

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти – бакалавр
за освітньо-професійною програмою
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

зі спеціальності
151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

тема роботи:

***«Автоматизація процесу попереднього очищення питної води в умовах
Карачунівського водопровідного комплексу з розробкою системи
візуалізації»***

Виконав студент гр. АКІТ-20	_____	Тарасов І. І.
Керівник	_____	Рубан С. А.
Нормоконтроль	_____	Маринич І. А.
Завідувач кафедри	_____	Рубан С. А.

Кривий Ріг – 2024

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою: к.т.н. Рубан С.А.

«27» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студентові групи АКІТ-20 Тарасову Іллі Ігоровичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу з розробкою системи візуалізації»

затверджено наказом по університету № 231с від 25.03.2024 р.

2. Термін здачі кваліфікаційної роботи: 10.06.2024 р.

3. Склад кваліфікаційної роботи: Пояснювальна записка обсягом 65 с., презентація у Microsoft PowerPoint (11 слайдів) в електронному та друкованому вигляді

4. Консультанти кваліфікаційної роботи:

Розділ 1-2

доц. Рубан С. А.

Нормоконтроль

доц. Маринич І. А.

5. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	<i>Вступ</i>	<i>01.04.24</i>
2	<i>Розділ 1</i>	<i>07.04.24</i>
3	<i>Розділ 2</i>	<i>30.04.24</i>
4	<i>Висновки</i>	<i>15.05.24</i>
5	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>20.05.24</i>
6	<i>Підготовка презентації та графічного матеріалу</i>	<i>29.05.24</i>
7	<i>Підготовка доповіді до захисту</i>	<i>05.06.24</i>

6. Дата видачі завдання: 01.03.2024р.

Керівник _____ / Рубан С. А./

7. Запевнення: Я, Тарасов Ілля Ігорович, запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про академічну доброчесність Криворізького національного університету ознайомлений.

Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі умисних порушень робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Студент _____ / Тарасов І. І./

/

АНОТАЦІЯ

Тарасов І. І. *Автоматизація процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу з розробкою системи візуалізації.*

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти – бакалавр, за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2024.

Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку літератури з 27 позицій. Загальний обсяг роботи становить 63 сторінки, з яких основний зміст роботи викладено на 58 сторінках, робота включає 13 таблиць і 20 рисунків.

Об'єктом керування є характеристика технологічного процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу ДПП «Кривбаспромводопостачання».

Метою роботи є вдосконалення системи керування процесом попереднього очищення питної води за рахунок впровадження новітніх рішень у галузі автоматизації, що дозволить підвищити ситуаційну обізнаність оператора та ефективність керування процесом.

У першому розділі роботи розглянуто особливості технологічного процесу та визначено вимоги до реалізації системи автоматизації процесу.

У другому розділі виконано математичний опис об'єкту керування, розглянуто алгоритми керування та розроблено програмне забезпечення системи візуалізації технологічного процесу.

Ключові слова:

ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, SCADA, НМІ, КЕРУВАННЯ

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>АНОТАЦІЯ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Тарасов І.І.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рубан С.А.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Тронь В.В.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						3	1
					<i>КНУ АКІТ-20</i>		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ З ТОЧКИ ЗОРУ ЗАВДАНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ	9
1.1 Характеристика технологічного процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу ДПП «Кривбаспромводопостачання».....	9
1.2 Характеристика існуючої АСК ТП	20
1.3 Обґрунтування необхідності модернізації системи автоматизації.....	24
1.4 Вимоги до автоматизованої системи керування процесом.....	25
1.4.1 Вимоги до функцій системи.....	25
Висновки до розділу	31
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	32
2.1 Аналіз існуючих структур систем автоматизації процесу.....	32
2.1.1 Вибір структури системи автоматичного керування процесом попереднього очищення питної води.....	39
2.2 Математичне забезпечення АСК ТП попереднього очищення питної води	41
2.3 Розробка програмного забезпечення системи автоматизації процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу.....	42
2.3.1 Обґрунтування та вибір програмного забезпечення для реалізації системи.....	42
2.3.2 Розробка програмного забезпечення системи візуалізації процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу.....	45

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ЗМІСТ</i>					
Розроб.		Тарасов І.І.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рубан С.А.						4	1	
Н. Контр.		Маринич І.А.						<i>КНУ АКІТ-20</i>		
Затверд.		Рубан С.А.								

2.4 Практична апробація розробленого проекту системи візуалізації процесу попереднього очищення питної води.....	53
Висновки до розділу.....	56
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	59

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ЗМІСТ</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Тарасов І.І.</i>						<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рубан С.А.</i>							4	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>						<i>КНУ АКІТ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Рубан С.А.</i>								

ВСТУП

Вода – коштовний природний ресурс. Вона відіграє виняткову роль в процесах обміну речовин, складових основу життя. Величезне значення вода має в промисловому і сільськогосподарському виробництві. Загальновідомою є її необхідність для побутових потреб людини, всіх рослин і тварин. Для багатьох живих істот вона служить місцем існування. Зростання міст, бурхливий розвиток промисловості, інтенсифікація сільського господарства, значне розширення площ зрошуваних земель, поліпшення культурно-побутових умов і ряд інших чинників все більше ускладнює проблеми забезпечення чистою водою.

Потреби у воді величезні і щорік зростають. Щорічна витрата води на земній кулі за всіма видами водопостачання складає 3300-3500 км³. При цьому 70 % всього водоспоживання використовується в сільському господарстві. Багато води споживають хімічна і целюлозно-паперова промисловість, чорна і кольорова металургія. Розвиток енергетики також приводить до різкого збільшення потреби у воді. Значна кількість води витрачається для потреб галузі тваринництва, а також на побутові потреби населення. Велика частина води після її використання для господарчо-побутових потреб повертається в річки у вигляді стічних вод.

На сучасному етапі визначаються такі напрями раціонального використання водних ресурсів: повніше використання і розширене відтворення ресурсів прісних вод; розробка нових технологічних процесів, що дозволяють запобігти забрудненню водоймищ і звести до мінімуму вжиток свіжої води.

Державне підприємство «Кривбаспромводопостачання» – потужна централізована система водопостачання, яка забезпечує питною водою один з найбільших регіонів країни.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тарасов І.І.</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рубан С.А.</i>				<i>6</i>	<i>1</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>ВСТУП</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Рубан С.А.</i>			<i>КНУ АКІТ-20</i>		

Здійснює безперебійну водопідготовку та водопостачання питної води, подачу технічної води, транспортування шахтних вод, експлуатацію гідротехнічних споруд, регулює паводки, виконує промивку річок Інгулець та Саксагань. Питну воду, яку виробляє підприємство, споживають майже 800 тис. мешканців м. Кривого Рогу, Криворізького сільського, Широківського, Софіївського, Нікопольського, Апостолівського районів.

Підприємство експлуатує:

- п'ять водосховищ (Карачунівське, Південне, Макартівське, Кресівське, Держинське), загальним обсягом 437 млн.м³;
- 4 греблі першого класу;
- канал Дніпро – Кривий Ріг довжиною 42 км;
- канал №33 довжиною 17 км;
- Саксаганський дериваційний тунель довжиною 5,5 км діаметром 3500 мм, який є продовженням р.Саксагань;
- три комплекси очисних водопровідних споруд (Карачунівський, Радущанський, Ленінський) загальною потужністю 1002,6 тис.м³/добу;
- 30 насосних станцій;
- магістральні водоводи діаметром від 500 до 1400 мм довжиною 779,91 км;
- 45 резервуарів питної води загальним обсягом 212 тис.м³;
- 60 електропідстанцій з середньорічним споживанням електроенергії 214,0 млн.кВт·год, 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.м³ технічної напірної води – 73,3 млн.м³, технічної безнапірної – 63,2 млн.м³.

Середньорічний показник перекачки шахтних вод становить 16,9 млн.м³.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

На підприємстві функціонує 4 спеціалізовані лабораторії: лабораторія контролю виробництва (водна), метрологічна, електротехнічна та антикорозійна. З метою економії водних ресурсів, енергоносіїв, збереження довкілля, для поліпшення якості питної води та доведення її до вимог чинного законодавства, у 2011 році ДПП «Кривбаспромводопостачання» впроваджує ряд заходів на Карачунівському водопровідному комплексі.

Ці заходи направлені на зменшення у вихідній воді основних показників кольоровості та каламутності, запаху та присмаку, зниження кислотності без використання хімічних препаратів та дози реагентів, зменшення вмісту у вихідній воді хлорорганічних сполук.

Ефективним заходом покращення якості питної води, який останнім часом впроваджується на підприємстві, є заміна застарілих хлораторів на системи вакуумного хлорування типу S10K фірми Wallace & Tiernan, котрі забезпечують ефективність, безперервність, надійність роботи, безпеку для людини, екологічну безпеку, покращують якість очищення та знезараження питної води.

Впровадження енергозберігаючих заходів (зокрема встановлення частотних перетворювачів, заміна високовольтних електродвигунів на низьковольтні тощо) дозволило знизити собівартість.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ З ТОЧКИ ЗОРУ ЗАВДАНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Характеристика технологічного процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу ДПП «Кривбаспромводопостачання»

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.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тарасов І.І.</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рубан С.А.</i>				9	27
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>РОЗДІЛ 1</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Рубан С.А.</i>			<i>КНУ АКІТ-20</i>		

Живлення Карачунівського водосховища здійснюється за рахунок атмосферних опадів, повеневих та підземних вод, подачі води з каналу Дніпро-Інгулець (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика Карачунівського водосховища

№ з/п	Найменування	Од. вим.	Показники
1.	Рік будівництва		30-і роки ХХ ст.
2.	Реконструкція (нарощування греблі)		50-і роки ХХ ст.
3.	Вид регулювання		багаторічне (4 роки)
4.	Площа водозбору	км ²	6580
5.	Об'єм:		
	- повний	млн. м ³	308,5
	- при пропуску повені 0,1% забезпеченості	млн. м ³	340
	- мертвий об'єм	млн. м ³	20
6.	Рівні води:		
	- максимальний підпертий рівень (МПР)	м	59,7
	- нормальний підпертий рівень (НПР)	м	59,0
	- рівень мертвого об'єму (РМО)	м	47,8
7.	Площа водного дзеркала при НПР	км ²	44,2
8.	Середня глибина	м	7,0
9.	Корисний об'єм в рік 95 % забезпеченості	млн. м ³ /рік	120

Згідно Державних санітарних правил і норм (далі – ДСанПіН) 2.2.4-171-10 склад та властивості питної води при будь-якому джерелі, способі обробки води і конструктивних особливостях водогінної мережі повинні забезпечити її безпеку в епідеміологічному відношенні, нешкідливість хімічного складу, сприятливі органолептичні властивості.

Порівняння основних показників якості води Карачунівського водосховища з нормативами ДСанПіН показує, що для доведення води до питних кондицій необхідні:

- зниження каламутності та кольоровості води;
- зниження жорсткості;
- зниження сульфатів;
- зниження сухого залишку.

В окремі періоди забезпечити видалення з води інтенсивного запаху і присмаку.

У період інтенсивного цвітіння забезпечити видалення з води водоростей.

Залишкові масові концентрації речовин, які застосовуються для обробки води (алюміній, хлор), так як і інші показники питної води, повинні відповідати нормам ДСанПіН.

На очисних спорудах Карачунівського водопровідного комплексу очищення води здійснюється за двохступеневою схемою:

- I ступінь – коагулювання та відстоювання;
- II ступінь – фільтрування та знезаражування.

Вода з Карачунівського водосховища подається на фільтрувальну станцію насосними станціями 1-го підйому.

Від насосної станції №1 першого підйому вода, двома трубопроводами діаметром 600 мм, подається в камери реакції, де, як правило, завершується друга стадія коагуляції і укрупнення колоїдних часток, які утворились в результаті гідролізу коагулянту, та відбувається утворення пластівців.

Функції змішувача виконують два трубопроводи, діаметром 600 мм і 700 мм, у які введено коагулянт та флокулянт.

Також перед камерами реакції в трубопроводи виконані введення сульфату амонію (преамонізація води) і хлорної води (первинне хлорування).

З камер утворення пластівців вода, трубопроводами діаметром 600,800 мм, поступає в збірний колектор і далі надходить у горизонтальні відстійники, де

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

закінчується остання третя стадія коагуляції, яка супроводжується осіданням у воді основної маси завислих речовин.

Подача освітленої води з відстійників на швидкі фільтри здійснюється трубопроводами діаметром 600, 1000, 1200 мм в загальний колектор «сирої» води, який проходить в галереї фільтрів.

Після фільтрів вода, з введеним у неї вторинного хлору, трубопроводами діаметром 1000, 900, 800, 700 мм, надходить у резервуари чистої води. Вода з резервуарів водоводами різного діаметру подається у всмоктувальні колектори насосної станції II підйому, що подає воду до насосних станцій III підйому. Середньодобова витрата води насосними станціями другого підйому складає 90,0-92,0 тис.м³/добу.

Насосні станції третього підйому подають воду споживачам. Між насосними станціями II і III підйому є попутні споживачі, які забирають 45% всієї поданої води.

Від насосної станції №2 першого підйому вода, двома трубопроводами діаметром 700, 800 мм, подається у змішувачі блоку №2 очисних споруд.

Перед цим в трубопроводах виконано введення розчинів активованого вугілля (вуглювання води), сульфату амонію (преамонізація води) та хлорної води (первинне хлорування). Розчин коагулянту подається в трубопроводах перед змішувачем, розчин флокулянту – в збірний трубопровід після змішувачів.

Кожна з ниток трубопроводів подає воду в один з двох вихрових змішувачів. В звичайному режимі працює один змішувач. Час перебування води в змішувачі складає 1,5-1,8 хв. з розрахунку на максимальну продуктивність 6000 м³/годину. При роботі одного змішувача працює один насосний агрегат насосної станції №2 першого підйому продуктивністю 2700 м³/годину.

Максимальна пропускна здатність одного змішувача менше вказаної цифри. З цієї причини для відведення надлишку води на шляху прямування трубопроводу з насосної станції №2 передбачено відгалуження трубопроводів на блок №1 з введенням в них розчинів сульфату амонію та хлорної води.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Після змішувачів, колекторами діаметром 800, 600, 500 мм, вода поступає у 9 горизонтальних камер утворення пластівців. Час перебування в камері складає 43,8 хв. З камер через переливну перегородку вода подається у 9 горизонтальних відстійників. Час перебування води у відстійнику складає 2,7 години.

Відведення води з відстійників максимально можливим об'ємом 100000 м³/добу здійснюється трубопроводом діаметром 800-1000 мм в загальний колектор «сирої» води у галереї фільтрів. Вказаний відвідний трубопровід на шляху прямування має приєднання трубопроводів подачі освітленої води з відстійників №5,6 блоку №1.

У процесі підготовки питної води на очисних спорудах Карачунівського водопровідного комплексу передбачені і здійснюються постійно і періодично наступні методи обробки води:

- аерація водозабірною ковша;
- вуглювання води;
- преамонізація води;
- хлорування первинне (дезінфекція);
- коагулювання;
- флокулювання;
- відстоювання;
- фільтрування;
- знезараження води.

Зазначені методи обробки води дозволяють освітлити її (знизити каламутність), знизити кольоровість, видалити запах та присмак, знезаразити.

Якщо коли-індекс води джерела перевищує 10000 бак/дм³, лабораторією проводяться додаткові дослідження води на патогенні кишкові бактерії та віруси і на показники фекального забруднення по ГОСТ 17.1. 3.03.-77. Призначаються додаткові технологічні заходи, узгоджені з міською санітарно-епідеміологічною службою, маючи на меті забезпечення необхідного знезаражування питної води [2].

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Такими заходами можуть бути: збільшення дози первинного і вторинного хлору, коагулянту, зменшення тривалості фільтроциклу, і т.д.–

Ефективність призначених заходів перевіряється на очисних спорудах і контролюється лабораторією

Триступенева схема підготовки води на Карачунівських водоочисних спорудах

Для доведення якості оброблюваної води до нормативних вимог, в період погіршення показників якості води в Карачунівському водосховищі (під час повені, «цвітіння» води) на очисних спорудах водопровідного комплексу, застосовується триступенева схема підготовки води.

Проектна продуктивність Карачунівського комплексу складає 250 000 м³, фактична подача питної води в теперішній час не перевищує 120 000 м³, тому є можливість воду, яка пройшла першу ступінь очищення (камери реакції та відстійники блоку №2), повернути на доочищення в камери реакції та відстійники блоку №1 з додатковим введенням реагентів.

Триступенева схема очищення дає змогу збільшити час перебування води на очисних спорудах шляхом перерозподілу води з відстійників блоку №2 в камери реакції і відстійники блоку №1, а також отримання додаткових точок для введення реагентів (подрібнене введення реагентів).

Сутність процесу даної схеми підготовки води наступна.

Вода з Карачунівського водосховища подається насосною станцією №2 першого підйому двома трубопроводами діаметром 700, 800 мм у змішувачі блоку №2 очисних споруд. В трубопроводі подачі вихідної води виконано введення розчинів активованого вугілля, сульфату амонію, хлорної води. Розчин коагулянту подається у трубопроводі перед змішувачем, флокулянту – у збірний трубопровід після змішувачів.

Після змішувачів колекторами діаметром 800, 600, 500 мм, вода надходить в 9 камер утворення пластівців, а звідти – у 9 горизонтальних відстійників, де закінчується I ступінь очистки.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

Зі збірного жолобу відстійників по відповідному трубопроводу діаметром 800 мм, вода подається на II ступінь очистки – у 4 камери реакції блоку №1. Введення хлорної води, коагулянту та, при необхідності, флокулянту на другому етапі виконано безпосередньо у трубопровод.

З камер вода поступає у 6 горизонтальних відстійників і далі на III ступінь очистки – швидкі безнапірні фільтри фільтрувальної станції №1, потім в резервуари чистої води.

З резервуарів вода подається у всмоктуючі колектори насосних станцій другого підйому.

Дана схема підготовки вода на очисних спорудах Карачунівського водопровідного комплексу дає можливість добитися зниження показників каламутності води, кольоровості, лужності, а в період біологічного літа – відійти від підвищених доз хлору на первинному хлоруванні та збільшити час контакту хлору з водою, що передбачає зниження у питній воді хлорорганічних сполук, основними та найбільш небезпечними з яких є летючі хлорорганічні сполуки, і, в тому числі, тригалогенметани.

Преаерація водозабірної ковша

Протягом останніх років, особливо впродовж 2010 року, відмічено значне погіршення якості води джерела водопостачання за різними фізико-хімічними показниками.

Внаслідок техногенних змін в екосистемі Карачунівського водосховища, у воді підвищилась концентрація багатьох органічних з'єднань (у тому числі нітритів і фосфатів). Це сприяє розвитку різноманітних організмів та рослин і відповідно збільшує використання ними кисню для своєї життєдіяльності.

У період з травня по листопад стан води у водосховищі різко погіршується – зростає кольоровість, зменшується вміст розчиненого кисню, з'являються вільна вуглекислота та сірководень. Всі ці ознаки свідчать про надмірний розвиток мікроорганізмів, наслідком чого є «цвітіння» води, яка набуває неприємних запахів, а якщо вміст кисню у воді зменшується до 1,0-1,5 мг/дм³ – у водосховищі гине риба.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

Для поліпшення якості води водосховища, гальмування процесів розвитку водоростей, зменшення донних відкладень та видалення запахів передбачена преаерація водозабірною ковша Карачунівського водопровідного комплексу.

Для забезпечення насичення води киснем та створення кругообігу в ковші водозабору в якості аератора встановлено 2 аспіраційних аератори марки ASPIRO PLUS AQP-3-45 пропелерного типу осьового змішування з електричним двигуном фірми Patrick, Charles Pty Ltd (Австралія).

Це ідеальні аератори-змішувачі, які забезпечують подвійну функцію – дрібнобульбашкову аерацію (бульбашки діаметром 2 мм) та горизонтальне перемішування. Змішувач розташований під кутом 45° від горизонтальної площини.

Потужність повітродувки – 5,5 кВт, потужність двигуна 45 кВт.

Враховуючи, що при роботі аераційної системи можливе збільшення каламутності води у водосховищі, в межах шлейфу потоку укладено щєбінь шаром 0,3 м.

Аератори розміщуються на 6-ти поплавках, заповнених целулоїдною піною із закритими порами перед водозабором блоку №2 на відстані 25 м.

Установка аерації працює 6 місяців на рік (в період з травня по листопад). В зимовий період аератори зберігаються на складі.

Карачунівська гребля. Споруди для забору води з Карачунівського водосховища. Насосні станції першого підйому

За своїм призначенням Карачунівська гребля відноситься до об'єкту першого класу. Гребля глуха кам'яно-накидна з залізобетонним екраном. Максимальна висота її складає 24 м, довжина по гребеню – 205,7 м, ширина по низу – 67 м. Своім кам'яним хребтом затримує 308,5 млн.м³ води.

Рівень води у водосховищі регулюється чотирма сегментними затворами (щитами). Ширина щитового отвору складає 12 м. Пропускна здатність: при НПР – 710 м³/с, при МПР – 850 м³/с.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Робочі затвори підіймаються електричними лебідками вантажопідйомністю 10 т з електромагнітним гальмом і ручним приводом ТК-300.

Водозабірні споруди. Насосні станції першого підйому.

Забір води з водосховища здійснюється двома насосними станціями I підйому [1].

Водозабором насосної станції №1 служить водозабірний колодезь, розділений на 2 частини (північна та південна) залізобетонною перегородкою, до якого вода з водосховища надходить по трубопроводам діаметром 600 мм.

Водозабірний колодезь має по два горизонти водозабору:

- верхній горизонт – 49,48 м;
- нижній горизонт – 44,68 м.

З водозабірною колодезя вода забирається насосною станцією №1 першого підйому, яка розташована на лівому березі водосховища в 100 м від греблі.

Насосна станція №1 обладнана 4 насосними агрегатами заглибленого типу:

- марка – Д-2500-62;
- електродвигун А-1242-8УХЛ-4;
- потужність – 250 кВт;
- частота 750 об/хв;
- номінальний струм: 1 НА – 32А; 2,3,4 НА – 31А;
- напруга – 6 кВ;
- продуктивність 2000 м³/годину;
- напір – 34 м водяного стовпа.

Дренажний насосний агрегат (2 шт.):

- тип 2К-6;
- продуктивність – 10 м³/годину;
- потужність – 4,5 кВт;
- число обертів – 2870 об/хв.
- Аварійний дренажний агрегат (2 шт.):

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

- тип 4НФ;
- продуктивність – 200 м³/годину;
- потужність – 20 кВт;
- число обертів – 1450 об/хв.

Водозабором насосної станції №2 служить башта донного водовипуску.

Водозабір здійснюється трьома горизонтами:

- а) верхній – трубопровід діаметром 600 мм розташований на позначці 54,07 м;
- б) середній – трубопровід діаметром 600 мм розташований на позначці 47,62 м;
- в) нижній – трубопровід діаметром 2000 мм розташований на позначці 39,22 м.

Трубопроводи верхнього та середнього горизонтів у башті поєднуються. Водозабірні труби проходять у тілі греблі до запірної арматури насосних агрегатів насосної станції №2, що знаходиться в нижньому б'єфі греблі.

На насосній станції встановлено 3 насосних агрегати:

- марка – 20 НДС;
- електродвигун – 1 НА – МС-321-6/8; 2,3 НА – СД2-85/40-8;
- потужність – 1 НА – 390 кВт; 2,3 НА – 400 кВт;
- частота – 750 об/хв;
- номінальний струм: 1 НА – 50А; 2,3 НА – 45А;
- напруга – 6 кВ;
- продуктивність – 2700 м³/год;
- напір – 44 м водяного стовпа.

Дренажний насосний агрегат (2 шт.):

- тип 2К-6;
- продуктивність – 10 м³/годину;
- потужність – 4,5 кВт;
- число обертів – 2870 об/хв.

Реагентне господарство

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реагентне господарство включає споруди і установки по зберіганню, приготуванню і дозуванню розчинів реагентів в оброблювану воду:

- відділення коагулянту;
- відділення флокулянту;
- відділення сульфату амонію;
- дозаторна активованого вугілля.

1.2 Характеристика існуючої АСК ТП

Існуюча система керування складається з ряду необхідних приладів, які, в свою чергу, підпорядковуються на контролерному рівні. На цьому рівні знаходяться дві шафи керування (ШК): шафа керування устаткуванням насосної станції №2 (НС2) і установкою вуглювання води (ШК-1), шафа керування установками коагуляції, амонізації і флокуляції води (ШК-2).

Електротехнічні шафи ШК-1 та ШК-2, разом з встановленим в ній обладнанням, являє собою складову частину АСК «Оборотні системи водопостачання Карачунівської станції ДПП «Кривбаспромводопостачання»», призначена для встановлення на основному майданчику обслуговування технологічного обладнання.

У шафах ШК-1, ШК-2 (табл.1.2 – 1.3) встановлений контролер системи управління ПЛК1, комунікаційний модуль оптичного зв'язку мережі Ethernet.

Шафи забезпечені необхідним набором імпульсних стабілізованих джерел постійного живлення +24 В. Операторська панель винесена із шаф і встановлена в кімнаті оператора, за допомогою якої реалізується людинно-машинний інтерфейс [2].

Програмне забезпечення встановленого в ШК-1 контролера реалізує всю логіку збирання даних від датчиків, керування виконавчими механізмами і захисні блокування насосної станції №1 (НС1) і установки вуглювання води. А програмне забезпечення контролює дозуючі насоси.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		20

Зібрані шафи управління встановлюються на цоколь відповідного периметра, висотою 200 мм. Герметизуючі прокладки, які встановлені між стикуючими площинами забезпечують ступінь захисту від пилу та вологи не нижче IP54.

Шафи обладнані люмінесцентними освітлювачами 14 Вт. Вмикання освітлювачів здійснюється за допомогою вимикачів, які знаходяться на їх корпусах.

Введення сигнальних, інформаційних і кабелів живлення здійснюється в нижній частині шаф, для чого передбачені затискуючі кабельні шини. Кріплення кабелів до шин виконуються за допомогою кабельних затисків з діаметром, який відповідає діаметру закріплюючого кабеля.

В шафах забезпечується підтримка цифрових шин CC-Link і Ethernet (протокол TCP/IP)

Таблиця 1. 2 – Технічні характеристики ШК-1

№ з/п	Найменування параметра	Од. вим.	Значення
1.	Габаритні розміри шафи (без цоколя):		
	- висота	мм	1800
	- ширина	мм	800
	- глибина	мм	400
2.	Загальна маса	кг	не більше 250
3.	Ступінь захисту		IP54 по DIN 40 050
4.	Необхідні характеристики електроживлення шафи:		
	- ефективне номінальне значення напруги змінного струму	В	220 (-15...+10%)
	- частота змінного струму	Гц	50±0,5

5.	Сумарна споживча потужність	ВА	не більше 1000
6.	Тип встановленого процесора		FX3U Mitsubishi Electric (Японія)
7.	Максимальне число дискретних вхідних сигналів, що підключаються (1 модуль розширення FX3U-32MR/ES, тип сигналів: «сухий контакт»)	шт.	48
8.	Максимальне число дискретних вихідних сигналів, що підключаються (1 модуль розширення FX3U-32MR/ES, тип сигналів: 24V, DC)	шт.	48
9.	Максимальне число аналогових вхідних сигналів, що підключаються (2 модуля розширення FX2N-4AD, тип сигналів: 4...20мА)	шт.	8
10.	Максимальне число аналогових вихідних сигналів, що підключаються (2 модуля розширення FX2N-4AD, тип сигналів: 4...20мА)	шт.	4

Таблиця 1. 3 – Технічні характеристики ШК-2

№ з/п	Найменування параметра	Од. вим.	Значення
1.	Габаритні розміри шафи (без цоколя):		
	- висота	мм	1800
	- ширина	мм	800
	- глибина	мм	400
2.	Загальна маса	кг	не більше 250
3.	Ступінь захисту		IP54 по DIN 40 050
4.	Необхідні характеристики електроживлення шафи:		
	- ефективне номінальне значення напруги змінного струму	В	220 (-15...+10%)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

	- частота змінного струму	Гц	50±0,5
	- коефіцієнт гармонік	%	не більше 5
5.	Сумарна споживча потужність	ВА	не більше 1000
6.	Тип встановленого процесора		Q02CPU Mitsubishi Electric (Японія)
7.	Максимальне число дискретних вхідних сигналів, що підключаються (3 вхідних модуля типу QX81, тип сигналів: «сухий контакт»)	шт.	96
8.	Максимальне число дискретних вихідних сигналів, що підключаються (1 вихідний модуль типу QY10, тип сигналів: 24V, DC)	шт.	32
9.	Максимальне число аналогових вхідних сигналів, що підключаються (3 вхідних модуля типу Q68ADI, тип сигналів: 4...20mA)	шт.	24
10.	Максимальне число аналогових вихідних сигналів, що підключаються (4 вихідних модуля типу Q68DAIN, тип сигналів: 4...20mA)	шт.	32

Автоматизована система керування призначена для виконання комплексу інформаційних і керуючих функцій, які забезпечують наступне [3]:

- контроль основних технологічних параметрів процесу виробництва, підтримка заданих параметрів технологічного процесу;
- автоматичну діагностику роботи обладнання, яке входить в склад системи керування;
- дискретне керування основними технологічними механізмами у відповідності з технологічними алгоритмами процесу;
- постійний аналіз зміни параметрів в сторону граничних і критичних значень з видачею відповідних повідомлень;

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- надання інформації про поточні параметри процесу в зручному і наглядному для оператора вигляді;
- контроль дій технологічного персоналу.

Узагальнена структура комплексу технічних засобів АСК ТП системи представлена на рис. 1.1.

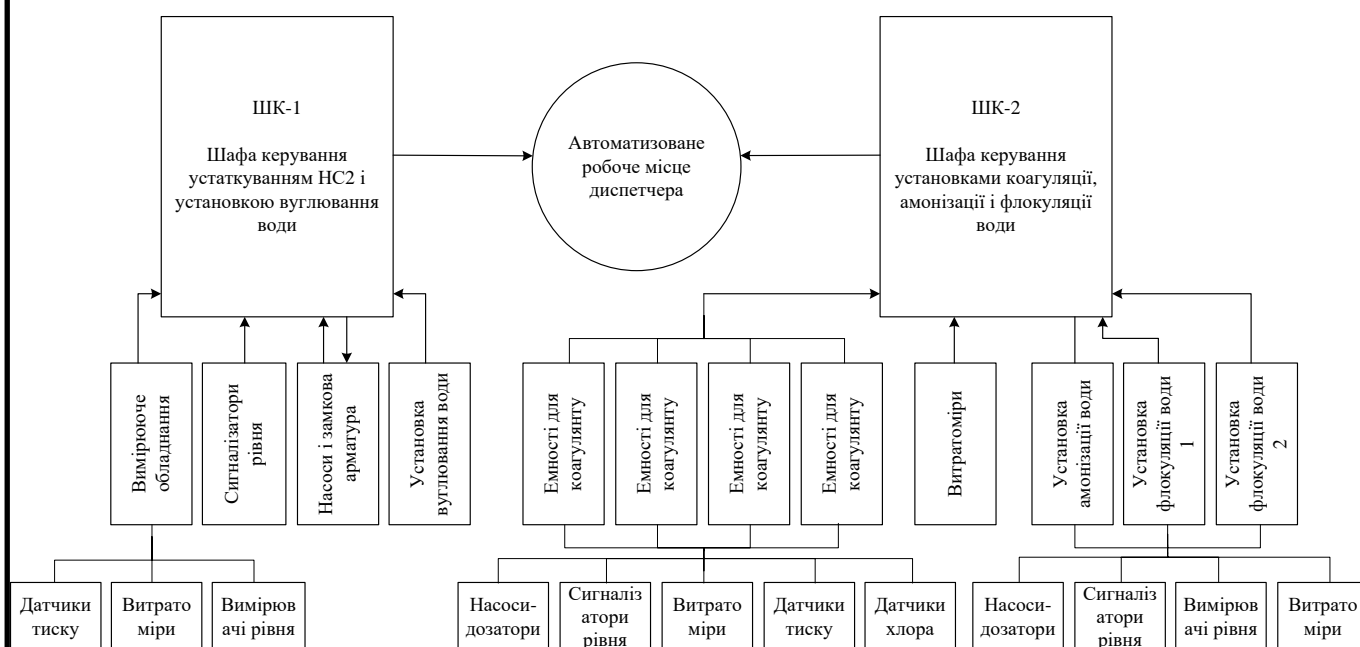


Рисунок 1. 1 – Структурна схема технічних засобів

1.3 Обґрунтування необхідності модернізації системи автоматизації

У зв'язку з «сучасністю» життя, а саме з безнадійною екологічною ситуацією в країні, вода втрачає свою вітамінну силу та є безкорисною для здоров'я людини і може навіть заподіяти шкоди. В наш час системи, які використовуються для очищення води не є удосконаленими [10].

На основі аналізу попередньої системи автоматизації попереднього очищення води можна сказати, що вона потребує модернізації та кращої організації. На багатьох об'єктах ДПП «Кривбаспромводопостачання» ще досі не налагоджені системи автоматизації, наприклад на фільтрувальних станціях та очисних спорудах.

Нашим завданням є зробити ефективним використання всіх технічних засобів, які використовуються для очищення води, сформувавши їх в одну удосконалену систему з візуалізацією процесу.

Існуючі системи автоматичного управління процесом попереднього очищення води здійснюють корекцію кількості коагулянту, що вводиться у процес, по непрямим параметрах, які слабо корелюють із мутністю води (витрата води, електропровідність, теплопровідність) і не забезпечують стабілізацію заданої мутності освітленої води, що не задовольняє вимогам до якості води [17]. Таким чином, підвищення якості попереднього очищення води шляхом розробки системи автоматичного управління, що забезпечує стабілізацію заданої мутності води, буде сприяти зниженню витрати реагентів та електроенергії.

1.4 Вимоги до автоматизованої системи керування процесом

1.4.1 Вимоги до функцій системи

Система попереднього очищення питної води повинна виконувати такі функції [9]:

1. Функції контролю:

- контроль тиску води в трубопроводах;
- контроль тиску в камері змішувачів;
- контроль рівню води в очисниках;
- контроль рівню реагентів в ємностях;
- контроль рівню реагентів в ємностях для зберігання;
- контроль мінімальних та максимальних рівнів.

2. Функції керування:

- розрахунок керуючих впливів;
- завдання керуючих впливів.

3. Інформаційні функції:

- збір та обробка технологічної інформації;
- контроль та сигналізація відхилень;

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						25
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- контроль та сигналізація аварійних режимів;
- відображення інформації;
- документування;
- розрахунок та аналіз узагальнених показників стану об'єкту.

4. Допоміжні функції:

- сигналізація помилок контролю;
- забезпечення пульта оператора-технолога;
- забезпечення безпеки керування.

Перелік необхідних для реалізації сигналів та їх основні характеристики наведені у таблицях 1.4 – 1.11.

Таблиця 1.4 – Перелік дискретних каналів введення, які входять в ШК-1

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
1.	Лічильник електроенергії НС-2	2
2.	Лічильник електроенергії НС-1	2
3.	Витрата «сирої» води НС-2 контакт 2	1
4.	Витрата «сирої» води НС-2 контакт 1	1
5.	Засув С-117 «Відкрито», «Закрито»	1
6.	Засув С-118 «Відкрито», «Закрито»	1
7.	Засув С-120 «Відкрито», «Закрито»	1
8.	Установка приготування та дозування активованого вугілля межа рівня «ПЕРЕЛИВ»	1
9.	Установка приготування та дозування активованого вугілля межа рівня «МАКС»	1
10.	Установка приготування та дозування активованого вугілля межа рівня «МІН»	1
11.	Установка приготування та дозування активованого вугілля межа рівня «СУХИЙ ХІД»	1
12.	Витрата реагенту в установці приготування та дозування активованого вугілля	1

13.	НД-1 (насос-дозатор) контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
14.	НД-2 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
15.	НД-3 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1

Таблиця 1. 6 – Перелік дискретних каналів керування, які входять в ШК-1

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
1.	Насос «Пуск»	3
2.	Засув С-117 «Відкрити», «Закрити»	1
3.	Засув С-118 «Відкрити», «Закрити»	1
4.	Засув С-119 «Відкрити», «Закрити»	1
5.	Засув С-120 «Відкрити», «Закрити»	1
6.	НД-1 (насос-дозатор) контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
7.	НД-2 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
8.	НД-3 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1

Таблиця 1.7 – Перелік аналогових каналів введення, які входять в ШК-1

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
1.	Витрата «сирої» води НС-2 контакт 2	1
2.	Витрата «сирої» води НС-2 контакт 1	1
3.	Тиск «сирої» води НС-2 контакт 2	1
4.	Тиск «сирої» води НС-2 контакт 1	1
5.	Рівень реагенту в установці приготування та дозування активованого вугілля	1
6.	Витрата реагенту в установці приготування та дозування активованого вугілля	1

Таблиця 1. 8 – Перелік аналогових каналів керування, які входять в ШК-1

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
1.	НД-1 (насос-дозатор) аналогове керування	1
2.	НД-2 аналогове керування	1
3.	НД-3 аналогове керування	1

Таблиця 1. 9 – Перелік дискретних каналів введення, які входять в ШК-2

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
1.	НД-4 (насос-дозатор) контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
2.	НД-5 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
3.	НД-6 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
4.	НД-7 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
5.	НД-8 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
6.	НД-9 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
7.	НД-10 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
8.	НД-11 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
9.	НД-12 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
10.	Установка приготування і дозування сульфату амонія межа рівня «ПЕРЕЛИВ»	1
11.	Установка приготування і дозування сульфату амонія межа рівня «МАКС»	1
12.	Установка приготування і дозування сульфату амонія межа рівня «МІН»	1
13.	Установка приготування і дозування сульфату амонія межа рівня «СУХИЙ ХІД»	1
14.	Витрата реагенту в установці приготування та дозування активованого вугілля	1
15.	НД-19 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
16.	НД-20 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
17.	НД-21 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
18.	НД-16 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
19.	НД-17 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
20.	НД-18 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
21.	НД-22 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
22.	НД-23 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
23.	НД-24 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
24.	БЗК-1 (блок зберігання коагулянту) межа рівня «МАКС»	1
25.	БЗК-1 межа рівня «МІН»	1
26.	БЗК-1 межа рівня «СУХИЙ ХІД»	1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ

Арк.

28

27.	БЗК-2 межа рівня «МАКС»	1
28.	БЗК-2 межа рівня «МІН»	1
29.	БЗК-2 межа рівня «СУХИЙ ХІД»	1
30.	БЗК-3 межа рівня «МАКС»	1
31.	БЗК-3 межа рівня «МІН»	1
32.	БЗК-3 межа рівня «СУХИЙ ХІД»	1
33.	БЗК-4 межа рівня «МАКС»	1
34.	БЗК-4 межа рівня «МІН»	1
35.	БЗК-4 межа рівня «СУХИЙ ХІД»	1
36.	НД-13 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
37.	НД-13 аналогове керування	1
38.	НД-14 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
39.	НД-14 аналогове керування	1
40.	Установка приготування і дозування флокулянта межа рівня «ПЕРЕЛИВ»	2
41.	Установка приготування і дозування флокулянта межа рівня «МАКС»	1
42.	Установка приготування і дозування флокулянта межа рівня «МІН»	2
43.	Установка приготування і дозування флокулянта межа рівня «СУХИЙ ХІД»	1
44.	Рівень флокулянта	1
45.	НД-25 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
46.	НД-26 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
47.	НД-27 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1

Таблиця 1. 10 – Перелік дискретних каналів керування, які входять в ШК-

2

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
1.	НД-4 (насос-дозатор) контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
2.	НД-5 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
3.	НД-6 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
4.	НД-7 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
5.	НД-8 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
6.	НД-9 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
7.	НД-10 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
8.	НД-11 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
9.	НД-12 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1

Продовження табл. 1.9

10.	НД-19 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
11.	НД-20 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
12.	НД-21 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
13.	НД-16 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
14.	НД-17 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
15.	НД-18 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
16.	НД-22 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
17.	НД-23 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
18.	НД-24 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
19.	Установка приготування і дозування флокулянта межа рівня «ПЕРЕЛИВ»	1
20.	Установка приготування і дозування флокулянта межа рівня «МІН»	1
21.	Рівень флокулянта	1
22.	НД-25 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
23.	НД-26 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
24.	НД-27 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1

Таблиця 1.11 – Перелік аналогових каналів введення, які входять в ШК-2

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
1.	Рівень реагенту в установці приготування та дозування активованого вугілля	1
2.	Витрата реагенту в установці приготування та дозування активованого вугілля	1
3.	НД-19 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
4.	НД-15 контакт «Пуск», стан «В роботі»	1
5.	НД-15 аналогове керування	1
6.	Рівень флокулянта №2	1
7.	Витрата флокулянта №2	1
8.	Стан залишкового хлору	4

Таблиця 1.12 – Перелік аналогових каналів керування, які входять в ШК-2

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ з/п	Найменування сигналу	Кількість
1.	НД-4 (насос-дозатор) аналогове керування	1

Продовження табл. 1.11

2.	НД-5 аналогове керування	1
3.	НД-6 аналогове керування	1
4.	НД-7 аналогове керування	1
5.	НД-8 аналогове керування	1
6.	НД-9 аналогове керування	1
7.	НД-10 аналогове керування	1
8.	НД-11 аналогове керування	1
9.	НД-12 аналогове керування	1
10.	НД-19 аналогове керування	1
11.	НД-20 аналогове керування	1
12.	НД-21 аналогове керування	1
13.	НД-16 аналогове керування	1
14.	НД-17 аналогове керування	1
15.	НД-18 аналогове керування	1
16.	НД-22 аналогове керування	1
17.	НД-23 аналогове керування	1
18.	НД-24 аналогове керування	1
19.	Витрата коагулянту	1
20.	Установка приготування і дозування флокулянта межа рівня «МАКС»	1
21.	Установка приготування і дозування флокулянта межа рівня «СУХИЙ ХІД»	1
22.	Витрата флокулянта №1	1
23.	НД-25 аналогове керування	1
24.	НД-26 аналогове керування	1
25.	НД-27 аналогове керування	1

Висновки до розділу

У даному розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто існуючу систему попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу ДПП «Кривбаспромводопостачання». Також були розглянуті вимоги до системи автоматичного керування, вимоги до функцій, які будуть

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>31</i>

виконуватися системою, та вимоги до видів забезпечення системи, що впроваджується.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						32
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз існуючих структур систем автоматизації процесу

Керування технологічним процесом відбувається за допомогою локального обладнання для приготування та дозування робочих розчинів, таких як:

- установка для приготування суспензії активованого вугілля MixLine 7100-2000AC;
- установка для приготування розчину сульфату амонію MixLine 7300AS;
- системи дозування рідких продуктів (коагулянту та флокулянту та суспензії активованого вугілля) DS-3-1500.

Розглянемо більш детально ці установки.

Установка приготування суспензії активованого вугілля MixLine 7100-2000AC (табл. 2.1). Агрегат застосовується для повного автоматичного процесу приготування суспензії активованого вугілля.

Підготовка робочого розчину до застосування відбувається за однокамерним проточним принципом. Процес приготування розчину відбувається постійно або за заданим циклом.

Таблиця 2. 1 – Технічні характеристики установки приготування суспензії активованого вугілля MixLine 7100-2000AC

№ з/п	Найменування параметра	Од. вим.	Значення
1.	Максимальна продуктивність	л/год	5000
2.	Енергоспоживання	кВт	4,5
3.	Максимально допустима в'язкість розчину	мПас	2500

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>								
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВИСНОВКИ								
<i>Розроб.</i>		<i>Тарасов І.І.</i>									<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рубан С.А.</i>										32	22
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>									<i>КНУ АКІТ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Тронь В.В.</i>											

4.	Штуцер підведення води Внутрішня різьба Фланець	”, ДУ*	1 ½”
5.	Штуцер відбору	ДУ	50
6.	Штуцер переливу і скидання	ДУ	50
7.	Номінальні витрати води	л/год	4000-15000
8.	Вхідний тиск води	бар	1-3
9.	Продуктивність дозатора сухого продукту	кг/год	змінна
10.	Довжина	мм	2200
11.	Ширина	мм	1400
12.	Висота	мм	2000
13.	Вага пуста	кг	365
14.	Вага робоча	кг	2365

*ДУ – діаметр умовний

Принцип роботи установки

Однокамерна система приготування розчину працює постійно або циклічно в повному автоматичному режимі згідно заданих робочих параметрів за проточним принципом [11].

Проточний принцип роботи полягає в тому, що розчин готується і відбирається одночасно із робочої камери. Змочування, розчинення і дозування відбувається в одному безперебійному процесі (рис. 2.1).

Принцип роботи установки в автоматичному режимі

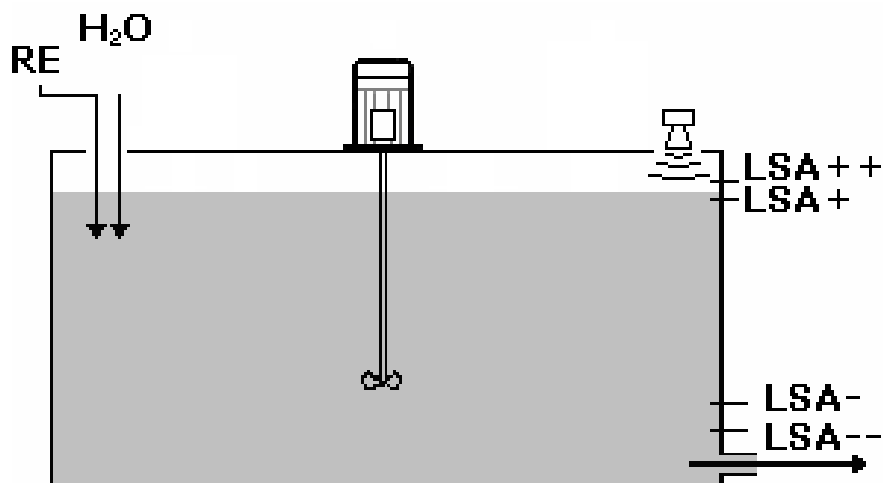


Рисунок 2. 1 – Принципова схема роботи,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

де LSA-- – гранична межа рівня «СУХИЙ ХІД»;

LSA- – гранична межа рівня «МІН»;

LSA+ – гранична межа рівня «МАКС»;

LSA++ – гранична межа рівня «ПЕРЕЛИВ»;

RE – подача сухого матеріалу;

H₂O – подача води.

Встановлений на ємності ультразвуковий вимірювач рівня контролює рівень розчину і керує тим самим процесом приготування.

Змішувач починає працювати, якщо рівень в ємності перевищить встановлене граничне значення для ввімкнення змішувача.

При досяганні рівнем відмітки «МІН» (LSA-) автоматично відчиняється магнітний клапан водної апаратури. Вода поступає через витратомір у ємність. Виміряні витрати води порівнюються з виставленими раніше граничними межами витрат. Якщо витрати води вище мінімального допустимого значення і змішувач знаходиться в роботі, то, в залежності від обраного продукту «сухий» або «рідкий», вмикається або дозатор сухої речовини, або насос-дозатор рідкого продукту [13].

Дозуючий агрегат працює постійно за розрахованою системою управління продуктивності.

Після початку надходження води і вимірювання витрати система управління прораховує необхідну продуктивність системи дозування реагенту залежно від виставленої концентрації і витраті води і відповідно з врахуванням концентрації первинного продукту [14].

Продукт потрапляє в ємність, де відбувається його інтенсивне змішування з водою. Змішаний розчин тут же відбирається системою дозування. Оскільки дозування реагенту відбувається пропорційно витраті води, то концентрація розчину залишається практично незмінною і залежить лише від швидкості розчинення використовуваної речовини.

При досягненні рівнем відмітки «МАКС» (LSA+) дозуючий агрегат відключається, магнітний клапан закривається, змішувач залишається в роботі.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						35
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Процес приготування припиняється.

При досягненні рівнем відмітки «СУХИЙ ХІД» (LSA--) починається процес приготування. При рівні «СУХИЙ ХІД» видається сигнал зупинки на подальші насоси-дозатори для запобігання сухому ходу насосів і їх можливого пошкодження.

При досягненні рівнем відмітки «ПЕРЕЛИВ» (LSA++) процес приготування зупиняється автоматично. Автоматичний режим роботи відключається і на дисплеї висвічується сигнал несправності.

Установка для приготування розчину сульфату амонію MixLine 7300AS

Сульфат амонію представляє собою сіль у вигляді білих або прозорих кристалів, добре розчинних у воді. використовується в процесі преамонізації (хлорування з амонізацією) води у вигляді розчину сульфату амонію [17]. Амонізація води проводиться для усунення хлорфенольних запахів, посилення бактерицидного ефекту хлору та зменшення утворення галогеновміщуючих з'єднань, більшість з яких становлять тригалогенметани.

Агрегат застосовується для автоматичного процесу приготування розчину сульфату амонію (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики установки для приготування розчину сульфату амонію MixLine 7300AS

Тип установки MixLine 7300			1000	2000
№ з/п	Найменування параметра	Од. вим.	Значення	
1.	Максимальна продуктивність	л/год	1000	2000
2.	Енергоспоживання	кВт	2,0	2,0
3.	Максимально допустима в'язкість розчину	мПас	55,0	
4.	Штуцер підведення води Внутрішня різьба Фланець	”, ДУ*	¾”	1
5.	Штуцер відбору	ДУ	32	50

6.	Штуцер переливу і скидання	ДУ	50	50
7.	Номінальні витрати води	л/год	1000-2000	2000-3000
8.	Вхідний тиск води	бар	1-10	
9.	Продуктивність насоса-дозатора сухого продукту	л/год	151	300
10.	Довжина	мм	2200	2200
11.	Ширина	мм	1200	1200
12.	Висота	мм	1370	1940
13.	Вага пуста	кг	265	325
14.	Вага робоча	кг	1265	2325

Принцип роботи установки

Трьохкамерна установка приготування робочого розчину сульфату амонію за заданою концентрацією працює в автоматичному режимі з циклічною підготовкою концентрованого розчину [20].

Принцип роботи установки в автоматичному режимі

Після натиснення кнопки запуску автоматичного режиму в першу камеру подається вода для розчинення. При досягненні нею граничної відмітки «МАКС» магнітний клапан на першу камеру закривається і відкривається вентиль для заповнення другої камери. При досягненні водою граничної відмітки «МАКС» магнітний клапан другої камери також закривається.

По черзі в першу і в другу камеру засипається необхідна кількість сухого порошку. При цьому відразу ж розраховується концентрація готового концентрованого розчину.

На цьому процес приготування концентрованого розчину закінчений.

При спустошенні однієї з камер приготування концентрованого розчину, дана камера знову заповнюється водою і виводиться аварійний сигнал спустошення, що вимагає нової засипки сухого реагенту.

Встановлений на третій камері ультразвуковий рівнемір контролює рівень розчину в камері відбору готового розчину і тим самим управляє процесом приготування.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При досягненні розчином мінімального рівня LSA- автоматично відкривається магнітний клапан водної апаратури. Вода поступає через витратомір в третю камеру. При досягненні водою відмітки включення змішувача, вмикається змішувач. Пропорційно потоку води, по виставленій концентрації вмикається насос-дозатор концентрованого розчину і подає розчин в третю камеру.

Змішувачі 1 і 2 знаходяться в роботі.

Заповнення третьої камери виробляється до тих пір, поки рівень розчину не досягне максимальної відмітки.

При досягненні розчином максимального рівня LSA+ насос-дозатор відключається, магнітний клапан закривається. Процес приготування припиняється.

При досягненні розчином рівня LSA-- («СУХИЙ ХІД») вмикається автоматичний процес приготування розчину. Для запобігання сухому ходу насосів-дозаторів, система управління видає сигнал для їх відключення.

При досягненні розчином рівня LSA++ («Перелив») процес приготування зупиняється, автоматичний режим роботи установки відключається. Виводиться аварійний сигнал несправності на дисплей управління [16].

Система дозування рідких продуктів (коагулянту та флокулянту та суспензії активованого вугілля) DS-3-1500

Компактна станція дозування змонтована або безпосередньо на установці приготування розчинів, або на окремій станині і складається з:

- 1) Насоса-дозатора;
- 2) Замкової арматури;
- 3) Системи захисту (перепускний вентиль, контактний манометр, система захисту від сухого ходу);
- 4) Вимірювальних приладів (манометр, витратомір);
- 5) Шафи управління.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38

Принцип роботи установки

Дозування робочого розчину відбувається в один або декілька трубопроводів з використанням або без системи додаткового розбавлення. Резервний насос-дозатор може бути перемкнутий на робочу лінію автоматично або в ручному режимі.

Насоси-дозатора можуть управлятися і регулюватися частотними перетворювачами і струмовим сигналом 4-20 мА.

У системі дозування задіяний вузол промивання, що забезпечує автоматичне промивання трубопроводу що перешкоджає відкладенню суспензії в трубопроводі і агрегатах. Промивання проводиться автоматично під час роботи насосів-дозаторів в процесах дозування і після кожній зупинці насоса-дозатора.

Види управління і регулювання

В автоматичному режимі витрати в головній лінії вимірюються і обробляються. Витрата робочого розчину (при використанні витратоміру) вимірюється і обробляється. При появі несправностей в робочих лініях, робота відповідного насоса-дозатора відключається автоматично, щоб запобігти можливим подальшим неполадкам. Продуктивність насоса-дозатора залежить від виставленого типу управління [17].

Магнітний клапан вузла дозування відкривається разом з включенням насоса-дозатора і закривається з відключенням відповідного насоса-дозатора. Автоматичний режим роботи насоса-дозатора можна включити лише після усунення всіх активних несправностей.

У ручному режимі роботи насоса-дозатора витрати в головній лінії вимірюються і обробляються. Витрата робочого розчину (при використанні витратоміру) вимірюється, але не обробляється. При появі несправностей в робочих лініях, відповідний насос-дозатор залишається в роботі. Продуктивність насоса-дозатора залежить від виставленого типу управління. Магнітний вентиль вузла додаткового розбавлення може бути постійно відкритий або закритий.

Продуктивність насосів-дозаторів:

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

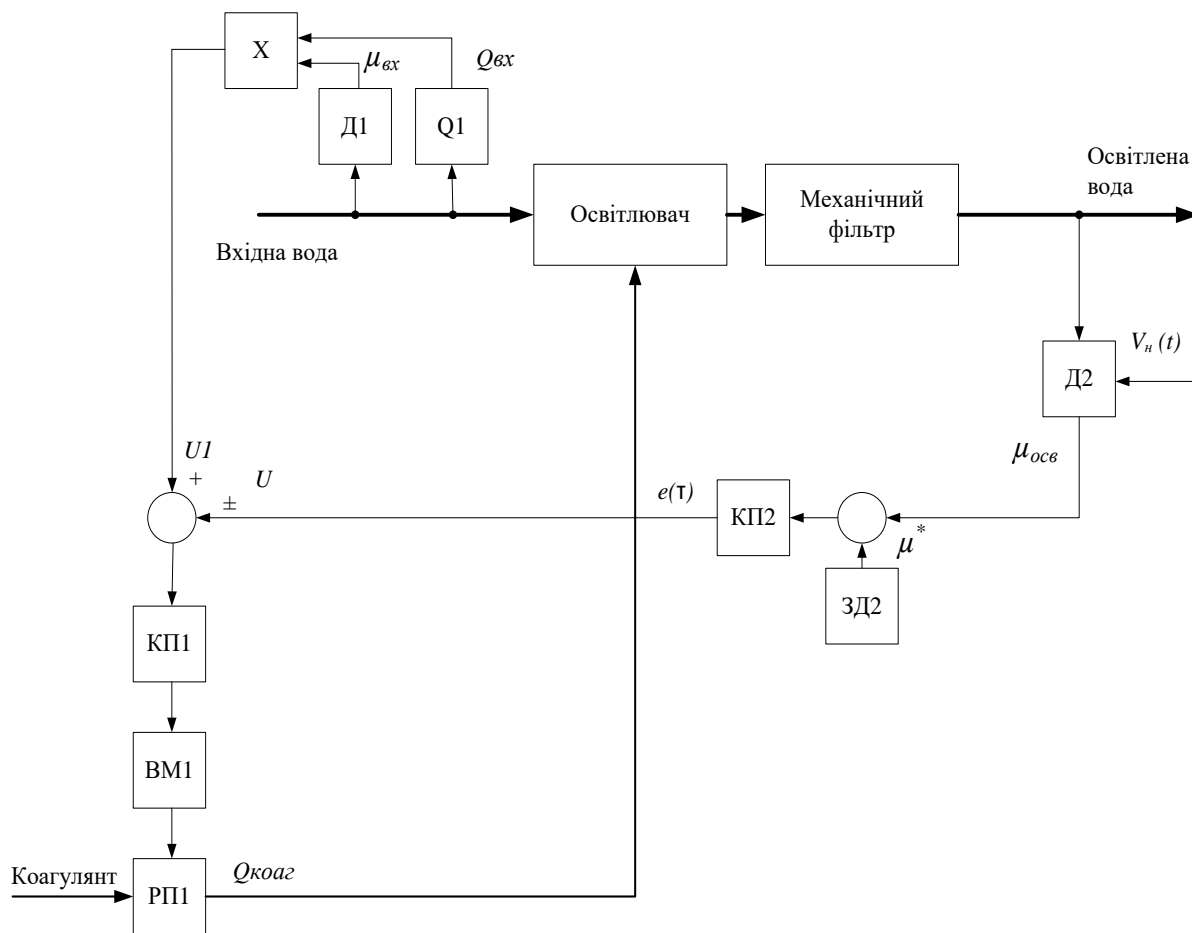
- продуктивність насоса-дозатора може бути встановлена за допомогою робочого колеса або робочих клавіш безпосередньо на самому насосі-дозаторі;
- продуктивність насоса-дозатора розраховується і виставляється системою управління;
- продуктивність насоса-дозатора регулюється постійно за допомогою ПД-регулятора.

2.1.1 Вибір структури системи автоматичного керування процесом попереднього очищення питної води

Для автоматичної стабілізації мутності освітленої на механічних фільтрах води рекомендується використовувати комбіновану систему автоматичного керування процесом попереднього очищення води, запропоновану у роботі [21]. У цій системі зміна кількості твердої фази на вході процесу компенсується шляхом регулювання витрати хімічного реагенту пропорційно кількості твердої фази. Витрата хімічного реагенту також коригується пропорційно різниці між фактичною та заданою мутністю очищеної води, що дозволяє знизити витрати на реагенти та електроенергію (рис. 2.2).

Процес автоматичного керування попереднім очищенням води здійснюється таким чином [21]. Вхідна вода подається по трубопроводу в освітлювач. При цьому вимірюються витрата води Q_{ex} за допомогою витратоміра та мутність вхідної води μ_{ex} . Добуток мутності вхідної води на її витрату характеризує кількість твердої фази на вході процесу освітлення G_{ex} . Отриманий сигнал u_1 подається як завдання на керуючий пристрій КП₁. Посилений сигнал завдання передається на частотно-регульований привід виконавчого пристрою – насоса-дозатора коагулянту. Мутність освітленої води $\mu_{осв}$ аналізується на виході з механічних фільтрів, та порівнюється із заданим значенням мутності освітленої води $\mu_{осв}$. Сигнал неузгодженості $e(\tau)$ подається на керуючий пристрій, і отриманий коригувальний сигнал надходить на частотно-регульований привід насоса-дозатора коагулянту.

У обраному методі автоматичного керування процесом попереднього очищення води корегування кількості хімічного реагенту, що додається до процесу, розраховується та здійснюється на основі прямого показника якості керування – змінні мутності води, що дозволяє забезпечити підвищення точності дозування та знизити витрати на очищення питної води (рис. 2.2) [21].



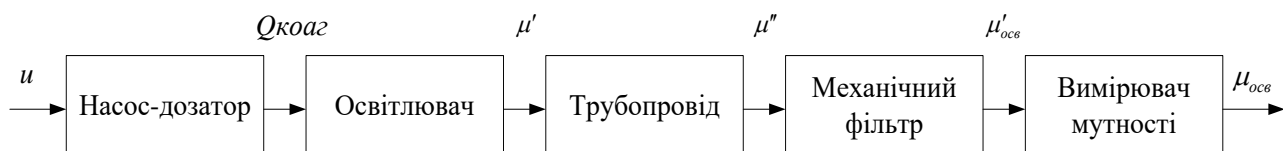
Д₁ – датчик мутності вхідної води; Q₁ – витратомір вхідної води; Д₂ – датчик мутності освітленої води; ВМ₁ – виконавчий механізм на лінії подачі коагулянту; РП₁ – регулюючий пристрій; КП₁, КП₂ – керуючі пристрої; Q_{вх} – витрата вхідної води; Q_{коаг} – витрата коагулянту; μ* – задане значення мутності освітленої води; μ_{вх} – мутність вхідної води; μ_{осв} – мутність освітленої води; e(τ) – сигнал неузгодженості; U₁, U₂ – сигнали керування; V_н(t) – шум спостереження

Рисунок 2.2 – Блок-схема комбінованої системи автоматичного керування процесом попереднього очищення води

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.2 Математичне забезпечення АСК ТП попереднього очищення питної води

Для одержання математичної моделі процесу попереднього очищення води виконаємо аналіз характеристик функціональних елементів технологічного процесу попереднього очищення води як об'єкту автоматичного управління (рис. 2.3).



u – управляючий вплив; $Q_{коаг}$ – витрата коагулянту; μ' , μ'' , $\mu'_{осв}$ – відповідно мутність води на виході освітлювача, трубопроводу подачі освітленої води; механічного фільтра, процесу очищення води

Рисунок 2.3 – Блок-схема технологічного процесу попереднього очищення води з використанням механічних фільтрів

Досліджено, що елементи процесу являють собою такі передатні функції [21].

Процес освітлення води в освітлювачі описується рівнянням:

$$T_{об1} \frac{d\mu'}{dt} + \mu' = k_{осв} \cdot Q_{коаг},$$

де $k_{осв}$ – коефіцієнт підсилення освітлювача; $T_{об1}$ – стала часу освітлювача.

Трубопровід подачі освітленої води на механічні фільтри являє собою ланку чистого запізнення [21]:

$$\mu'' = \mu'(t - \tau_{об}),$$

де $\tau_{об}$ – час чистого запізнення.

Механічний фільтр описується рівнянням:

$$T_{об2} \frac{d\mu'_{осв}}{dt} + \mu'_{осв} = k_{МФ} \cdot \mu'',$$

$k_{МФ}$ – коефіцієнт підсилення механічного фільтра; $T_{об2}$ – стала часу механічного фільтра.

Вимірювач мутності описується рівнянням:

$$\mu_{осв} = k_M \cdot \mu'_{осв},$$

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k_m – коефіцієнт підсилення мутності.

Таким чином, об'єкт керування описується диференціальним рівнянням другого порядку з нестационарними параметрами [21]:

$$T_2 \frac{d^2 \mu_{ocv}}{dt^2} + T_1 \frac{d\mu_{ocv}}{dt} + \mu_{ocv} = k_{об} \cdot Q_{коаг},$$

$$T_2 = T_{об1} \cdot T_{об2}, T_1 = T_{об1} + T_{об2}.$$

На відміну від інших математичних моделей процесу попереднього очищення води як об'єкту управління, дана математична модель враховує мутність освітленої води як функцію від витрати коагулянту, що вводиться у процес, і процес фільтрації на механічних фільтрах.

2.3 Розробка програмного забезпечення системи автоматизації процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу

2.3.1 Обґрунтування та вибір програмного забезпечення для реалізації системи

PLCnext Engineer – це програмне забезпечення для програмування і налаштування контролерів від Phoenix Contact.

До основних переваг та характерних особливостей можна віднести [15]:

– широка підтримка мов програмування: підтримує всі стандартні мови стандарту IEC 61131-3 (ST, FBD, LD, SFC, IL) і GRAFCET;

– інтеграція: зручно інтегрується з хмарними сервісами та сторонніми додатками через відкриту архітектуру;

– веб-інтерфейси: має вбудовані веб-інтерфейси для віддаленого моніторингу та керування;

– безпека: високий рівень кібербезпеки завдяки вбудованим функціям захисту;

– гнучкість: можливість роботи з різноманітними середовищами, такими як Windows і Linux;

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						43
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – це програмне забезпечення для інтеграції і програмування рішень у галузі промислової автоматизації від Siemens.

До основних переваг та характерних особливостей можна віднести:

– підтримка мов програмування: підтримує мови IEC 61131-3 та додаткові інструменти для програмування (S7-GRAPH, S7-SCL);

– інтеграція: високі інтеграційні можливості з іншими продуктами Siemens (HMI, SCADA, PLC);

– уніфікована платформа: всі елементи автоматизації (контролери, HMI, мережеве обладнання) конфігуруються в одній платформі;

– функції симуляції: можливість симуляції проєктів без реального обладнання;

– інтеграція з TIA Selection Tool для зручного вибору і конфігурування обладнання.

Control Expert (раніше відомий як Unity Pro) – це програмне забезпечення від Schneider Electric для програмування і налаштування їх контролерів.

До основних переваг та характерних особливостей можна віднести:

– підтримка мов програмування: підтримує всі стандартні мови IEC 61131-3.

– інтеграція: хороша інтеграція з іншими продуктами Schneider Electric, такими як SCADA-системи і HMI;

– розширюваність: можливість розширення функціоналу за допомогою бібліотек DFB (Derived Function Block);

– моделювання: вбудовані інструменти для моделювання і тестування логіки без реального обладнання;

– захист даних: високий рівень захисту і резервного копіювання даних.

Аналіз літератури [18, 20, 22] та власного досвіду роботи з даними продуктами дозволяє порівняти дані продукти та зробити наступні зауваження та твердження стосовно переваг та недоліків кожного продукту:

– мови програмування: Всі три ПЗ підтримують мови стандарту IEC 61131-3. TIA Portal пропонує додаткові мови, специфічні для Siemens;

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		44

– інтеграція: TIA Portal має найвищу ступінь інтеграції в рамках екосистеми Siemens. PLCnext Engineer виділяється своєю відкритою архітектурою та можливістю інтеграції з хмарними сервісами;

– гнучкість: PLCnext Engineer забезпечує більшу гнучкість завдяки відкритій архітектурі та підтримці різних ОС. TIA Portal і Control Expert більше орієнтовані на інтеграцію в межах своїх екосистем;

– симуляція та моделювання: Усі три системи підтримують симуляцію та моделювання, що спрощує тестування та відлагодження проектів;

– безпека: Усі три платформи приділяють значну увагу кібербезпеці та захисту даних, але підхід до реалізації може відрізнитися.

Підсумовуючи вищесказане, варто відзначити, що кожне програмне забезпечення має свої переваги і недоліки, залежно від конкретних потреб і середовища використання.

Так, на нашу думку, PLCnext Engineer буде кращим вибором для тих, хто цінує відкритість і гнучкість, а також інтеграцію з хмарними сервісами.

TIA Portal підходить для рішень, побудованих на екосистемі Siemens (наприклад, як ГЗК та металургійні підприємства нашого регіону) і потребує глибокої інтеграції всіх компонентів автоматизації.

Control Expert варто обрати, якщо вже використовуються рішення від Schneider Electric, а також якщо є потреба у потужних інструментів для моделювання та тестування.

З урахуванням необхідності розробки рішення з перспективою подальшого розширення, яка пов'язана зі зміненням технологічних схем через наслідки для водопостачання регіону підриву дамби Каховської ГЕС, в першу чергу потрібно орієнтуватися на відкрите та гнучке рішення, тому для реалізації проекту візуалізації було обрано ПЗ PLCnext Engineer. Також перевагою такого підходу буде можливість реалізації системи візуалізації, що базується на веб-інтерфейсі.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.3.2 Розробка програмного забезпечення системи візуалізації процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу

Як було відзначено у попередньому підрозділі, програмування ПЛК та розробку системи візуалізації процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу доцільно виконати у ПЗ PLCnext Engineer від компанії Phoenix Contact.

Розробка програмного забезпечення починається з вибору апаратних компонентів у відповідності з необхідної кількістю інформаційних каналів у системі.

На наступному кроці необхідно створити усі необхідні змінні, які будуть використані при розробці програми для ПЛК, та пов'язати їх з відповідними вхідними та вихідними каналами. На рис. 2.4 наведено скріншот вікна з конфігурацію частини створених змінних.

Name	Type	Usage	Translate	Comment	Init	Retain	Constant	OPC	HMI
water_flow1	REAL	External	<input type="checkbox"/>						
reagent_flow1	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
level1_High	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
level1_HighHigh	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
level1_Low	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
level1_LowLow	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
dosingPump10_on	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
dosingPump11_on	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
dosingPump20_on	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
dosingPump30_on	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
dosingPump12_on	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
dosingPump40_on	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
ammoniaWaterValve_on	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
ammoniaFreshWaterFlow	REAL	External	<input type="checkbox"/>						
ammoniaFreshWaterPr...	REAL	External	<input type="checkbox"/>						
koagulValve1	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						
koagulValve2	BOOL	External	<input type="checkbox"/>						

Рисунок 2.4 – Вкладка визначення змінних Variables у ПЗ PLCnext Engineer

На наступному кроці необхідно створити необхідні екрани оператора для основних технологічних вузлів процесу попереднього очищення питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу – установки приготування суспензії активованого вугілля, ділянки амонізаторної, дозаторної коагулянта.

Для ділянки амонізаторної було розроблено візуальну сторінку, яка відображає стан основних вузлів та механізмів ділянки, зокрема насосів-дозаторів Danfoss DDA 30-4 (НД10, НД11, НД20, НД30, НД12, НД40), клапану господарського-питного трубопроводу, витрати та тиску чистої води в установку приготування робочого розчину сульфату амонію MixLine 7300 (рис. 2.5).

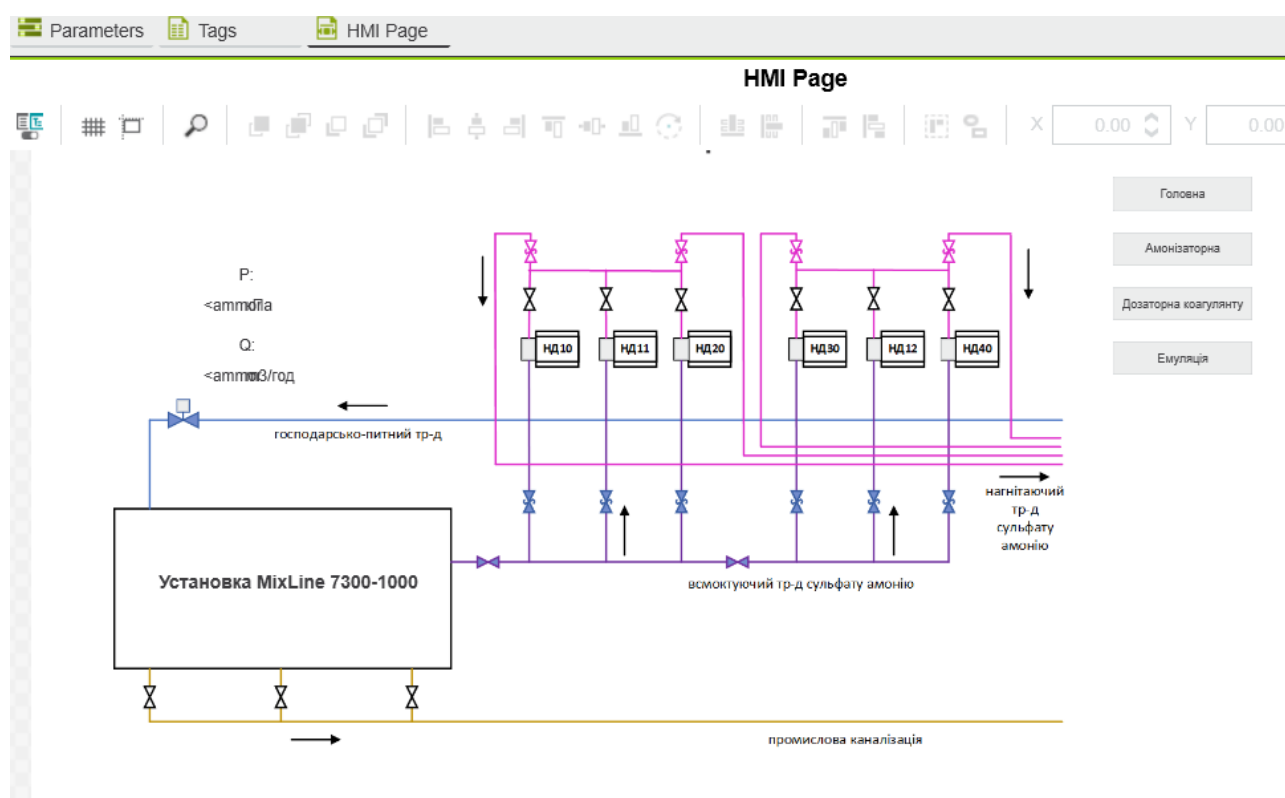


Рисунок 2.5 – Макет сторінки візуалізації стану ділянки амонізаторної у ПЗ PLCnext Engineer

Для відображення стану насосів було реалізовано динамізацію стану (вкл/викл) з прив'язкою до відповідного дискретного тегу, пов'язаного з дискретним входом що характеризує стан відповідного механізму (табл. 1.8, стани контактів типу «механізм в роботі»). Налаштування відповідного

мезанізму анімації стану наведено на рис. 2.6. Так, графічний елемент типу Rectangle розташований над зображенням відповідного насосу (у прикладі НД40), і у налаштуваннях Dynamics додано анімацію Fill, що пов'язана з відповідним тегом dosingPump40_on, та налаштовано відображення світло-сірим для механізму в роботі, та темно-сірим – для виключеного механізму.

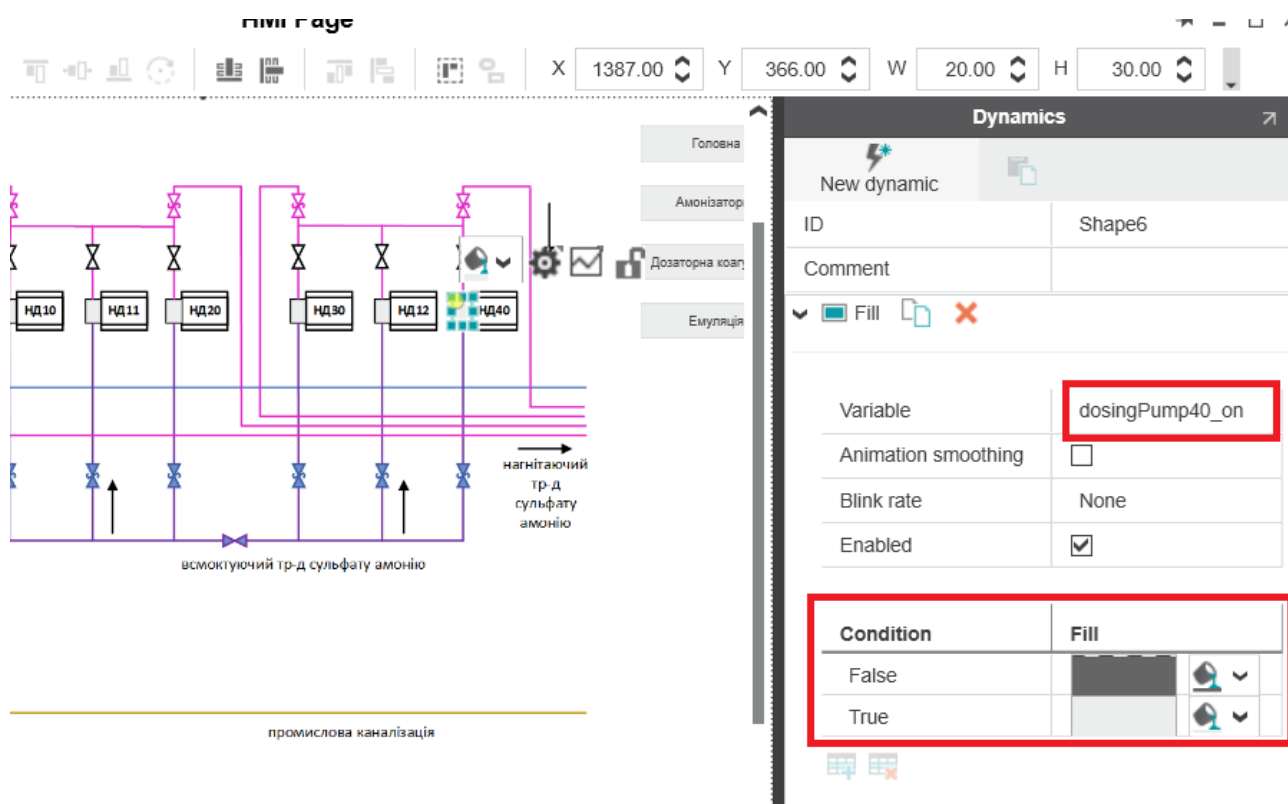


Рисунок 2.6 – Налаштування відображення стану насосів-дозаторів сульфату амонію у ПЗ PLCnext Engineer

Для відображення значення аналогових контрольованих параметрів - витрати та тиску чистої води в установку додано відповідні анімації типу Text з прив'язкою до відповідних тегів – ammoniaFreshWaterFlow (витрата) та ammoniaFreshWaterPressure (тиск). На рис. 2.7 наведено відповідні налаштування у ПЗ PLCnext Engineer.

Принцип динамізації стану насосів аналогічний до налаштувань, зображених на рис. 2.7.

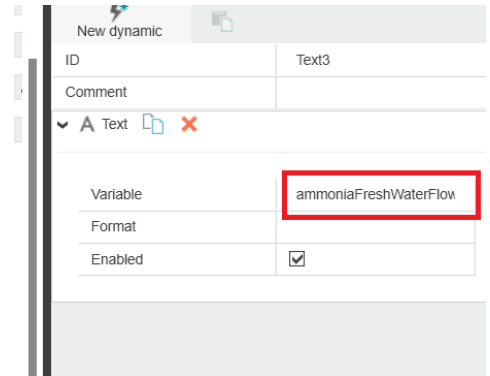
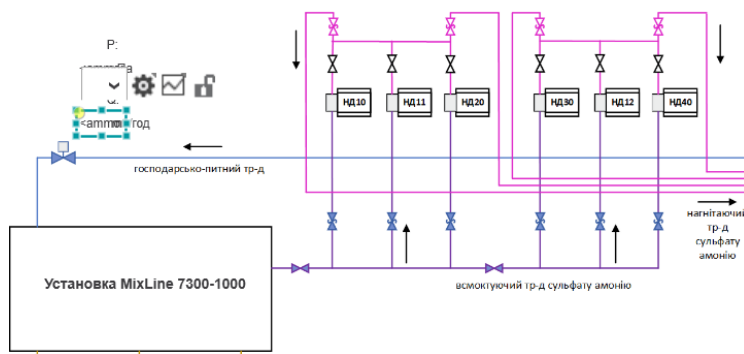


Рисунок 2.7 – Налаштування відображення стану насосів-дозаторів сульфату амонію у ПЗ PLCnext Engineer

Для дозаторної коагулянту було розроблено сторінку, яка дозволяє відображати стан основних механізмів даної технологічної ділянки – насосів-дозаторів Grandfos DMX 226 190-8 (НД1 – НД9), а також запірної апаратури – заслінок №№1 – 52.

Для візуалізації стану заслінок було вирішено створити окремий графічний символ BaseValve шляхом поєднання двох зображень заслінок, що відрізняються кольорами – світло-сірий для включеного стану, та темно-сірий для виключеного. Для створеного символу на вкладці Parameters було додано новий власний параметр типу bool – State, що буде відображати стан заслінки (рис. 2.8).

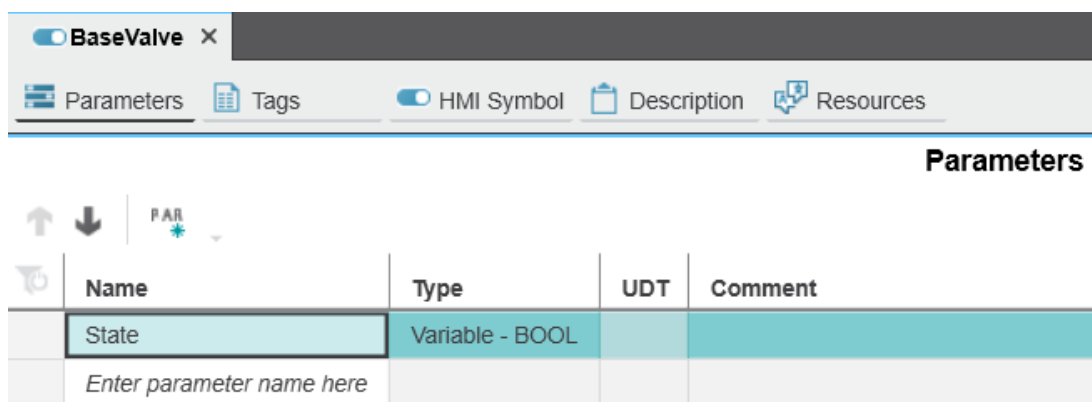


Рисунок 2.8 – Додавання нового параметру для створеного графічного символу заслінки BaseValve

На наступному кроці для кожного з зображень, що характеризують стани заслінки (вкл. та викл.) було налаштовано анімацію типу Visibility, яка визначає, при якому значенні створеного параметру State відобразити графічне зображення заслінки (рис. 2.9).

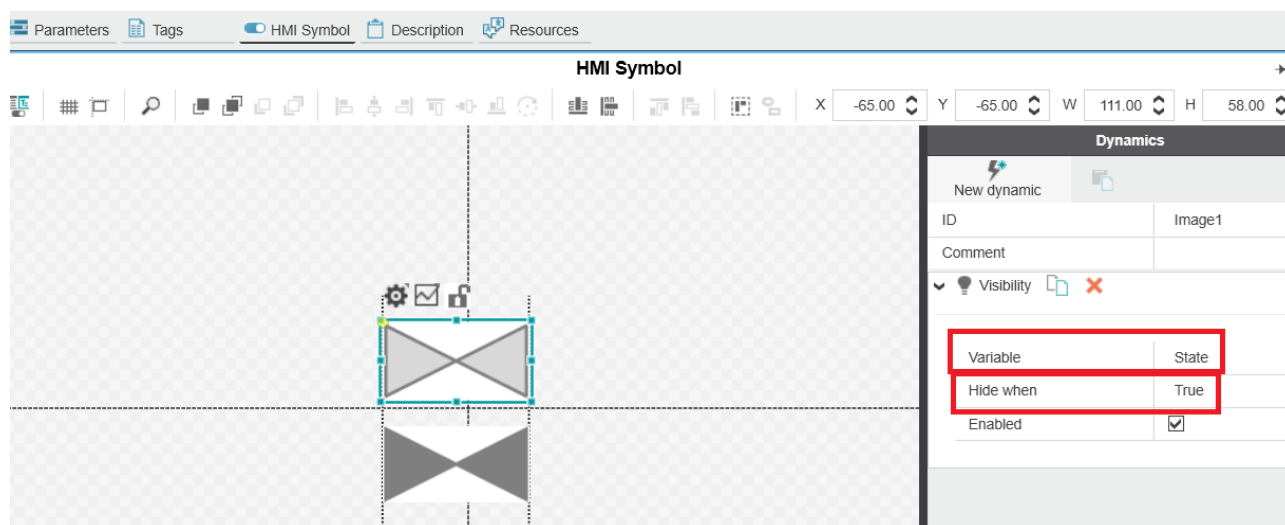


Рисунок 2.9 – Додавання анімації відображення стану графічного символу заслінки BaseValve за допомогою видимості

На наступному кроці створені графічні символи BaseValve були використані для візуалізації стану заслінок. Для цього параметр State екземплярів створених символів було пов'язано з відповідними змінними, що відповідають за стан механізму (на рис. 2.10 – зі змінною koagulValve4, що відповідає за стан заслінки 4). Після цього зміни у стані тегу будуть передаватись графічним примітивам, з яких створено символ, і вони будуть змінювати свою видимість і, таким чином, відображати анімацію стану механізму.

Для установки приготування суспензії активованого вугілля MixLine 7100-2000AC розроблена окрема сторінка, яка відображає основні параметри технологічного процесу – витрати води та реагенту, поточний рівень суміші у ємності для приготування суспензії, стан роботи мішалки, витрату суміші, стан заслінки суміші активованого вугілля.

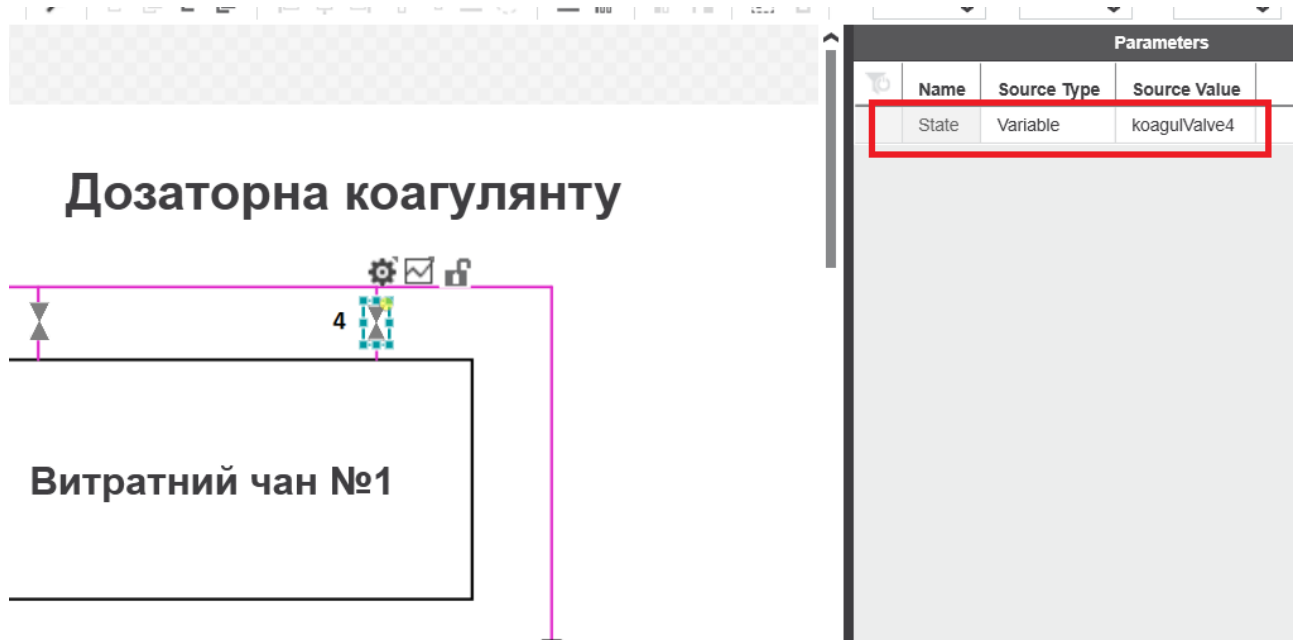


Рисунок 2.10 – Зв’язування параметру State створеного екземпляру графічного символу Base з відповідною змінною

Також передбачено візуалізацію попереджувального та аварійного верхнього і нижнього рівнів суміші у ємності. Для цього використані елементи Rectangle, які пов’язані зі змінними, що надходять від дискретних датчиків сигналізації рівня (рис. 2.11):

level1_High	BOOL	External	<input type="checkbox"/>		
level1_HighHigh	BOOL	External	<input type="checkbox"/>		
level1_Low	BOOL	External	<input type="checkbox"/>		
level1_LowLow	BOOL	External	<input type="checkbox"/>		

Рисунок 2.11 – Використання елементів Rectangle, які пов’язані зі змінними, що надходять від дискретних датчиків сигналізації рівня

Для анімації спрацювання попереджувальної або аварійної сигналізації використано тип динамізації типу Fill, при якому в залежності від значення дискретного тегу змінюється колір елемента (рис. 2.12, рис .2.13).

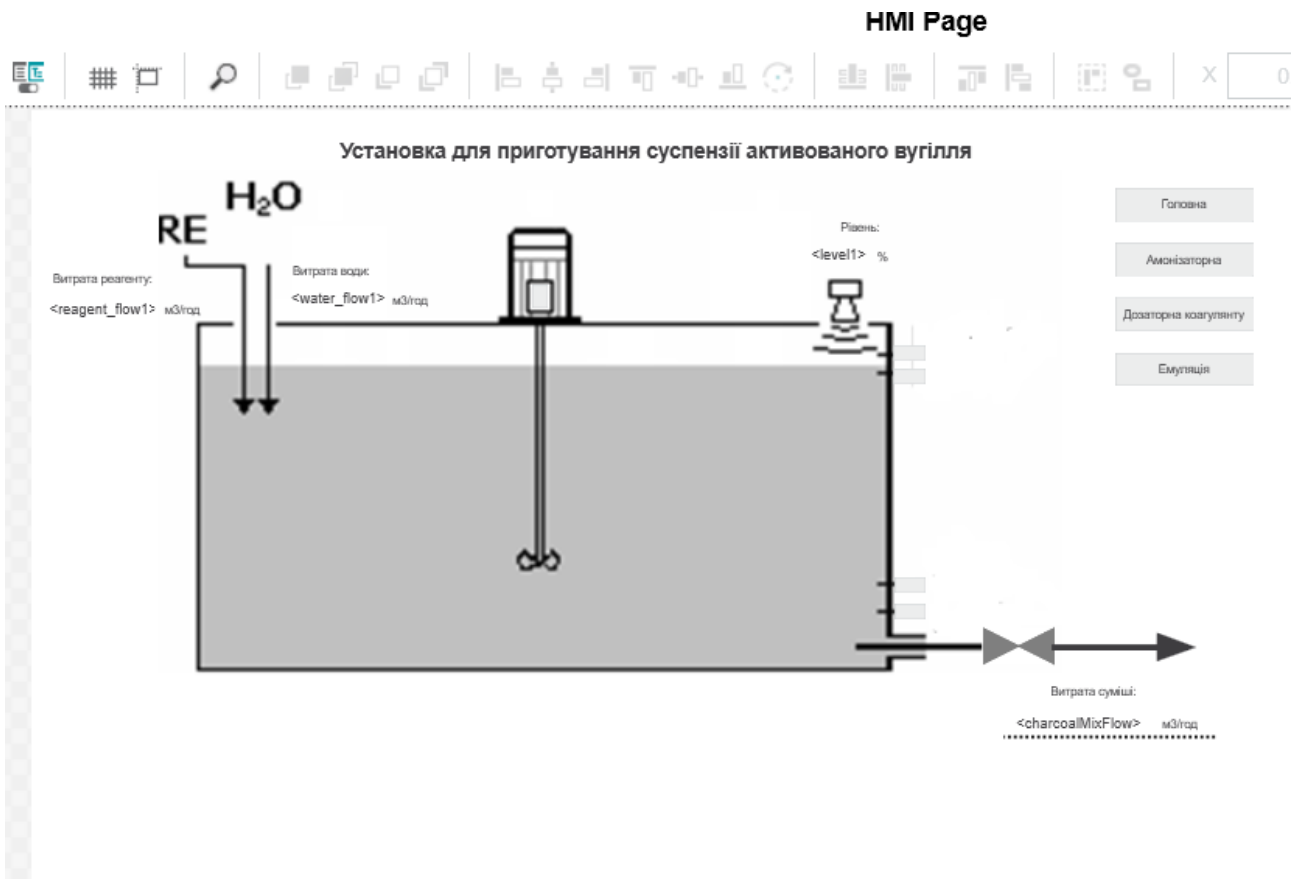


Рисунок 2.12 – Макет сторінки візуалізації стану установки приготування суспензії активованого вугілля у ПЗ PLCnext Engineer

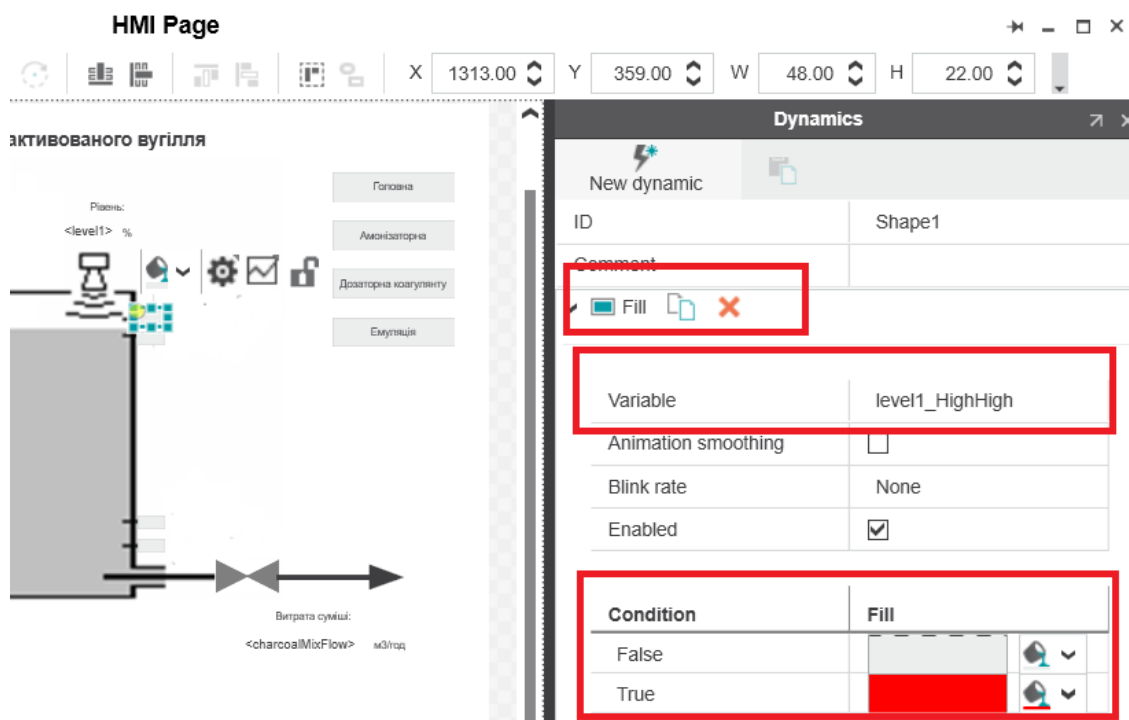


Рисунок 2.13 – Налаштування відображення аварійного рівня у ємності для змішування суспензії активованого вугілля

На наступному кроці необхідно реалізувати систему навігації у додатку. Було вирішено реалізувати її двома шляхами – за допомогою меню у правій частині екранів оператора, а також за допомогою вбудованих можливостей навігації між сторінками засобами ПЗ PLCnext Engineer.

Меню у правій частині екранів візуалізації реалізовано на базі кнопок, для яких налаштовано динамізацію типу Action on Click, при якій виконується дія Load Page (рис. 2.14).

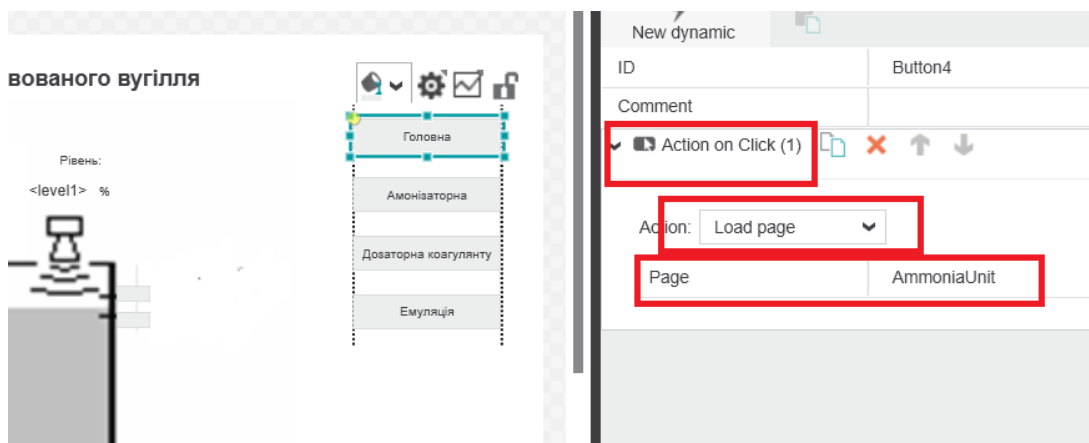


Рисунок 2.14 – Налаштування кнопок навігації для переміщення на потрібний екран

Налаштування вбудованої системи навігації відбувається при виборі об'єкту Application у розділі HMI Web Server у вікні структури проєкту, на закладці Navigation. Виконані налаштування переходів між сторінками наведені на рис. 2.15.

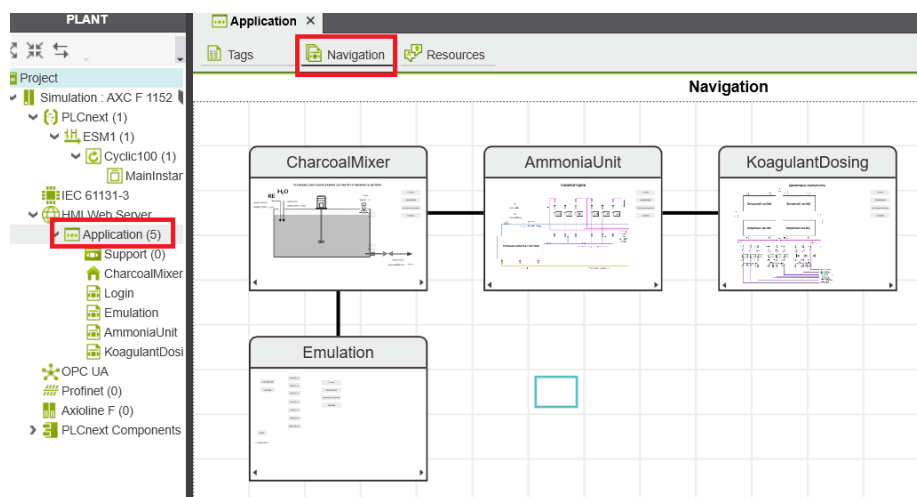


Рисунок 2.15 – Налаштування переходів між сторінками

2.4 Практична апробація розробленого проєкту системи візуалізації процесу попереднього очищення питної води

Після запуску проєкт системи візуалізації відкривається у браузері, таким чином до системи можуть отримати доступ усі користувачі у тій же підмережі, в якій знаходиться IP-адреса користувача. На першому етапі користувачу потрібно аутентифікуватись в системі, ввівши свої логін та пароль (рис. 2.16).

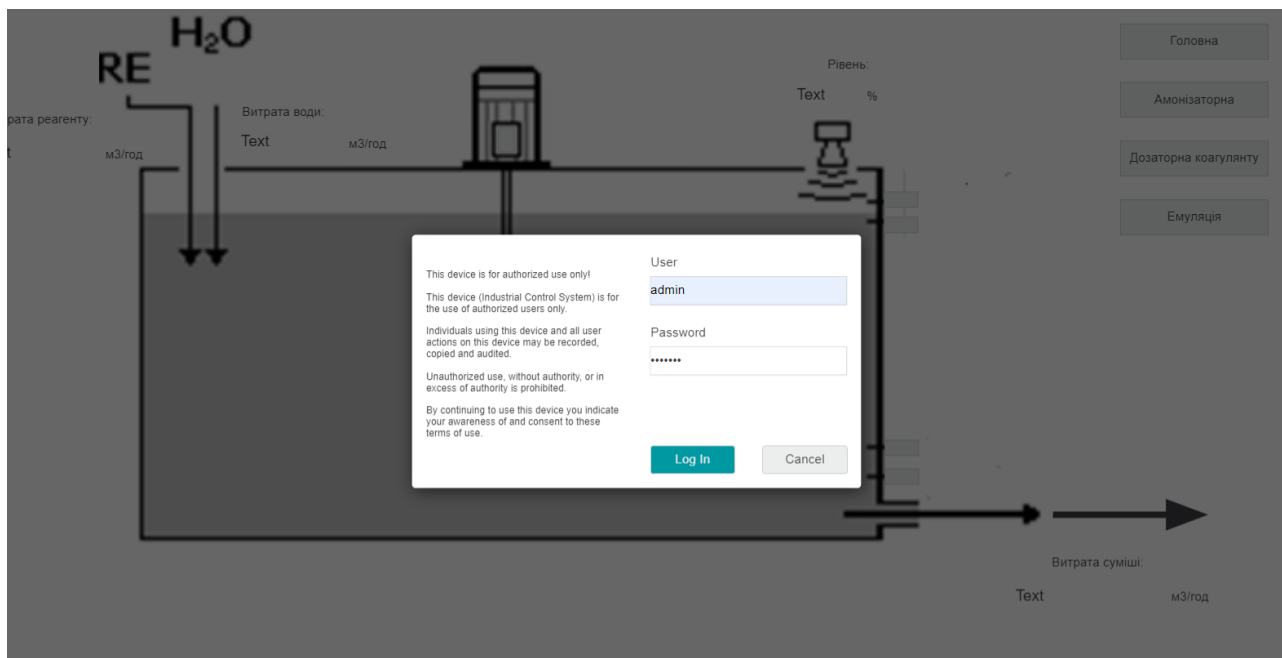


Рисунок 2.16 – Модальне вікно аутентифікації користувача

Після входу користувач потрапляє на сторінку перегляду стану процесу приготування суспензії активованого вугілля (рис. 2.17). Як видно, сторінка коректно відображає інформацію про миттєве значення витрати води та реагенту, витрату суспензії активованого вугілля та поточний рівень рідини у ємності. Оскільки поточне значення рівня складає 83 %, то також на мнемосхемі відображається жовтим кольором попередження про перевищення високого рівня.

Після натиснення на кнопку «Амонізаторна», користувач може перейти на сторінку перегляду стану процесу приготування розчину сульфату амонію (рис. 2.18).

Установка для приготування суспензії активованого вугілля

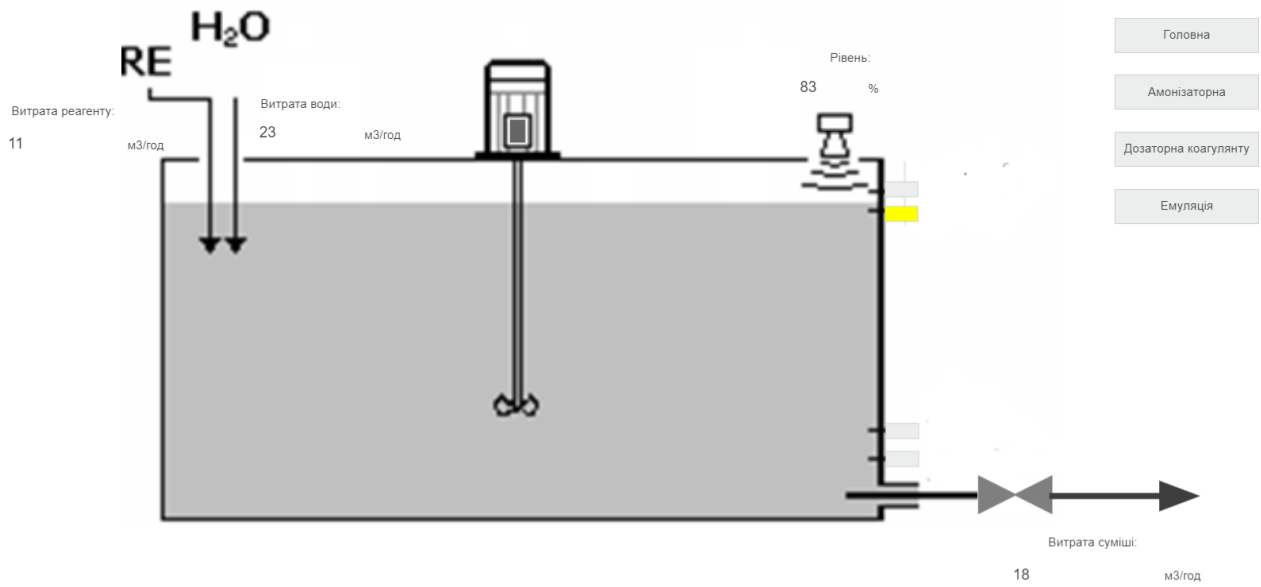


Рисунок 2.4 – Мнемосхема стану процесу приготування суспензії активованого вугілля

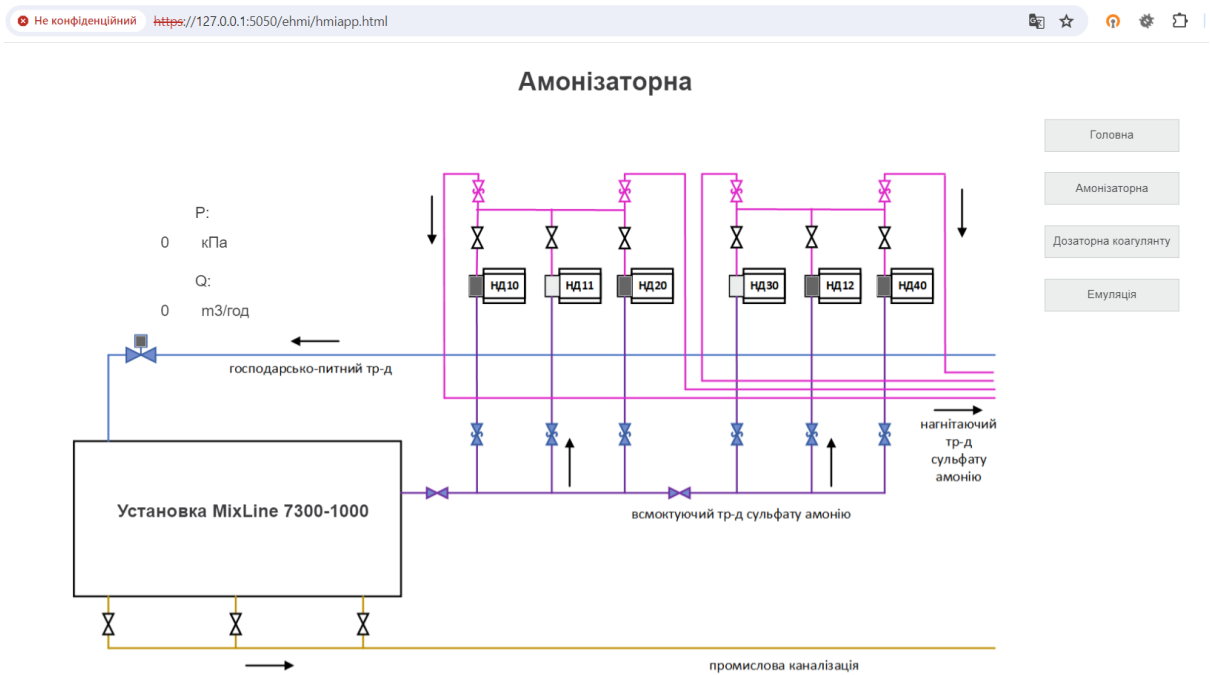


Рисунок 2.5 – Мнемосхема стану процесу приготування розчину сульфату амонію

Як видно на рис. 2.18, у роботі знаходяться насоси-дозатори НД11 та НД30, колір графічного символу яких світло-сірий, у той час як колір інших насосів-дозаторів – темно-сірий.

Для переходу на мнемосхему відображення перебігу процесу дозування коагулянту необхідно натиснути кнопку «Дозаторна коагулянту» (рис. 2.19).

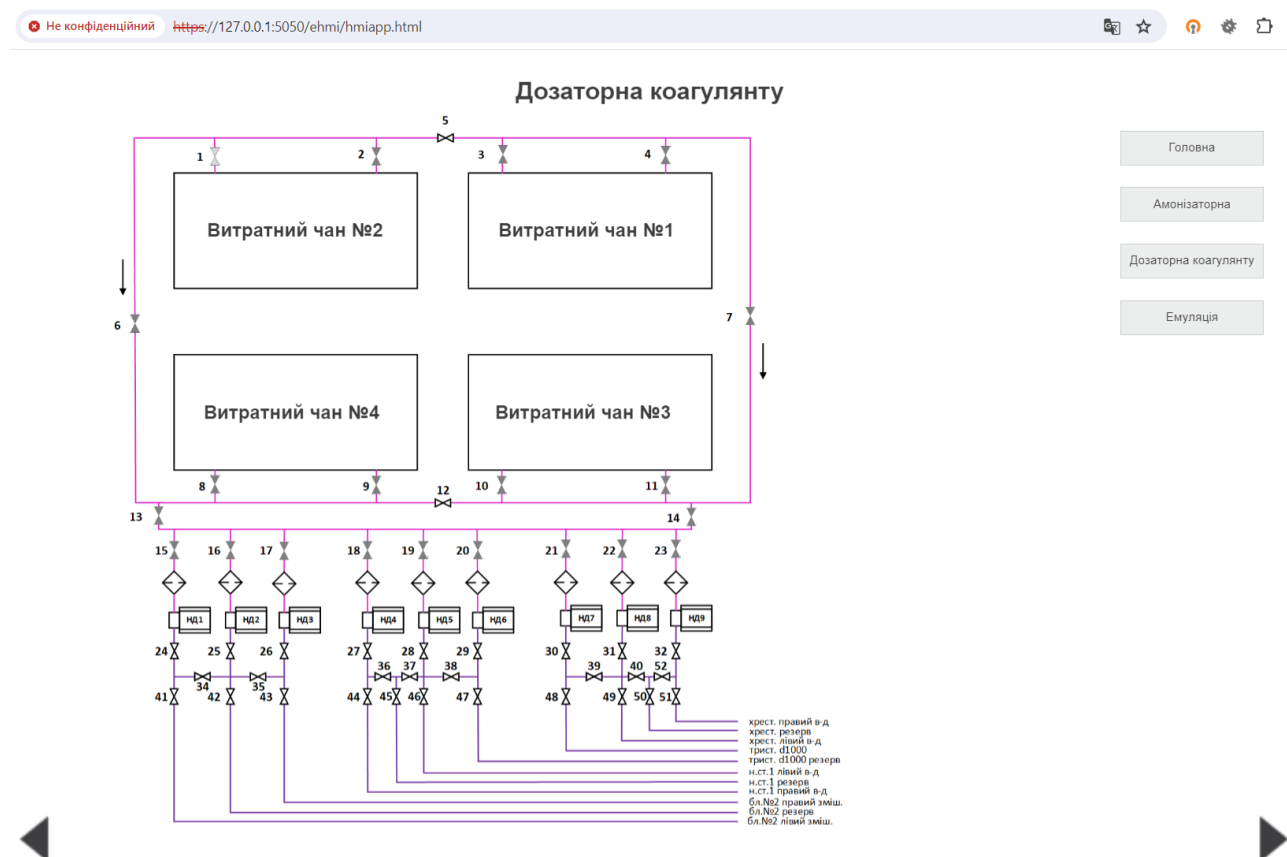


Рисунок 2.6 – Мнемосхема стану процесу приготування розчину сульфату амонію

Для тестування на рис. 2.19 було змінено стан заслінки 1 на відкритий, тому її графічний символ відображається світлим кольором.

Як видно на рис. 2.17 – 2.19, серед навігаційного меню присутня кнопка «Емуляція». На ній з використанням елементів керування, що знаходяться на закладки «НМІ» - «Objects» реалізовано можливість задання значень вхідних сигналів системи у випадку роботи у режимі симуляції ПЛК. Дана можливість широко використовувалась для тестування розробленої системи візуалізації.

Висновки до розділу

У розділі розглянуто принцип дії та алгоритми реалізації керування процесами, що відбуваються на різних стадіях попереднього очищення питної води. Розглянуто математичне забезпечення АСК ТП попереднього очищення питної води та розроблено структуру комбінованої системи автоматичного керування процесом попереднього очищення води.

З використанням програмного забезпечення PLCnext Engineer розроблено проєкт системи візуалізації технологічного процесу попереднього очищення питної води для умов Карачунівського водопровідного комплексу, в рамках якого розроблено інструменти для візуалізації перебігу процесів приготування суспензії активованого вугілля, розчину сульфату амонію, а також дозування коагулянтів. Систему розроблено з дотриманням вимог стандарту ISA-101 та концепції ситуаційної обізнаності оператора у рамках існуючих можливостей платформи PLCnext. Тестування розробленої системи показало її працездатність, високу швидкість реакції та ефективність, тож розроблену систему можна рекомендувати для впровадження.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці рішень з автоматизації технологічного процесу попереднього очищення питної води для умов Карачунівського водопровідного комплексу. Метою досліджень було удосконалення системи за рахунок впровадження новітніх апаратних та програмних засобів автоматизації, насамперед шляхом розробки системи візуалізації процесу, що дозволить підвищити ситуаційну обізнаність оператора та ефективність керування процесом.

У першому розділі виконано аналіз технологічного процесу та діючих систем керування окремими процесами та ділянками, а також існуючих підходів до побудови систем автоматизації. Розглянуто питання опису необхідного інформаційного забезпечення для реалізації системи візуалізації. У результаті були сформовані вимоги до видів забезпечення системи, зокрема математичного, апаратного та програмного забезпечення.

У другому розділі виконано вибір устаткування для реалізації автоматичного приготування суспензії активованого вугілля, розчину сульфату амонію, запропоновані принципи керування процесом. Розглянуто математичне забезпечення АСК ТП попереднього очищення питної води та розроблено структуру комбінованої системи автоматичного керування процесом попереднього очищення води.

Виконано вибір програмного забезпечення контролерного рівня та ПЗ для реалізації системи людино-машинного інтерфейсу. З урахуванням особливостей об'єкту автоматизації було обґрунтовано вибір пакету PLCnext Engineer. З використанням даного ПЗ розроблено проєкт системи візуалізації технологічного процесу попереднього очищення питної води для умов Карачунівського водопровідного комплексу.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Тарасов І.І.</i>			<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рубан С.А.</i>					32	22
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ-20</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

У рамках розробленого проєкту системи автоматизації розроблено набір сторінок та інструментів для візуалізації перебігу процесів приготування суспензії активованого вугілля, розчину сульфату амонію, а також дозування коагулянтів. Реалізовано інструменти емуляції вхідних сигналів системи. При проєктуванні системи зроблено акцент на дотриманні вимог стандарту ISA-101 та концепції ситуаційної обізнаності оператора у рамках існуючих можливостей платформи PLCnext. Тестування розробленої системи показало її працездатність, високу швидкість реакції та ефективність, тож розроблену систему можна рекомендувати для впровадження.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						59
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизована система контролю та управління дозування гіпохлориту натрію (NaClO). URL: https://bts.net.ua/ua/acy/oborudovanie/acy_tp_xlor/ (дата звернення 13.05.2023).

2. Виробництво питної води. Очисні споруди систем водопостачання. URL: <https://abonent.logicland.com.ua/normativna-baza/poradok-ekspluatacii-sistem-vodopostachania/virobnictvo-pitnoi-vody/> (дата звернення 18.05.2024).

3. Водопостачання та водовідведення: Курс лекцій. Для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія» Освітньо-кваліфікаційний ступінь «магістр» / Укладач: О.В. Рибалова. Харків: НУЦЗУ, 2017. 195 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/5274/1/%D0%92%D0%9E%D0%94%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%90%D0%A7%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%AF%20%D0%A2%D0%90%20%D0%92%D0%9E%D0%94%D0%9E%D0%92%D0%86%D0%94%D0%92%D0%95%D0%94%D0%95%D0%9D%D0%9D%D0%AF.pdf> (дата звернення 19.05.2024).

4. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ, ДП «УкрННЦ», 2015. 26с. (Інформація та документація).

5. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень в українській мові. Загальні вимоги та правила. Київ, ДП «УкрННЦ», 2013. 23 с. (Інформація та документація)

6. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення. Київ, Держстандарт України, 1998. 27 с. (Інформація та документація)

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</i>					
Розроб.		Тарасов І.І.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рубан С.А.						61	3	
Н. Контр.		Маринич І.А.						<i>КНУ АКІТ-20</i>		
Затвердив		Тронь В.В.								

7. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання. Київ, ДП «УкрННЦ», 2016. 16 с. (Інформація та документація).

8. Замай Ж., Боровик С., Костенко І., Пасов Г., Буяльська Н., Цибуля С. Інформаційні технології при водопідготовці та можливості її автоматизації на прикладі виробництва питної води «СІВЕРСЬКА». *Технічні науки та технології*, 2021, 3(25), 220–228. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-3\(25\)-220-228](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-3(25)-220-228).

9. Запольський А. К. Фізико-хімічна теорія коагуляційного очищення води. Національний університет харчових технологій. Київ : НУХТ, 2009. 39 с.

10. Ковальчук В., Кравчук З., Олійник С. Очистка води активованим вугіллям. *Харчова і переробна промисловість*, 1999. № 9. С. 15.

11. Методичні вказівки для виконання курсового проекту «Технологія очистки природних вод» з навчальної дисципліни «Технологія очистки природних вод» (для студентів 3 – 4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)). Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. М. Беляєва, К. Б. Сорокіна. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 57 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/95312862.pdf> (дата звернення 05.05.2024).

12. Моркун Н. В., Маринич І. А. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2019. 50 с.

13. Орлов В. О., Орлова А. М., Зошук В. О. Технологія підготовки питної води: навч. посібник. Національний університет водного господарства та природокористування. Рівне: НУВГП, 2010. 176 с. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_all/cgiirbis_64.exe (дата звернення: 02.05.2024).

14. Підготовка питної води. URL: https://envirotech-engineering.com/profile-industry/preparation_of_drinking_water_for_consumption (дата звернення 04.05.2024).

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Рішення IoT для водопостачання та водовідведення. URL: <https://www.se.com/ua/uk/work/solutions/for-business/water/> (дата звернення 18.05.2024).

16. Системи приготування розчинів MixLine. URL: https://envirotech-engineering.com/files/images/equipment_pdf_ua/1.1_Passport_MixLine_UA.pdf (дата звернення 28.04.2024).

17. Сорокіна К. Б. Очисні споруди водопостачання : конспект лекцій для студентів денної і заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізація «Цивільна інженерія (Водопостачання та водовідведення)» / К. Б. Сорокіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 84 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/48446/1/2017%2089%D0%9B%20%D0%9E%D0%A1%D0%92.pdf> (дата звернення 17.04.2024).

18. Сорокіна К. Б. Технологія очистки природних вод та «Споруди і обладнання водопостачання. Модуль 3»: конспект лекцій (для студентів денної і заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітні програми «Гідротехніка (водні ресурси)», «Цивільна інженерія (Водопостачання та водовідведення)»). – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 110 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/154806426.pdf> (дата звернення 17.04.2024).

19. Таран С. О. Система автоматичного управління процесом попереднього очищення води з використанням механічних фільтрів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.07. Луганськ, 2012. 21 с.

20. Технологічна схема автоматизації дозування гіпохлориту натрію (NaCl) пропорційно витраті води і дозі залишкового хлору. URL: https://www.etatron.com.ua/applications/industrial_water_treatment/wt03/ (дата звернення 28.04.2024).

21. Толстопалова Н.М., Літинська М.І., Обушенко Т.І., Астрелін І.М., Сангінова О.В. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води:

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Практикум (Частина 1): навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 181 с. URL: https://tnr.kpi.ua/images/Navch_Metod_Dokum/Tekhnologia-ta-oblabn.-oderzh.-pytnoi-ta-tekhnichnoi-vody.pdf (дата звернення 17.04.2024).

22. Толстопалова Н.М., Літинська М.І., Обушенко Т.І., Астрелін І.М., Сангінова О.В. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: Практикум (Частина 2): навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 181 с. URL: https://tnr.kpi.ua/images/Navch_Metod_Dokum/Tehnologiya-ta-obladnannia-oderzhannia-pytanoi-ta-tehnichnoyi-vody.-Praktykum-Chastyna-2.pdf (дата звернення 23.04.2024).

23. Харланов Д. І., Хоружий П. Д. Підготовка питної води з поверхневих джерел із використанням біореакторів і контактено-прояснювальних фільтрів. *Меліорація і водне господарство*, 2015. Вип. 102. С. 30–33. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2015_102_8 (дата звернення: 18.05.2024).

24. Чарний Д. В. Шляхи оптимізації технологій водопідготовки з поверхневих водних джерел. *Водопостачання. Водовідведення*. 2014. № 5. С. 44–51.

25. Шуриберко М. М., Гомеля М. Д., Шаблій Т. О. Дослідження та оцінка ефективності реагентів для стабілізаційної обробки води. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія : Технічні науки*, 2018. Т. 29 (68), № 1 (2). С. 191–195. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sntuts_2018_29_1\(2\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sntuts_2018_29_1(2)_37) (дата звернення: 12.04.2024).

26. PLCNEXT ENGINEER – Programming software. URL: <https://www.phoenixcontact.com/en-pc/products/software-plcnext-engineer-1046008> (дата звернення 17.05.2024).

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Smart Water. Інтелектуальне об'єднання в мережу для перспективного водного господарства. URL: <https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/haluzi/smart-water> (дата звернення 18.05.2024).

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64