

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

РЯБЧЕНКО Дмитро Володимирович

**ВДОСКОНАЛЕНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ВИРОБНИЦТВОМ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГІДНОЇ СМОЛИ / IMPROVED
AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF PHENOL-FORMALDEHYDE
RESIN PRODUCTION**

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Випускна кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТм-21
Д. В. Рябченко

Науковий керівник:
к.т.н., доцент А. І. Сегін

Випускну кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:
" ____ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри СКС
_____ А.І.Сегін

Тернопіль 2022

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "магістр"
спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ:

зав. кафедри СКС

_____ А. І. Сегін

26 жовтня 2021р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
РЯБЧЕНКУ Дмитро Володимирович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Вдосконалена система автоматичного управління виробництвом фенолформальдегідної смоли / Improved automatic control system of phenol-formaldehyde resin production

керівник роботи к.т.н., доцент Сегін А. І.

затверджено наказом по університету від "31" грудня 2021 р. № 606

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи

16 листопада 2022р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Параметри технологічного процесу виробництва алюмінієвого профілю.
2. Сучасні технічні та програмні засоби автоматизації
3. Вимоги до системи автоматичного управління процесом виробництва
4. Вимоги до параметрів автоматичного регулювання

4. Основні питання, які потрібно розробити

1. Розробити структуру та математичну модель системи автоматичного управління печі нагріву заготовок.
2. Здійснити математичне та програмне моделювання для підтвердження характеристик системи автоматичного регулювання температурного режиму.
3. Підібрати відповідний регулятор та розрахувати його параметри налаштування.
4. Проаналізувати та використати логіко-статистичні інформаційні моделі для вдосконалення системи автоматичного управління виробництвом алюмінієвих профілів.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Структурна схема системи автоматизованого управління виробництвом фенолформальдегідної смоли.

2. Блок-схеми алгоритмів роботи мікроконтролера управління завантаженням фенолу і формаліну.

6. Дата видачі завдання 26 жовтня 2021р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Використання та технологічний процес виробництва смоли БР-3 та аналіз шляхів вдосконалення системи автоматичного управління виробництвом	26.10.2021р. – 3.03.2022р.	виконано
2	Вимоги до системи автоматизації технологічного процесу та її апаратна і програмна реалізація	4.03.2022р. – 28.05.2022р.	виконано
3	Побудова функціональної схеми, ЛСІМ 1 та розрахунок параметрів автоматичної системи контролю та регулювання температури	29.05.2022р. – 25.10.2020р.	виконано
4	Остаточне оформлення та подача кваліфікаційної роботи на перевірку щодо плагіату	25.10.2022р. – 10.11.2022	виконано

Студент

(підпис)

Рябченко Д. В.

Керівник роботи

(підпис)

Сегін А. І.

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 57 сторінках та містить 21 рисуноків, 5 таблиці, 30 джерел за переліком посилань.

Мета кваліфікаційної роботи. У даній кваліфікаційній роботі запропоновано вдосконалення системи автоматичного управління (САУ) процесом виробництва формальдегідної смоли, шляхом організації САУ як цілісної структури, заміни на підприємстві морально застарілого обладнання, введенням логіко-статистичної інформаційної моделі, розрахунком параметрів та налаштуванням автоматичного регулятора температури, вдосконаленням програмного забезпечення та введенням SCADA-системи та її налаштування.

Результати роботи. Модернізація системи автоматизованого управління технологічним процесом виробництва формальдегідної смоли пришвидшила та покращила налаштування параметрів технологічного процесу і управління ним, що дозволило скоротити матеріальні і фінансові затрати, підвищити продуктивність виробництва, подовжити строк служби обладнання, зменшити кількість аварійних ситуацій та бракованої продукції.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Розроблена система автоматизованого управління може використовуватись для інших підприємств, що виробляють будівельні матеріали. А також використання ЛСІМ може бути впроваджено для контролю інших важливих параметрів на даному та інших виробництвах.

Ключові слова: СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ, ПЕРЕДАВАЛЬНА ФУНКЦІЯ, ЛОГІКО-СТАТИСТИЧНА ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ФОРМАЛЬДЕГІДНА СМОЛА

ABSTRACT

The work is executed on 57 pages and contains 21 figures, 5 tables, 30 sources according to the list of references.

The purpose of the qualification work. In this qualification work, it is proposed to improve the automatic control system (ACS) of the formaldehyde resin production process, by organizing the automatic control system as a whole structure, replacing morally obsolete equipment at the enterprise, introducing a logical-statistical information model, calculating parameters and setting the automatic temperature controller, improving the software and introduction of the SCADA system and its configuration.

Research results. Modernization of the automated management system of the technological process of formaldehyde resin production has accelerated and improved the setting of technological process parameters and its management, which made it possible to reduce material and financial costs, increase production productivity, extend the service life of equipment, and reduce the number of emergency situations and defective products.

Recommendations for the use of work results. The developed automated management system can be used for other enterprises that produce building materials. And also the use of LSIM can be implemented to control other important parameters at this and other productions.

Keywords: AUTOMATED CONTROL SYSTEM, TRANSFER FUNCTION, LOGIC-STATIC INFORMATION MODEL, FORMALDEHYDE RESIN.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ВИКОРИСТАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА СМОЛИ БР-3 ТА АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ	9
1.1 Використання та технологічний процес виробництва формальдегідної смоли	9
1.2 Аналіз технологічного процесу виробництва смоли як об'єкта управління.....	15
1.3 Аналіз процесу пресування алюмінієвих профілів як об'єкту управління.....	18
2 ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ЇЇ АПАРАТНА І ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	22
2.1 Вимоги до системи автоматизованого управління виробництва фенолформальдегідої смоли.....	22
2.2 Архітектура та технічне обладнання системи автоматизованого управління виробництва фенолформальдегідої смоли.....	25
2.3 Програмне управління процесом виробництва.....	31
3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА	36
3.1. Розрахунок передавальної функції теплообмінника.....	36
3.2 Параметрична оптимізація контура регулювання тиску в апараті повітровидалення	41
3.1 Побудова логіко-статистичної інформаційної моделі для контролю робочої температури в реакторі в заданому діапазоні.....	45
ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51
ДОДАТКИ	54

ВСТУП

Актуальність теми. Фенолоформальдегідні смоли – синтетичні маси з групи феноло-альдегідних смол, що мають властивості терморектопластів. Їх використання є надзвичайно широко розповсюджене. За участі даного продукту отримують найрізноманітніші вироби загального та спеціального призначення: гальмівні колодки для поїздів, деталі для машин, ескалаторів метро; абразивні інструменти; вилки, плати, розетки, лічильники, двигуни, клеми і іншу електропродукцію; корпуси телефонів, фотоапаратів; радіопродукцію, в тому числі конденсатори; військову техніку і зброю; елементи кухонної техніки, що не нагріваються посуду; текстоліт і гетинакс – матеріали для подальшої переробки; біжутерію, галантерею, сувеніри; шари для більярду. Такі смоли є складниками для виготовлення клеїв і лаків, в тому числі клею марки БФ. Вона використовується для створення герметиків як структурно-зв'язуюча речовина, при виробництві фанери, ДСП. З формальдегідної смоли роблять заливки і пропитки для тканин та інших матеріалів.

Виробництво фенолформальдегідних смол є досить технологічним і потребує дотримання відповідних умов і параметрів на всіх етапах, починаючи від розвантаження сировини і до отримання та відвантаження готової продукції. Очевидно, що для виготовлення продукції використовується відповідне устаткування та система автоматизованого управління (САУ) технологічним процесом, що відіграє провідну роль в підвищенні продуктивності і поліпшення якості продукції, що випускається, а також зниження її виробничої собівартості [1-5]. Виробництва оснащуються передовими системами автоматичного контролю [6–8] для дотримання оптимальних параметрів технологічного процесу [9–11]. Проте надмірна вартість, складність чи надлишкова функціональність САУ також несе негативний ефект через значне зростання строків окупності і

здорожчення продукції. Тому необхідно передбачити виконання всіх функцій системи, необхідних технологією даного виробництва, найбільш оптимальним способом. Варто враховувати вартість приладів, керуватися функціональністю і надійністю обраних засобів автоматизації. Вибір правильного шляху автоматизації процесу дасть найбільший економічний ефект.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є вдосконалення системи автоматизованого управління виробництвом фенолоформальдегідної смоли.

Для вирішення поставленого завдання необхідно:

- проаналізувати технологічний процес виробництва як об'єкт автоматизації та існуючу систему автоматичного управління;
- на основі виявлених недоліків провести модернізацію системи автоматичного управління процесом, шляхом покращення структури системи та вдосконалення програмного забезпечення;
- розробити алгоритми роботи програмованого логічного контролера для різних функціональних задач;
- впровадити SCADA-систему для забезпечення цілісності та зручності моніторингу та управління технологічним процесом;
- здійснити підбір більш сучасного обладнання, в першу чергу контролера системи управління
- обґрунтувати вибір закону регулювання та розрахувати оптимальні параметри настройки регулятора в контурів регулювання температури повітря;
- запровадити логіко-статистичні моделі для підвищення контролю за критичними параметрами технологічного процесу.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва фенолоформальдегідної смоли.

Предметом дослідження – система автоматичного управління процесом виробництва фенолоформальдегідної смоли.

Методи дослідження базуються на теорії автоматичного управління, теорії імовірності та математичної статистики, методів програмного та імітаційного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у застосуванні логіко-статистичних інформаційних моделей для контролю найбільш важливих технологічних параметрів, вихід яких за встановлені межі погіршує якість продукції, призводить до небезпечних аварійних ситуацій і серйозних збитків.

Практичне значення отриманих результатів. полягає в модернізації системи автоматизованого управління процесу отримання бакеліта рідкого, що забезпечить підвищення якості продукції, яка випускається, підвищення надійності всього технологічного обладнання, що, в свою чергу, призведе до значного підвищення безпеки технологічного процесу, полегшуючи працю всього технічного персоналу.

Напрямки подальшого розвитку. Розроблена система автоматизованого управління може бути вдосконалена, шляхом введення логіко-статистичних інформаційних моделей, які забезпечать контроль інших важливих параметрів технологічного процесу отримання бакаліту рідкого та безпеки виробництва, а також вдосконалення апаратного та програмного забезпечення.

1 ВИКОРИСТАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА СМОЛИ БР-3 ТА АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

1.1 Використання та технологічний процес виробництва формальдегідної смоли

В даний час у будівництві та різних галузях промисловості широко застосовуються синтетичні смоли, одержані в результаті реакцій поліконденсації або полімеризації. Найбільш широко вони використовуються як основи для отримання композиційних матеріалів, клеїв в лакофарбовій промисловості. Основними перевагами застосування синтетичних смол є їхня висока адгезія до більшості матеріалів та водостійкість, а також механічна міцність, хімічна та термічна стійкості [2, 4, 8].

При цьому в чистому вигляді синтетичні смоли практично не використовуються, а застосовуються як основа композицій, до складу яких входять різні добавки такі як наповнювачі, розріджувачі, загусники, затверджувачі та ін.

Застосування добавок дозволяє в широких межах регулювати технологічні властивості композитних матеріалів (композитів) та експлуатаційні властивості виготовлених з них виробів. Однак багато в чому властивості композитів визначаються властивостями синтетичної смоли. Від вибору смоли також залежить вибір технології та параметрів формування виробів із композитів.

З ФФС роблять пластмасу різних типів: при сульфованому затвердінні – карболітну; при затвердінні молочною кислотою – неолейкоритну; за участю соляної кислоти – резольну. Фенольна смола йде на виготовлення клеїв та лаків. За участю продукту одержують різні вироби загального та спеціального призначення: гальмівні колодки для поїздів, деталі для машин,

ескалаторів метро; абразивні інструменти; вилки, плати, розетки, лічильники, двигуни, клеми та іншу електропродукцію; корпуси телефонів, фотоапаратів; радіопродукцію, у тому числі конденсатори; військову техніку та зброю; елементи кухонної техніки, які не нагріваються, посуду; текстоліт та гетинакс – матеріали для подальшої переробки; біжутерію, галантерею, сувеніри; кулі для більярду. Схема технологічного процесу (ТП) виробництва ФФС наведена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу

До найбільш широко застосовуваних нині синтетичних смол належать карбомідні, алкоїдні, епоксидні, поліамідні та фенолоальдегідні (переважно фенолформальдегідні) [2, 4].

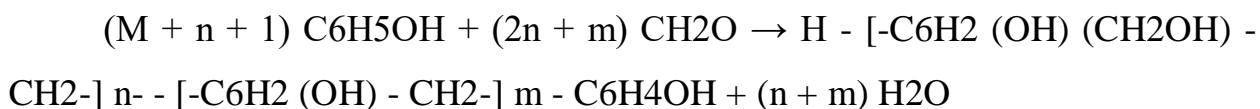
Загальна характеристика фенолоформальдегідних смол (ФФС) $[-C_6H_3(OH) -CH_2-]_n$ є рідкими або твердими олігомерними продуктами реакції поліконденсації фенолу C_6H_5OH або його гомологів (крезолів $CH_3-C_6H_4-OH$ та ксиленолів $(CH_3)_2-C_6H_3-OH$ та метаналів $H_2C=O$) у присутності каталізаторів кислотного (соляна HCl , сірчана H_2SO_4 , щавлева $H_2C_2O_4$ та

інші кислоти) та лужного (аміак NH₃, гідрат аміаку NH₄OH гідроксид натрію NaOH, гідроксид барію Ba(OH)₂) типу.

Формальдегід зазвичай застосовують у вигляді водного розчину, стабілізованого метанолом, який називається формаліном CH₂O • H₂O • CH₃OH. У ряді випадків фенол замінюють на заміщені феноли або резорцин (C₆H₄(OH)₂), а формальдегід частково або повністю заміщають на фурфурол C₅H₄O₂ або продукт полімеризації формальдегіду – параформ OH(CH₂O)_nH, де n = 8 – 100 [12].

Одним з видів ФФС є бакеліт рідкий (БР-3), отримання якого базується на реакції поліконденсації фенолу з надлишком формальдегіду в присутності лужного каталізатора [12].

Поліконденсація фенолу з формальдегідом – складна сукупність послідовних і паралельних реакцій. В загальному рівняння полімеризації може бути представлено в такому вигляді [1]:



де: n - середня кількість ланок, що містять метилольні групи;

m - середня кількість ланок, що не містять метилольних груп.

Отримання бакеліта рідкого здійснюється неперервним періодичним способом.

Технологічний процес отримання твердої смоли періодичним методом складається з наступних стадій: підготовка, завантаження та конденсація сировини, сушіння смоли, її злив, охолодження та подрібнення (рисунок 1.2).

За періодичною (одноапаратною) схемою основні стадії процесу конденсацію компонентів і сушіння смоли проводять в одному реакторі. Контроль процесу здійснюють за температурою і кислотністю реакційної

суміші на стадії конденсації, температури і тиску в реакторі на стадії сушіння смоли.

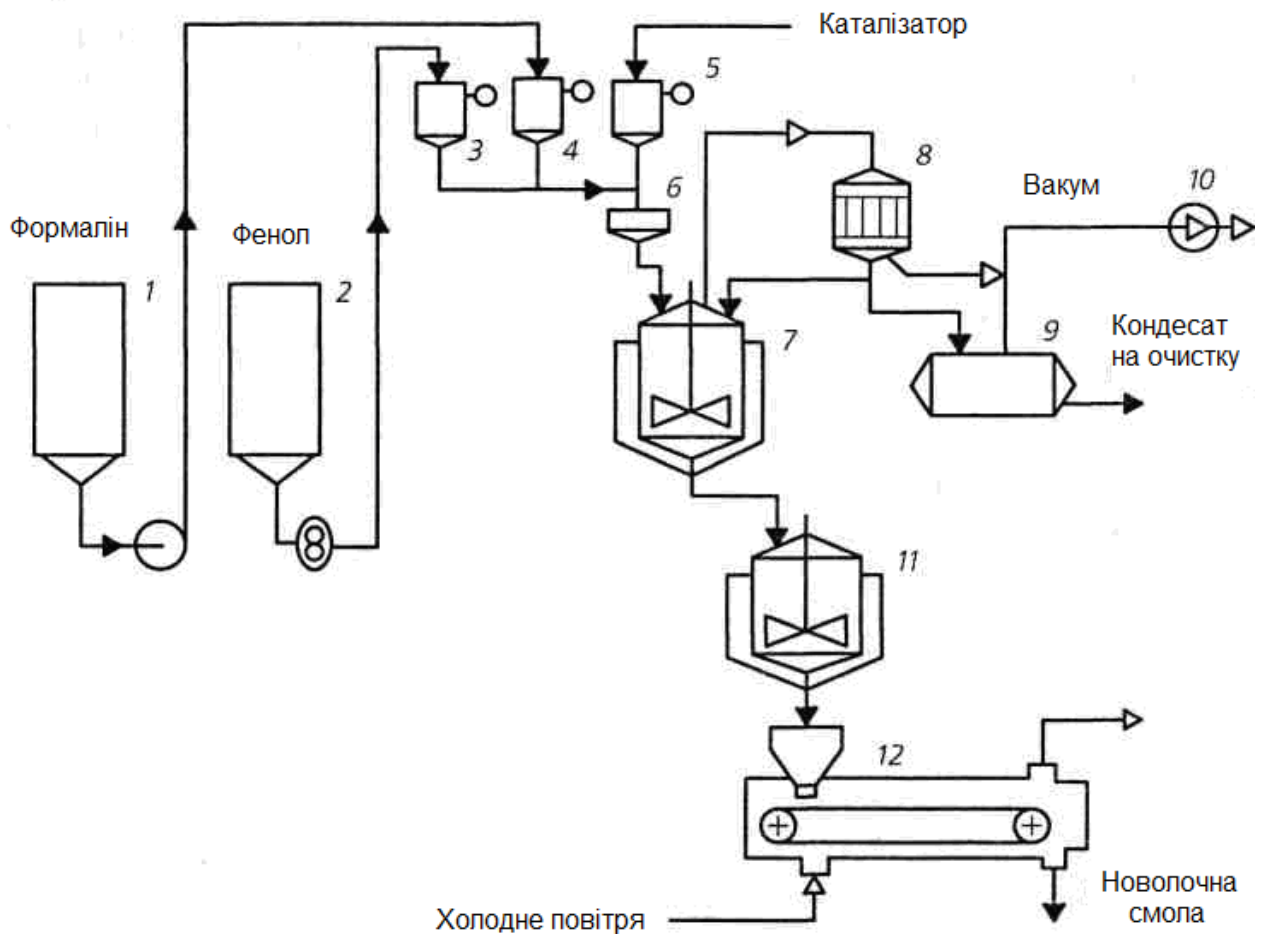


Рисунок 1.2 – Схема виробництва новолачних смол періодичним методом: 1 – ємність-сховище формаліну; 2 - ємність-сховище фенолу; 3,4,5-меринки-дозатори; 6-фільтр; 7 - реактор; 8 - холодильник; 9 - збірка конденсату; 10 - вакуум-насос; 11 - проміжна ємність для смоли; 12 – гранулятор.

Надсмольна вода, що містить близько 3 % фенолу і 2,5 % формальдегіду, зі збірки 9 подається на знефенолювання, а смола з реактора 7 зливається в проміжну ємність 11, де підтримується температура 90-130 °С і потім подається в гранулятор 12 охолоджується повітрям і надходить складу.

Загальний цикл виробництва НС, що становить 4-8 год., визначається видом сировини, властивостями кінцевого продукту та обладнанням, що

використовується.

Формалін і фенол з ємностей 1,2 насосами подають у вагові мірники 3,4, з яких самоплив через сітчастий фільтр 6 вони надходять в конденсаційно-сушильний реактор 7 об'ємом 5-10 м³. Реактор забезпечений мішалкою якірного типу, сорочкою для обігріву та охолодження та трубчастим холодильником 5. У період поліконденсації сировини він працює у замкнутому циклі (як зворотний); пари води, формаліну та фенолу в ньому конденсуються та повертаються назад у реактор. У період сушіння смоли всі леткі речовини після охолодження в холодильнику конденсуються і збираються у збірнику 9

При перемішуванні реакційної суміші мішалкою реактор 7 з мірника 5 надходить концентрована соляна кислота до досягнення рН суміші 1,6-2,3 в залежності від марки смоли. Спочатку завантажують лише частину кислоти, що потрібна за рецептурою. При використанні каталізатора щавлевої кислоти її у вигляді водного розчину через мірник-дозатор 5 подають в реактор. Температуру в реакторі піднімають до 40 °С подають воду в холодильник 8, включається як зворотний. Поліконденсацію проводять при кипінні суміші (98-100°С) та перемішуванні її мішалкою (0,5 об/с) протягом 1,5-2 години залежно від марки смоли. Періодично для підтримки необхідної швидкості реакції в реактор завантажують порціями частину кислоти, що залишилася. Про закінчення поліконденсації судять за в'язкістю смоли.

Для сушіння смоли, що містить до 20 % води, близько 10 % фенолу і до 3 % формальдегіду, холодильник 8 перемикають на прямий і поступово, щоб уникнути сильного спінювання, створюють вакуум 0,03-0,04 МПа. У сорочку апарату подають пару тиском 1-2 МПа. Після відгону основної кількості летких продуктів і надсмольної води, що збирається у збірнику 9, температура смоли починає підвищуватися. Процес сушіння ведуть при 100-130 °С до досягнення певної температури краплі, характерної для кожної марки смоли.

Бакеліт рідкий повинен відповідати таким показникам: в'язкість 5-7 °С; коефіцієнт рефракції 1,575-1,577.

Таблиця 1.2 – Регламентні обмеження на технологічні параметри

Найменування параметра	Мінімально допустиме значення	Максимально допустиме значення
1	2	3
Надмірний тиск пара	-	0,3 МПа
Тиск в лінії нагнітання формаліну після насоса	0,05 МПа	-
Температура після холодильника	-	60°С
Рівень води в баку закілювання	300 мм	1200 мм
Рівень фенолу в сховище	600 мм	2400 мм
Рівень формаліну в сховище	600 мм	2400 мм
Рівень луку в приймальнику	700 мм	2800 мм
Вакууметричний тиск створюваний насосами	- 0,08 МПа	-
Рівень вакуум-приймача	-	1900 мм
Рівень формаліну в приймачах	400 мм	1800 мм
Температура в приймачах	-	60°С
Рівень в реакторі	330 мм	1320 мм
Температура в реакторі	-	100°С
Витрата луку	-	30 кг/ч
Витрата формаліну	50 кг/ч	80 кг/ч

Приміщення, в якому розташовується основне технологічне обладнання відноситься до категорії А з вибухопожежної небезпеки. Клас приміщення В-Іа. Клас небезпеки речовини -2.

1.2 Аналіз технологічного процесу виробництва смоли як об'єкта управління

Процес виробництва БР-3 є вибухонебезпечним і відноситься до категорії А. Тому все обладнання, особливо вимірювальні прилади, передбачені проектом, відповідають вимогам ПУЕ. Клас приміщення В-Іа, категорія вибухонебезпечної суміші – 2, група вибухонебезпечності – Т2.

Для контролю і регулювання технологічного процесу проектом передбачені прилади і автоматичні регулятори, що серійно випускаються вітчизняною промисловістю [15-17].

Для отримання якісної продукції, відповідно до технічних умов в період проведення технологічного процесу, необхідно контролювати і регулювати такі параметри: температуру і тиск, а також рівень заповнення апарату.

Будь-який технологічний процес як об'єкт управління характеризується наступними основними групами змінних [18–24]:

- змінні, що характеризують стан процесу (їх сукупність можна позначити як вектор Y). Ці змінні в процесі управління необхідно підтримувати на заданому рівні або змінювати по заданому закону. Вектор Y часто називають вектором регулюючих величин.

- змінні, зміною яких система регулювання може впливати на об'єкт з метою управління (сукупність цих змінних можна позначити вектором X_p).

- змінні, зміни яких не пов'язані з впливом системи регулювання. Ці зміни відображають вплив на керований об'єкт зовнішніх умов, зміна характеристик самого об'єкта і т.п. Їх називають збурюючими впливами (позначають вектором X_z). Вектор впливів збурення, в свою чергу, можна розбити на дві складові – першу можна виміряти, а другу – не можна (рисунок 1.2). Можливість вимірювання збурюючого впливу дозволяє ввести

в систему регулювання додатковий сигнал, що покращує можливості системи регулювання.

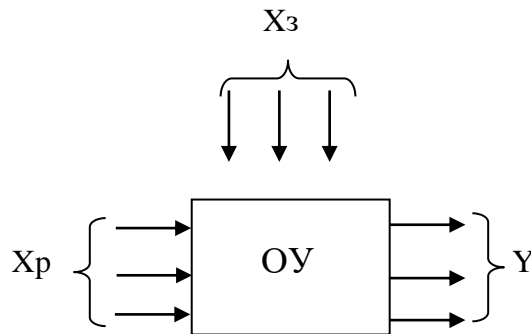


Рисунок 1.2 – Структурна схема об'єкта управління

У розглянутому технологічному процесі виробництва БР-3 мають місце як керовані, так і некеровані технологічні параметри.

До керованих параметрів належать:

- рівень в реакторі;
- температура реакційної маси в реакторі;
- рівень води в баку;
- рівень фенолу в реакторі ;
- рівень формаліну в сховищі;
- рівень лугу в приймальнику;
- рівень вакуум-приймача;
- рівень формаліну в приймачах;
- витрата лугу;
- витрата формаліну.

До некерованих параметрів належать:

- тиск пари
- температура пара

Процес отримання смоли БР-3 є вибухонебезпечним. Для контролю і регулювання технологічного процесу проектом передбачені прилади і автоматичні регулятори.

Отримання необхідної якості та кількості продукції, що випускається забезпечується підтримкою оптимального режиму функціонування технологічного процесу. Оптимальним є режим, при якому забезпечується суворе дотримання всіх основних регламентних норм і обмежень на параметри технологічного процесу.

Основним параметром, необхідними для отримання якісної продукції і для уникнення вибухонебезпечної ситуації є температура в реакторі.

Для підтримки заданої температури передбачений підігрів або охолодження реакційної маси парою або водою, які подається в сорочку реактора, витрата яких контролюється клапаном на лінії подачі теплоносія в залежності від необхідної температури в реакторі. Перевищення температури вище 100°C (кипіння смоли) істотно позначається на якості продукції, що випускається. При завантаженні луку відбувається реакція з виділенням тепла, тому для підтримання температури в реакторі необхідно контролювати витрату каталізатора. В іншому випадку це призведе до різкого підвищення температури і може спричинити за собою аварійну ситуацію на виробництві.

Важливою стадією процесу є отримання вакууму. Для цього передбачена вакуумна система, яка включає в себе: вакуумний насос, бак закільцевання, відцентровий насос, холодильник, вакуум - приймач. На цій стадії дуже важливі параметром є наявність нижнього рівня в баку закільцьованої води, яка використовується в вакуум-наосі. Для цього здійснюється управління підживленням води з мережі. Мінімальний рівень води має становити 20% обсягу бака. В іншому випадку при нестачі води в вакуум-наосі можливе попадання парів формальдегіду до вибухонебезпечної концентрації.

Рівні в сховищах і приймачах регулюються ступенем відкриття клапана того чи іншого продукту.

Таким чином, отримання якісної продукції забезпечується позичена

оптимального режиму управління процесом з дотриманням всіх основних регламентних норм і обмежень на параметри процесу.

1.3 Оцінка рівня автоматизації процесів, існуючий на даний час

Контроль і управління технологічним процесом повинен здійснюватися за допомогою програмно-технічних засобів на базі мікропроцесорних контролерів і пульта управління на базі робочих станцій і частково місцевих приладів контролю і кнопок управління.

Основні недоліки, наявні у існуючої на даний момент системи автоматизації, стосуються в основному, застарілої технічної бази приладів і засобів автоматизації.

Датчики, що працюють у складі системи автоматизації, не задовольняють тим вимогам, які пред'являються до сучасних засобів вимірювання та контролю. З огляду на необхідність оснащення установки сучасною системою автоматизації, стає зрозуміло, що по-перше, точність встановлених датчиків (клас точності 1х1.5) є занадто низькою. При такій точності вимірювань представляється скрутним об'єктивно оцінювати стан конкретного параметра: датчики з пневматичним вихідним сигналом мають велику протяжність ліній зв'язку з вторинними приладами, що позначається на швидкодії і точності всього контуру вимірювання. Існуючі датчики мають уніфіковані пневматичні сигнали ($0.2 \times 1 \text{ кгс/см}^2$), що ускладнює їх підключення до сучасних засобів автоматизації технологічних процесів (програмовані мікропроцесорні контролери, вимірювальні перетворювачі, багатоканальні мікропроцесорні регулятори та інші електронні прилади). Також встановлені датчики мають великі вага і габаритні розміри.

На виробництві масова витрата формаліну і лугу вимірюється за допомогою мірників. Таке вимір має досить велику похибку. Неточність вимірювань може привести до створення вибухонебезпечної ситуації на

виробництві. Також незначне перевищення масової витрати істотно позначається на якості продукції, що випускається.

Тому мірники замінимо на ультразвуковий витратомір «Зліт МР» (рисунок 1.3), який відповідає заданим умовам і має індикацію витрати на лицевій панелі приладу. Багатоканальні ультразвукові витратоміри «ЗЛІТ МР» призначені для вимірювання середньої об'ємної витрати різних рідин і обсягу реверсного потоку.

Рисунок 1.3 – Ультразвуковий витратомір«Зліт МР»

Ультразвуковий витратомір застосовується для вимірювання витрати, а так само обсягу потоків різних рідин (гарячої, холодної, стічних вод, кислот, лугів, харчових продуктів і т.д.) в одному або декількох трубопроводах, що перебувають під тиском при різних умовах експлуатації. Дозволяє отримати облік витрати з високою точністю при оптимальній вартості, створити на базі встановлених витратомірів диспетчерську мережу.

Засоби регулювання, представлені на даний момент локальними пневматичними регуляторами типу ПРЗ.31, не відповідають тим функціям, для яких вони призначаються. Швидкість їх реакції на збурення дуже низька, з причини, як невисокого швидкодії самого регулятора, так і через велику

протяжності пневматичних ліній зв'язку з регулюючим органом.

Для більш точного регулювання витрати поміняємо пневматичні регулюючі клапани, що експлуатуються разом з позиціонерами, на регулюючі клапани з електричним приводом серії UNIWORLD 2000 EPR. Ці регулюючі клапани мають достатню гнучкість, універсальну конструкцію, і зручні в експлуатації.

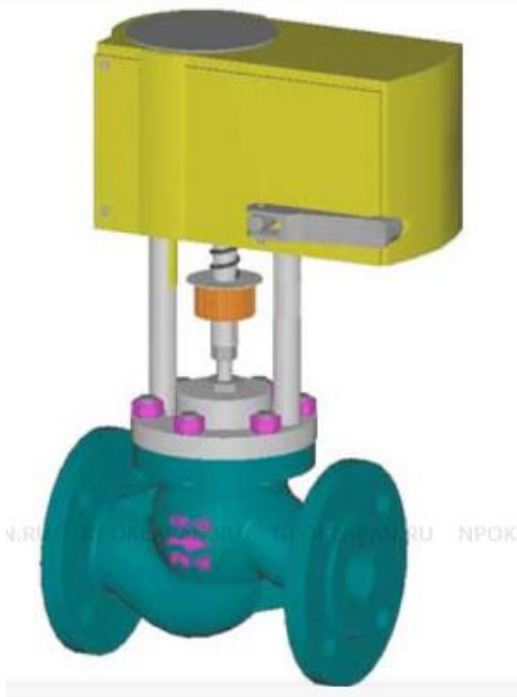


Рисунок 1.4 – Регулюючі клапани Conflow серії UNIWORLD з електроприводом серії TYPE 2000 EPR

Клапани 2000 EPR серії “UNIWORLD” оснащені прямопрохідними корпусами DIN з EN фланцями та електроприводом, що закривається при відсутності харчування. Затвор з пивною характеристикою придатний для регулювання практично всіх серед.

Компактна конструкція в зборі з лінійним електроприводом із зворотною пружиною. Електропривод кріпиться до корпусу за допомогою двох сталевих колонок.

Електропривод управляється трьохпозиційним модульованим сигналом

або аналоговим сигналом 4 — 20 мА або 0 — 10 В.

Рівень фенолу і формаліну в стаціонарних сховищах вимірюється за допомогою буйкових рівнемірів. Але цей прилад не може використовуватися, так як його температурний межа не відповідає регламентним нормам. Замінімо його на перетворювач рівня з пристроєм для обігріву буйка, який має широкий діапазон температур і невелику похибка вимірювання.

В даний час на виробництві БР-3 контроль і управління процесом відбувається дистанційно з пульта управління, віддаленого на безпечну відстань від основного приміщення. У пультової кімнаті знаходиться щит КВП з показуючими і реєструючими приладами.

Велика кількість точок контролю, характерна для такого великого виробництва, тягне за собою проблеми, тривно розв'язні за допомогою традиційних щитових систем КВП. По-перше, велика кількість вимірювальних приладів важко розмістити на обмеженому просторі щита КВП. По-друге, обслуговування великої різноманітності вимірювальних приладів і складних кабельних комунікацій вимагає збільшення персоналу КВП. По-третє, утруднений огляд вимірювальних даних, розкиданих на великій площі щита КВП.

Запис інформації про процес відбувається в основному на діаграми, тому швидкий і повний звіт про стан процесу отримати неможливо. Обробка діаграм займає досить великий час, тому звіт відбувається з запізненням, що природно позначається на якості кінцевого продукту.

Також значними недоліками існуючої системи автоматизації є:

- використання ручного управління, особливо при пуску;
- відсутність оперативного контролю за якістю продукту:

Все вище перераховане з урахуванням важливості виробництва нітробензолу для підприємства визначає необхідність докорінної модернізації системи автоматизації.

2 ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ЇЇ АПАРАТНА І ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

2.1 Вимоги до системи автоматизованого управління виробництва фенолформальдегідної смоли

Технологічний процес виробництва смоли БР-3 є періодичним, що передбачає певну циклічність процесу, в наслідок чого задається певний повторювальний алгоритм управління об'єктом.

Отримання фенолоформальдегідної смоли – процес, протягом якого відбувається поглинання (розігрів) і виділення (реакція) тепла. При протіканні процесу відбувається зменшення не прореагували вуглеводнів, що веде до уповільнення швидкості реакції. Зменшується виділення теплоти, при цьому змінюються характеристики об'єкта. Щоб забезпечити автоматичне регулювання температури при тепловиділенні і теплопоглинанні робочого середовища ми будемо використовувати два регулятора.

Управління нагріванням реактора здійснюється шляхом зміни задаючої температури регуляторам з допустимою швидкістю. При розігріванні регуляторам задається температури вище фактичної, і регулятори відкривають регулюючий клапан на подачу пари. При реакції (стадія поліконденсації), регуляторам температури задається оптимальна температура T для протікання процесу. Якщо фактична температура вище заданої регулятору, то регулятор прикриває регулюючий клапан, тим самим, зменшуючи витрати теплоносія, і навпаки, завдяки цьому стабілізується температура. Якщо регулюючий клапан на подачі пари закритися, а фактична температура підвищується, то відбувається перемикавання на (зворотному) подачу охолоджуючої води. Відбувається охолодження реакційної маси, і стабілізація температури. Якщо регулюючий клапан на подачі охолоджуючої води закритися, а фактична температура знижується нижче оптимальної

температури T , відбувається перемикання на теплоносії пар, відбувається нагрів і стабілізація температури реакційної маси.

Питання точності підтримки температурного режиму є дуже важливим з точки зору якості одержуваного продукту. Рівномірний розігрів і стабільна температура в режимі реакції забезпечують правильний хід полімеризації, що сприяє підвищенню виходу продукції

Для успішного управління процесом виробництва, в першу чергу, необхідно забезпечити інформаційну складову, яка полягає у точному вимірюванні, реєстрації, індикації та моніторингу технологічних параметрів,, а також забезпечення сигналізації виходу параметрів за встановлені межі і сигналізації стану технологічного обладнання. Для цих цілей необхідно обрати відповідні вимірювальні пристрої, розробити структуру інформаційно-керуючої системи, розрахувати та налаштувати автоматичні регулятори параметрів, а для контролю значень параметрів в заданих межах – запровадити логіко-статистичні моделі (ЛСІМ). Забезпечення підтримки технологічних параметрів в регламентних межах на кожному етапі виробництва, їх стабілізації, а також функціонування технологічного обладнання за технологічним регламентом як єдиного цілого, здійснюється за алгоритмом програмно-логічного управління.

Таким чином, система автоматичного керування технологічним процесом повинна здійснювати:

- безперервний контроль параметрів технологічного процесу та узгодження роботи основного технологічного обладнання;
- виявлення та індикацію на пристроях відображення інформації про відхилення технологічного процесу;
- реєстрацію виконання основних функцій і контроль за працездатним станом обладнання ;

- постійний аналіз та контроль хімічного складу повітряного середовища в межах об'єкта, в зв'язку з використанням хімічно небезпечних речовин;

- постійний аналіз зміни параметрів з метою недопущення критичних значень і попередження можливих аварій;

- спрацювання засобів управління і пристроїв автоматичного захисту, які припиняють розвиток небезпечних ситуацій;

- спрацювання засобів локалізації аварійної ситуації, вибір і послідовність реалізації оптимальних керуючих впливів;

- проведення операцій безаварійного пуску, зупинки обладнання, і всі необхідних для цього перемикачів;

- передачу всієї необхідної інформації про стан технологічного процесу і безпеки на об'єкті на вищій рівень системи управління.

Створення єдиної інтегрованої САУ на базі мікропроцесорної техніки з використанням програмованих логічних контролерів на нижніх рівнях та комп'ютерної техніки на вищому рівні дозволить реалізувати перелічені вимоги та забезпечить цілісність системи управління та узгодженість її роботи. Завдяки цьому:

- зростає швидкодія, як отримання інформації, так і реакції керуючих впливів;

- з'являються ширші можливості отримання, обробки та представлення інформації на екрані дисплея у вигляді шкал, таблиць, графіків, мнемосхем технологічного процесу, її деталізації та узагальнення щодо поточних значень параметрів і стану виконавчих механізмів практично в режимі реального часу;

- підвищується оперативність реагування на відхилення, аварійні ситуації, в автоматичному режимі;

– розширюються можливості ведення звітної документації (циклічний друк, друк за вимогою, позачерговий друк відхилень параметрів, роздруківка режимних листів і т.п.);

– знімаються проблеми щодо оптимальної організації робочого місця оператора-технолога, як з точки зору способу подання інформації та впливу оператора на технологічний процес, так і з точки зору ергономічних вимог.

В загальному, система автоматизованого управління повинна керувати операціями відкриття та закриття клапанів, включення і відключення насосів в визначеному регламентом порядку. Для цього необхідно розробити алгоритми роботи системи автоматизованого управління технологічним обладнанням для підтримки параметрів виробничого процесу у відповідності до регламентних вимог. На основі розроблених алгоритмів, запрограмувати відповідні мікропроцесорні пристрої для забезпечення нормального проходження процесу виробництва формальдегідної смоли на всіх технологічних стадіях.

2.2 Архітектура та технічне обладнання системи автоматизованого управління виробництва фенолформальдегідої смоли

На основі здійсненого аналізу виявлено, що найбільш значуща проблема, з якою зіткнулося підприємство, – неможливість точного контролю технологічного процесу, зокрема, температурного режиму і, як наслідок, – суттєвий розкид показників якості кінцевої продукції.

Тому основною метою запровадження вдосконаленої системи управління було покращити точність управління температурним режимом, а також ряд супутніх задач. Надання персоналу ретроспективної технологічної інформації (реєстрація подій, графічне подання інформації щодо зміни контрольованих параметрів та ін.) для аналізу, організації та планування роботи обладнання та його ремонту. Побудова системи з урахуванням

можливості подальшого розвитку та нарощування інформаційної потужності.

Таким чином було визначено основні функції системи:

- Вимірювання та контроль технологічних параметрів.
- Виявлення, сигналізація та реєстрація відхилень параметрів від встановлених меж.

- Формування та видача оперативних даних персоналу.

- Виконання розрахункових завдань.

- Технічний облік споживання сировини на операцію.

- Самодіагностика елементів ПТК.

- Архівування трендів.

В результаті розроблено тривірневу архітектуру САУ показану на рисунку 2.1.

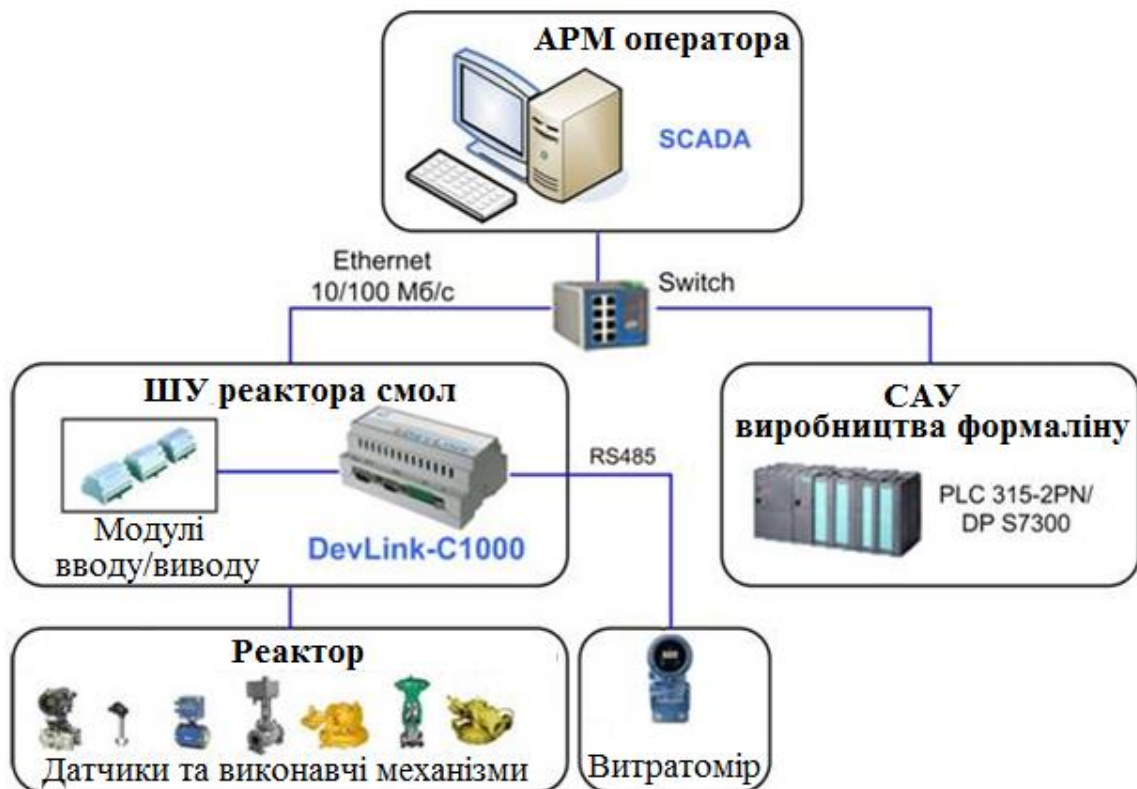


Рисунок 2.1 – Архітектура системи автоматизованого управління виробництва фенолформальдегідої смоли

Нижній рівень:

- інтелектуальний коріолісовий витратомір Micro Motion
- датчики вимірюваних аналогових і дискретних сигналів, виконавчі пристрої, що включають запірну арматуру.

Середній рівень:

- шафа управління реактора смол з модулями введення/виводу MDS і контролером DevLink-C1000, що виконують функції автоматичного збору, обробки параметрів, що вимірюються, і програмно-логічного управління
- шафа управління виробництва формаліну з модулями введення/виводу та контролерами Siemens PLC S7300, що виконують функції автоматичного збору, обробки параметрів, що вимірюються, та програмно-логічного управління.

Верхній рівень:

- автоматизоване робоче місце оператора
- мережеве обладнання
- лазерний принтер формату A4

Обмін даними між абонентами верхнього рівня та контролерами здійснюється за промисловою мережею Ethernet 100 Мб/с, а між контролерами та модулями введення/виводу – по лінії зв'язку RS-485.

На заключному етапі роботи було здійснено інтеграцію із системою управління виробництвом формаліну. Прийом аналогових даних (у форматі протоколу OPC 2.0, TCP/IP) здійснюється з контролерів Siemens PLC 315-2PN/DP S7300, що дозволило отримувати оперативну інформацію про поточну стадію виробничого процесу.

Проаналізувавши існуючі на ринку пропозиції було підібрано технічне обладнання для системи управління, яке б забезпечувало необхідну якість управління, відповідало класу вибухо- і пожежобезпечності, було максимально сумісне та оптимальним за ціною.

В результаті було обрано інтелектуальний коріолісовий витратомір

Micro Motion фірми Emerson (рисунок 2.2) з максимальним робочим тиском 963 бар



Рисунок 2.2 – Коріолісовий витратомір Micro Motion HPC015N

Його використання дозволило підвищити точність пропорцій складових суміші для виготовлення бакаліту рідкого.

Для комунікації контролера з датчиками та виконавчими механізмами використано модулі введення-виведення аналогових MDS-AIO,-AI, -AO, та дискретних MDS-DIO,-DI,-DO сигналів, а також перетворювачі інтерфейсів MDS-IC-USB/RS485/RS232 (рисунок 2.3)



Рисунок 2.3 – Модулі введення-виведення аналогових MDS-AIO,-AI, -AO, та дискретних MDS-DIO,-DI,-DO сигналів, а також перетворювачі інтерфейсів MDS-IC-USB/RS485/RS232

В якості основного контролера управління температурним режимом обрано DevLink-C1000 (рисунок 2.4)



Рисунок 2.4 – Контролер DevLink-C1000

Превагами контролера DevLink-C1000 є підтримка 100% «гарячого» резервування та оптимізації часу циклу опитування, що дозволяє використовувати контролер DevLink-C1000 на відповідальних виробництвах.

Контролери DevLink-C1000 забезпечують працездатність наступних схем резервування:

Без резервування контролерів (поодинокий режим роботи):

- 100% «гаряче» резервування контролерів
- 100% "гаряче" резервування процесорних модулів.

Схема без резервування контролерів передбачає роботу контролера без резервування обчислювальної та вимірювальної частин контролера.

Схема зі 100% резервування контролерів передбачає використання 2 незалежних контролерів DevLink-C1000 і зовнішньої схеми підключення, що забезпечує управління об'єктом від контролера, що має на даний момент статус «Основний».

При цьому вхідні сигнали від об'єкта підключаються до зовнішніх

модулів вводу/виводу обох контролерів DevLink-A10. Для ідентичності бази даних по змінним контролерам, що у схемі резервування, використовується функція «дзеркалення даних» у схемах резервування.

Схема з резервуванням процесорних модулів контролера передбачає використання 2 процесорних модулів DevLink-C1000 із загальним набором зовнішніх модулів вводу/виводу DevLink-A10 та зовнішньої схеми підключення, що забезпечує визначення статусу процесорних модулів та режиму роботи схеми. здійснюється резервування лише обчислювальної частини системи.

Опитування модулів вводу/виводу та видача на них керуючих впливів здійснюється процесорним модулем, який має на даний момент статус «Основний». Аналогічно 100% схемою резервування використовується функція «дзеркалення даних» у схемах резервування.

Для системи автоматизованого контролю виробництва фенолу застосовується контролер PLC-315 2 PN/DP SIMATIC S7-300 фірми SIMMENS



Рисунок 2.5 – Контролер PLC-315 2 PN/DP SIMATIC S7-300

Це компактний процесор з 192 КБ робочої пам'яті, 24 DI/16 DO, 4 AI, 2 АО, 1 Pt100, 4 високошвидкісних лічильника (60 кГц), 1-й інтерфейс MPI/DP 12 Мбіт/с, 2-й інтерфейс Ethernet PROFINET, з 2-портовим комутатором, джерело живлення 24 В постійного струму, передній роз'єм (2x 40-полюсний) і карта мікропам'яті при необхідності.

2.3 Програмне управління процесом виробництва

Як система візуалізації для цього проекту вибрано систему TraceMode.

Структура системи TraceMode складається з інструментальної системи та виконавчих (run-time) модулів. За допомогою інструментальної системи здійснюється розробка всіх проектів, які створюються за допомогою TraceMode. Виконавчі модулі служать для запуску в реальному часі проектів, розроблених інструментальною системою TraceMode. Залежно від їхньої ролі в розподіленій системі АСУТП TraceMode run-time системи мають різні функції.

TraceMode дозволяє створювати резервовані багаторівневі АСУТП, масштаби підприємства.

Зв'язок між контролерами та МРВ може здійснюватися багатьма способами:

- за послідовним інтерфейсом (RS232/485);
- по мережі Ethernet, Arcnet Token Ring тощо;
- через польові шини;
- через модем;
- go радіоканалу.

У TraceMode розроблено унікальні алгоритми адаптивної настройки регуляторів, що дозволяють відстежувати динаміку об'єкта та автоматично розраховувати оптимальні настройки П, І, ПД та модальних регуляторів. Адаптивні алгоритми дозволяють скоротити час пуску складних систем із

місяців до днів, покращують якість регулювання, знижують зношування обладнання.

Програмний комплекс «Станція оператора/архівування – сервер», встановлений на АРМ, здійснює збір, обробку та відображення оперативних даних (рисунк 2.6), управління технологічним обладнанням, а також зберігання та відображення архівної інформації за заданими параметрами.

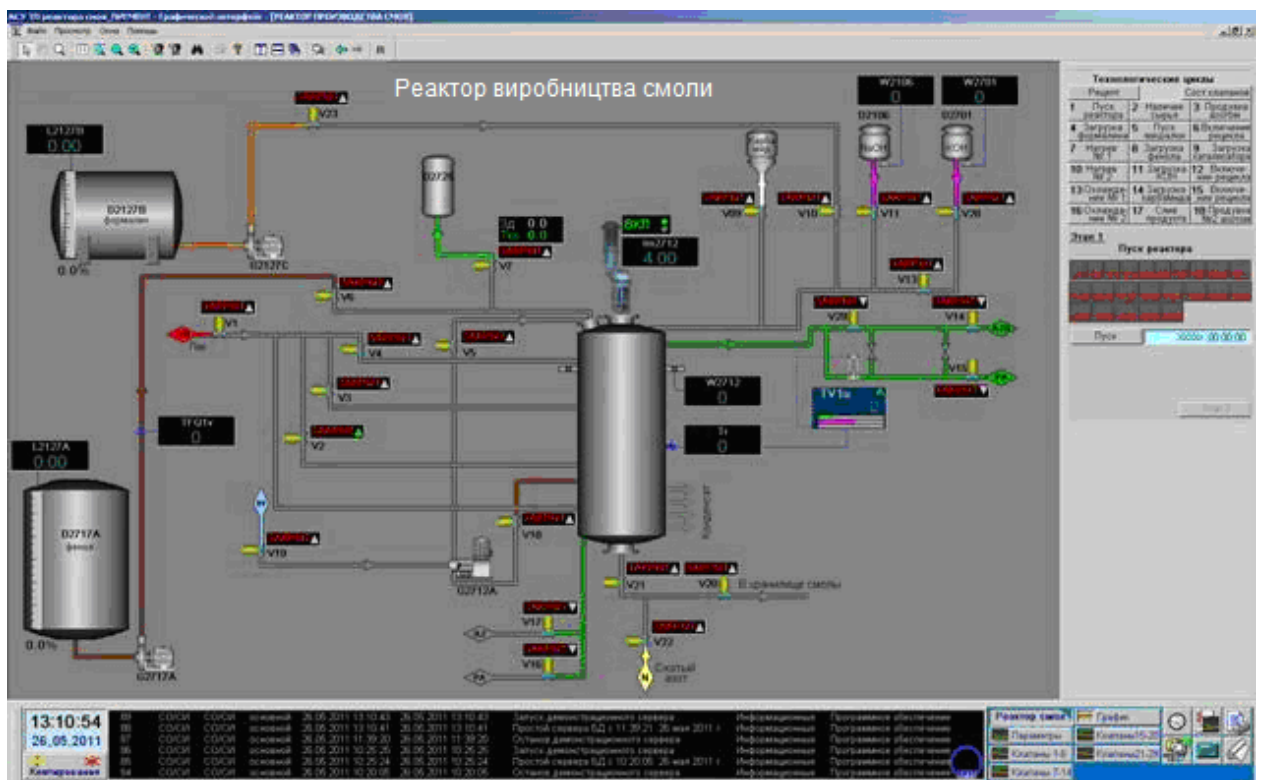


Рисунок 2.6 – Відеокадр SCADA-систем

Інформаційна потужність системи:

вхідних аналогових – 8

вихідних аналогових – 2

вхідних дискретних – 52

вихідних дискретних – 52

інформаційні сигнали від контролерів Siemens S7300, які отримують за допомогою OPC.

Крім того розроблено алгоритми роботи для управлінням завантаження фенолу та формаліну.

Спочатку параметри завантаження сировини заносяться в пам'ять ПК. Передбачена можливість ручного коригування, коли керуючі параметри можуть бути змінені оператором процесу. Після передачі отриманих значень в мікроконтролер запускається програма управління.

Відбувається відкриття клапана, стартує перша стадія – «завантаження фенолу», алгоритм роботи якої показана на рисунку 2.7.

Протягом першої стадії відбувається заповнення реактора фенолом з приймача фенолу. Завантаження проводиться вакуумом, для чого відбувається відкриття клапанів для заповнення реактора вакуумом. При досягненні заданого рівня в приймальнику відбувається закриття відсічних клапанів, включається мішалка і програма переходить на другу стадію «Завантаження формаліну».

Друга стадія – «Завантаження формаліну», алгоритм управління якої представлений на рисунку 2.8.

Формалін в реактор завантажується насосом. При досягненні заданого значення масової витрати відбувається закриття запірно-регулюючого клапана і відключення насоса.

Після цього включається лічильник часу тривалості процесу, і реакційна суміш перемішується протягом 10-15 хвилин.

Потім проводиться відбір проби на визначення коефіцієнта рефракції.

При отриманні задовільного результату відбувається перехід на третю стадію.

Третя стадія – «Завантаження лугу».

Протягом третьої стадії в реактор порціями зливається їдкий натр. Температура суміші в реакторі при цьому не повинна перевищувати 42°C. Каталізатор завантажується з наступника лугу насосом. Контроль за зливом ведеться за величиною масової витрати і при досягненні заданого значення

відбувається закриття клапана, відключення насоса і перехід на стадію поліконденсації

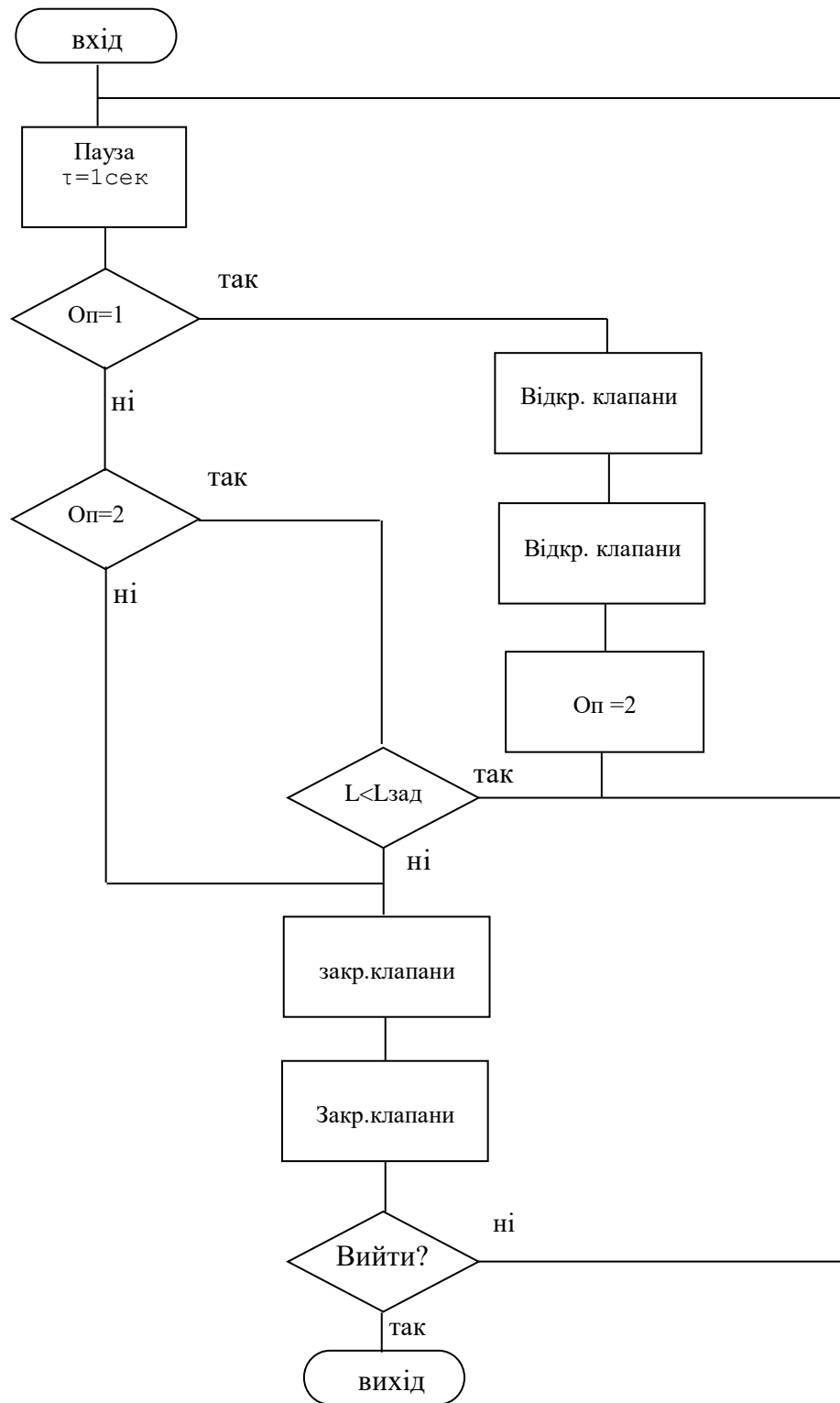


Рисунок 2.7 – Алгоритм підпрограми мікроконтроллера управління завантаженням фенолу

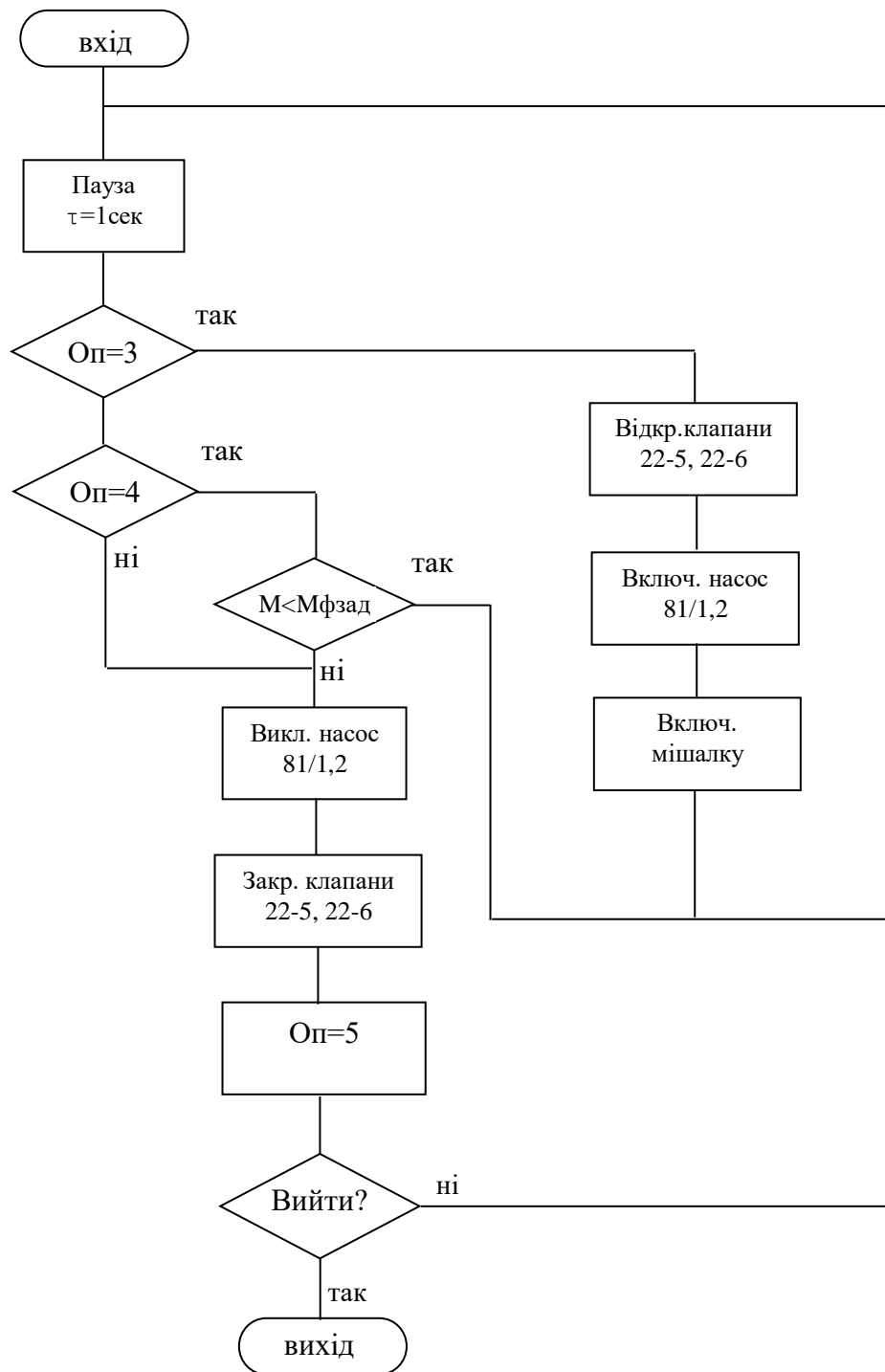


Рисунок 2.8 – Алгоритм підпрограми мікроконтроллера управління завантаженням формаліну

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ТА ПОБУДОВА ЛОГІКО-СТАТИСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

3.1. Розрахунок передавальної функції теплообмінника

У цьому розділі пропонується вдосконалення контурів аналогового регулювання з метою підвищення точності регулювання і зменшення витрат енергоносіїв.

Регулювання температури необхідно для деполімеризації (розчинення каламуті) формальдегіду. Воно здійснюється шляхом зміни витрати пари, що гріє міжтрубний простір теплообмінника, в трубний простір якого надходить формальдегід.

Об'єкт регулювання представляє собою вертикальний кожухотрубчатий теплообмінник, виготовлений зі сталі 12Х18Н10Т, об'ємом 5 м³. Для даного апарату відома перехідна характеристика, отримана на режим-ноналагоджувальних випробуваннях (рисунок 3.1, крива 1).

Перехідна характеристика була аппроксимирована методом "трьох точок". Передавальна функція $W(S)$ об'єкта розглядалася у вигляді:

$$W(S) = \frac{k_0 \cdot e^{-S \cdot \tau_0}}{(T_1 \cdot S + 1) \cdot (T_2 \cdot S + 1)}, \quad (3.1)$$

де T_1, T_2 – постійні часу, с;

k_0 – коефіцієнт підсилення;

τ_0 – час запізнювання, с.

За методикою, описаною в [3], були визначені вищеперелічені параметрів передавальної функції:

$$T1 = 42,8\text{с}; \quad T2 = 8,34\text{с}; \quad k0 = 0,92, \quad \tau0 = 5\text{с}.$$

На одному графіку (рисунок 3.1) були побудовані вихідна і апроксимуюча перехідні характеристики. Порівняння площ під кривими 1 і 2 (рисунок 3.1) дозволило визначити помилку апроксимації. Вона виявилася рівною 1,15%, що можна вважати хорошим результатом при апроксимації даним методом.

Остаточно передатна функція об'єкта регулювання має вигляд:

$$W(s) = \frac{0,92 \cdot e^{-s \cdot 5}}{(42,8 \cdot s + 1) \cdot (8,34 \cdot s + 1)}. \quad (3.2)$$

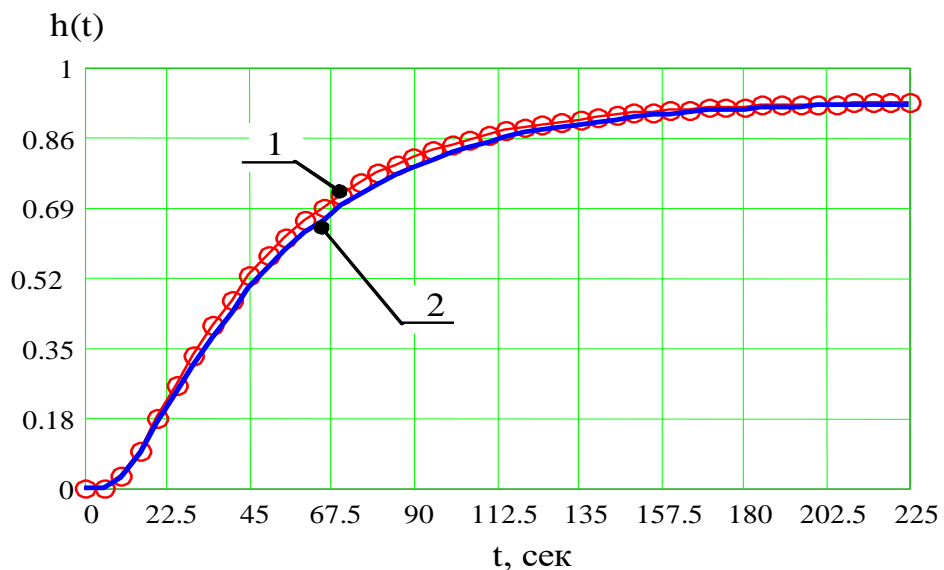


Рисунок 3.1 – Вихідна (1) і апроксимуюча (2) перехідні характеристики

За передавальної функції розраховані частотні характеристики об'єкта регулювання, графіки яких показані на рисунках 3.2 - 3.5.

Амплітудно-фазова характеристика (АФХ) визначається виразом:

$$W(i\omega) = \frac{0,92 \cdot e^{-5 \cdot i\omega}}{(42,8 \cdot i\omega + 1) \cdot (8,3 \cdot i\omega + 1)}. \quad (3.3)$$

Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) має вигляд:

$$M(\omega) = \frac{0,92}{\sqrt{42,8^2 \cdot \omega^2 + 1} \cdot \sqrt{8,3^2 \cdot \omega^2 + 1}}. \quad (3.4)$$

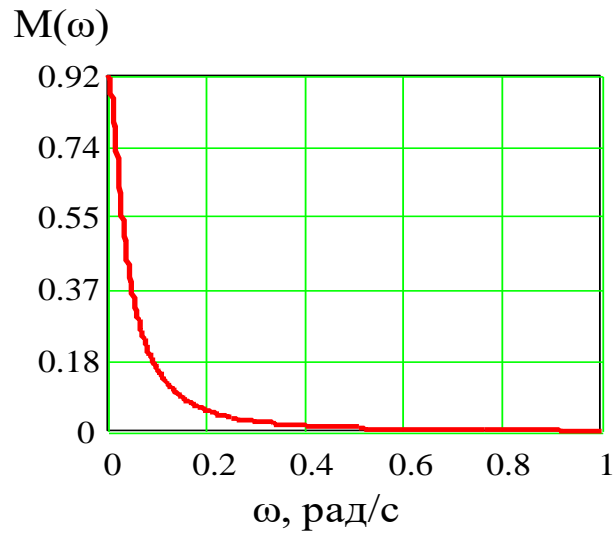


Рисунок 3.2 – Амплітудно-частотна характеристика

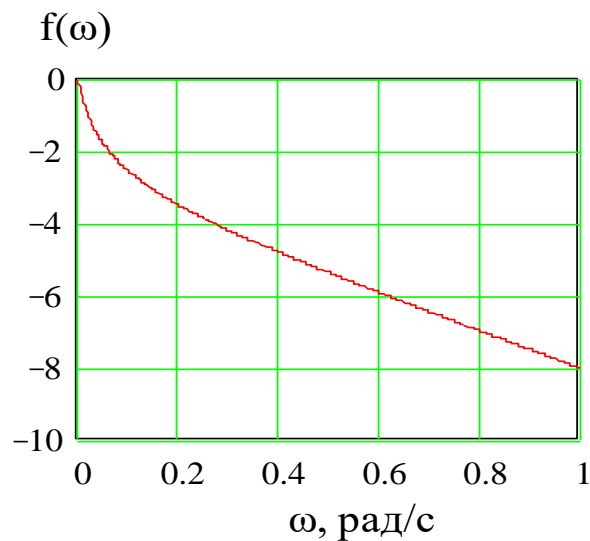


Рисунок 3.3 – Фазо-частотна характеристика

Фазо-частотна характеристика (ФЧХ) визначається наступним чином:

$$f(\omega) = -5 \cdot \omega - \arctg(42,8 \cdot \omega) - \arctg(8,3 \cdot \omega). \quad (3.5)$$

Розширені частотні характеристики отримуємо шляхом заміни в передавальній функції (3.2) $S = -m\omega + i\omega$.

Розширена амплітудно-фазова характеристика (РАФХ) має вигляд:

$$W(m, i\omega) = \frac{0,92 \cdot e^{-5 \cdot (i\omega - m \cdot \omega)}}{(42,8 \cdot (-m\omega + i\omega) + 1) \cdot (8,3 \cdot (-m\omega + i\omega) + 1)}, \quad (3.6)$$

де m – ступінь коливальності.

РАФХ (рисунок 3.4) була побудована при степені коливальності $m = 0,366$, що відповідає ступеню загасання $\psi = 0,9$, прийнятої для електричних регуляторів.

Розширені АЧХ і ФЧХ тоді будуть мати вигляд:

$$M(m, \omega) = \frac{0,92 \cdot e^{5m\omega}}{\sqrt{((1 - 42,8m\omega)^2 + (42,8\omega)^2)} \cdot \sqrt{((1 - 8,3m\omega)^2 + (8,3\omega)^2)}}, \quad (3.7)$$

$$f(m, \omega) = \begin{cases} -5\omega - \arctg \frac{42,8\omega}{1 - 42,8m\omega} - \arctg \frac{8,3\omega}{1 - 8,3m\omega}, & \omega < \frac{1}{42,8m} \\ -5\omega - \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{8,3\omega}{1 - 8,3m\omega}, & \omega = \frac{1}{42,8m} \\ -5\omega - \left(\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{|1 - 42,8m\omega|}{42,8\omega} \right) - \arctg \frac{8,3\omega}{1 - 8,3m\omega}, & \frac{1}{42,8m} < \omega < \frac{1}{8,3m} \\ -5\omega - \left(\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{|1 - 42,8m\omega|}{42,8\omega} \right) - \frac{\pi}{2}, & \omega = \frac{1}{8,3m} \\ -5\omega - \left(\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{|1 - 42,8m\omega|}{42,8\omega} \right) - \left(\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{|1 - 8,3m\omega|}{8,3\omega} \right), & \omega > \frac{1}{8,3m} \end{cases} \quad (3.8)$$

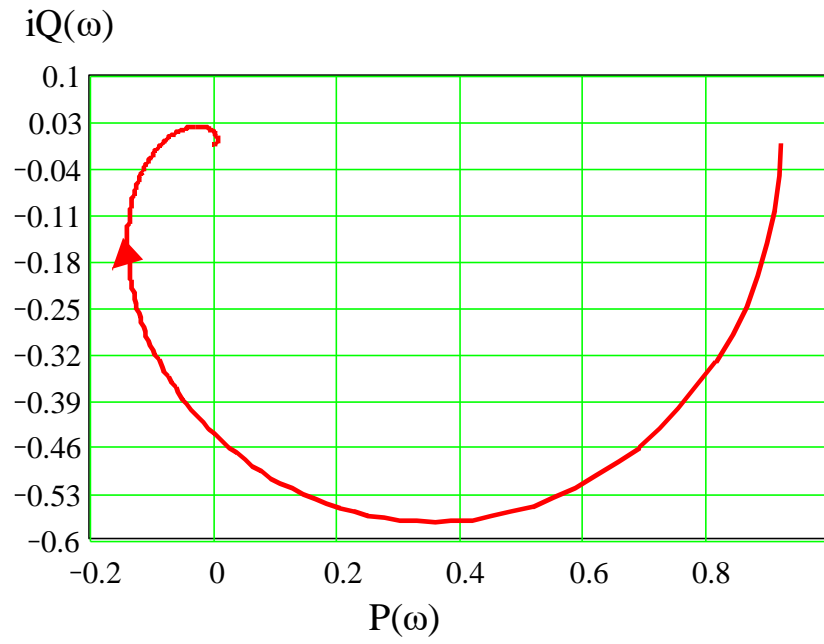


Рисунок 3.4 – Амплітудно-фазова характеристика

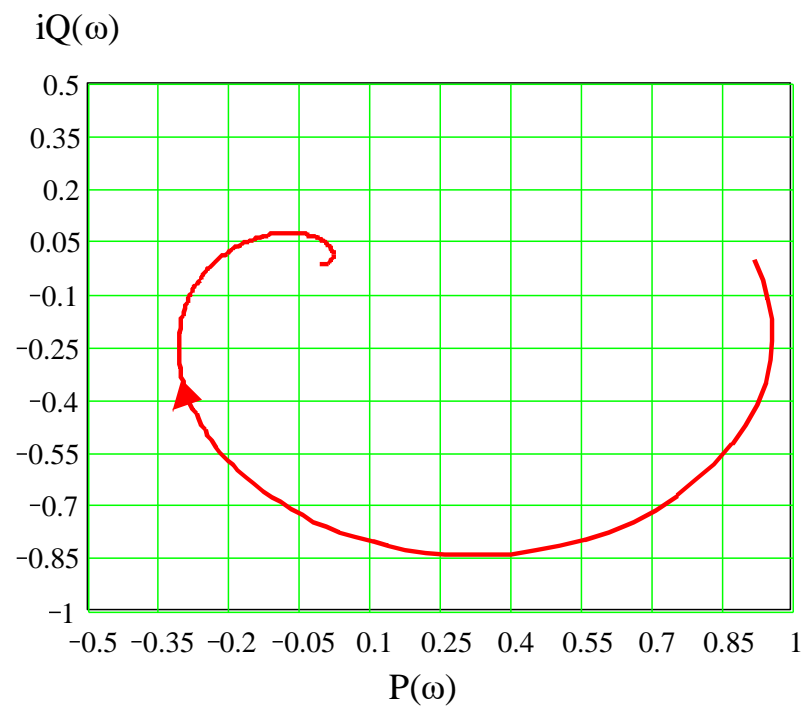


Рисунок 3.5 – Розширена амплітудно-фазова характеристика

3.2 Параметрична оптимізація контура регулювання тиску в апараті повітровидалення

У розглянутому технологічному процесі потрібно підтримувати задане значення температури. Робоча температура – 92°C – 94°C. Діапазон через трансформаційних зміни: від 80°C до 100°C. В цьому випадку статична помилка при регулюванні небажана, динамічна помилка не повинна перевищувати 2°C. Таким чином, регулятор повинен мати інтегральну складову. Зміна збурюючого впливу на вході відбувається відносно повільно. Виходячи з цього, для регулювання вибираємо ІІІ-алгоритм.

Розрахунок налаштувань регулятора будемо вести методом РАФХ, який відноситься до точних методів розрахунку.

РАФХ ІІІ-регулятора визначається за формулою:

$$W_p(m, i\omega) = -(C_1 + C_0/(-m\omega + i\omega)), \quad (3.9)$$

де C_1 – коефіцієнт підсилення регулятора, C_0 – передавальний коефіцієнт інтегральної складової.

Згідно алгоритму розрахунку методом РАФХ для ІІІ-регулятора [1] із використанням користуванням формул (3.10) знайдемо пари умовно оптимальних значень (C_1, C_0) .

$$\begin{cases} C_1 = \frac{1}{M_o(m, \omega_p)} \cdot [m \cdot \sin(-f_o(m, \omega_p)) - \cos(-f_o(m, \omega_p))] \\ C_0 = \frac{1}{M_o(m, \omega_p)} \cdot (m^2 + 1) \cdot \omega_p \cdot \sin(-f_o(m, \omega_p)) \end{cases}, \quad (3.10)$$

де $M(m, \omega_p)$, $f(m, \omega_p)$ – розширені АЧХ і ФЧХ об'єкта регулювання, ω_p – робоча частота.

Для знаходження умовно оптимальних налаштувань побудуємо криву рівній коливальності (рисунок 3.6). Робочу частоту оцінимо за формулою:

$$\omega_p = 1,22\omega_0, \quad (3.11)$$

де ω_0 – частота в вершині кривої рівної коливальності.

За кривою рівної коливальності розрахуємо робочу частоту і визначимо настройки за формулами (3.10).

Вибір оптимальних налаштувань здійснюємо безпосереднім порівнянням якості перехідних процесів в замкнутій системі "об'єкт-регулятор" за величиною величині інтегрального квадратичного критерію ($I_{ке}$) – найкращий процес відповідає мінімуму даного критерію.

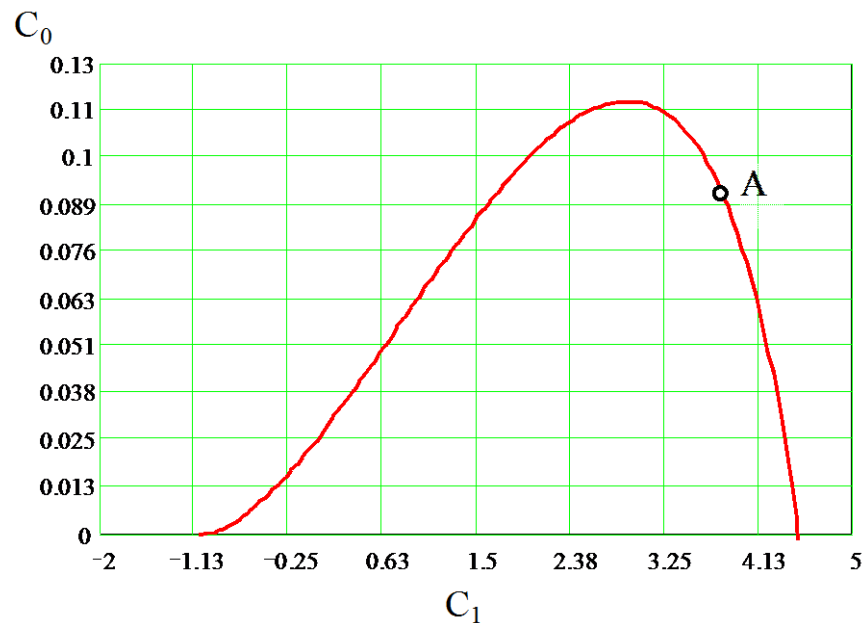


Рисунок 3.6 – Крива рівної коливальності

Для побудови перехідних процесів в замкнутій системі при нанесенні одиничного ступеневої впливу на вході скористаємося виразом:

$$h_{з.с.}(t) = L^{-1} \left\{ \frac{W_{з.с.}(S)}{S} \right\}, \quad (3.12)$$

де $W_{з.с.}(S)$ – передавальна функція замкнутої системи,
 L^{-1} – знак зворотного перетворення Лапласа.

$$W_{з.с.}(S) = \frac{0.92 \cdot e^{-5S} \cdot S}{S(42,8S + 1)(8,3S + 1) + 0.92 \cdot e^{-5S} \cdot (C_1S + C_0)}. \quad (3.13)$$

Перехідна характеристика, отримана за формулою (3.12) для оптимальної точки з використанням програмного пакета MathCad 14.0 має вигляд:

$$h(t) = 0.8 \cdot e^{-0,254t} - 0.08 \cdot e^{-0.007t} \cdot \cos(0.118t) - 0.08 \cdot e^{-0.712t} \cdot \sin(0.118t), \quad (3.14)$$

Результати розрахунків зведемо в таблиця 3.1. Її аналіз показує, що найкраща якість перехідного процесу спостерігається при наступних налаштуваннях:

$$C1 = 3,77474; \quad C0 = 0,09273.$$

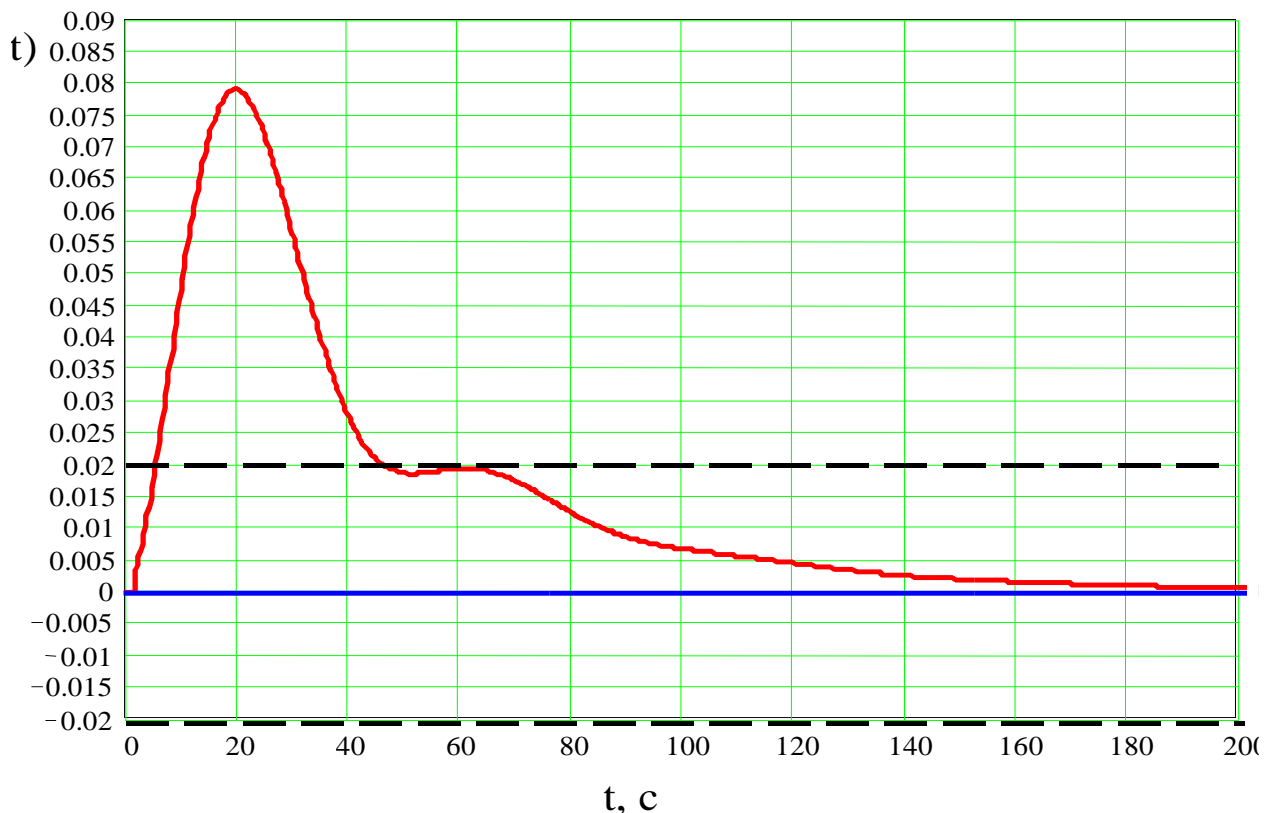


Рисунок 3.7 – Перехідний процес в замкнутій системі при оптимальних настройках

Графік перехідного процесу в замкнутій системі при оптимальних настройках показаний на рисунок 3.7. Аналіз перехідного процесу дозволив визначити тимчасові показники якості (таблиця 3.2).

Таблиця 3.1 – Величини умовно-оптимальних налаштувань

ω_0	ω_p	C_1	C_0	$I_{ка}$
0,066	0,08052	3,48146	0,10746	1,3556
0,071	0,0866	3,77474	0,09273	1,215
0,076	0,09272	4,043	0,07015	1,5601

Таблиця 3.2 – Показники якості оптимального перехідного процесу

№	Показник	Значення
1	Динамічна похибка	0,078 (0,6°C)
2	Статична похибка	0
3	Час регулювання	65 с
4	Степінь загукання	0,75

Промислові налаштування, які необхідно задати безпосередньо на регуляторі, будуть мати вигляд:

$$K_p = C_1, \quad (3.15)$$

$$T_u = \frac{1}{C_0}, \quad (3.16)$$

$$T_{из} = \frac{C_1}{C_0}, \quad (3.17)$$

де K_p – коефіцієнт підсилення регулятора,

T_I – час інтегрування,

T_{I3} – час ізодрома.

Таблиця 3.3 –Налаштування промислового регулятора

Складова закону регулювання	Позначення	Значення
Пропорційна	K_P	3,7747
Інтегральна	T_I	10,78 с
	T_{I3}	40,7 с

Після параметричної оптимізації контура регулювання температури формальдегіду шляхом зміни витрати пари, що гріє в міжтрубному просторі теплообмінника отримані оптимальні настройки ПІ-регулятора, що забезпечують мінімум інтегрального квадратичного критерію. Для організації стандартного ПІ-регулювання необхідно встановити коефіцієнти $K_P = 3,7747$, $T_I = 10,78$ с.

3.3 Побудова логіко-статистичної інформаційної моделі для контролю робочої температури в реакторі в заданому діапазоні

Згідно регламенту технологічного процесу робочу температуру суміші в реакторі для отримання якісного продукту необхідно підтримувати в діапазоні 92 – 94 °С. Для забезпечення контролю зазначеного діапазону температур використано логіко-статистичні інформаційні моделі (ЛСІМ) [30]. Відомо декілька модифікацій цих моделей, проте для даного випадку найбільш доцільно застосувати ЛСІМ 1, яка дозволяє здійснювати контроль відповідного параметру по амплітуді. Формально ЛСІМ 1 задається у вигляді виразу:

$$a_{i_k} = \begin{cases} 0, & \text{при } x_{i_k} \in E1_i, \\ 1, & \text{при } x_{i_k} \notin E1_i; \end{cases} \quad (3.1)$$

де x_{k_i} – значення амплітуди сигналу в i -му каналі;

k – дискретний системний час;

де $\overset{\vee}{z}$ – операція округлення до меншого цілого,
 t_n – поточне значення часу від моменту відліку.

На рисунку 3.8 змодельовано процес нагріву суміші з використанням зазначених параметрів. На початковому етапі з початку відліку дискретного часу до значення приблизно $i = 170$. Цей початковий етап запуску процесу нагрівання потрібно виключити з роботи моделі. Враховуючи, що процес виробництва формальдегідної смоли неперервний, тобто в реактор постійно добавляються відповідні складові для підтримки його протікання, то порівняно із початковим етапом запуску він фактично безкінечно триваліший.

На рисунку 3.9 апертурний діапазон задано двома обмежуючими значеннями – нижнім $E1 = 92^\circ\text{C}$ і верхнім $E2 = 94^\circ\text{C}$. Не беручи до уваги початковий етап запуску реактора і доведення робочої температури до регламентного значення,

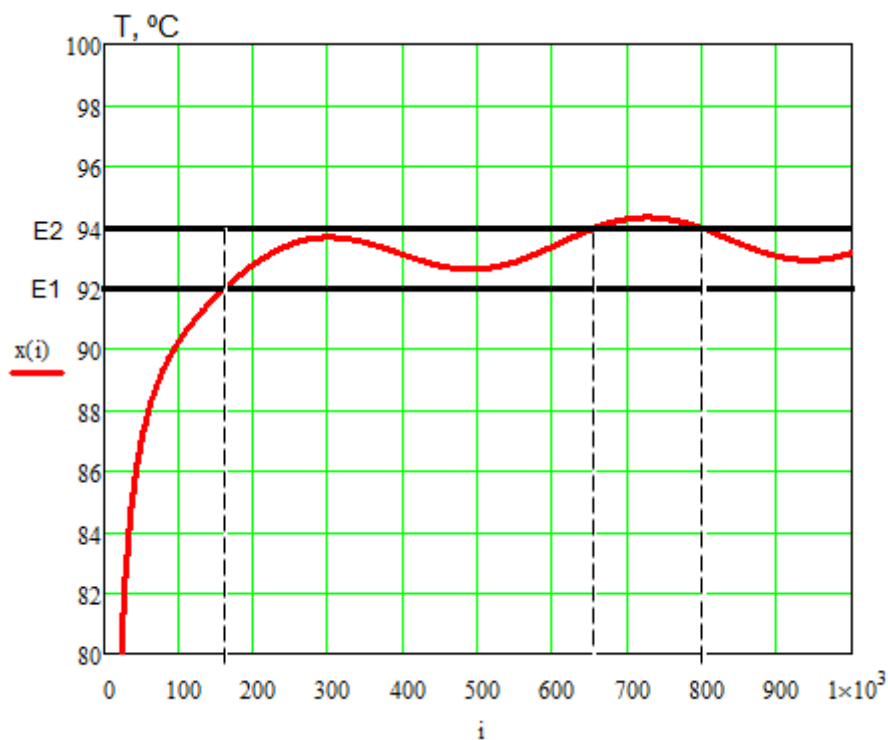


Рисунок 3.8 – Графік температури суміші в реакторі установки.

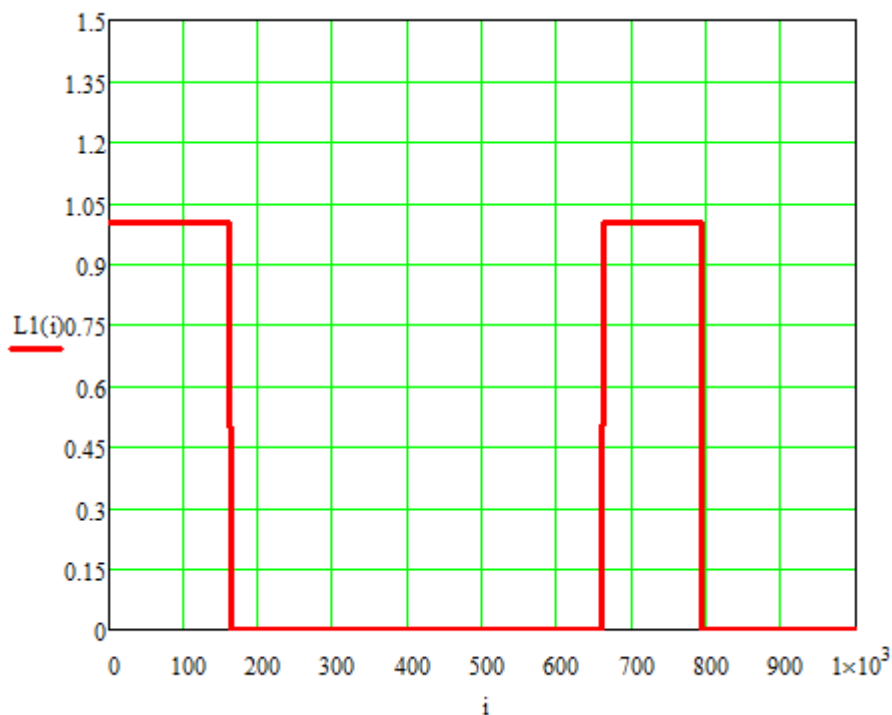


Рисунок 3.9 – Графік ЛСІМ 1 у відповідності до значень температури на графіку рисунка 3.8.

Як видно з представлених графіків на рисунках 3.8 і 3.9 ЛСІМ 1 при нормальному протіканні процесу, тобто знаходження значень температури в дозволеному діапазоні формує послідовність нульових значень, а при виході температури на відрізку дискретного часу приблизно з 660 до 800 виникає сигнал "одиниці" і є керуючим імпульсом для реагування системи автоматизованого управління з метою повернення параметру в регламентні межі.

Аналогічні логіко-статистичні інформаційні моделі можна побудувати і для інших критичних контрольованих параметрів, що найбільше впливають на якість виробництва продукції чи на безпеку та безаварійність роботи обладнання.

ВИСНОВОКИ

В роботі проаналізовано технологічний процес виробництва фенолформальдегідної смоли, а саме бакаліту рідкого (БР-3) та встановлено послідовність технологічних етапів виробництва, основних параметрів на кожному етапі, від яких залежить якість продукції, технічне обладнання виробництва та системи автоматизованого управління.

На основі здійсненого аналізу розроблено структурну схему системи автоматизованого управління виробництва фенолформальдегідної смоли, яка включає комплекс рішень по вдосконаленню обладнання та програмного забезпечення. Спроектовано трьохрівневу структурну схему САУ, що дозволяє здійснити цілісне управління технологічним процесом виробництва, забезпечити вищу точність управління параметрами регулювання, наочність та зручність відображення всіх ключових параметрів та станів об'єктів управління за рахунок використання SCADA системи TraceMode, зручність та оперативність в формуванні звітності та іншої документації.

Розроблено алгоритми роботи для програмованого логічного контролера управлінням процесу завантаження фенолу та формаліну.

Розраховано та досліджено передавальну функцію процесу управління температурою в реакторі та відповідного перехідного процесу на основі чого було обрано ПІ-закон регулювання, розраховані параметри автоматичного регулювання та на основі змодельованих графіків підтверджено їх ефективність.

Для підвищення контролю робочої температури в реакторі, запроваджено логіко-статистична інформаційна модель, а саме ЛСІМ 1.

В наслідок впровадження вдосконаленої системи автоматизованого управління підвищено якість продукції та знижено затрати виробництва за рахунок:

- більш точного ведення технологічного процесу

- спрощення процедури управління технологічним процесом
- реалізації більш складних алгоритмів контролю та управління
- забезпечення персоналу достовірною та своєчасною інформацією про роботу обладнання;
- зменшення трудоемкості процесу управління виробництвом та підготовки документації;
- зниження кількості некондиційної продукції та продукції низької якості;
- підвищення безпечності виробництва та зменшення кількості аварій, за рахунок своєчасного виявлення перед аварійних ситуацій.

Крім того, зменшено кількість експлуатаційного технічного оснащення та площу, яку займає обладнання САУ у порівняно з існуючою на підприємстві. Передбачено можливість створення інтегрованої інформаційно-керуючої системи для подальшого нарощування та розвитку.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Seames Wayne. Designing Controls for the Process Industries. CRC Press Taylor & Francis Group, 2018 - 429 p.
2. Sharma K.R. Continuous Process Dynamics, Stability, Control & Automation. Nova Science Publishers, Inc. 2015. — 511 p.
3. Бондаренкова И.В. Планирование и проведение научных исследований в области автоматизации и управления технологическими процессами. Рекомендации по проведению СРС, практических и лабораторных занятий. Учебно-методическое пособие. — Киев. СПбГУПТД, 2019. — 45 с.
4. Дубровский И.И., Лукьянов В.Л. Проектирование автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами. М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. - 211 с.
5. Corripio A.B., Newell M. Tuning of Industrial Control Systems. New York: International Society of Automation (ISA), 2015. – 252p.
6. Ahn H.-S. Formation Control: Approaches for Distributed Agents. Springer, 2020. — 368 p.
7. Рожков В.И. (сост.) Эргономика в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Учебно-практическое пособие. – Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2018.– 105 с.
8. Олешко Н.В., Рудольф Т.А., Пирманова Г.К., Смагулов Р.С. Автоматизация и управление технологическими процессами. Учебное пособие. — Астана: НАО Холдинг Кәсіпқор, 2018. — 167 с.
9. Allen T.T. Introduction to Discrete Event Simulation and Agent-based Modeling. Voting Systems, Health Care, Military, and Manufacturing Springer, 2011. — 229 p.
10. Дятлова Е.П. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. Учебно-методическое пособие.

— Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. — 68 с.

11. Coughanowr D., LeBlanc S. Process Systems Analysis and Control. McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 3 edition. 2008. — 624p

12. Краев С.Л., Кирин Ю.П. Системы управления химико-технологическими процессами. Пермь: Изд-во БФ ПНИПУ, 2013 — 60 с.

13. Luyben W., Luyben M. e.a. Plantwide Process Control. McGraw-Hill Professional Publishing. 1998. — 395 p.

14. Shell Group of companies. DEP specification: Control valves - selection, sizing and specification. DEP 32.36.01.17-Gen. Shell Design and Engineering Practice (DEP). - Shell Group of companies, 2011. - 65 p.

15. Бельдеева Л.Н. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 1. Учебное пособие. — Барнаул: АлтГТУ, 2002. — 73 с.

16. Бельдеева Л.Н. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 2. Учебное пособие. — Барнаул: АлтГТУ, 2002. — 74 с.

17. Вильнина А.В., Ефремов Е.В. Современные методы и средства измерения уровня в химической промышленности. Учебное пособие. — Томск: ТПУ, 2011. — 84 с.

18. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами. М.: Академкнига, 2007. — 690 с.

19. Вережкин А.П., Денисов С.В. Современные технологии управления процессами. Учебное пособие. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. — 86 с.

20. Втюрин В.А., Ильяшенко В.В. Системы управления химико-технологическими процессами. Учебное пособие. — Санкт-Петербург: Государственная лесотехническая академия, 2010. — 180с.

21. Гаврилов А.Н., Пятаков Ю.В. Системы управления химико-технологическими процессами. Часть 1. Учебное пособие. — Воронеж:

ВГУИТ, 2014. — 220 с.

22. Гаврилов А.Н., Пятаков Ю.В. Системы управления химико-технологическими процессами. Часть 2. Учебное пособие. — Воронеж: ВГУИТ, 2014. — 204 с.

23. Елизаров В.В., Елизаров Д.В., Мерзляков С.А. Теоретические основы автоматизированного управления в химической промышленности. Учебное пособие. — Нижнекамск: НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2017. — 71 с.

24. Фафурин А.В., Дюдина И.А., Ившин В.П. Основы проектирования систем автоматизации технологических процессов и аппаратов. Учебное пособие. — Казань, КГТУ, 2007. — 175 с.

25. Беляков В.К., Голованов О.В. Автоматизация управления химической промышленностью. М.: Химия, 1977. — 280 с.

26. Ogunnaike B., Ray W. Process Dynamics, Modeling, and Control. Oxford University Press. 1994. — 1296 p.

27. Smith C. Distillation Control: An Engineering Perspective. Wiley, 2012. — 344 p.

28. Беляев П.С., Букин А.А. Системы управления технологическими процессами. Учебное пособие. — Тамбов: ТГТУ, 2014. — 156 с.

29. Беспалов А.В., Грунский В.Н., Харитонов Н.И. (сост.). Системы управления химико-технологическими процессами. Иллюстративные материалы. Иллюстративные материалы. — Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. — 76 с.

30. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації: монографія / Я.М. Николайчук. — Тернопіль: ТНЕУ, Економічна думка, 2008. — 396 с.

КОПІЇ ПУБЛІКАЦІЙ РЯБЧЕНКА ДМИТРА ВОЛОДИМИРОВИЧА

РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ



Ім'я користувача:
Володимир Пастущин

ID перевірки:
1012964858

Дата перевірки:
23.11.2022 09:59:31 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
23.11.2022 10:12:30 EET

ID користувача:
100007881

Назва документа: 2Рябченко_Cегін

Кількість сторінок: 56 Кількість слів: 8141 Кількість символів: 64240 Розмір файлу: 1.34 MB ID файлу: 1012749277

5.46%
Схожість

Найбільша схожість: 2.48% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1009523025)

2.42% Джерела з Інтернету 193 Сторінка 58

4.66% Джерела з Бібліотеки 179 Сторінка 59

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Посилання 1 Сторінка 59

0%
Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 39