦП – аналого-цифровий перетворювач
- ВО – виконуючий орган
- ВМ – виконуючий механізм
- КВП і А – контрольно-вимірювальні прилади і автоматика
- ЖКГ – житлово-комунальне господарство
- МУ – мета управління
- ОУ – об'єкт управління
- П-регулятор – пропорційний регулятор
- ПІ-регулятор – пропорційно-інтегральний регулятор
- ПІД-регулятор – пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор
- ПЗ – програмне забезпечення
- ПЗО – пристрій зв'язку з об'єктом
- ПЛК – програмований логічний контролер
- ПК – персональний комп'ютер
- ППП – пристрій плавного пуску
- ПТК – програмно-технічний комплекс
- ПЧ – перетворювач частоти
- ПУ – пристрій управління
- РКІ – рідкокристалічний індикатор
- РО – робочий орган
- САПР – система автоматизованого проектування
- САР – система автоматичного регулювання
- САУ – система автоматичного управління
- ТО – термперетворювач опору
- ТП – технологічний процес
- ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ЦД – цифровий дисплей

ЦП – центральний процесор

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

ВСТУП

Неможливо уявити життя сучасної людини без товарів та речей, які є продукцією хімічної промисловості.

Хімічна промисловість не тільки широко розповсюджена, затребувана, але й дуже динамічно розвивається.

Разом з розвитком усієї галузі зростають також вимоги до технологічного устаткування і процесів, які в них протікають.

Ось тільки деякі з викликів, які стоять перед вченими та інженерами [1]:

- використання якомога простіших та надійних рішень, в той час як хімічні реакції стають все складнішими;
- зберігання керованості технологічного процесу не дивлячись на зростання швидкостей перехідних процесів;
- збільшення точності дозування хімічних речовин;
- захист здоров'я працівників та поліпшення умов їх праці;
- зменшення шкідливих викидів, які утворюються в процесі протікання хімічних реакцій, в атмосферу.

Технологічне устаткування, яке залучається фахівцями в хімічній галузі, має експлуатуватися відповідно до нормативних актів про охорону праці, правила експлуатації електричного устаткування і мереж, правил технічної експлуатації теплових мереж та установок тощо.

Технологічне устаткування має бути виготовлене з таких матеріалів, які унеможливають хімічні реакції між обладнанням та корисними речовинами.

Узагальнюючи все вищевказане, робимо висновок, що обладнання та устаткування, яке задіюється в хімічній промисловості, має бути надійним, безпечним, продуктивним, швидкодіючим, гнучким, зручним та простим у використанні.

А оператори, які керують хімічними та технологічними процесами, мають оперувати великими обсягами інформації, повинні ретельно прораховувати всі ризики та швидко приймати рішення.

Звичайно, що виконання вищезазначених вимог неможливе без використання сучасних комплексних рішень з автоматизації та механізації виробничих процесів [2].

Впровадження технічних засобів автоматизації та вже готових автоматизованих систем управління хімічними процесами дозволяє:

- суттєво зменшити кількість помилок, які зумовлені таким поняттям як «людський фактор»;
- полегшити роботу працівникам;
- підвищити безпеку працівників та обладнання;
- підвищити якість отримуваної продукції;
- зменшити собівартість виготовлення кінцевого продукту;
- ефективніше використовувати сировину та її похідні;
- зменшити або взагалі нівелювати негативний вплив виробництва на навколишнє середовище

В цій бакалаврській роботі ми віддали перевагу централізованому управлінню технологічним процесом за допомогою мікропроцесорного контролера Овен.

1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Ацетальдегід – це органічна сполука, яка широко використовується в хімічній промисловості з метою виготовлення цілого ряду речовин. Мова йде про виробництво бутанолу, ацетатів целюлози, бутанолу, оцтової та перцової кислот, гліоксалу, оцтового ангідриду тощо.

Агрегатний стан ацетальдегіду – рідина. Не має кольорового забарвлення. Має різкий запах.

1.1 Виробництво ацетальдегіду

В хімічній промисловості використовується декілька методів виробництва ацетальдегіду. Розглянемо два найбільш розповсюджених методи [3].

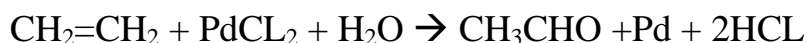
В методі Хехста-Вакера спочатку крекінгом вуглеводів отримують етилен. Далі отриманий етилен окислюють і таким чином отримують альдегід.

Хімічна реакція окислення етилену відбувається у водному розчині з залученням паладію (II) в якості каталізатора.

Існує два варіанти методу Хехста-Вакера: одностадійний та двостадійний.

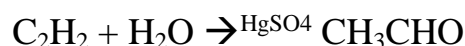
Одностадійний процес: каталізатор регенерують киснем в умовах безперервного синтезу. Двостадійний процес: каталізатор регенерують повітрям в окремому реакторі.

Рівняння хімічної реакції методу Хехста-Вакера віглядає наступним чином:



Другий розповсюджений метод – отримання ацетальдегіду шляхом гідратації ацетилену. З метою каталізації процесу використовуються солі ртуті.

Рівняння хімічної реакції методу гідратації ацетилену має наступний вигляд:



Як нам всім добре відомо, ртуть та її похідні токсичні, а відтак небезпечні для життя. Тому було введено парофазну гідратацію ацетилену.

Процес парофазної гідратації ацетилену протікає при температурі 400 °С з залученням оксидів Cu, Zn, Cr, Mg, Co, Cd, Fe.

Важливо, що ацетилен здатний до створення вибухових сумішей як з самим киснем, так і зі сполуками, що містять кисень. І високі температури цьому тільки сприяють.

Через це ацетилен перед поданням в контактний апарат розбавляють азотом та водяною парою.

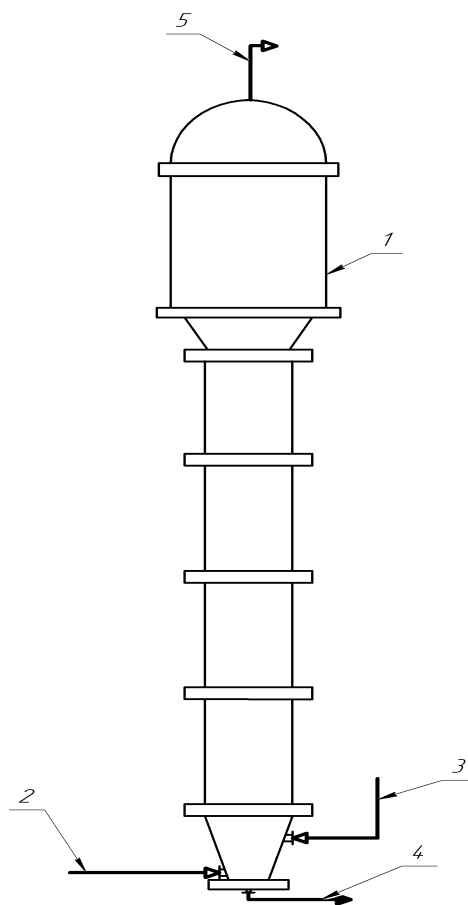
Слід відзначити, що метод прямої гідратації за рядом показників перспективніше за гідратацію з залученням сульфату ртуті [4].

Тому надалі розглядатимемо саме метод прямої гідратації ацетилену.

1.2 Технологічний опис виробництва ацетальдегіду

Що таке гідратор? Це ємність, в якій водяна пара та ацетилен вступають в реакцію один з одним. Додавання каталізатора значно пришвидшує реакцію, в наслідок якої отримується ацетальдегід.

Структурна схема гідратора зображена на рисунку 1 нижче:



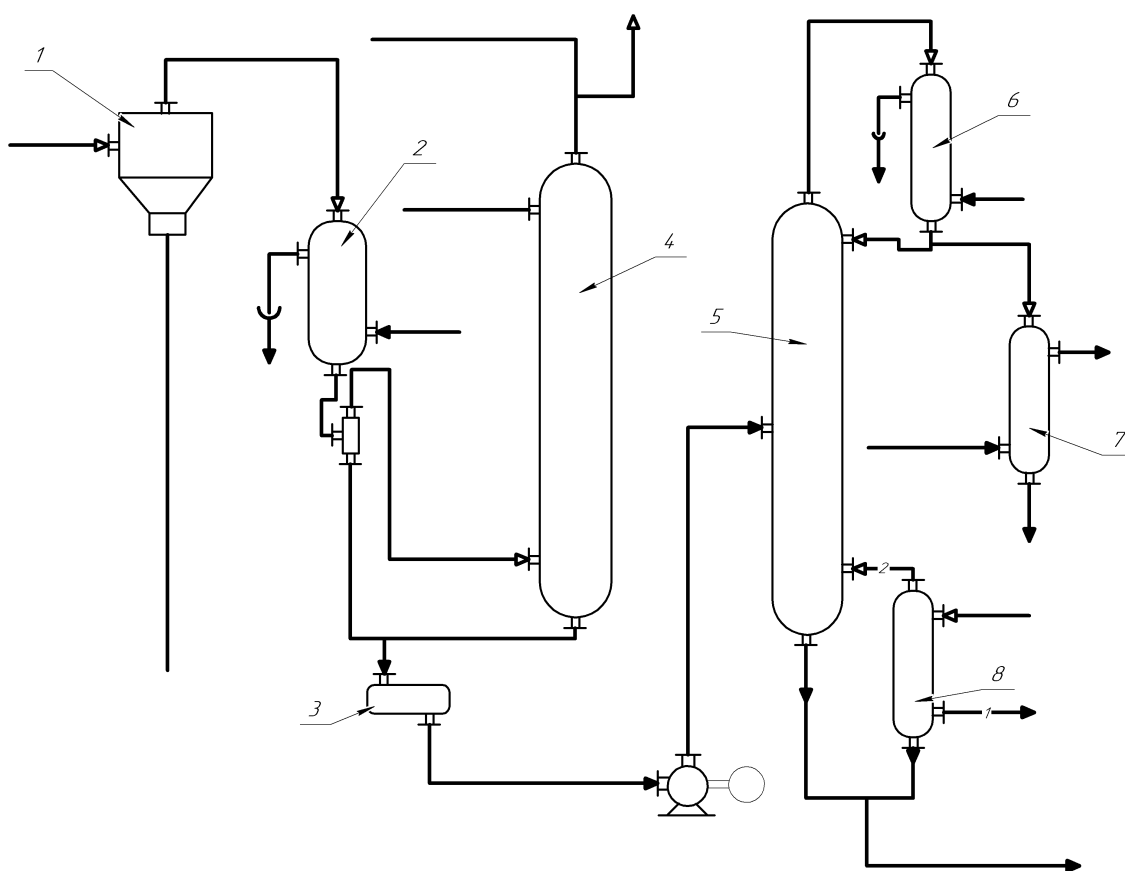
1. Гідратор 2. Шлях подачі ацетилену 3. Шлях подачі водяної пари 4. Шлях зливу конденсату 5. Шлях виходу прореагованого ацетальдегіду

Рисунок 1 – Структурна схема гідратора

Свіжий та вторинний ацетилен змішуються в змішувачі. Далі за допомогою компресора суміш подається в нижню частину гідратора. Водяна пара подається в ту саму частину установки з метою підтримки температурного режиму.

Після протікання реакції ацетальдегід, ацетилен, що не прореагував, та водяна пара видаляються з колони та проходять ряд установок: крапельник, холодильник та абсорбер.

Структурна схема руху речовин після гідратора зображена нижче на рисунку 2:



1-Краплевловлювач 2-Холодильник 3-Збирач 4-Абсорбер 5-Ректифікаційна колонна 6-Дефлегматор 7-Розсільний холодильник 8-Сепаратор

Рисунок 2 – Схема апаратів після гідратора

В крапельнику виділяються краплини каталітичного розчину та збігаються в збирач. В холодильнику речовини охолоджуються. Абсорбер зрошується водою. Таким чином сконденсований і розчинений ацетальдегід відділяються від ацетилену та збігаються в збирач.

Зі збирача ацетальдегід та каталітичний розчин подаються до ректифікаційної колони. Тут отримується пара чистого ацетальдегіду. Ця пара надалі поступає в дефлегматор і розсільний холодильник, перетворюється на рідину і вже в рідкому агрегатному стані подається споживачу.

2. АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Проаналізувавши технологічний процес, його структурну схему, визначимо основні параметри та їх номінальні значення [5].

З метою зручності представлення інформації представимо її у вигляді таблиці.

Таблиця 1. Основні параметри технологічного процесу отримання ацетальдегіду

Місце встановлення	Назва параметру	Значення		Відхилення	Функція
		min	max		
Змішувач	Тиск	0,47 кгс/см ²	0,53 кгс/см ²	5%	контроль, управління, сигналізація
Гідратор	Температура	76 °С	84 °С	5%	контроль, управління, сигналізація
Холодильник	Температура	38 °С	42 °С	5%	контроль, управління, сигналізація
Абсорбер	Рівень	0,95 м	1,05 м	5%	контроль, управління, сигналізація
Дефлегматор	Температура	34,2 °С	37,8 °С	5%	контроль, управління, сигналізація
Розсільний холодильник	Температура	-11,4 °С	-12,6 °С	5%	контроль, управління, сигналізація

Сепаратор	Температура	72,2 °C	79,8 °C	5%	контроль, управління, сигналізація
-----------	-------------	---------	---------	----	--

3. ВИБІР КАНАЛІВ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ

В попередніх пунктах ми ретельно проаналізували технологічний процес отримання ацетальдегіду і склали таблицю з основними параметрами його перебігу.

На основі отриманої інформації розробимо канали контролю та управління.

3.1 Канали контролю та управління

3.1.1 Тиск у змішувачі

З метою підтримки якості перемішування речовин, необхідно контролювати та регулювати тиск в змішувачі. Для цього в ньому встановлено датчик тиску.

Регулювання відбувається за рахунок відкриття/закриття клапану подачі ацетилену.

Контур регулювання тиску зображено на рисунку нижче:

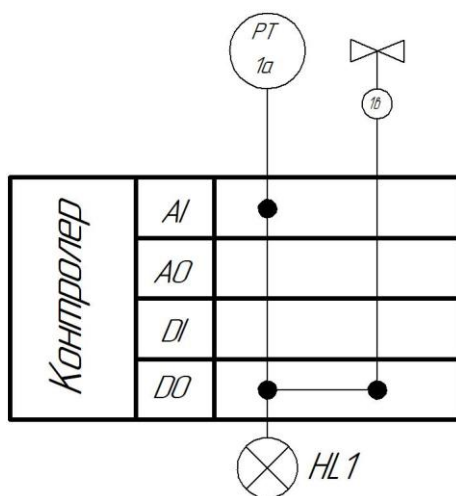


Рисунок 3 – Схема регулювання тиску в змішувачі

3.1.2 Температура в гідраторі

З метою підтримки процесу гідратації, необхідно контролювати та регулювати температуру в гідраторі. Для цього в ньому встановлено датчик температури.

Регулювання відбувається за рахунок відкриття/закриття клапану подачі водяної пари.

Контур регулювання температури зображено на рисунку нижче:

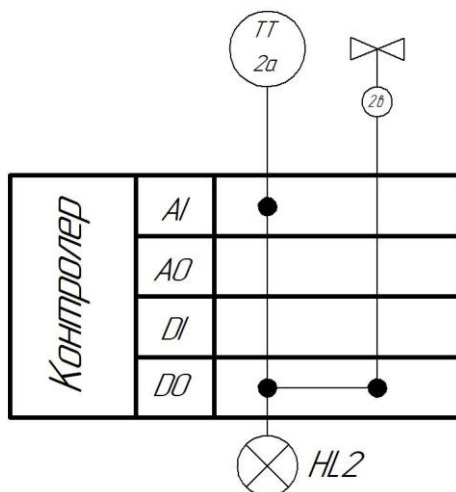


Рисунок 4 – Схема регулювання температури в гідраторі

3.1.3 Температура в холодильнику

З метою підтримки процесу охолодження парів ацетальдегіду з домішками, необхідно контролювати та регулювати температуру в холодильнику. Для цього в ньому встановлено датчик температури.

Регулювання відбувається за рахунок відкриття/закриття клапану, який впливає на циркуляцію охолоджуючої води.

Контур регулювання температури зображено на рисунку нижче:

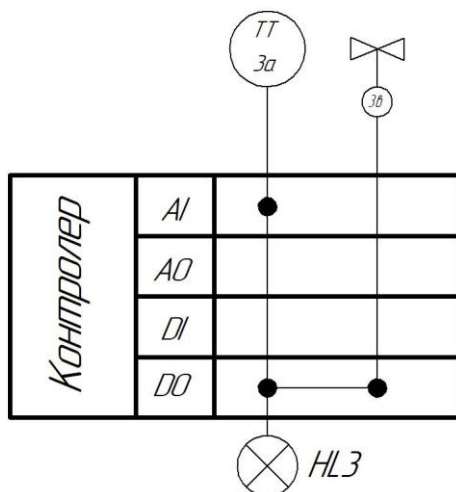


Рисунок 5 – Схема регулювання температури в холодильнику

3.1.4 Рівень в абсорбері

З метою підтримки якісного процесу абсорбції, необхідно контролювати та регулювати рівень в абсорбері. Для цього в ньому встановлено датчик рівня.

Регулювання відбувається за рахунок відкриття/закриття клапану подачі води в абсорбер.

Контур регулювання рівня зображено на рисунку нижче:

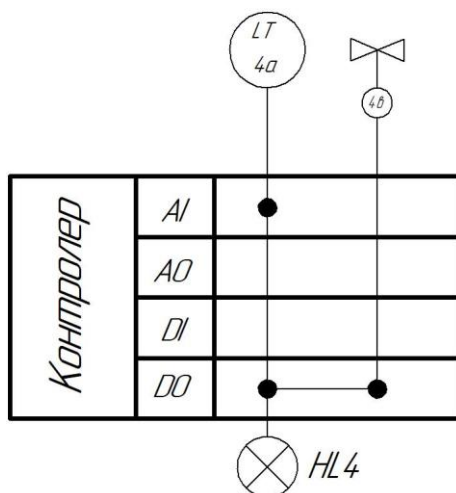


Рисунок 6 – Схема регулювання рівня в абсорбері

3.1.5 Температура в дефлегматорі

З метою підтримки процесу дефлегмації, необхідно контролювати та регулювати температуру в дефлегматорі. Для цього в ньому встановлено датчик температури.

Регулювання відбувається за рахунок відкриття/закриття клапану, який впливає на подачу води в дефлегматор.

Контур регулювання температури зображено на рисунку нижче:

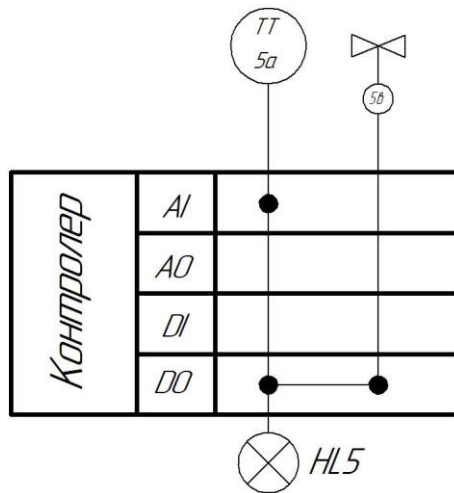


Рисунок 7 – Схема регулювання температури в дефлегматорі

3.1.6 Температура в розсільному холодильнику

З метою підтримки процесу охолодження парів ацетальдегіду в розсільному холодильнику, необхідно контролювати та регулювати температуру в ньому. Для цього в розсільному холодильнику встановлено датчик температури.

Регулювання відбувається за рахунок відкриття/закриття клапану, який впливає на подачу охолоджуючого розсілу.

Контур регулювання температури зображено на рисунку нижче:

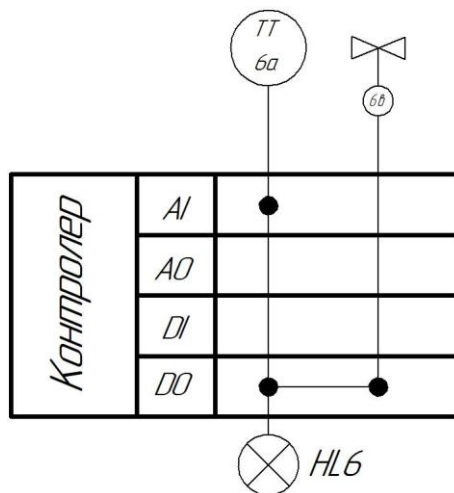


Рисунок 8 – Схема регулювання температури в розсільному холодильнику

3.1.7 Температура в сепараторі

З метою підтримки процесу сепарації, необхідно контролювати та регулювати температуру в ньому. Для цього в сепараторі встановлено датчик температури.

Регулювання відбувається за рахунок відкриття/закриття клапану, який впливає на подачу водяної пари.

Контур регулювання температури зображено на рисунку нижче:

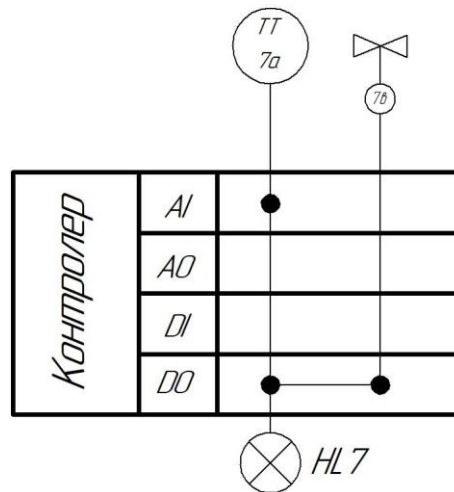


Рисунок 9 – Схема регулювання температури в сепараторі

3.1.8 Керування компресором

З метою оптимізації наявної системи, організовано керування компресором. Передбачено дистанційне керування та керування за місцем встановлення компресора.

Схему керування компресором зображено на рисунку нижче:

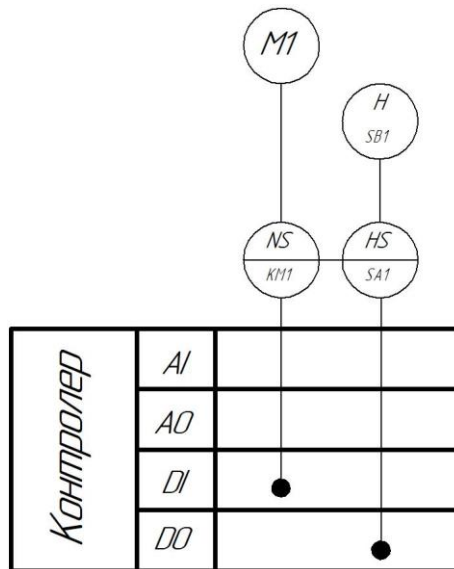


Рисунок 10 – Схема керування компресором

3.1.9 Керування насосом

З метою оптимізації наявної системи, організовано керування насосом. Передбачено дистанційне керування та керування за місцем встановлення насоса.

Схему керування насосом зображено на рисунку нижче:

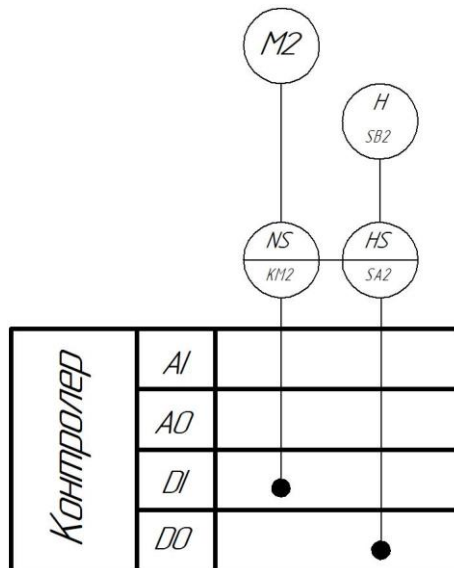


Рисунок 11 – Схема керування насосом

3.2 Функціональна схема та замовна специфікація технічних засобів автоматизації

Взявши до уваги структурну схему і опис технологічного процесу отримання ацетальдегіду, параметрів цього технологічного процесу, розроблених контурів

управління, ми розробили функціональну схему системи управління процесу отримання ацетальдегіду ().

Додатково розроблено замовну специфікацію технічних засобів автоматизації процесу отримання ацетальдегіду [6].

4. ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

З метою автоматизації процесу отримання ацетальдегіду застосовуватимемо централізовану систему управління. Всі прилади отримання, фіксації, реєстрації інформації, технічні засоби автоматизації, прилади управління, сигналізації, захисту та блокування обиратимемо виходячи з використання саме централізованої системи управління.

Оскільки процес отримання ацетальдегіду відноситься до хімічної промисловості, основними критеріями відбору є точність, швидкодія, надійність, стійкість до агресивних середовищ, уніфікованість.

Також врахуємо вимоги до мінімізації. Тобто мінімальна кількість технічних засобів автоматизації має забезпечувати номінальний безаварійний режим роботи всього обладнання.

4.1 Вибір датчиків

З визначених основних параметрів технологічного процесу та побудованих контурів регулювання, констатуємо факт, що нам знадобляться датчики тиску, температури та рівня.

4.1.1 Вибір датчиків тиску

В залежності від принципу дії датчики вимірювання тиску поділяються на три великі групи: деформаційної дії, вантажепоршневі та електричні.

Щодо передачі інформаційного сигналу на відстань, деформаційні та грузопоршневі датчики такої опції не мають. Тому розглядатимемо електричні манометри.

Датчик тиску Rosemount 3051

Даний датчик має ємнісний перетворювач, електронну плату для обробки інформації та сенсорне керування. Не дивлячись на це, датчик має клас захисту IP68.

Технічні характеристики Rosemount 3051:

Межі вимірювання тиску $0 \div 1,15$ кПа

Основна приведена похибка: 0,025 %

Вихідний сигнал 4 – 20 мА

Напруга живлення 30 В постійного струму

Зовнішній вигляд датчику тиску Rosemount 3051 зображено на рисунку 12
нижче:



Рисунок 12 – Зовнішній вигляд датчику тиску Rosemount 3051

Датчик тиску ОВЕН ПД100

Даний датчик відноситься до категорії перетворювачів. Він дуже добре пристосований до роботи в системах автоматичного управління та контролю найрізноманітнішого профілю: промисловість, ЖКГ, побутова сфера. Якщо в тому є необхідність, ПД100 виконують у вибухозахищеному корпусі.

Датчик тиску ПД100 працює з такими робочими середовищами як газ та газові суміші, рідина, пара парові суміші. Стійкий до агресивних вимірювальних середовищ.

Технічні характеристики ОВЕН ПД-100:

Вимірює абсолютний, надлишковий, диференційний тиск.

Діапазон вимірювання тиску $0 \div 0,06$ МПа.

Температура вимірюваної речовини $-40 \div +80$ °С.

Живлення $12 \div 36$ В постійного струму.

Вихідний сигнал уніфікований $4 \div 20$ мА.

Відносна похибка – 0,5%.

Підтримка стандартів HART або RS-485.

Зовнішній вигляд перетворювача тиску ПД-100 зображено на рисунку 13 нижче:

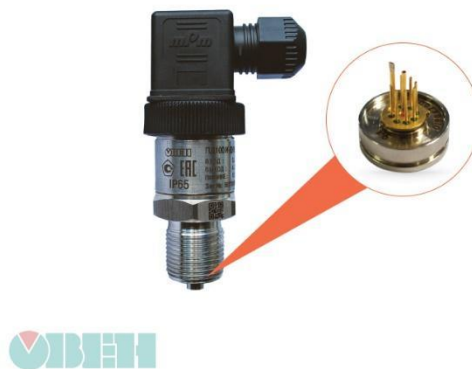


Рисунок 13 – Зовнішній вигляд датчика тиску ПД-100

Після порівняння технічних характеристик датчиків Rosemount 3051 та ОВЕН ПД-100, взявши до уваги специфіку виготовлення ацетальдегіду (з точки зору вимог до надійності та точності), економічну складову проектування, оберемо перетворювач тиску ОВЕН ПД-100.

4.1.2 Вибір датчиків температури

На сьогоднішній день існує велике різноманіття датчиків температури. В промисловості широкого застосування набули термоперетворювачі, пірометричні термометри.

Враховуючи специфіку технологічного процесу виготовлення ацетальдегіду, обиратимемо між термоперетворювачів.

Термоперетворювач ТХК-2788

Даний датчик температури призначений для вимірювання температур твердих тіл, рідких та газоподібних середовищ.

Технічні характеристики ТХК-2788:

Матеріали, що використовуються, хромель-капель.

Діапазон вимірювання температури $-40 \div +200$ °С.

Показник теплової інерції – не більше 8 с.

Тиск вимірюваного середовища $0 \div 0,6$ МПа.

Похибка не більше 0,5% на кожні 10 °С.

Зовнішній вигляд термоперетворювача термоелектричного ТХК-2788 зображено на рисунку 14 нижче:



Рисунок 14 – Зовнішній вигляд датчика температури ТХК-2788

Термоперетворювач ТСМ101

Датчики температури цієї групи здатні безперервно вимірювати температуру середовищ будь-якого агрегатного стану: рідина, газ, тверді тіла тощо.

Технічні характеристики ТСМ101:

Чутливий елемент 100М.

Діапазон вимірювання температури $-40 \div +180$ °С.

Показник теплової інерції – не більше 15 с.

Тиск вимірюваного середовища не більше 10 МПа.

Межа основної абсолютної похибки, °С – $[0,15+0,002(t)]$.

Зовнішній вигляд термоперетворювача ТСМ101 зображено на рисунку 15 нижче:

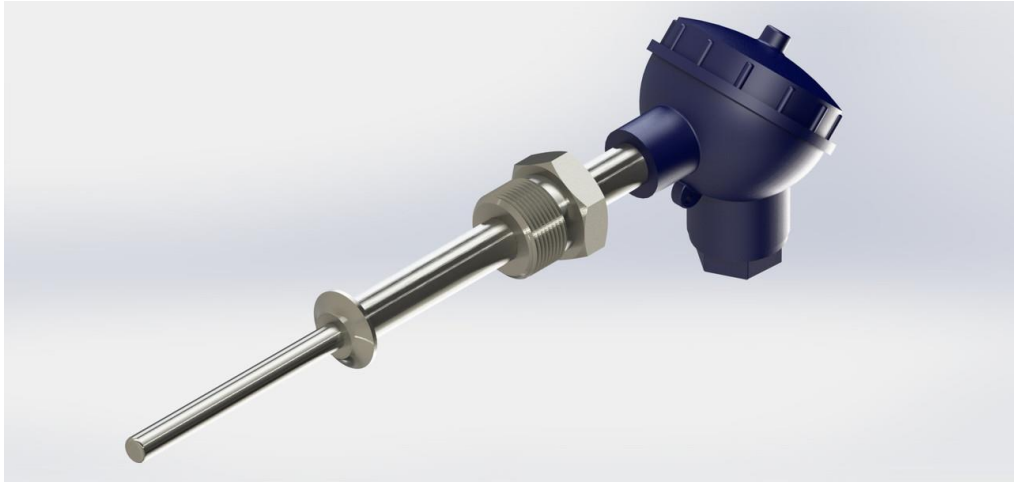


Рисунок 15 – Зовнішній вигляд датчика температури TSM101

Як ми бачимо, ТХК-2788 та TSM101 мають схожі характеристики, надійні, точні. Проте останній коштує майже в два рази менше.

Враховуючи економічну складову проектування, оберемо в якості датчика температури термодетектор TSM101.

4.1.3. Вибір датчиків рівня

Перед тим, як перейти до вибору датчика рівня, коротко наведемо класифікацію, які взагалі бувають датчики вимірювання рівня в залежності від принципу роботи:

- буйкові
- гідростатичні
- електромагнітні
- ємнісні
- звукові
- поплавкові

Датчик рівня Liquicap FMI51

Цей датчик відноситься до первинних перетворювачів ємнісного типу дії. Виготовлений в першу чергу для безперервного вимірювання рівня різноманітних рідин.

Технічні характеристики Liquicap FMI51:

- Діапазон вимірювання від 0,1 ÷ 4,0 м.
- Температура вимірюваного середовища -80 ÷ +200 °С.
- Похибка повторюваність 0,1%
- Вихідні сигнали: струмовий 4 ÷ 20 мА.
- Робочий тиск 0 ÷ 1 МПа.

Зовнішній вигляд рівнеміра Liquicap FMI51 зображено на рисунку 16 нижче:



Рисунок 16 – Зовнішній вигляд рівнеміра Liquicap FMI51

Датчик рівня Овен ПДУ-И

Це поплавковий рівнемір рідких середовищ. Однаково якісно працює як в звичайних резервуарах, так і в таких, що знаходяться під тиском.

Датчик відноситься до категорії первинних перетворювачів. Стійкий до агресивних середовищ. Має захищене виконання.

Технічні характеристики ОВЕН ПДУ-И:

- Діапазон вимірювання від 0,25 ÷ 4,0 м.
- Температура вимірюваного середовища -60 ÷ +125 °С.
- Похибка повторюваність 0,2%
- Вихідні сигнали: струмовий 4 ÷ 20 мА.
- Робочий тиск 0 ÷ 2 МПа.

- Живлення $12 \div 36$ В постійного струму.

Зовнішній вигляд рівнеміра ОВЕН ПДУ-И зображено на рисунку 17 нижче:



Рисунок 17 – Зовнішній вигляд рівнеміра ОВЕН ПДУ-И

Порівнюючи два вищевказані датчики рівня (Liquicap FMI51 та ОВЕН ПДУ-И) бачимо, що вони мають дуже схожі сфери використання та характеристики. Проте економічна складова (вітчизняне виробництво, ціна) все ж таки на боці датчика рівня ОВЕН ПДУ-И.

Тому для вимірювання рівня оберемо датчик рівня ОВЕН ПДУ-И.

4.2 Вибір регулюючих органів та виконавчих механізмів

Виконавчий механізм рухає регулюючий орган, змінює його положення та/або стан. В свою чергу, зміна положення регулюючого органу змінює стан об'єкта управління, а отже і значення відповідної фізичної величини.

Для нашої системи автоматичного регулювання процесу виготовлення ацетальдегіду ми оберемо такі регулюючі органи та виконавчі механізми, які конструктивно знаходяться в одному корпусі.

Мова йде про сідельний клапан з електроприводом Belimo LR24A-SR.

Технічні характеристики Belimo LR24A-SR:

- Температура вимірюваного середовища $-10 \div +120$ °С.
- Вхідний сигнал $0 \div 10$ В.
- Допустимий перепад тисків 400 кПа.

- Живлення 24 В постійного струму.

Зовнішній вигляд сідельного клапану з електроприводом Belimo LR24A-SR зображено на рисунку 18 нижче:



Рисунок 18 – Зовнішній вигляд сідельного клапану з електроприводом Belimo LR24A-SR

4.3 Вибір контролера

Після детального вивчення процесу виготовлення ацетальдегіду, переконуємося в тому, що він має кілька складних відповідальних ділянок. Тут важливі такі фактори як точність, безпомилковість, надійність, безвідмовність роботи.

Не слід також забувати й про можливість масштабування або модернізацію системи управління.

Беручи до уваги всі вище зазначені вимоги, оберемо в якості регулюючого пристрою програмований логічний контролер (ПЛК).

Компанія ОВЕН – один з найбільших вітчизняних виробників засобів автоматизації для виробництва та промисловості. Тому обиратимемо серед ПЛК цієї компанії [7].

Спираючись на функціональну схему автоматизації та специфікацію технічних засобів автоматизації, висунемо вимоги до входів/виходів ПЛК:

Таблиця 2 - Вимоги до входів/виходів контролера.

Види сигналів	Кількість сигналів
Вхідні аналогові сигнали	7
Вхідні дискретні сигнали	2
Вихідні аналогові сигнали	7
Вихідні дискретні сигнали	10

4.3.1 Контролер для малих та середніх систем автоматизації Овен ПЛК200-01-CS

Овен ПЛК200-01-CS – програмований логічний контролер, для малих та середніх систем автоматизації. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 19 нижче:



Рисунок 19 – Зовнішній вигляд програмованого логічного контролеру Овен ПЛК200-01-CS

Даний ПЛК має моноблокове виконання. Модулі дискретних та аналогових входів/виходів вбудовані.

Пам'ять: ROM 512 Мбайт (NAND). RAM 256 Мбайт (DDR3). RETAIN 64 Кбайт (MRAM).

Корпус контролера дуже ергономічний, з можливістю кріплення DIN-рейку.

Клемники можна знімати, але гвинти в них невивпадають, що значно полегшує монтаж та обслуговування ПЛК.

Застосування Ethernet в комунікативних цілях дозволяє швидко опитувати ПЛК і взагалі використовувати різні варіанти топології мережі.

Підтримка широко спектру протоколів: Modbus RTU / ASCII / TCP, OPC UA (Server), MQTT, NTP.

Можливість використання хмарних технологій OwenCloud.

З детальними технічними характеристиками Овен ПЛК200-01-CS можна ознайомитися на офіційному сайті компанії ОВЕН.

4.3.2 Додаткові модулі розширення контролера

Базова комплектація контролера Овен ПЛК200-01-CS не задовільняє всіх вимог нашої системи (в рамках таблиці 2).

Тому разом з контролером слід замовити ще два модулі розширення:

- Модуль вводу аналогових сигналів з Ethernet MB210-101
- Модуль виводу аналогових сигналів з Ethernet MU210-501

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Виробництво ацетальдегіду є складним технологічним процесом, який залежить від багатьох параметрів. Основними параметрами, що впливають на процес виробництва ацетальдегіду, є наступні:

Сировина: якість вихідної сировини (етилен, повітря, кисень) є важливим фактором, що впливає на виходи та якість продукту. Сировина повинна бути чистою та містити мінімальну кількість домішок, що можуть негативно вплинути на реакцію.

Каталізатор: використання каталізаторів, таких як оксид міді або оксид нікелю, може покращити реакцію та підвищити виходи продукту. Оптимальний вибір каталізатора залежить від конкретної технології та умов виробництва.

Температура: температура реакції є важливим фактором, який впливає на швидкість реакції та виходи продукту. Оптимальна температура залежить від каталізатора та конкретної технології, але, як правило, вона знаходиться в діапазоні від 80 °C до 170 °C.

Тиск: тиск впливає на кількість повітря та етилену, які вступають у реакцію, та на здатність розчинника розчиняти продукти. Оптимальний тиск залежить від конкретної технології та умов виробництва.

Розчинник: розчинник, такий як вода або спирт, може впливати на реакцію та виходи продукту. Він допомагає розчинити продукти та забезпечує рівномірний хід реакції.

Час реакції: час, необхідний для закінчення реакції, також є важливим параметром, який впливає на виходи продукту. Оптимальний час реакції залежить від конкретної технології та умов виробництва.

Концентрація реакційних речовин: концентрація етилену, повітря та розчинника є важливими параметрами, які впливають на швидкість реакції та виходи продукту. Оптимальна концентрація залежить від конкретної технології та умов виробництва.

Регулювання рН: регулювання рН реакційної середовища може впливати на виходи та якість продукту. Оптимальний рН залежить від конкретної технології та умов виробництва.

Контроль температури: контроль температури в різних частинах процесу виробництва ацетальдегіду є важливим параметром, який дозволяє забезпечити однорідність реакції та уникнути утворення неочікуваних продуктів.

Регенерація каталізатора: регенерація каталізатора може бути важливим етапом виробництва ацетальдегіду, що дозволяє зберегти його ефективність та підвищити виходи продукту.

Ці параметри тісно пов'язані між собою та взаємодіють під час процесу виробництва ацетальдегіду. Оптимізація кожного з цих параметрів дозволяє досягти максимальних виходів та якості продукту.

Найбільш впливовим параметром з точки зору автоматизації виробництва є стабілізований температурний режим в гідраторі під час змішування свіжого та вторинного ацетиленів, що змішуються в змішувачі. Після чого за допомогою компресора суміш подається в нижню частину гідратора. Водяна пара подається в ту саму частину установки з метою підтримки температурного режиму. Температура повинна бути в межах $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Проведемо синтез системи, потрібно отримати перехідний процес з наступними показниками якості [8]:

- час перехідного процесу $t_p = 150$ сек
- перерегулювання $\sigma = 10\%$
- температура $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

5.1 Отримання математичного опису об'єкта управління

При подачі на вхід одиничного ступінчастого сигналу отримуємо криву розгону наступного виду:

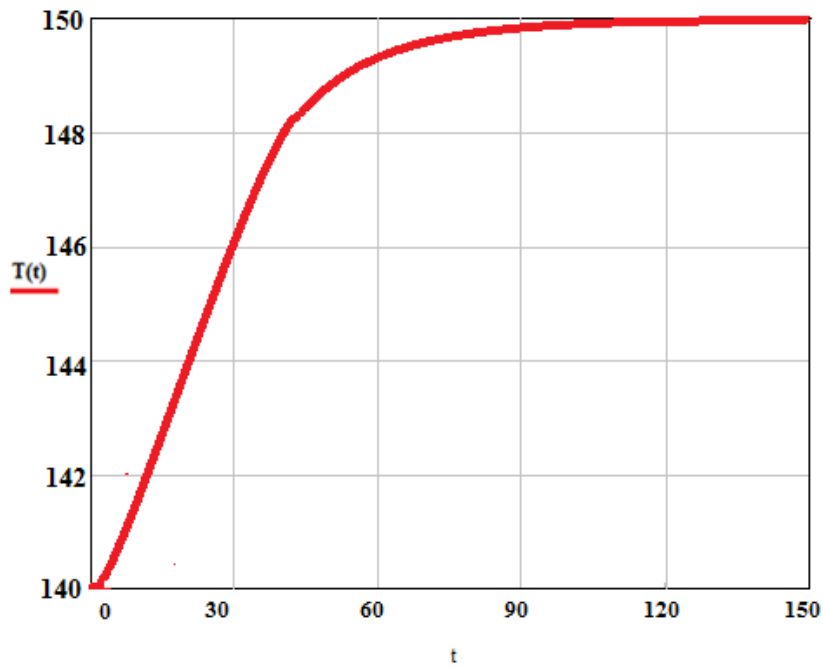


Рисунок 20 – Крива розгону об'єкта управління

5.2 Отримання передавальної функції об'єкта управління

Для початку всі значення вихідної змінної поділимо на значення ($T_{уст} = 1500$).

Крива розгону у нормованому вигляді представлена на рисунку 21:

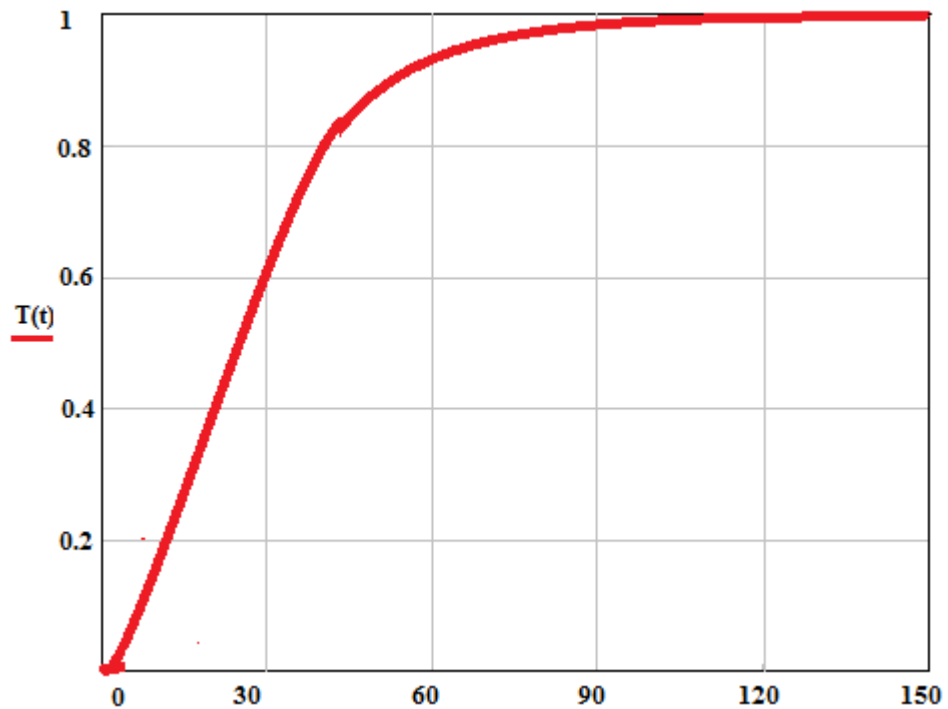


Рисунок 21 – Крива розгону у нормованому вигляді

Для спрощення розрахунків крива розгону унормується, тобто значення вихідної змінної приводяться до діапазону $0 \div 1$, що відповідає одиничному вхідному впливу.

Для визначення передавальної функції використовуватимемо метод Ормансу.

Цей метод дозволяє за нормованою кривою розгону визначити два домінуючі постійні об'єкти управління для моделі виду:

$$W(p) = \frac{Ke^{-\tau p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

Отримання передавальної функції об'єкта управління проводиться у наступній послідовності:

1) З нормованої кривої розгону визначаємо час, що відповідає значенню $h_H=0.7$ і позначаємо його t_7 . З графіка цей час дорівнює 37.12 секунд.

2) Отриманий інтервал ділимо на три частини. Піднімаємо перпендикуляр до кривої розгону та визначаємо величину h_{H4} . З нашого графіка $h_{H4}=0.02$. Усі необхідні побудови показані рисунку 22:

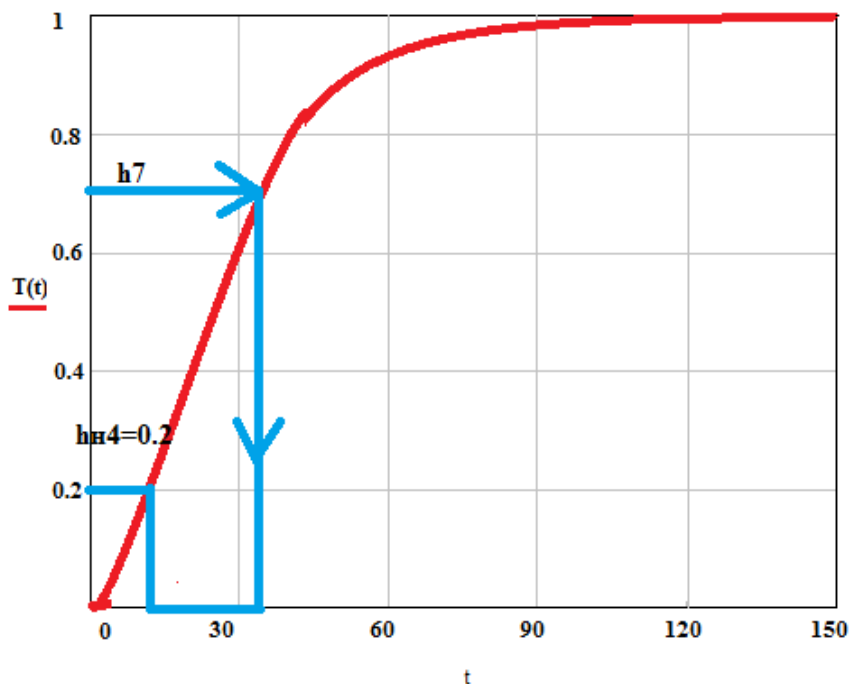


Рисунок 22 – Крива розгону з необхідними побудовами

3) Аналітично доведено зв'язок між точками кривої розгону та параметрами моделі, а саме $t_7 = 1.2 (T_1 + T_2)$.

4) Постійні часу об'єкта управління T_1 і T_2 визначаються за допомогою допоміжної величини Z_2 , для якої використовується номограма:

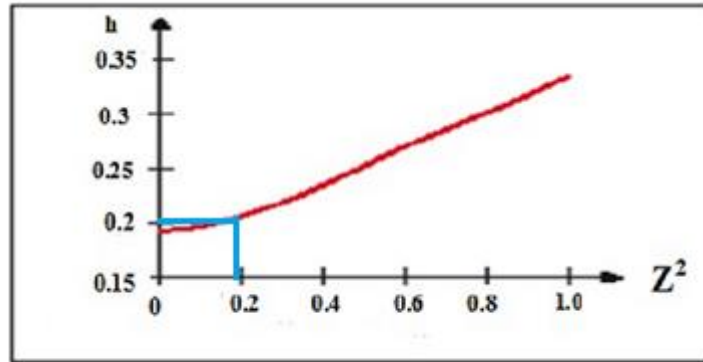


Рисунок 23 - Номограма визначення величини Z_2

5) Постійні часу об'єкта управління T_1 і T_2 визначаються за такими формулами:

$$T_1 = \frac{t_7}{2.4}(1+z) \quad T_2 = \frac{t_7}{2.4}(1-z)$$

$$T_1 = \frac{37.12}{2.4}(1 + 0.436) = 22.21 \text{ с}$$

$$T_2 = \frac{37.12}{2.4}(1 - 0.436) = 8.723 \text{ с}$$

З урахуванням запізнення рівного 4 секунди підсумкова передатна функція набуде вигляду:

$$W(p) = \frac{150 * e^{-4p}}{(22,21p + 1) * (8,723p + 1)}$$

Побудуємо перехідну характеристику отриманої передавальної функції об'єкта управління та порівняємо її з вихідною кривою розгону. Нормовані графіки перехідних характеристик показано на рисунку 24. На графіку крива розгону з експерименту відзначається як $T(t)$, а перехідна характеристика, отримана аналітично – $h(t)$.

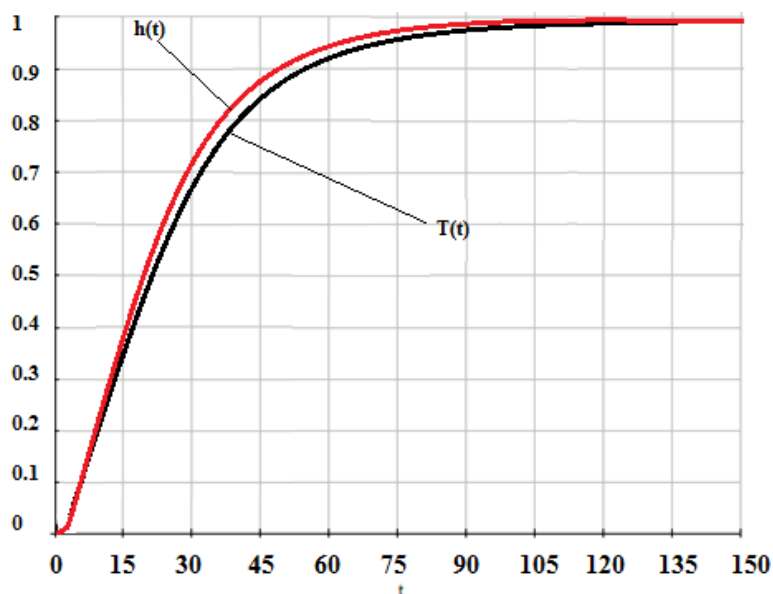


Рисунок 24 – Перехідні характеристики об'єкту

5.3 Перевірка адекватності отриманих кривих розгону

Використовуючи метод Фішера, перевіримо збіжність перехідних характеристик (отриманих аналітично та експериментальним шляхом). Для цього весь інтервал часу ділимо на 10 частин і визначаємо Y_i екс та $Y_{i\text{мод}}$. Ці значення зведені до таблиці 1.

Таблиця 3 - Значення, отримані з перехідних характеристик

$Y_{i\text{екс}}$	0.33	0.66	0.75	0.84	0.92	0.97	0.98	0.985	0.99	1
$Y_{i\text{мод}}$	0.34	0.7	0.77	0.88	0.94	0.98	0.986	0.99	0.995	1
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Визначаємо оцінку дисперсії за формулою:

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{10} (Y_i - \bar{Y})^2$$

Розрахунок виконуємо в математичному пакеті MathCad:

$$Y_1 := 0.33 \quad n := 10$$

$$Y_2 := 0.66$$

$$Y_3 := 0.74$$

$$Y_4 := 0.84$$

$$Y_5 := 0.92$$

$$Y_6 := 0.97$$

$$Y_7 := 0.98$$

$$Y_8 := 0.985$$

$$Y_9 := 0.99$$

$$Y_{10} := 1$$

$$Y_{cp} := \frac{\sum_{i=1}^{10} Y_i}{n} \quad Y_{cp} = 0.841$$

$$s_d := \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{10} (Y_i - Y_{cp})^2 \quad s_1 = 0.046$$

$$Y_{n_1} := 0.34 \quad n := 10$$

$$Y_{n_2} := 0.7$$

$$Y_{n_3} := 0.77$$

$$Y_{n_4} := 0.88$$

$$Y_{n_5} := 0.94$$

$$Y_{n_6} := 0.98$$

$$Y_{n_7} := 0.986$$

$$Y_{n_8} := 0.99$$

$$Y_{n_9} := 0.995$$

$$Y_{n_{10}} := 1$$

Визначення дисперсії за допомогою мат пакета Mathcad

$$Y_{cp2} := \frac{\sum_{i=1}^{10} Y_{n_i}}{n} \quad Y_{cp2} = 0.858$$

$$s_2 := \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{10} (Y_{n_i} - Y_{cp2})^2 \quad s_2 = 0.044$$

Визначаємо критерій із формули:

$$K = \frac{S_{max}}{S_{min}}$$

$$K = \frac{0.046}{0.044} = 1.045$$

По таблиці Фішера знаходимо значення критерію Фішера для $f_1=10$, $f_2=10$. У разі він дорівнює 2.98.

Оскільки отриманий критерій менше ніж критерій Фішера ($1.045 < 2.98$), то відповідно до умови робимо висновок про адекватність отриманої моделі

5.4 Синтез системи керування методом логарифмічних амплітудних характеристик

5.4.1 Побудова асимптотичної ЛАЧХ постійної частини системи $L_n(\omega)$

Для передавальної функції об'єкта управління $W_o(p)$ необхідно побудувати асимптотичну ЛАЧХ.

$$W(p) = \frac{150 * e^{-4p}}{193.5p^2 + 30.93p + 1}$$

Фіксація низькочастотної асимптоти ЛАЧХ проводиться на частоті = 1 Гц на рівні, що визначається з виразу $L_n(=20\lg(k)=20\lg(150)=43.522\text{дБ}$, де k -коефіцієнт посилення незмінної частини розімкненої САУ. ω_1)

Знайдемо сполучні частоти і ранжуємо їх у порядку зростання.

$$\omega_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{193.5} = 0,0051 \text{ c}^{-1}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{30.93} = 0,032 \text{ c}^{-1}$$

Зробимо побудову асимптотичної ЛАЧХ

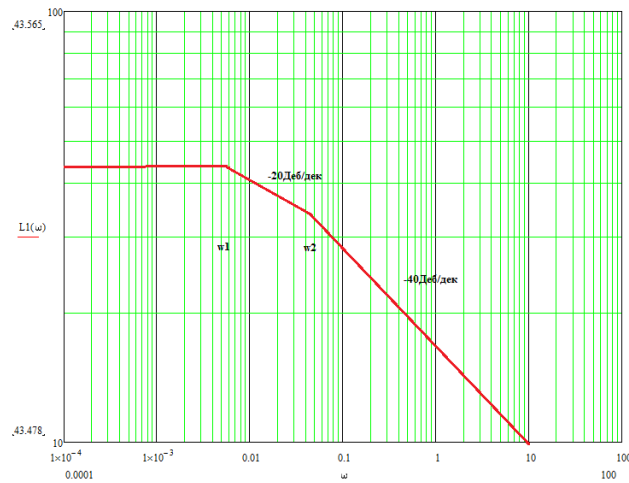


Рисунок 25 - Графік асимптотичної ЛАЧХ незмінної частини системи $L_n(\omega)$

5.4.2 Побудова бажаної ЛАЧХ за В.В. Солодовникову

Будуємо низькочастотну частину бажаної асимптотичної ЛАЧХ.

Нахил та положення низькочастотної асимптоти бажаної ЛАЧХ залежить від вимог до статичної точності проєктованої системи:

а) оскільки за завданням немає додаткової вимоги до статичної точності, то значення низькочастотної асимптоти залишається незмінним

Побудова середньочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ та її поєднання з низькочастотною частиною є важливим етапом, т.к. вони визначають динамічні властивості системи, стійкість, запас стійкості та якість перехідного процесу:

а) Визначення частоти зрізу ω_c бажаної ЛАЧХ

Для визначення мінімально допустимого значення частоти зрізу ω_{cr} ЛАЧХ бажаної системи скористаємося номограмою В.В. Солодовнікова.

За заданим значенням за допомогою кривої номограми визначаємо відповідне значення, за яким за допомогою кривої визначаємо значення для часу регулювання, виражене через частоту зрізу ω_{cr} співвідношенням. З рівняння $\sigma = 20\% \sigma P_{max} P_{max} = 1,4 t_{\pi} (P_{max}) t_{\pi} 3.3\pi / \omega_c t_{\pi} = 3.3\pi / \omega_c$ визначаємо частоту зрізу рисунку 26.

$$\omega_c = \frac{3,3\pi}{t_{\pi}} = 0,009 \text{ c}^{-1}$$

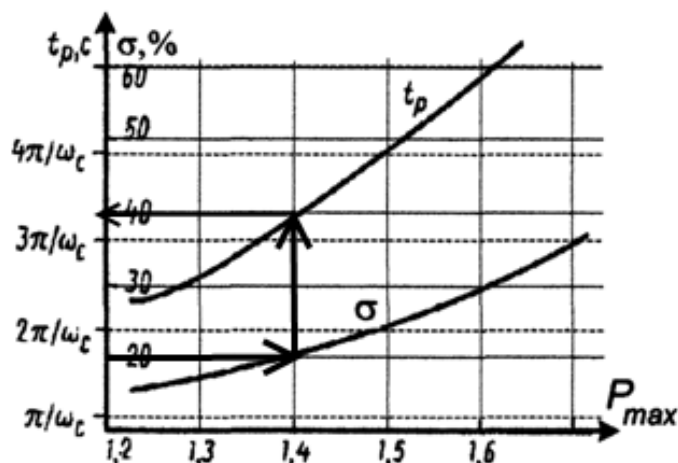


Рисунок 26 Номограма Солодовникова для статичних систем

Вибране значення наносимо на графік w_c .

Будуємо середньочастотну асимптоту. Її проводимо через крапку на осі абсцис з нахилом -20 дБ/дек. Менший нахил важко здійснити, а за більшого w_c нахилі важко забезпечити необхідний запас стійкості.

б) Визначення діапазону частот середньочастотної частини ЛАЧХ

За номограмою за визначеним раніше значенням $P_{max} = 1,4$ знаходимо необхідний запас по фазі та відповідні йому ординати середньочастотної ЛАЧХ.

$$\gamma_{min} = 35^\circ L_\gamma = \pm 11 \text{ Дб}$$

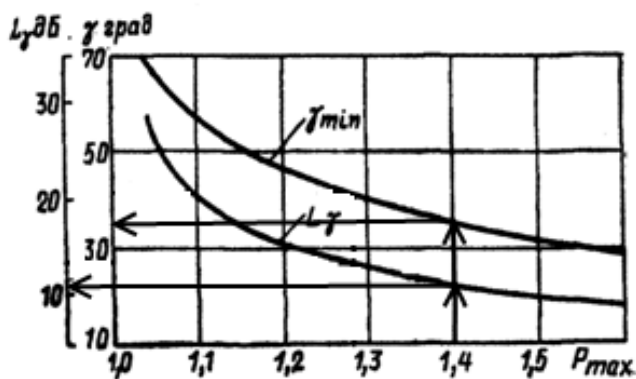


Рисунок 27 -Графік для визначення ординат контрольних точок та необхідного надлишку фази $\pm L_\gamma \gamma_{min}$

Лінії паралельні осі частот, проведені на рівні , дають у точках перетину із середньочастотною асимптотою частоти сполучення середньочастотної асимптоти з низькочастотною $L_\gamma = \pm 11 \text{ Дб} \omega_1 = 0.002 \text{ с}^{-1}$ та високочастотної $\omega_2 = 0.025 \text{ с}^{-1}$.

с) сполучення низькочастотної та середньочастотної бажаної ЛАЧХ зробимо в точці ω_1 .

Побудова високочастотної частини та поєднання її з середньочастотною асимптотою.

Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ виконується таким чином, щоб вид бажаної ЛАЧХ у цій галузі менше відрізнявся від виду незмінної ЛАЧХ.

Високочастотну частину сполучаємо у точці $\omega_2=0.025\text{с}^{-1}$, якою проводимо асимптоту з нахилом $+20\text{Дб/дек}$.

Побудована таким чином бажана ЛАЧХ розімкнутої системи управління $L_{\text{ж}}(\omega)$ представлена на рисунку 28.

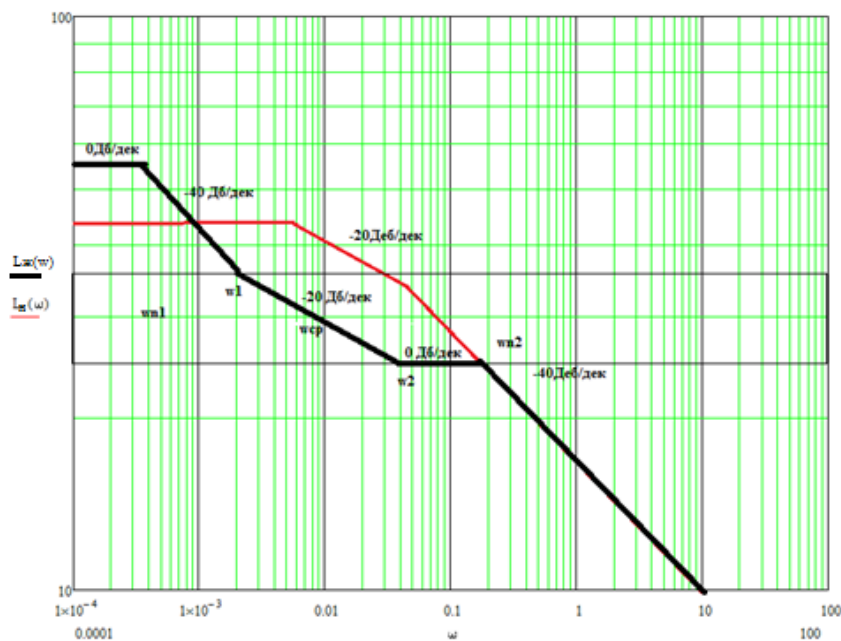


Рисунок 28 - Асимптотична ЛАЧХ незмінної частини системи та бажана асимптотична ЛАЧХ $L_{\text{ж}}(\omega)$

5.5 Отримання передавальної функції розімкнутого ланцюга бажаної системи

Для отримання передавальної функції розімкнутого ланцюга бажаної системи $W_{\text{ж}}(s)$ на вигляд асимптотичної ЛАЧХ $L_{\text{ж}}(s)$ застосуємо методику, яка впливає з методики побудови асимптотичної ЛАЧХ на вигляд передавальної функції:

1) Визначаємо сполучні частоти побудованої бажаної ЛАЧХ $L_{\text{ж}}(s)$ і розташовуємо їх у порядку зростання:

$$\omega_{H1}=0.0004\text{с}^{-1}, \omega_1=0.002\text{с}^{-1}, \omega_2=0.04\text{с}^{-1}, \omega_{H2}=0,2\text{с}^{-1}$$

2) Визначаємо порядок астатизму бажаної ЛАЧХ за першим нахилом низькочастотної асимптоти, т.к. перший нахил 0 Дб/сек, то ця система буде статична.

3) Знаходимо вирази для співмножників чисельника та знаменника передавальної функції розімкнутої системи, послідовно аналізуючи поведінку асимптотичної ЛАЧХ:

- після частоти сполучення (праворуч) нахил асимптоти збільшується на 40 Дб/дек, що відповідає наявності у знаменнику співмножника $\omega_{H1} = 0,0004 \text{ с}^{-1} \frac{1}{\omega_3} s + 1 = \frac{1}{0,0004} s + 1 = (2500s + 1)^2$;

- після частоти сполучення нахил асимптоти зменшується на 20 Дб/дек, що відповідає наявності в чисельнику співмножника $\omega_1 = 0,002 \text{ с}^{-1}$

$$\frac{1}{\omega_a} s + 1 = \frac{1}{0,002} s + 1 = (500s + 1);$$

- після частоти сполучення нахил асимптоти зменшується на 20 Дб/дек, що відповідає наявності в чисельнику співмножника $\omega_2 = 0,04 \text{ с}^{-1} \frac{1}{\omega_b} s + 1 = \frac{1}{0,04} s + 1 = 25s + 1$;

- після частоти сполучення нахил асимптоти збільшується на 20 Дб/дек, що відповідає наявності в знаменнику співмножника $\omega_{H2} = 0,2 \text{ с}^{-1}$

$$\frac{1}{\omega_a} s + 1 = \frac{1}{0,2} s + 1 = 5s + 1;$$

В силу незмінності низькочастотної ділянки бажаної ЛАЧХ порядок астатизму та коефіцієнт посилення розімкнутої системи після корекції не змінюються і становлять: $\nu = 1$ и $k = 39.913$.

Таким чином, передатна функція бажаної розімкнутої системи матиме вигляд:

$$W_{\text{ж}}(s) = \frac{150(500s + 1)(25s + 1)}{(2500s + 1)^2(5s + 1)}$$

5.6 Аналіз якості перехідних процесів

Для отримання перехідної характеристики скористаємося математичним пакетом MathCad:

$$W1(s) := \frac{150(500s + 1) \cdot (25s + 1)}{(500s + 1)^2 \cdot (5s + 1)}$$

$$Wzam(s) := \frac{W1(s)}{1 + W1(s)}$$

$$\frac{Wzam(s)}{s} \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace} \\ \text{float, 3} \rightarrow -0.582 \cdot e^{-0.067 \cdot t} + -0.42 \cdot e^{-0.0363 \cdot t} + 0.0212 \cdot e^{-0.0351 \cdot t} + 0.998 \\ \text{simplify} \end{array} \right.$$

$$h(t) := -0.582 \cdot e^{-0.067 \cdot t} + -0.42 \cdot e^{-0.0363 \cdot t} + 0.0212 \cdot e^{-0.0351 \cdot t} + 0.998$$

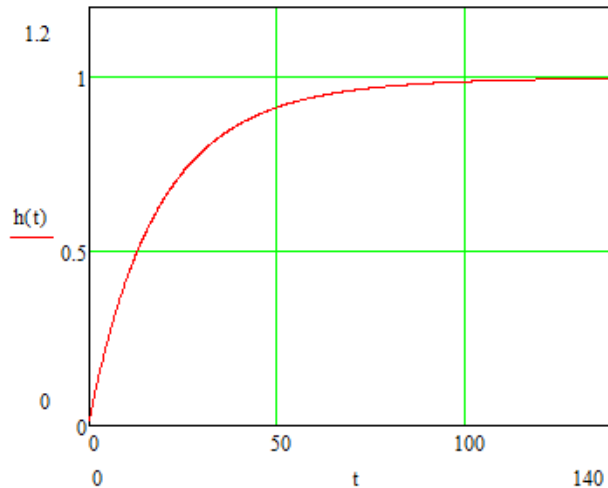


Рисунок 29 – Графік перехідної характеристики бажаної системи

Аналізуючи перехідний процес, отримаємо такі показники якості:

- Час перехідного процесу $t_p=140$ сек
- Перерегулювання $=0\%$

Дані показники якості цілком влаштовують умовам, викладеним у завданні.

5.7 Розрахунок коригувального пристрою

Коригуючий пристрій визначимо шляхом поділу передавальної функції бажаної $W_{ж}(s)$ системи на незмінну систему $W_n(s)$.

$$W1(s) := \frac{150 \cdot (500 \cdot s + 1) \cdot (25 \cdot s + 1)}{(2500 \cdot s + 1)^2 \cdot (5 \cdot s + 1)}$$

$$W2nach(s) := \frac{150 \cdot e^{-4s}}{(22.21s + 1) \cdot (8.723s + 1)}$$

$$Wk(s) := \frac{W1(s)}{W2nach(s)}$$

$$Wk(s) \text{ float, 1} \rightarrow \frac{0.007 \cdot e^{4.0 \cdot s} \cdot (22.0 \cdot s + 1.0) \cdot (25.0 \cdot s + 1.0) \cdot (9.0 \cdot s + 1.0) \cdot (75000.0 \cdot s + 150.0)}{(2500.0 \cdot s + 1.0)^2 \cdot (5.0 \cdot s + 1.0)}$$

Оскільки система управління буде реалізована через мікроконтролер, то доцільно знайти різницеве рівняння корекції.

Завдання переобладнання полягає в тому, щоб замінити безперервний регулятор, що забезпечує системі всі суттєві безперервної системи, цифровим за періодів квантування: $T_0=0.001$ с, який відповідає постійному часу об'єкта.

Знайдемо дискретну передатну функцію для синтезованого регулятора:

$$W1 = \frac{0.007 \cdot e^{4.0 \cdot s} \cdot (22.0 \cdot s + 1.0) \cdot (25.0 \cdot s + 1.0) \cdot (9.0 \cdot s + 1.0) \cdot (75000.0 \cdot s + 150.0)}{(2500.0 \cdot s + 1.0)^2 \cdot (5.0 \cdot s + 1.0)}$$

Знаходимо дискретну передатну функцію регулятора з допомогою перетворення Ейлера, заміною $s = \frac{z-1}{T_0}$, де T_0 – період квантування, з.

Отримуємо:

$$T_0 := 0.001$$

$$\frac{0.007 \cdot e^{4.0 \cdot s} \cdot (22.0 \cdot s + 1.0) \cdot (25.0 \cdot s + 1.0) \cdot (9.0 \cdot s + 1.0) \cdot (75000.0 \cdot s + 150.0)}{(2500.0 \cdot s + 1.0)^2 \cdot (5.0 \cdot s + 1.0)} \left| \begin{array}{l} \text{substitute, } s = \frac{z-1}{T_0} \\ \text{float, 3} \end{array} \right. \rightarrow$$

$$W(z)_z = \frac{0.845z^2 + 0.57z + 24}{3z^3 + z^2 + 2z + 1}$$

При $T_0=0.001$ с.

5.8 Моделювання системи управління в математичному пакеті MatLab

Засобами пакета MatLab було зібрано аналогову схему системи управління, що показано рисунку 30.

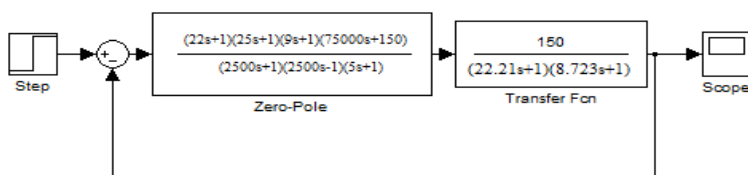


Рисунок 30 – Модель системи управління

В результаті моделювання було отримано перехідну характеристику, яка показана на рисунку 31.

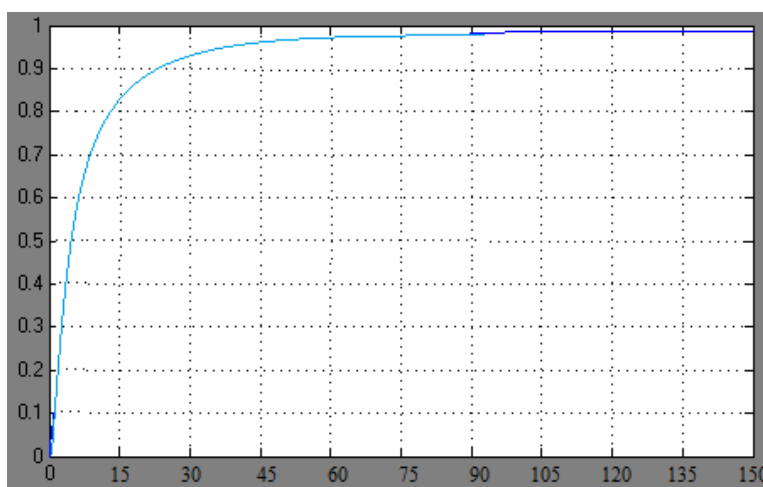


Рисунок 31 – Перехідна характеристика системи керування

Аналізуючи перехідний процес, отримаємо такі показники якості:

- Час перехідного процесу $t_p=150$ сек
- Перерегулювання $=0\%$

Дані показники якості цілком влаштовують умовам, викладеним у завданні.

Засобами пакета MatLab було зібрано цифрову схему системи управління.

Перехідна характеристика наведено рисунку 32.

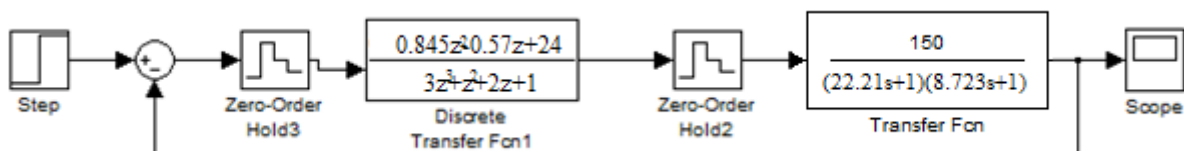


Рисунок 32 - Модель цифрової системи керування

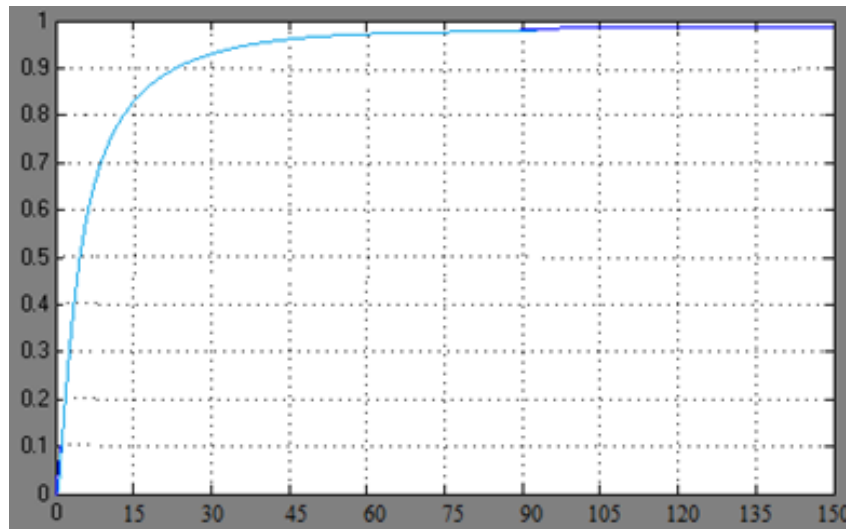


Рисунок 33 - Перехідна характеристика системи керування

Аналізуючи перехідний процес, отримаємо такі показники якості:

- Час перехідного процесу $t_p=150$ сек
- Перерегулювання $=0.5\%$

Дані показники якості цілком влаштовують умовам, викладеним у завданні.

З урахуванням того, що частота зрізу бажаної ЛАЧХ має значення менше 0,1 Гц, можна зробити висновок, що система працює досить повільно і в жодних додаткових пристроях на зразок фільтра система не потребує.

6. ОПИС АЛГОРИТМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ

Алгоритм роботи мікропроцесорної системи автоматизованого управління виробництвом ацетальдегіду можна описати наступним чином:

1. Запуск системи та ініціалізація датчиків: Після запуску системи мікропроцесор починає ініціалізувати датчики тиску, температури та рівня реакційної суміші.

2. Заповнення реактора: за допомогою насосів, реактор заповнюється необхідною кількістю реагентів та каталізатора.

3. Запуск реакції: після заповнення реактора необхідно запуснути реакцію. Для цього мікропроцесор регулює вхідний потік реагентів та каталізатора відповідно до зазначеного режиму.

4. Регулювання температури: в процесі реакції виникає значна кількість тепла, що може призвести до перегріву реактора. Мікропроцесор контролює температуру реакційної суміші та регулює потік охолоджуючого середовища, щоб забезпечити стабільну температуру реактора.

5. Контроль якості: в процесі реакції, система контролює рівень вмісту ацетальдегіду та інших сполучень, щоб забезпечити відповідну якість продукту.

6. Зупинка реакції та вивід продукту: після завершення реакції, мікропроцесор зупиняє подачу реагентів та каталізатора. Продукт виводиться з реактора за допомогою насосів.

7. Очищення реактора: після виводу продукту, система проводить процедуру очищення реактора від залишків реагентів та каталізатора.

8. Завершення роботи системи: після очищення реактора система переходить в режим очікування на наступний цикл виробництва або в режим вимкнення.

Цей алгоритм описує загальний процес автоматизованого управління виробництвом ацетальдегіду. При цьому мікропроцесорна система регулює багато

параметрів, які можуть впливати на якість та кількість продукту, забезпечуючи максимальну ефективність та автоматизацію виробництва. Схематично його зображено на рисунку 34.



Рисунок 34 – Загальний алгоритм роботи системи.

Опишемо роботу системи регулювання температури як основного контуру, що впливає на якість готової продукції.

Алгоритм роботи мікропроцесорної системи регулювання температури в гітрататорі під час виробництва ацетилену може бути наступним:

1. Запуск МПС: МПС запускається, коли починається процес виробництва ацетилену в гітрататорі.

2. Зчитування даних: Датчики температури зчитують дані про поточну температуру в гітрататорі та відправляють їх до регулятора температури.

3. Обробка даних: Регулятор температури обробляє отримані дані та порівнює їх з заданою температурою або діапазоном температур, в якому повинен знаходитись гітрататор. Якщо температура нижче заданого діапазону, регулятор відправляє сигнал підсилювачу.

4. Підсилювання сигналу: Підсилювач забезпечує передачу сигналу від регулятора температури до елементів керування.

5. Регулювання температури: Елементи керування регулюють потік охолоджуючого середовища в гітрататорі, щоб забезпечити необхідну температуру. Якщо температура в гітрататорі вище заданого діапазону, елементи керування можуть зменшити потік охолоджуючого середовища, щоб знизити температуру. Якщо температура нижче заданого діапазону, елементи керування можуть збільшити потік охолоджуючого середовища, щоб збільшити температуру.

6. Моніторинг температури: МПС продовжує моніторити температуру в гітрататорі та відправляє сигнали до регулятора температури та елементів керування, якщо потрібні корекції.

7. Завершення роботи: МПС завершує свою роботу, коли процес виробництва ацетилену у гітрататорі закінчується.

Цей алгоритм є прикладом того, як мікропроцесорна система може бути використані для автоматизації процесу виробництва хімічних речовин, таких як ацетилен. Для досягнення максимальної ефективності та безпеки виробництва,

автоматизація технологічних процесів є дуже важливим етапом. Блок-схема алгоритму на рисунку 35.

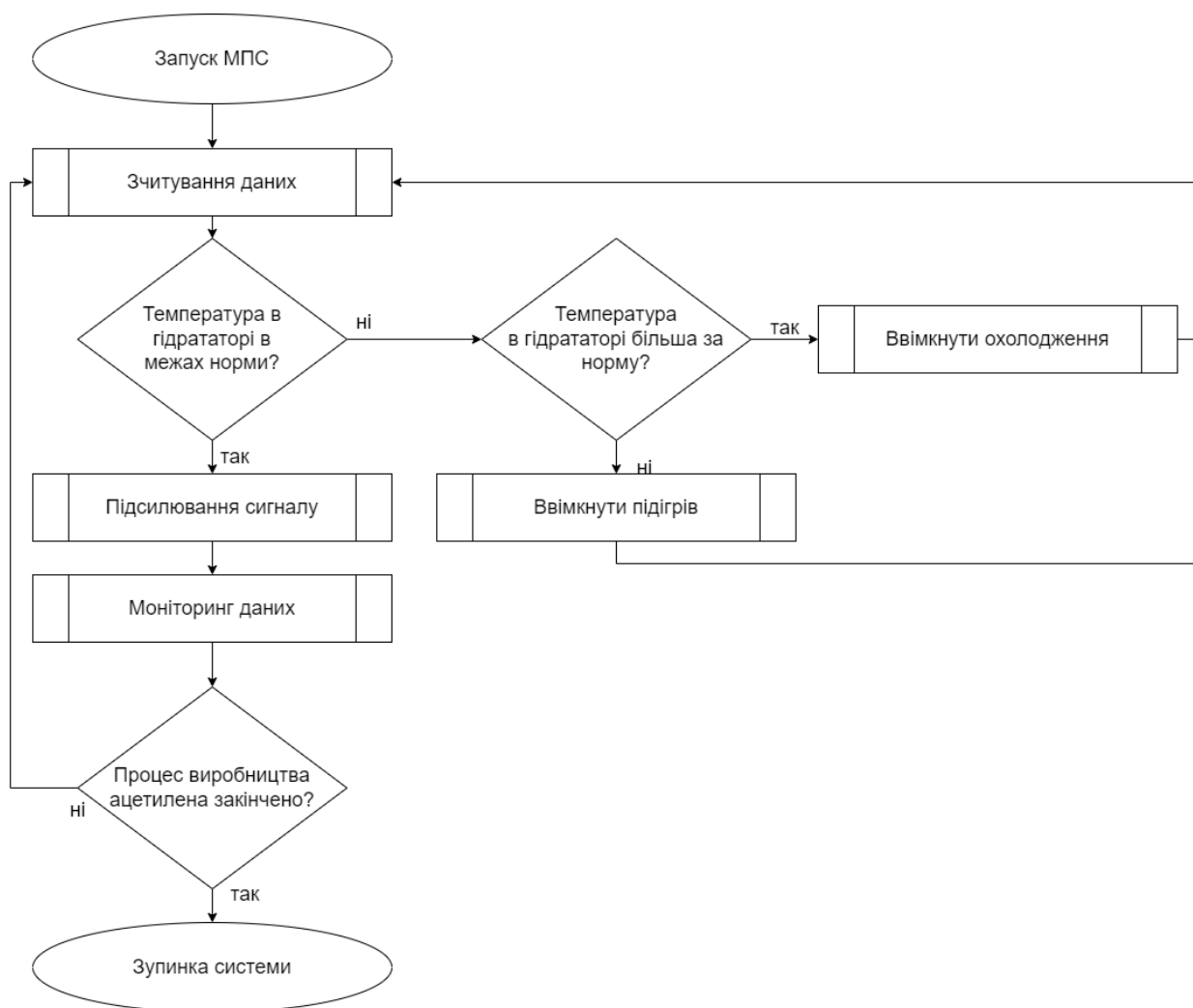


Рисунок 35 – Блок схема алгоритму мікропроцесорної системи регулювання температури в гідрататорі під час виробництва ацетилена.

Мікропроцесорна система дозволяє забезпечити стабільну температуру в гідрататорі, що є важливим фактором для успішного виробництва ацетилена. Без мікропроцесорної системи, операторам довелося б ручно регулювати температуру, що може бути непрактичним та небезпечним.

Окрім цього, мікропроцесорна система дозволяє контролювати процес виробництва ацетилена та вживати невідкладні заходи в разі виникнення проблем. Наприклад, якщо температура в гідрататорі занадто висока, мікропроцесорна система може автоматично зменшити потік охолоджуючого середовища, щоб знизити температуру та уникнути аварії.

Узагалі, мікропроцесорна система дозволяє підвищити продуктивність та ефективність виробництва, зменшити кількість відходів та збільшити безпеку промислового виробництва.

7. РОЗРОБКА АСУТП ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) - це система, яка забезпечує збір, моніторинг, контроль та аналіз даних процесів у великих промислових об'єктах, таких як нафтогазові, хімічні, енергетичні та інші комплексні виробництва [9].

SCADA-системи складаються з комп'ютера або сервера, який отримує та обробляє дані від сенсорів та пристроїв, що контролюють процеси виробництва, а також з програмного забезпечення, яке дозволяє відстежувати стан системи, налаштовувати її параметри та взаємодіяти з пристроями.

Автоматизоване робоче місце в SCADA-системі забезпечує можливість взаємодії оператора зі всіма компонентами системи та відстеженням стану виробництва в режимі реального часу. Оператор може отримувати інформацію про параметри виробництва, такі як температура, тиск, рівні реагентів, та контролювати роботу пристроїв та обладнання за допомогою графічного інтерфейсу користувача.

SCADA-система також може мати функцію автоматичного контролю та регулювання параметрів виробництва, що дозволяє оптимізувати процес та забезпечувати максимальну ефективність.

Крім того, SCADA-система може мати функцію збору даних про виробництво та аналізу їх, що дозволяє забезпечити моніторинг та управління виробництвом на основі отриманих даних.

Узагальнюючи, SCADA-система забезпечує комплексний підхід до автоматизації та контролю виробництва, що дозволяє забезпечити оптимальні умови для виробництва, ефективно, не витрачаючи зайвих ресурсів та знижуючи ризик виникнення аварійних ситуацій.

До складу SCADA-систем можуть входити такі компоненти:

- Датчики та прилади, що забезпечують збір даних про параметри виробництва

- PLC (Programmable Logic Controller) - програмовані логічні контролери, які забезпечують автоматичне управління пристроями та процесами виробництва
- Комп'ютер або сервер, який збирає, обробляє та відображає дані від датчиків та PLC
- SCADA-програмне забезпечення, яке забезпечує відображення та аналіз даних в режимі реального часу, можливість взаємодії з пристроями та налаштування параметрів виробництва.

Оператор SCADA-системи має доступ до інформації про стан обладнання та процесів виробництва, а також може відстежувати зміни параметрів виробництва та реагувати на них вчасно. Завдяки цьому оператор може здійснювати контроль за виробництвом та приймати рішення щодо оптимізації процесів та виробництва.

Крім того, SCADA-система може мати можливість відображення графіків, діаграм, аналітики та статистики, що дозволяє оператору отримати детальнішу інформацію про процеси виробництва та забезпечити якість продукції на відповідному рівні.

Отже, SCADA-система є важливим компонентом автоматизованого виробництва, який дозволяє забезпечити контроль та оптимізацію процесів виробництва, а також забезпечує взаємодію оператора з системою в режимі реального часу.

На рисунку 36 зображена мнемосхема технологічного процесу виробництва ацетальдегіду.

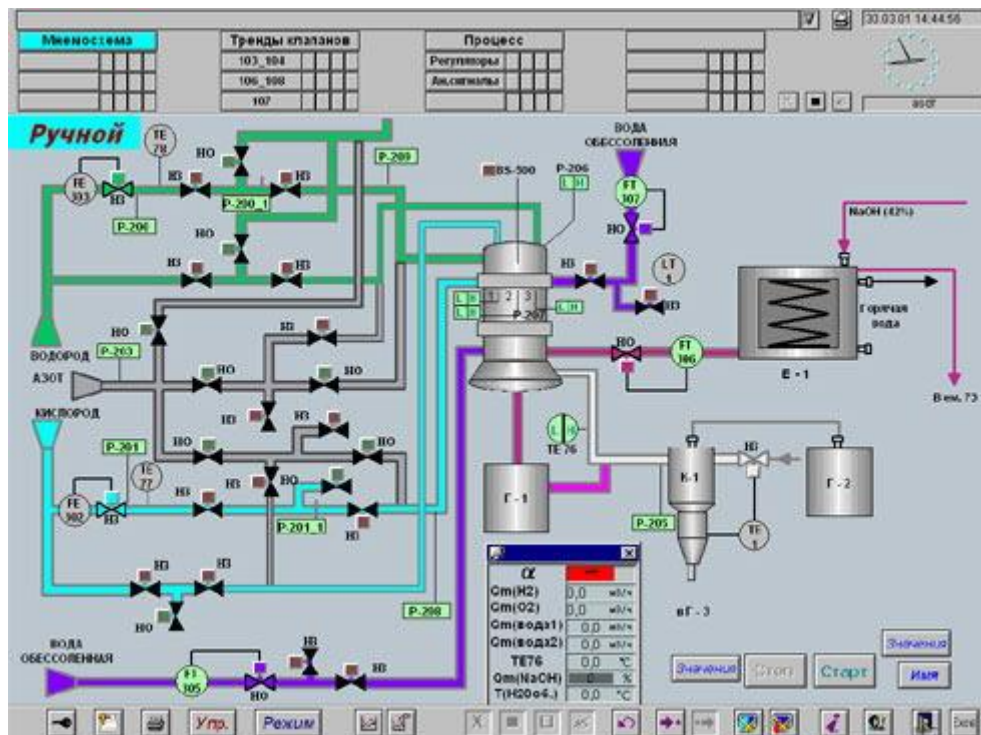


Рисунок 36 - мнемосхема технологічного процесу виробництва ацетальдегіду.

7.1 Функції системи.

Система управління технологічним процесом виробництва ацетальдегіду забезпечує виконання наступних функцій:

- проведення підготовчих операцій перед пуском установки з індикацією виконуваних на установці робіт та зміною вихідних параметрів;
- за необхідності – формування протоколу підготовчих операцій;
- проведення передпускових операцій із формуванням сигналу «Готовність до пуску» та формування передпускового протоколу;
- виконання циклограми запуску парогенераторів та установки загалом, виведення установки на номінальний режим;
- автоматичне керування установкою на номінальному режимі;
- виконання циклограми зупинки парогенераторів та установки в цілому;
- проведення завершальних операцій з індикацією їх виконання та формуванням протоколу робіт після зупинки;
- контроль аварійних ситуацій та реалізація алгоритмів ПАЗ на всіх етапах роботи установки (пуск, підготовка, зупинка);

АРМ оператора технолога: ручний та автоматичний режим роботи.

Виконання перерахованих функцій забезпечується програмним забезпеченням системи управління, закладеним у контролери управління. Структурна схема є дворівневою системою управління. На нижньому рівні вирішуються завдання контролю та реєстрації параметрів, автоматичного регулювання технологічного процесу, сигналізація порушень на мнемосхемі та протиаварійний захист процесу при відхиленні параметрів за допустимі межі. На верхньому рівні вирішуються завдання візуальної інформації та формування різного типу документації, що характеризує технологічний процес, навіщо цьому рівні організуються робочі місця оператора-технолога і начальника зміни.

Архітектуру керуючої системи зображено на рисунку 37:

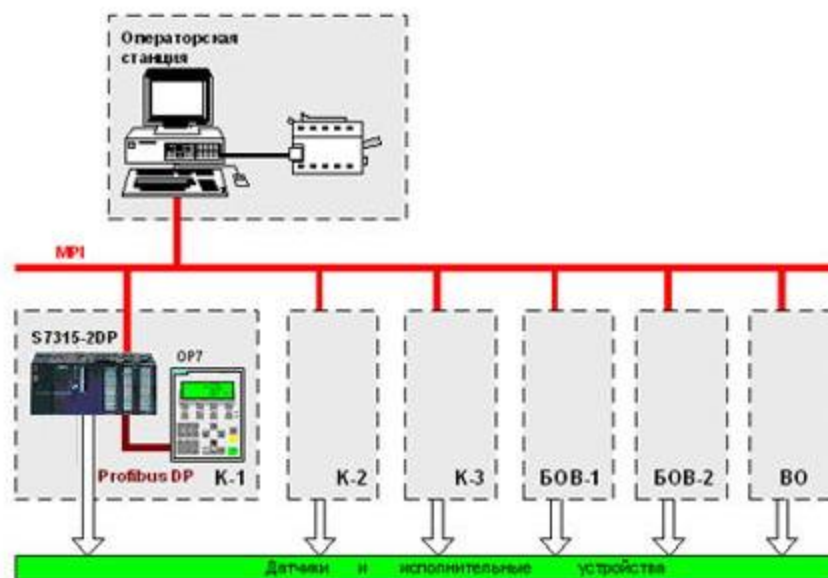


Рисунок 37 – Архітектура керуючої системи

7.2 Структура системи.

Система складається з двох цільових підсистем:

- інформаційно-керуючої (АСУ ТП);
- протиаварійного захисту (ПАЗ)

Інформаційно-керуюча підсистема (АСУ ТП) забезпечує:

- централізований контроль за станом об'єкта;
- сигналізацію відхилення параметрів від норми;
- регулювання параметрів процесу;

- формування журналу технологічних та аварійних
- повідомлень;
- формування звітних документів про зміну
- параметрів технологічної установки

Підсистема протиаварійного захисту забезпечує:

- захист технологічного обладнання та персоналу в аварійних ситуаціях;
- сигналізацію спрацьовування підсистеми захисту;
- фіксування порядку спрацьовування системи захисту;
- можливість ручного ініціювання спрацьовування системи захисту.

Операторську станцію реалізовано на SCADA-системі CoDeSys. На середньому рівні використовують програмовано логічні контролери ОВЕН з пристроями введення-виведення. Оскільки компресорна складається з кількох закінчених функціональних частин, використовуються окремий контролер на кожен компресор, осушувачі повітря та допоміжне обладнання. Для резервування управління застосовуються операторні, підключені безпосередньо до контролерів, здійснення місцевого управління встановлюються за місцем.

Ця система дозволяє:

- керувати двигунами у ручному режимі;
- керувати двигунами в автоматичному режимі;
- автоматично підтримувати температуру у гідрататорі;
- відображати та архівувати основні технологічні параметри;
- сигналізувати за аварійними та попереджувальними уставками;
- архівувати повідомлення системи;
- формувати різноманітні звіти щодо роботи;
- діагностувати роботу обладнання;
- вести облік витрати повітря за споживачами.

ВИСНОВОК

В даній бакалаврській роботі було розглянуто та вирішено питання, які пов'язані з розробкою системи управління процесу виготовлення ацетальдегіду.

Було проаналізовано відповідний технологічний процес та технологічну схему, задіяне обладнання та устаткування. Спираюсь на проведений аналіз, були виокремлені вирішальні параметри процесу виробництва ацетальдегіду, наведено їх номінальні значення.

Спроектовано креслення: функціональна схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, принципова електрична схема. Підібрані необхідні первинні перетворювачі, виконавчі механізми та регулюючі органи.

В розрахунковій частині роботи досліджено об'єкт управління, систему автоматизації та розраховано необхідні параметри регулювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. "Автоматизовані системи управління машинами і виробництвом" / Яремко Р.О., Лихота Ю.О., Кушнір О.В. та ін. // Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2021.
2. "Автоматизація системи управління технологічним процесом виробництва" / Мельник О.В., Кочерга О.В., Макаренко В.В. та ін. // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. - 2020. - № 2 (95). - С. 78-84.
3. "Автоматизація процесу виробництва ацетальдегіду" / Лисенко М.В., Гордієнко О.В., Макаренко І.В. // Вісник НТУ "ХПІ". - 2013. - № 47 (1036). - С. 127-132.
4. "Моделювання та оптимізація процесу виготовлення ацетальдегіду" / Грек І.А., Макаров О.В., Белов Д.В. // Електронні інформаційні системи. - 2017. - Т. 20, № 1. - С. 10-18.
5. "Оптимізація процесу виробництва ацетальдегіду з використанням автоматизованої системи управління" / Швець С.І., Швець А.В., Марущак Ю.В. та ін. // Електронні інформаційні системи. - 2019. - Т. 22, № 1. - С. 12-19.
6. "Каталог технічних засобів автоматизації від провідних виробників" / Компанія "Атом". - <https://atom.ua/ua/products/catalog/automation-equipment>
7. Каталог обладнання ОВЕН для автоматизації виробництва" - <https://www.owen.ua/catalog/>
8. "Розробка програмного забезпечення для автоматизованої системи управління моніторингом рівня палива в резервуарах" / Макаренко Ю.І., Гусак О.І., Кіндрачук І.В. та ін. // Системні технології, 2020. - № 4. - С. 104-113.
9. "Автоматизовані системи управління та моніторингу технологічних процесів" / Красновський І.М., Гавриш В.М., Глушко О.І. та ін. // Збірник наукових праць "Електромеханічні та енергозберігаючі системи". - 2018. - Вип. 1 (35). - С. 51-57.