

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра інформаційних та комп'ютерних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету)

ДИПЛОМНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему: Автоматизована система керування
технологічним процесом миття скляної тари

Виконав: студент групи БЗА-19

Спеціальності 151 – Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою
Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Юрій РУСНАК

Науковий керівник: к.т.н., доц. Юрій ЛЕБЕДЕНКО

Рецензент: к.т.н., доц.

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Інститут, факультет Мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра Інформаційних та комп'ютерних технологій

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІКТ
доц., к.т.н. Владислава СКІДАН

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Руснаку Юрію Вікторовичу

1. Тема роботи: Автоматизована система керування технологічним процесом миття скляної тари

Науковий керівник роботи Лебеденко Ю.О. к.т.н., доц.,
затверджені наказом вищого навчального закладу від «08» листопада 2022 року
№224-уч.

2. Строк подання студентом роботи 14.06.23 року

3. Вихідні дані до роботи: Система повинна здійснювати опитування датчиків щільності та температури, інтервал вимірювання значень параметрів не повинен перевищувати 1 с. Точність регулювання температури не гірше $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Час регулювання не більше 10 с, перерегулювання не більше 20 %.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ; Розділ 1 Аналіз технологічного процесу мийки скляної тари в мийній машині; Розділ 2 Синтез системи автоматичного керування технологічним процесом мийки скляної тари ; Розділ 3 Реалізація системи автоматичного керування технологічним процесом миття скляної тари на серійних засобах автоматизації; Висновки

5. Дата видачі завдання 06 березня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Термін виконання	Примітка про виконання
1	Вступ	27.03. 2023	
2	Розділ 1 Аналіз технологічного процесу мийки скляної тари в мийній машині	10.04.2023	
3	Розділ 2 Синтез системи автоматичного керування технологічним процесом мийки скляної тари	24.04.2023	
4	Розділ 3 Реалізація системи автоматичного керування технологічним процесом миття скляної тари на серійних засобах автоматизації	08.05.2023	
5	Висновки	15.05.2023	
6	Оформлення дипломної бакалаврської роботи (чистовий варіант)	26.05.2023	
7	Здача дипломної бакалаврської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	07.06.2023	
8	Перевірка дипломної бакалаврської роботи на наявність текстових співпадінь та помилок (за 10 днів до захисту)	09.06.2023	
9	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	14.06.2023	

Студент

(підпис)

Юрій РУСНАК

Науковий керівник

(підпис)

Юрій ЛЕБЕДЕНКО

Рецензент

(підпис)

Директор НМЦУПФ

(підпис)

Олена ГРИГОРЕВСЬКА

АНОТАЦІЯ

РУСНАК Ю.В. Автоматизована система керування технологічним процесом миття скляної тари. – Рукопис.

Дипломна бакалаврська робота за спеціальністю 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2023 рік.

Дана бакалаврська робота присвячена автоматизації процесу миття склотари, що підлягає вторинній переробці. Розглянуто технологічний процес механічного миття скляної тари, проаналізовано мийну машину як об'єкт керування, визначено параметри, що підлягають вимірюванню та регулюванню, сформульовано вимоги до контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації.

В рамках цього процесу була розроблена система автоматичного керування технологічним процесом миття тари з метою автоматичного керування мийною машиною для підвищення точності, ефективності та безпеки процесу миття тари, що підлягає вторинній переробці.

В даній роботі коротко описано технологічний процес миття, проаналізовано його характеристики як об'єкта керування. Описано функціональну схему автоматизації, проведено математичний аналіз об'єкта керування та синтезовано систему автоматичного регулювання концентрації лугу, рівня рідини та температури. Обґрунтовано вибір технічних рішень для автоматизації та принцип взаємодії системи керування електроприводом з вищестоящим комп'ютером.

Підготовлено функціональну та електричну схеми системи автоматизації, електричні схеми шафи керування та схеми трубопроводів, а також блок-схеми алгоритмів роботи.

Ключові слова: харчова промисловість, оборотна тара, схема автоматизації функціональна, програмувальний логічний контролер, автоматизована система керування технологічним процесом.

ANNOTATION

RUSNAK Yu.V. Automated control system for the technological process of washing glass containers. - Manuscript.

Diploma bachelor's thesis on specialty 151 - Automation and computer-integrated technologies. – Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2023.

This bachelor's thesis is devoted to the automation of the process of washing recyclable glass containers. The technological process of mechanical washing of glass containers is considered, the bottle washing machine as a control object is analyzed, the parameters to be measured and regulated are defined, the requirements for control and measuring devices and automation tools are formulated.

As part of this process, an automatic control system for the technological process of container washing was developed in order to automatically control the bottle washing machine to increase the accuracy, efficiency and safety of the process of washing recyclable containers.

This paper briefly describes the technological process of washing, analyzes its characteristics as an object of control. The functional scheme of automation is described, a mathematical analysis of the control object is carried out, and a system of automatic regulation of alkali concentration, liquid level and temperature is synthesized. The choice of technical solutions for automation and the principle of interaction of the electric drive control system with the superior computer are substantiated.

Functional and electrical diagrams of the automation system, electrical diagrams of the control cabinet and piping diagrams, as well as block diagrams of work algorithms have been prepared.

Key words: pasteurizer, food industry, recycling glass containers, the scheme of automation functionality, programmable logic controllers, automated process control system.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерське керування й збір даних)

АПК – агропромисловий комплекс

АРМ – автоматизоване робоче місце

АСУ – автоматична система керування

АСКТП – автоматизована система керування технологічним процесом.

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

БД РЧ – база даних реального часу

РКІ – рідкокристалічний індикатор

МП – мікропроцесор

ОВП – окисно-відновний потенціал

П – пропорційний

П і ЗА – прилади й засоби автоматизації

ПІ – пропорційно-інтегральний

ПІД – пропорційно-інтегрально-диференціальний

ПЛК – програмувальний логічний контролер

РСК – розподілена система керування

САР – система автоматичного регулювання

ТП – технологічний процес

ЦАП - цифроаналоговий перетворювач

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МИЙКИ СКЛЯНОЇ ТАРИ.....	12
1.1 Опис технологічного процесу	12
1.2 Обґрунтування вибору параметрів, що підлягають контролю й регулюванню.....	17
1.3 Висновок по розділу 1	18
РОЗДІЛ 2. СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ МИЙКИ СКЛЯНОЇ ТАРИ	19
2.1 Синтез контуру регулювання концентрації лужного розчину	19
2.1.1 Математичний опис статички об'єкта	20
2.1.2 Математичний опис динаміки об'єкта.....	22
2.1.3 Вибір регулятора для об'єкта з одною постійною часу	24
2.1.4 П - регулятор	26
2.1.5 ПІ- регулятор.....	27
2.1.6 ПІД- регулятор	29
2.1.7 Аналіз якості системи	30
2.2 Синтез системи стабілізації рівня у витратному баку	32
2.2.1 Математичний опис об'єкта.....	32
2.2.2 Вибір регулятора.....	37
2.2.3 Синтез П-регулятора	39
2.3 Синтез контуру регулювання температури	40
2.3.1 Математичний опис об'єкта керування	40
2.3.2 Визначення налаштувань регулятора.....	43
2.4 Висновок по розділу 2	44
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ МИТТЯ СКЛЯНОЇ ТАРИ	45

3.1	Опис функціональної схеми автоматизації процесу миття скляної тари	45
3.2	Динаміка роботи АСКТП.....	49
3.3	Опис засобів автоматизації, використаних у проекті	50
3.3.1	Мікроконтролер ADAM-5510	50
3.3.2	Термоперетворювач опору мідний вибухозахищений TCM-0387 ..	51
3.3.3	Витратомір електромагнітний Emerson Rosemount-8705.....	52
3.3.4	Механізми виконавчі МЕО.....	53
3.3.5	Монітор-Контролер рН Create рН/ORP-3520	54
3.4	Опис принципової електричної схеми керування.....	57
3.5	Щити й пульти керування.....	59
3.6	Опис схеми зовнішніх електричних і трубних проводок.....	62
3.7	Програмне забезпечення автоматизованої системи керування технологічним процесом миття тари	63
3.7.1	Алгоритм функціонування програмованого логічного контролера	63
3.7.2	Реалізація АРМ оператора за допомогою SCADA-системи	64
3.8	Висновок по розділу 3	71
	ВИСНОВКИ.....	72
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73
	ДОДАТОК А ТЕЗИ КОНФЕРЕНЦІЇ.....	78
	ДОДАТОК Б СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНА	80
	ДОДАТОК В СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА	81
	ДОДАТОК Г СХЕМА ЗОВНІШНІХ З'ЄДНАНЬ ПРИЛАДІВ.....	82
	ДОДАТОК Д СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА.....	83
	ДОДАТОК Е ЗАГАЛЬНИЙ ВИД ЩИТА.....	84
	ДОДАТОК Ж СХЕМА МОНТАЖНО-КОМУТАЦІЙНА;.....	85
	ДОДАТОК З БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ РОБОТИ.....	86

ВСТУП

Одним з головних завдань, що стоять перед харчовою промисловістю та харчовим машинобудуванням, є використання передових технологій для створення високоефективного технологічного обладнання, що дозволяє значно підвищити продуктивність праці, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та сприяти економії сировини, палива, енергії та матеріальних ресурсів.

Сучасні споживчі ринки висувають високі вимоги до напоїв з точки зору їх якості, смаку, тривалого терміну зберігання, привабливого пакування та ціни. Виробники перебувають під тиском необхідності диференціювати свою продукцію та збільшувати частку ринку. У цьому висококонкурентному середовищі немає місця для помилок. Навіть найменше відхилення від гігієнічних стандартів під час процесу розливу може зашкодити репутації бренду та безпечності продукції [1].

Дослідження сучасного стану та перспектив розвитку харчових виробництв в Україні показало, що рівень технологічних рішень є недостатнім. Тому розглядається можливість впровадження та модернізації комплексної автоматизації технологічних процесів з метою підвищення ефективності існуючого обладнання для очищення оборотної тари та покращення якості його роботи, при одночасному зменшенні витрат ручної праці [2].

В останні роки потреби в найбільш важливих для підприємств видах обладнання задовольняються на 60... 70%. Це пов'язано з тим, що переробна промисловість довгий час була змушена закуповувати обладнання за кордоном. Як наслідок, майже третина (27%) всього технологічного обладнання є імпортним.

Продуктивність на вітчизняних підприємствах, що переробляють сільськогосподарську сировину, у два-три рази нижча, ніж на аналогічних підприємствах у розвинених країнах. Лише 8% наявного обладнання працює на автоматизованих лініях.

Тема дипломної роботи є дуже актуальною, оскільки підвищення продуктивності та якості встаткування є ключовими завданнями харчової промисловості. Впровадження комплексної автоматизації технологічних процесів,

зокрема миття оборотної тари, дозволяє покращити ефективність та точність процесу, зменшити трудомісткість, підвищити безпеку та забезпечити стабільну якість продукції.

Дослідження має на меті розробку автоматизованої системи керування технологічним процесом миття тари, що є інноваційним напрямком розвитку у сфері харчового виробництва.

Завдання дослідження:

1. Аналіз технологічного процесу та визначення факторів, що впливають на якість миття тари, дозволить побудувати математичні моделі та розробити функціональну схему автоматизації.

2. Вибір апаратної платформи та розробка алгоритму функціонування програмованого логічного контролера є важливими етапами проекту.

3. Розробка графічного інтерфейсу SCADA-системи дозволить в реальному часі контролювати та керувати технологічним процесом миття тари.

Завдання дипломної роботи відповідають актуальним вимогам та потребам харчової промисловості, оскільки спрямовані на підвищення ефективності, якості та безпеки виробничих процесів. Результати дослідження можуть бути корисними для виробничих підприємств, які займаються переробкою харчової сировини та виробництвом напоїв.

Об'єктом дослідження є процес регулювання технологічних параметрів мийної машини.

Предмет дослідження - методи і засоби побудови автоматизованих систем керування мийними машинами.

У роботі були використані наступні методи дослідження:

- емпіричні методи: (експеримент, спостереження, опис);
- теоретичні методи (аналізу, синтезу, абстрагування, узагальнення).

Зокрема, застосовано метод декомпозиції для аналізу важливих факторів, що впливають на якість процесу миття тари; методи теорії автоматичного керування для аналізу системи та розрахунку параметрів налаштувань регуляторів; методи імітаційного моделювання для підтвердження результатів синтезу.

Інформаційна база дослідження: у процесі написання дипломної бакалаврської роботи були використані наукові публікації, що стосуються методів і засобів створення та реалізації комп'ютерно-інтегрованої системи керування технологічним процесом миття скляної тари. Ці джерела були отримані з фондів бібліотеки КНУТД та з ресурсів глобальної мережі Інтернет.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вдосконаленні алгоритму роботи комп'ютерно-інтегрованої системи керування параметрами технологічного процесу миття оборотної тари і розробці комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизованого керування, яка може бути інтегрована в загальну промислову комп'ютерну мережу підприємства.

Практичне значення одержаних результатів: запропонована модель технологічного процесу миття скляної тари дозволяє визначати оптимальні параметри налаштування регуляторів рівня, концентрації та температури лужного розчину з метою підвищення точності, ефективності й безпеки процесу миття оборотної тари.

Апробація результатів бакалаврської роботи: тези доповіді представлені на IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти «Сучасна молодь в світі інформаційних технологій» від 19 травня 2023 року, м. Херсон – Кропивницький (Додаток А) [1].

Структура і обсяг роботи: робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел (54 найменування), 8 додатків. Загальний обсяг бакалаврської роботи 86 сторінок комп'ютерного тексту.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МИЙКИ СКЛЯНОЇ ТАРИ

Очищення тари є важливою частиною процесу пакування харчових продуктів і напоїв, оскільки його ефективність впливає на якість продукції та безперебійну роботу всієї лінії розливу. Процес є фізично та хімічно складним за своєю природою. Загалом, сила, з якою забруднення прилипають до поверхні пляшки (адгезія), перевищує силу, з якою вони зчіплюються між собою (когезія), що ускладнює видалення забруднень, яке відбувається поступово, без будь-якого відокремлення забруднень у плівку [2].

Процес очищення тари можна розділити на два етапи. На першому етапі відбувається поверхнева взаємодія між забрудненнями та миючим розчином, а на другому - розділення гетерогенної системи, що складається із забруднень та скла. Перший етап можна розділити на дві фази:

1. Взаємодія (набухання) між речовиною, що очищується, і рідиною. У цей час на поверхні пляшки утворюється насичений розчин або концентрована суспензія;
2. Розчинена або суспендована речовина переходить у миючу рідину шляхом дифузії.

Зазвичай використовуються мийні машини та шприц-машини з ланцюговими конвеєрами для переміщення тари.

1.1 Опис технологічного процесу

Більшість мийних машин складаються з двох операцій - відмочування і багаторазового шприцювання миючою рідиною [3]. Під час відмочування рідина проникає в забруднення, що сприяє їх набряканню та частковому розчиненню. Під час шприцювання під гідромеханічним впливом удару струменів рідини відбувається більш активне видалення забруднень з поверхні тари порівняно з відмочуванням.

Перед укладанням харчових продуктів миття тари є необхідним. Сучасні мийні машини мають високу продуктивність і витрачають значну кількість води та електроенергії. Важливими факторами, що впливають на якість миття, є температура миючих розчинів і води, концентрація миючого розчину, тривалість миття, гідродинамічний вплив струменя миючого розчину та води під час внутрішнього і зовнішнього шприцювання тари, частота заповнення тари миючим розчином та інші фактори.

Температурний режим у мийних машинах повинен забезпечувати поступове нагрівання і наступне поступове охолодження, щоб уникнути термічного пошкодження тари. Нагрівання та охолодження тари проводяться поетапно, переміщуючи їх з однієї зони в іншу; максимально допустимий перепад температур між сусідніми зонами не повинен перевищувати 30-35°C. Гранична температура миючих рідин зазвичай не перевищує 85°C. Масова частка лужних розчинів коливається в межах 0,5-2,0%.

Найбільш поширеними є відмочувально-шприцювальні машини з ланцюговим транспортером для тари.

Сучасні мийні машини, незалежно від марки, включають такі основні елементи: механізми завантаження і вивантаження тари, пляшконосії, механізм переміщення пляшконосіїв, пристрій для зняття етикеток, шприцювальний пристрій, привод, підігрівник розчину у ваннах.

Якість вимитих тари оцінюється за такими показниками: фізична чистота, бактеріальна чистота і відсутність залишків миючого розчину в плящі. Мийні машини повинні забезпечувати чистоту об'єкта, що миється, виключати пошкодження або деформацію тари (для бляшаних банок), мінімальну витрату води й енергії, механізацію завантаження-розвантаження, простоту та надійність експлуатації, безпеку обслуговування.

Машина для миття тари АММ-6 (рис. 1.1) є однією з найбільш поширених машин у харчовій промисловості і призначена для миття тари об'ємом 0,25; 0,30 і 0,50 л.

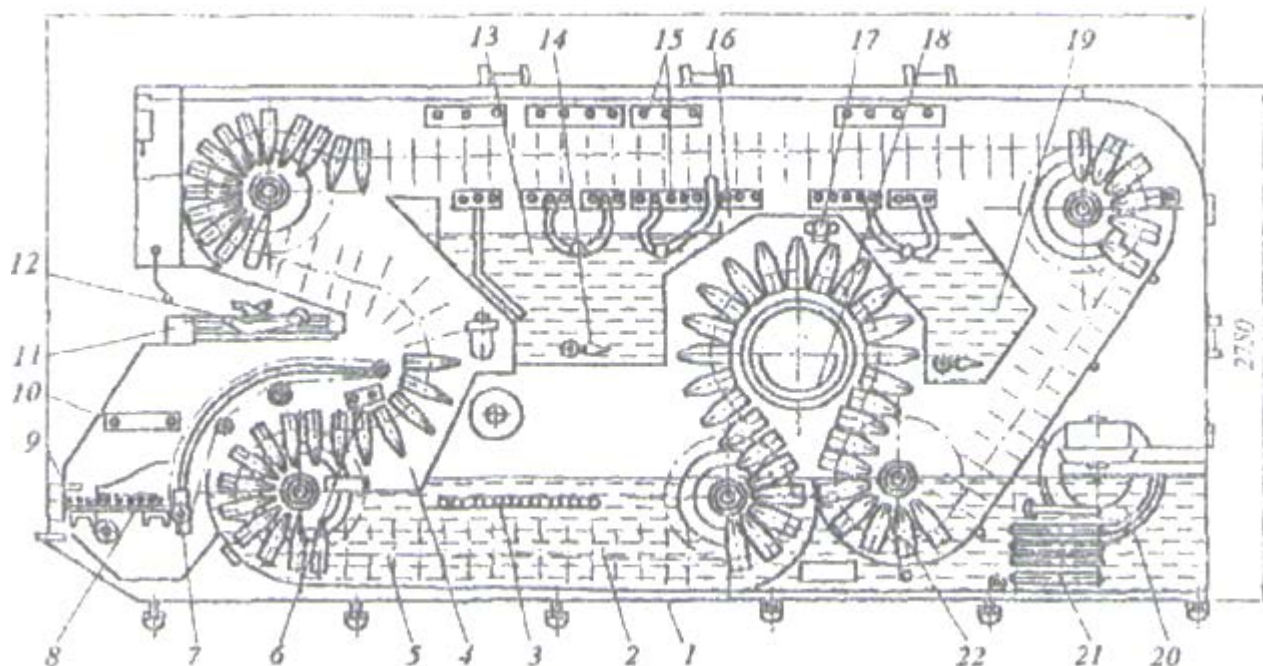


Рис. 1.1 Машина для миття тари АММ – 6

На рисунку позначено: 1 – корпус, 2 - відмочувальна ванна, 3 — підігрівач, 4 – піддон, 5 - транспортер пляшконосіїв, 6 - труба, 7 — загрузочний пристрій, 8 - накопичувач, 9 - подаючий транспортер. 10 - пристрій попереднього обмиву, 11 - відвідний транспортер, 12 - пристрій вигрузки тари, 13 - відсік оборотної води, 14 - барботер, 15 - пристрій для лужного миття, 16 - піддон, 17 - пристрій для змивання етикеток, 18 - жолоб, 19 – відсік, 20 - барабан, 21- підігрівач, 22 - відмочувальна ванна.

У звареному корпусі 7 знаходяться ванни 2 і 22 і відсіки теплої води та лужного розчину. У середині корпуса змонтований транспортер носіїв тари 5. У передній частині корпуса розташовані подаючий 9 і відвідний 11 транспортери, нагромаджувач тари, виконаний у вигляді багатопотічного рольганга з розподільниками, пристрій ланцюгового типу для завантаження тари. На корпусі кріпиться пристрій для вивантаження тари. З лівого боку розміщений привід машини, що складається з електродвигуна, варіатора і черв'ячного редуктора. Тут же встановлені три насосні установки: перша - для змиву відмоклих етикеток і створення спрямованого руку лужного розчину в відмочувальній ванні у бік

барабана етикетознімача, друга - для мийки тари лужним розчином, третя - для мийки оборотною водою. У машині є системи миття тари лужним розчином, гарячою, теплою і водопровідною водою. У першій лужній ванні 2 знаходиться підігрівач 3, а в другій (22) - підігрівач 21.

Особливістю машини є тривале відмочування тари у першій лужній ванні, після якої проводиться змивання етикеток із тари. Етикеткознімач складається з жолоба 18, що обертає сітчастий барабан 20, до якого потоком лугу притискаються етикетки, вентилятора для знімання етикеток і лотка для їхнього збору.

Пляшки, що подаються транспортером, надходять у накопичувач 8, де обмиваються теплою водою, подаваної з відсіку до пристрою для попереднього обмивання. Пристроєм 7 пляшки завантажуються в гнізда пляшконосіїв. Вода з тари разом з легкозмивними забрудненнями під час руху транспортера пляшконосіїв зливається в піддон 4.

Для більш ефективного підігріву пляшки перед надходженням у відмочувальну ванну обмиваються зовні гарячою водою, що надходить з піддона 16 у труби 6. У ванні відбувається відмочування забруднень і етикеток у лужному розчині. Змиті в пристрої 17 етикетки направляються жолобом 18 до барабана 20 етикеткознімача і вентилятором здуваються в лоток. У відмочувальній ванні і на похилій гілці транспортера пляшконосіїв продовжується відмочування забруднень у лужному розчині у відсіку 19. Встановлений у відсіку оборотної води 13 барботер 14 забезпечує необхідну турбулізацію потоків води.

На верхній гілці транспортера пляшки піддаються багаторазовому внутрішньому шприцюванню і зовнішньому ополіскуванню лужним розчином, гарячою, теплою і водопровідною водою за допомогою пристрою 15 для миття лугом і водою. Вимиті пляшки вивантажуються на відповідний транспортер 11. Температура миючих рідин регулюється автоматично.

Особливістю цієї машини є наявність двох окремих відмочних ванн. Технологічний режим мийки тари у машині можна знайти в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Технологічний режим мийки тари у машині

Операції	Температура, °С	Тривалість, хв
Попереднє очищення тари. Промивання водою перед тим, як помістити в ємність для замочування.		
Зовнішнє зрошення	30-35	0-45,0
Внутрішнє шприцювання	40—45	0—12,6
Зовнішнє ополіскування	40—45	0—18,0
Разом:	—	1—15,6
Замочування тари у ваннах з лужним розчином концентрацією 1,5-2,5 %		
Перше	65-70	3-36
Друге	75—80	3—18
Разом:	—	6—54
Мийка внутрішньої поверхні тари лужним розчином концентрацією 1,5-2,5%.		
Перше шприцювання	75-80	0-25,2
Друге шприцювання	60—65	0—25,2
Разом:	—	0—50,4
Загальна тривалість відмочування і мийки тари лужним розчином		7-44,4
Мийка внутрішньої поверхні тари водою		
Перше шприцювання	40-45	0-37,8
Друге шприцювання	25—30	0—37,8
Третє шприцювання	15—20	0—12,6

Продовження табл. 1.1

Разом:	-	1—28,2
Зрошення зовнішньої поверхні	-	0—48,0
Загальний час занурення та очищення внутрішньої поверхні тари	-	10-00,6
Тривалість обробки	-	11—16,2

У технічно встановленому режимі миття пляшки проходять кілька етапів на завантажувальному столі пральної машини перед тим, як потрапити в резервуар для замочування. Спочатку їх миють і нагрівають у воді при температурі 40-45°C. Потім занурюють у лужний розчин при температурі 60-65°C. Далі вони занурюються в лужний розчин при температурі 60-65°C. Другий відсік ванни переміщується, і пляшки занурюються в лужний розчин з температурою 80-85°C. Потім пляшку шприцують 16 разів. Перший шприц - з лугом, а останній - з водою. Під час цього процесу температура миючого розчину поступово знижується з 85°C до 15°C.

1.2 Обґрунтування вибору параметрів, що підлягають контролю й регулюванню

Витратоміри або датчики потоку використовуються для контролю потоку води в мийних машинах. Ці датчики вимірюють кількість води, що проходить через систему, і передають цю інформацію на мікропроцесорний контролер. Контролер може регулювати потік води відповідно до заданих параметрів, щоб забезпечити оптимальний потік.

Мийні машини також використовують систему рециркуляції води для підвищення ефективності та економії енергії. Ця система збирає воду, яка пройшла через процес прання, видаляє забруднення, а потім повторно використовує її для подальшого прання. Це зменшує споживання води та більш ефективно використовує ресурси.

Час процесу миття та гідродинамічний вплив миючого засобу і струменя води на внутрішню і зовнішню поверхню пляшки також є важливими факторами. Оптимальний час миття залежить від типу пляшки та розчину, а гідродинамічний вплив забезпечується відповідною конструкцією форсунок та налаштуваннями швидкості потоку.

Машини для миття також повинні бути спроектовані з урахуванням вимог безпеки. Це означає, що вони повинні відповідати нормам і стандартам безпеки і бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити доступ до обслуговування і технічного обслуговування з мінімальним ризиком для оператора. Крім того, вони повинні бути простими і надійними в експлуатації, щоб їх було легко налаштувати і підтримувати оптимальну продуктивність.

1.3 Висновок по розділу 1

Отже, якість мийних машин оцінюється за різними показниками, включаючи фізичну та бактеріальну чистоту тари, відсутність залишків миючого розчину, ефективність використання води та енергії, механізацію процесу, простоту експлуатації та безпеку обслуговування. Для досягнення цих параметрів мийні машини використовують різні системи регулювання, включаючи контроль концентрації миючого розчину, стабілізацію рівня у витратному баку, регулювання температури та контроль витрати води.

РОЗДІЛ 2. СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ МИЙКИ СКЛЯНОЇ ТАРИ

2.1 Синтез контуру регулювання концентрації лужного розчину

Вихідними даними для розрахунку контуру регулювання концентрації лугу є наступні параметри трубопроводу з наступною конфігурацією (рис. 2.1):

1. Внутрішній діаметр $d = 200\text{мм}$,
2. Середня витрата рідини $Q = 0.027\text{ м}^3/\text{с}$
3. Швидкість потоку рідини 1м/с .
4. Щільність рідини – $\rho = 1.005\text{ кг/м}^3$

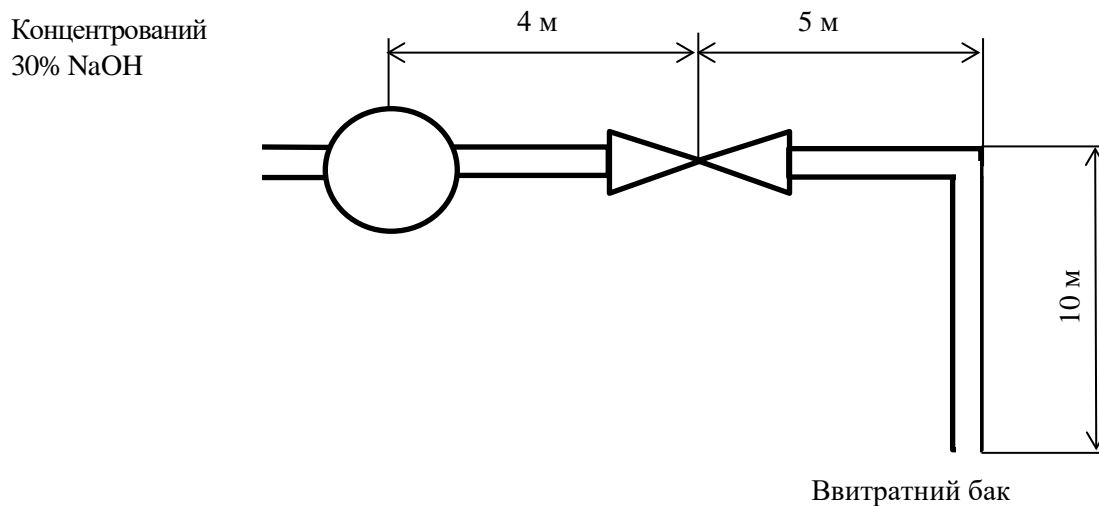


Рис. 2.1 Схема трубопроводу для автоматизації

Знайдемо втрати тиску на надання потоку рідини швидкості [7]:

$$\Delta p_{СК} = \frac{\rho \times v^2}{2} = \frac{1,003 \times 1}{2} = 0.5 \text{ Па} \quad (2.1)$$

2.1.1 Математичний опис статички об'єкта

1. Складемо рівняння матеріальний балансу для трубопроводу, враховуючи умову нерозривності струменя [8]:

$$S_a \times v_a = S_b \times v_b \quad (2.2)$$

З (2.1) одержимо :

$$v_a = S_b \times v_b / S_a \quad (2.3)$$

Позначимо

$$S_b / S_a = m \quad (2.4)$$

2. Врахуємо енергетичний баланс - рівняння Бернуллі:

$$\rho \times g \times h_a + P_a + \frac{\rho \times v_a^2}{2} = \rho \times g \times h_b + \frac{\rho \times v_b^2}{2} \times (1 + \lambda \times 1/D + \zeta d + \zeta p_o(X p_o)) + P_b \quad (2.5)$$

Підставимо у вираз (2.5) рівняння для швидкості потоку в перетині «а» з урахуванням (2.3):

$$\rho \times g \times (h_a - h_b) + (P_a - P_b) = \frac{\rho \times v_b^2}{2} \times \left(1 - \frac{S_b^2}{S_a^2} + \lambda \times \frac{1}{D} + \zeta d + \zeta p_o\right) \quad (2.6)$$

Підставимо в (2.6) замість v_b його вираз зі співвідношення для об'ємної витрати в перетині « b »:

$$Q_b = v_b \times S_b;$$

звідки

$$v_b = Q_b / S_b;$$

$$\rho \times g \times (h_a - h_b) + (P_a - P_b) = \frac{\rho \times Q_b^2}{2 \times S_b^2} \times \left(1 - m^2 + \lambda \times \frac{1}{D} + \zeta d + \zeta p_o\right) \quad (2.7)$$

Перетворимо вираз (2.4) з урахуванням (2.1) до виду:

$$2 \times S_b^2 \times [\rho \times g \times (h_a - h_b) + (P_a - P_b)] = \rho \times Q_b^2 \left(1 - m^2 + \lambda \times \frac{1}{D} + \xi_d + \xi_{po}\right) \quad (2.8)$$

Розв'яжемо рівняння (5) відносно Q_b :

$$Q_b = \frac{S_b}{\sqrt{1 - m^2 + \lambda \times \frac{1}{D} + \xi_d + \xi_{po}}} \times \sqrt{\frac{2 \times \rho \times g}{\rho} \times (h_a - h_b) + \frac{2}{\rho} \times (P_a - P_b)} \quad (2.9)$$

Лінеарізуємо вирази математичної моделі статичної системи за допомогою розкладання в ряд Тейлора:

1. Через збільшення й часткові похідні:

$$\Delta Q = \left(\frac{\partial Q}{\partial P_a}\right) \times \Delta P_a + \left(\frac{\partial Q}{\partial P_b}\right) \times \Delta P_b + \left(\frac{\partial Q}{\partial h_a}\right) \times \Delta h_a + \left(\frac{\partial Q}{\partial h_b}\right) \times \Delta h_b + \left(\frac{\partial Q}{\partial X_{po}}\right) \times \Delta X_{po} \quad (2.10)$$

2. Через збільшення й коефіцієнти підсилення:

$$\Delta Q = K_1 \Delta P_a + K_2 \Delta P_b + K_3 \Delta h_a + K_4 \Delta h_b + K_5 \Delta X_{po} \quad (2.11)$$

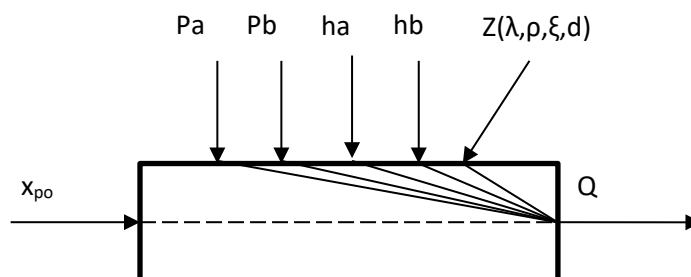


Рис. 2.2 Інформаційна схема об'єкта керування

- X_{po} - можливий регулюючий вплив;
- P_a , h_a , P_b , h_b - можливі контрольовані збурення;
- Z - можливі неконтрольовані збурення.

2.1.2 Математичний опис динаміки об'єкта.

Структурна схема об'єкта наведена на рис. 2.3.

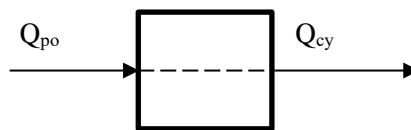


Рис. 2.3 Структурна схема об'єкта

Складаємо рівняння динаміки:

$$\frac{V_{TP}}{Q_{cy}} \times \frac{dQ_{cy}}{dt} = Q_{PO} - Q_{CY} \quad (2.12)$$

Складаємо рівняння статички:

$$Q_{PO} = Q_{CY} \quad (2.13)$$

Застосовуючи метод безрозмірних змінних, складаємо рівняння динаміки в часовій області:

$$\frac{V_{TP}}{Q_{cy}^0} \times \frac{dQ_{cy}^{\delta}(t)}{dt} + Q_{cy}^{\delta}(t) = \frac{Q_{po}^0}{Q_{cy}^0} \times Q_{po}^{\delta}(t) \quad (2.14)$$

Отримаємо рівняння динаміки з урахуванням запізнювання:

$$T_{об} \times \frac{dQ_{cy}^{\delta}(t)}{dt} + Q_{cy}^{\delta}(t) = K_{об} \times Q_{po}^{\delta}(t - \tau) \quad (2.15)$$

Таким чином, передатна функція для виразу (2.15):

$$W(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} p + 1} \times e^{-p\tau_{об}} \quad (2.16)$$

де

$$T_{об} = \frac{V_{TP}}{Q_{cy}^0}; \quad \tau_{про} = \frac{V_{TP}}{Q_{po}^0}$$

Перетин трубопроводу дорівнює $S = \pi R^2 = 0.062 \text{ м}^2$.

Об'єм трубопроводу, відповідно – $V = 4 \times S + 5 \times S + 10 \times S = 1.178 \text{ м}^3$.

Знаходимо коефіцієнти для об'єкта:

$$K=1, T_{об} = \frac{1,178}{0,27} = 4,36; \quad \tau_{об} = \frac{1,178}{0,36} = 3,27$$

Тоді передавальна функція трубопроводу можна записати як

$$Wt(p) = \frac{1}{3,36p + 1} \times e^{-3,27p} \quad (2.17)$$

Клапан, який використовується, має лінійну характеристику, що означає, що зміна відсотка відкритості клапана пропорційна зміні робочого органа клапана. Час, необхідний для повного переміщення робочого органа від повністю закритого положення до повністю відкритого положення або навпаки, становить 25 секунд. Таким чином, передатна функція клапана може бути записана для опису цього зв'язку:

$$Wк(p) = \frac{1}{25p + 1} \quad (2.18)$$

Запишемо передатну функцію об'єкта керування:

$$Wo(p) = \frac{1}{(25p + 1)(3,36 + 1)} \times e^{-3,27p} \quad (2.19)$$

2.1.3 Вибір регулятора для об'єкта з одною постійною часу

Вибір типу регулятора і рішення про його конфігурацію залежать від наступних факторів: типу об'єкта, тобто його статичних і динамічних характеристик, місця розташування і типу застосування збурюючого впливу f , а також критеріїв якості, які повинні бути прийняті [9,10].

Знайдемо еквівалентну постійну часу об'єкта

$$T_{ек} = T_1 + T_2 = 28.3с$$

Визначимо динамічні параметри об'єкта:

- $K_{об} = 1$
- $T_{ек} = 28.3$
- $\tau_y = 3.27$
- $\tau_y/T_{ек} = 0.11$

Максимальне перерегулювання складає 1.35

Збурювання x_b :

- наростаючі - до 20% ходу
- пікові - до 8% ходу.

За умовами технологічного процесу припустимими є:

- максимальне динамічне відхилення $v_1 = 10 \text{ м}^3/\text{с}$
- перерегулювання $\sigma = 10\%$ від y_1
- залишкове відхилення $E = 0.5 \text{ м}^3/\text{год}$
- час регулювання $t_p = 170 \text{ с}$.

Для випадку пікових збурювань визначимо потрібний динамічний коефіцієнт регулювання шляхом використання наступного рівняння:

$$R_D = \frac{y_1}{K_{об} \cdot x_b} = \frac{10}{1 \cdot 20} = 0.5$$

Згідно з графіком рис. 3,б [11], регулятори П, ПІ, ПІД відповідають умовам, коли $\tau_y/T_{ек} = 0,11$.

Для перевірки необхідного часу регулювання, ми звертаємося до графіків рис. 4,б [11]. Усі регулятори П, ПІ, ПІД задовольняють заданий час регулювання t_r .

Для визначення типу регулятора використовуємо програму MATLAB та вводимо передатну функцію для стійкого об'єкта першого порядку без запізнювання за допомогою наведеного скрипта.

```
t = tf(1,[ 283 1])
```

Зробимо заміну, попередньо апроксимувавши транспортне запізнювання чотирма членами ряду Тейлора

$$e^{-p\tau} \approx \frac{2 - p\tau}{2 + p\tau}; \quad (2.20)$$

За допомогою наведеного скрипта отримуємо перехідну характеристику об'єкта, коли маємо систему першого порядку з запізнюванням і перетворюємо її в систему другого порядку без запізнювання. Після подачі одиничного вхідного сигналу отримуємо графік, який відображає перехідну характеристику об'єкта.

```
zad = tf([-3.27 1],[3.27 1])
new = series(t, zad)
```

Отримаємо наближену передатну функцію ланки запізнювання

$$W_3 = \frac{-3,27s + 1}{3,27s - 1}$$

Передатна функція об'єкта керування з урахуванням запізнювання може бути визначена як

$$W_0 = \frac{-3,27s + 1}{925,4s^2 + 286s + 1}$$

Проведемо дослідження перехідного процесу з використанням трьох регуляторів: пропорційного (П), пропорційно-інтегрального (ПІ) і пропорційно-інтегрально-диференціального (ПІД). Існують різні методи для визначення оптимальних значень параметрів настроювання автоматичних регуляторів для їх роботи в одноконтурних системах автоматичного регулювання (САР). Найпоширенішими методами є кореневий метод, частотний метод, метод інтегральної оцінки і метод математичного моделювання.

Якщо об'єкт апроксимується передавальною функцією, то оптимальні налаштування регулятора безперервної дії можна знайти з таблиці 5 [11].

2.1.4 П - регулятор

Вибираємо тип перехідного процесу – мінімум середньоквадратичної помилки.

$$K_p = \frac{0,9}{K_m \tau_y / T_0} = \frac{0,9 \times 38}{11 \times 3,2} = 10,6$$

$$\text{reg} = \text{tf}(10.6);$$

Отже, передатна функція замкненої системи буде рівна:

$$W_3 = \frac{-34,66s + 10,6}{925,4s^2 + 251,6s + 11,6}$$

Послідовно з'єднуємо передатну функцію об'єкта з передатною функцією регулятора і подаємо одиничний вхідний сигнал на вхід цієї системи:

```

se = series(new,reg);
sys1 = feedback(se,1);
step(sys1);

```

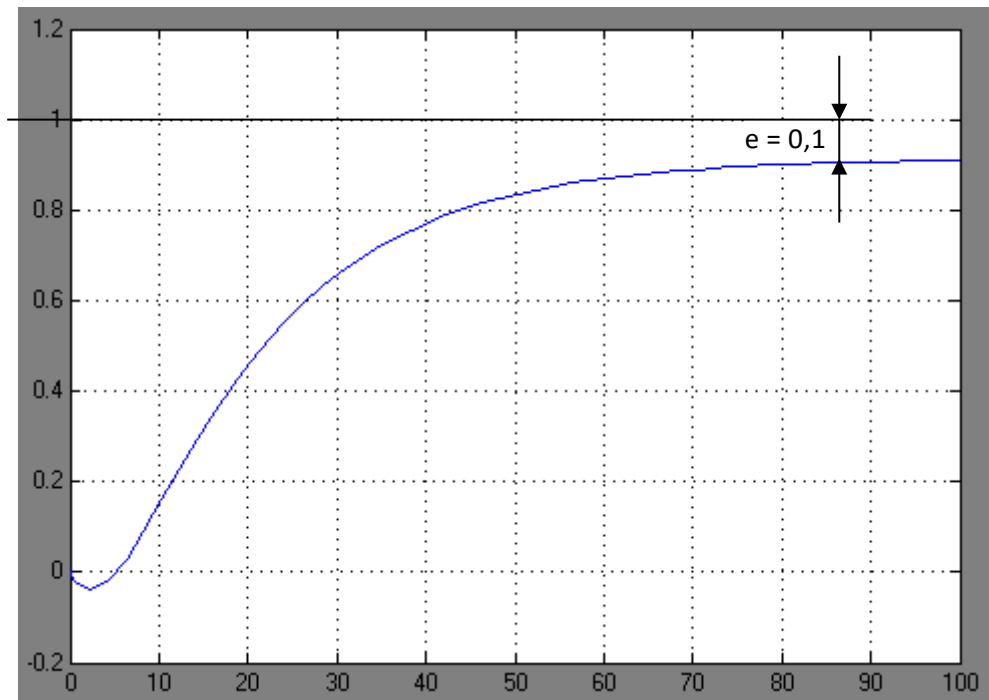


Рис. 2.4 Перехідна характеристика з П-Регулятором

2.1.5 ПІ- регулятор

$$K_p = \frac{1}{K_m \tau_y / T_0} = \frac{38}{1 \times 3,2} = 11,87$$

$$T_i = T_{ee} = 38$$

Передавальна функція об'єкта і передавальна функція регулятора з'єднані послідовно і система замкнута з від'ємним зворотним зв'язком.

Передавальна функція системи з ПІ-регулятором

$$W_{III} = \frac{-1475s^2 + 312s + 11,87}{3,517 \cdot 10^3 + 1,088 \cdot 10^2 + 38s}$$

За допомогою наступного скрипта подаємо на вхід системи одиничний вплив.

```
reg = tf([ 11.87*38 11.87],[38 0]);
sec = series(new,reg);
sys3=feedback(sec,1);
step(sys3)
```

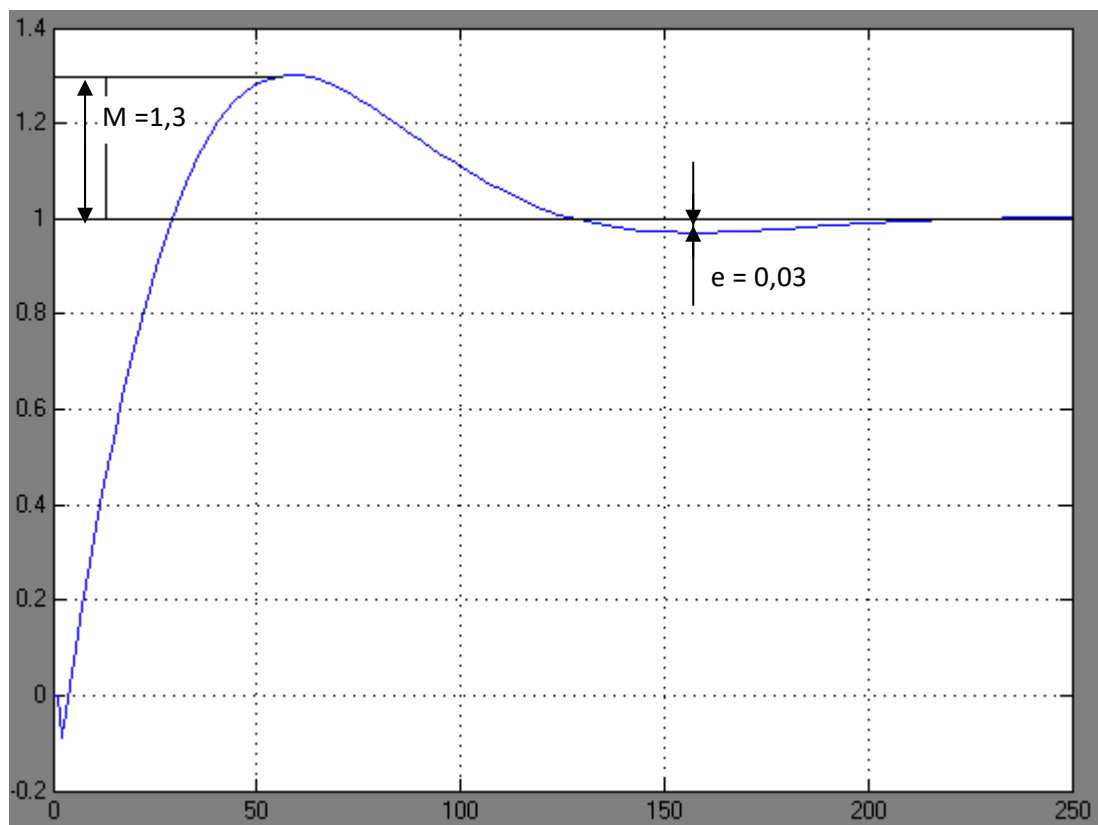


Рис. 2.5 Перехідна характеристика з ПІ-регулятором

2.1.6 ПІД- регулятор

$$K_p = \frac{1,4}{K_m \tau_y / T_0} = \frac{1,4}{1 \times 3,2 / 38} = 16,6$$

$$T_i = 1,3\tau_y = 2,4 \times 3,2 = 4,16$$

$$T_d = 0,5\tau_y = 0,5 \times 3,2 = 1,6$$

З'єднайте послідовно передатну функцію об'єкта та передатну функцію контролера і замкніть систему з від'ємним зворотним зв'язком. Подайте на вхід системи одиничний вплив.

```
reg=tf(conv([11.28*7.68 11.28],[1.28 1]),conv([7.68 0],[0.01 1]));
series(new,reg);
se=series(new,reg);
sys4 = feedback(se,1);figure;
step (sys4);
```

Передавальна функції замкненої системи

$$W_{ПІД} = \frac{-326,6s^3 + 219,6s^2 + 64,18s + 11,28}{710,7s^4 + 6767s^3 + 1979s^2 + 71,86s + 11,28}$$

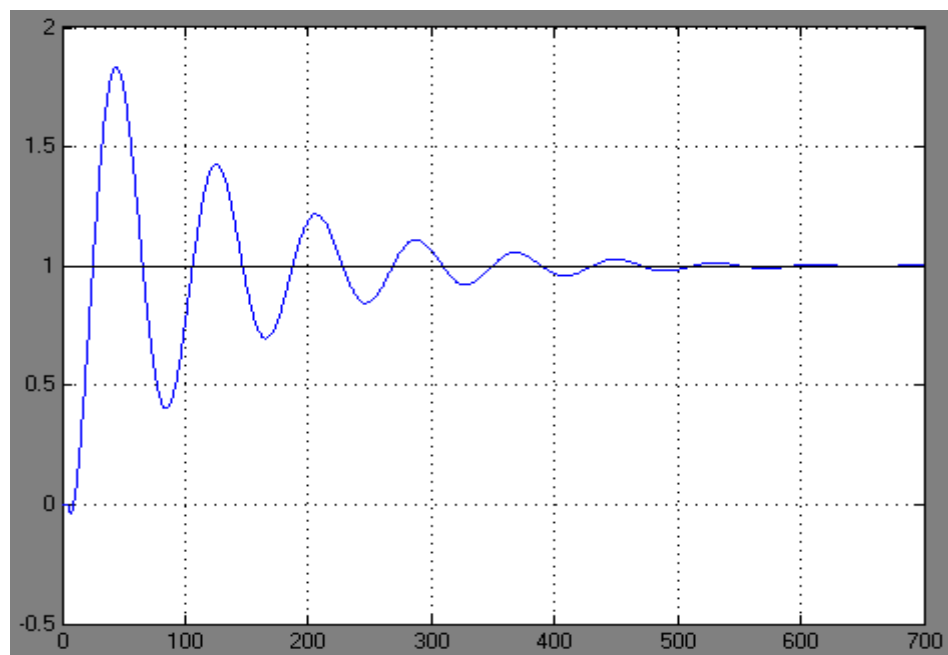


Рис. 2.6 Перехідна характеристики з ПІД-регулятором

Судячи з графіка, можна побачити, що система, в якій використовується ПІД-регулятор, має неприпустимо високий ступінь коливальності.

Доцільно вибрати ПІ-регулятор для системи, оскільки графіки перехідних процесів з П, ПІ і ПІД регуляторами показують, що ПІ-регулятор найбільш точно відповідає вимогам, що ставляться. Його якісні показники такі: перерегулювання $M = 1.3$, час регулювання $t_p = 130$ сек і помилка встановлення значення $E = 0.03$.

Z-перетворення передаточної функції ПІ-регулятора та системи керування з частотою дискретизації 0,1 с для реалізації ПІ-алгоритму керування [13].

```
reg = tf(conv([ 11.28*7.68 11.28],[1.28 1]),conv([7.68 0],[0.01 1]));
r = c2d(reg,0.1)
r2 =c2d(sys3,0.1)
```

$$W_{III}(z) = \frac{1444z^2 + 2874z + 1431}{z^2 + 4.54 \cdot 10^5}$$

Передатна функція цифрової системи:

$$W_{sys}(z) = \frac{-0,004081z^2 + 0,008277z - 0,004196}{z^3 - 2,973z^2 + 2,947z - 0,973}$$

2.1.7 Аналіз якості системи

Системи автоматичного керування повинні враховувати не тільки стійкість, але й забезпечення адекватних перехідних процесів, а задані режими повинні мати похибки, що не перевищують допустимих значень [14]. Перехідна функція системи відображає реакцію системи на однокрокове збурення за нульових початкових умов, а якість перехідного процесу оцінюється за допомогою набору показників якості. Ці показники повинні знаходитися в межах заданих значень, що

відповідають цілям системи, таких як час регулювання, перерегулювання, час встановлення, кількість і частота коливань і помилки системи в заданому режимі.

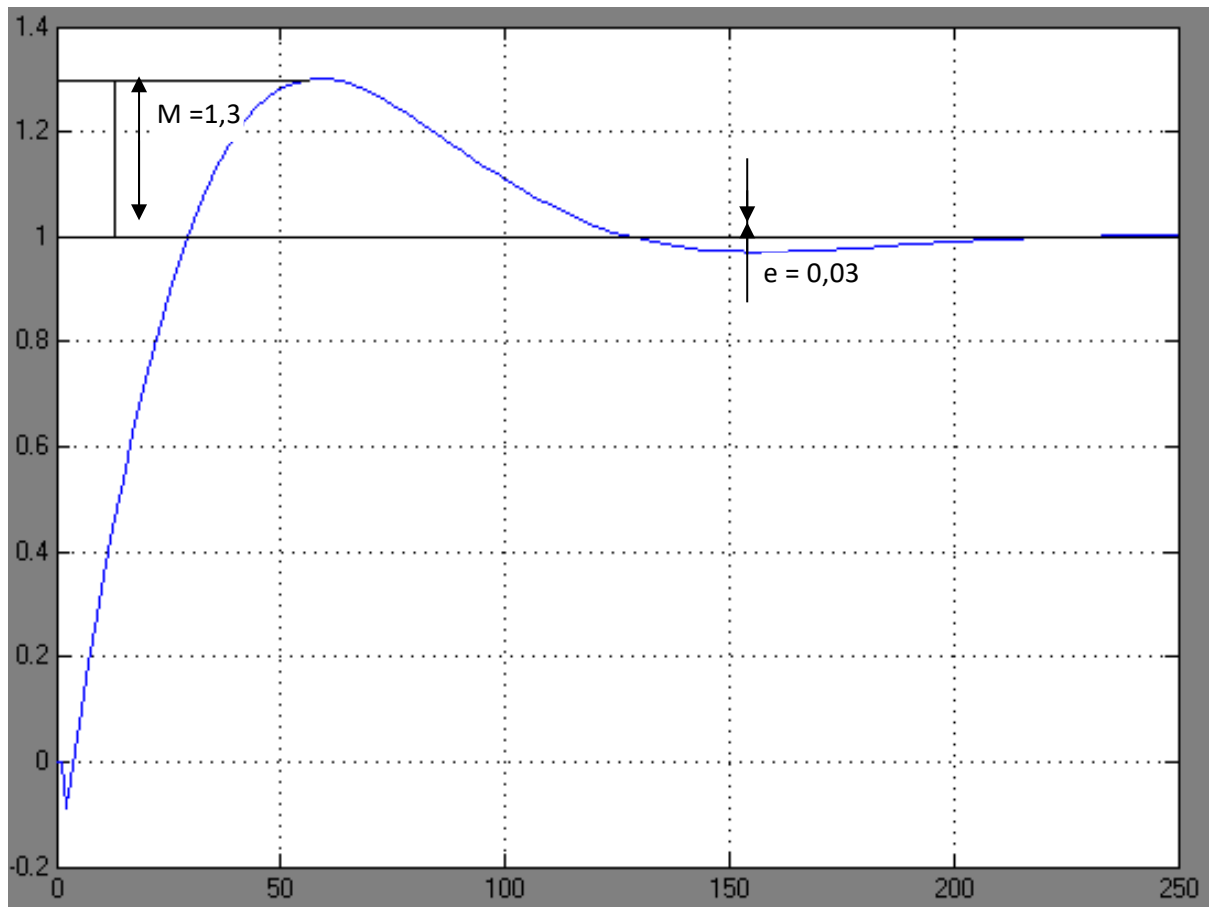


Рис. 2.7 Перехідна характеристика системи

Перехідний процес ПІ-регулятора було проаналізовано за допомогою MATLAB [15], в результаті чого було встановлено показники якості системи: час регулювання -130 с, перерегулювання -30% та статична похибка -0,03, що задовольняє вимогам до якості системи.

Для перевірки стійкості системи в MATLAB було знайдено корені характеристичних рівнянь за допомогою наступних команд

```

pole(r2)
ans =
    0.9974 + 0.0030i
    0.9974 - 0.0030i
    0.9787

```

Стійкість системи забезпечується, коли всі корені характеристичного рівняння лежать в межах одиничного кола. Це є достатньою і необхідною умовою для стійкості системи [16].

Для програмної реалізації цифрової системи керування необхідно використати наступний цифровий фільтр [17].

$$W(z) = \frac{1444 + 2877z^{-1} + 1431z^{-2}}{1 - z^{-1}} \quad (2.22)$$

Знайдемо алгоритм роботи ЦОС на основі передавальної функції цифрового фільтра:

$$Y[n] = 1444 \times [n] - 2877 \times [n-1] + 1431 \times [n-2] + y[n-1] + 0.000045y[n-2].$$

2.2 Синтез системи стабілізації рівня у витратному баку

2.2.1 Математичний опис об'єкта.

Об'єктом автоматичного керування є жолоб вакуум-фільтра з поперечним перерізом $S = 0,9 \text{ м}^2$. Завданням системи автоматичного керування є стабілізація рівня рідини в резервуарі на номінальному значенні $h = 2,0 \text{ м}$.

Тиск перед регулювальним клапаном постійний, зі значенням $h_{cl} = 8 \text{ м}$. Клапан має електричний привід і оснащений позиціонером: змінюючи струм від 4 до 20 мА, клапан має ефект повного регулювання, тобто може рухатися в діапазоні 0-100%. Залежність між витратою і тиском є параболічною, а залежність між цими

двома величинами можна виразити у вигляді квадратичної функції. Це означає, що при збільшенні або зменшенні витрати тиск змінюється не лінійно, а залежить від квадрата витрати. Пневматичні приводи клапанів мають інерційність, тобто зміна положення клапана відбувається не миттєво, а з певною затримкою. Ця затримка визначається постійною часу, яка показує, наскільки швидко система реагує на зміну вхідного сигналу.

Постійна часу пневматичного приводу клапана відображає час, за який система досягає 63,2% свого кінцевого значення після зміни вхідного сигналу. Вона може бути виражена в одиницях часу, таких як секунди, наприклад, постійна часу клапана $T_{cl} = 20$ секунд. При витраті Q клапан відкритий на 70%. $Q = 0,06$ м³/с. Один з каналів керування ПЛК використовується як регулятор рівня.

Залежність між витратою і тиском є параболічною, тобто залежність між цими двома величинами можна описати квадратичною функцією. Це означає, що при збільшенні або зменшенні витрати тиск змінюється не лінійно, а залежить від квадрата витрати. Пневматичні приводи клапанів мають інерційність, тобто зміна положення клапана відбувається не миттєво, а з певною затримкою. Ця затримка визначається постійною часу, яка показує, як швидко система реагує на зміну вхідного сигналу.

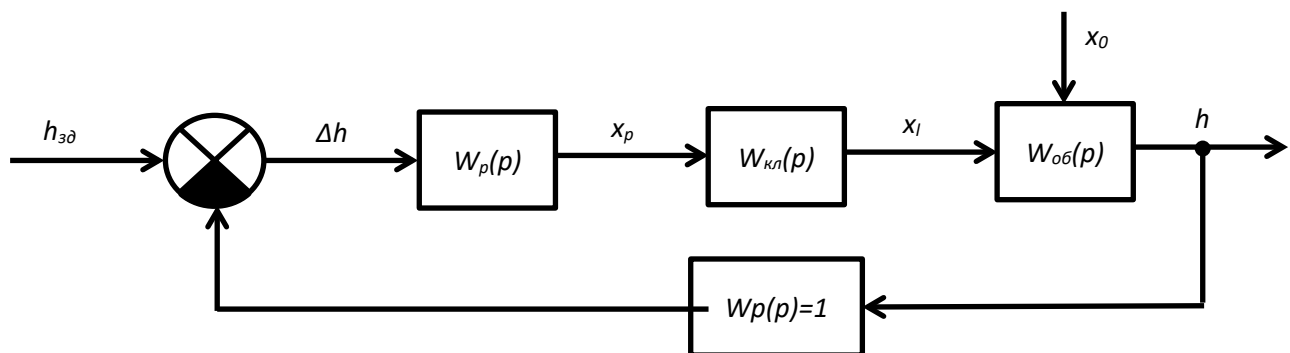


Рис. 2.8 Блок-схема системи автоматичного регулювання рівня у витратному баку

Постійна часу пневматичного клапана відображає час, за який система досягає 63,2% свого кінцевого значення після зміни вхідного сигналу. Це можна виразити в одиницях часу, таких як секунди, з постійною часу клапана $T_{cl} = 20$

секунд. При витраті Q клапан відкритий на 70%. $Q = 0,06$ м³/с. Один з каналів керування ПЛК використовується як регулятор рівня.

Розглянемо рівняння системи. З умов матеріального балансу об'єкта [18] випливає, що

$$S \frac{dh}{dt} = Q_{np} - Q_{cm} \quad (2.23)$$

Рівняння (2.23) диференціюється за параметром (рівнем), що регулюється, та положенням клапана і може виражати всі члени цього рівняння

$$S \frac{d^2 h}{dt^2} = \frac{dQ_{np}}{dt} - \frac{dQ_{cm}}{dt} \quad (2.24)$$

Перетворення Лапласа рівняння (2.23) дає:

$$Shp = Q_{np} - Q_{cm} \quad (2.25)$$

Зміна потоку Q_{cm} може бути визначена через зміну рівня h :

$$\frac{dQ_{cm}}{dt} = \frac{dQ_{cm}}{dh} \cdot \frac{dh}{dt} \quad (2.26)$$

або після інтегрування:

$$Q_{cm} = \left(\frac{dQ_{cm}}{dh} \right) H \quad (2.27)$$

Зміна потоку Q_{np} може бути визначена через зміну рівня h і регулюючий вплив x :

$$\frac{dQ_{np}}{dt} = \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h} \right)_{x_{21}} \times \frac{dh}{dt} + \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial x_1} \right)_h \times \frac{dx_1}{dt} \quad (2.28)$$

(де x_1 — регулюючий вплив номінального режиму) або після інтегрування:

$$Q_{np} = \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h} \right)_{x_1} \cdot H + \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial x_1} \right)_h \cdot X \quad (2.29)$$

Підставимо вираження (2.27) і (2.29) у рівняння (2.25):

$$SHp = \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h} \right)_{x_1} \cdot H + \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial x_1} \right)_h \cdot X - \left(\frac{dQ_{cm}}{dh} \right) \cdot H \quad (2.30)$$

Перетворимо рівняння (2.30):

$$\frac{SHp}{\frac{dQ_{cm}}{dh} - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h} \right)_{x_1}} Hp + H = \frac{\left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial x_1} \right)_h}{\frac{dQ_{cm}}{dh} - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h} \right)_{x_1}} X_1 \quad (2.31)$$

Позначимо через

$$T_{об} = \frac{S}{\frac{dQ_{cm}}{dh} - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h} \right)_{x_1}} ; \quad k_{об} = \frac{\left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial x_1} \right)_h}{\frac{dQ_{cm}}{dh} - \left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h} \right)_{x_1}} \quad (2.32)$$

де $T_{об}$ - постійна часу об'єкта;

$k_{об}$ - коефіцієнт підсилення (передачі) об'єкта.

Тоді остаточне рівняння об'єкта буде:

$$T_{об}Hp + H = k_{об}X_1 \quad (2.33)$$

Після перетворення (2.44) одержимо:

$$\frac{H}{x_1} = \frac{k_{об}}{T_{об}p + 1} \quad (2.34)$$

Чисельні величини $T_{об}$ і $k_{об}$ можуть бути підраховані із заданих умов. Якщо потік $Q_{ст}$ пропорційний кореню квадратному з рівня, то

$$Q_{ст} = C\sqrt{h} \quad (2.35)$$

При $Q_{ст} = 0.06 \text{ м}^3/\text{с}$ і $h = 2,0\text{м}$ маємо $C = 0,244$. Тоді

$$\frac{\partial Q_{ст}}{\partial h} = 0.021 \quad (2.36)$$

Так само можна отримати похідну для клапана припускаючи, що потік є ламінарним:

$$\left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h}\right)_{x_1} = -\frac{(Q_{np})_{уст}}{2(h_{кл} - h_{уст})} \quad (2.37)$$

$$\left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial h}\right)_{x_1} = \frac{0,06}{2(4,3)} = 0,0063 \text{ м}^3 \text{ хв}^{-1} \text{ м}^{-1}$$

Знак мінус означає, що Q_{np} зменшується зі збільшенням h , оскільки залежність між положенням клапана і витратою вважається лінійною. Іншими словами:

$$\left(\frac{\partial Q_{np}}{\partial x_1}\right)_h = \frac{0,06}{0,7} = 0,086 \frac{\text{м}^3}{\text{хв} \times \text{положення клапана у \% / 100}} \quad (2.38)$$

З урахуванням відповідних похідних у виразі (2.32):

$$T_{об} = 402 \text{ с}, \quad k_{об} = 5,8 \quad (2.39)$$

Отримаємо рівняння об'єкта в області номінального режиму при $h_0 = 3,0 \text{ м}$:

$$\frac{H}{x_1} = \frac{5,8}{402p + 1} \quad (2.40)$$

Припускаючи, що регулювальний орган має лінійну характеристику, отримаємо рівняння регулятора:

$$x_p = k_p \Delta x \quad (2.41)$$

де k_p — положення клапана в $(\%/100)/\text{м}$.

Оскільки положення клапана пропорційне тиску в клапані, розміри k_p можуть змінюватися.

Залежність між положенням клапана та витратою є лінійною, коли постійна часу клапана встановлена на 5 секунд, тому модифіковане рівняння можна записати наступним чином:

$$\frac{X_1}{X_p} = \frac{1}{20p+1} \quad (2.42)$$

Врахуємо час проходження рідини по трубах і чисте запізнювання 5с:

$$W(p) = \frac{5,8}{(400p+1)(20p+1)} \times e^{-5p} \quad (2.43)$$

2.2.2 Вибір регулятора

При виборі типу регулятора та визначенні його еквівалентної постійної часу об'єкта враховуються такі фактори: тип об'єкта зі статичними та динамічними властивостями, контекст застосування регулятора, характер і тип впливу збурення f , а також обрані критерії якості [19].

Еквівалентна стала часу об'єкта регулювання:

$$T_{ек} = T_1 + T_2 = 420с. \quad (2.44)$$

Динамічні характеристики об'єкта: $K_{об} = 5,8$; $\tau_y = 2$; $\tau_y / T_{ек} = 0,0125$

Максимальне перерегулювання 1.1

Мінімальне перерегулювання при збільшенні - до 15% ходу, при зменшенні - до 5% ходу.

Допускається за технологічними умовами:

- Максимальне динамічне відхилення $\gamma_1 = 0,2$ м
- Перерегулювання $\sigma = 7\%$ від γ_1 .
- Залишкове відхилення $E = 0,1$ м.
- Час регулювання $t_p = 100$ с.

Необхідні коефіцієнти динамічного керування у випадку пікового збурення можна отримати за допомогою наступного рівняння:

$$R_D = \frac{y_1}{K_{об} \cdot x_B} = \frac{0,2}{5,8 \cdot 5} = 0,86$$

Як видно з графіка на рис. 3 б [2], цим умовам при $t_u/Tek = 0,0125$ задовольняють П-, ПІ- та ПІД-регулятори.

Для визначення необхідного часу регулювання проаналізовано графіки на рис. 4 та рис. 6 [2]. Всі типи регуляторів (П, ПІ та ПІД) задовольняють заданому значенню t_p . Щоб дізнатися більше про типи регуляторів, використовуйте MATLAB і наступний скрипт для введення передатної функції стійкого об'єкта першого порядку без запізнення.

$$t = tf(1,[420 1])$$

Апроксимуємо чисте запізнювання двома членами ряду Тейлора та зробимо заміну

$$e^{-p\tau} = \frac{2 - p\tau}{2 + p\tau}; \quad (2.45)$$

За допомогою наступного скрипта отримуємо перехідну характеристику об'єкта другого порядку без запізнювання, якщо на вхід подається одиничний вхідний сигнал.

$$\begin{aligned} \text{zad} &= tf([-4 1],[4 1]); \\ \text{new} &= \text{series}(t,\text{zad}) \end{aligned}$$

Наближена передатна функція ланки запізнювання

$$W_d = \frac{-4s + 1}{4s + 1};$$

Передатна функція об'єкта керування

$$W_o = \frac{-23,2s + 58}{1680s^2 + 424s + 1}$$

Розглянемо перехідні процеси з такими типами регуляторів: пропорційний (П), інтегральний (І), пропорційно-інтегральний (ПІ) та пропорційно-інтегрально-похідний (ПІП). Різні типи систем автоматичного керування (САК) використовують різні методи для визначення оптимальних значень параметрів налаштування регулятора. Типові методи включають метод коренів, частотний метод, метод інтегральної оцінки та метод математичного моделювання.

Якщо об'єкт апроксимується передавальною функцією, то оптимальні налаштування для регулятора безперервної дії можна визначити з таблиці 5 [11].

2.2.3 Синтез П-регулятора

Вибираємо тип перехідного процесу - мінімум середньоквадратичної помилки.

$$K_p = \frac{0,9}{K_m \tau_y / T_0} = \frac{0,3 \times 400}{5,8 \times 4} = 5,17$$

$$\text{reg} = \text{tf}(5.17);$$

З'єднуємо передатну функцію об'єкта і передатну функцію регулятора в послідовній конфігурації, а потім подаємо одиничний вплив на вхід системи.

```
se = series(new,reg);
sys1 = feedback(se,1)
step(sys1);
```

Тоді передатна функція замкненої системи буде мати вигляд:

$$W_3 = \frac{-111,9s + 29,99}{1680s^2 + 304,1s + 30,99}$$

Для перевірки стійкості системи і знаходження коренів характеристичного рівняння використовується програма MATLAB [13]. За допомогою наступної команди можна знайти розв'язок характеристичного рівняння.

```
pole(r2)
ans =
    0.9974 + 0.0030i
    0.9974 - 0.0030i
    0.9787
```

Всі корені характеристичних рівнянь системи лежать в межах одиничного кола, що є достатньою і необхідною умовою стійкості системи.

З аналізу графіку перехідного процесу (рис. 2.9) можна зробити висновок, що найпростіший і найшвидший регулятор - П-регулятор - повністю відповідає нашим вимогам. Перерегулювання $M = 3\%$, час регулювання $t_p = 60$ с, помилка в усталеному режимі 0.03 .

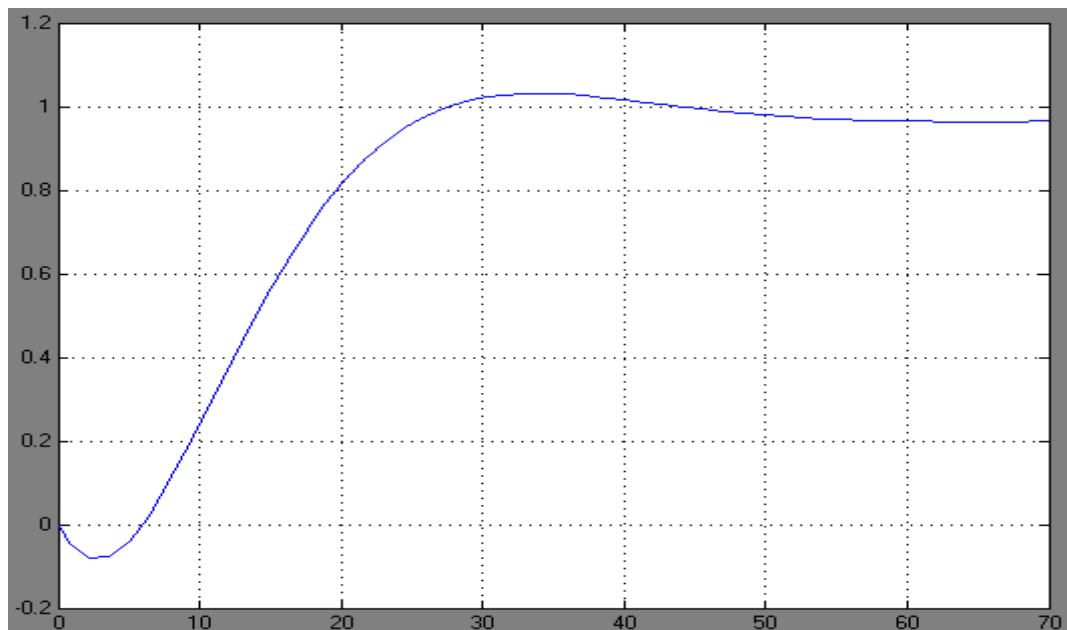


Рис 2.9 Перехідна характеристика системи з П- регулятором

2.3 Синтез контуру регулювання температури

2.3.1 Математичний опис об'єкта керування

У цьому випадку об'єктом керування є температура в витратних баках, яка повинна коливатися між 80 і 85°C [19].

Витратний бак нагрівається змійовиком і забезпечується паром зі швидкістю потоку g (кг/с) та ідеальною ентальпією i_0 (кДж/кг). В бак також подається лужний розчин G_n (кг/с). Рівень розчину підтримується на заданому значенні за допомогою регулятора рівня, а концентрація розчину контролюється регулятором концентрації або дозатором.

Запишемо рівняння теплового балансу:

$$Q_{10} + Q_{20} - Q_{30} = 0 \quad (2.46)$$

де $Q_1 = \alpha S(\theta_{cm} - \theta_p)$ – тепловий потік, внесений паром у розчин від зовнішніх стінок змійовика;

$Q_2 = G_n \cdot C_n \cdot \theta_n$ – тепловий потік, внесений розчином;

$Q_3 = Q_3' + Q_3''$ – втрати тепла ванною в навколишнє середовище шляхом теплопередачі Q_3' й на випар з поверхні Q_3'' .

У стаціонарному режимі подача і потік тепла регулюються, що призводить до зміни теплової енергії в баку-витрачачій ємності. Це означає, що енергія накопичується в баку або втрачається з нього.

Тепловий потік, введений паром $Q = g(i_0 - i_k)$, де i_k – ентальпія конденсату, що віддається зі змійовика.

При зміні подачі пари, що гріє, температура стінок змійовика зміниться. Це призведе до зміни теплового потоку ΔQ_1 і температури витратного бака θ_p . Заповнений пароводяною сумішшю змійовик має теплоємність C_1 (кДж/°С). Процес зміни температури стінок змійовика $Q_{ст}$ можна виразити наступним чином:

$$C_1 \frac{(\Delta \theta_{cm})}{dt} = \Delta Q - \Delta Q_1 = \Delta Q - \frac{\Delta \theta_{cm} - \Delta \theta_p}{R_1} \quad (2.47)$$

де $R_1 = \frac{1}{\alpha S}$ – термічний опір змійовика, °С/кВт.

Зміна теплового потоку ΔQ_1 призводить до зміни θ_p і теплового потоку ΔQ_2 та зміни тепловтрат котушки в навколишнє середовище ΔQ_6 .

Тоді

$$C_2 \frac{(\Delta \theta_{cm})d}{dt} = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 - \Delta Q_3 \quad (2.48)$$

де $C_2 = V \cdot \rho_p \cdot C_p$ – теплоємність баку, кДж/°С.

Представимо $\Delta Q_4 - \Delta Q_5 - \Delta Q_6$ у формі доданків, що залежать від $\Delta \theta_p$ і Δu_m , одержимо:

$$C_2 \frac{d(\Delta \theta_p)}{dt} = \frac{\Delta \theta_{cm} - \Delta \theta_p}{R_1} - \frac{\Delta \theta_p}{R_2} + F \Delta u_m \quad (2.49)$$

Використовуючи рівняння (2.47) і (2.49) та враховуючи коефіцієнти передачі R_0 і R_1 для керуючого впливу і збурення відповідно, отримаємо передатні функції відносно керуючого впливу:

$$W_0(p) = \frac{R_0 \cdot e^{-\tau p}}{T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2 + T_3)p + 1} \quad (2.50)$$

та відносно збурюючого впливу

$$W_1(p) = \frac{R_1 (T_1 p + 1)}{T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2 + T_3)p + 1} \quad (2.51)$$

Таким чином, динамічні властивості процесу нагрівання витратного баку можна описати як динамічні властивості ланки другого порядку, де на вхід діє еквівалентне збурювання $(T_1 p + 1)f$.

2.3.2 Визначення налаштувань регулятора

Використовуючи дані для витратного баку мийної машини АММ – 6 [5], отримаємо передавальну функцію:

$$W_0(p) = \frac{1,98 \cdot e^{-3p}}{32,454p^2 + 12,273p + 1}$$

Передавальна функція ПІ-регулятора:

$$W_p(p) = \frac{Kp(T_{iz} \cdot P + 1)}{T_{iz} \cdot P} \quad (2.52)$$

де K_p – коефіцієнт пропорційності регулятора; T_{iz} – час ізодрому.

Величини K_p і T_{iz} є налаштуваннями регулятора.

Передатна функція замкненої системи за завданням g буде виведена таким чином:

$$W_{y\partial}(p) = \frac{W_{o.б.}(P)W_{p.e.z.}(P)}{1 + W_{o.б.}(P)W_{p.e.z.}(P)}$$

Оптимальні параметри налаштування регулятора знайдемо за допомогою блоку оптимізації NCD Outport пакету Simulink [13] (рис. 2.10).

Отримаємо передавальну функцію ПІ-регулятора:

$$W_p(p) = \frac{12,08 \cdot p + 1}{4 \cdot p}$$

Передавальна функція замкненої системи з регулятором буде мати вигляд:

$$W_{y\partial}(p) = \frac{4p + 1}{115p^3 + 43,3p^2 + 7,53p + 1} \cdot e^{-3 \cdot p}$$

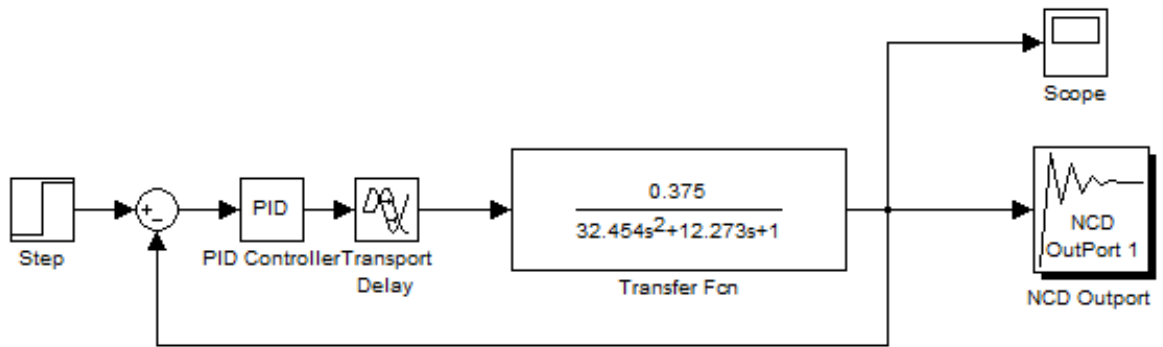


Рис. 2.10 Схема моделювання контуру регулювання температури у витратному баку

Перехідний процес наведений на рис. 2.11.

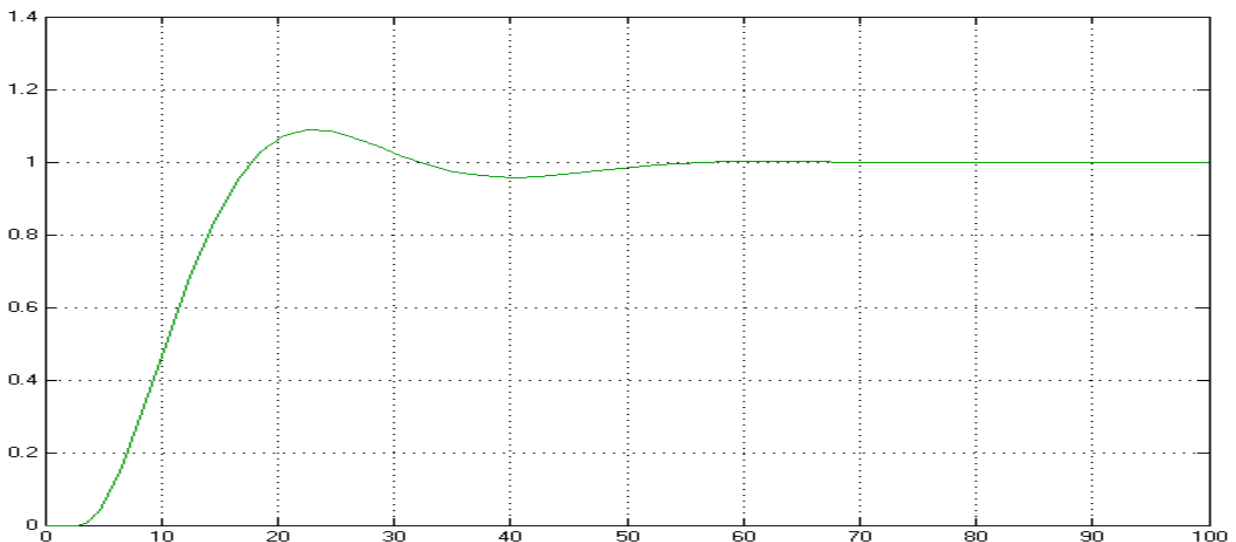


Рис 2.11 Перехідна характеристика системи з ПІ- регулятором

Визначимо якісні показники: перерегулювання $M = 10\%$, час регулювання $t_p = 50$ с.

2.4 Висновок по розділу 2

Проведено математичний аналіз об'єкта керування, виконано синтез системи автоматичного керування для регулювання концентрації лугу та рівня рідини та температури. Аналіз якості розроблених систем показав, що вони відповідає всім необхідним критеріям якості керування.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ МИТТЯ СКЛЯНОЇ ТАРИ

3.1 Опис функціональної схеми автоматизації процесу миття скляної тари

Метою мийки є забезпечення не лише фізичної, а й бактеріологічної чистоти тари. Крім цього, вимита тара не повинна виділяти запахи і бути охолодженою до температури, близької до температури фасування продукту.

Під час мийки видаляються не лише забруднення з поверхні тари, але й етикетки, які були нанесені на неї холодним клеєм. Самоклеючі етикетки і етикетки, нанесені за допомогою гарячого клею, не змиваються в мийних машинах для скляної тари.

Під час процесу мийки тари виконуються такі операції:

- видалення легкозмивних забруднень зовнішньої і внутрішньої поверхні тари;
- попереднє нагрівання тари за допомогою зрошування або наповнення використаною водою з подальшим її випуском;
- відмочування забруднень на зовнішній і внутрішній поверхні тари;
- відмочування етикеток і фольги у гарячій воді або лужному розчині та змивання їх з поверхні тари;
- повторне відмочування залишкових забруднень на зовнішній і внутрішній поверхні тари у гарячому лужному розчині;
- обприскування внутрішньої поверхні і змивання зовнішньої поверхні тари послідовно гарячим лужним розчином, гарячою, теплою та холодною водою з водопроводу.

Керування процесом мийки в мийній машині включає забезпечення встановлених меж температури та концентрації лужного розчину. Для досягнення цього використовується схема керування (рис. 3.1), яка передбачає регулювання рівня концентрованого 30%-го NaOH у збірнику II за допомогою пропорційно-

інтегрального регулятора ПЛК. Крім того, рівень 1%-го лужного розчину в витратному баку III контролюється шляхом регулювання подачі концентрованого лужного розчину.

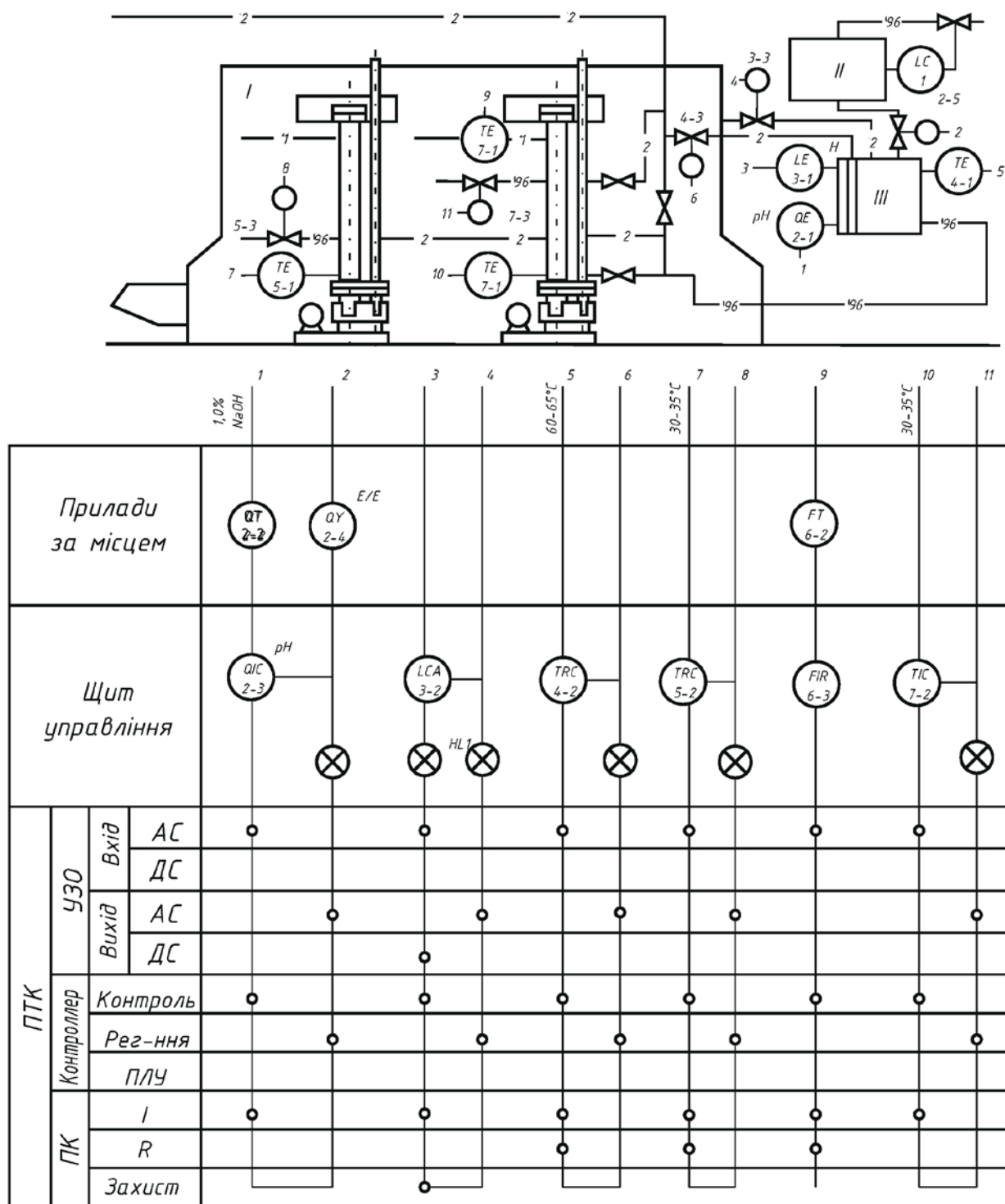


Рис. 3.1 Схема автоматизації функціональна процесу мийки тари в мийній машині

Основні умови якісного миття тари в мийній машині включають дотримання правильної температури залежно від типу тари і забруднень та використання відповідних мийних розчинів. У машині готують 1% розчин лугу шляхом змішування концентрованого 30% NaOH з водою. Потім лужний розчин нагрівають до 60-65°C і направляють у відповідні промивні баки. Теплу воду отримують шляхом нагрівання холодної води до 30-35°C. Після промивання лужний розчин очищається і повертається в витратний резервуар.

Автоматизована система керування технологічним процесом (АСКТП) для мийки скляних тари в мийній машині, що працює в супервізорному режимі, може бути побудована згідно зі схемою, показаною на рис. 3.2. [21,22].

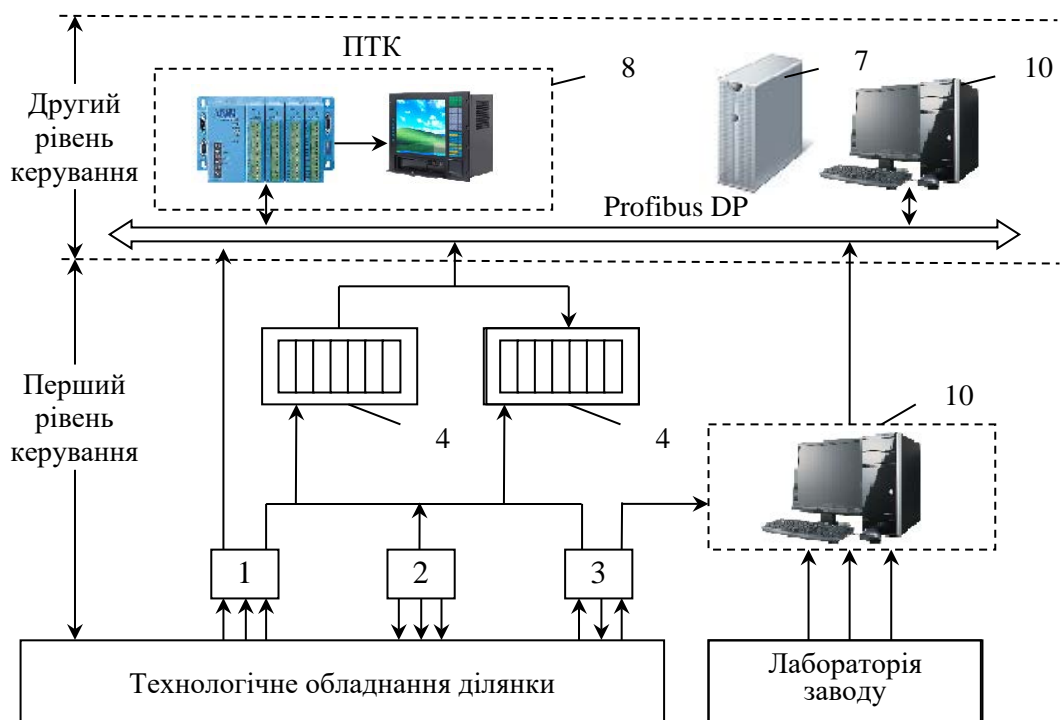


Рис. 3.2 АСКТП у супервізорному режимі

Вона включає наступні компоненти:

Датчики технологічних параметрів: це пристрої, які вимірюють значення рівня, температури, витрати, концентрації та інших параметрів, необхідних для контролю процесу мийки.

1. Електропневматичні виконавчі пристрої та пускова електроапаратура:

вони відповідають за управління рухом та дією на об'єкт керування, у даному випадку мийну машину.

2. Локальні пристрої керування технологічним процесом: це пристрої, що забезпечують локальне керування окремими етапами процесу мийки.

3. Мікропроцесорні локальні контролери: ці контролери відповідають за обробку інформації в реальному часі та керування конкретними аспектами процесу мийки.

4. Мікропроцесорні мережеві контролери: ці контролери забезпечують обмін даними та координацію між локальними контролерами та іншими компонентами системи.

5. Пульти керування оператора: це пристрій, який дозволяє оператору взаємодіяти з системою, надавати команди та отримувати інформацію про стан процесу мийки.

6. Сервер бази даних реального часу (БД РЧ): цей сервер зберігає дані про хід процесу мийки та надає доступ до цих даних для відображення та аналізу.

7. Програмно-технічний комплекс (ПТК): це програмне забезпечення, яке забезпечує керування та моніторинг процесу мийки через взаємодію з контролерами та іншими компонентами системи.

8. Керуюча ЕОМ: це комп'ютер, який виконує централізоване керування та керування базою даних процесу мийки.

9. АРМ оператора: це робоче місце оператора, де відображається інформація про стан процесу мийки та де оператор може здійснювати керування та контроль процесу.

АСКТП для мийки в мийній машині є системою керування малого масштабу і складається з підсистем збору та відображення інформації, автоматичного регулювання, дискретно-логічного керування, протиаварійних захистів і блокувань.

Інформаційна ємність АКТС - це кількість вхідних і вихідних сигналів. В даному випадку загальна кількість вхідних і вихідних сигналів становить 11/11, тобто 22. З них контрольованих аналогових параметрів (рівень, температура,

витрата, концентрація) - 6, контрольованих дискретних параметрів (включаючи клапани) - 5, дискретних параметрів керування - 0, контурів регулювання - 5, клапанів - 5, заблокованих протиаварійним захистом і 100% резервуванням: аналогових параметрів - 6, вхідних дискретних вхідних дискретних параметрів - 5, вихідних дискретних параметрів - 6. Система керування реалізована з гарячим резервуванням в комплектах по три штуки.

3.2 Динаміка роботи АСКТП

Максимальні інтервали опитування датчиків на контролері є наступними: для дискретних входів - 100 мікросекунд, для аналогових входів - 1 мілісекунда. Максимальний час реакції на аварійні сигнали складає 100 мілісекунд при обробці в колах аварійного захисту на рівні контролера та 200 мілісекунд при їх передачі до пультів оператора.

Час зміни даних на пульті операторів при наявності 200 динамічних елементів у кадрі становить 0,2 плюс 1,0 секунди, а цикл зміни кадрів складає 0,2 плюс 1,5 секунди. Мінімальний час реакції на команду оператора становить 0,2 секунди.

Час повного перезапуску системи після відключення живлення складає 30 секунд, а для контролерів - 20 секунд.

Інформаційна потужність контролера ADAM-5510 включає 60 аналогових входів, 96 дискретних входів/виходів та 16 контурів регулювання. Зараз використовується лише 6 аналогових входів, 6 аналогових виходів, 5 дискретних входів та 6 дискретних виходів. Кількість використаних контурів регулювання становить 5.

Час наробітку на відмову контролера становить 60 000 годин, а в дубльованому виконанні - 120 000 годин.

Для керування регулюванням концентрації розчину NaOH використовується рН-метр, який має такі компоненти:

1. Датчик рН (2-7): це заглибний тип датчика, який вимірює рівень рН

розчину. Він встановлюється у витратному баку.

2. Високоомний перетворювач (2-2): отримує сигнал від датчика рН і перетворює його на нормований сигнал.

3. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) ADAM-5017: приймає нормований сигнал від високоомного перетворювача і перетворює його на цифровий сигнал, який може бути оброблений контролером ADAM-5510.

4. Логіко-програмний канал ADAM-5510: отримує цифровий сигнал від АЦП і виконує логічне та програмне керування процесом регулювання.

5. рН-метр: це пристрій, який обробляє сигнал від логіко-програмного каналу ADAM-5510 та забезпечує регулювання концентрації розчину NaOH.

6. Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) ADAM-5024: отримує сигнал від рН-метра і перетворює його на аналоговий сигнал.

7. Імпульсний перетворювач (2-4): це пристрій, що нормує сигнал від ЦАП та використовується як імпульсний елемент для керування регулюючим електромагнітним клапаном (2-5), який регулює подачу концентрованого розчину NaOH.

Таким чином, схема керування концентрацією розчину NaOH включає датчик рН, перетворювачі сигналів, АЦП, логіко-програмний канал, рН-метр, ЦАП, імпульсний елемент та регулюючий електромагнітний клапан. Всі ці компоненти працюють разом для забезпечення точного регулювання концентрації розчину NaOH у процесі мийки в мийній машині.

3.3 Опис засобів автоматизації, використаних у проекті

3.3.1 Мікроконтролер ADAM-5510

Контролер ADAM-5510 є ідеальним рішенням для автоматизації та збору даних у сумісних з ПК контролерних системах. Він оснащений 16-бітним мікропроцесором i80186 та вбудованою операційною системою на ПЗП. Контролер підтримує підключення до 4-х плат вводу-виводу і працює в діапазоні напруги від +10 до +30 Вольт.

Існують різні плати розширення для контролера ADAM-5510:

1. ADAM 5017 - це 8-канальна плата аналого-цифрового перетворення (АЦП). Вона має розрядність 16 біт і може програмно налаштувати вхідні величини в мілівольтах (mV), вольтях (V) і міліамперах (mA).

2. ADAM 5024 - це програмована плата цифро-аналогового перетворення (ЦАП). Вона має 8 виходів і підтримує вихідні сигнали в міліамперах (mA) і вольтях (V). Розрядність ЦАП становить 12 біт.

3. ADAM 5055S - це модуль цифрового вводу-виводу з 16 каналами (16 входів і 16 виходів) з гальванічною розв'язкою. Вихідний сигнал цього модуля працює в режимі відкритого колектора з навантаженням до 200 міліампер.

Ці плати розширення дозволяють розширити можливості контролера ADAM-5510 у плані збору аналогових та цифрових даних зовнішніми пристроями і розширити його функціональні можливості.

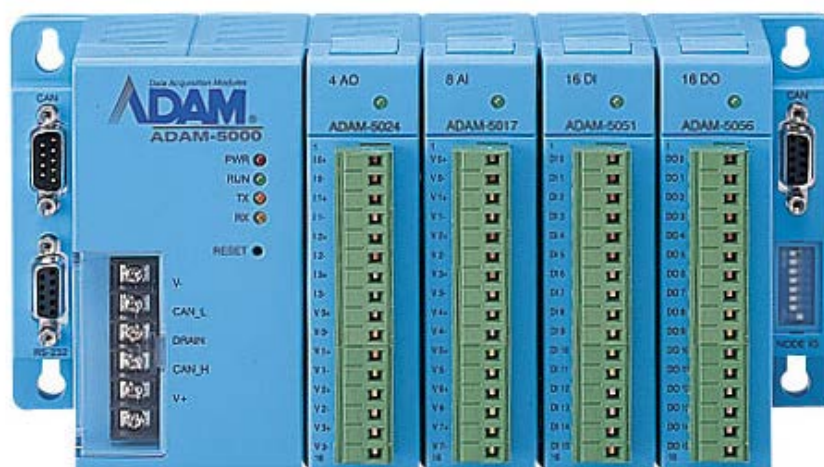


Рис. 3.3 Загальний вигляд контролера ADAM-5510

3.3.2 Термоперетворювач опору мідний вибухозахищений TCM-0387

Внесений до державного реєстру засобів вимірювальної техніки № 21969-01, свідоцтво № 10994; код ОКПО 421141.

Призначений для вимірювання температури рідких і газоподібних хімічно неагресивних середовищ і агресивних середовищ, що не руйнують матеріал

захисної арматури, у вибухонебезпечних зонах і приміщеннях, де можлива присутність аміаку, азотно-водневих сумішей, вуглекислого або природного газу.

Знак вибухозахисту НСХ: 50 М для TSM-0387, 100 М для Emerson Rosemount-254. клас затвердження: В або С. Клас затвердження: 1.

Спосіб підключення: 2-, 3- або 4-провідний.

Діапазон вимірюваної температури.

- Від -50 до 150°C для класу допуску В;
- Від -50 до 180°C (для класу допуску С).

Пило- та водонепроникність самої з'єднувальної головки - IP65 згідно з ДСТУ 14254.

3.3.3 Витратомір електромагнітний Emerson Rosemount-8705

Електромагнітні витратоміри серії 8700 [24] призначені для вимірювання об'ємної витрати провідних рідин, що містять агресивні середовища. Вони широко застосовуються в автоматизованих системах контролю та управління технологічними процесами в різних галузях промисловості, в тому числі в енергетиці, хімічній, харчовій та паперовій промисловості.

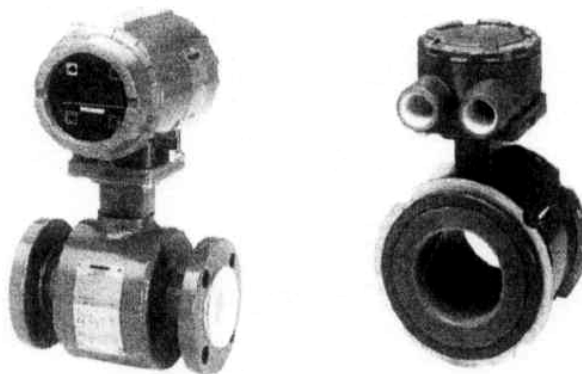


Рис. 3.4 Витратомір електромагнітний Emerson Rosemount-8705

Основні характеристики витратомірів серії 8700:

- Діаметр умовного проходу від 4 до 900 мм.
- Межа основної відносної погрішності $\pm 0,5\%$ ($\pm 0,25\%$ - опція) в

діапазоні швидкостей вимірюваного середовища від 0,3 до 10 м/с.

- Тиск вимірюваного середовища від 0,05 до 4 МПа.
- Витратоміри серії 8700 забезпечують наступні вихідні сигнали:
- 4-20 мА
- HART
- Імпульсний
- Foundation Fieldbus

Вони можуть бути встановлені у вибухозахищеному виконанні та мають можливість фланцевого або безфланцевого монтажу. Монтаж перетворювача може бути інтегральним або вилученим (до 300 метрів). Датчик витрати серії 8700 внесений у Держреєстр засобів вимірювань під номером 14660-03.

Основні переваги витратомірів серії 8700 включають:

- Застосування для агресивних середовищ.
- Широкий розмірний ряд.
- Розширена пропозиція за матеріалами електродів і внутрішніх футеровок.
- Висока точність вимірювань.
- Відсутність частин, що рухаються.
- Малі втрати тиску.

3.3.4 Механізми виконавчі МЕО

Електричні однооборотні виконавчі механізми МЕО призначені для переміщення регульовальних органів у системах автоматичного регулювання технологічними процесами відповідно до командних сигналів автоматичних регулюючих і керуючих пристроїв. Вони використовуються для керування кулястими й корковими кранами, поворотними дисковими затворами, заслінками та іншими регулюючими пристроями, які працюють на принципі неповноповоротного переміщення.

Принцип роботи виконавчих механізмів МЕО полягає в перетворенні електричного сигналу від регулюючого або керуючого пристрою в обертальний рух вихідного вала. Вони розміщуються поруч з регулюючими пристроями і зв'язуються з ними за допомогою тяг і важелів.

Ці приводи МЕО виготовляються у виконанні категорії V і призначені для роботи в наступних умовах:

- Температура навколишнього середовища від -30 до $+50$ °С.
- Температура навколишнього середовища від -30 до $+50$ °С, без конденсації вологи і відносною вологістю до 85% при температурі нижче $+35$ °С.
- Частота вібрації від 10 до 150 Гц, прискорення 0,075 мм від амплітуди 57 до 62 Гц і $9,8$ мм/с² вище 62 Гц.
- Пил і бризки води.
- Відсутність прямого впливу сонячного випромінювання або атмосферних опадів.

Електроприводи МЕО можуть бути оснащені датчиком зворотного зв'язку, що показує положення вихідного вала для роботи з автоматичними системами управління, або без датчика зворотного зв'язку з блоками кінцевих вимикачів для ручного управління.

3.3.5 Монітор-Контролер рН Create рН/ORP-3520

рН-метр РН-662 є промисловим онлайн монітором-контролером водневого показника рН та окисно-відновного потенціалу (ОВП) [26].



Рис. 3.5 Монітор-Контролер рН Create рН/ORP-3520

Цей прилад дозволяє вимірювати і контролювати рН та ОВП в режимі реального часу.

Таблиця 3.1

Характеристики рН-метра РН-662

Діапазон вимірів	0 - 14 рН
Ціна розподілу	0.01 рН
Погрішність	± 0.05 рН
Робочий тиск	0-0.6 МПа
Живлення	змінний струм 220В, 50 Гц
Гранична дистанція для виміру	40 метрів (довжина кабелю електрода в комплекті 10 метрів)
Реле	3А 240В
Вихідний сигнал	4-20 мА (навантаження ≤ 500Ω)
Температура вимірюваної рідини	від 0 до 80 °С
Умови роботи	навколишня температура від 0 до 50 °С, вологість ≤ 85%, відсутність електромагнітних полів
Ручна компенсація температури	від 0 до 99 °С
Розміри	48×96×80 мм
Розміри для монтажу	44×92 мм
Вага	170 г

Особливості рН-метра РН-662 включають:

- Компактний розмір електронного блоку, що спрощує монтаж та використання приладу.
- Можливість підключення ОВП-електрода й роботи в режимі контролера ОВП, що дозволяє виконувати контроль не лише за рН, а й за ОВП.
- РКІ монітор з легкочитаними цифрами, що спрощує відображення

результатів вимірювань.

- Автоматичне або ручне калібрування по трьом точкам, що забезпечує високу точність вимірювань.
- Функція контролю рН верхнього або нижнього значення з керуванням виконавчим механізмом (реле), а також звуковою й світловою сигналізацією. Це дозволяє автоматично регулювати параметри процесу на основі зміни рН.
- В комплекті йде електрод урізного типу із зовнішнім різьбленням 3/4".
- Функція ручної компенсації температури, що дозволяє враховувати вплив температури на вимірювані значення рН.

Загалом, рН-метр РН-662 є зручним і простим у використанні пристроєм для моніторингу та контролю рН та ОВП в промислових процесах.



Рис. 3.6 Електрод РН-1220В

Електрод РН-1220В - це високоякісний електрод, який використовується для вимірювання значення рН кислих і лужних розчинів. Основними особливостями цього електрода є:

- Діапазон вимірювання рН: 2-12, що дозволяє точно вимірювати значення рН в широкому діапазоні кислих і лужних розчинів.
- Стійкість до тиску: до 0,6 МПа при середній температурі 25°C. Забезпечує стабільність і надійність електрода при вимірюваннях під постійним тиском.

- Робоча температура: 0-50 °С, що дозволяє використовувати електрод в широкому діапазоні температурних умов.
- Довжина кабелю становить 10 м, чого достатньо для зручного підключення до рН-метра або монітора.

Електрод РН-1220В унікальний тим, що має двокомпонентну конструкцію, яка складається з корпусу електрода, роз'єму та кабелю. Це дає можливість замінити тільки вимірювальну частину електрода без необхідності демонтажу проводки та інших компонентів. Це спрощує процес заміни електрода і економить час і витрати.

Електрод РН-1220В можна використовувати як внутрішній або зовнішній електрод на різних моделях рН/ORP-метрів. Зовнішні електроди можуть бути внутрішніми або знімними і підключаються за допомогою кабелів з різними типами роз'ємів, наприклад, BNC. Багатофункціональні рН/ОВП монітори можуть мати різні роз'єми і кілька змінних електродів для різних застосувань; електрод РН-1220В можна використовувати майже з усіма рН-метрами з роз'ємами BNC.

Цей електрод є зручним і універсальним рішенням для вимірювання рН різних середовищ, без необхідності повної заміни електрода.

3.4 Опис принципової електричної схеми керування

Електрична схема пляшкомийки була розроблена з урахуванням всіх частин, включаючи підсистему моніторингу та управління витратного бака і збірника концентрованого NaOH [6]. Дана система відповідає всім вимогам об'єкта керування та має переваги високої надійності, простоти, економічності, чіткої роботи в аварійному режимі, зручності експлуатації, зручності в обслуговуванні та наочного дизайну.

Принципова схема автоматичного управління процесом миття тари включає в себе наступні елементи

1. Силові ланцюги, ланцюги управління, сигнальні ланцюги, вимірювальні ланцюги, ланцюги регулювання і силові ланцюги.

1. . Контакти пристроїв даної схеми, що використовуються в інших схемах, і контакти пристроїв в інших схемах.

2. Схеми і таблиці перемикачів контактів перемикачів програмного обладнання, кінцевих і шляхових вимикачів, а також циклограми роботи обладнання.

3. Технологічні схеми, циклограми роботи та схеми залежностей блокування обладнання, що описують процеси роботи обладнання.

4. Загальні, монтажні, з'єднувальні та електричні схеми на основі принципової електричної схеми. Схеми також дозволяють перевірити правильність з'єднань, встановити необхідні налаштування захисних, керуючих і регулюючих пристроїв, пускових вимикачів і кінцевих вимикачів. Схеми необхідні під час виготовлення, введення в експлуатацію та експлуатації [28,29].

Підготовка принципової електричної схеми включає в себе наступні етапи

1. На основі функціональної схеми автоматизації формулюються чіткі технічні вимоги до електричної схеми

2. Відповідно до цих вимог встановлюються умови та послідовність роботи схеми

3. Кожна умова методу представлена елементарним колом, що відповідає цій умові

4. Елементарні кола об'єднуються в загальну схему.

5. Підбирається необхідне обладнання та проводяться електричні розрахунки параметрів окремих елементів, таких як резистори та обмотки реле.

6. Підганяємо схему під характеристики обраного обладнання.

7. Перевірка на наявність можливих помилкових з'єднань і несправностей схеми в разі пошкодження ланцюгів елементів або контактів

8. Розглядаються різні рішення і приймається остаточне рішення щодо обраного обладнання.

Схема автоматизації мийної машини розроблена з використанням сучасних засобів автоматизації, в тому числі мікропроцесорної техніки. Основним блоком

управління є мікроконтролер серії ADAM-5500. Принципова електрична схема наведена в додатку Д.

3.5 Щити й пульти керування

Щити та консолі призначені для розміщення засобів автоматизації [30,31]. Їх виготовляють спеціалізовані заводи, які мають повну конструкторську документацію. Для проекту виготовляється тільки документація, що стосується технічних характеристик системи автоматизації. На габаритному кресленні показують прилади і засоби автоматизації відповідно до функціональних і принципних схем, їх розміщення в щиті, їх відступ в рамі, розміри для монтажу, розміри вирізу і габаритні розміри.

Щити і пульти складаються з декількох окремих панелей. Креслення окремих панелей включають в себе вид спереду, креслення внутрішніх порожнин, технічні вимоги, таблиці табличок з найменуваннями на панелі і рамі, таблиці монтажу проводки, переліки деталей і таблички з найменуваннями ключів. Креслення пневматичних контурів виготовляються окремо.

Щити і панелі розроблені відповідно до нормативних документів: ОСТ 36.13-76 "Щиты и панели для систем технической автоматизации технологических процессов. Общие технические условия" та РМ 3-82-76 "Щити і панелі для систем технічної автоматизації технологічних процесів. Корпуси і рамки. Щити. Пульти". Щит загального типу виготовляється з усіма вирізами і кріпленнями для монтажу обладнання та приладів автоматизації, електричної та сантехнічної проводки.

При проектуванні використовуються функціональні схеми автоматизації технологічних процесів, схеми управління, сигнальні та силові схеми і креслення.

Додаткові рекомендації щодо вибору щитів і пультів:

1. При проектуванні щитів і пультів слід враховувати необхідність зручного доступу до обладнання та засобів автоматизації для обслуговування і ремонту. Місце установки повинно забезпечувати зручність роботи оператора і вільний доступ до всіх необхідних елементів системи.

2. Уникати перевантаження панелей і пультів управління. Слід дотримуватися рекомендацій виробника щодо максимальної кількості пристроїв, які можна розмістити на панелі без шкоди для функціональності та якості роботи системи.

3. Кабельні траси та електропроводку слід прокладати так, щоб вони не перетинали зону електромагнітного впливу засобів автоматизації та ліній електропередач. Дотримуйтесь вимог електробезпеки кабельної продукції та інструкцій з монтажу.

4. Забезпечити належну вентиляцію та охолодження, особливо якщо панель або пульт управління знаходиться в жаркому та вологому середовищі. Для забезпечення оптимальних умов експлуатації слід використовувати вентиляційні системи, вентилятори або кондиціонери.

5. Там, де існує ризик електромагнітних перешкод для систем автоматизації, може бути виправданим використання спеціальних шаф із захистом від електромагнітних завад (ЕМІ).

6. Врахувати можливість розширення системи в майбутньому. Всередині панелі повинно бути достатньо місця для будь-яких додаткових пристроїв, модулів або розширень, які можуть знадобитися в майбутньому. Забезпечення гнучкості та розширюваності системи дозволяє уникнути значних витрат на майбутні редизайни та модернізації.

7. Зверніть увагу на якість матеріалів та виготовлення панелей і пультів. Слід використовувати високоякісні, вогнестійкі матеріали, що відповідають вимогам безпеки. Рекомендується використовувати продукцію відомих виробників з відповідними сертифікатами якості.

Загальне креслення панелі включає наступні зображення та інструкції

1. Зображення лицьової сторони щита і панелі управління, з зазначенням розмірів щита і спрощеним зображенням обладнання, допоміжних, пускових і сигнальних пристроїв, а також мнемосхемою, що показує повну координацію

2. Зображення верхньої панелі шафи управління, на якому показані спрощені зображення апаратури, допоміжних, пускових і сигнальних пристроїв та

мнемосхема з повним узгодженням.

3. Вигляд збоку панелі і пульта управління, що показує контур дверцят (якщо вони є) і, де це застосовно, поздовжній розріз панелі

4. Схема задньої і бічних стінок панелі (зсередини) із спрощеним зображенням всього запланованого обладнання, допоміжного обладнання та встановлених виробів (за необхідності може бути виконана на окремому кресленні)

5. Вид у плані комбінації щита та панелі із зображенням усіх ввідних шаф, консолей та панелей, які будуть використовуватися.

6. Спрощене зображення оптичного сигнального щита та таблички із зазначенням його призначення (табличка призначення розміщується окремо на вільному полі креслення відповідно до формату, наведеного в таблиці П.7).

7. Показуються таблички в рамці апарата, допоміжного пристрою, пускового пристрою і сигнального пристрою (текст таблички в рамці виконується на вільному полі креслення відповідно до формату, наведеного в таблиці П.8).

8. Технічні характеристики панелі та пульта подаються у вигляді таблиці (таблиця П.5), яка заповнюється зверху вниз.

Загальне креслення панелі повинно містити наступні дані

– Вказуються габаритні розміри всіх ввідних елементів, таких як панелі, пульти керування, шафи та панелі. □ Для щитових (відкритих) панелей наведені рекомендації щодо розмірів, необхідних для монтажу в будівельну конструкцію.

– Наведені розміри, що визначають розташування всіх засобів автоматизації, органів управління і мнемосхем на лицьовій панелі щита і на верхній панелі щита управління.

– Наведені розміри, які визначають розташування обладнання, допоміжного обладнання та монтажних виробів всередині щита (ці розміри можуть бути показані на електричній схемі).

– Показує позначення (розташування) засобів автоматизації згідно зі специфікацією (аркуш № 1) і буквено-цифровими позначеннями, що використовуються на електричній схемі.

– Номери шаф (панелей) і пультів, що входять до складу однієї панелі, наведені римськими цифрами.

Електрична схема призначена для виконання на заводі, де виготовляється панель. Вона включає внутрішні з'єднання з встановленим обладнанням, установку апаратури управління і сигналізації, перетворювачів і джерел живлення. Монтажні схеми виконуються графічно. Електрична схема виконується зі спрощеним зображенням контуру щита і всіх призначених для нього засобів автоматизації, допоміжного обладнання, кріпильних виробів і затискних рейок. Креслення електричних схем наведено в додатку Ж.

3.6 Опис схеми зовнішніх електричних і трубних проводок

Схеми зовнішніх електричних і сантехнічних підключень показані у вигляді загальної комбінованої схеми, де схеми електричних і сантехнічних підключень показані на одному кресленні [33].

Схеми зовнішніх з'єднань включають такі елементи, як розподільні щити, місцеві пункти контролю та управління, позапанельні пристрої та пристрої автоматики, розподільні коробки для з'єднань, основні умовні позначення, технічні характеристики та таблиці умовних позначень.

Схеми зовнішніх з'єднань узгоджуються з кресленнями схем щитів, щитів керування і схем розміщення засобів автоматизації без дотримання масштабу.

На схемі зовнішніх з'єднань над монтажними позиціями основного обладнання, датчиків, допоміжного обладнання, чутливих елементів і первинних вимірювальних приладів розташовують пояснювальні таблиці. Ця таблиця містить назви параметрів, місце розташування і положення імпульсного розвороту.

Для кожної зовнішньої електричної проводки наведено технічний опис проводки, що включає тип і марку провідника, кількість провідників, їх перетин, довжину кабелю або пучка проводів, довжину і діаметр захисної труби. Також надаються технічні характеристики зовнішньої сантехнічної проводки.

Проектні креслення зовнішньої електричної та сантехнічної проводки наведені в Додатку Г.

3.7 Програмне забезпечення автоматизованої системи керування технологічним процесом миття тари

3.7.1 Алгоритм функціонування програмованого логічного контролера

Описана програма для мікроконтролера працює в режимі керування виконавчими механізмами модуля пристрою за програмою, записаною в його ПЗП. Програма складається з покрокового опису інструкцій ядру мікроконтролера в залежності від поточного режиму роботи [34]. Вона розробляється за модульним принципом, коли основна операція виконується в головному циклі програми, а операції, що повторюються, описуються як автономні функції, які викликаються з головного циклу в міру необхідності [35].

Основні режими роботи програми для мікроконтролера описуються наступним чином:

1. Після початку роботи або сигналу RESET мікроконтролер ініціалізує всі периферійні модулі, очищає службові регістри та конфігурує необхідні модулі, такі як АЦП, мережевий інтерфейс тощо. Ініціалізація завершується зчитуванням даних налаштувань з енергонезалежної пам'яті.

2. Перевіряється стан оперативної пам'яті та правильність встановлених констант. Якщо поточні налаштування не збігаються з налаштуваннями в EEPROM (електрично програмованій пам'яті), на екран виводиться повідомлення про помилку і робота припиняється.

3. Перевіряється зв'язок між пристроєм та комп'ютером.

4. Запускається таймер T0.

5. Перевіряється значення таймера T0; якщо T0 дорівнює 0, приймаються дані з датчика, розраховується необхідний закон впливу і відповідно до цього значення оптопарою керується відкриття і закриття засувки.

6. Якщо значення таймера T0 не дорівнює нулю, виконуються допоміжні

процедури, такі як опитування клавіатури, виведення інформації на індикатори та обмін даними з комп'ютером.

Програма мікроконтролера продовжує працювати в основному циклі до тих пір, поки не виникне випадкова помилка або не буде вимкнено живлення. Якщо виникає несправність, мікроконтролер автоматично перезавантажується і виконує процедуру самотестування. При повторному включенні живлення, якщо режим роботи не змінився, його не потрібно налаштовувати заново.

Блок-схема основного алгоритму програмування наведена в додатку 3.

3.7.2 Реалізація АРМ оператора за допомогою SCADA-системи

Перш ніж впроваджувати інформаційно-аналітичну систему управління виробництвом (ІАСУВ), необхідно провести дослідження і розробити концепцію її побудови. Запропонована концепція визначала стратегічний напрямок розвитку інформаційно-керуючої системи заводу і була орієнтована на побудову єдиної децентралізованої ієрархічної системи управління підприємством. Ця система повинна була включати в себе локальну дільничну АСУ ТП, лабораторну систему, автоматизовану систему обліку сировини та енергоресурсів і систему управління заводом з єдиним сервером сховища виробничих даних в ядрі.

Основні принципи побудови ІАСУ повинні були враховувати:

- Відповідність структури та фінансових можливостей компанії запропонованому рішенню.
- Захист інвестицій та зниження вартості володіння.
- Комплексний підхід, що включає інтеграцію засобів автоматизації різних підсистем і ефективну взаємодію структурних підрозділів підприємства.
- Використання єдиного сховища технічної інформації для створення єдиних інформаційних полів підприємства та запобігання надмірному дублюванню даних.
- Надання єдиного ресурсу технічної інформації для замовників на різних рівнях управління.

- Відповідність вимогам операційної надійності та інформаційної безпеки.
- Масштабованість, простота та гнучкість конфігурації компонентів.

Попередній аналіз ринкових продуктів рівня MES підтвердив значні переваги рішень, запропонованих GE Fanuc та її дистриб'ютором в Україні та країнах Балтії, компанією "Індасофт". Proficy, комплексне програмне рішення для промислової автоматизації, забезпечує ефективне рішення на всіх рівнях управління в рамках системи управління, MES. proficy є функціонально потужним і простим у використанні для різних рівнів виробництва. компоненти включені. Технологія базується на відкритих стандартах і дозволяє об'єднувати інтегровані рішення та продукти інших виробників.

Proficy дозволяє перейти від фрагментарної автоматизації до впровадження сучасних корпоративних систем, заснованих на єдиному інформаційному полі. Ці системи відрізняються прямим потоком даних між системами управління на рівні оператора і системами прийняття рішень на рівні бізнесу. Як наслідок, ефективне та повне використання даних про процеси на підприємстві знижує витрати та підвищує якість продукції.

Таким чином, для досягнення цілей, поставлених відповідно до концепції, та вирішення поточних завдань MES, в проекті були використані наступні програмні продукти GE Fanuc та IndaSoft [37]:

1. Proficy iFix: SCADA-система від GE Fanuc для обробної промисловості. Вона надає інструменти для моніторингу та управління виробництвом. iFix має архітектуру клієнт-сервер і підтримує найновіші стандарти. iFix має вбудований редактор VBA і підтримує понад 300 прямих драйверів для різних інтерфейсів, контролерів і польових пристроїв. iFix можна резервувати на рівні сервера, мережі та каналу зв'язку ПЛК.

2. Proficy Historian: архів виробничих даних GE Fanuc. Забезпечує збір, зберігання і обробку різних типів технологічних даних, включаючи аналогові, дискретні дані, дані про події та аварійні сигнали. Historian є основою інформаційної системи і може об'єднувати розрізнені джерела даних, такі як

SCADA-системи, DCS, OPC-сервери і лабораторні системи. Він може забезпечує стандартизований доступ до даних, а база даних може містити від 100 до мільйона елементів.

3. Інформаційний портал Proficy в режимі реального часу: веб-портал для перегляду та аналізу виробничих даних. Він надає інформаційні та аналітичні інструменти, необхідні для прийняття виробничих рішень. Портал забезпечує простий, уніфікований доступ до інформації в стандартному браузері. Він має потужні візуальні інструменти для статистичного аналізу параметрів виробничих процесів.

4. I-LDS: Лабораторна інформаційна система компанії Індасофт. Вона має можливість формувати графік лабораторних аналізів і сповіщати користувача про необхідність проведення досліджень. I-LDS дозволяє вводити результати випробувань з сайту клієнта з відповідними правами доступу. Результати лабораторних досліджень можуть бути представлені у вигляді звітів і графіків зміни параметрів якості продукту; I-LDS забезпечує архівацію і тривале зберігання лабораторних даних за допомогою Proficy Historian.

Разом ці програмні продукти забезпечують комплексне рішення для автоматизації виробничих процесів, моніторингу даних і прийняття рішень на основі аналізу даних.

Інтегрована автоматизована система управління виробництвом (ІАСУВ) використовується для здійснення оперативного диспетчерського контролю на ділянці миття контейнерів. Для збору та передачі даних з робочого місця оператора до архіву Proficy Historian використовується спеціальний драйвер PHAdaptSS1, розроблений компанією IndaSoft. Цей драйвер заснований на Text Collector - службі Windows, яка збирає інформацію з текстових файлів і передає її в архів.

Text Collector і PHAdaptSS1 забезпечують надійний збір даних з робочих станцій операторів з частотою оновлення 1-3 секунди. Proficy Historian виступає в ролі сервера даних і шлюзу між автоматизованою системою управління технологічними процесами (АСУТП) і мережею системи управління

підприємством (СУП), забезпечуючи єдині і узгоджені дані для всіх зацікавлених сторін.

Calculation Collector, також заснований на Proficy Historian, розраховує ключові виробничі показники (KPI) в режимі реального часу, виконує розрахунки та логічні перетворення за попередньо визначеними формулами і зберігає результати в новому архівному тезі. Синтаксис формул Calculation Collector сумісний з кодом VBScript.

Інформаційний портал Proficy в режимі реального часу використовується для візуалізації процесу очищення контейнерів. За допомогою цього веб-порталу розроблено набір екранів управління процесом, за допомогою яких оператори можуть контролювати процес і керувати ним, а також контролювати витратні ємності (рис. 3.7-3.9).

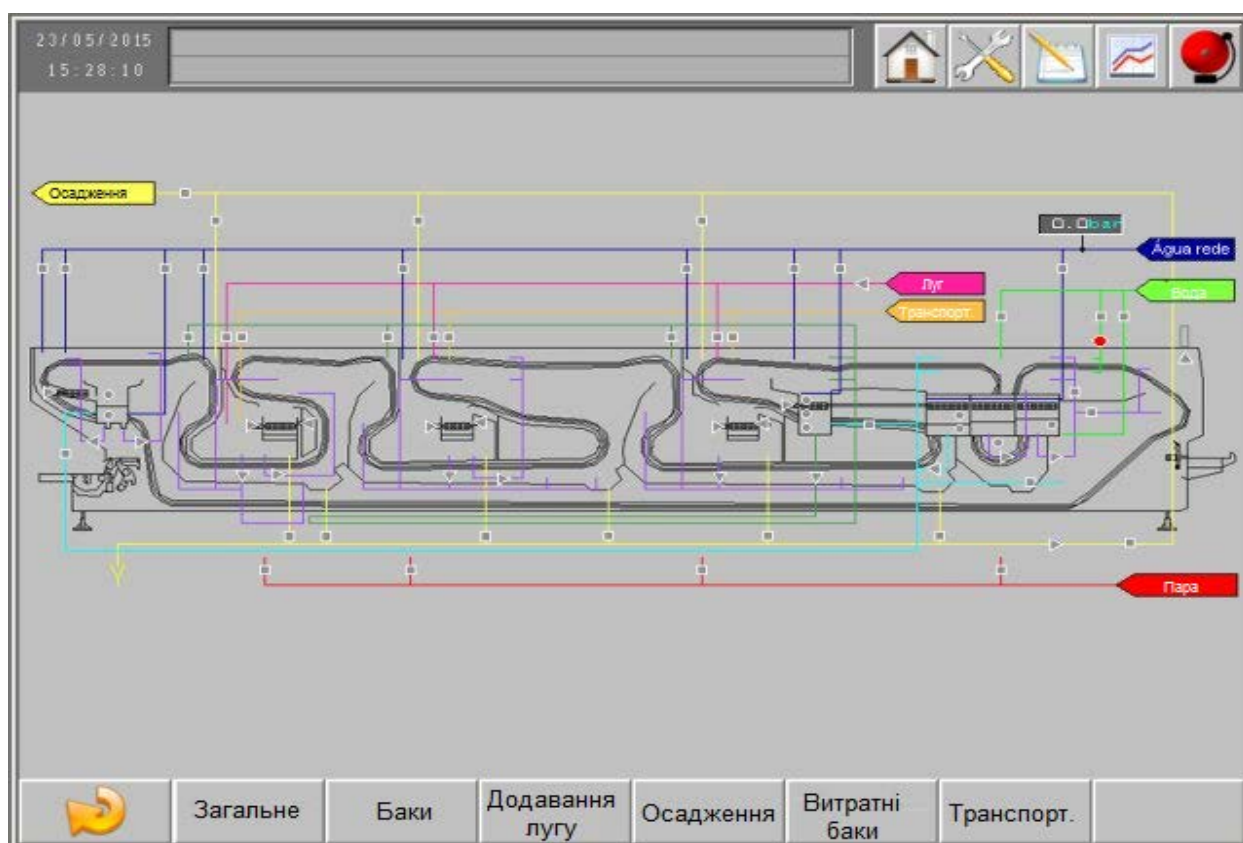


Рис 3.7 Узагальнений екран ходу технологічного процесу миття тари

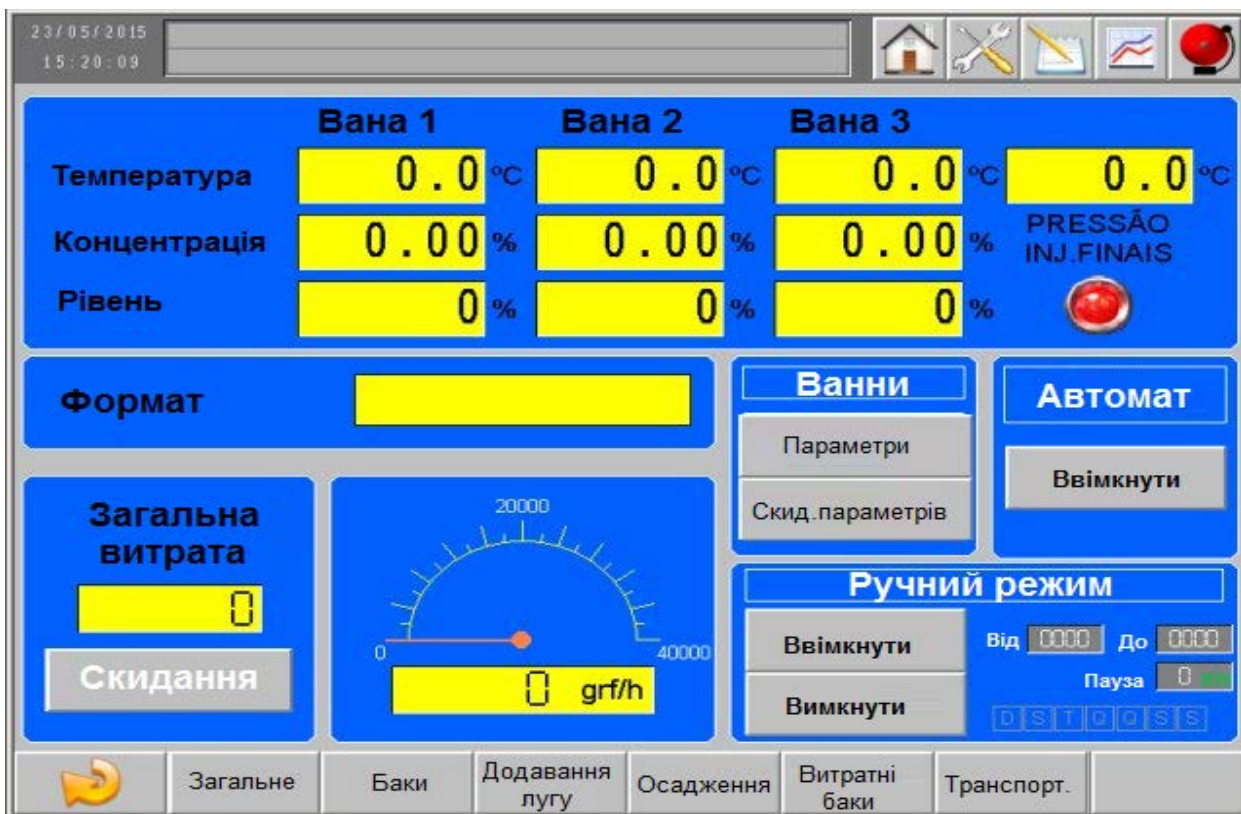


Рис 3.8 Головний екран управління технологічним процесом

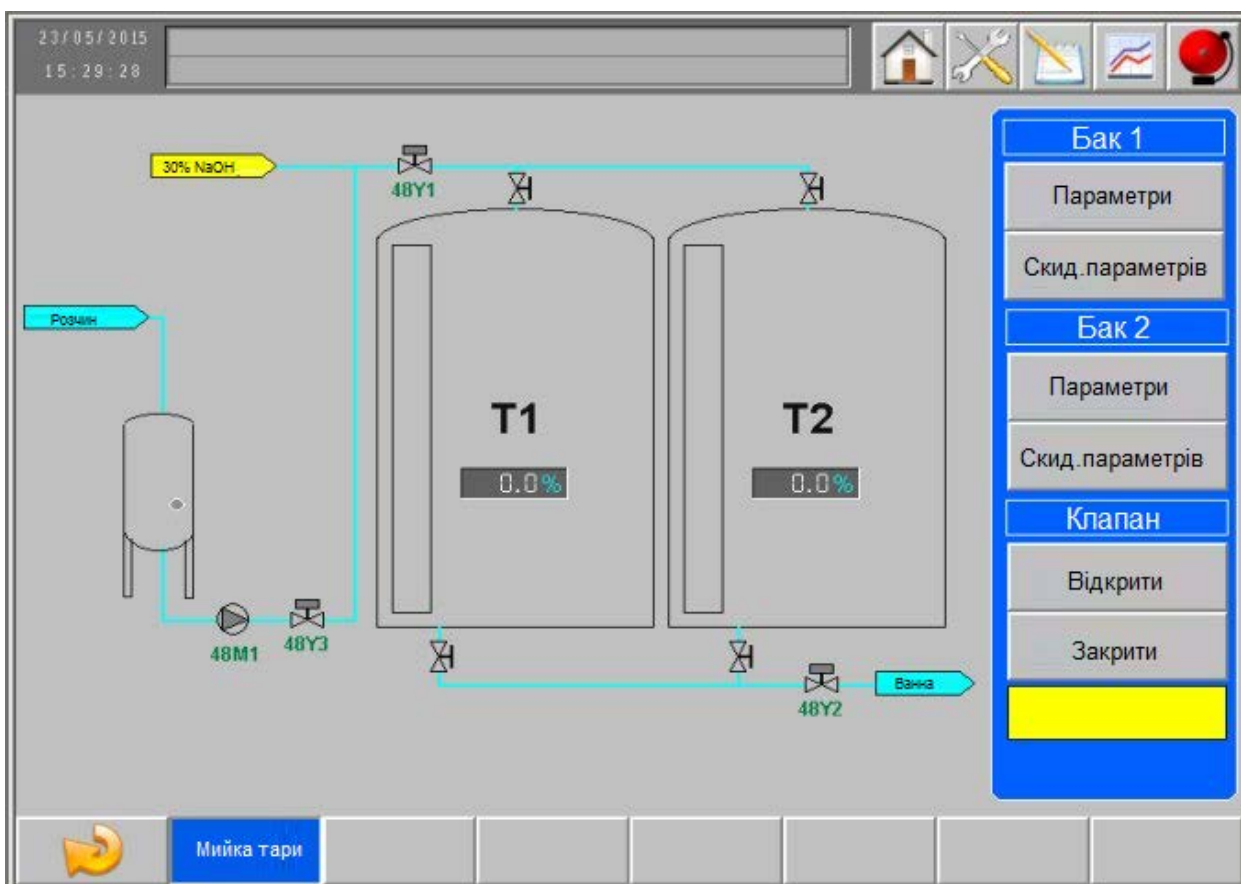


Рис 3.9 Екран контролю витратних баків

Крім того, передбачено інтерфейс через стандартний інтернет-браузер для зручного перегляду та аналізу технічних, технологічних та економічних даних виробництва. На першому етапі користувачами ІАСУ є головні інженери, головні техніки, керівники та директори підприємств, а також менеджери з контрольних вимірювальних приладів та управління. Зовнішні клієнти також можуть підключатися до порталу через Інтернет.

Для введення лабораторних даних в єдиний виробничий архів використовуються різні методи і технології:

- Електронні лабораторні записи: спеціальне програмне забезпечення для створення електронних лабораторних записів дозволяє лаборантам записувати і вводити дані безпосередньо в електронні форми. Це забезпечує швидке і точне введення даних, а також полегшує їх зберігання та аналіз.

- Інтеграція з лабораторним обладнанням: деякі лабораторні прилади та пристрої мають можливість підключатися до комп'ютерних мереж і систем збору даних. Це дозволяє автоматично передавати дані з лабораторних приладів безпосередньо в єдиний виробничий архів, усуваючи необхідність ручного введення.

- Системи збору даних: спеціальні системи збору даних можуть використовуватися для автоматичного збору даних з різних джерел, включаючи лабораторні прилади, датчики та інші пристрої. Ці системи забезпечують автоматизований потік даних в єдиний виробничий архів, спрощуючи процес введення і зберігання лабораторних даних.

- Мобільні додатки: мобільні додатки дозволяють лаборантам вводити дані безпосередньо з мобільних пристроїв, таких як смартфони та планшети. Це забезпечує зручний доступ і швидке введення даних незалежно від місцезнаходження.

- Інтеграція з ІТ-системами: виробниче архівування можна інтегрувати з іншими корпоративними ІТ-системами, такими як системи управління виробництвом і системи управління якістю. Це забезпечує автоматичний обмін

даними між різними системами та уніфікує потік інформації.

Ці методи і технології дозволяють ефективно збирати, вводити і аналізувати лабораторні дані, забезпечуючи точний контроль і вдосконалення виробничих процесів.

Внесення лабораторних даних до єдиного виробничого архіву має кілька переваг

- Централізований доступ: єдиний виробничий архів забезпечує централізований доступ до лабораторних даних для всіх зацікавлених сторін, включаючи ключовий персонал та адміністрацію. Це полегшує обмін інформацією і дозволяє порівнювати результати лабораторних аналізів з результатами вимірювань, зроблених автоматичними датчиками. □ Точний контроль процесу: лабораторні дані можуть бути внесені в єдиний виробничий архів. Це дозволяє фахівцям порівнювати результати лабораторних аналізів зі значеннями параметрів, виміряних автоматичними датчиками, і виявляти потенційні відхилення та проблеми.
- Підтримка прийняття рішень: єдиний виробничий архів забезпечує базу даних для аналізу та прийняття рішень. Ключовий персонал і керівництво можуть аналізувати накопичені дані, виявляти тенденції, розпізнавати проблеми і приймати оптимальні рішення на основі цих даних.
- Запобігання втратам і проблемам з якістю: аналізуючи лабораторні дані, внесені в єдиний виробничий архів, можна виявити можливі відхилення і проблеми в технічних процесах. Це дозволяє швидко вирішувати проблеми і вживати відповідних заходів, запобігаючи таким чином втратам і проблемам з якістю.

Таким чином, введення лабораторних даних в єдиний виробничий архів покращує контроль процесу, забезпечує більш точне управління, полегшує прийняття оптимальних рішень і допомагає уникнути потенційних проблем. виробниче програмне забезпечення IndaSoft I-LDS (Laboratory Data System) дозволяє гнучко налаштовувати тестові завдання та реєструвати інформацію про працівників, які виконують вимірювання. Воно також автоматично

перевіряє правильність введення даних і дотримання графіків відбору проб. Це дозволяє вам керувати та реєструвати лабораторні дані у зручний спосіб.

Програмне забезпечення I-RS (Industrial Reporting System) від IndaSoft дозволяє розраховувати і відображати звіти в браузері відповідно до архітектури клієнт-сервер. Це забезпечує зручний спосіб перегляду та аналізу звітів про діяльність підприємства.

Всі ключові параметри, які автоматично вимірюються, розраховуються або вводяться вручну, можуть бути включені в звіти про роботу заводу, що складаються щозмінно або щоденно. За рішенням керівництва компанії в кінці кожної зміни проводиться традиційна планерка, під час якої роздруковується звіт за зміну і проводиться його подальший аналіз. Це дозволяє керівникам і фахівцям оцінити результати роботи і зробити необхідні висновки.

3.8 Висновок по розділу 3

Застосування комп'ютерно-інтегрованих систем управління дозволяє забезпечити збір, контроль та аналіз важливих параметрів технологічного процесу, що допомагає управлінцям та спеціалістам виробництва приймати обґрунтовані рішення та вчасно реагувати на потенційні проблеми або відхилення в роботі.

ВИСНОВКИ

В даній роботі була розроблена система автоматичного керування технологічним процесом миття скляної тари в мийній машині. Основними цілями розробки були оптимізація виробничого процесу, забезпечення високої якості миття тари та зниження витрат за рахунок ефективного використання енергії, води та витратних матеріалів.

Система управління миттям тари включає чотири контури управління, які мають найбільший вплив на технічний процес. Оптимізована система управління була створена для оптимального управління процесом подачі концентрованого NaOH в витратний бак мийної машини.

В основі системи лежить контролер ADAM-5510, який використовується для автоматизації обладнання середньої складності. Цей контролер має аналогові та цифрові входи і виходи і виконує математичні операції на високій швидкості, забезпечуючи таким чином точність, якість і надійність системи управління.

Контролер також має можливість зв'язку з центральною SCADA-системою, що дозволяє йому передавати інформацію на панель управління, записувати показання датчиків і реєструвати аварійні сигнали. Для моніторингу в режимі реального часу рекомендується використовувати програмне забезпечення GE Fanuc Proficy IFix з інтегрованим збором і обробкою даних.

Аналіз якості розробленої системи показав, що вона відповідає всім необхідним критеріям якості управління, відмінно справляється з поставленим завданням і є відмовостійкою, сучасною і надійною.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лебеде́нко Ю.О., Руснак Ю.В. Аналіз підходів до автоматизації технологічного процесу миття скляної тари «Сучасна молодь в світі інформаційних технологій»: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти присвяченої Дню науки (19 травня 2023 р.), Херсон-Кропивницький: Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2023. С. 86 -87.
2. Технологічне обладнання для миття, інспектування, сортування і калібрування [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_31/page8.html.
3. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Навч.посібник –К.: ІСДО.1995.-360с.
4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Вид.2-ге, виправлене. – К.: Вид. Ліра-К, 2021. – 378 с.
5. Машина мийна Б6-ВМГ-3 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ub.ua/market/view/8188677/all/mashina-butylkomoechnaya-b6-vmg-3/>
6. Вдовичак О.І. Автоматизація технологічного процесу миття скляної тари / О.І. Вдовичак, Г.С. Якимчук, В.І. Глухова // Праці III Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції з автоматичного управління ХНТУ ТК – 2015 присвяченої дню космонавтики / Ред. кол. Марсанов В.В, (голова) та ін. – Херсон: ХНТУ, 2015. С. 31-34.
7. Власов К.П. Теорія автоматичного управління / К.П. Власов. –Харків: Гуманітарний центр, 2012. – 526 с.
8. Гоголюк П.Ф. Теорія автоматичного керування: навч. посіб. / П. Ф. Гоголюк, Т. М. Гречин ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - 2 вид., переробл. - Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. - 279 с.
9. Денисенко В.А. Теорія автоматичного управління: навч. посіб./ В.А Денисенко, С.О. Бобриков, О.Є. Гончаренко. – ОДАХ, 2010. – 100 с.

- 10.Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: підручник. / А. О. Іванов. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013. – 250 с.
- 11.Мокін Б.І.. Теорія автоматичного керування : навч. посіб. / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця: ВНТУ, 2013. - 209 с.
- 12.Попович М.Г. Теорія автоматичного керування: підручник / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – Київ: «Либідь», 2007. – 656 с.
- 13.Репнікова Н.Б.. Теорія автоматичного керування: підруч. для студ. вищ. навч. закл/ Н. Б. Репнікова ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". - К. :НТУУ "КПІ", 2011. - 327 с.
- 14.Зайцев Г.Ф. та ін. Теорія автоматичного управління / Г.Ф. Зайцев, В.К. Стеклов, О.І. Бріцький; За ред. Г.Ф. Зайцева. – К.: Техніка, 2002. – 688 с. – ISBN 966-575-044-5.
- 15.Лазарєв Ю. Ф. MATLAB і моделювання динамічних систем. Навчальний посібник. / Ю.Ф. Лазарєв. – К: НТУУ "КПІ", 2009. – 79 с.
- 16.Farid Golnaraghi, Benjamin C. Kuo. Automatic Control Systems. – 9th edition – USA: John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 786 p. – ISBN-13 978-0470-04896-2.
- 17.D. Graupe, Identification of systems, 2nd ed. New York, USA: Robert E. Krieger Publishing Company, 1976. 276 pp
- 18.Linear Optimal Control Systems. H. Kwakernaak and R. Sivan. Wiley-Interscience, Chichester, 1972. 575 pp
- 19.Сорока К.О. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник / К.О. Сорока. – Харків, ХНАМГ, 2006 – 187 с.
- 20.Сорока К.О. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів з дисципліни «Теорія автоматичного керування» / К.О. Сорока, Д.О.Личов.- Х.: ХНАМГ, 2011. – 58 с.
- 21.Артюшин Л.М. Теорія автоматичного керування: навч. посіб. / Л. М. Артюшин [и др.]. - Л.:УАД, 2004. - 272 с.
- 22.Жученко А.І. Теорія автоматичного керування. Терміни, поняття, визначення: довід. для студ. напряму "Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології" / А. І. Жученко, Т. В. Аверіна ;

Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". - К.: НТУУ "КПІ", 2006. - 48 с.

23. Пупена, О. М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін, Н. М. Луцька, А. П. Ладанюк. – К. : Ліра, 2011. – 552 с.
24. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів.- К.: Ліра-К, 2017. -376 с.
25. Robert H. Bishop, Richard C. Dorf. Modern Control Systems. 12 Edition. Prentice Hall PTR, 2010. 1104 pp.
26. Контролер ADAM-5510 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.proxis.ua/uk/product/programmable-controller-Advantech-ADAM-5510/?gclid=Cj0KCQjw98ujBhCgARIsAD7QeAiq18ZpiOWtEr0mqws88wnuQ55zvid7FD0BvnN_TqlcQQK2_OLwdhoaApdoEALw_wcB
27. Термоперетворювач опору TSM-0387 [Електронний ресурс] – Режим доступу: ТУ 25-7363.021-88 <https://thermo.lviv.ua/product/termopretvoryuvach-oporu-tsm-0387-tu-25-7363-021-88/>
28. Датчики витрати Rosemount - ТОВ Трейд Контрол [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://trade-control.com.ua/ua/datchiki-rasxoda-rosemount>.
29. Механізм виконавчий МЕО, МСО, МЕВ, МЕОФ, МЕОК, МЕО-16, МЕО-40, МЕО-100, МЕО-250, МЕО-630, МЕО-1600, МЕО-4000, МЕО-10000 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://kip-elektro.com.ua/mehanizm_ispolnitelnyu_meo-16_meo-40_meo-100_meo-250_meo-630_meo-1600_meo-4000_meo-10000_ru.
30. Контролер рН/ORP-3520. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://arista.in.ua/ua/p1106087923-kontroller-phorp-3520.html>
31. Жученко А.І., Кваско М.З., Кубрак Н.А. Ідентифікація динамічних характеристик. Комп'ютерні методи. К.: ВІПОЛ, 2000.– 182с.
32. Остапенко Ю. О. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування: Підручник для студентів вищих закладів освіти, що навчаються за напрямком «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – К.: Задруга, 1999. – 424 с.

- 33.Н.Г. Бишевець, А.І. Кузьмичов, Н.В. Омецинська, Т.В. Юсипів. Ймовірнісне та статистичне моделювання в Excel для прийняття рішень: навч. посіб. / Н.Г. Бишевець, А.І. Кузьмичов, Н.Г. Омецинська, Т.В. Юсипів. – К. : АМУ, 2012. – 200 с.
- 34.Кондратець В.О. Автоматика та автоматизація виробництва с/г машин. У 2-х ч. – Ч.1 Теорія і технічні засоби систем. – К.:Вища школа, 1993. – 319с.
- 35.Мисак В.Ф. Методи ідентифікації статичних характеристик об'єктів керування. Навчальний посібник. – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. - 62с.
- 36.Мокін Б.І., Мокін В.Б., Мокін О.Б. Математичні методи ідентифікації електромеханічних процесів. Навчальний посібник. – Вінниця: Універсум, 2005.– 300с.
- 37.Лазарєв Ю. Ф. Довідник з MATLAB / Електронний навчальний посібник з курсового і дипломного проектування. – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 132 с.
- 38.Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. - К.: Либідь, 2007. - 656 с.
- 39.Ладанюк А.П. Основи системного аналізу. Навч. посібник. - Вінниця: Нова книга, 2004. - 176 с.
- 40.Системний аналіз складних систем управління: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко та ін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
- 41.Антощук С.Г. Вимірювальна техніка від А до Я. Енциклопедичний словник. / С.Г. Антощук, Д.Б. Головка, К.Л. Шевченко, К.: Освіта України, 2014. - 976с.
- 42.Проць Я. І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. - 2011. - 344 с.
- 43.Автоматика і автоматизація технологічних процесів: Підручник /Д.Б. Головка, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник.- К.: Либідь, 1997. - 232 с
- 44.Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації.- Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017.-444 с.

45. Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Власенко Л.О. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів.- К.: Ліра-К, 2016. -312 с.
46. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. «Метрологія та вимірювальна техніка»: Підручник / за ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів, Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 544с.
47. Ткачов В.В. Технічні засоби автоматизації. – Дніпропетровськ, НГУ, 2012. – 304 с.
48. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії.- К.: Ліра-К, 2019.-136 с.
49. ДНАОП 0.00-1.32-01 "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок"-<http://www.dnopr.kiev.ua>
50. Розрахунок неперервних автоматичних систем керування. Практикум з курсового проектування; навч. посібник — К.: НМК ВО, 1992г. — 100 с.
51. Вакаров М.М. Підходи до дистанційної діагностики обладнання комп'ютеризованих систем / М.М. Вакаров, Ю.О. Лебеденко // VIII Всеукраїнська науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики, 10-12 квітня 2019 р., м. Херсон, - С.: 54-55
52. Омельчук А.А. Моделювання технологічних процесів за допомогою програмного середовища FACTORY I/O А.А. Омельчук, Ю.О. Лебеденко, С.А. Русанов // Прикладні питання математичного моделювання, 2019, №2, С. 58-64
53. Лебеденко Ю.О. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування технологічним процесом пастеризації молока / Ю.О. Лебеденко, В.В. Олійник - Мехатронні системи: інновації та інжиніринг, 2022, С. 139 – 140. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/20947/1/MSIE_2022_P139-140.pdf
54. Технічні засоби автоматизації (Частина 2) / М.В. Лукінюк, В.П. Лисенко, В.Є. Лукін, А.М. Гладкий, С.А. Шворов, А.А. Руденський, А.А. Заверткін— Ніжин.: Видавець ПП Лисенко М.М., 2018.—455 с.

ДОДАТОК А

ТЕЗИ КОНФЕРЕНЦІЇ

IV Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Сучасна молодь в світі IT»

УДК 681.51: 338.439

Ю.О. Лебеденко, Ю.В. Руснак

Київський національний університет технологій та дизайну
yurii.lebedenko@gmail.com

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МИТТЯ СКЛЯНОЇ ТАРИ

Миття скляної тари є важливою операцією в процесі фасування харчових рідин, оскільки якість продукції та безперебійність роботи всієї лінії розливу залежать від ефективності цього процесу. Миття скляної тари має складну природу, яка включає фізико-хімічні аспекти. Зазвичай сила прилипання забруднень до поверхні тари перевищує силу зчеплення між самими частинками забруднень, що ускладнює процес їх видалення. Цей процес відбувається поступово, без відокремлення плівки забруднень. [1].

Метою даного дослідження є аналіз технологічного процесу миття скляної тари, визначення факторів, що впливають на його якість та розробка практичних рекомендацій щодо його автоматизації із застосуванням сучасних інформаційно-керуючих засобів.

Якість вимитої скляної тари оцінюється за декількома критеріями, такими як фізична чистота, відсутність бактерій та залишків миючого розчину в пляшці. Мийні машини повинні забезпечувати чистоту митого об'єкта, уникати пошкоджень чи деформацій, мінімізувати витрати води та енергії, бути механізованими для вантажно-розвантажувальних операцій, бути простими у використанні та надійними, а також забезпечувати безпеку обслуговування [2]. Технологічна схема машини для миття скляної тари наведена на рис. 1.

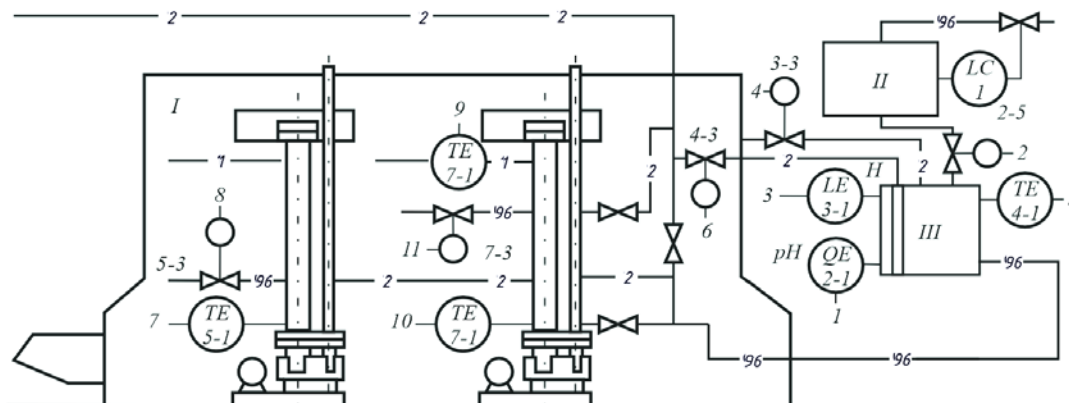


Рисунок 1 – Схема технологічного процесу миття скляної тари

Ключовими факторами, що впливають на якість миття, є концентрація миючого розчину, тривалість миття, гідродинамічний вплив струменя миючого розчину та води під час внутрішнього та зовнішнього обприскування банок, частота заповнення тари миючими розчинами тощо [3, 4]. Але основними умовами для досягнення високої якості мийки пляшок є саме дотримання температурного режиму та оптимальна концентрація миючого розчину у ваннах мийки, що може бути ефективно досягнуто за рахунок впровадження автоматизованої системи керування. Зазвичай лужний розчин готується шляхом розведення концентрованого лугу у воді. Після цього лужний розчин підігрівається і направляється до відповідних ванн для мийки. Тепла вода отримується шляхом підігрівання холодної води. Після мийки лужний розчин очищається і повертається до витратного бака.

Для забезпечення високої якості очищення тари необхідно дотримуватись встановлених температурних режимів і концентрації лужного розчину в заданих межах. Схема керування

процесом мийки також повинна включати регулювання рівня концентрованого лугу в другому баку за допомогою програмованого логічного контролера. Регулювання рівня лужного розчину можливе шляхом зміни подачі концентрованого лугу в витратний бак [4].

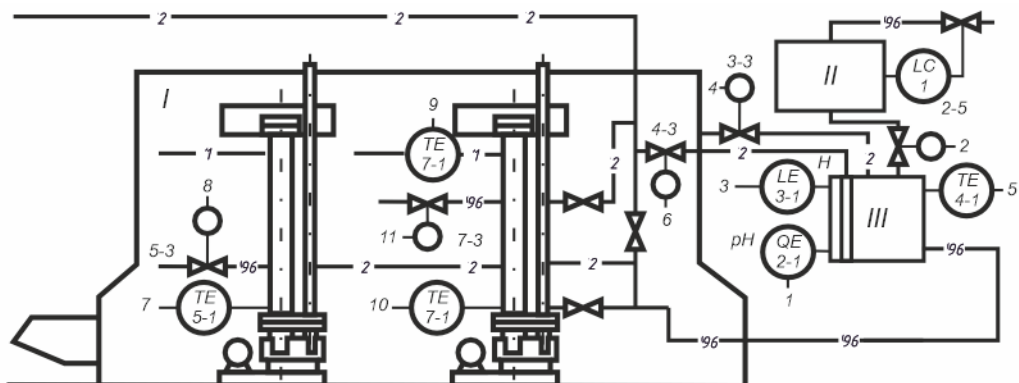
Отже, в даному дослідженні був розглянутий технологічний процес миття оборотної тари. На основі цього аналізу було обґрунтовано вибір параметрів технологічного процесу, які підлягають керуванню, а саме концентрації і рівня лужного розчину у витратному баку, температури води та лужного розчину. Використання сучасних інформаційно-керуючих засобів, зокрема програмованих контролерів, дозволить досягти максимальної оптимізації процесу виробництва [5]. Це включає досягнення максимальних показників якості миття тари, ефективного використання енергоносіїв, води та витратних матеріалів, що є особливо актуальним у контексті підвищення цін на енергоносії. Такі заходи допоможуть досягти мінімальної собівартості виробництва.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Технологічне обладнання для миття, інспектування, сортування і калібрування. URL: https://elibrary.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_31/page8.html.
2. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Навч. посібник. К.: ІСДО.1995. 360с.
3. Благовещенская М.М. Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. М.: "Высшая школа", 2005. 768 с.
4. Селевцов Л.И., Селевцов А.Л. Автоматизация технологических процессов. М.: Академия, 2014 г. 352 с.
5. Ельперін І.В., Пулена О.М., Сідлецький В.М., Швед С.М. Автоматизація виробничих процесів: підручник Вид.2-ге, виправлене. К.: Вид. Ліра-К, 2021. 378 с.

ДОДАТОК Б

СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНА

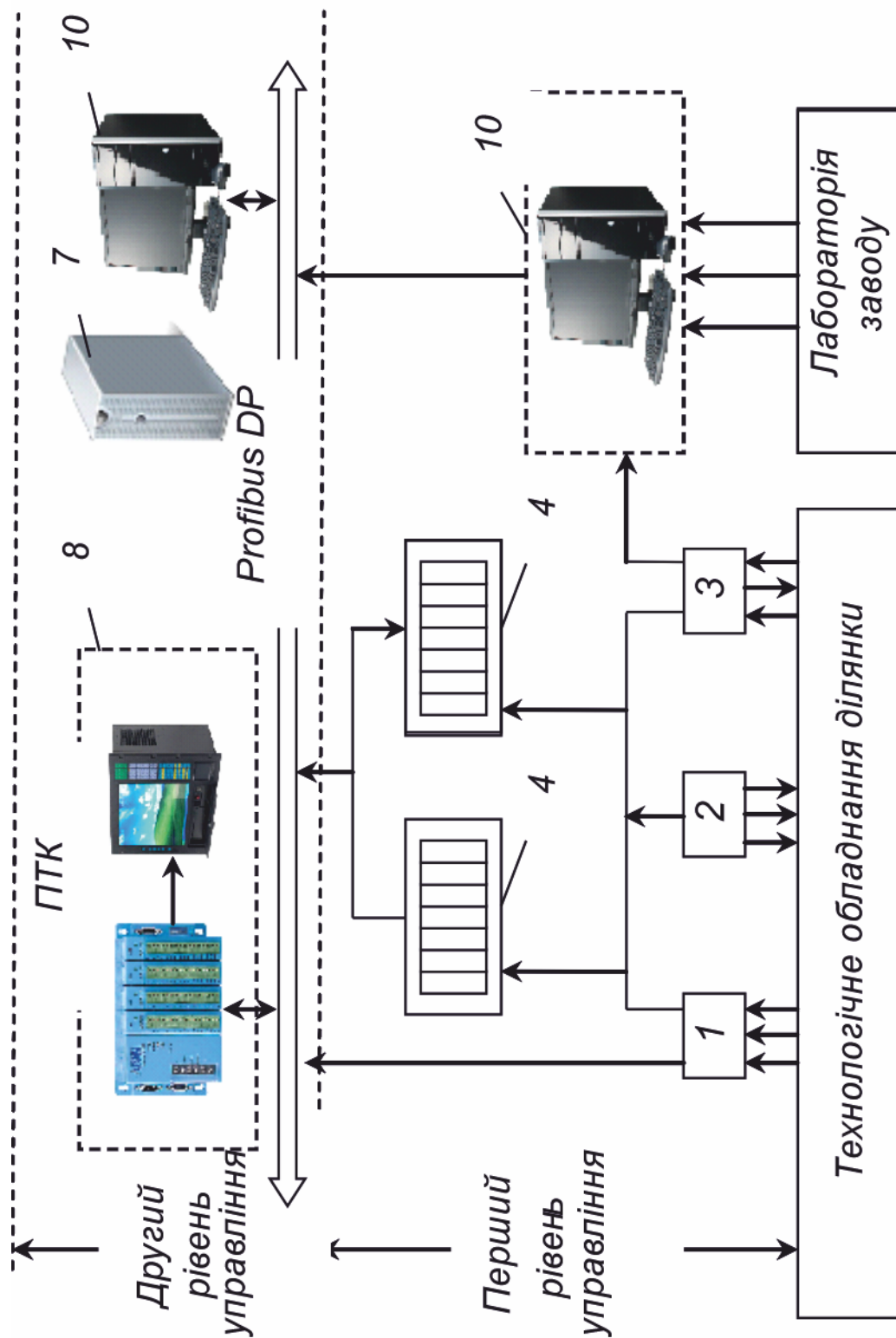


		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		1.0% NaOH				60-65°C		30-35°C			30-35°C		
Прилади за місцем		QT 2-2	QY 2-4							FT 6-2			
Щит управління		pH QIC 2-3		LCA 3-2		TRC 4-2		TRC 5-2		FIR 6-3	TIC 7-2		
ПТК	УЗО	Вхід	AC										
		Вихід	ДС										
		Вхід	AC										
		Вихід	ДС										
	Контролер	Контроль											
		Рег-ння											
		ПЛУ											
ПК	I												
	R												
	Захист												

Поз.	Найменування	Кіл.	Примітки
I	Мийна машина	1	
II	Збірник концентрованого 30% NaOH	1	
III	Розходний бак	1	

ДОДАТОК В

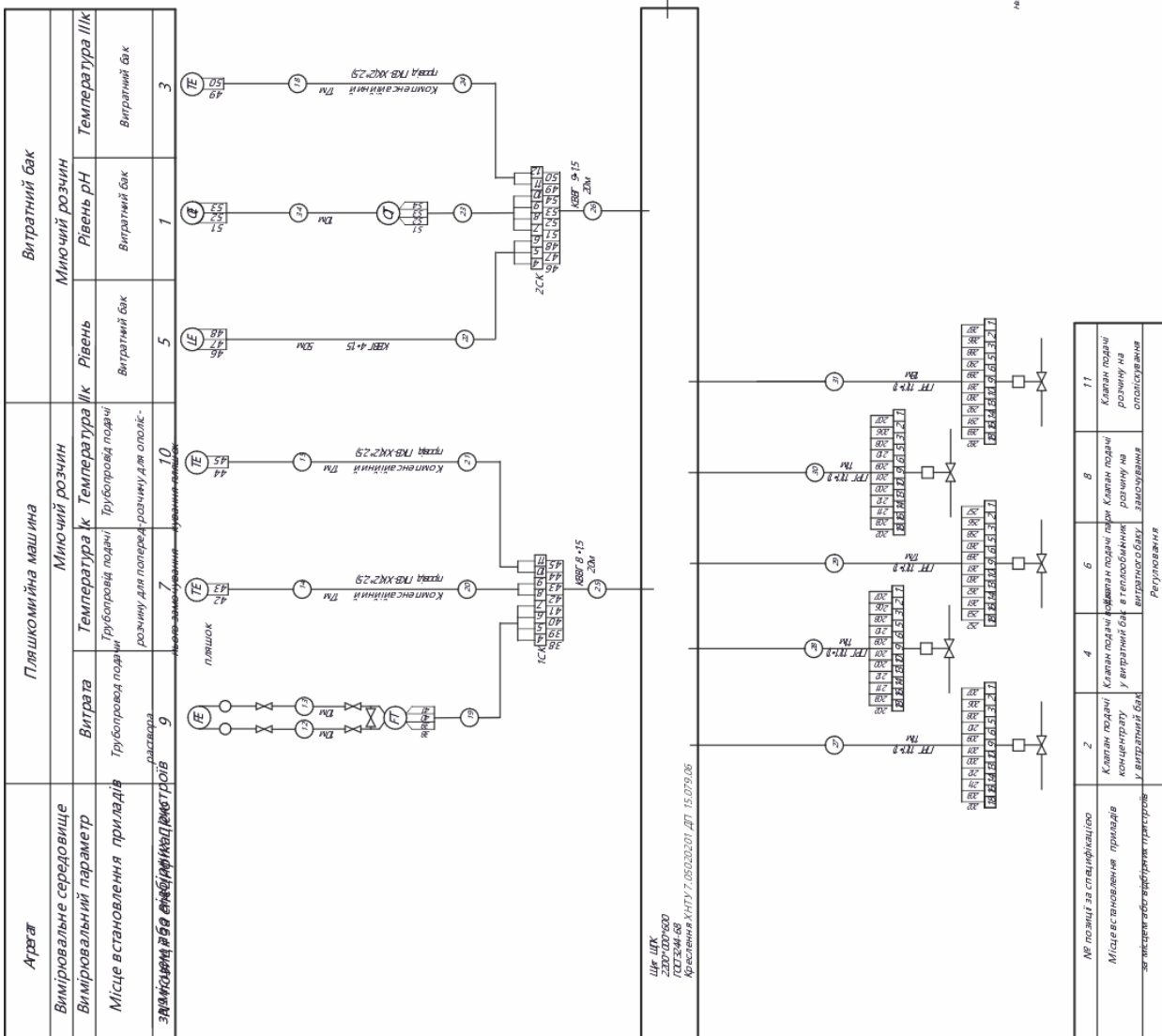
СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНА



ДОДАТОК Г

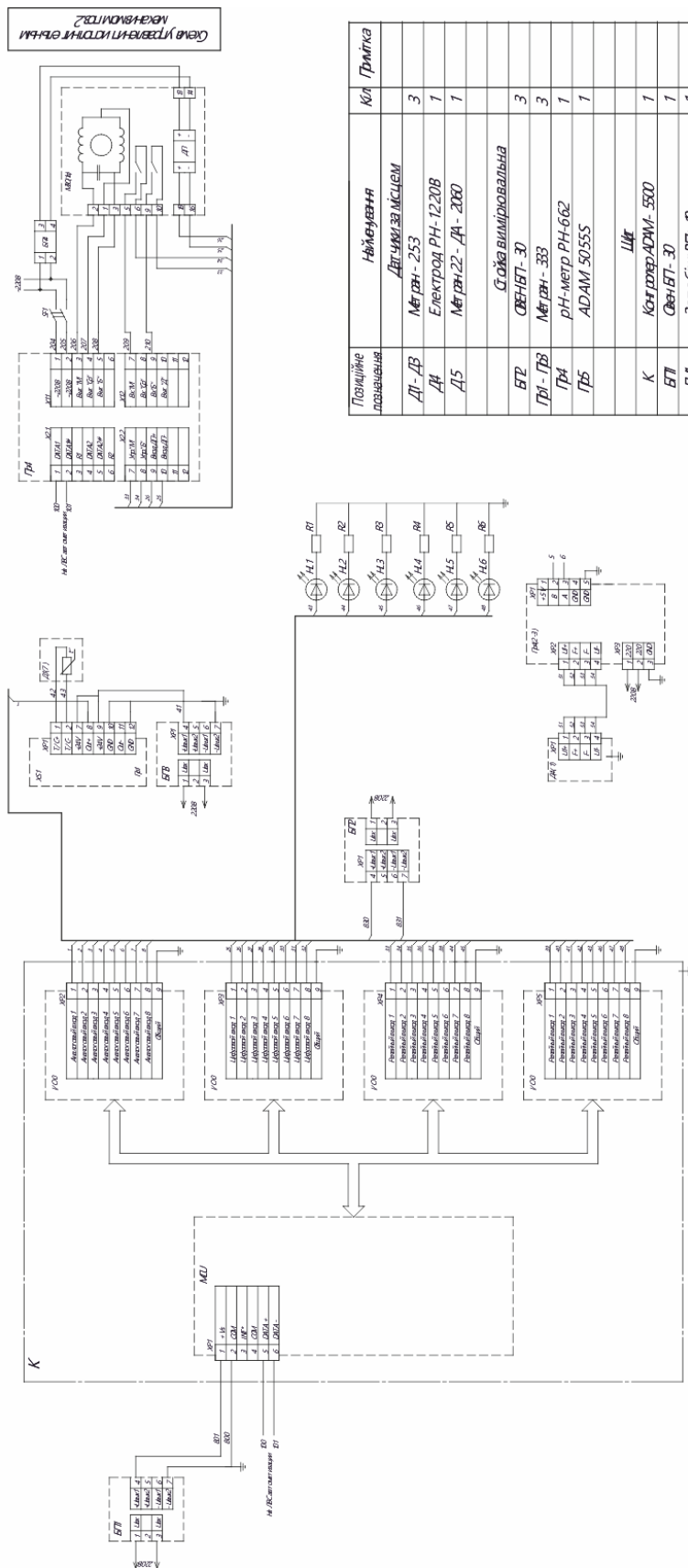
СХЕМА ЗОВНІШНІХ З'ЄДНАНЬ ПРИБАДІВ

№	Познач	Найменування	Тип	Температура	Кол.	Прим.
1	Чення	З'єднувальна коробка	СК-12	на 12 записк	2	
2	Чення	З'єднувальна коробка	СК-20	на 20 записк	5	
3	Вентилятор	Вентилятор	ВЛ-100		5	
4	Провід компенсаційний	Провід компенсаційний	ПВ-ЖК		51	
5	Провід гнучкий	Провід гнучкий	ПГГ	4*1,5	40	
6	Провід гнучкий	Провід гнучкий	ПГГ	1*1	88	
7	Кабель конторний	Кабель конторний	КВРТ	1*1,5	30	
8	Металорукав	Металорукав	РЗ-АГО		128	



ДОДАТОК Д

СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА

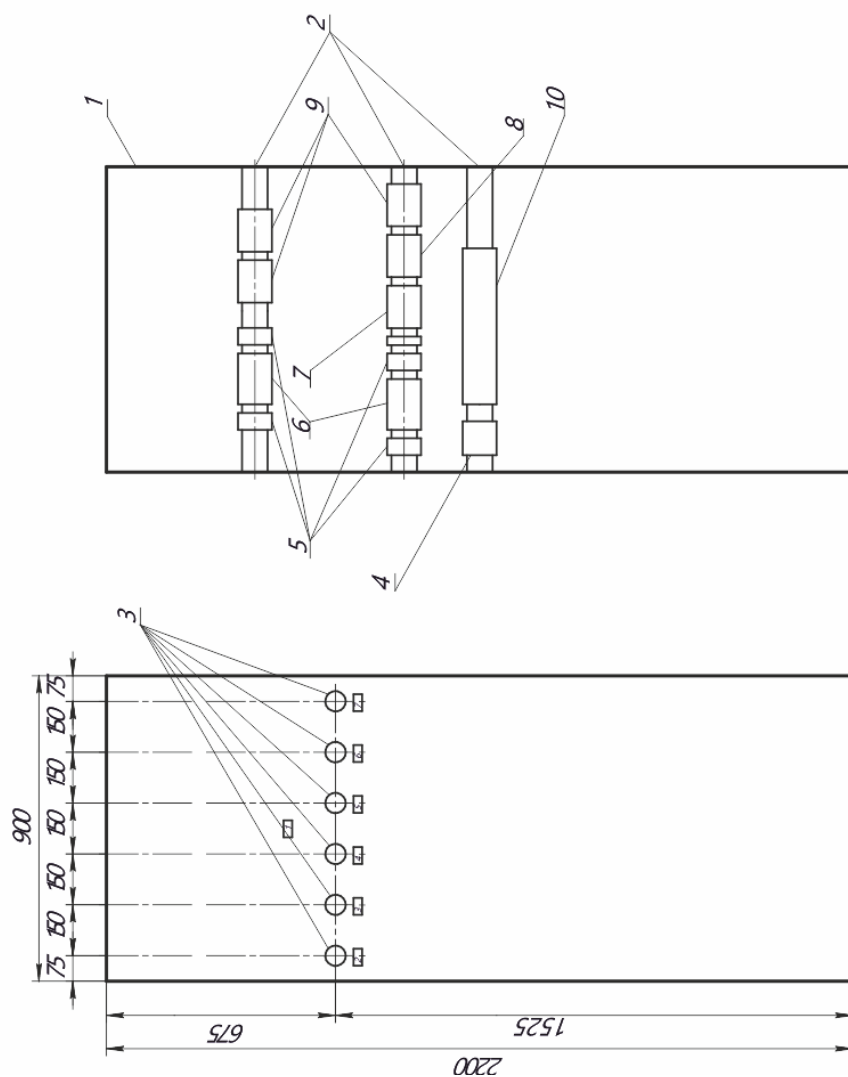


Схеми керування виконавчими механізмами поз. 4, 6, 8, 11 виконані аналогічно схемі підключення виконавчого механізму 2. Датчики Д2, Д3 (поз. 10, з відповідно) підключити аналітично датчику Д1 (7). Датчик Д5 (поз. 9) підключити аналітично датчику Д4 (1).

ДОДАТОК Е ЗАГАЛЬНИЙ ВИД ЩИТА

Специфікація щита			
Позичка по-своєму	Найменування	Кіл.	Грмітка
1	Щит ШК 2200 • 900	1	
2	DN- рейка	3	
3	Світлоіндикатор AD- 2205	6	
4	Блок живлення ВП- 30	2	
5	Автоматичний вимикач АВР	4	
6	Контактор АДМ- 5000	2	
7	Вісний трифазний АДМ 50555	1	
8	Вісний трифазний РН-662	1	
9	Вісний трифазний РН- 333	3	
10	Клемник МСОСС- 340	1	

Ніколи в рамках		
п/п	Текст надриси	Кол.
1	Стан	1
2	Рівень розчину	1
3	Подача пари	1
4	Замочування	1
5	Ополіскування	1
6	Подача води	1
7	Подача концентрату	1
8	Живлення агрегату	1



ДОДАТОК 3
БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ РОБОТИ

