МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ННІ/факультет	*Навчально-науковий технологічний інститут*
Кафедра	*Електричної інженерії та автоматизації*
Спеціальність	*151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*
Форма навчання	*денна*

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

Борис Ілля Сергійович

(прізвище, ім’я, по батькові здобувача)

на тему *«Автоматизація обладнання промводопостачання. Система автоматичного управління процесом очищення питної води в водопостачанні»»*

(повна назва теми)

за матеріалами _____

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник PhD _____ Соломенко А.Г

(наук. ступінь, вчене звання) (підпис (прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК
Протокол засідання кафедри
від _____ 20___р. № _____
Завідувач кафедри _____
(підпис)

_____ Є.О. Модло

Наук. ступень, вчене звання *Ініціали, прізвище*

Кривий Ріг – 2026

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Електричної інженерії і автоматизації

Рівень вищої освіти *бакалавр*
Спеціальність *151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *Електричної інженерії і автоматизації*
В.о. зав каф.
Модло Є.О.
(підпис) (посада, вчене звання , прізвище ініціали)
«_____» _____ 2026__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ(КИ)

Борису Іллі Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра Автоматизація обладнання промводопостачання. Система автоматичного управління процесом очищення питної води в водопостачанні.

керівник кваліфікаційної роботи PhD Соломенко Анастасія Геннадіївна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «06»04.2026 р. № 239-ст

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 01.06.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: *статті, патенти, промислові дослідження*

Об'єкт розробки і дослідження – проектна продуктивність водоочисних споруд до 340000 м^3 в добу. Каламутність і колірність початкової води 1,7 до 14,7 мг/л оксиду алюмінію, що потребує гнучкої системи дозування коагулянтів та флокулянтів.

Характер навантаження – робота в безперервному тривалому режимі. Система повинна забезпечувати стабільність технологічних параметрів при змінній гідравлічній та хімічній продуктивності, з урахуванням мінімізації часу простою.

Тип системи автоматизації: трирівнева розподілена система автоматичного керування (АСУ ТП) на базі промислових ПЛК

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;

4.2 Основна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 Загальна схема автоматизації
2 Функціональна схема
3 Структурна схема
4 Принципова електрична схема
5 Схема моделювання
6 Результати моделювання

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітична частина	PhD, Соломенко А.Г.		
2 Основна частина	PhD, Соломенко А.Г.		

7. Дата видачі завдання «__06_» ____04_____ 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	29.04.2026	
2.	Основна частина	06.05.2026	
3.	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2026	
4.	Виконання графічної частини	25.05.2026	
5.	Подання роботи до кафедри	01.06.2026	
6.	Захист роботи в ЕК	19.06.2026	

Студент _____ *Борис І.С.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *Соломенко А.Г.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				Документація		
А3		1	ВРБ.151.239–ст.03.Е1	Загальна схема автоматизації	1	
А3		1	ВРБ.151.239–ст.03.Е2	Функціональна схема	1	
А3		1	ВРБ.151.239–ст.03.Е3	Структурна схема	1	
А3		1	ВРБ.151.239–ст.03.Е01	Принципова електрична		
				схема	1	
А3		1	ВРБ.151.239–ст.03.Е02	Схема моделювання	1	
А3		1	ВРБ.151.239–ст.03.Е03	Результати моделювання	1	
А4		1	ВРБ.151.239–ст.03.ПЗ	Пояснювальна записка	83	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВРБ. 151. 239–ст. 03. ВД		
Розробив		Барис І.С.			Автоматизація обладнання промводопостачання. Система автоматичного управління процесом очищення питної води в водопостачанні. Відомість дипломну	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Соломенко А.Г.				Б	1	1
Н.контр.		Модло Є.О.				ННТІ ДУЕТ кафедра ЕІА гр. АВ–22		
Затвердив		Модло Є.О.						

Копіював Формат А4

РЕФЕРАТ

Борис І.С. «Автоматизація обладнання промводопостачання. Система автоматичного управління процесом очищення питної води в водопостачанні» – Бакалаврська робота. – Кривий Ріг, 2026. 83 с., 40 рис., 4 табл., 28 джерел.

Об'єкт розробки - система автоматичного управління процесом очищення питної води в умовах ДПП «Кривбаспромводопостачання».

Мета роботи - автоматизувати процес очищення питної води в умовах ДПП «Кривбаспромводопостачання».

Мета дослідження та апаратура - аналіз існуючої системи регулювання та її удосконалення. Одночасно здійснюється заміна морально фізично застарілих технічних засобів виміру та регулювання на сучасні цифрові на базі мікропроцесорної техніки.

Результати роботи можуть стати основою для створення автоматичної установки, яка дозволить широко впровадити на підприємствах, та значно зменшити матеріальні витрати на очищення питної води в умовах ДПП «Кривбаспром водопостачання».

ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЕР, МОДЕЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА 10
1.1 Характеристика об'єкту автоматизації, опис технологічного процесу, огляд існуючих рішень та розробка основних вимог до системи 10
1.1.1Загальні відомості про виробництво «Кривбаспромводопостачання» 10
1.1.2 Опис технологічного процесу очищення питної води 12
1.2 Характеристика об'єкта. Технологічні особливості АСУ процесом очищення питної води 14
1.3 Розробка основних вимог до системи 22
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА 24
2.1 Розробка функціональної, структурної та принципової схеми системи та вибір технічних засобів автоматизації 24
2.1.1 Розробка функціональної схеми автоматизації 24
2.2 Вибір технічних засобів автоматизації 30
2.2.1 Вибір вимірювальних перетворювачів 30
2.2.2 Вибір виконавчих механізмім 40
2.2.3 Вибір мікропроцесорних засобів 43
2.3 Розробка структурної схеми системи автоматизації 48
2.4 Розробка принципової схеми системи 50
2.5 Моделювання системи та розробка алгоритму 51
2.5.1 Вибір регулятора і розрахунок його параметрів 51
2.5.2 Розрахунок надійності системи 60
2.5.3 Вибір програмного забезпечення 66
2.5.4 Розробка алгоритму функціонування системи 70
2.6 Заходи із охорони праці та безпеки для персоналу КП «Кривбас-водоканал» 72
2.6.1 Специфічні виробничі фактори КП «Кривбассводоканал» 72
2.6.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників 74

2.6.3 Засоби зниження дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників 77
2.6.4 Пожежна безпека 79
ВИСНОВКИ 81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 82
ДОДАТКИ 84

ВСТУП

Ефективність водопровідного господарства є ключовим індикатором сталого розвитку держави. Сучасний стан галузі в Україні визначається комплексом застарілих проблем: від зношеності фондів до відсутності дієвих економічних стимулів для модернізації. Додатковим дестабілізуючим чинником стала війна, яка призвела до цілеспрямованого нищення водної логістики. Географічна нерівномірність доступу до ресурсів особливо відчутна в селах, де переважає використання колодязів та привізної води. Оскільки за показниками річкового стоку Україна належить до маловодних регіонів, поєднання техногенного навантаження та тривалих посух створює системну загрозу водній безпеці країни.

Водопостачання це подання поверхневих або підземних вод водоспоживачам в необхідній кількості і відповідно до цільових показників якості води у водних об'єктах. Інженерні споруди, призначені для вирішення завдань водопостачання, називають системою водопостачання, або водопроводом. Усі сучасні, системи водопостачання населених місць є централізованими: кожна з них забезпечує водою велику групу споживачів. Вибір джерела є одним з найбільш відповідальних завдань при облаштуванні системи водопостачання, оскільки він визначає значною мірою характер самої системи, наявність в її складі тих або інших споруд, а отже, вартість і будівництва, і експлуатації. Правильне вирішення питання про вибір джерела водопостачання для кожного цього об'єкту вимагає ретельного вивчення і аналізу водних ресурсів району, в якому розташований об'єкт [1]. Практично усі використовувані для цілей водопостачання природні джерела води можуть бути віднесені до двох основних груп: поверхневі джерела і підземні джерела. Водопостачаннями є комплекс споруд для забезпечення певної групи споживачів водою в необхідних кількостях і необхідної якості. Крім того, система водопостачання повинна мати певну міру надійності, тобто забезпечувати постачання споживачів водою без неприпустимого зниження встановлених

показників своєї роботи відносно кількості або якості, води що подається. Система водопостачання населеного місця або промислового підприємства повинна забезпечувати отримання води з природних джерел, її очищення, якщо це викликається вимогами споживачів, і подання до місць споживання [1, 2].

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкту автоматизації, опис технологічного процесу, огляд існуючих рішень та розробка основних вимог до системи

1.1.1 Загальні відомості про виробництво «Кривбаспромводопостачання»

Державне промислове підприємство «Кривбаспромводопостачання» потужна централізована система водопостачання, яка забезпечує питною водою один з найбільших регіонів країни. Підприємство засновано в 1930 році. Підприємство стратегічне. Здійснює безперебійну водопідготовку та водопостачання питної води, подачу технологічної води, транспортування шахтних вод, експлуатацію гіддротехнічних споруд, регулює паводки, виконує промивку річок Інгулець та Саксагань. Питну воду, яку виробляє підприємство споживають мешканці м.Кривого Рогу, Криворізького сільського, Широківського, Софіївського, Нікопольського, Апостолівського районів.

Підприємство експлуатує [3]:

- пять водосховищ (Карачунівське, Південне, Макартівське, Кресівське, Дзержинське), загальним обсягом 437 млн.куб.м;
- 4 греблі першого класу;
- канал Дніпро - Кривий Ріг довжиною 42 км;
- канал 33;
- Саксаганський деривaційний тунель довжиною 5,5 км діаметром 3500 мм, який є продовженням р.Саксагань;
- три комплекси очисних водопровідних споруд (Карачунівський, Радушанський, Ленінський) загальною потужністю 1002,6 тис.куб.м/добу;
- 30 насосних станцій;
- магістральні водоводи діаметром від 500 до 1400 мм довжиною 779,91 км;
- 45 резервуарів питної води загальним обсягом 212тис.куб.м;

- 60 електропідстанцій з середньорічним споживанням електроенергії 214,0 млн.кВтч, повітряні ЛЕП, лінії зв' язку, телефонні станції; комплекс споруд для перекачки шахтних вод у складі трьох насосних станцій та трубопроводу довжиною 95 км; середньорічний обсяг поданої питної води становить - 184,4 млн.м^3; технічної напірної води - 73,3 млн.м^3, технічної безнапірної 63,2 млн.м^3. середньорічний показник перекачки шахтних вод становить 16,9 млн.м^3.





Рис. 1.1. Зовнішній вигляд спеціалізованої лабораторії

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [2]

На рисунку 1.1 представлено лабораторії підприємства (рис.1.1).

Дестабілізація водогосподарського комплексу міста внаслідок теракту на Каховській гідроелектростанції змусила фахівців шукати нові технічні рішення для заміни втраченого водосховища. Ефективна координація зусиль при проєктуванні та спорудженні ланки «Інгулець-Південне» відіграла вирішальну роль у стабілізації гідравлічних показників системи. Наведені події продемонстрували вразливість централізованих мереж і підкреслили важливість формування надійного технологічного резерву для функціонування в умовах надзвичайного стану [3].

1.1.2 Опис технологічного процесу очищення питної води

Карачунівський водопровідний комплекс призначений для господарсько-питного водопостачання міста Кривого Рогу.

До складу комплексу входять наступні споруди:

– джерело водопостачання (Карачунівське водосховище);

– гребля;

– водозабірні споруди (водозабірний колодязь, башта донного водовипуску);

– насосні станції першого підйому;

– реагентне господарство;

– блок очисних споруд фільтрувальної станції (камери реакції, горизонтальні відстійники, фільтри, резервуари чистої води);

– хлораторна первинного і вторинного хлорування;

– насосні станції другого підйому;

– блок повторного використання промивної води;

– кавітаційна насосна станція;

– шламонакопичувач.

Джерело водопостачання

Джерелом водопостачання для фільтрувальної станції є Карачунівське водосховище, утворене на злитті річок Інгулець, Бокова і Боковенька.

Підготовка питної води здійснюється на Карачунівському, Радушанському та Ленінському водопровідних комплексах, до складу яких входять [3]:

1. Водозабірні споруди (насосні станції першого підйому).
2. Споруди відстоювання води (горизонтальні відстійники).
3. Очисні споруди (блоки швидких фільтрів з реагентним господарством).
4. Споруди по знераженню (хлораторні та склад хлору)
5. Резервуари чистої води та насосні станції другого підйому з системою водоводів підвищувальною насосною станцією для подачі води споживачам.

Після очищення, вода по системі водоводів надходить на насосні станції 3-го, 4-го та 5-го підйомів і до побічних споживачів.

Технологія водопідготовки річкової води полягає в наступному: річкова вода насосної станції 1А підйому(НС-lАп) подається на галерею первинних відстійників, де відбувається попереднє знераження води і її відстоювання від крупнодисперсної суспензії. Відстійник розділений на 2-ві секції. Робочих відстійників -18 штук; 2 відстійники в резерві на випадок збільшення подання води при форсуванні роботи водоочисних споруд, що постійно знаходяться на очищенні -2 відстійники.

Між групами відстійників знаходиться наземна галерея, в якій розміщена арматура, падаючі водоводи Д=800 мм і Д=400 мм, виробнича каналізація і промивні трубопроводи. Далі відстояна вода збирається у збірні резервуари об'ємом 9000 $м^3$ (18 штук по 500 $м^3$) насосної станції 2А підйому, з яких перекачується на водоочисні споруди проектною продуктивністю до 340 тис. $м^3$ в добу. Вода, що поступає на споруди, потрапляє в перегородчастий змішувач, де відбувається її змішування з розчином коагулянта (сірчанокислого алюмінію) і хлорною водою (первинне знезараження). В якосп коагулянта на споруді використовується водна сіль сірчанокислого алюмінію. Доза реагенту визначається пробною коагуляцією і міняється залежно від хімічних показників - каламутності і колірності початкової води від 1,7 до 14,7 мг/л по оксиду алюмінію. Оброблена, коагулянтом і хлорною водою, вода поступає в камери утворення пластівців, куди подається розчин флокулянта. В якості флокулянта

використовується флокулянт - «Праестол 2540 TR» - похідний поліакриламіду. Доза флокулянта визначається пробним флокулюванням і змінюється в інтервалі від 0,1 до 0,3 мг/л. У камерах утворення пластівців пластівці, що утворилися, укрупнюються, стабілізуються під дією флокулянта і поступають у вторинні відстійники для осадження. Швидкість руху води у вторинних відстійниках складає 4,4 см/сек. Потім після освітлення у вторинних відстійниках вода подається на швидкі фільтри, заповнені цеолітом (фракція для фільтрування 0,65-1,8 мм), де відбувається процес фільтрації. Відфільтрована вода далі поступає в резервуари води, де повторно знезаражується і потім подається споживачам міста [3].

Основною проблемою що викликала необхідність створення АСУ на підприємстві являється те, що очищення питної води на ВОС управлялася вручну, тобто за допомогою механічних приладів і датчиків. Нині стало можливим створити АСУ, яка могла б увесь цей процес автоматизувати. Таким чином, АСУ може забезпечувати контроль за введенням реагентів, визначення каламутності колірності води, а також достовірною інформацією про кількість і якість отриманої води в резервуарах чистої води. Мета АСУ полегшити і спростити роботу технолога по очищенню води, а також виключити створення позаштатних ситуацій ВОС.

1.2 Характеристика об'єкта. Технологічні особливості АСУ процесом очищення питної води

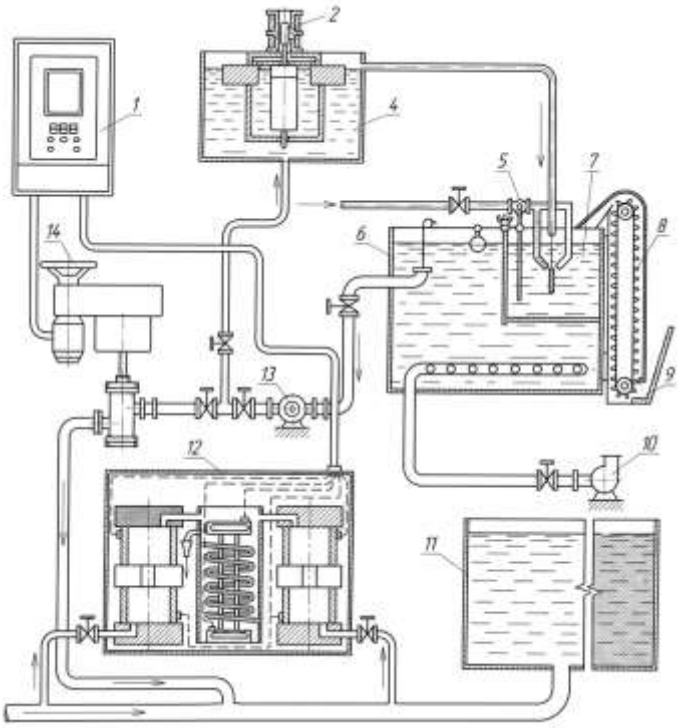
Одним з першиих етапів процесу очищення води є коагуляція. Іноді одночасно з коагуляцією усувається зайва жорсткість води шляхом підлуговування її вапном. У воду можуть вводитися і інші реагенти (тверді, рідкі і газоподібні) для усунення зайвої кількості солей заліза, марганцю і кремнію, а також для усунення присмаків і запахів [4].

У установках коагуляції води автоматизується управління механізмами внутрішньостанційного транспортування, дроблення і дозування реагентів.

Дозування реагентів робиться в сухому вигляді або у вигляді водних розчинів суспензій. Механізація і автоматизація розвантаження внутрішньостанційного транспортування хімічних реагентів забезпечує [5]:

- безперебійне і точніше подання реагентів, від чого залежить якість очищення води;
- спрощує експлуатацію споруд;
- скорочує чисельність обслуговуючого персоналу;
- усуває пил в робочих приміщеннях станції;
- знижує втрати реагенту.

Останніми роками отримує впровадження мокре транспортування коагулянта, що значно спрощує автоматизащю реагентного господарства на очисних станщях. При використанні на станціях сухого коагулянта його дозування може здійснюватися в сухому вигляді або після попереднього розчинення у баках. Дозатори (іноді їх називають живильниками) сухого коагулянта бувають об'ємні і швидкісні. Об'ємні відміряють рівні порції коагулянта і регулюють число порцій, що вводяться у воду в одиниці часу. Швидкісні подають подрібнений коагулянт безперервним потоком із заданою швидкістю. Сухе дозування коагулянта не отримало широкого впровадження, на водопроводних станціях зазвичай застосовується мокре дозування. В цьому випадку грубо подрібнений коагулянт завантажується у баки розчинів, де виходить розчин приблизно 20% -концентрації. Далі у витратних баках концентрація розчину стає приблизно 5 %, і так поступає в дозуючий пристрій. Загальна схема установки приведена на рисунку 1.2. Завантаження коагулянта робиться у бункер 9 автомобілями-самоскидами. Далі коагулянт елеватором 8 подається в камеру 7, що має дірчасте дно. У цю ж камеру для розчинення коагулянта подається вода. Подання води регулюється дросельним клапаном 5 з поплавцевим пристроєм. Перемішування розчину робиться за допомогою стислого повітря, що подається від повітродувки 10 в мережу перфорованих труб, укладених на дні бака 6.



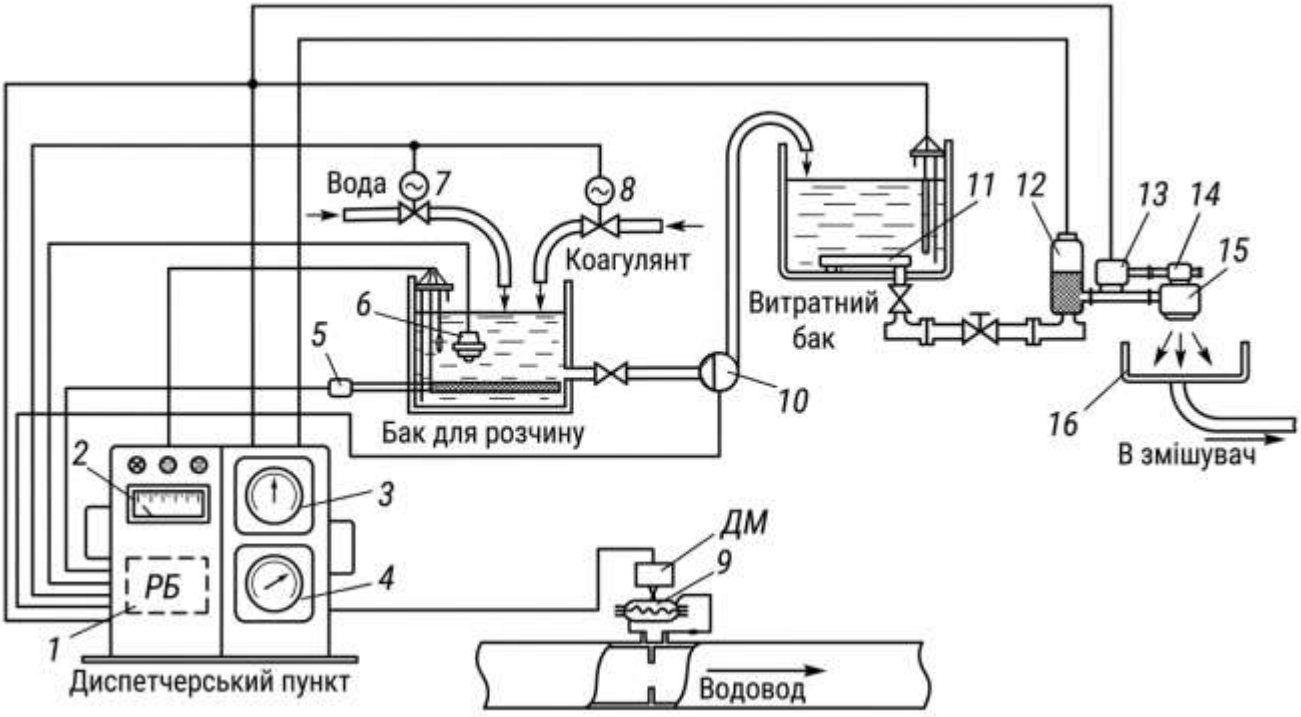
1 - мікропроцесорний контролер; 2 - регулюючий клапан подачі води; 3 - трубопровідна арматура; 4 - бак розчину (20%-ї концентрації); 5 - дросельний клапан з поплавцевим пристроєм; 6 - витратний бак (5%-ї концентрації); 7 - камера розчинення з дірчастим дном; 8 - ковшовий елеватор; 9 - приймальний бункер; 10 – повітродувка; 11 - мережа перфорованих труб; 12 - вузол підготовки та очищення (фільтрації); 13 - контрольний витратомір (ротаметр); 14 - дозуючий пристрій (ЕПМ з клапаном)

Рис. 1.2. Загальна схема автоматизації завантаження, розчинення і дозування коагулянта

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [6]

В умовах періодичного завантаження коагулянта в камеру 7 концентрація розчину з бака 6 повільно підвищується або знижується в певних заданих межах. Контроль концентрації розчину здійснюється ареометром 3 з електричним індукційним датчиком 2. До датчика підключені вторинний прилад для виміру і реєстрації концентрації коагулянта і контактна система, що регулює роботу елеватора 8. Ареометр вимірює концентрацію розчину у влаштованому для цієї мети баку 4. Розчин з бака 6 забирається насосом 13 і подається через

регулюючий вентиль з електроприводом 14 в трубопровід, по якому вода поступає з річки в змішувач. Перед регулюючим вентилем встановлений трійник, через який частина розчину безперервно подається у бак 4, а з нього по трубі переливання розчин відводиться у бак 7. Цим забезпечується контроль концентрації робочого розчину коагулянта перед поданням його у воду. Введення розчину коагулянта в трубу під натиском забезпечує швидке і повне перемішування його з водою. До складу дозатора входять рівноважний електронний міст ЄМД-217 і датчик електропровідності 12, що включає дві вимірювальні і одну компесаційну електролітичні осередки. До одного з вимірювальних осередків підводиться вода з трубопроводу до введення в неї розчину коагулянта, а до іншої - після введення коагулянта. Контактна система рівноважного моста управляє роботою електрифікованого вентиля 14. Уся контрольно-вимірювальна апаратура, що управляє, розміщується на пульті. Для забезпечення безперебійності роботи установки передбачені два бункери, два баки розчинів, два насоси і дві повітродувки. Таким чином, при застосуванні дозаторів цього типу відпадає необхідність в облаштуванні окремих баків для приготування розчину і окремих витратних баків; досить мати тільки один невеликий бак розчину. Проте потрібно забезпечити такі умови роботи бака, щоб швидкість розчинення коагулянта перевищувала його найбільшу витрату. Досвід застосування дозатора коагулянта Чейшвили-Кримського показав, що цей дозатор може використовуватися лише при очищенні води невисокого(до 150 ... 200 мг/л) солевмісту, що є його істотним недоліком. До інших його недоліків відносяться велике запізнювання в регулюванні, порушення роботи електролітичних осередків при відкладенні в них осідання, складність прийнятої температурної компенсації. Для успішної роботи дозатора потрібне кваліфіковане обслуговування. Була створена система автоматичного приготування розчину коагулянта і його дозування типу СДК. На рисунку 1.3 приведена загальна схема системи СДК.

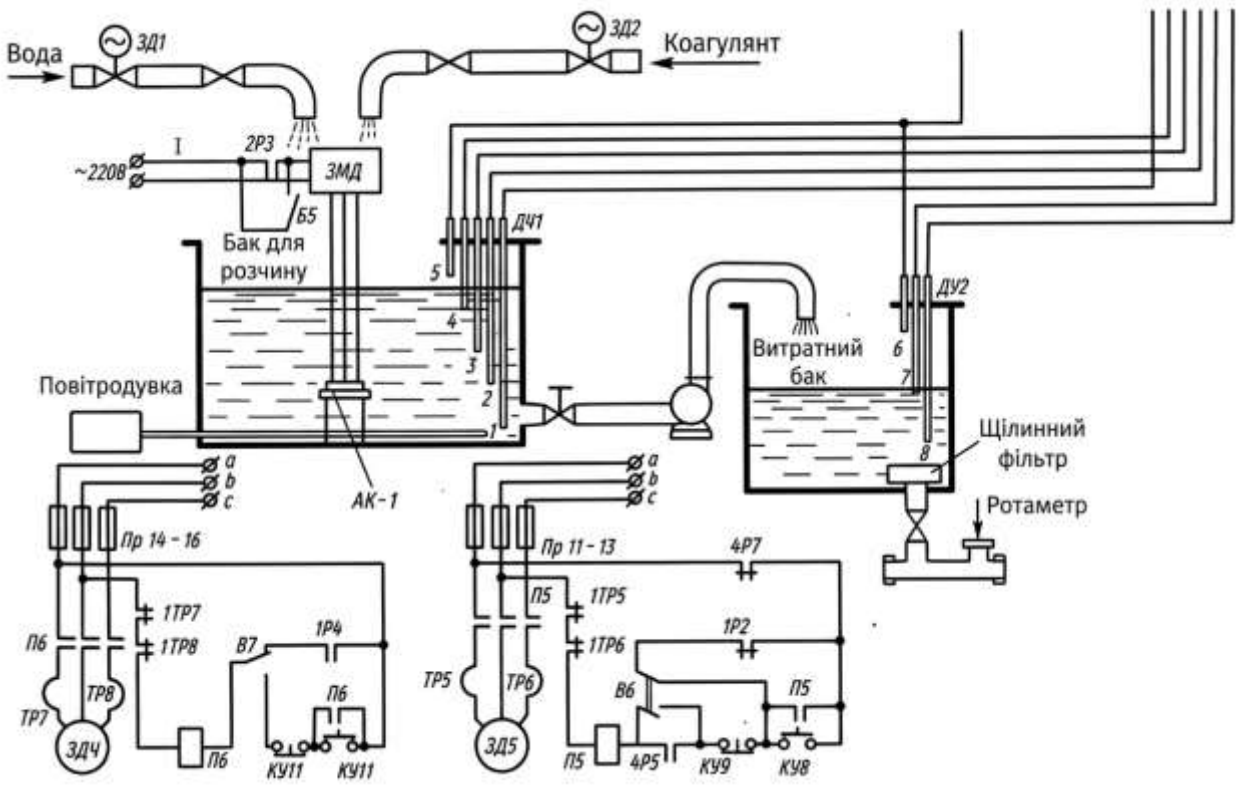


1 - релейний блок; 2 - вторинний прилад концентратомера коагулятна типу ЕМВ2-21 ОА; 3 - нуль-прилад контролю дози коагулянта; 4 - вторинний прилад витратоміру води типу ЕПІД; 5 - повітродувка; 6 - датчик концентратомера; 7, 8 - засувка з електроприводом; 9 – датчик виміру витрати води типу ДМ; 10 - насос; 11 - щілинний фільтр; 12 - датчик витрати коагулянта типу- РЗД; 13 - виконавчий механізм типу ПР; 14 - редуктор; 15 - регулюючий кран витрати коагулянта; 16 - мірний бачок

Рис. 1.3. Загальна схема системи приготування і дозування коагулянта типу СДК

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [7]

У систему входять два комплекти приладів і устаткування, призначених для автоматичного приготування робочого розчину коагулянта і автоматичного дозування пропорційно витраті води (рис. 1.4).



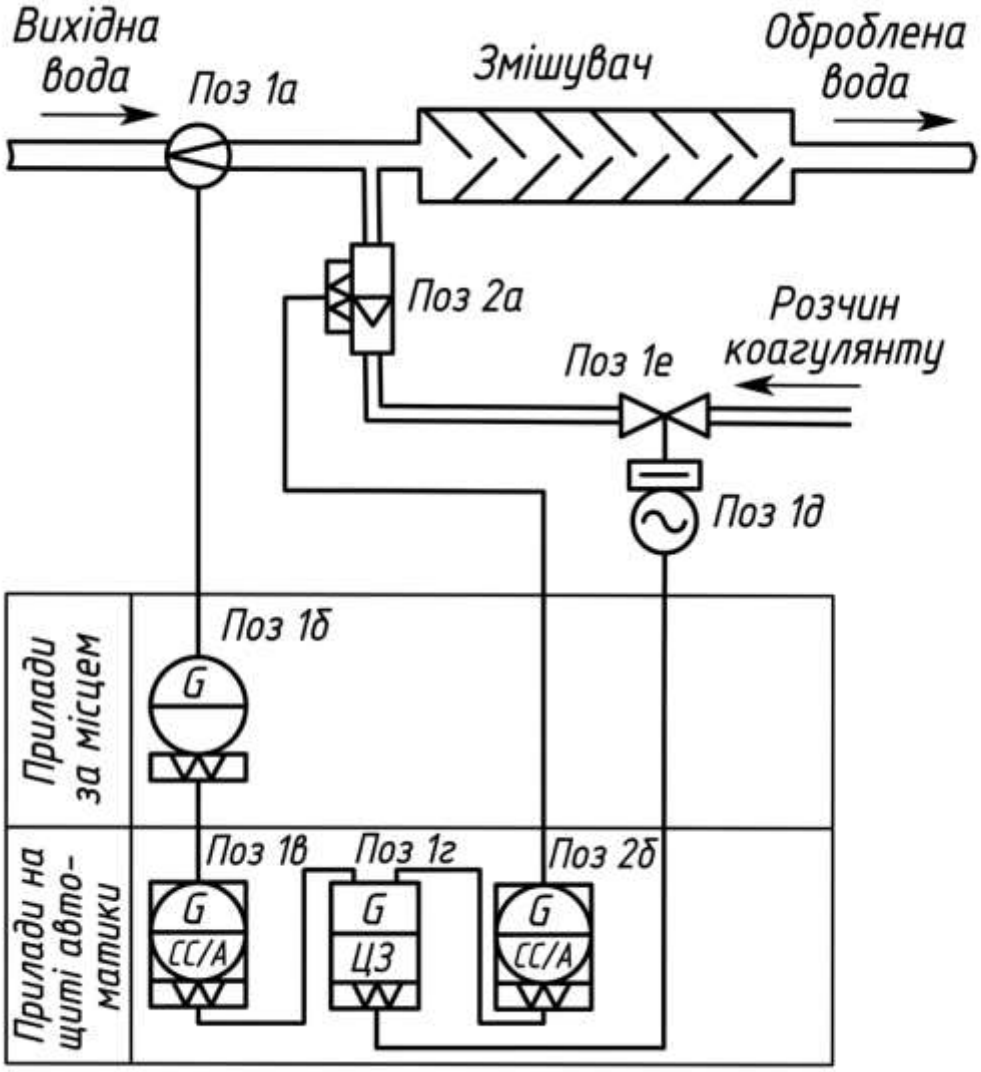
Пр1-Пр16 - запобіжники; ЕД1-ЕД4- електродвигуни; ЛОl, ЛМІ. ЛЗ1, ЛО2. ЛМ2, Л32. ЛН. ЛЗ - лампи сигнальні, Зв - дзвінок; Rб - опір баластний; КУ1 ... КУ11 кнопки управління; Тр - трансформатор що знижує; ТР 1 ... ТР8 - теплові реле

Рис. 1.4. Електрична схема автоматизації процесу приготування розчину коагулянта системи СДК

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [7]

Схемою приготування коагулянта передбачається автоматичний контроль за рівнем коагулянта в розчини, і витратному баках за допомогою електродних датчиків ДУ1 і ДУ2. Концентрація коагулянта у баку розчину контролюється за допомогою датчика АК-1 і вторинного приладу електронного моста ЕМД-2-21 ОА. Схемою передбачається автоматичне включення повітродувки і насоса перекачування коагулянта з бака розчину у витратний. За допомогою тумблерів В1 ... В8 може здійснюватися перехід з автоматичного управління на ручне. У схему входять магнітні пускачі Пl ... П4, а також реле Я1 ... Я7 типу МКУ, штепсельні роз'єми приводу засувок води і коагулянта ПЗВ і ПЗК [7].

Схема працює таким чином, щоб при заданому співвідношенні витрат води і розчину коагулянта сумарний сигнал на вході підсилювача дорівнював нулю [7]. При зміні витрати води сердечник котушки КВ переміщається, порушуючи електричну рівновагу схеми. Сигнал розбалансу, посилений в підсилювачі, приводить в рух реверсивний двигун. Двигун переміщає кулачок, що замикає контакти. В результаті включається електропривод клапана, що регулює подання розчину коагулянта. Обертання двигуна РД припиняється після того, як сердечник котушки КП займе положення, що відповідає балансу схеми. Схема дозування коагулянта пропорційно витраті оброблюваної води з використанням замість ЕПІД вторинного приладу КСД і електронного регулятора РОИБ-И1 приведена на рисунку 1.5. Зміна задаючим пристроєм ЗУ співвідношення витрати початкової води і коагулянта сприймається вимірювальним блоком регулятора РПИБ-Ш. На один з входів блоку поступає сигнал від вимірювального елементу Вентури, що складається з труби, дифманометра мембранного типу ДМ і вторинного приладу типу КСД, а на інший вхід - від вимірювального елементу типу РЗ з індукційним датчиком, що складається з ротаметра, і вторинного приладу типу КСДЗ [7]. Сигнал з виходу вимірювального блоку поступає на вхід електронного блоку регулятора РПИБ-Ш. Регулятор управляє роботою виконавчого механізму типу МЗМ. Останній, у свою чергу, змінює положення регулюючого елементу РЗ клапана, що зрештою призводить до зміни кількості коагулянта, що подається в змішувач, відповідно до кількості початкової води, що поступає. Стабілізація витрати коагулянта при постійній витраті початкової води здійснюється за рахунок ланцюга негативного зворотного зв'язку, в який входять ротаметр і прилад КСД, шо становлять вимірювальний елемент Я32 [7].



поз. la - датчик витратоміру; поз. 16 - дифманометр бесшкальний мембранний типу ДМ з дифференциально-трансформаторним датчиком; поз. 1в вторинний прилад дифференциально-трансформаторний типу КСД-3 з 100 % - им реостатним задатчиком; поз. l г - електронний Пі-регулятор типу РПИБ-UJ; поз.l д - виконавчий механізм типу МЗМ; поз. 1е - клапан що регулює; поз. 2а - витратомір постійного перепаду типу РЗ; поз. 2б вторинний прилад типу КСД-3; би - ОР(змішувач) - інерційна ланка; IEX(поз. la, 16, 1в) - інерційна ланка; У(поз. lг) -ПІ-закон регулювання; ЇМ(поз. lд) - інтегруюча ланка; РЗ(поз. le) - безінерційна ланка; IE2(поз. 2а, 26) - інерційна ланка

Рис. 1.5. Схема дозування коагулянта пропорційно витратам води

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [7]

Проте жодна з існуючих систем повністю не вирішує проблеми дозування коагулянта. Зазвичай необхідна кількість коагулянта визначається пробною коагуляцією в лабораторних умовах залежно від цілого ряду фізико-хімічних властивостей початкової води. До теперішнього часу не вдалося знайти надійний єдиний показник якості води і метод його автоматичного виміру.

Зважаючи на вплив на вибір оптимальної дози коагулянта великого числа чинників найдоступніше визначати цю дозу по мірі освітлення води на виході з відстійника або освітлювача. Проте велика інерційність реального процесу освітлення викликає необхідність його моделювання із скороченням часу.

1.3 Розробка основних вимог до системи

На сьогодні склалася у більшості регіонів країни екологічна ситуація, що вимагає принципово нових підходів до вирішення завдань водопідготовки питної води. Багато джерел водозабору містять різні органічні домішки, як природного, так і, передусім, антропогенного походження в концентраціях, що перевищують значно ПДК.

Надзвичайно висока епидеомиологична небезпека у зв'язку з високим бактерійним забрудненням довкілля, у тому чисш патогенними мікроорганізмами існуючих вододжерел.

При цьому бар'єрна роль існуючих водоочисних споруд невелика, і в питній воді, споживаній населенням, містяться практично ті ж хімічні забруднення, що і у воді вододжерел. Вимушене ж застосування усе більш високих доз хлорування для знезараження води неминуче приводить на цьому фоні до надзвичайно небезпечних мутагенних токсикантов, таких як хлорорганічні сполуки [8].

Водозабір як правило, здійснюється з річкових водойм або великих озер, вода яких має усі вищеперелічені недоліки. При цьому класичні схеми: механічне очищення передхлорування-коагуляція-освітлення-постхлорування. При такій технологічній схемі обробки води завжди більшою чи меншою мірою

утворюються хлороорганічні сполуки, загальна кількість яких визначається параметром АОХ (загальні адсорбовані органічні сполуки).

Ліквідовувати небезпеку попадання в питну воду хлороргаючних супертоксикантов можливо, замінивши передхлорування на обробку води активними формами кисню, наприклад, озоном [10].

Основна задача системи - автоматизувати процес очищення питної води в умовах ДПП «Кривбаспромводопостачання». Основною проблемою, що викликала необхідність створення АСУ на підприємстві являється те, що очищення питної води на ВОС проводиться вручну, тобто за допомогою механічних приладів і датчиків. Нині стало можливим створити АСУ, яка могла б увесь цей процес автоматизувати. Таким чином, АСУ може забезпечувати контроль за введенням реагентів, визначення каламутності і колірності води, а також достовірною інформацією про кількість і якість отриманої води в резервуарах чистої води. Мета АСУ полегшити і спростити роботу технолога по очищенню води, а також виключити створення позаштатних ситуацій ВОС.

Проектна продуктивність водоочисних споруд - до 340 тис. $м^3$ в добу [3]. Вода, що поступає на споруди, потрапляє в перегородчастий змішувач, де відбувається її змішування з розчином коагулята (сірчанокислого алюмінію) і хлорною водою (первинне знезараження). В якості коагулянта на спорудах використовується водна сумішь сірчанокислого алюмінію. Доза реагенту визначається пробною коагуляцією і міняється залежно від хімічних показників - каламутності і колірності початкової води від 1,7 до 14,7 мг/л оксиду алюмінію.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка функціональної, структурної та принципової схеми системи та вибір технічних засобів автоматизації

2.1.1 Розробка функціональної схеми автоматизації

Автоматизована система управління технологічним процесом очищення води призначена для можливості розрахунку показників каламутності і колірності води, необхідні для контролю доз реагентів (коагулянта, хлору, флокулянта), що поступають у воду в процесі очищення. Система потрібна для того, щоб, використовуючи АСУ ТП, технолог і диспетчер, могли управляти, контролювати, а також вносити корективи в процес очищення води, а головний інженер міг контролювати увесь процес водопідготовки.

У вибраній предметній області можна виділити наступні основні компоненти UML:

Варіанти використання [11]:

Отримати інформацію про початковий стан води;

Контролювати процес первинного хлорування;

Контролювати введення коагулянта;

Контролювати введення флокулянта;

Контролювати процес вторинного хлорування;

Отримати інформацію про кінцевий стан води;

Отримати інформацію про стан води після фільтрації.

Дійові особи на діаграмі:

Головний інженер;

Технолог по очищенню води;

Диспетчер по розподілу води.

І. Варіант використання: «Отримати інформацію про початковий стан води»:

1) технолог по очищенню води переглядає інформацію про стан води після огорожі води з річки;

2) система відбиває повну інформацію про стан води (домішки, зважені речовини, хімічні речовини);

3) якщо зміст жодної з речовини не перевищує норми, процес очищення триває.

II. Варіант використання: «Контролювати процес первинного хлорування»:

- технолог по очищенню води переглядає інформацію про дозу хлору, що вводиться;

- система дає повну інформацію про дозу хлору, що вводиться;

- якщо технолог згоден з дозуванням, починається процес хлорування.

III. Варіант використання: «Контролювати введення коагулянта»:

1) технолог по очищенню води переглядає інформацію про розрахунок дози коагулянта;

система відбиває повну інформацію про розрахунки дози коагулянта;

якщо технолог згоден з дозуванням, починається процес коагуляція.

IV. Варіант використання «Контролювати введення флокулянта»:

1) технолог по очищенню води переглядає інформацію про розрахунок дози флокулянта;

- система відбиває повну інформацію про розрахунки дози флокулянта;

- якщо технолог згоден з дозуванням, починається процес флокуляции.

V. Варіант використання «Контролювати процес вторинного хлорування»:

1) технолог по очищенню води переглядає інформацію про розрахунки дози хлору;

2) система дає повну інформацію про дозу хлору, що вводиться;

3) якщо технолог згоден з дозуванням, починається процес хлорування.

VI. Варіант використання «Отримати інформацію про стан води після фільтрації»:

1) технолог по очищенню води переглядає інформацію про час витраченому на промивання фільтрів і якості води після фільтрації;

2) система відбиває повну інформацію про час витраченому на промивання фільтрів, а також про стан води після фільтрації;

3) якщо технолог вважає що стан фільтрів задовільний, а диспетчер по розподілу води вважає, що вода після фільтрації чиста, починається подання води в РЧВ.

VII. Варіант використання «Отримати інформацію про кінцевий стан води»:

1) технолог по очищенню води переглядає інформацію про дозу хлору, що вводиться, для знезараження;

2) система відбиває повну інформацію про дозу хлору, що вводиться, про кінцевий стан води;

3) якщо технолог згоден з дозуванням, а диспетчер по розподілу води вважає, що кінцевий стан води придатний для питва, починається процес подання води споживачам.

Опис діаграми варіантів використання.

Технолог по очищенню води стежить за усім технологічним процесом на ВОС. Для безперебійної роботи ВОС технологові необхідно:

- отримувати інформацію про стан води для визначення змісту концентрації шкідливих речовин;

- контролювати процес первинного хлорування, шляхом визначення необхідного дозування хлору для введення його у воду перед попаданням її в змішувач;

- контролювати введення коагулянта

- для цього необхідно, за отриманими даними каламутності і колірності води, вирахувати необхідне дозування коагулянта;

- контролювати введення флокулянта - для цього робиться розрахунок дози флокулянта по розрахованій дозі коагулянта і за отриманими показниками каламутності і колірності води;

- контролювати процес вторинного хлорування, шляхом визначення необхідного дозування хлору для введення його у воду;

- отримати інформацію про стан води після фільтрації для визначення змісту концентрації шкідливих речовин і для визначення необхідної дози хлору; отримати інформацію про кінцевий стан води для зіставлення її з нормами вказаними в СанПин. В процесі очищення води уся необхідна інформація заноситься в звіти і може бути проглянута головним інженером.

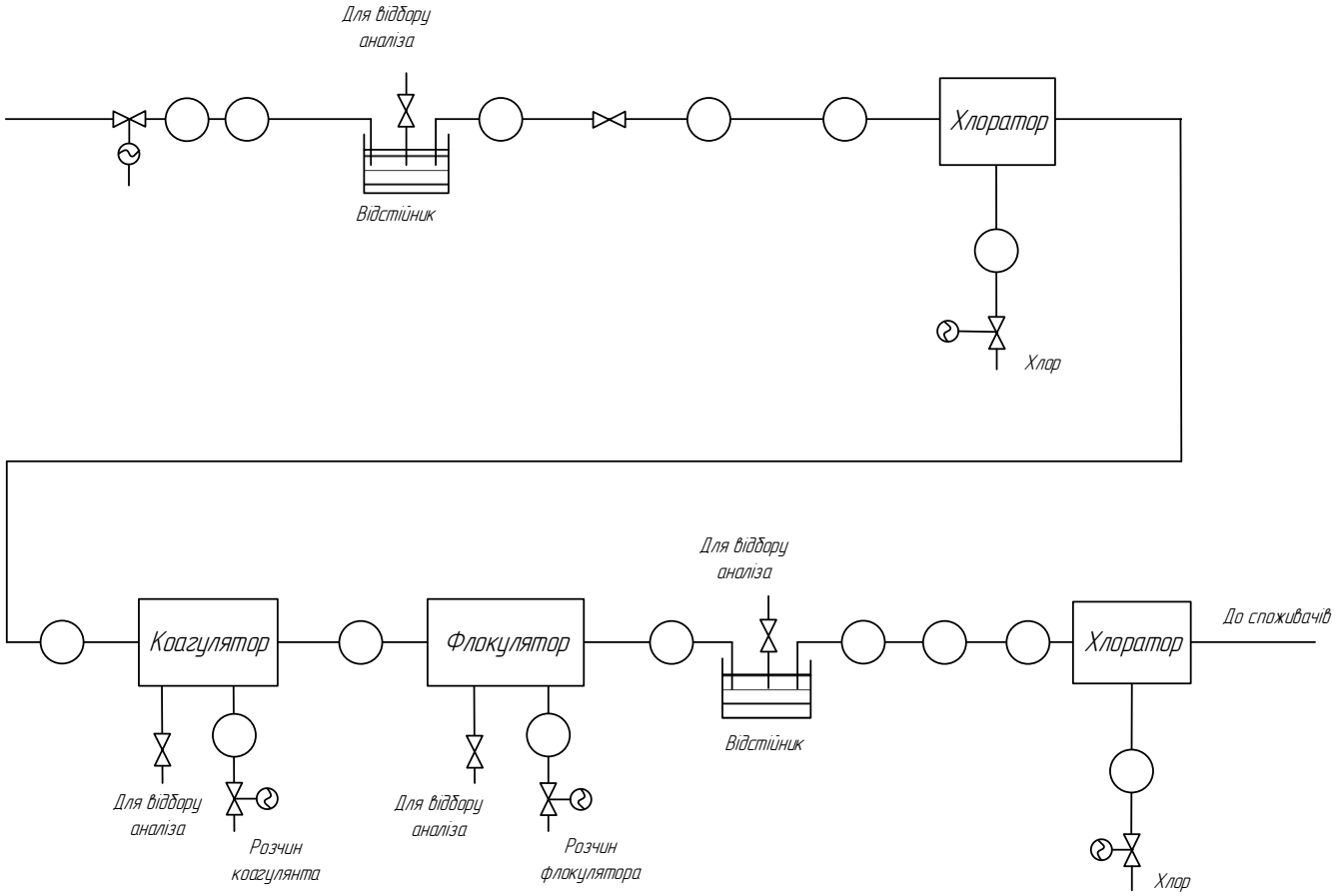


Рис. 2.1. Функціональна схема автоматизації

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [11]

Диспетчер по очищенню води стежить за станом води після фільтрації, контролює процес вторинного хлорування, а також отримує інформацію про кінцевий стан води, після чого він і вирішує подавати або ні воду користувачам.

Класи об'єктів:

- устаткування;

- реагенти;

- зміна.

Опис діаграми класів

На цій діаграмі представлені основні об'єкти, що взаємодіють або мають значення при здійсненні технологічного процесу очищення води на ВОС.

Зміна - в неї входять працівники, які обслуговують ВОС, а також стежать за виконанням технологічного процесу і за справною роботою устаткування. Реагенти - це хімічні речовини, необхідні для очищення води на різній стадії і з використанням різного устаткування.

Устаткування - необхідні технічні засоби, призначені для здійснення технологічного процесу очищення води на різних стадіях водопідготовки.

Опис діаграми станів.

На діаграмі станів представлені можлив1 стани системи одержуючу оброблювальну інформацію для Технолога при здійсненні технологічного процесу очищення води на ВОС. Технолог ВОС отримує інформацію від АСУ, вивчає її. і приймає різного роду рішення. У ся отримана інформація і прийняті рішення відбиваються в звітах, які надалі вивчаються головним інженерів. Технологічний процес закінчується, як тільки, вода поступає в РЧВ. Надалі стан води відстежуватиметься диспетчером по розподілу води, який у свою чергу теж отримує і обробляє інформацію від АСУ, і тільки ним прийматиметься рішення про подання води споживачам.

Опис діаграми послідовностей.

На діаграмі. послідовностей представлею основні об'єкти технологічного процесу очищення води, а також генеровані події і їх порядок.

Спочатку вода з річки, за допомогою насосної станції, доставляється на ВОС. А точніше, пройшовши первинне відстоювання і знезараження, вода потрапляє в змішувач, де в неї додають коагулянт і змішують його з водою. Потім вода проходить камеру реакції для створення сприятливих умов процесу коагуляції і утворення пластівців, чому сприяє плавне перемішування потоку. Для прискорення процесу утворення пластівців вводиться флокулянт, який збільшує щільність коагулянта і міру освітлення води. Після цього вода поступає

на вторинні відстійники, де відбувається подальше освітлення води і видалення осаду. З відстійників вода йде на швидкі фільтри, де пройшовши через шар цеолпу, очищається від суспензій і поступає на РЧВ, після чого подається споживачам.

Одним з перших етапів процесу очищення води є коагуляція. Іноді одночасно з коагуляцією усувається зайва жорстюсть води шляхом підлуговування її вапном. У воду можуть вводитися і інші реагенти (тверді, рідкі і газоподібні) для усунення зайвої кількості солей заліза, марганцю і кремнію, а також для усунення присмаків і запахів. У установках коагуляції води автоматизується управління механізмами внутрішньостанційного транспортування, дроблення і дозування реагентів. Дозування реагентів робиться в сухому вигляді або у вигляді водних розчинів суспензій.

Механізація і автоматизація розвантаження внутрішньостанційного транспортування хімічних реагентів забезпечує [12, 13]:

- безперебійне і точніше подання реагентів, від чого залежить якість очищення води;
- спрощує експлуатацію споруд;
- скорочує чисельність обслуговуючого персоналу;
- усуває пил в робочих приміщеннях станції;
- знижує втрати реагенту.

Останніми роками отримує впровадження мокре транспортування коагулянта, що значно спрощує автоматизащю реагентного господарства на очисних станціях. При використанні на станціях сухого коагулянта його дозування може здійснюватися в сухому вигляді або після попереднього розчинення у баках.

Дозатори (іноді їх називають живильниками) сухого коагулянта бувають об'ємні і швидкісні. Об'ємні відміряють рівні порції коагулянта і регулюють число порцій, що вводяться у воду в одиниці часу. Швидкісні подають подрібнений коагулянт безперервним потоком із заданою швидкістю. Сухе дозування коагулянта не отримало широкого впровадження, на водопровідних

станціях зазвичай застосовується мокре дозування. В цьому випадку грубо подрібнений коагулянт завантажується у баки розчинів, де виходить розчин приблизно 20 %. Далі у витратних баках розчин доводиться приблизно до 5 %, і у такому вигляді він поступає в дозуючий пристрій.

2.2 Вибір технічних засобів автоматизації

2.2.1 Вибір вимірювальних перетворювачів

Блок живлення ОВЕН.

Багатоканальний блок живлення БП14 призначений для живлення стабілізованою напругою 24 В або 36 В датчиків з уніфікованим вихідним струмовим сигналом (рис.2.2). Блок живлення БП14 випускається в корпусі з кріпленням на DIN рейку типу Д4.



Рис. 2.2. Блок живлення БП14

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [18]

Основні функції блоку живлення БП14

- перетворення змінної постійної напруги в постійне стабілізоване в двох або чотирьох незалежних каналах;

- обмеження пускового струму;

- захист від перенапруження імпульсних перешкод на вході;
- захист від перевантаження, короткого замикання і перегрівання;
- індикація про наявність напруги на виході кожного кана

Схема підключення блока живлення двоканального наведена на рисунку 2.2, а його креслення габаритне – на рисунку 2.3.

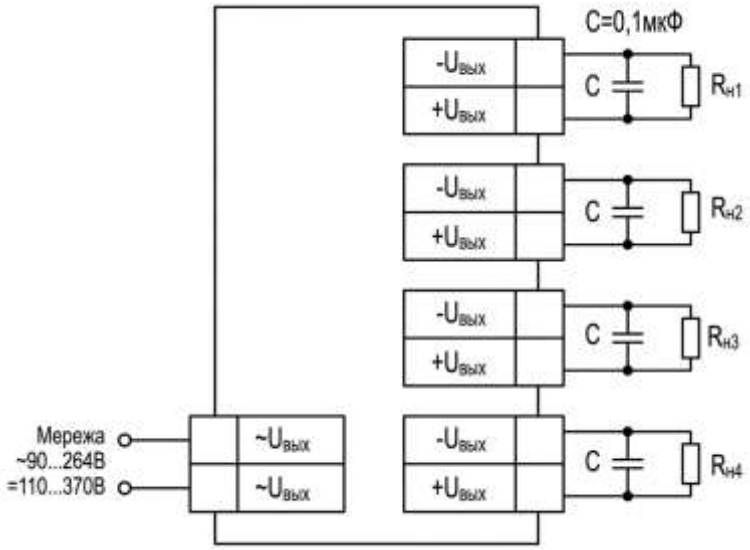


Рис. 2.3. Схема підключення двоканального блоку живлення БП14

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [18]

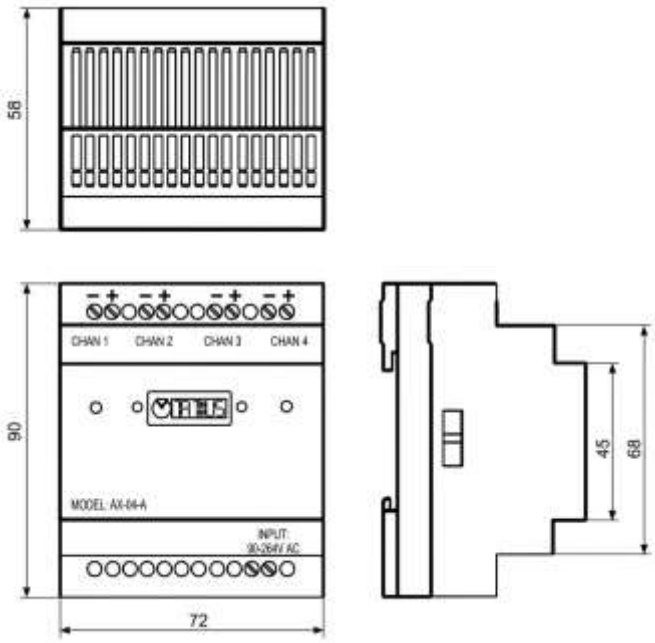


Рис. 2.4. Габаритне креслення блоку живлення БП14

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [18]

Параметри обраного блоку живлення БП14 наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Параметри блоку живлення БП14

Частота вхідної змінної напруги	47...63 Гц
Сумарна вихідна потужність	14 Вт
Поріг спрацьовування захисту струму	(1,2...1,8) I_{max}
Номінальна вихідна напруга каналу	24В або 36В
Кількість вихідних каналів	2 або 4
Нестабільність вихідної напруги при зміні струму навантаження	від 0,1 I_{max} до I_{max} ±0,2 %.
Нестабільність вихідної напруги при зміні напруги живлення	±0,2 %.
Коефіцієнт температурної нестабільності вихідної напруги в робочому діапазоні температур	±0,025 % / ° С
Робочий діапазон температур	20...+50 °С
Електрична міцність ізоляції-вхід-вихід (діюче значення).	2 к

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [18]

Для контролю рівня води обрано сигналізатор рівня САУ-М6. Його зовнішній вигляд наведено на рис. 2.5. Він є функціональним аналогом приладів РОС 301 та ESP-50. Призначений для автоматизації технологічних процесів, пов'язаних із контролем та регулюванням рівня рідини. Має наступні якості: три незалежні канали контролю рівня рідини в резервуарі. Можливість інверсії режиму роботи будь-якого каналу. Захист датчиків від осадження солей на електродах завдяки живленню їх змінною напругою. Підключення різних

датчиків рівня – кондуктометричних, поплавкових. Прилад випускається в корпусі настінного кріплення типу Н.



Рис. 2.5. Сигналізатор рівня рідині ОВЕН САУ-М6

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [19]

Схема підключення зображена на рис. 2.6.

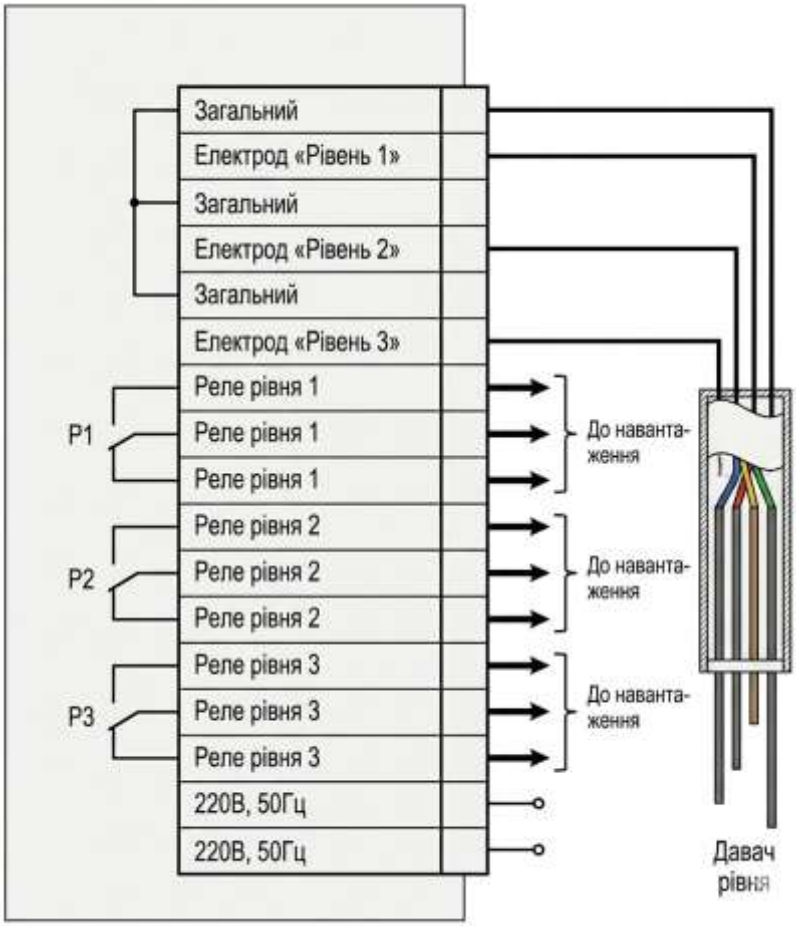


Рис. 2.6. Схема підключення сигналізатора рівня

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [19]

Сигналізатор рівня рідини триканальний САУ-М6 використовується для можливості автоматизації технологічних процесів, в яких необхідно проводити контроль та регулювання рівня рідини. Функціональна схема сигналізатора рівня наведена на рис. 2.7. Його креслення наведено на рисунку 2.8.

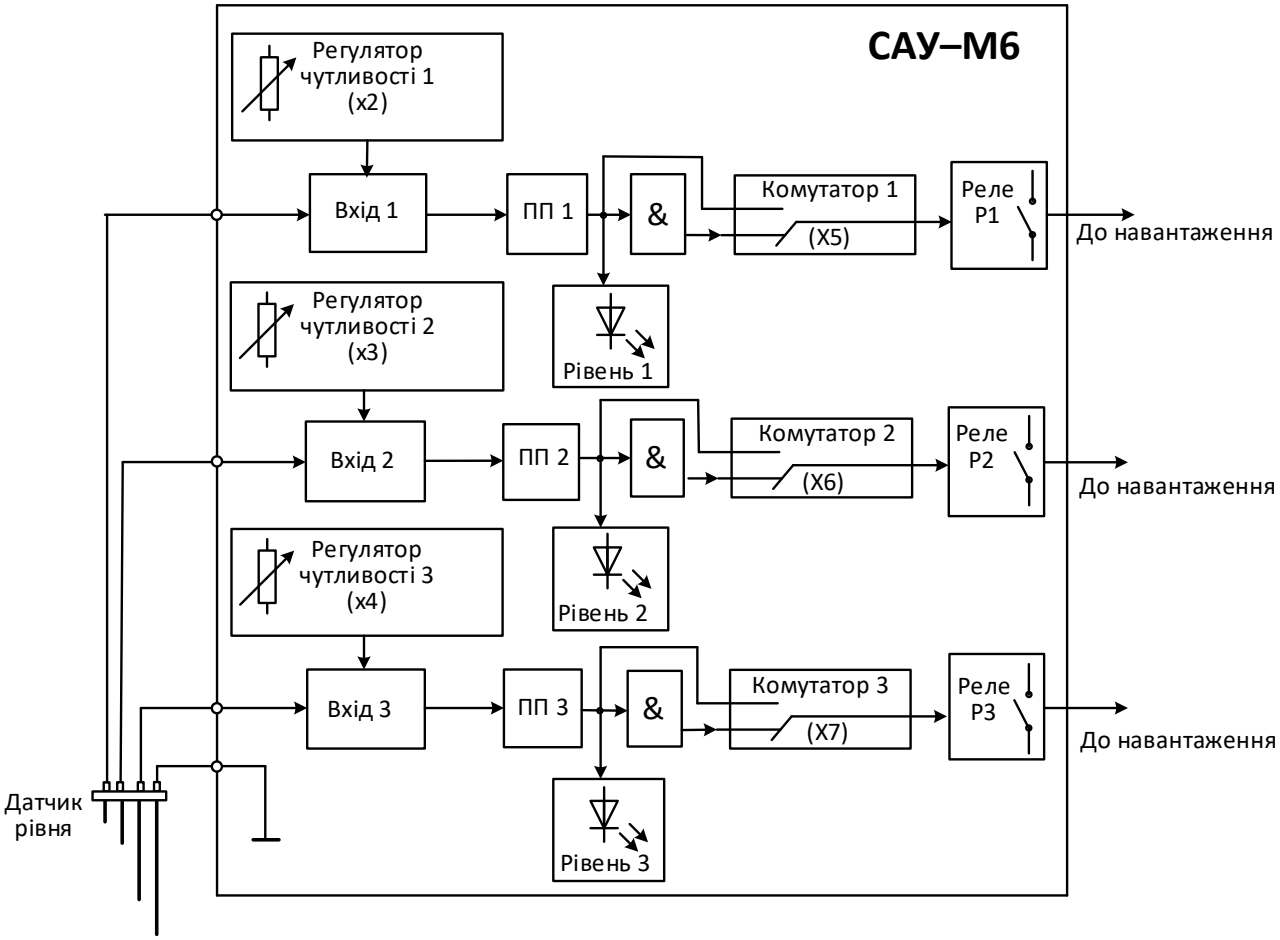


Рис. 2.7. Функціональна схема САУ-М6

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [19]

Прилад в корпусі настінного кріплення типу Н. Має наступні особливості: функціональні можливості сигналізатора рівня; три незалежні канали контролю рівня рідини в резервуарі; можливість інверсії режиму роботи будь-якого каналу; підключення різних датчиків рівня - кондуктометричних, поплавцевих; робота з різними по електропровідності рідинами: дистильованою, водопровідною, забрудненою водою.

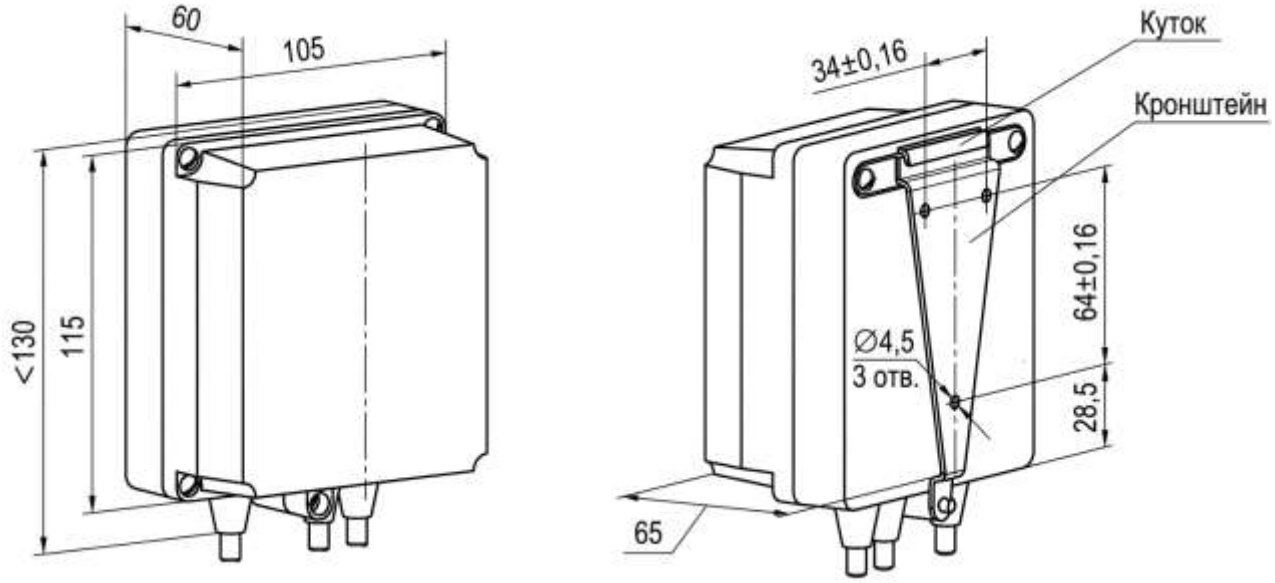


Рис. 2.8. Креслення сигналізатора рівня

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [19]

Технічні характеристики приладу сигналізатора рівня наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Технічні характеристики приладу сигналізатора рівня

Номінальна напруга живлення приладу	220 В
Частота напруги живлення	50 Гц
Допустимі відхилення напруги живлення від номінального значення	-15...+10 %
Потужність	не більше 6 ВА
Кількість вбудованих вихідних реле	3
Кількість каналів контролю рівня	3
Максимально допустимий струм, що комутується контактами вбудованого реле	4 А при 220 50 Гц (cos > 0,4).

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [19]

Напруга на електродах датчика рівня не більше 10 В частотою 50 Гц. Опір рідини, спрацьовування каналу контролю не більше 500 кОм. Тип корпусу настінний Н. Габаритні розміри корпусу 130×105×65 мм. Міра захисту корпусу - IP44. Умови експлуатації:

Температура навколишнього повітря+ 1 ... +50 °С;

Атмосферний тиск 86 ... 106,7 кПа;

Відносна вологість повітря(при 35 °С).

Перетворювач гідростатичного тиску.

Датчики ПДІ 00-ДГ призначені для безперервного перетворення тиску гідростатичного стовпа рідини в уніфікований сигнал постійного струму 4-20 мА (рис.2.9).



Рис. 2.9. Перетворювач гідростатичного тиску

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

Датчики гідростатичного тиску застосовуються для вимірювання рівня рідини занурювальним способом у системах КНС, водонапірних вежах, приймальних ємностях і т.д. Гідростатичний тиск – це тиск, який чинить стовп рідини заввишки h на дно судини. Модель 137 датчиків ОВЕН ПД100-ДГ є перетворювачем занурювального типу, оснащений вимірювальною мембраною з нержавіючої сталі марки AISI 316L. Типорозмір приєднувального штуцера М24×1,5. Датчик укомплектований сигнальним кабелем із капіляром, що служить для зв'язку сенсора з атмосферою. Дана модель здатна вимірювати гідростатичний тиск у закритих резервуарах, працездатна при зануренні у робоче

середовище. Характеризується підвищеною точністю вимірювань (до ±0,25 % від ВПІ) та низьким рівнем вихідного шуму (не більше ±5 мкА). Для захисту вимірювальної мембрани від механічних пошкоджень датчик комплектується знімним захисним ковпачком.

Основні функції перетворювача

Вимір гідростатичного тиску нейтральних до нержавіючої сталі AISI 31 6L середовищ (повітря, пара, різні рідини).

Перетворення тиску в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА Верхня межа вимірюваного тиску(ВПИ) - ряд значень від 1,0 до 100 м. вод. ст. Перезагрузочная здатність 200 % від ВПИ. Клас точності ±0,5 і ± 1,0 % від ВПИ. Міра захисту корпусу датчика тиску - IP68.

Вибір датчика тиску

Виберемо датчик відповідно до заданих характеристик, що приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Характеристика датчиків

Модель Метран 100-ДГ	Ряд верхніх прибудов вимірів	Ризб, МПа
1531	40; 25; 16; 10; 6.3; 4 кПа	0.25
1532, 1532+	40; 25; 16; 10; 6.3; 4 кПа	6
1533	40; 25; 16; 10; 6.3; 4 кПа	0.25
1541	250; 160; 100; 63; 40; 25 кПа	0.4
1542, 1542+	250; 160; 100; 63; 40; 25 кПа	10
1543	250; 160; 100; 63; 40; 25 кПа	0.4
1534, 1534+	40; 25; 16; 10; 6; 4 кПа	4.0
1544, 1544+	250; 160; 100; 63; 40; 25 кПа	4.0

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

Вказаним вимогам відповідає датчик Метран 100-ДГ 1541.Схема установки датчика Метран 100-ДГ 1541 при вимірі гідростатичного тиску (рівня) у відкритому резервуарі (рис.2.10-2.11):

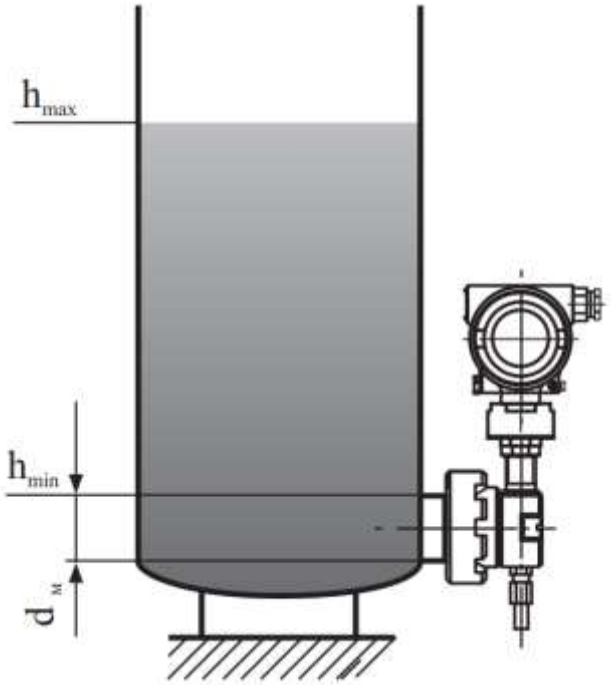


Рис. 2.10. Схема встановлення датчиків Метран-100-ДГ моделі 1541 при вимірюванні гідростатичного тиску у відкритому резервуарі

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [21]



Рис. 2.11. Зовнішній вигляд давача гідростатичного тиску (рівня) Метран 100-ДГ 1541

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [21]

Принцип дії датчиків заснований на використанні п'єзоелектричного ефекту в гетероепітаксіальній плівці кремніїю, на поверхні монокристалічної пластини з штучного сапфіра Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [21]. Чутливий елемент з монокристалічною структурою кремнію на сапфірі є основою усіх сенсорних блоків датчиків сімейства "Метран" [21]. При деформації чутливого елементу під впливом вхідної вимірюваної величини (наприклад тиск або різниці тисків) змінюється електричний опір кремієвих пьезорезисторов мостової схеми на поверхні цього чутливого елементу. Електричне облаштування датчика перетворить зміну електричних опорів в стандартний аналоговий сигнал постійного струму і/або в цифровий сигнал в стандарті протоколу HART, або цифровий сигнал на базі інтерфейсу RS485. У пам'яті сенсорного блоку зберігаються в цифровому форматі результати калібрування сенсора в усьому робочому діапазоні тисків і температур. Ці дані використовуються мікропроцесором для розрахунку коефіцієнтів корекції вихідного сигналу при роботі датчика. Цифровий сигнал з плати АЦП сенсорного блоку разом з коефіцієнтом корекції поступає на вхід електронного перетворювача, мікроконтроллер якого робить корекцію і лінеаризацію характеристики сенсорного блоку, обчислює скоректоване значення вихідного сигналу датчика і [21]:

- для датчиків з кодами МП, МПl , МП2, МПЗ передає його в цифро аналоговий перетворювач(ЦАП), який перетворить його в аналоговий вихідний сигнал;

- для датчиків з кодами МП4, МП5 за допомогою драйвера RS485 за запитом видає значення тиску (у заданій формі) в цифрову лінію зв'язку. Для кращого огляду рідкокристалічного індикатора(ЖКІ) і для зручності доступу до двох відділень електронного перетворювача останній може бути повернений відносно вимірювального блоку від встановленого положення на кут не більше 90° проти годинникової стрілки.

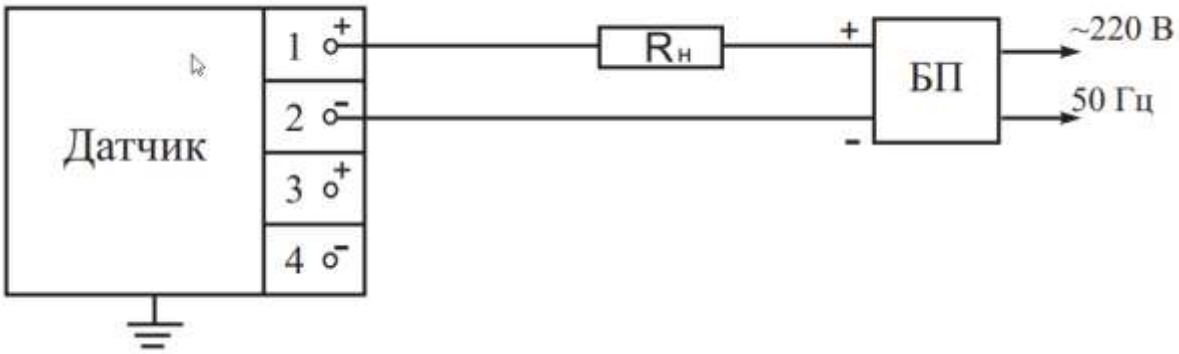


Рис. 2.12. Схема зовнішнього електричного з'єднання датчика

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [21]

Rн - опір навантаження або сумарний опір усіх навантажень в системі управшння; БП - джерело живлення постійного струму.

2.2.2 Вибір виконавчих механізмів

Механізм Виконавчий Електричний Однооборотний Фланцевий МЗОФ 250. МЗОФ призначені для переміщення робочих органів замочно-регулюючої трубопровідної арматури з обертальним приводом (кульові і пробкові крани, поворотні дискові затвори, заслінки і ін.) відповідно до командних сигналів, що надходять від регуляторів та блоків управління. Механізми встановлюється безпосередньо на арматуру. Привід призначений для переміщення виконавчого механізму арматури. Механізм встановлюється безпосередньо на клапані. Пристрій отримує команди у вигляді електричних сигналів і перетворює їх у крутний момент на валу. Основними функціями виконавчих механізмів МЕОФ є:

– можливість зупинки в абсолютно будь-якому положенні робочого органу;

– дистанційно переміщення робочого органу у автоматичному режимі або контролюється оператором;

– формування сигналу про поточний стан робочого органу.

- формування інформаційного сигналу про кінцеві і проміжні положення робочого органу арматури і динаміку його переміщення;

Основними конструктивними деталями нелінійних механізмів є:

- двигун;
- привід ручний;
- редуктор;
- блок сигналізації положення.

Управління механізмами - безконтактне за допомогою пускачш ПБР-2М, ПБР-ЗЛ або підсилювачів тиристорів трипозиційних ФЦ і контактне за допомогою електромагнітних пускачів.

Для запропонованої системи обрано МЕОФ ТОВ «Спецавтоматика Україна» (рис. 2.13) [20]

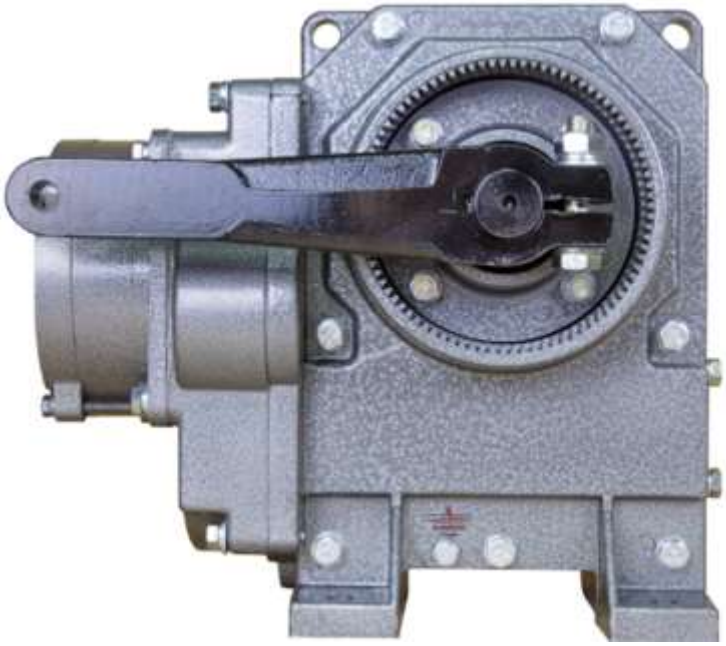


Рис. 2.13. Схема зовнішнього електричного з'єднання датчика

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [20]

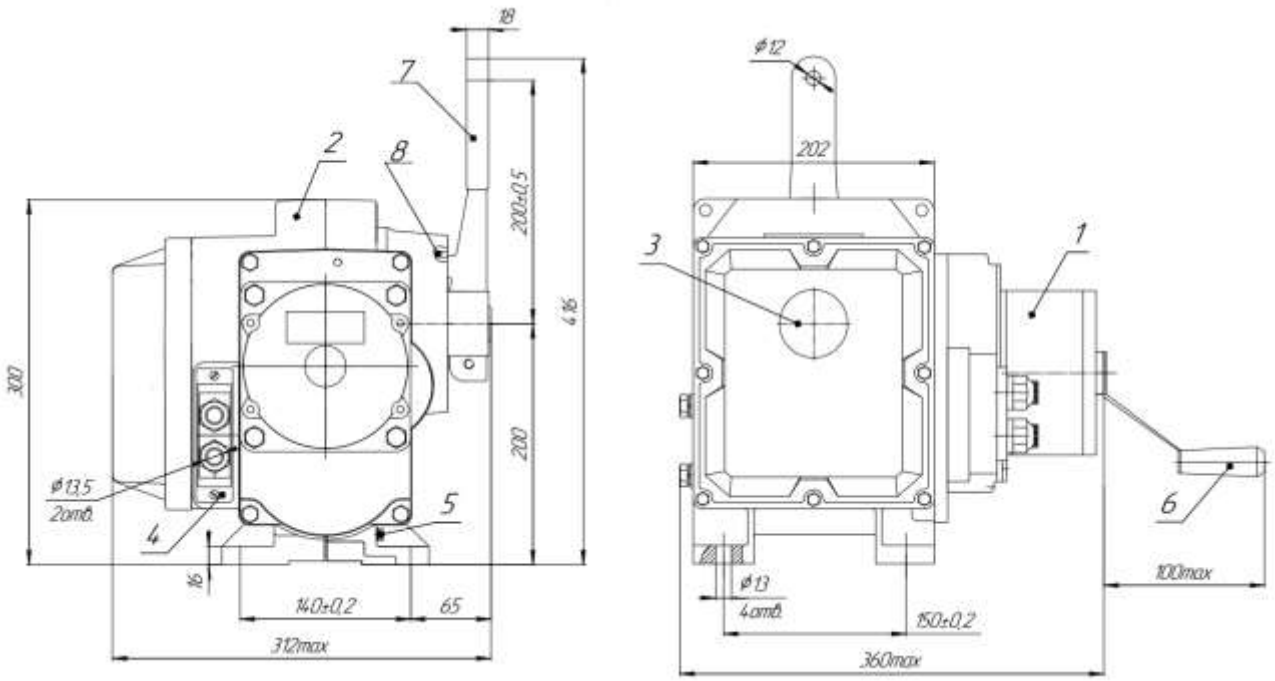


Рис. 2.14. Габаритні розміри

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [20]

Блок сигналізаuії положення вихідного валу

Призначений для перетворення положення вихідного валу механізму в пропорційний електричний сигнал, сигналізації або блокування в крайніх або проміжних положеннях вихідного валу. Механізми оснащуються одним з видів блоку сигналізаuії положення вихідного валу [20]:

- реостатним(БСПР-10);
- індуктивним(БСПИ-10);
- струмовим (БСПТ-10);
- блоком кінцевих вимикачів БКВ без датчика положення вихщного валу.

До складу кожного блоку входять два основні вузли: блок мікроперемикачів і датчик. Блок мікроперемикачів містить основу, корпус з мікроперемикачами і вертикалний вал з куркульками. Один з кулачків має два профілі по Архімедівській спіралі на кутах 90° або 0-225 (0-0,25 о. чи 0-0,63 о.). При повороті валу куркульки, залежно від його положення, натискають на кнопки мікроперемикачів. Поворот валу через профільний кулачок на валу викликає зміну вихідного сигналу датчика положення.

Редуктор.

Пониження частоти обертання і збільшення моменту, що крутить, створюваних двигуном, здійснюється за допомогою багатоступінчастих циліндричних зубчастих або комбінованих черв'ячна-зубчастих передач. Вали обертаються на шарикопідшипниках. Зубчасті передачі шарикопідшипники змащуються густим мастилом, що забезпечує установку механізму у будь-якому положенні в просторі.

Двигун.

Спеціальні синхронні електродвигуни з електромагнітною редукцією типу ДСОР і ДСТР є приводом механізмів і забезпечують поворотно короткочасний режим роботи виконавчів механізмів з частотою до 630 включень в годину, тривалістю включень до 25 %.

Ручне управління.

Ручне управління виконавчим механізмом робиться за допомогою ручного приводу. Дія на штурвал натисненням уздовж осі валу при зупиненому двигуні призводить до зачеплення ручного приводу з валом електродвигуна і передачі моменту, що крутить, на вихідний вал. Розчеплення ручного приводу відбувається автоматично при припиненні дії на штурвал, що забезпечує безпеку роботи ручним приводом.

2.2.3 Вибір мікропроцесорних засобів

Програмовані логічні контроллери (ПЛК), наведені на рис. 2.15-2.17, працюють в циклічному режимі, послідовно виконуючи операції введення даних про стан об'єкту управління, обробки даних і формування сигналш управшння, видачі сигналів управління на виконавчі пристрої. Вихідні сигнали управління формуються на основі значень логічних функцій, що обчислюються за програмою, що зберігається в ПЗП. Вичислені значення логічних функцій зберігаються в певній області ОЗУ. Після закінчення процесу обчислення (обробки) відбувається обмін даними між ОЗУ і вихідними і вхідними регістрами

УСО. Процеси введення-виведення, обміну і обробки даних періодично повторюються. Одноразове виконання контроллером усієї програми називають циклом повного опитування пам'яті, а час, впродовж якого цей цикл здійснюється-часом циклу опитування.



Рис. 2.15. Мікроконтроллер

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

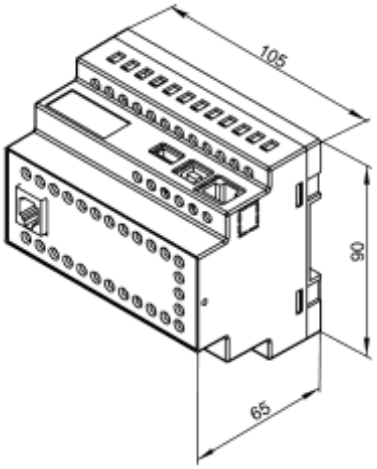


Рис. 2.16. Габаритні розміри мікроконтроллеру

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

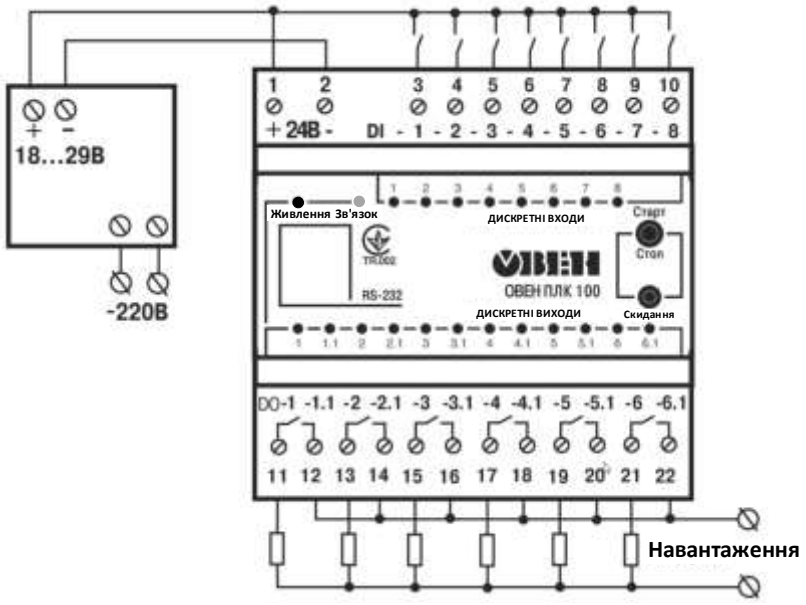


Рис. 2.17. Схема підключення мікроконтроллеру

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

Висока програмна і апаратна надійність.

Завдяки надійному ядру CoDeSys і відсутності операційної системи, ОВЕН ПЛК має високу стійкість до «зависань». Вбудований акумулятор дозволяє ОВЕН ПЛК витримувати відсутності живлення до 10 хв. без перезавантаження. Це дає можливість при появі живлення миттєво включитися в роботу і зберети проміжні результати обчислень. При завантажені контролера при аварії можливе включення режиму Автоматичний перехід виходів у безпечний стан, який забезпечує безпеку об'єкту управління.

Модуль дискретного введення/виведення ОВЕН МДВВ.

Призначення

Модуль дискретних входів і виходів для розподілених систем в мережі RS – 485 (протоколи ОВЕН, ModbLLs, DCON). Модуль може використовуватися сшльно з програмованими контроллерами ОВЕН ПЛК або ін.



Рис. 2.18. Модуль дискретного введення/виведення ОВЕН МДВВ

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

МДВВ працює в мережі RS-485 за наявності в ній «майстри», при цьому сам МДВВ не є «майстром» мережі.

Основні функції:

12 дискретних входу для підключення контактних датчиків транзисторних ключів n-p-n типу;

Можливість використання будь-якого дискретного входу (максимальна частота сигналу - 1 кГц);

8 встроєних дискретних вихідних злементів в різних комбінаціях:

- - з/м реле 8 Л 220 В;
- - оптотранзисторньій ключ 400 мА 60 В;
- - оптосимистор 0,5 А 300 В;
- для управління твердотілим реле

Можливість генерації ШИМ-сигнала будь-яким з виходів.

Автоматичний переклад виконавчого механізму в аварійний режим работи при порушенні мережевого обміну.

Підтримка розпосюджених протоколів Modbus (ASCII, RTU), DCON, ОВЕН.

Безкоштовна програма «КОНФІГУРАТОР МДВВ»:

- конфігурація приладу на ПК;
- реєстрація стану елементів (шпаруватості ШИМ)

Завадостійка завдяки:

- вбудованому імпульсному джерелу живлення 90 ... 264 В 47 ... 63 Гц;

- гальванічній розв'язці в ланцюгах виходів, живлення і інтерфейсу RS – 485; застосуванню захисних елементів в ланцюгах дискретних входів.

Схема підключення модуля дискретного введення/виведення ОВЕН МДВВ наведена на рис. 2.19. Функціональна схема наведена на рис. 2.20.

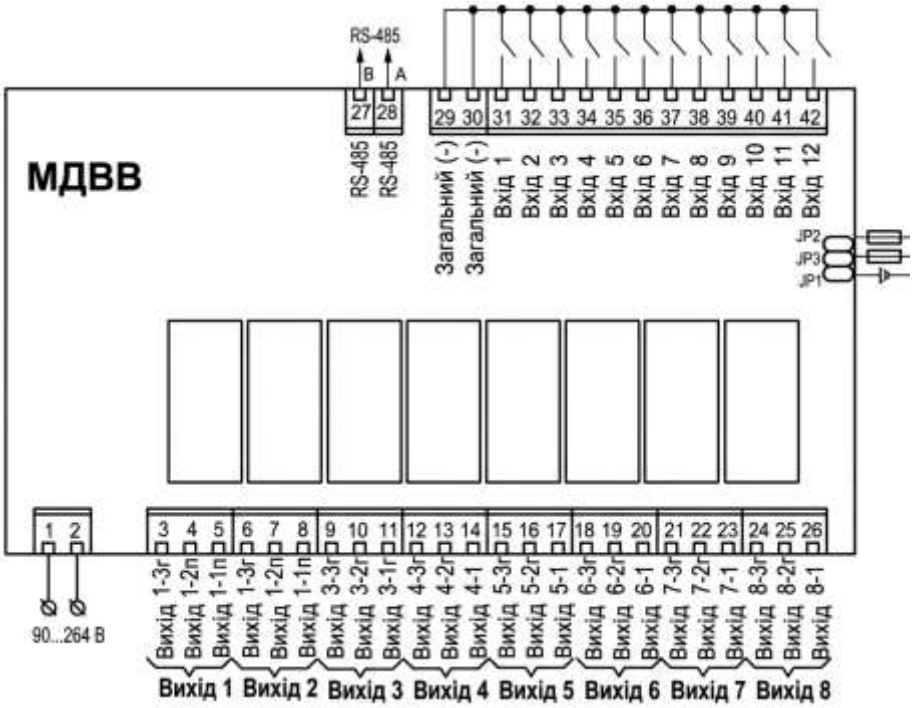


Рис. 2.19. Загальна схема підключення приладу МДВВ

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

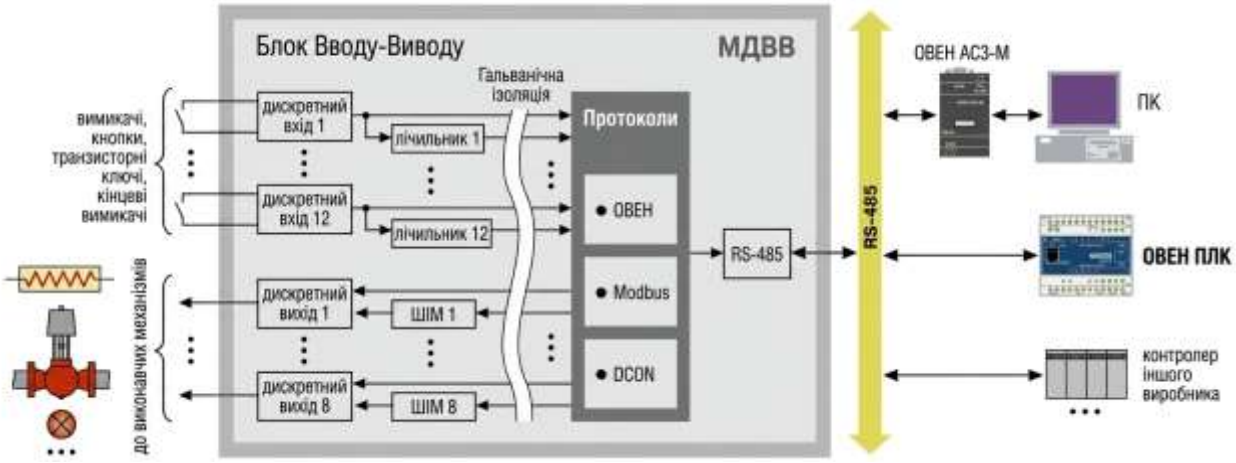


Рис. 2.20. Функціональна схема МДВВ

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

2.3 Розробка структурної схеми системи автоматизації

Система здійснює дозування хлору пропорційно витрат води з корекцією по концентрації залишкового хлору у воді. Ця система є прикладом двомірного регулювання. Структурна схема системи автоматизацн процесу хлорування води представлена на рисунку 2.21.

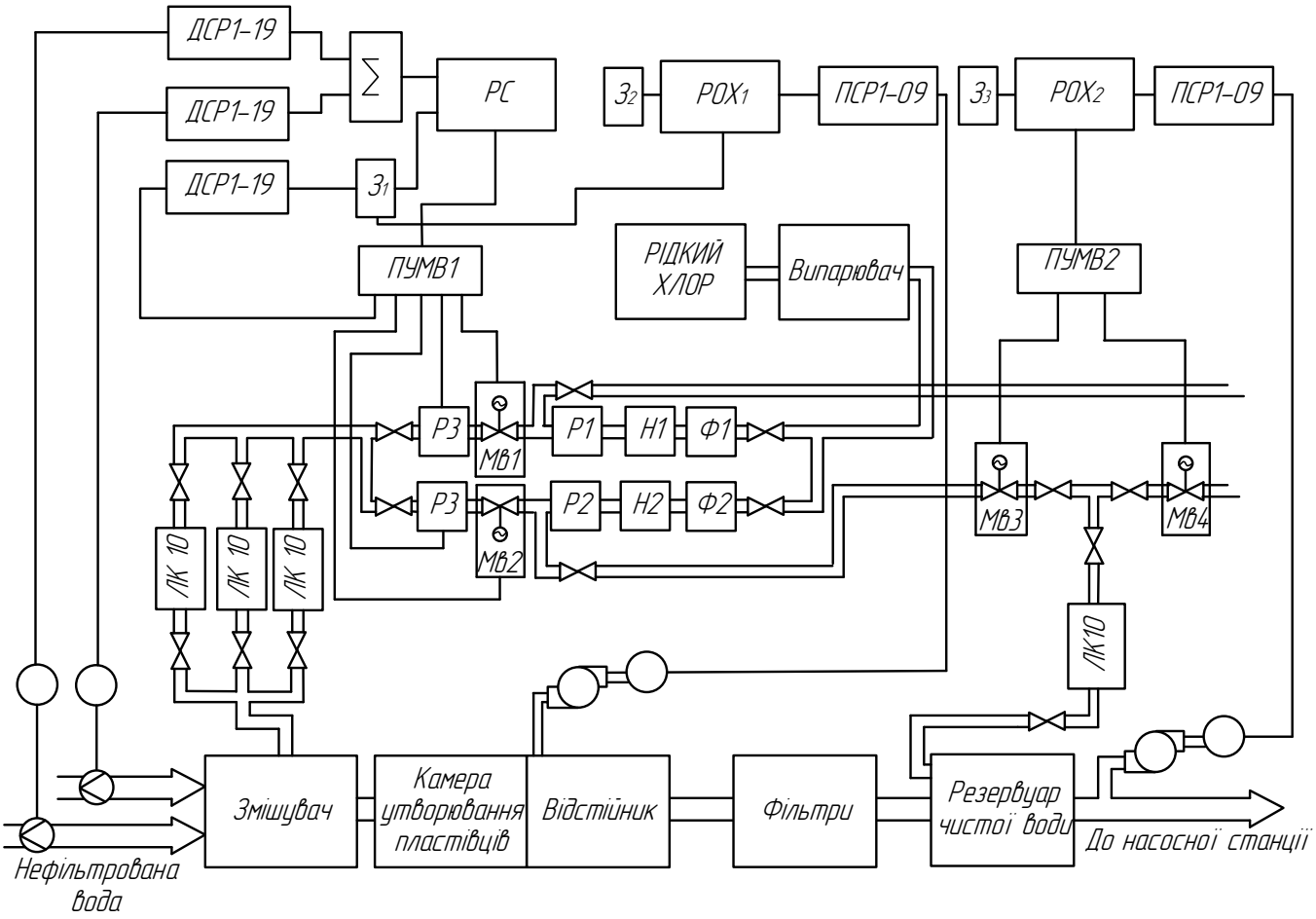


Рис. 2.21. Структурна схема системи автоматизації процесу хлорування води

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

У систему входять хлоратори ЛК-10.Автоматичні регулятори співвідношення РС і залишкового хлору після первинного і вторинного хлорування РОХ I і РОХ2 із задатчиками 5, 32, і 33. Витратоміри води типу ДМ-3537, витратоміри хлору - ротамери типу РЗД-3101 , вторинні прилади ДСРl-19, суматор Е, виконаний на

базі операційного магнітного підсилювача (розміщується в корпусі регулятора ЯС), фільтри Ф 1, і Ф2, нагрівачі, газові редукційні клапани Р1 і Р2, аналізатори залишкового хлору АПК-ОlМ з вторинними приладами ПСРl-09, мікровентилі хлору МВ, МВА з електроприводом типу РД-09, обладнаним редуктором і кінцевими вимикачами, пульти дистанційного управління мікровентиляції ПУМВ і ПУМВ2.

Суматор служить для підсумовування витрати води, якщо вона подається по декількох водоводах.

Для підвищення надійності прийняті дві гілки апаратури хлорування, одна з яких запасна. Зважаючи на велику інерцію процесу хлорування корекщя дози регуляторами РОХ1 і РОХ2 здійснюється переривчасто.

Важливо правильно вибрати місця відбору проб, щоб транспортне запізнювання було мінімальним (не більше 10-15хв) і щоб закінчилася взаємодія хлору з водою і домішками. Доза хлору може змінюватися дистанційно з диспетчерського пункту. При необхідності дозування хлору по точці перелому на кривій хлоропоглинання замість регулятора РОХ в системі використовується оптимізатор на базі транзисторних блоків ГСП типу «Спектр». З схеми може бути виключене управління вторинним хлоруванням, якщо воно не застосовується, а також може бути вилучена корекція дози по залишковому хлору.

Основні регулятори системи РС і РОХ зібрані з блоків, що включають напівпровідникові прилади, логічні елементи та реле часу. Апаратура контролю і управління системи зібрана в двосекційній шафі.

Автоматичний контроль рівня рідкого хлору в місткостях здійснюється за допомогою ємнісного рівнеміра типу ЕІУ. Для контролю загазованості приміщення хлораторної застосовують автоматичний прилад ФКГ-3. В деяких випадках для поліпшення якості води в неї вводять газоподібний аміак, що доставляється на станції у балонах. Для його дозування - введення у воду застосовують автоматичні пристроі, подібні призначеним для хлорування води. При використанні, для знезараження води бактерицидних установок з

ультрафіолетовим випромінюванням, автоматичні пристроі·застосовують для сигналізації про роботу і ушкодження установки на диспетчерський пункт, а також для дистанційного включення і виключення установок. На основі розробленого в СКБ АП приладу для автоматичного контролю вмісту фтору у воді типу АФ-297 трапляється нагода автоматичного дозування фторсодержащих реагентів. Доцільність автоматичного дозування визначається високими вимогами до точності дозування фтору.

2.4 Розробка принципової схеми системи

Для автоматизації процесу хлорування води була розроблена принципова схема дозування (рис. 2.22). Вихідний ланцюг управління дозуванням у контролер є «вікритим колектором» (35 VDC; 0,1 А). Для управління можна застосовувати як електромагнітне, так і твердотільне напівпровідникове реле. Характеристики джерела живлення повинні забезпечувати нормальну роботу реле.

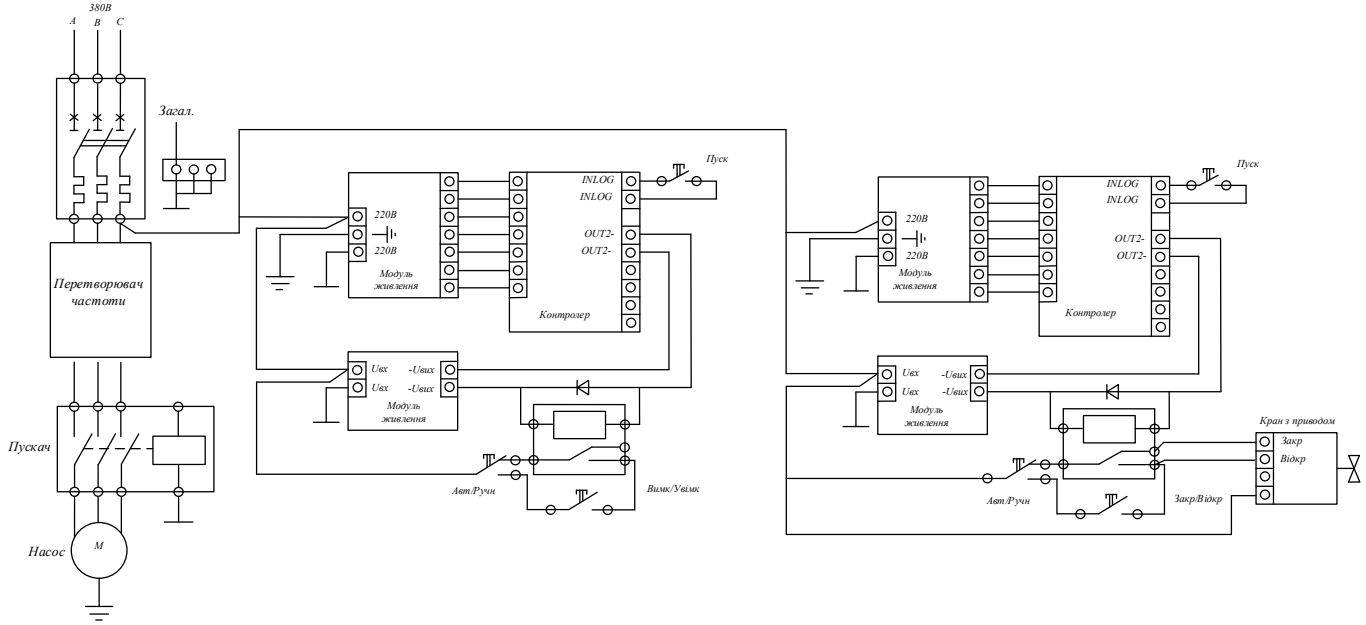


Рис. 2.22. Схема електрична принципова

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

2.5 Моделювання системи та розробка алгоритму

2.5.1 Вибір регулятора і розрахунок його параметрів

Для моделювання системи управління насосної установки хлоратора скористаємося додатком SIMULINK пакету прикладного програмного забезпечення MATLAB 7.1.

Слід зазначити той факт, що за реальних умов роботи пуск насосної установки, зміна тиску в споживчій мережі, не відбувається стрибкоподібно, а досить плавно і тривало. Метою цього розділу є дослідження роботи установки в критичних режимах роботи, перевірка правильності синтезу регулятора. Дослідження перехідних процесів в системі стабілізації тиску проводимо з використанням спрощеної моделі АД і обліком постійної часу насоса. Для дослідження динаміки системи в додатку SIMULINK розроблена модель насосної установки, що дозволяє проводити моделювання з обліком і без урахування обмежень регулятора тиску і з можливістю подання на вхід системи завдання різного виду. Схема моделі САУ насосної установки приведена на рис. 2.23.

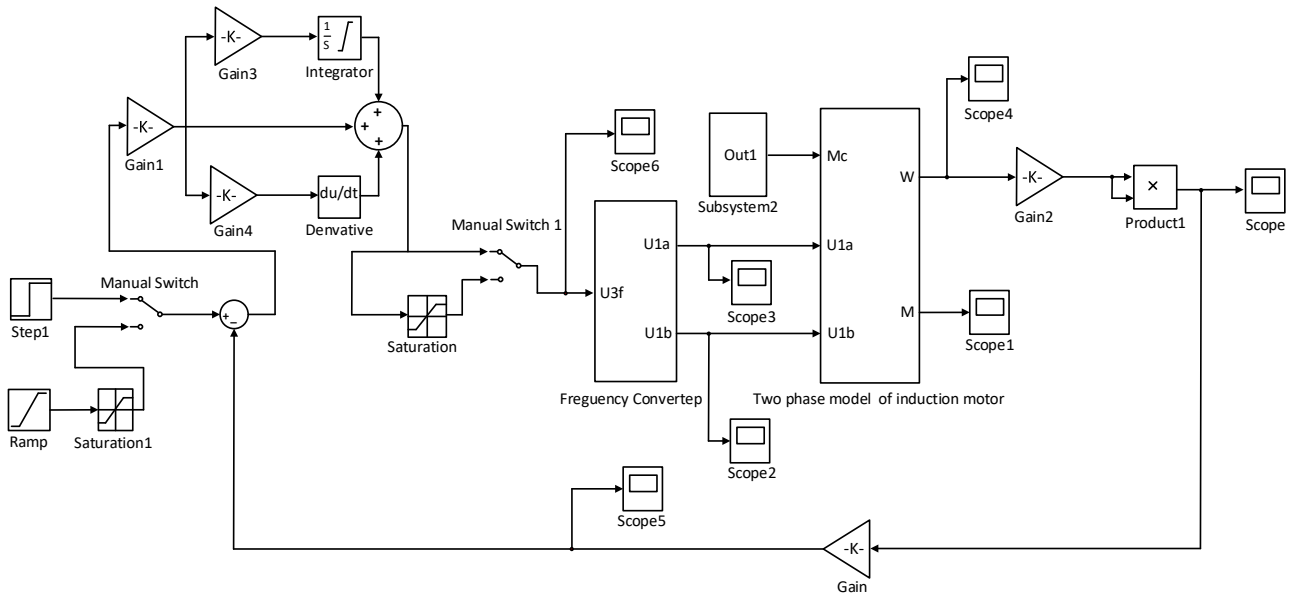


Рис. 2.23. Схема моделі САУ насосної установки

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

Проаналізуємо цю систему в наступних режимах без обмеження регулятора тиску і з обмеженням:

- пуск стрибком на холостому ходу(M_c =0);

- накидання навантаження $M_c = 0{,}9 \cdot M_н = 0{,}9 \cdot 707 = 636{,}3$ Н·м ;

- плавний пуск від задатчика інтенсивності і накидання навантаження;

У цій випускній роботі прийнято, що вплив гідромережі на АД має ступінчастим характером накидання M_c. Оскільки параметри гідромережі залежать від конкретної конфігурації і зазвичай забезпечують плавне наростання M_c., то цей випадок є найбільш важким.

Облік обмеження здійснюється за допомогою блоку Saturation. Тобто для випадку з обмеженням рівень обмеження виставляється на рівень 20.

Перемикачем Manual Switch - 1 комутується режим: вхідний сигнал: стрибок - задатчик інтенсивності (лінійне наростання сигналу до заданого рівня); Manual Switch - 2 включає режим обмеження; Manual Switch - 3 здійснює накидання навантаження.

Модель системи складена з окремих блоків. Кожен блок реалізує певний елемент структурної схеми. Модель містить і інші компоненти, призначені для забезпечення працездатності і візуалізації результатів моделювання.

Аналіз динамічних режимів без урахування обмежень.

Графіки моделювання наведені на рисунках 2.24-2.31. Графік зміни тиску, при реакції на вхідний стрибок без урахування обмежень на виході регулятора тиску приведені на рис. 2.24. Графіки зміни тиску, при реакції на плавне наростання сигналу завдання без урахування обмежень на виході регулятора тиску представлені на рис. 2.25.

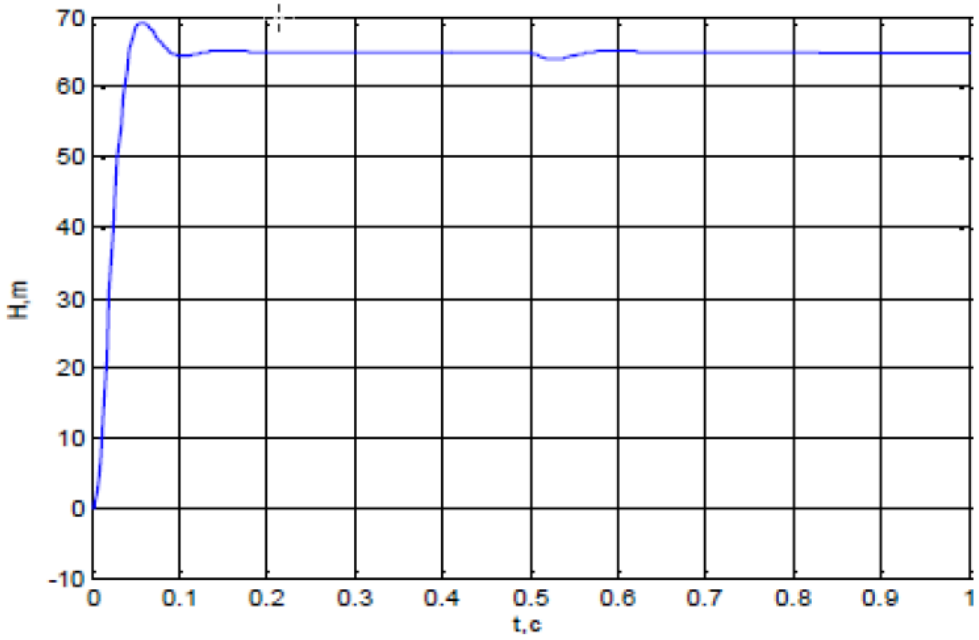


Рис. 2.24. Графік перехідного процесу зміни тиску, при реакції на стрибок сигналу завдання без урахування обмежень на виході регулятора тиску і накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

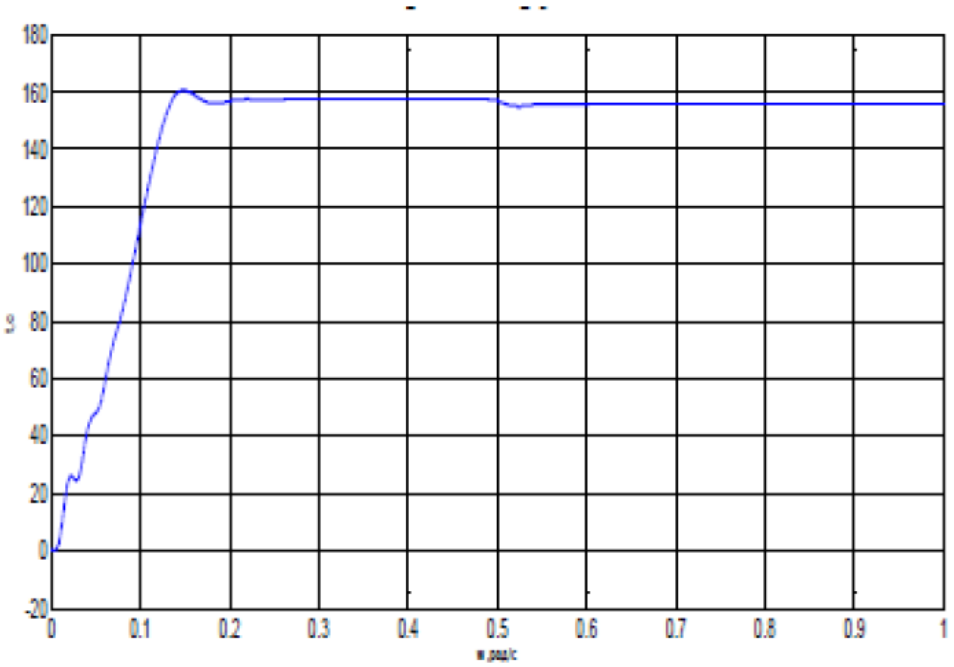


Рис. 2.25. Графік перехідного процесу зміни швидкості, при стрибку сигналу завдання без урахування обмежень на виході регулятора тиску та накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

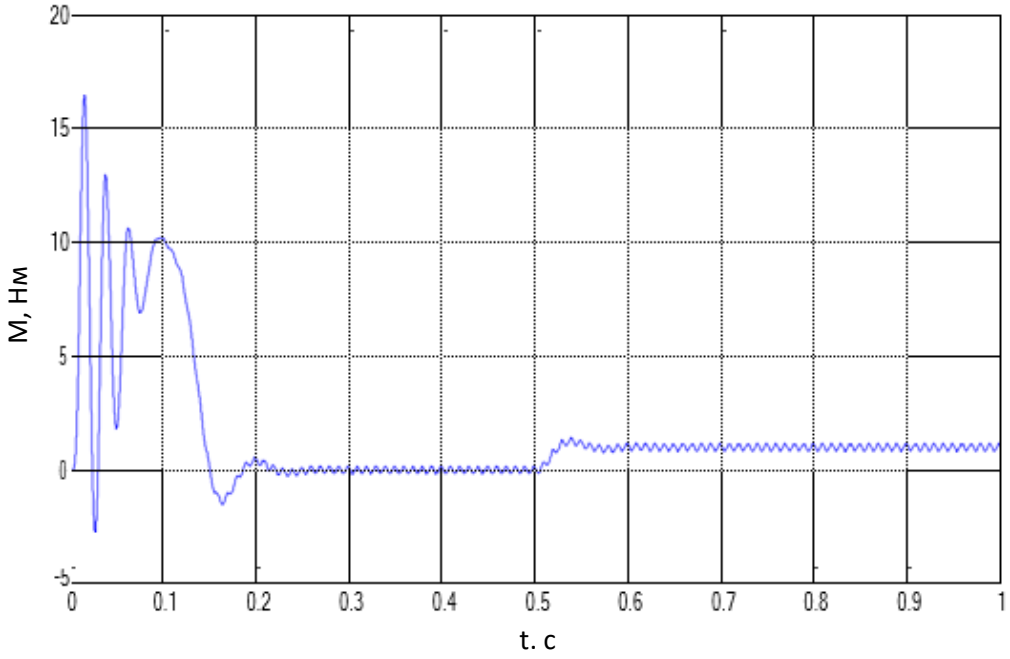


Рис. 2.26. Графік перехідного процесу зміни моменту, при реакції на стрибок сигналу завдання без урахування обмежень на виході регулятора тиску і накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

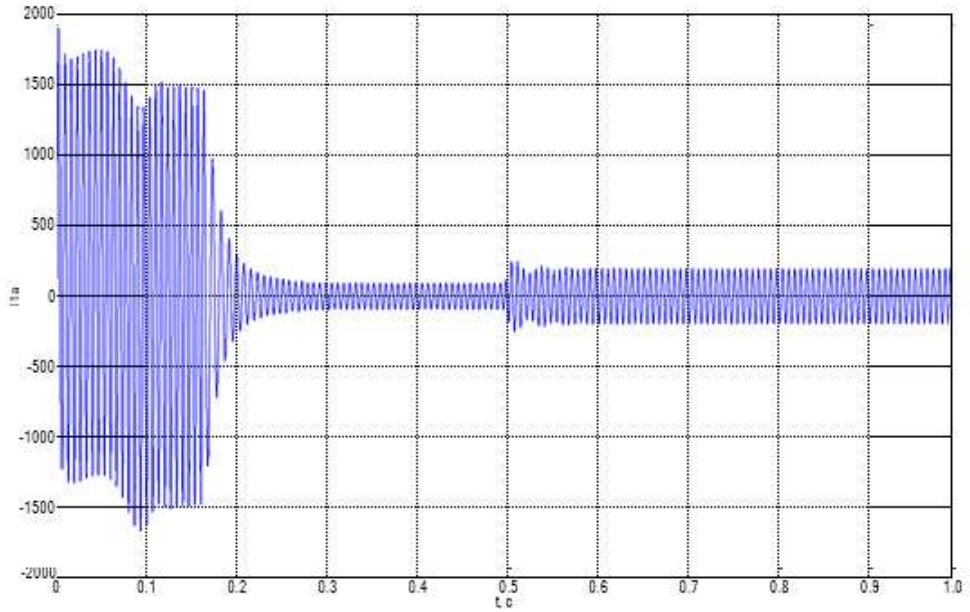


Рис. 2.27. Зміна струму фази I1a при реакції на стрибок сигналу завдання без урахування обмежень на виході регулятора тиску і накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

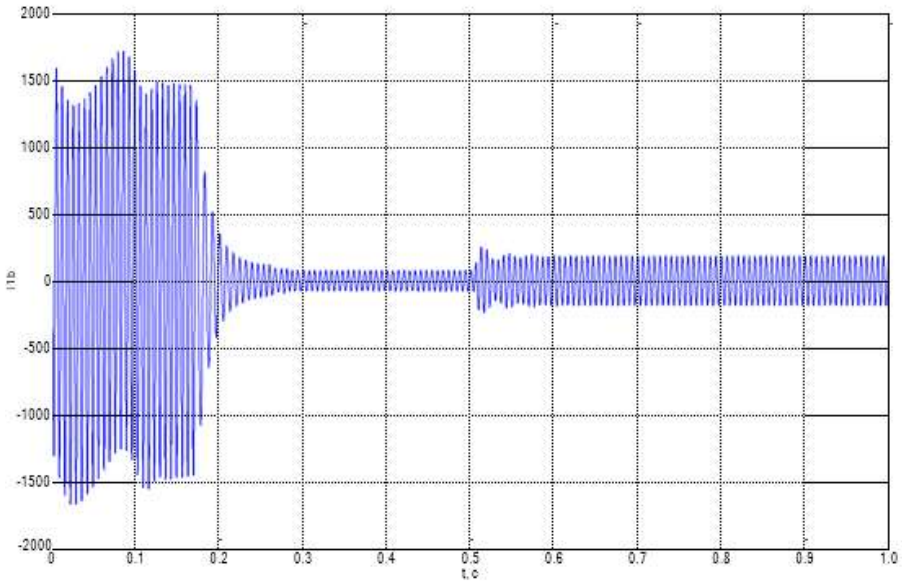


Рис. 2.28. Зміна струму фази I1b при реакції на стрибок сигналу завдання без урахування обмежень на виході регулятора тиску і накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

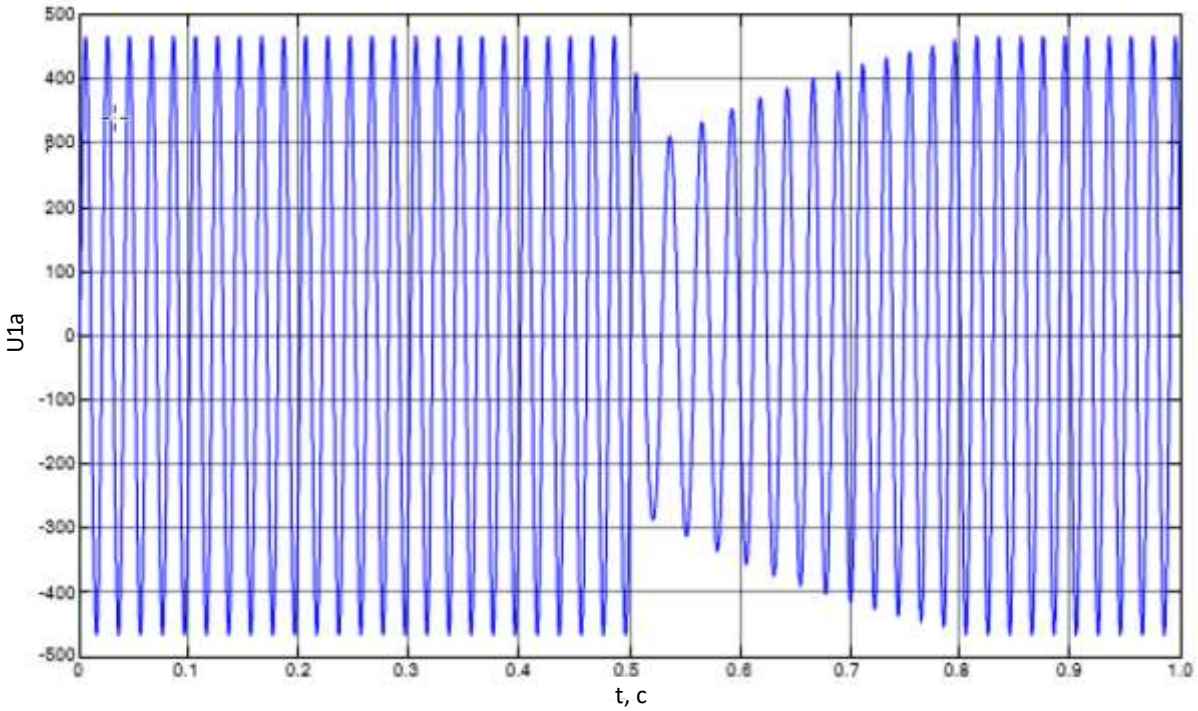


Рис. 2.29. Зміна напруги фази *a* при реакції на стрибок сигналу завдання без урахування обмежень на виході регулятора тиску і накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

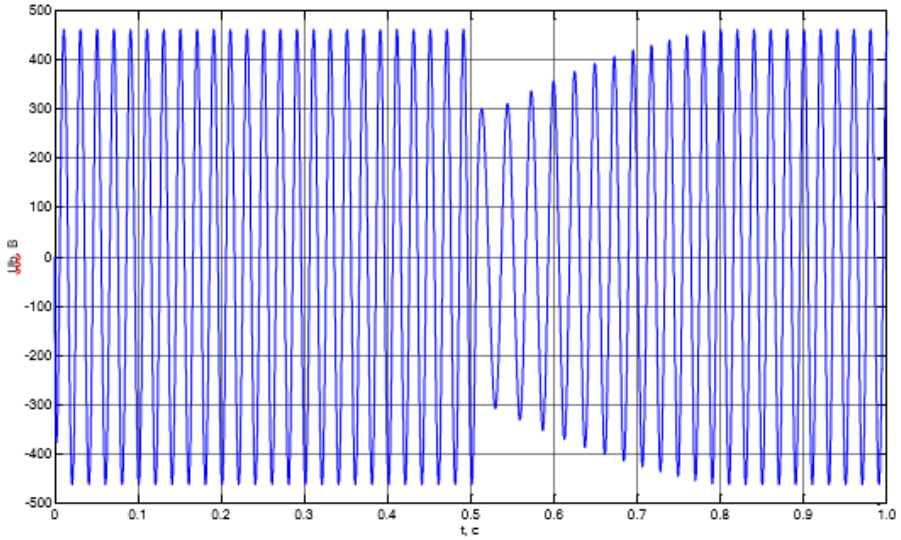


Рис. 2.30. Зміна напруги фази *b* при реакції на стрибок сигналу завдання без урахування обмежень на виході регулятора тиску і накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

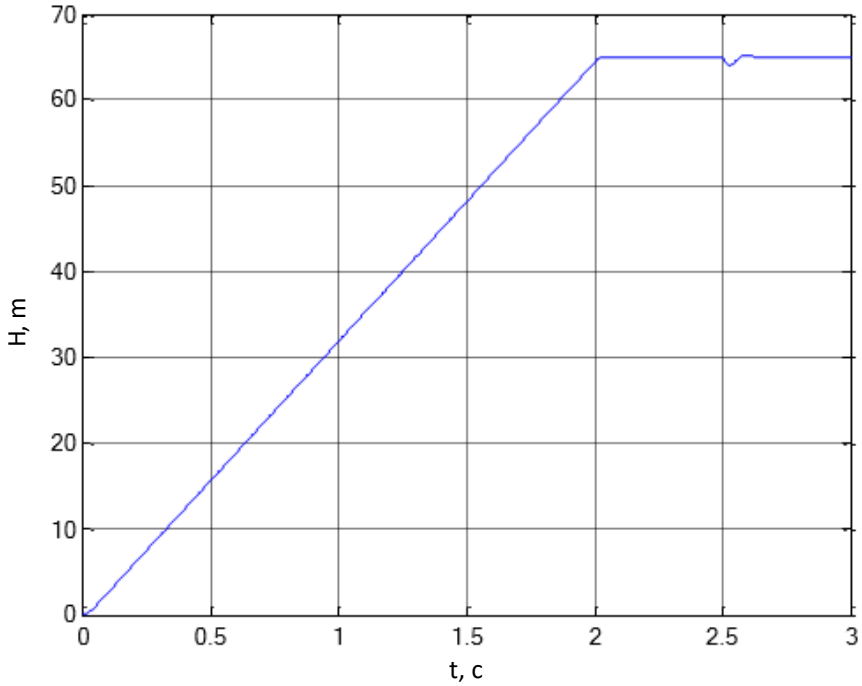


Рис. 2.31. Перехідний процес зміни тиску при реакції на плавне нарощування сигналу без обмежень на виході регулятора та накид навантаження.

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

Моделювання перехідного режиму показало стабільну роботу системи за відсутності жорстких обмежень регулятора. У період від 0 до 2 секунд спостерігається лінійна зміна вихідного параметра, що відповідає заданому темпу наростання. На позначці t = 2.5 с імітувався накид навантаження, що спричинив короткочасне відхилення показника. Завдяки високій швидкодії контуру регулювання, система миттєво відновила робочий тиск, що підтверджує якість налаштування ПІД-регулятора.

Основні параметри перехідного процесу

1. Умови пуску: при t = 0 - пуск двигуна на холостому ходу.
2. Навантаження: при t = 0,5 с - начерк (накид) навантаження.
3. Загальний час перехідного процесу: t = 0,8 с.
4. Час відновлення тиску: $t_{в.с.}$ = 0,7 с.

1. Перерегулювання (δ) у відсотках:

Це показник того, наскільки максимальне значення відхиляється від установленого.

$$\sigma = \frac{H_{\max} - H_{\text{уст}}}{H_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{69 - 65}{65} \cdot 100\% = 6,1\%$$

де H_{max} = 69, а стале значення $H_{уст}$ = 65.

2. Динамічне падіння швидкості (тиску) при накиді навантаження:

Показує відносне зниження параметра в момент прикладання навантаження.

$$\Delta H_{\text{дин}}\% = \frac{\Delta H}{H_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{65 - 64}{65} \cdot 100\% = 1,5\%$$

Тут падіння склало 1 одиницю (з 65 до 64).

Аналіз отриманих перехідних характеристик свідчить про високу динамічну стійкість розробленої системи автоматичного керування. При пуску двигуна на холостому ходу (t=0) спостерігається плавне зростання параметрів. У момент накиду навантаження (t=0,5 с) динамічне падіння тиску (швидкості) склало лише 1,5 % ($\Delta H_{дин}$), що підтверджує здатність системи оперативно реагувати на зовнішні збурення. Показник перерегулювання становить 6,1 %, що повністю відповідає вимогам до якості регулювання в промислових установках.

Загальний час відновлення робочих параметрів після збурення не перевищує 0,7 с, а повне завершення перехідного процесу фіксується на позначці 0,8 с.

Проведене модеюование системи управління насосної установки в приложениеи SIMULINK пакету прикладного програмного забезпечення MATLAB 7.I , показало правильність вибору структурної схеми насосної установки, а основні показники якості перехідних процесів говорять про правильність синтезу регулятора тиску.

Аналіз динамічних режимів з урахуванням обмежень.

У реальних електроприводах напругу на виході регулятора, що реалізовується як програмно, так і апаратно слід обмежувати. Графік зміни тиску, при реакції на вхідний стрибок з урахуванням обмеження на виході регулятора тиску, представлений на рис 2.32. Графік зміни тиску, при реакції на плавне наростання сигналу завдання з урахуванням обмежень на виході регулятора тиску, представлений на рис 2.33.

Основні показники якості перехідних процесів при обмеженні:

Перерегулювання:

$$\sigma = \frac{H_{\max} - H_{\text{уст}}}{H_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{80 - 65}{65} \cdot 100\% = 23\%$$

Динамічне падіння тиску при накиданні навантаження:

$$\Delta H_{\text{дин}}\% = \frac{\Delta H}{H_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{65 - 64}{65} \cdot 100\% = 1,5\%$$

Час відновлення натиску, час, за який параметр повертається до заданого значення після збурення: $t_{в.н.} = 0,8$ с.

Аналіз перехідних характеристик системи в режимі з обмеженням параметрів продемонстрував зміну динамічних властивостей регулювання. Зокрема, спостерігається зростання показника перерегулювання до 23 %, що зумовлено перехідними процесами в контурах обмеження. Попри це, система зберігає високу здатність до компенсації навантаження: динамічне зниження тиску при накиді навантаження не перевищує 1,5 %, а час повного відновлення

робочого натиску становить 0,8 с. Це підтверджує працездатність обраної стратегії керування в умовах жорстких технологічних обмежень

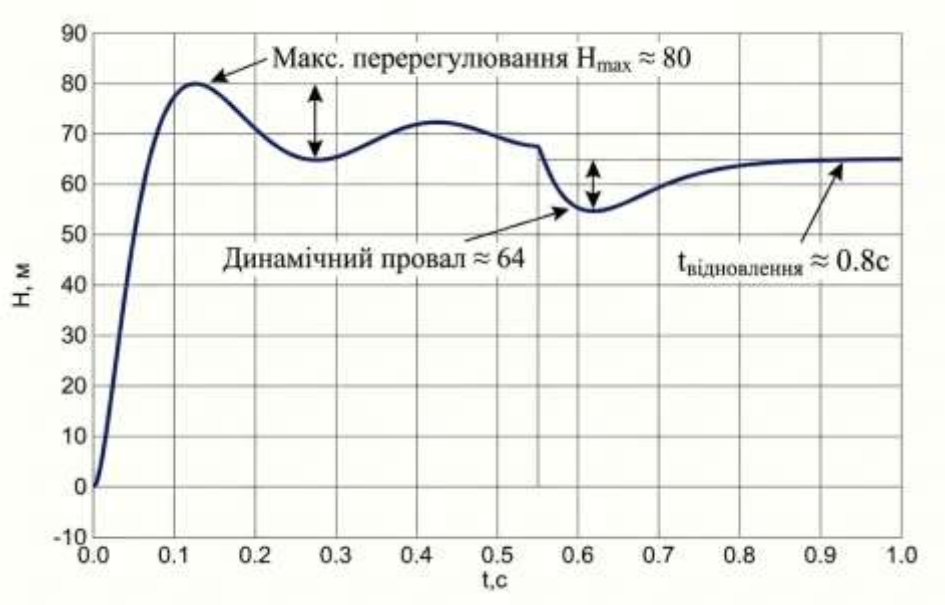


Рис. 2.32. Графік перехідного процесу зміни тиску, при реакції на стрибок сигналу завдання з урахуванням обмежень на виході регулятора тиску і накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

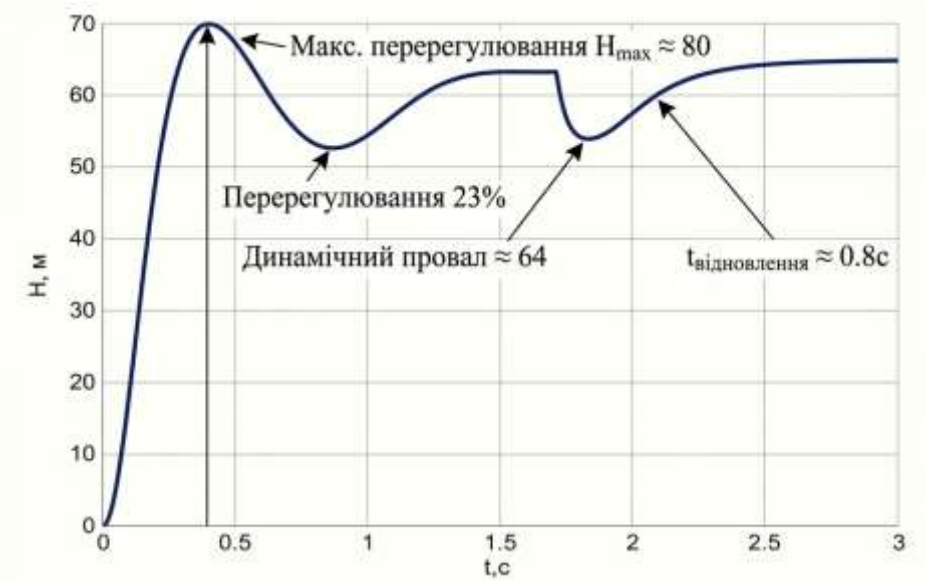


Рис. 2.33. Графіки перехідного процесу зміни тиску, при реакції на плавне наростання сигналу завдання з урахуванням обмежень на виході регулятора тиску і накидання навантаження

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

З отриманих результатів моделювання можна зробити наступю висновки:

1. Режим відробітку стрибка завдання без обмеження регулятора дещо відрізняється від стандартного налаштування контура на модульний оптимум. Це пояснюється динамікою насоса, не врахованою при розрахунках регуляторів.

2. Накидання навантаження вщпрацьовується контуром астатично, що пояснюється наявністю інтегральної складової регулятора тиску.

3. При введенні обмеження на вихідний сигнал регулятора, показники якості перехідних процесів погіршуються. А саме швидкодія системи дещо падає, а перерегулювання зростає. Використання на вході системи задатчика інтенсивності дозволяє забезпечити пуск насосної установки за заданий час без гідроудара, перерегулювання при цьому зменшується.

2.5.2 Розрахунок надійності системи

Завданням розрахунку надійності локальних систем автоматизації є визначення показників, що характеризують їх безвідмовність ремонто-придатність. Розрахунок складається з наступних етапів:

а) визначення видів відмови системи надійності, що розраховуються; складу показників;

б) розділення даної системи на окремі елементи, для яких в технічній літературі наводяться показники надійності. Якщо щ показники наводяться для комплекту апаратури, то цей комплект необхідно розглядати як один виріб;

в) формування поняття вімови для окремих елементів системи в цілому, при цьому це поняття має бути сформульоване по раптових і поступових відмовах;

г) складання структурної (логічної) схеми розрахунку надійності системи, заснованої на аналізі функціонування системи, обліку резервування, від-новлення, контролю справності елементу;

д) визначення безвідмовності роботи елеменпв, які мають основне (послідовне) з'єднання, т. е. тих елеменпв, відмова кожного з яких призводить до відмови усієї системи;

е) визначення характеристик надійності відновлюваних елементів з урахуванням показників безвідмовності і відновлюваності;

ж) визначення основних показників надійності усієї системи з урахуванням резервування, тимчасової і структурної надмірності.

При розрахунку надійності локальних систем автоматизації характерними показниками, які використовуються в такому розрахунку є: середнє напрацювання повністю системи, вірогідність її безвідмовної роботи за заданий час, коефіцієнт готовності і параметр потоку відмов. Кількість, цих показниюв розширюється, якщо аналілується вірогідність роботи системи з урахуванням поступових (параметричних) відмов елементів.

Структурна схема для розрахунку надійності відрізняється від функціональної схеми автоматизації. Вона є графічним відображенням елементів і зв'язків системи, що дозволяє однозначно визначити її стан (працездатне або непрацездатне) за станом її елементів. Якщо відмова елементу незалежно від його призначення викликає відмову системи, то елемент сполучають, послідовно з іншими елементами. Послідовне з'єднання елементів називають, також основним, а паралельне - резервним.

Залежно від вимог, що пред'являються до надійності системи, розрахунок характеристик надійності може бути розділений на попередній і остаточний.
При попередньому розрахунку враховуються основні чинники, що впливають на надійність системи. При цьому, як правило, розглядаються тільки раптові відмови елементів без урахування їх відновлення. При остаточному розрахунку надійності формуються поняття по поступових (параметричних) відмовах системи, які виникають в процесі експлуатації з причини зміни характеристик елементів. Поступова відмова настає тоді, коли система перестає забезпечувати необхідні (задані) показники функціонування (точність, статичну, динамічну помилку і так далі). У остаточному розрахунку також визначаються показники .

відновлюваностv системи при кінцевому часі відновлення елементу, що відмовив. При цьому цей час в системах автоматизації зазвичай включає проміжки часу на пошук елементу, що відмовив, і його заміну.

Остаточний(частково попередній) розрахунок надійності локальних систем автоматизації пов'язаний з труднощами, визначуваними наступними причинами:

а) залежність показників надійності від умов експлуатації, які можуть істотно розрізнятися для різнорідних виробництв, тому паспортні дані по надійності можуть не відповідати їх фактичним значенням;

б) по деяких елементах систем автоматизації показники надійності можуть, бути відсутніми, наприклад, по замочній арматурі, трубним лініям і так далі;

в) показники надійності відновлюваних елементів систем автоматизації залежать від багатьох чинників (використовуваної системи пошуку несправностей, кількістю і кваліфікацією обслуговуючого персоналу і так далі), тому в літературі їх чисельні значення частенько не наводяться.

На першому етапі сформуємо поняття раптової відмови для окремих елементів і системи в цілому.

Для складання виробів, що пройшли період приробляння, рекомендується застосовувати експоненціальний закон розподілу часу відмов, коли втрата виробом працездатносп залежить від випадкових чинників.

В цьому випадку вірогідність безвідмовної роботи пов'язана з інтенсивністю відмов і середнім часом безвідмовної роботи наступною залежністю:

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{t}{T_{\text{ср}}}} \qquad (2.1)$$

Раптові відмови для усіх елементів полягають в неможливості елементу виконувати свої функції зважаючи на обрив дротів, короткого замикання і т. д. Відмова системи в цілому полягатиме у втраті системою стійкості, виході

керованою (регульованою) змінною за граничні значення показників якості управління.

При складанні логічної схеми розрахунку надійності заздалепдь необхідно провести аналіз як зміниться надійність системи при відмові кожного її елементу.

Відмова первинного перетворювача, використовуваного для виміру основною регульованою змінною призводить до відмови усієї системи.

При відмові нормуючого перетворювача НП, клемно-блокового з'єднувача КБС, блоку контроллера БК, регулюючого органу станеться відмова усієї САУ. Відмова блоку живлення БП призводить до відмови БК, НП. Виходячи з цього, вважасмо, що відмова БП приводить до відмови усієї системи. Оскільки відмова будь-якого елементу призводить до відмови усієї системи, логічна схема розрахунку надійності САУ є послідовним з'єднанням усіх елементів. В цьому випадку вірогідність безвідмовної роботи САУ за умови незалежності умов елементів визначатиметься з наступного вираження:

$$P(t)=\prod_{i=1}^{n} P_i(t), \qquad (2.2)$$

Раптові відмови для усіх елементів полягають в неможливості елементу виконувати свої функції зважаючи на обрив дротів, короткого замикання і т. д. Відмова системи в цілому полягатиме у втраті системою стійкості, виході керованою (регульованою) змінною за граничні значення показників якості управління.

При складані логічної схеми розрахунку надійності заздалегідь необхідно провести аналіз як зміниться надійність системи при відмові кожного її елементу.

Відмова первинного перетворювача, використовуваного для виміру основною регульованою змінною призводить до відмови усієї системи. При відмові нормуючого перетворювача НП, клемно-блокового з'єднувача КБС, блоку контроллера БК, регулюючого органу станеться відмова усієї САУ.

Відмова блоку живлення БП призводить до відмови БК, НП. Виходячи з цього, вважасмо, що відмова БП приводить до відмови усієї системи. Оскільки відмова будь-якого елементу призводить до відмови усієї системи, логічна схема розрахунку надійності САУ є послідовним з'єднанням усіх елементів. В цьому випадку вірогідність безвідмовної роботи САУ за умови незалежності відмов елементів визначатиметься з наступного вираження:

$$P(t)=\prod_{i=1}^{n} P_i(t), \qquad (2.3)$$

де n - кikmrscnm елементів в логічній схемі.

Для розрахунку надійності САУ з довідкової літератури були узяті показники надійності елементів. Відповідно була розрахована вірогідність безвідмовної роботи САУ для різних термінів експлуатації системи і побудований графік зміни цього показника в часі , показаний на рисунку 2.34.

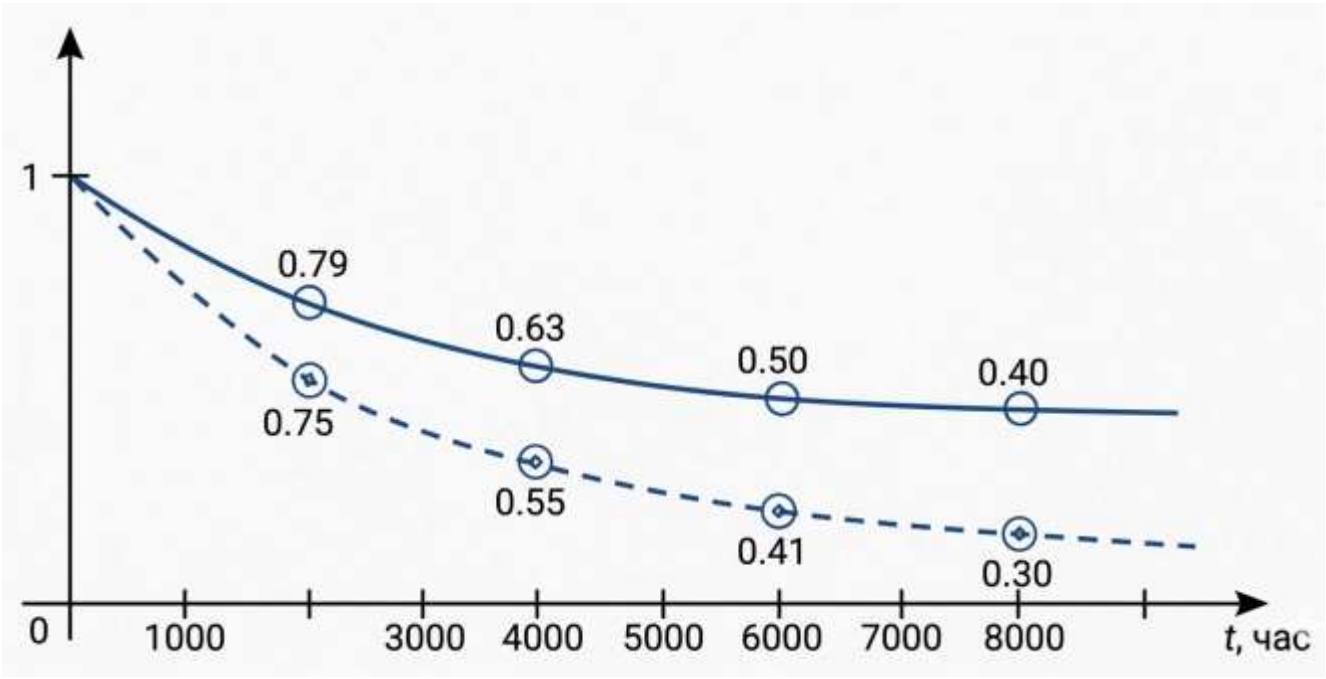


Рис. 2.34. Графік зміни вірогідності безвідмовної роботи САУ в часі:

- без резервування; - з резервуванням

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

На представленому графіку відображено результати порівняльного аналізу динаміки зміни ймовірності безвідмовної роботи P(t) САУ залежно від тривалості її експлуатації. Дослідження охоплює часовий інтервал до 8000 годин і демонструє ефективність застосування методів резервування для підвищення стабільності системи. Для обох конфігурацій спостерігається закономірне зниження показників надійності з плином часу, що зумовлено поступовим зношенням елементної бази та накопиченням мікропошкоджень у структурі САУ. Система без резервування (пунктирна лінія): Дана крива демонструє стрімку деградацію надійності. Вже на позначці 4000 годин імовірність стабільної роботи знижується до 0,55, а до кінця розрахункового періоду (8000 год) вона складає лише 0,30. Це вказує на високу вразливість системи, де вихід з ладу одного критичного вузла призводить до повної зупинки автоматики.

Система з резервуванням (суцільна лінія): Впровадження дублюючих елементів дозволяє значно сповільнити темпи зниження надійності. Наприклад, через 4000 годин експлуатації показник P(t) залишається на високому рівні - 0,63, що на 8 % вище порівняно з базовою моделлю. На фінальному етапі (8000 год) перевага стає ще більш відчутною: рівень безвідмовності становить 0,40 проти 0,30.

Середній час безвідмовної роботи САУ визначиться з наступного вираження:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \lambda} = \frac{10^6}{150 \cdot 8760} = 0{,}76 \text{ року} \qquad (2.4)$$

Отриманий середній час безвідмовної роботи менше цього показника, вказаного у вимогах до надійності САУ. Тому необхідно підвищити надійність САУ шляхом резервування найбільш ненадійного елементу. Таким елементом є мікропроцесорний контролер. Середній час безвідмовної роботи резерновної групи елементів при постійному включеню резерву може бути підрахований по формулі:

$$\tau_I^P = \tau_I \sum_{I=1}^{n} \frac{1}{n-i+1} \quad (2.5)$$

де T_i - середній час безвідмовної роботи одного елементу(комплекту);

n - число елементів (комплектів) в групі.

$$\tau_I^P = 1000\left(\frac{1}{2-1+1}\right) + \left(\frac{1}{2-2+1}\right) = 1500 \text{ ГОД.} \quad (2.6)$$

Інтенсивність відмов двох комплектів елементів, що входять в контролер складе:

$$\lambda_i^{\prime} = \frac{1}{1{,}5 \cdot 10^{4}} = 66 \cdot 10^{-6} \, 1/год \quad (2.7)$$

Середній час безвідмовної роботи САУ при включенні резерву складе:

$$T_{\text{ср}}^{p} = \frac{10^{6}}{116 \cdot 8760} = 1{,}02 \text{ року.} \quad (2.8)$$

Оскільки $T_{\text{ср}}^{p} > T_{\text{ср}}^{o}$ $(1{,}02 > 1{,}0)$, то вважаємо, що вибраний склад елементів і структура САУ задовольняють вимогам до надійності системи.

2.5.3 Вибір програмного забезпечення

Мікроконтроллер працює завдяки програмному принципу управління: мікроконтроллер виконує дії із заданої програми. Цей принцип забезпечує універсальність використання мікроконтроллера: в певний момент часу вирішується завдання відповідно до вибраної програми. Після її завершення в пам'ять завантажується інша програма.

Програмне забезпечення виконується на персональному комп'ютері в середовищі CoDeSys під управлінням Microsoft Windows. CoDeSys - це програмування контроллерів на мовах стандарту МЗК б 1131-3. Використовувані

редактори Visnal C++. Генератор коду безпосередньо компілює програму користувача в машинні коди, що 3абсзпечує найвищу швидкодію контроллера. Засоби відлатки включають перегляд і редагування входів-виходів змінних, виконання програми по циклах, контроль виконання алгоритму програми в графічному уявленні, графічне трасування значень змінних за часом і по подіях графічну візуалізацію і імітацію технологічного устаткування.

Головне вікно CoDeSys складається з наступних елементів(у вікні вони розташоваш зверху вниз):

·Меню.

• Панель інструментів. На ній знаходяться кнопки для швидкого виклику команд меню.

• Організатор об'єктів, що має вкладки POU, Типи даних (Data types), Візуалізації (Visualizatiops) і Ресурси(Resources).

• Роздільник Організатора об'єктів і робочої області CoDeSys.

• Робоча область, в якій знаходиться редактор.

• Вікно повідомлень.

• Рядок статусу, що містить інформацію про поточний стан проекту.

Панель інструментів, вікно повідомлень і рядок статусу не є обов'язковими елементами головного вікна.

Меню знаходиться у верхній частині головного вікна. Воно містить усі команди CoDeSys.

Кнопки на понелі інструментів забезпечують швидший доступ до команд меню. Викликана за допомогою кнопки на панелі інструментів команда автоматично виконується в активному вікні.

Команда виконується, як тільки натиснута на панелі інструментів кнопка буде відпущена. Якщо ви помістите покажчик мишки на кнопку панелі інструментів, то через невеликий проміжок часу побачите назву цієї кнопки в підказці. Кнопки на панелі інструментів різні для різних редакторів CoDeSys. Отримати інформацію відносно призначення цих кнопок можна в описі редакторів.

Оператори програми CoDeSys.

' Розмежування рядків (тобто 'stringl ')

..[]Завдання індексів масиву (тобто ARRAY[0.3] OF INT)

: Роздільник операнда і типу при оголошенні (тобто varl: INT;)

; Кінець інструкції (тобто a:=varl ;)

^ Звернення через покажчик(тобто poinTerl ^)

LD varl N Завантажити значення varl а акумулятор

:= ST varl N Записати в var] значення акумулятора

S boolvar Установка логічного операнда boolvar в TRUE, якщо значення акумулятора TRUE

R boolvar Скидання логічного операнда boolvar в FALSE, якщо значення акумулятора TRUE

JMP label CN I Перехід на мітку label

< Program name>CAL progl CN Виклик програми progl

<Instance name>CAL inst1 CN Виклик екземпляра функціонального блоку instl

<Fetname> (vx, vy,.) <Fetname> vx, vy CN Виклик функції fctname передача параметр vx, vy

(Результат обчислень в дужках використовується як операнд.). Закінчує обчислення в дужках.

AND AND N.(Бітове AND

OR OR N,(Бітове OR

XOR XOR N.(Бітове OR, що виключає

NOT NOT Бітове NOT

+ ADD (Складання

- SUB (Віднімання

* MUL (Множення

/ DIV (Ділення

> GT (Більше, ніж

>= GE (Більше або рівно

Короткий довідник по операторах і компонентах бібліотек CoDeSys

V2.3 10-67.

= EQ (Рівне

<> NE (Нерівно

<= LE (Меньше або рівно

< LT (Меньше, ніж

MOD(iп) MOD Залишок цілочисельного ділення

INDEXOF(in) INDEXOI

Внутрішній індекс POU in; [INT]

SIZEOF(in) SIZEOF Число байт, займаних in

SHL(K, in) SHL Порозрядне зрушення вліво наК біт

SHR(К, in) SHL Порозрядне зрушення управо наК біт

ROL,(K, in) ROR Циклічне зрушення вліво наК біт

ROR(K, in) ROR Циклічне зрушення управо наК біт

SEL(G, in0, in1) SEl, Мультиплексор на 2 входи in0(при G FALSE) і inl (при G TRUE)

MAX(in0, in I) MAX Повертає __ найбільше з 2х значень iп0 і iпl

MlN(in0, in I) M IN Повертає найменше з 2х значень in0 і in1

LIMIT(MIN, in, Max) LlMIT Обмежує значення in в межах від MIN до MAX

MUX(K, in0, ... in_n) MUX Мультиплексор вибирає К- тое значення з групи(від in0 до In_n)

ADR(in) ADR Адреса операнда в [DWORD]

ADRINST() ADRINST Адреса екземпляра функціонального блоку, з якого викликається ADRINST

BITADR(in) BITADR Бітове зміщення операнда в [DWORD]

BOOL_TO_ <type>(in) BOOL_TO_<type> Перетворення типу з Логічного

<type> _T0_ BOOL(in) <type> _TO_BOOL Перетворення типу в логічний

INT_TO_<type>(in) INT_TO_ <type> Перетворення значення операнда типу INT в інший базовий тип

REAL_TO_<type>(in) REAL_TO_ <type> Перетворення значення операнда типу REAl. в інший базовий тип

LREAL_TO_ <type>(in) LREAL_TO_<type>(in) Перетворення значення операнда типу LREAL в інший базовий тип

TIME_TO_ <type>(in) TIME_TO_ <type> Перетворення значення операнда типу TIME в інший

2.5.4 Розробка алгоритму функціонування системи

В процесі моделювання системи управління насосної установки хлоратора сформувалися основні принципи алгоритму роботи системи. Слід зазначити той факт, що за реальних умов роботи пуск насосної установки, зміна тиску в споживчій мережі, не відбувається стрибкоподібно, а досить плавно і тривало. Блок-схема алгоритму роботи САУ насосної установки приведена на рис.2.35.

Алгоритм реалізує стабілізацію тиску в мережі методом зміни швидкості обертання насоса.

Після включення апаратури виробляється автоматичний запуск насосного агрегату. Контроль його виходу на робочий режим, збір і передача даних про поточні значення гідравлічних параметрів конкретної точки.

Після цього відбувається їхнє порівняння із заданими, у результаті чого приймається рішення про видачу керуючого впливу: так, якщо поточне значення подачі $Q_{пот}$ більше заданого $Q_{зад}$, то формується керуючий вплив на зниження частоти обертання приводного двигуна насосного агрегату, у противному випадку формується керуючий вплив на збільшення частоти обертання. Потім виробляється повторне порівняння поточних значень гідравлічних параметрів із заданими, на підставі чого приймається рішення про формування керуючих впливів з наступним контролем параметрів, або про перехід у режим контролю значень параметрів.

Видача керуючих впливів на збільшення частоти обертання, а отже, продуктивності насосного агрегату (подачі Q) виробляється з урахуванням тиску

в трубопроводі. Якщо поточне значення тиску менше припустимого навіть після збільшення подачі, то видається аварійний сигнал про можливий порив у нагнітальному трубопроводі й формується керуючий вплив на зупинку й відключення насосного агрегату. Запустити в роботу систему, що здійснить пуск насосного агрегату в автоматичному режимі можна тільки після усунення пориву трубопроводу. Крім того, система робить контроль стану насосного агрегату й приводного двигуна на підставі інформації про температуру підшипникових вузлів, про температуру обмоток двигуна, струму статора й т.д. У випадку аварійного режиму роботи також формується керуючий вплив на остановку і відключення насосного агрегату.

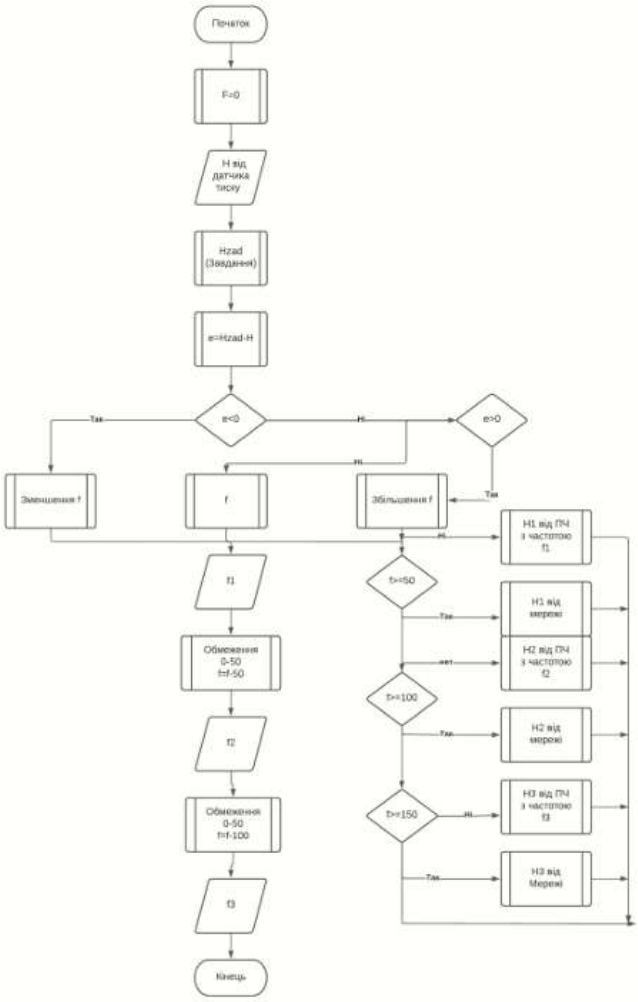


Рис. 2.35. Блок-схема алгоритму автоматизації регулювання продуктивності насосного агрегату хлоратора

Примітка. Джерело: Розроблено із використанням [14]

2.6 Заходи із охорони праці та безпеки для персоналу КП «Кривбассводоканал»

У цьому розділі наведено аналіз факторів виробничого середовища та трудового процесу, що становлять потенційну загрозу для персоналу КП «Кривбассводоканал». Враховуючи високий ступінь зношування мереж, використання газоподібного хлору для знезараження води та ризик скупчення токсичних газів у каналізаційних колекторах, ідентифікація небезпечних факторів є першочерговим завданням для розробки ефективних інженерно-технічних та організаційних заходів з охорони праці.

2.6.1 Специфічні виробничі фактори КП «Кривбассводоканал»

1. Глибина залягання та масштаб мереж (специфіка «довгого міста»). Кривий Ріг - одне з найдовших міст Європи. Це накладає особливий відбиток на роботу підприємства.

Відстань до об'єктів: необхідність тривалого транспортування аварійних бригад і техніки, що збільшує ризик дорожньо-транспортного травматизму. Глибокі каналізаційні колектори: Через особливості ландшафту багато колекторів залягають на значній глибині (до 10–15 метрів і більше). Це переводить роботи в розряд особливо небезпечних через ризик обвалення ґрунту та складність екстреної евакуації співробітника з колодязя.

2. Техногенний вплив гірничодобувної промисловості

Підприємство працює у зоні активних гірничо-геологічних процесів: Просадки ґрунту та вібрації: Постійні технологічні вибухи на кар'єрах (ГК, ПівнГЗК, ЦГЗК та ін.) та просідання над шахтними підробітками викликають часті пориви трубопроводів. Для персоналу це робота в непередбачуваних умовах, де геометрія траншеї може змінитися під час ремонту.

Корозійна активність ґрунтів: Висока мінералізація ґрунтів у промисловому регіоні веде до прискореного зносу металу, що робить аварійні

ситуації більш масштабними та небезпечними (ризик раптового прориву під тиском).

3. Специфіка водозабору та очищення (Карачунівське та Радушанське водосховища)

Робота з хлором у великих обсягах: на відміну від малих міст, Кривбассводоканал оперує величезними запасами рідкого хлору. Специфічним фактором є ризик масштабного хімічного зараження при аваріях на складах БХ (базисного зберігання) чи хлораторних станціях.

Цвітіння води: Влітку різко зростає біологічне навантаження на фільтри. Це вимагає посиленого використання реагентів та збільшує контакт лаборантів та операторів з хімічними концентратами.

4. Особливості стічних вод промислового гіганта

У систему каналізації «Кривбассводоканалу» найчастіше потрапляють не лише побутові, а й несанкціоновані промислові стоки:

Невідомий хімічний склад: ризик раптового викиду в колектори агресивних хімікатів, нафтопродуктів чи солей важких металів від проммайданчиків. Це створює загрозу несподіваного хімічного опіку шкіри чи дихальних шляхів навіть за наявності стандартних ЗІЗ.

Вибухонебезпечність: наявність у стоках ПММ може призвести до утворення вибухонебезпечних концентрацій парів у замкнутих об'ємах насосних станцій (КНС).

5. Зношеність фонду та «фактор раптовості»

Більшість інфраструктури закладалася в давній період для обслуговування зростаючих комбінатів:

Старість конструкцій: при роботі в оглядових колодязях або камерах існує реальний ризик обвалення старих залізобетонних перекриттів або сходових маршів (ходових скоб), роз'їдених газовою корозією.

Таблиця 2.4

Таблиця специфічних ризиків (Криворізький контекст)

Фактор	Специфіка Кривбассводоканалу	Ризик для персоналу
Геологія	Сейсміка від вибухів у кар'єрах	Обвалення стін траншей при ремонті
Логістика	Лінійна довжина міста >120 км	Втома, ризик ДТП спецтехніки
Хімія	Робота потужних станцій фільтрації	Ризик витоку тонн рідкого хлору
Екологія	Промстоки у міській каналізації	Хімічні отруєння нетиповими газами
Висота/Глубина	Глибокі колектори та дюкери через річки	Травми при падінні, дефіцит кисню

2.6.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Діяльність персоналу підприємства пов'язана з обслуговуванням складних гідротехнічних споруд, експлуатацією електрообладнання та роботою у замкнутих просторах. Відповідно до ДСТУ 12.0.003:20XX, основні чинники ризику поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

1. Фізичні чинники

Це найбільша група ризиків, характерна для ремонтних бригад і операторів насосних станцій.

Підвищена вологість та бризки води: постійний фактор при ліквідації поривів на трубопроводах та роботі в машзалах. Підвищує ризик електротравм та простудних захворювань.

Шум та вібрація: джерелом є потужні насосні агрегати, повітродувки та компресорні установки. Тривалий вплив веде до зниження слуху та швидкої стомлюваності.

Небезпечні рівні напруги: ризик ураження електричним струмом під час обслуговування щитових, електродвигунів насосів та освітлювальних приладів у сирих приміщеннях. Машини, що рухаються, і механізми: частини валів насосів, що обертаються, муфти, а також робота спецтехніки (екскаватори, илососи) на об'єктах.

Падіння з висоти або в резервуари: Робота на містках відстійників, обслуговування глибоких колодязів та камер.

2. Хімічні чинники

Специфіка водоканалу має на увазі контакт з реагентами для очищення води та газами в каналізаційних мережах.

Газоподібний хлор: Використовується для знезараження води. Надзвичайно токсичний; при витік викликає важкі ураження дихальних шляхів.

Шкідливі гази в колодязях (метан, сірководень, вуглекислий газ): Скупчення цих газів у каналізаційних камерах є критично небезпечним.

Відповідно до характеру впливу на організм людини та відповідно до нормативних вимог охорони праці, основні фактори на КП «Кривбассводоканал» класифікуються за чотирма основними групами.

1. Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Ця група факторів найбільш поширена на насосних станціях (ВНС, КНС) та в ремонтних цехах:

1.1 Підвищений рівень шуму та вібрації: генерується відцентровими насосами, електродвигунами та компресорами. Тривалий вплив призводить до розвитку кохлеарного неврит і вібраційної хвороби.

1.2 Небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі: робота в умовах підвищеної вологості (підвали, колодязі) збільшує ризик смертельного ураження струмом при пошкодженні ізоляції обладнання, розкопок.

1.3 Підвищена вологість повітря та перепади температур: робота в обводнених траншеях в осінньо-зимовий період або в сирих машзалах, що веде до професійних захворювань опорно-рухового апарату.

2. Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Пов'язані з технологією очищення води та специфікою каналізаційних газів: токсичні гази в замкнутих просторах: метан (CH_4), сірководень (H_2S) і вуглекислий газ (CO_2), що накопичуються в колодязях і колодязях. Сірководень паралізує нюх, що робить його виявлення без приладів неможливим. Сильнодіючі отруйні речовини: газоподібний хлор (Cl_2), що використовується на

станціях знезараження. При витіканні викликає важкі хімічні опіки легень і слизових оболонок.

3. Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Найбільш критичні для персоналу цехів водовідведення та очисних споруд каналізації (ОСК):

Патогенні мікроорганізми: бактерії, віруси та грибки, що містяться в господарських стоках. Ризик зараження інфекційними захворюваннями (черевний тиф, дизентерія, вірусний гепатит А) через контакт із робочим середовищем. Продукти життєдіяльності макроорганізмів: присутність гризунів на об'єктах мереж, які є переносниками небезпечних захворювань (лептоспіроз).

4. Психофізіологічні фактори

Обумовлені тяжкістю і напруженістю праці: фізичні перевантаження: переміщення важкого обладнання (засувок, фланців), ручна розробка грунту при ліквідації аварій у важкодоступних місцях, напруга: робота в умовах підвищеної відповідальності (забезпечення міста водою) та в екстреному режимі при виникненні великих техногенних аварій.

Проведений аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на КП «Кривбассводоканал» показує, що умови праці персоналу характеризуються високим ступенем ризику, зумовленим поєднанням специфічних техногенних та природних факторів. Найбільш критичними зонами є:

- хімічна небезпека, пов'язана з використанням великих обсягів хлору та ризиком накопичення летальних концентрацій газів у каналізаційних колекторах;

- фізична небезпека, спричинена глибиною залягання комунікацій, нестабільністю ґрунтів Криворізького регіону та експлуатацією потужного електротехнічного обладнання;

- біологічна небезпека, що виникає за постійного контакту з неочищеними стічними водами.

Ідентифікація цих факторів підтверджує, що використання виключно засобів індивідуального захисту є недостатнім для забезпечення повної безпеки. Для досягнення допустимих рівнів професійного ризику на підприємстві необхідний перехід від пасивного захисту до активного управління виробничим середовищем. Тому далі розглянемо комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на зменшення впливу шкідливих факторів, модернізацію обладнання та автоматизацію небезпечних процесів, що дозволить мінімізувати ймовірність виробничого травматизму та професійних захворювань.

2.6.3 Засоби зниження дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Розробка карти умов праці та принципи вибору СІЗ

Карта умов праці на підприємстві є документом, що фіксує фактичний стан робочих місць. Для «Кривбассводоканалу» пріоритетними є робочі місця слюсарів АВР (аварійно-відновлювальних робіт), операторів хлораторних установок та машиністів насосних станцій.

1. Вибору ЗІЗ залежно від факторів ризику

Вибір засобів захисту здійснюється на підставі атестації робочих місць та класифікації ОПВФ, описаної вище:

Для захисту від хімічних факторів (хлор, гази):

Ризик: Витік хлору на станціях очищення.

Вибір: Промислові протигази з коробками марки «В» (Для роботи в епіцентрі).

Для колодязів - обов'язкове використання шлангових протигазів (ПШ-1, ПШ-2), так як фільтруючі в умовах дефіциту кисню марні.

Для захисту від біологічних факторів (стокові води): щитки для обличчя (запобігання попаданню бризок на слизову).

Для захисту від фізичних факторів (механічні пошкодження, електрика): Ризик: падіння предметів, робота під напругою, шум.

2. Специфічне обладнання для безпечних робіт (Криворізька специфіка) Враховуючи глибину колекторів та специфіку ґрунтів у Кривбасі, до «Карти умов праці» вносяться вимоги щодо використання колективних та індивідуальних засобів страховки:

Газоаналізатори: Переносні багатоканальні прилади для безперервного моніторингу складу повітря. Системи: використання тільки повнотілих страхувальних прив'язків (лямкових поясів) з плечовими та стегновими обхватами. Поясні ремені без лямок заборонені, оскільки вони не забезпечують безпечну вертикальну евакуацію з глибокого колодязя у разі втрати співробітником свідомості.

Гігієнічне нормування

При розробці Карти умов праці враховуються гранично допустимі концентрації (ГДК) і гранично допустимі рівні (ПДК): ГДК хлору в повітрі робочої зони - 1 мг/м³. ПДУ шуму в машзала насосних станцій - 80 дБА.

Температурний режим під час роботи в траншеях (обмеження часу перебування при низьких температурах).

При роботі з електрообладнанням та щитовими на об'єктах КП «Кривбассводоканал» (особливо в умовах підвищеної вологості насосних станцій) персонал повинен використовувати специфічний набір засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), які забезпечують ізоляцію струмопровідних частин.

Усі ЗІЗ на щиті діляться на основні (ізоляція витримує робочу напругу) та додаткові. Перелік ЗІЗ для роботи на електрощиті:

1. Основні ізолюючі засоби (до 1000 В)

Діелектричні рукавички: Найважливіший засіб. Перед використанням необхідно перевірити дату штампу перевірки та відсутність проколів (шляхом скручування рукавички у бік пальців).

Інструмент із ізолюючими рукоятками: Викрутки, пасатижі, кусачки. Ізоляція має бути цільною, без тріщин, і мати обмежувальні упори.

Покажчики напруги: Для перевірки наявності або відсутності струму на клемах та шинах перед початком робіт.

2. Додаткові ізолюючі засоби

Діелектричні калоші або боти: Забезпечують захист від крокової напруги та ізоляцію від підлоги.

Діелектричні килимки (мати): Повинні бути розстелені перед кожним щитом. Важливо стежити, щоб вони були сухими та чистими.

Ізолювальні підставки: Використовуються в приміщеннях з особливо сирими підлогами.

3. Засоби індивідуального захисту загального призначення

Захисні окуляри або щитки: Для захисту очей від можливої електричної дуги під час перемикання або короткого замикання.

Захисна каска: Обов'язкова під час роботи в електроустановках для захисту голови від випадкових торкань струмоведучих частин та механічних ударів.

Спецодяг із бавовни: Рекомендується одяг із матеріалів, що не підтримують горіння та не плавляться (на відміну від синтетики).

Маркування та перевірка. Усі ЗІЗ, які використовуються на щитах «Кривбассводоканалу», повинні мати: Інвентарний номер.Штамп про випробування: Вказується дата наступної перевірки. Робота із простроченими ЗІЗ категорично заборонена. Візуальну цілісність: Перед кожним застосуванням співробітник зобов'язаний оглянути засіб щодо порізів, розривів або забруднення маслом/мазутом.

2.6.4 Пожежна безпека

При виконанні робіт на об'єктах КП «Кривбассводоканал» пожежна безпека (ПБ) забезпечується суворим контролем двох факторів:

- наявності пального середовища (гази, ПММ) та джерел запалювання. (CH_4). Метан утворює з повітрям вибухонебезпечні суміші, які детонують від найменшої іскри.

- вогневі роботи (зварювання, різання): проводяться строго за вбранням-допуском. піском).

Експлуатація електрообладнання:

Забороняється використання саморобних електронагрівачів і робота з пошкодженою ізоляцією кабелів (особливо в сирих підвалах і машзалах). гідрантам/кранам. Використана ганчір'я (просочена маслом або бензином) повинна збиратися в металеві ящики з щільними кришками, щоб уникнути самозаймання.

Специфіка складів хлору:

При виникненні пожежі поблизу складів хлору необхідно враховувати, що висока температура може призвести до розгерметизації балонів. Охолодження ємностей водою проводиться тільки дистанційно.

Порядок дій при пожежі:

Негайно повідомити пожежну охорону (тел. 101) і диспетчера підприємства.Знеструмити обладнання в зоні займання. Приступити до гасіння первинними засобами (якщо це безпечно). Вивести персонал із зони можливого задимлення або хімічного зараження.

Висновок. Реалізовані заходи відповідають нормативним вимогам законодавства України та забезпечують створення умов праці, за яких ризик виникнення аварійних ситуацій зводиться до допустимого мінімуму.

ВИСНОВКИ

Модернізація промислового обладнення обумовила застосування автоматизованих засобів безперервного й періодичного діагностування як самих робочих машин, так і їхніх приводних електродвигунів. Це дозволить підвищити надійність, і довговічність установок, попередити шкідливу дію й знизити вартість поточних і капітальних ремонтів за рахунок своєчасного виявлення дефектів і попередження руйнування вузлів машин. Результати роботи можуть стати основою для створення автоматичної установки, яка дозволить широко впровадити її на підприємствах, та значно зменшити матеріальні витрати на очищення питної води в умовах ДПП «Кривбаспромводопостачання».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комунальне підприємство «Кривбаспромводопостачання» : профіль компанії, фінансова звітність та правовий стан. *Opendatabot*. URL: https://opendatabot.ua/c/00191016 (дата звернення: 26.04.2026).

2. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2024 рік / Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської облдержадміністрації. Дніпро, 2025. 215 с.

3. Аналіз технічного стану водоводів та каналів у системі промислового водопостачання Кривбасу / *Вісник Криворізького національного університету*. 2024. Вип. 58. С. 45-52.

15. Пушкар М.С., Проценко С. М. Проектування систем автоматизації : навч. посібник. Державний ВНЗ "Національний гірничий ун-т".Д.: НГУ, 2013. 267 с.

16. Воробйова О. М. Флейта Ю. В. Технічні засоби автоматизації : навч. посіб. Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2018. 208 с.

17. Технічні засоби автоматизації : навч.-метод. посібник / уклад.: А.К. Бабіченко та ін.; за ред. А. К. Бабіченка. Х.: НТУ «ХПІ», 2021. 217 с.

18. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.М. Михайлов та ін. Харків: ХДУХТ, 2014. 186 с.

19. Технологічні вимірювання і прилади. Вимірювання рівня та витрат [Електронний ресурс]: навч. посіб. / уклад.: С. Г. Бондаренко, Д. М. Складанний, А. О. Абрамова. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 117 с.

20. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади : навч. посіб. К.: НТУУ «КПІ», 2007. 436 с.

21. Логічні модулі LOGO! - досконале рішення.
URL:https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/systemyavtomatyzatsiyi/systemy-promyslovoyi-avtomatyzatsiyi-simatic/plc-kontrolerysimatic/avtomatyzatsiya-z-logo.html

22. Логічні модулі Siemens LOGO! URL: https://simat.com.ua/articlelogichni-moduli-siemens-logo

23.Вимірювач двоканальний ОВЕН 2ТРМ0-Н.У.
URL:https://www.svaltera.ua/catalog/746/584.php
24. Багатоканальний блок живлення БП14.
URL:https://mastera.com.ua/ua/mnogokanalnyjj-blok-pitanija-bp14-72057cnt
25. САУ-М6. Сигналізатор рівня рідини трьохканальний.
URL: https://owen.ua/ua/prystroji-kontrolju-ta-keruvannja/sau-m6-sygnalizator-rivnjaridyny-trjohkanalni
26. Механізми виконавчі електричні МЕВ, МЕОФ. URL: https://ukrspecavtomat.com.ua/uk/products/mehanizmyi-ispolnitelnyie-meo-meof/
27. Датчик тиску МЕТРАН-100. URL: http://standartm.com.ua/kipia/datchiki-davleniya/datchik-davleniya-metran-100/?mova=uk
28. Тігарєв А.М. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “Програмування ПЛК. Вивчення мови функціональних блокових діаграм (FBD). Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2016. 32 с.

ДОДАТКИ

StrikePlagiarism.com

Документ прийнятий

Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок
151-14д-2026врб

Автор
151-14д-2026врб

Науковий керівник / Експерт
Модло Є.О.

ІД документу
334249729

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

підрозділ
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

ЗВІТ

Дата звіту
6/10/2026

Дата редагування

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



КП 1

11615
Кількість слів



КЦ

90429
Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв	ß	37
Інтервали	A→	0
Мікропробіли	¶	0
Білі знаки	ß	0
Парафрази (SmartMarks)	a	281

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

#	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)

ЗГОДА здобувача(чки) освіти Державного університету економіки і технологій про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату та розміщення в Репозитарії ДУЕТ

Я, *Борис Ілля Сергійович* , підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. Стверджую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Автоматизація обладнання промводопостачання. Система автоматичного управління процесом очищення питної води в водопостачанні» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований, що відповідно до пункту 5.8 «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» згадана робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ) та ознайомлений з умовами такого розміщення.

Дата Підпис