МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський національний університет
імені В.І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра інженерних систем та технологій

На правах рукопису

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ НАСОСНОЮ СТАНЦІЄЮ ПЕРШОГО ПІДЙОМУ

Здобувача вищої освіти
Костяного Олександра Олександровича
Освітня програма
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(Спеціальність
174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»)

_____
(підпис)
Науковий керівник:
старший викладач Олена Фуртат

_____
(підпис)
Національна шкала_____
Кількість балів_____
Оцінка: ECTS

Київ – 2026

Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра Інженерних систем та технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри
_____Наталія ОМЕЦИНСЬКА
«____» _____2025_року

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Костяного Олександра Олександровича

1. Тема роботи: Система автоматичного керування насосною станцією першого підйому
керівник роботи: _ст.викл. Фуртат О.В._____
затверджені Наказом ТНУ імені В.І Вернадського:
від «7 » листопада 2025 № 138/1-ОД

2. Строк подання студентом роботи: 25.11.2025
3. Вихідні дані до роботи: Функціональна схема автоматизації

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Проаналізувати технологічний процес підземної пневматичної насосної станції першого підйому як об'єкта автоматизації та розробити функціональну схему керування; Розглянути технологію монтажу, підключення та пусконалагодження технічних засобів автоматизації і щитового обладнання; Обґрунтувати вибір основних вузлів системи автоматизації, зокрема пристроїв плавного пуску, комутаційної апаратури та первинного сенсорного обладнання; Провести математичний розрахунок вимірювальної схеми та динамічних характеристик автоматичної системи регулювання; Пропрацювати умови охорони праці та визначити заходи безпеки під час експлуатації насосної станції.
5. Перелік графічного матеріалу: графічна робота виконана у вигляді мультимедійної презентації
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	ст. викл. Олена ФУРТАТ		
Розділ 2	ст. викл. Олена ФУРТАТ		
Розділ 3	ст. викл. Олена ФУРТАТ		
Розділ 4	ст. викл. Олена ФУРТАТ		

7. Дата видачі завдання _____ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	*Назва етапів бакалаврської роботи*	*Термін виконання етапів роботи*	*Заключний документ етапу*
1	Вибір теми бакалаврської роботи, призначення керівника	до 31.10.2025	Затвердження переліку тем бакалаврських робіт
2	Пошук і відбір літератури по темі роботи, складання плану бакалаврської роботи	до 14.12.2025	Список літературних джерел, план роботи
3	Визначення об’єкта, предмета, мети, завдань та методів дослідження, написання вступу до теми бакалаврського дослідження	до 25.01.2026	Текст вступу
4	Написання тексту бакалаврської роботи відповідно до її структури:	26.01.2026-17.05.2026	Текст розділів
	4.1 I розділ	26.01.2026-6.03.2026	Текст розділу
	4.2 II розділ	9.03.2026-27.03.2026	Текст розділу
	4.3 III розділ	30.03.2026-17.04.2026	Текст розділу
	4.4 IV розділ	20.04.2026-8.05.2026	
5	Підготовка графічних матеріалів чи іншого унаочнення	11.05.2026-15.05.2026	Роздатковий матеріал, презентація
6	Оформлення кінцевого списку використаних джерел та додатків	11.05.2026-15.05.2026	Список літературних джерел
7	Оформлення та попередній захист бакалаврської роботи	18.05.2026-22.05.2026	Бакалаврська робота, рішення кафедри про допуск до захисту
8	Внесення коректив та кінцеве редагування бакалаврської роботи	25.05.2026-29.05.2026	Бакалаврська робота
9	Реєстрація бакалаврської роботи на кафедрі	1.06.2026-5.06.2026	Бакалаврська робота внесена до журналу реєстрації випускових робіт
10	Захист бакалаврської роботи	10.06.2026-28.06.2026	Рішення Екзаменаційної комісії про захист

АНОТАЦІЯ

Костяний О. О. Система автоматичного керування насосною станцією першого підйому. – Рукопис.

Кваліфікаційна бакалаврська робота за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». – Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Київ, 2026 рік.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі досліджено технологічний процес підземної пневматичної насосної станції першого підйому як об'єкта автоматизації. Розроблено комплексну систему автоматичного керування, яка включає підсистеми позиційного регулювання рівня води, керування господарсько-питними, протипожежними та дренажними насосами, а також повітряним компресором і системою мікроклімату машинного залу. Обґрунтовано та вибрано сучасну апаратну базу, зокрема пристрої плавного пуску (софтстартери), магнітні пускачі, датчики тиску, рівня і температури , а також виконано математичний розрахунок вимірювальної схеми та динамічних характеристик П-регулятора.

Практичне значення полягає у можливості впровадження розробленої системи для підвищення надійності та безпеки водопостачання, зниження експлуатаційних витрат і заощадження енергоресурсів завдяки повній автоматизації процесів та використанню алгоритмів автоматичного включення резерву (АВР).

Об’єкт дослідження – процес автоматичного керування технологічними параметрами пневматичної насосної станції першого підйому.

Предмет дослідження – методи, алгоритми та технічні засоби автоматизації для створення надійної та автономної системи керування насосною станцією.

Мета роботи – теоретичне обґрунтування, проєктування та розрахунок комплексної системи автоматичного керування насосною станцією першого підйому для забезпечення безперебійного та енергоефективного водопостачання.

Методи дослідження – системний аналіз, математичне моделювання, теорія автоматичного керування, проєктування схем автоматизації.

Ключові слова: насосна станція першого підйому, система автоматичного керування, автоматичне включення резерву, пристрій плавного пуску, датчик рівня, повітряно-водяний бак, автоматизація водопостачання.

ABSTRACT

Kostianyi O. O. Automatic Control System of a First-Lift Pumping Station. – Manuscript.

Bachelor's qualification thesis in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics". – V.I. Vernadsky Taurida National University, Kyiv, 2026.

The bachelor's qualification thesis investigates the technological process of an underground pneumatic first-lift pumping station as an object of automation. A comprehensive automatic control system has been developed, comprising subsystems for positional water level regulation, management of household-drinking, firefighting, and drainage pumps, as well as an air compressor and a machine room microclimate control system. The choice of modern hardware components, specifically soft starters, magnetic contactors, and pressure, level, and temperature sensors, has been substantiated, and the mathematical calculation of the measuring circuit and dynamic characteristics of the P-controller has been performed.

The practical significance of the study lies in the possibility of implementing the developed system to improve the reliability and safety of water supply, reduce operational costs, and conserve energy resources through complete process automation and the application of automatic transfer switch (ATS) algorithms.

Object of research – the process of automatic control of technological parameters of a pneumatic first-lift pumping station.

Subject of research – methods, algorithms, and technical automation tools for creating a reliable and autonomous pumping station control system.

Purpose of the research – theoretical substantiation, design, and calculation of an integrated automatic control system for a first-lift pumping station to ensure an uninterrupted and energy-efficient water supply.

Research methods – systems analysis, mathematical modeling, automatic control theory, and automation circuit design.

Keywords: first-lift pumping station, automatic control system, automatic transfer switch, soft starter, level sensor, air-water tank, water supply automation.

ЗМІСТ

ВСТУП…….....06
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ……...11
1.1 Технологічна характеристика та базові принципи функціонування пневматичної насосної станції……...11
1.2 Технічні передумови та функціональні можливості автоматизації комплексу пневматичної насосної станції……14
1.3 Загальні принципи функціонування та технологічні параметри схеми автоматизації……16
1.4 Автоматизований контроль та підтримання мікроклімату в приміщенні машинного залу за допомогою електрокалориферної установки……...19
1.5 Опис функціональної схеми автоматизації насосної станції першого підйому…….....20
Висновок до розділу 1…….23
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ…….....26
2.1 Технологія та організація монтажних робіт електронного сигналізатора рівня типу ЕРСУ3……26
2.2 Технологічні вимоги та особливості монтажу щитів автоматики…….....28
2.3 Специфіка та технологічні вимоги до монтажу кабельних ліній і електропроводок…….....29
2.4 Технологія монтажу та налагодження електротехнчних засобів автоматизації…….....31
2.5 Обгрунтування вибору системи обігріву приміщень та технологія монтажу засобів температурного контролю……37
2.6 Технологічні рекомендації щодо монтажу та просторового розміщення засобів автоматизації……...41
2.7 Технологія монтажу та пусконалагоджувалних робіт засобів сигналізації та протиаварійного захисту насосного обладнання……..48
Висновок до розділу 2……50
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИКИ…….……52
3.1 Організаційно-технологічні засади проведення монтажних робіт засобів автоматизації……52
3.2 Експлуатаційні особливості функціонування контрольно- вимірювальних приладів та систем автоматизації компресорного обладнання……...55
3.3 Обгрунтування та вибір основних вузлів системи автоматизації……58
3.4 Обгрунтування та вибір первинного сенсорного обладнання ……63
3.5 Розрахунок вимірювальної схеми автоматичного моста……...66
Висновок до розділу 3……69
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ……71
4.1 Небезпечні й шкідливі фактори на насосній станції……..71
4.2 Організація робочого оператора насосної станції……..72
4.3 Заходи щодо зниження й усунення небезпечних і шкідливих факторів на робочому місці оператора насосних установок……73
4.4 Вимоги безпеки при експлуатації й ремонті насосної станції……..76
4.5 Перша медична допомога при опіках. Опіки дихальних шляхів……..77
4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях……...85
Висновок до розділу 4……88
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК……90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……92

ВСТУП

Сучасний етап економічного та соціального розвитку суспільства нерозривно пов'язаний із глобальною цифровізацією та масштабним впровадженням систем автоматизації у всі сфери промисловості та житлово-комунального господарства. Стратегія модернізації інфраструктури передбачає перехід до концепції «Індустрія 4.0», що вимагає широкого використання новітніх засобів автоматизації, мікропроцесорної обчислювальної техніки, програмованих логічних контролерів (ПЛК), промислових роботів та інтелектуальних систем керування різного призначення.

Під автоматизацією виробничих і технологічних процесів розуміють складну сукупність технічного обладнання, програмного забезпечення та математичних методів, які частково або повністю звільняють людину від безпосереднього виконання функцій збирання даних, контролю за процесами та керування ними. Натомість за оператором залишається функція загального нагляду та прийняття стратегічних рішень у нештатних ситуаціях.

Історично і технологічно виробничий процес вдосконалюється в таких основних напрямках:

- механізація (заміна ручної праці роботою машин і механізмів);
- забезпечення безперервності процесу (оптимізація технологічних ліній для уникнення простоїв);
- автоматизація процесу (впровадження алгоритмів саморегулювання);
- інформатизація та диспетчеризація (збір даних у реальному часі та інтеграція в системи вищого рівня, такі як SCADA).

Для ефективної автоматизації технологічних процесів сьогодні масово застосовуються мікропроцесорні пристрої, частотні перетворювачі та інтелектуальні датчики. Утворюються гнучкі автоматизовані виробництва, що дозволяють проводити швидку переналадку обладнання, миттєву зміну технологічних режимів та оптимізацію витрат енергоресурсів. Великого розвитку набули системи автоматизованого проектування (САПР) і автоматизовані системи керування технологічними процесами (АСКТП). У міру

впровадження інновацій спостерігається закономірний перехід від часткової автоматизації окремих агрегатів до комплексної автоматизації всіх взаємопов'язаних технологічних циклів, і далі — до повної автоматизації підприємств.

Особливе місце в інфраструктурі будь-якого населеного пункту займають системи водопостачання та водовідведення. Сучасні системи водопостачання представляють собою надзвичайно складний територіально-розподілений комплекс споруд, що відрізняються за функціями, але жорстко пов’язані єдиним безперервним технологічним циклом. Вони проектуються і будуються з урахуванням можливості централізованого диспетчерського управління на базі локальної автоматизації окремих вузлів (свердловин, резервуарів, насосних станцій) з використанням промислових мереж та телемеханіки.

Вода — це основа життя. Хоча на нашій планеті зосереджені колосальні обсяги водних ресурсів, понад 97% з них — це солона вода морів та океанів, а значна частина прісної води є важкодоступною або непридатною для споживання без глибокого очищення. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), дефіцит чистої питної води та споживання неякісної води є однією з головних причин поширення інфекційних захворювань, від яких щорічно страждають мільйони людей у всьому світі. Саме тому в кожній цивілізованій країні діє сувора система державних санітарних норм та стандартів (в Україні — ДСанПіН) на питну воду. Якість води оцінюється за десятками фізико-хімічних, мікробіологічних та радіологічних показників, які постійно контролюються санітарно-епідеміологічними службами.

Головним критерієм безпеки води є її епідеміологічна чистота (відсутність патогенних бактерій та вірусів). Питна вода, що видобувається з поверхневих джерел (річок, озер), підлягає обов'язковому знезараженню (хлоруванню, озонуванню або обробці ультрафіолетом), а також складній багатоступеневій фільтрації для нормалізації прозорості, смаку, запаху та хімічного складу (зниження вмісту заліза, солей жорсткості тощо).

У цьому контексті використання підземних вод має беззаперечну перевагу. Артезіанська вода зазвичай надійно захищена від поверхневого забруднення

потужними шарами водонепроникних порід. Це означає, що водопостачання з глибоких свердловин часто не потребує складних і дорогих комплексів хімічної очистки, що суттєво підвищує її цінність для споживачів та спрощує технологічний ланцюг обробки.

Важливим технічним показником роботи водопровідної мережі є також кількісні параметри: витрата та тиск води. В умовах стрімкої урбанізації та тенденції до щільної забудови великих міст (зокрема, м. Києва) висотними житловими та комерційними комплексами, виникають нові виклики для систем водопостачання. Базового тиску в міській магістралі часто не вистачає для забезпечення водою верхніх поверхів. Прокладати окремі високонапірні водогони від головних станцій економічно недоцільно і технічно небезпечно через ризик поривів. Тому біля висотних забудов встановлюють локальні підвищувальні (бустерні) насосні станції (станції третього та четвертого підйомів). Але для того, щоб ці станції працювали стабільно, необхідно забезпечити надійну і безперебійну подачу води від самого джерела.

Саме це завдання виконують насосні станції першого підйому (НС-1). Вони є найбільш відповідальними спорудами, оскільки призначені для забору води безпосередньо з джерела (у даному випадку — з артезіанських свердловин за допомогою заглибних насосів типу ЕЦВ) та її подачі у резервуари чистої води (РЧВ), на очисні споруди або безпосередньо в магістральну мережу. Від того, наскільки грамотно спроектована, автоматизована та побудована насосна станція першого підйому, залежить не тільки її власна надійність, енергоефективність і зручність експлуатації, а й безпека та стабільність роботи всієї каскадної системи водопостачання міста.

Насосні станції першого підйому, завдяки чітко визначеному технологічному алгоритму, добре піддаються автоматизації. На сучасних автоматизованих НС всі процеси, пов’язані з плавним пуском, регулюванням продуктивності, зупинкою насосів та моніторингом параметрів (тиску, рівня, струмів двигунів), здійснюються автоматично без постійної присутності обслуговуючого персоналу. Це дозволяє уникнути аварій через «людський фактор», виключити роботу насосів у режимі «сухого ходу» та суттєво

зекономити електроенергію завдяки застосуванню частотно-регульованого приводу.

В останні роки досягнуто значних успіхів в автоматизації водопровідно-каналізаційного господарства. Зростання потужності технологічного устаткування вимагає інтеграції систем водопостачання (господарсько-питних, виробничих та протипожежних) в єдину інформаційну мережу підприємства. Це, своєю чергою, збільшує потребу у висококваліфікованих інженерах з автоматизації, здатних розробляти, налаштовувати та обслуговувати сучасні системи автоматичного керування (САК).

Об'єктом розробки виступає насосна станція на базі свердловинних насосів типу ЕЦВ. Окрім автоматизації основного технологічного процесу забору та подачі води, для забезпечення безаварійної роботи станції в роботі вирішуються завдання автоматизації допоміжних систем. До них належать: автоматичне керування дренажними насосами за рівнем води в приямку (для запобігання затопленню машинного залу), а також автоматизація процесів припливно-витяжної вентиляції та електрокалориферного обігріву для підтримки оптимального мікроклімату та захисту електрообладнання від конденсату.

У межах виконання бакалаврської роботи розробляється комплекс технічної документації, що включає: функціональну схему автоматизації, яка описує стратегію керування та розташування датчиків; принципову електричну схему керування електроприводами; схеми зовнішніх з'єднань і підключень засобів автоматизації; а також креслення загального зовнішнього вигляду щита контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВПіА). Впровадження запропонованих у роботі рішень дозволить підвищити надійність водопостачання ділянки м. Києва, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити споживачів якісною питною водою у необхідних об'ємах.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Технологічна характеристика та базові принципи функціонування пневматичної насосної станції

Головне функціональне призначення підземної насосної станції пневматичного типу зводиться до гарантованого, стабільного та безперебійного забезпечення кінцевих споживачів високоякісною питною водою, яка видобувається з глибинних артезіанських горизонтів. Завдяки автоматизованому алгоритму роботи, станція здатна самостійно реагувати на зміну обсягів споживання та підтримувати необхідні гідравлічні параметри в мережі.

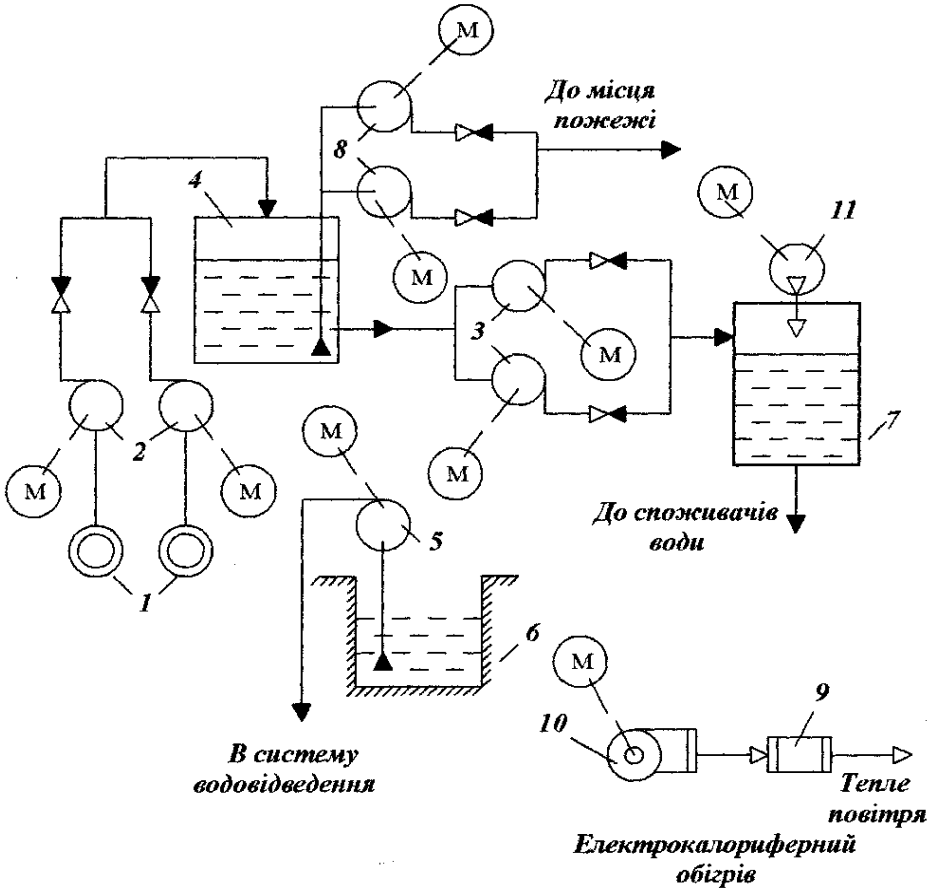
Відповідно до технологічного циклу артезіанського водопостачання, процес забору води здійснюється за допомогою заглибних (погружних) насосних агрегатів (2). Їхнім завданням є підйом водних мас зі свердловин (1) та подальше заповнення спеціального збірного резервуара (4). Ця ємність відіграє роль акумулятора, в якому постійно зберігається необхідний стратегічний запас води як для забезпечення поточних господарсько-побутових потреб населення, так і для гарантування протипожежної безпеки об'єктів. Надійність та безвідмовність системи досягається завдяки дублюванню обладнання: на станції встановлено два таких насоси та використовуються дві свердловини. В нормальних умовах один із насосів виконує функцію основного (робочого), тоді як другий перебуває у режимі очікування як резервний. Оскільки критичною вимогою до інфраструктури водопостачання є унеможливлення перебоїв у подачі ресурсу, наявність додаткового насосного обладнання є суворо обов'язковою (Рис. 1.1).

Конструктивні та схемотехнічні рішення станції передбачають повну взаємозамінність заглибних насосів: кожен із них може призначатися як основним, так і резервним агрегатом. Керування цим обладнанням реалізовано у двох форматах — ручному (за участі оператора) та повністю автоматичному. У штатному циклі робочий насос здійснює подачу води доти, доки рівень рідини у збірному резервуарі не досягне заданої максимальної позначки, після чого автоматика подає сигнал на відключення агрегату. Активація резервного

(допоміжного) насоса ініціюється автоматично у випадках, коли продуктивності основного насоса стає недостатньо для покриття витрат. Зокрема, це відбувається, якщо після запуску робочого агрегату рівень води в резервуарі не зростає, а продовжує стрімко знижуватися. Найчастіше такою причиною стає позаштатне різке збільшення витрати води внаслідок запуску протипожежних насосів (8). У такій ситуації система керування паралельно вмикає обидва заглибні насоси, які працюватимуть спільно до моменту, поки об'єм води в збірному резервуарі не почне відновлюватися. Крім того, алгоритм безпеки передбачає негайне перемикання з основного агрегату на допоміжний у разі виникнення аварійних показників: якщо на вихідному колекторі робочого насоса різко падає тиск, датчики фіксують перегрів підшипникових вузлів двигуна, або ж відбувається критичне зниження динамічного рівня води безпосередньо в експлуатаційній свердловині.

Для підтримки стабільних параметрів напору в мережі споживача використовується пневматична регулююча система. Її ключовим елементом виступає повітряний компресор (11), головна функція якого полягає у створенні та стабілізації необхідного тиску всередині закритого повітряно-водяного бака-акумулятора (7). Регулювання водопостачання відбувається динамічно. Якщо в магістралі фіксується значний розбір води (цей параметр безперервно відстежується витратоміром, змонтованим на вихідному трубопроводі з резервуара), гідростатичний тиск у системі починає падати. У відповідь на це включається господарсько-питний насос (3), який починає інтенсивно перекачувати воду зі збірного резервуара безпосередньо у пневматичну ємність. Завдяки нагнітанню води в замкнений простір, об'єм повітряної подушки у баці стискається, що призводить до стрімкого зростання гідродинамічного напору. Під впливом цього збільшеного тиску виникає явище самовитікання рідини, завдяки чому вода з силою виштовхується в магістраль і робочий тиск у споживачів швидко стабілізується. Для забезпечення максимальної швидкодії системи та підтримки пружності повітряної подушки, за сигналом від витратоміра в роботу паралельно включається компресор. Як тільки інтенсивність споживання води падає, тиск у системі починає поступово

зростати. Після досягнення верхньої допустимої межі тиску в баці, система автоматично генерує команду на зупинку робочого насоса та повітряного компресора.



1 – артезіанські свердловини; 2 – заглибні (погружні) насоси; 3 – господарсько-питні насоси; 4 – збірний резервуар; 5 – дренажний насос; 6 – дренажний приямок; 7 – повітряно-водяний бак; 8 – протипожежні насоси; 9 – електронагрівальний пристрій; 10 – припливний вентилятор; 11 – повітряний компресор.

Рисунок 1.1 – Принципова структурно-технологічна схема функціонування підземної пневматичної насосної станції у системі артезіанського водозабору.

Оскільки насосна станція розміщується у підземному просторі, виникає необхідність відведення технічної вологи. Для вирішення цього завдання в машинному залі облаштовано дренажний приямок (6). Його роль зводиться до збору та акумуляції води, яка неминуче з'являється на підлозі приміщення внаслідок утворення конденсату, технічних витоків через ущільнювачі або ж під

час проведення планових профілактично-ремонтних робіт зі зливом води з системи. Для запобігання затопленню обладнання ця рідина підлягає періодичному примусовому відкачуванню з приямка за допомогою спеціального дренажного насоса (5).

Для забезпечення нормативних експлуатаційних умов та захисту обладнання від вологості і низьких температур, приміщення підземного машинного залу оснащене системою мікроклімату. Обігрів здійснюється за допомогою системи електрокалориферного типу, алгоритм якої передбачає періодичне включення залежно від температури навколишнього середовища. Конструктивно ця кліматична установка складається з потужного електронагрівача (9), що генерує тепло, та повітродувки (припливного вентилятора) (10), яка забезпечує рівномірне розповсюдження нагрітих повітряних мас по всьому об'єму станції.

1.2 Технічні передумови та функціональні можливості автоматизації комплексу пневматичної насосної станції

Вихідні технічні умови на автоматизацію виступають фундаментальною базою для подальшої розробки детальної функціональної схеми керування об'єктом. Саме ці вимоги визначають критерії вибору оптимальних технічних засобів автоматизації, таких як датчики, контролери та виконавчі механізми, а також є основою для формування остаточної замовної відомості на необхідні контрольно-вимірювальні прилади. Згідно з наданими технічними передумовами, в рамках даного проекту необхідно розробити та інтегрувати цілий комплекс взаємопов'язаних систем автоматизованого керування, які забезпечать автономну роботу станції.

Перш за все, проект має передбачати створення надійної системи автоматичного позиційного регулювання рівня рідини всередині збірного резервуара. Цей технологічний процес здійснюється шляхом формування відповідних керуючих команд, які безпосередньо впливають на експлуатаційний стан заглибних (погружних) насосів. Критично важливою вимогою для цього вузла є наявність вбудованої функції автоматичного включення резерву (АВР),

що гарантуватиме безперервність водозабору зі свердловин у разі раптового виходу з ладу або технічного обслуговування основного агрегату.

Крім того, невід'ємною частиною загального комплексу є розробка підсистеми автоматичного керування групою господарсько-питних насосів. Їхня робота повинна суворо та безперервно синхронізуватися з показниками гідравлічного тиску в робочій порожнині повітряно-водяного бака-акумулятора. Це завдання також вимагає обов'язкової інтеграції схемотехнічних рішень АВР для підвищення загальної надійності та безвідмовності процесу водопостачання споживачів. Для підтримки оптимальних пневматичних параметрів у напірній мережі додатково реалізується схема автоматизованого керування повітряним компресором, алгоритм роботи якого алгоритмічно прив’язаний до поточної динаміки витрати води у магістралі.

Окрему увагу в технічних умовах приділено питанням експлуатаційної безпеки та підтримання належного стану самої станції. Для забезпечення найвищого рівня пожежної безпеки впроваджується контур повністю автоматичного керування протипожежними насосними установками, який, аналогічно до інших критичних систем, спирається на алгоритми АВР для миттєвого реагування у разі надзвичайної ситуації. Разом з тим, для надійного захисту підземного машинного залу від можливого затоплення технічними водами, розробляється алгоритм автоматичного контролю за роботою дренажного насоса. Його своєчасна активація та зупинка мають відбуватися виключно у залежності від показань датчиків, що фіксують рівень води у спеціальному дренажному приямку.

Нарешті, для створення сприятливих умов експлуатації встановленого чутливого електрообладнання та запобігання процесам утворення конденсату, технічне завдання регламентує впровадження системи автоматичного регулювання температурного режиму всередині машинного залу. Вирішення цього завдання передбачає використання електрокалориферного обігріву. Робота теплового обладнання має бути повністю автоматизованою, щоб електронагрівачі самостійно включалися та виключалися на основі постійного

моніторингу температури навколишнього середовища, підтримуючи заданий мікроклімат без будь-якого втручання з боку обслуговуючого персоналу.

1.3 Загальні принципи функціонування та технологічні параметри схеми автоматизації

Представлена в розробці принципова схема керування об'єднує в єдиний комплекс низку локальних підсистем автоматизації, кожна з яких відповідає за певну ділянку технологічного процесу. Загальна архітектура системи включає наступні функціональні контури: автоматичне двопозиційне регулювання рівня рідини у збірному резервуарі з безпосереднім впливом на робочий стан заглибних (погружних) насосів та підтримкою функції автоматичного включення резерву (АВР); підсистему керування групою господарсько-питних насосів, робота яких алгоритмічно прив'язана до показників тиску в повітряно-водяному баці (також із системою АВР); блок автоматичного пуску та контролю протипожежних насосів; автономний контур керування дренажним насосом за сигналами від датчиків рівня в зумпфі; систему автоматичного керування повітряним компресором, яка реагує на зміни витрати води у магістралі; а також вузол автоматичного підтримання температурного режиму в машинному залі за допомогою електрокалориферної установки.

Підсистема автоматичного позиційного регулювання рівня води у збірному резервуарі відіграє ключову роль у забезпеченні безперебійного водозабору. Вибір режимів функціонування (ручний або автоматичний) здійснюється за допомогою універсального багатопозиційного перемикача типу УП-5313-С70. У ручному режимі оперативне керування механізмами виконується безпосередньо персоналом за допомогою кнопкових постів керування серії ПКЕ-112. Під час роботи в автоматичному режимі головним керуючим елементом виступає сигналізатор рівня. Алгоритм його роботи є класичним: як тільки дзеркало води у резервуарі опускається до критичної нижньої позначки, електродний датчик замикає ланцюг і подає команду на пуск основного (робочого) заглибного насоса. Агрегат продовжує закачувати воду до моменту досягнення верхнього допустимого рівня, після чого сигналізатор формує сигнал на його зупинку.

Особливістю даної підсистеми є глибоко пропрацьований алгоритм АВР. Резервний (допоміжний) насос миттєво вводиться в експлуатацію при виникненні низки позаштатних або аварійних ситуацій. Зокрема, резерв включається у разі критичного зниження напору на нагнітальному патрубку працюючого насоса (цей параметр безперервно контролюється електроконтактним манометром типу ЕКМ-1У), або ж у випадку небезпечного перегріву підшипникових вузлів двигуна, що фіксується манометричним сигналізатором температури ТС-100 (до якого підключено відповідний первинний термодатчик). Оскільки гідравлічні удари або короткочасні електричні перешкоди можуть викликати помилкові спрацьовування датчиків, у схему інтегровано пневматичне або електронне реле часу типу РКВ-11-43-1214. Воно забезпечує необхідну часову затримку, відфільтровуючи короткочасні імпульси, і формує команду на перемикання насосів лише при підтвердженні стійкої аварійної ситуації.

Керування електроприводами господарсько-питних насосів відбувається за дещо іншим принципом і цілком залежить від пневмогідравлічних показників у повітряно-водяному баці-акумуляторі. У повністю автоматичному режимі управління здійснюється через комутаційні контакти електроконтактного манометра ЕКМ-1У, що встановлений на баці. При різкому зростанні споживання води в мережі, що фіксується за допомогою звужуючого пристрою (діафрагми камерної нормалізованої — ДКН) на вихідному трубопроводі, гідростатичний тиск у системі падає. Це призводить до замикання відповідних контактів манометра і пуску робочого господарсько-питного насоса. Агрегат нагнітатиме воду в систему доти, поки показники тиску та рівня рідини у повітряно-водяному баці не повернуться до нормативних значень. Логіка вибору робочого чи резервного агрегату, а також алгоритм спрацювання АВР у цій підсистемі побудовані за повною аналогією зі схемою заглибних насосів.

Система керування протипожежними насосними установками має найвищий пріоритет надійності. Автоматичне керування цією групою реалізовано за схемотехнікою, що дублює алгоритми роботи заглибних насосів. Проте у випадку пожежі автоматика ігнорує будь-які блокування (окрім захисту

від короткого замикання) і забезпечує гарантований вихід на номінальну потужність для створення максимального напору в протипожежній магістралі.

Окремим життєво важливим вузлом є контур автоматичного керування дренажним насосом, що захищає підземну станцію від затоплення. Як і основне обладнання, він підтримує ручний та автоматичний режими. Автоматичний цикл ініціюється зміною рівня води в дренажному приямку (зумпфі). При накопиченні стоків і досягненні верхньої позначки, електродний датчик замикається, подаючи сигнал на пуск відкачуючого агрегату. Насос працює до повного осушення приямка — як тільки вода спадає нижче мінімального рівня, електронний регулятор-сигналізатор рівня типу ЕРСУ-3 розмикає коло керування, запобігаючи небезпечному для насоса режиму «сухого ходу».

Високу енергоефективність пневматичної станції забезпечує контур автоматичного керування компресором, який відповідає за підтримку необхідного об'єму повітряної подушки. Робота компресора регулюється залежно від фактичної витрати води з пневмобака. Вимірювальний ланцюг складається з первинного звужуючого пристрою (ДКН), який працює в парі з високоточним тензорезисторним мембранним перетворювачем різниці тисків «Сапфір-22ДД». Отриманий аналоговий сигнал передається на вторинний показуючий прилад — автоматичний міліамперметр КСУ-2-004. Цей прилад оснащений вбудованим контактним мікровимикачем. Якщо витрата води стрімко зростає, а рівень у баці падає до нижньої межі, в приладі КСУ-2-004 спрацьовують замикаючі контакти. Вони подають напругу на котушку електромагнітного пускача серії ПМЕ-220, який запускає електродвигун компресора. Нагнітання додаткового повітря підвищує загальний тиск усередині резервуара, що, у свою чергу, посилює ефект самовитікання рідини і гарантує стабілізацію напору в магістралях, які ведуть до кінцевих споживачів. За необхідності (наприклад, під час технічного обслуговування), оператор може керувати роботою компресора вручну, використовуючи місцеву кнопкову станцію ПКЕ-112.

На додаток до гідравлічних та пневматичних контурів, проектна схема включає систему мікроклімату машинного залу. Автоматичне регулювання

температури здійснюється шляхом керування електрокалориферним обладнанням. Датчики температури контролюють стан навколишнього середовища і, у разі падіння температури нижче заданого порогу, автоматично активують нагрівальні елементи та припливні вентилятори. Це дозволяє уникнути утворення небезпечного конденсату на струмопровідних частинах обладнання та підтримує оптимальні умови для роботи електроніки і механіки.

1.4 Автоматизований контроль та підтримання мікроклімату в приміщенні машинного залу за допомогою електрокалориферної установки

Для забезпечення надійної, безпечної та безаварійної роботи чутливого електротехнічного і механічного обладнання насосної станції критично важливо підтримувати оптимальні кліматичні умови всередині машинного залу. З цією метою у технологічній схемі передбачено використання спеціалізованої системи електрокалориферного обігріву. Головне завдання цього інженерного комплексу полягає у безперервному моніторингу та автоматичному коригуванні температурних показників у приміщенні. Це досягається шляхом періодичної активації нагрівальних елементів, що гарантовано запобігає переохолодженню простору та унеможливлює утворення небезпечного конденсату на струмопровідних частинах і корпусах агрегатів.

Процес автоматичного регулювання базується на постійному вимірюванні фактичної температури повітряного середовища. Якщо температурний показник опускається нижче встановленого нормативного порогу, цю зміну миттєво фіксує первинний вимірювальний прилад — мідний термоперетворювач опору (термодатчик) типу ТСМ-50. Цей високочутливий елемент трансформує фізичну зміну температури у відповідну зміну електричного опору. Згенерований аналоговий сигнал по лініях зв'язку безперервно передається на інформаційний вхід вторинного керуючого пристрою — мікроелектронного регулятора температури серії ТМ-2, який виконує функцію логічного обробника інформації.

Отримавши сигнал про падіння температури та відхилення її від заданої уставки, регулятор ТМ-2 формує відповідну керуючу команду на включення системи опалення. За умови, що універсальний перемикач вибору режимів

керування типу УП-5313-С70 переведений оператором у положення автоматичної роботи, електричний імпульс надходить на котушку електромагнітного пускача серії ПМЕ-220. Спрацювання цього комутаційного апарату призводить до надійного замикання силових контактів, через які електрична напруга подається безпосередньо на виконавчі механізми кліматичної установки.

В результаті спрацювання пускача відбувається миттєвий і одночасний запуск припливного вентилятора (повітродувки) та подача живлення на робочі блоки електрокалорифера. Вентилятор забезпечує інтенсивне обдування нагрівальних елементів і примусовий, рівномірний розподіл нагрітих повітряних мас по всьому об'єму машинного залу. Цей активний процес теплообміну триває доти, поки мікроклімат у приміщенні не стабілізується і температура не досягне верхньої межі заданого робочого діапазону. Після нормалізації температурного фону терморегулятор подає команду на розмикання кола, автоматика відключає живлення пускача, і система обігріву переходить у режим очікування до наступного циклу зниження температури.

1.5 Опис функціональної схеми автоматизації насосної станції першого підйому

Розгорнута функціональна схема автоматизації технологічних процесів станції першого підйому (яка наведена на відповідному кресленні в графічній частині дипломного проєкту) відображає комплексну стратегію керування обладнанням. Цей документ детально описує взаємодію первинних датчиків, логічних контролерів та виконавчих механізмів, забезпечуючи повністю автономний цикл видобутку та первинної підготовки води.

Автоматизоване керування гідротехнічною водозабірною спорудою та безпосередньо самою насосною станцією реалізується за наведеним нижче алгоритмом.

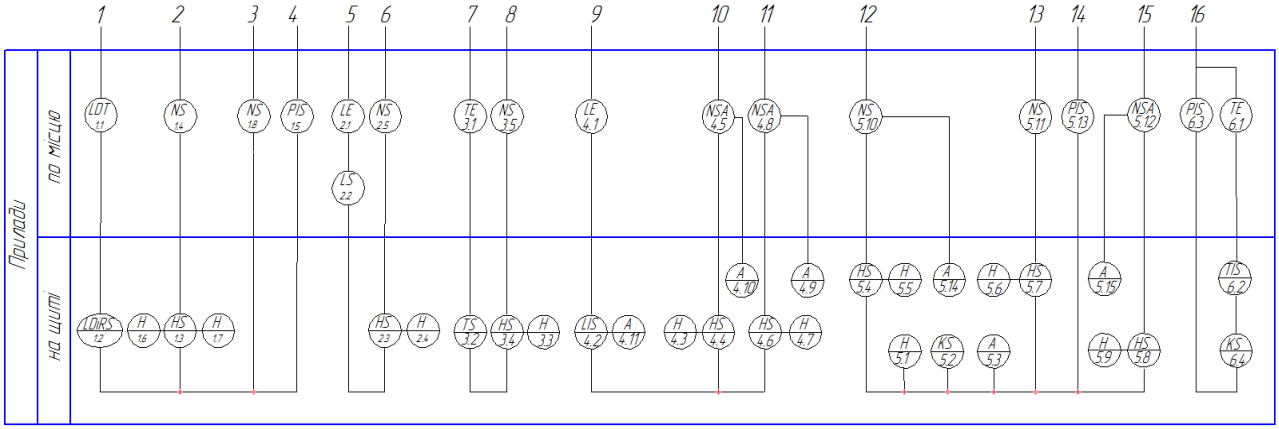


Рисунок 1.2 – Умовні позначення та розташування засобів автоматизації на функціональній схемі (за місцем встановлення та на щиті керування)

Гідротехнічна водозабірна споруда конструктивно розділена на дві незалежні паралельні секції: основну (робочу) та резервну. Таке архітектурне рішення є критично важливим, оскільки воно дозволяє без зупинки загального процесу водопостачання періодично виводити одну з ємностей з експлуатації для проведення регламентних очисних робіт (видалення мулових відкладень та біологічного забруднення зі стінок резервуара). У свою чергу, кожна з цих секцій функціонально поділяється масивною фільтруючою металевою сіткою на два суміжних простори: приймальне та відбірне відділення.

Приймальне відділення має безпосередній гідравлічний зв'язок із відкритим джерелом води (водоймою). На межі цього переходу змонтовано потужний металевий щитовий затвор, положення якого визначає об'єм води, що надходить на станцію. Алгоритм підтримання стабільного рівня води у цьому резервуарі спирається на показання первинного датчика рівня (поз. 2.1). Сигнал від нього надходить на електронний регулятор-сигналізатор рівня типу ЕРСУ-3 (поз. 2.2), який виступає логічною ланкою. Залежно від показань, прилад формує керуючу команду на електромагнітний пускач (поз. 2.5), що подає напругу на електричний привод вентиля щитового затвора, тим самим дозуючи подачу води з водойми.

З приймального відділення вода, пройшовши крізь фільтруючий екран, перетікає у відбірний відділ. Саме звідси здійснюється безпосередній забір води головними відцентровими насосами станції першого підйому. Для запобігання роботі насосів у режимі «сухого ходу» та підтримання оптимального

кавітаційного запасу, рівень води у відбірному відділенні безперервно відстежується окремим датчиком рівня (поз. 4.1). Цей датчик передає інформацію на власний електроконтактний сигналізатор рівня ЕРСУ-3 (поз. 4.2). Логіка цього приладу налаштована таким чином, щоб генерувати безпосередні керуючі сигнали на пуск або зупинку потужних відцентрових насосів. Завдяки наявності на пульті диспетчера багатопозиційних перемикачів режимів (поз. 4.4 та 4.6), оперативний персонал має змогу обирати формат керування цим обладнанням: залишати його в повністю автоматичному режимі або переводити на ручне керування для проведення ремонтних робіт.

Важливою технологічною особливістю відцентрових насосів є їхня нездатність самостійно всмоктувати воду, якщо їхня робоча камера та підвідний трубопровід заповнені повітрям. Для вирішення цієї проблеми розроблено систему автоматичної заливки (вакуумування). Процес ініціюється оператором шляхом натискання стартової кнопки (поз. 5.5) на панелі керування. Відразу після цього замикаються силові контакти магнітного пускача (поз. 5.11), що призводить до запуску першого вакуумного насоса. Для прискорення процесу евакуації повітря, паралельно спрацьовує інший магнітний пускач (поз. 5.10), підключаючи в роботу другий вакуум-насос. Рівень створеного розрідження в магістралях безперервно контролюється за допомогою спеціалізованого електроконтактного мановакуумметра (поз. 5.13). Як тільки розрідження досягає заданої розрахункової величини, достатньої для підйому стовпа води, прилад подає сигнал на електричний виконавчий механізм (поз. 5.15). Механізм відкриває вакуумопровід, і вода миттєво заповнює камеру головного насоса, готуючи його до безпечного пуску. З міркувань надійності аналогічна дублююча схема автоматичної заливки передбачена і для резервного відцентрового агрегату. Крім того, система зберігає повний функціонал ручного покрокового керування заливними вакуум-насосами через розгалужену мережу універсальних перемикачів (поз. 5.4, 5.7, 5.8) та місцевих кнопкових станцій (поз. 5.5, 5.6, 5.9, 5.1).

Для захисту дороговартісного технологічного обладнання від руйнівного впливу низьких температур у зимовий період, на станції функціонує система

автоматичного регулювання (САР) мікроклімату машинного залу. Вона налаштована на жорсткий температурний поріг: якщо показники всередині приміщення опускаються нижче +5ºС (що є критичним для води в трубах та арматурі), система автоматично активує електрообігрів. Цей контур включає в себе високочутливий датчик температури (поз. 3.1), логічний регулятор-сигналізатор температури (поз. 3.2) та силовий блок — безконтактний тиристорний пускач (поз. 3.5), який плавно комутує навантаження, забезпечуючи швидкий та безпечний нагрів повітря до безпечних значень.

Окремим енергоефективним вузлом на схемі є система автоматичного очищення розділювальної фільтруючої сітки. У процесі роботи сітка виконує функцію грубого механічного бар'єра, вилучаючи з водного потоку водорості, плавуче сміття та органічні домішки. З часом її осередки забиваються, що створює значний гідравлічний опір. Цей стан ідентифікується за допомогою мембранного тензометричного перетворювача (поз. 1.1), який фіксує перепад тиску між приймальним та відбірним відділеннями. Коли рівень забруднення (перепад тиску) перевищує допустиму норму, автоматика ініціює цикл самоочищення. Перетворювач подає команду на магнітний пускач (поз. 1.4), який активує електродвигун засувки для подачі води під високим тиском з промивного бака. Одночасно спрацьовує пускач (поз. 1.8), включаючи привод обертання самої фільтруючої сітки, підставляючи під струмені води її забруднені ділянки. Такий інтелектуальний алгоритм промивки виключно «за потребою» запобігає безперервній роботі очисних механізмів, що суттєво економить електроенергію та робочий ресурс обладнання.

Висновок до розділу 1

У першому розділі було проведено детальний аналіз технологічного процесу підземної пневматичної насосної станції першого підйому як об'єкта автоматизації. Встановлено, що її головним функціональним призначенням є гарантоване та безперебійне забезпечення кінцевих споживачів високоякісною питною водою, яка видобувається з артезіанських свердловин. Висока стабільність та надійність роботи всієї інфраструктури досягається завдяки

дублюванню основного технологічного обладнання, зокрема наявності робочих та резервних заглибних насосів, а також впровадженню пневматичної регулюючої системи, побудованої на базі повітряного компресора і повітряно-водяного бака-акумулятора.

На основі дослідження технологічного циклу було визначено ключові технічні умови для побудови комплексної системи автоматизації. Ці умови вимагають розробки незалежних контурів керування, серед яких основними є системи автоматичного позиційного регулювання рівня рідини у збірному резервуарі, алгоритми контролю тиску для забезпечення синхронної роботи господарсько-питних насосів, а також схеми гарантованого автоматичного пуску протипожежних установок. При цьому критично важливою вимогою для збереження безперебійності процесу водопостачання у нештатних ситуаціях є обов'язкова інтеграція функції автоматичного включення резерву (АВР). Автоматика має миттєво спрацьовувати і перемикати навантаження при фіксації падіння тиску в магістралі або у випадку перегріву підшипникових вузлів двигуна основного агрегату.

Окрім керування основним насосним обладнанням, для надійного захисту станції та підтримання нормативних експлуатаційних умов було обґрунтовано необхідність автоматизації допоміжних інженерних вузлів. До них належать автономна система відкачування технічної води з дренажного приямка та система електрокалориферного обігріву, яка відповідає за регулювання мікроклімату і запобігання утворенню конденсату в приміщенні машинного залу. Описана в розділі розгорнута функціональна схема автоматизації здатна забезпечити повністю автономний цикл роботи об'єкта. Вона додатково враховує такі технологічні рішення, як система автоматичної заливки (вакуумування) відцентрових насосів перед їх безпосереднім пуском та інтелектуальний алгоритм промивки фільтруючої металевої сітки, що ініціюється виключно на основі фактичних показників перепаду тиску.

Таким чином, сформовані у процесі аналізу технічні передумови та детально визначені алгоритми функціонування кожної підсистеми виступають надійною фундаментальною базою. Це створює необхідне інженерне підґрунтя

для подальшого обґрунтованого вибору оптимальних технічних засобів автоматизації та розробки схемотехнічної проєктної документації у наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Технологія та організація монтажних робіт електронного сигналізатора рівня типу ЕРСУ-3

Надійне та безперебійне функціонування даного контрольно-вимірювального приладу гарантується виробником виключно за умови суворого дотримання жорстких параметрів мікроклімату. Температура навколишнього середовища в зоні експлуатації повинна знаходитися в межах від +10 до +45 градусів за Цельсієм, а відносна вологість повітря не може перевищувати позначку в 95 відсотків. Разом з тим, існує ряд категоричних обмежень щодо вибору місця для встановлення обладнання. Забороняється монтувати сигналізатор у приміщеннях з агресивним середовищем, де присутні їдкі гази або хімічні випаровування, здатні викликати корозію металевих елементів та прискорене руйнування електроізоляційних матеріалів. Крім того, прилад не допускається до експлуатації у вибухонебезпечних зонах, у місцях, що піддаються постійним механічним вібраціям чи різким динамічним ударам, а також у технологічних середовищах, схильних до утворення стійкого твердого осаду безпосередньо на чутливому електроді датчика, оскільки це може ізолювати контакт і призвести до відмови системи.

В основу роботи приладу ЕРСУ-3 покладено принцип дії класичного електроконтактного (кондуктометричного) датчика, який фіксує замикання електричного ланцюга через електропровідне рідинне середовище. Конструктивно цей сигналізуючий комплекс оснащений трьома вимірювальними датчиками (електродами), які відповідають за збір даних та безпосереднє регулювання технологічного рівня рідини. Два з цих електродів призначені для моніторингу води у стандартному робочому діапазоні (для підтримання верхньої та нижньої межі), тоді як третій датчик виконує функцію критичного захисту, сигналізуючи про досягнення водою аварійного рівня. Безперервний візуальний контроль за поточним станом робочого рівня в

резервуарі здійснюється за допомогою трьох індикаторних ламп, виведених на лицьову панель керуючого блоку.

У випадку виникнення позаштатної ситуації, коли рівень рідини виходить за допустимі межі і досягає критичних аварійних позначок, система автоматично генерує тривожне сповіщення. Це попередження персоналу реалізується за рахунок активації потужного звукового дзвінка або ввімкнення яскравих аварійних сигнальних ламп. Запуск цих пристроїв оповіщення здійснюється за допомогою комутаційних контактів відповідних вихідних реле, які замикаються логічним блоком сигналізатора після надходження імпульсу від аварійного електрода.

Процес безпосереднього монтажу сигналізатора вимагає чіткого дотримання визначеної технологічної послідовності дій. На першому етапі здійснюється надійна фіксація головного блоку сигналізації на заздалегідь підготовленому місці за допомогою міцних болтових з'єднань. Після цього інженери переходять до монтажу самих вимірювальних датчиків безпосередньо на технологічній ємності (сосуді). Нормативні документи рекомендують застосовувати саме вертикальний спосіб їх встановлення, після чого проводиться точне механічне регулювання довжини робочої (зануреної) частини кожного електрода відповідно до технологічних вимог. У випадку, коли конструкція резервуара передбачає введення датчиків через верхню кришку, просторове розміщення монтажних отворів визначається безпосередньо за місцем виконання робіт. При цьому вкрай важливо дотримуватися безпечного технологічного зазору: відстань між центрами сусідніх отворів має становити не менше 110 міліметрів для запобігання виникненню струмів витоку та взаємним перешкодам. Якщо ж специфіка об'єкта вимагає горизонтального введення датчиків крізь бокову стінку резервуара, то отвори висвердлюються у строгій відповідності до висотних відміток тих рівнів, які підлягають контролю. Окрему увагу слід приділити процесу монтажу системи в ємностях, виготовлених із діелектричних (непровідних) матеріалів, наприклад, із пластику або бетону. У таких резервуарах рідина не має електричного контакту з «землею», тому паралельно до вимірювальних датчиків необхідно обов'язково прокладати

додаткову струмопровідну заземлюючу шину. Ця шина має бути надійно з'єднана електричним кабелем із загальним блоком сигналізації та контуром живлення, створюючи таким чином повноцінне замкнене коло для проходження вимірювального струму.

2.2 Технологічні вимоги та особливості монтажу щитів автоматики

Процес встановлення щитів контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВПіА) здійснюється залежно від архітектурних та функціональних особливостей конкретного об'єкта. Найчастіше таке обладнання розміщують у спеціально обладнаних диспетчерських пунктах, де постійно перебуває оперативний персонал, або ж у виділених закритих технічних приміщеннях. У деяких випадках, якщо це передбачено проєктом, допускається монтаж шаф керування у вигляді зовнішніх установок просто неба, за умови використання відповідних волого- та пилозахищених корпусів. Вибір конкретного місця базується на необхідності забезпечення зручного доступу для обслуговування та мінімізації впливу шкідливих виробничих факторів на чутливу електроніку.

Відповідно до регламентних вимог будівельних норм і правил (зокрема СНіП 3.05.07-85), початок інсталяції щитового обладнання дозволяється лише після комплексної підготовки робочої зони. До старту монтажних робіт з автоматизації, усі суміжні будівельно-монтажні операції на технологічному обладнанні мають бути повністю завершені. Робочий майданчик необхідно довести до такого стану, який стовідсотково гарантує безпеку праці монтажників та відповідає чинним державним санітарно-гігієнічним нормам. Якщо ж встановлення передбачається у спеціалізованих щитових приміщеннях, то в них мають бути остаточно виконані всі загальнобудівельні та «брудні» оздоблювальні роботи (штукатурення, фарбування, облаштування кабельних каналів). Це є критично важливим для того, щоб уникнути потрапляння будівельного пилу, вологи та сміття на внутрішні електронні компоненти, реле та мікропроцесорні контролери.

Окрему увагу під час виконання монтажних процедур необхідно приділяти дотриманню жорстких параметрів мікроклімату. У разі проведення робіт із

встановлення та підключення щитів безпосередньо у технологічних приміщеннях, нормативні документи категорично вимагають підтримувати стабільний температурний режим. Температура навколишнього середовища в робочій зоні не повинна опускатися нижче позначки +5 °С. Забезпечення цього температурного мінімуму є обов'язковою умовою, оскільки при нижчих температурах ізоляція кабельних ліній втрачає свою еластичність і може тріскатися під час вигинів та укладання, а пластикові елементи клемних колодок та комутаційної апаратури стають крихкими, що суттєво підвищує ризик їх механічного пошкодження при монтажі.

2.3 Специфіка та технологічні вимоги до монтажу кабельних ліній і електропроводок

Будь-який процес прокладання кабельно-провідникової продукції обов'язково розпочинається з відповідального підготовчого етапу. Перед тим як розпочати безпосередній монтаж, інженерно-технічний персонал повинен провести ретельний зовнішній візуальний огляд транспортувальних барабанів або бухт із кабелем на предмет виявлення можливих механічних пошкоджень, деформацій чи порушень цілісності захисної обшивки, які могли виникнути під час доставки. Крім того, до початку розмотування вкрай важливо здійснити інструментальну перевірку електричної ізоляції струмопровідних жил, щоб переконатися у відсутності коротких замикань, мікротріщин або витоків струму ще до етапу укладання ліній на трасі.

Найбільш поширеним, економічно доцільним та найпростішим з точки зору практичної реалізації методом є відкрита прокладка кабельних електропроводок. Цей спосіб забезпечує максимально легкий доступ для подальшого технічного обслуговування, постійного візуального контролю та оперативного ремонту в процесі експлуатації. Відкритий монтаж може виконуватися безпосередньо по внутрішніх стінах приміщень, несучих будівельних конструкціях будинків, під стельовими перекриттями виробничих цехів, а також по зовнішніх фасадах і стінах інженерних споруд. Для забезпечення надійної фіксації та

впорядкованості ліній при такому способі застосовуються різноманітні кріпильні елементи, металеві лотки, пластикові короби або захисні металорукави.

У випадках, коли реалізація відкритого способу ускладнена великою щільністю суміжних комунікацій, або якщо такий монтаж є технічно неможливим через архітектурні особливості об'єкта, застосовується метод прокладання у спеціально обладнаних кабельних каналах та підземних тунелях. Хоча такий підхід вимагає значно більших капіталовкладень та трудовитрат під час будівництва, він забезпечує найвищий ступінь захисту електропроводок від будь-яких зовнішніх пошкоджень, впливу агресивних факторів навколишнього середовища та стороннього несанкціонованого втручання.

Окрему і надзвичайно важливу увагу під час проєктування та монтажу слід приділяти дотриманню суворих правил пожежної та промислової безпеки. Згідно з чинними нормативними документами, категорично забороняється спільне прокладання кабелів систем автоматизації в загальних колекторах разом із газопроводами або трубопровідними магістралями, які призначені для транспортування будь-яких горючих чи легкозаймистих рідин. Нехтування цим правилом є неприпустимим, оскільки воно може призвести до масштабних аварій у разі виникнення випадкової електричної іскри в умовах потенційного витоку вибухонебезпечних або легкозаймистих речовин.

Ще одним допустимим варіантом облаштування трас є прокладання кабельних магістралей безпосередньо в землі (у спеціально підготовлених траншеях). Цей метод використовується як альтернатива тоді, коли відкрита або канальна прокладка виявляється неможливою чи недоцільною на довгих дистанціях між будівлями. Проте земляні роботи мають свої жорсткі технологічні обмеження: для забезпечення належного природного тепловідведення та запобігання критичному взаємному нагріванню, кількість паралельно прокладених ліній в одній стандартній траншеї не повинна перевищувати чотирьох-п'яти штук. Більше того, для такого підземного монтажу дозволяється використовувати виключно спеціалізовані марки кабелів, зовнішня ізоляційна оболонка і металева броня яких здатні тривалий час витримувати

руйнівну дію ґрунтових вод, ґрунтову корозію та стабільний механічний тиск шарів землі.

2.4 Технологія монтажу та налагодження електротехнічних засобів автоматизації

Особливості встановлення електроконтактного сигналізатора рівня типу ЕРСУ-3 В основу функціонування приладу ЕРСУ-3 покладено класичний принцип кондуктометричного вимірювання, що базується на зміні електричного опору (електропровідності) контрольованого рідинного середовища під час замикання кола між електродами. Стандартна комплектація системи включає три вимірювальні датчики. Два з них безпосередньо відповідають за моніторинг, сигналізацію та оперативне регулювання рівня води в межах заданого експлуатаційного (робочого) діапазону. Третій датчик виконує виключно захисну функцію і призначений для миттєвої сигналізації про виникнення аварійної ситуації — перевищення допустимих меж. Залежно від технологічних потреб конкретного резервуара, цей аварійний електрод може монтуватися як вище датчика максимального робочого рівня (для захисту від переливу), так і нижче датчика мінімального рівня (для захисту від «сухого ходу» насосів). Візуальна ідентифікація поточного стану системи здійснюється на лицьовій панелі приладу за допомогою трьох кольорових світлодіодних індикаторів (сигнальних ламп): червона лампа сповіщає про досягнення нижньої межі, жовта фіксує верхній рівень, а зелена підтверджує знаходження рідини в оптимальному середньому (проміжному) діапазоні (рис. 2.1).

Процес інсталяції електричного сигналізатора поділяється на кілька послідовних етапів. Спочатку необхідно здійснити жорстку фіксацію головного електронного блоку сигналізації на заздалегідь підготовленій монтажній панелі або стіні за допомогою трьох міцних кріпильних болтів. Наступним кроком є безпосереднє встановлення електродних датчиків на технологічній посудині (резервуарі) та точне механічне регулювання довжини їхньої робочої частини відповідно до проектних позначок. При монтажі датчиків крізь верхню кришку резервуара, просторове розміщення отворів розраховується безпосередньо на

місці, проте для запобігання хибним спрацьовуванням через струми витоку, міжосьова відстань між ними повинна становити строго не менше 110 мм. Якщо ж передбачено горизонтальний монтаж крізь бокову стінку ємності, монтажні отвори висвердлюються у точній відповідності до висотних відміток контрольованих рівнів. Окремою вимогою є монтаж системи в діелектричних резервуарах (наприклад, із пластику або бетону) — у таких випадках паралельно до вимірювальних зондів обов'язково прокладається струмопровідна заземлююча шина, яка надійно з'єднується з відповідною клемою блоку джерела живлення та сигналізації. При класичному вертикальному монтажі датчиків, довжина зануреної робочої частини кожного електрода калібрується виключно за контрольованими проектними значеннями рівнів.

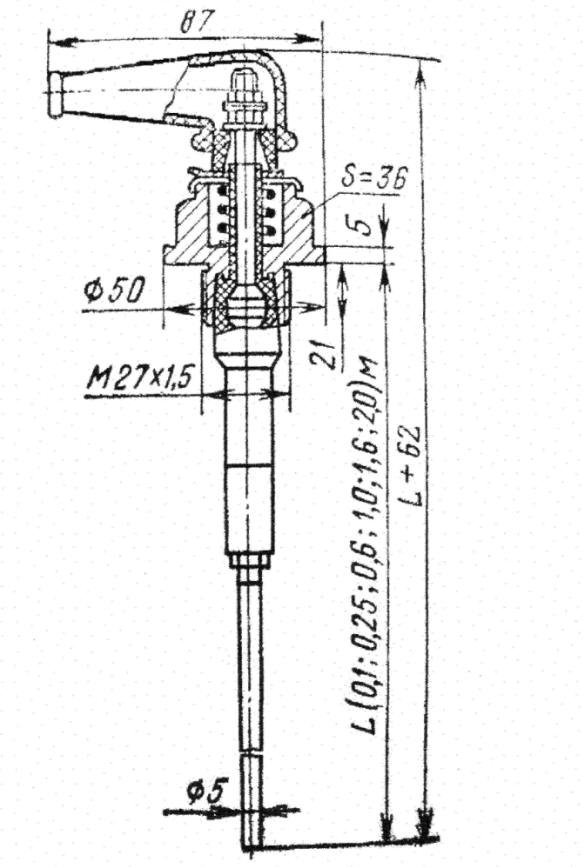


Рисунок 2.1 – Загальний зовнішній вигляд та панель індикації електронного сигналізатора рівня типу ЕРСУ-3

Монтаж кнопочних постів керування ПКЕ-112 та універсальних перемикачів УП-5313-С70 Двоштіфтова кнопкова станція типу ПКЕ-112 є базовим елементом систем ручного дистанційного керування і призначена для оперативного вмикання та вимикання електромагнітних пускачів. Її конструкція

включає внутрішнє комутаційне шасі та міцний зовнішній корпус, спроектований спеціально для прихованого (утопленого) монтажу на вертикальних поверхнях пультів та щитів керування. Надійна фіксація пристрою до металевої панелі щита забезпечується чотирма болтами. На тильній стороні кнопкового поста розташовані гвинтові з'єднувальні контакти. Технологічно допускається пряме приєднання попередньо зачищених жил електричних проводів безпосередньо до цих комутаційних клем без використання додаткових наконечників. Перед введенням кнопкової станції в експлуатацію обов'язковою процедурою є візуальна та інструментальна перевірка правильності підключення всіх провідників згідно з електричною схемою.

Для реалізації складніших алгоритмів дистанційного керування, перемикання режимів (наприклад, з ручного на автоматичний) та керування окремими технологічними процесами автоматизації, широко застосовуються універсальні багатопозиційні перемикачі серії УП-5313-С70. Подібно до кнопкових постів, цей перемикач складається з контактного шасі та захисного корпусу і призначений для утопленого щитового монтажу з болтовим кріпленням. На задній панелі приладу розміщені з'єднувальні контакти, до яких за допомогою дротів здійснюється комутація з клемними колодками щита. Аналогічно до вимог пусконалагоджувальних робіт для будь-якої комутаційної апаратури, перед першим включенням перемикача під напругу необхідно ретельно перевірити правильність підключення всіх ліній (рис. 2.2).

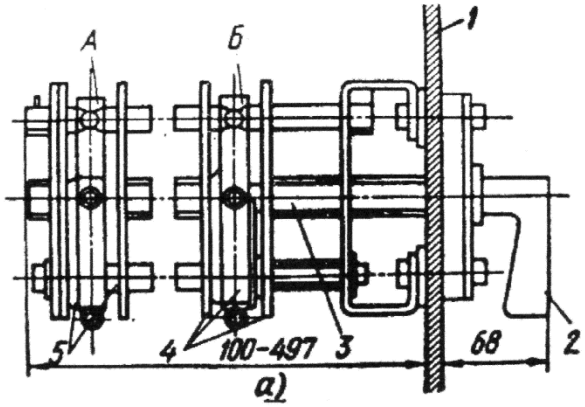


Рисунок 2.2 – Конструктивне виконання універсального багатопозиційного перемикача керування типу УП-5313-С70

Вимоги до встановлення та налагодження електромагнітних пускачів серії ПМЕ-220 Експлуатаційна надійність електромагнітного пускача безпосередньо залежить від умов його монтажу. Прилад повинен встановлюватися в місцях, захищених від сильних механічних вібрацій та ударних навантажень. Оптимальним положенням для монтажу є суворо вертикальна площина, хоча технічні умови допускають незначне відхилення апарата на кут до 10° у будь-якому напрямку. Під час підключення електропроводки монтажник повинен чітко орієнтуватися на маркування затискачів, нанесене заводом-виробником на пластмасовому корпусі (рис. 2.3).

Гвинтові контактні затискачі пускача цієї серії конструктивно розраховані на безпосереднє і надійне приєднання одного або двох провідників (мідних чи алюмінієвих) із площею поперечного перерізу від 1 до 6 мм² як для силових (головних), так і для керуючих (допоміжних) електричних кіл. До обов'язкових пусконалагоджувальних робіт належить перевірка відповідності номінальної робочої напруги електромагнітної котушки пускача фактичній напрузі керуючого джерела живлення.

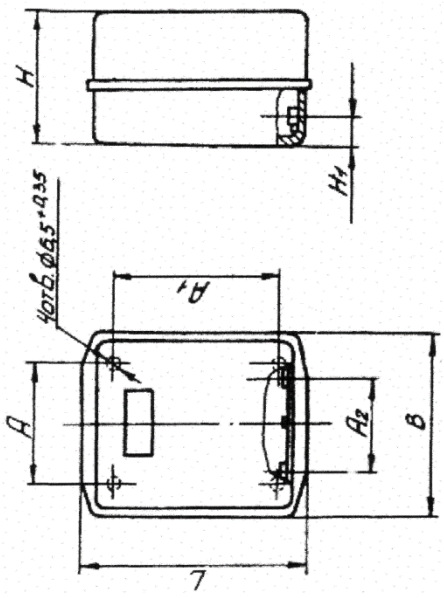


Рисунок 2.3 – Габаритно-приєднувальні (монтажні) розміри магнітного пускача серії ПМЕ-220

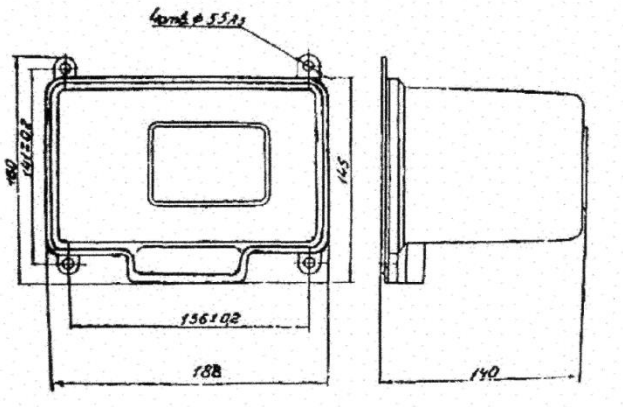


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри та схема підключення реле часу РКВ В-43-12К

(Примітка: для монтажу манометричних приладів та датчиків тиску, що встановлюються на трубопроводах, вимагається дотримання вертикального положення корпусу. Усі нарізні з'єднання повинні бути герметично ущільнені за допомогою фіброві або паронітових прокладок. Загальна довжина імпульсної лінії від місця відбору тиску до самого приладу не повинна перевищувати 15 метрів).

Технологія монтажу мідних термоперетворювачів опору (термометрів) типу ТСМ-100 Первинний датчик температури — термометр опору (рис. 2.5) — монтується безпосередньо в технологічний трубопровід або стінку апарата. Для забезпечення надійної фіксації та герметичності використовується спеціальна монтажна арматура: пряма або скошена бобишка, оснащена нерухомим штуцером з різьбленням. У випадках, коли виникає необхідність встановлення термометра опору (у виконанні з фланцем та бобишкою) на цегляну стіну або плоску металеву поверхню, його кріплять до заздалегідь підготовлених і приварених оправ.

У процесі монтажу термоперетворювачів необхідно неухильно дотримуватися низки жорстких технічних вимог. Насамперед, матеріальне виконання захисної арматури термометра має повністю відповідати фізико-хімічним властивостям вимірюваного та навколишнього середовища (тиск, агресивність). Глибина занурення чутливого елемента розраховується таким чином, щоб кінець робочої частини для платинових датчиків (ТСП) знаходився на 50–70 мм, а для мідних датчиків (ТСМ) — на 25–30 мм нижче центральної осі

потоку рідини чи газу, що вимірюється. За можливості, врізку датчика слід виконувати на прямих та стабілізованих ділянках трубопроводу.

Якщо температура навколишнього середовища в місці встановлення перевищує +50 °С, виступаюча над трубопроводом зовнішня (клемна) частина термометра повинна бути ретельно теплоізольована, а в зонах прямого інфрачервоного (теплового) випромінювання від печей чи котлів — обов'язково захищена екраном. У специфічних випадках, при вимірюванні високотемпературних середовищ (понад +400 °С), датчик монтують виключно вертикально з облаштуванням додаткової механічної опори для запобігання температурній деформації захисної гільзи. Якщо ж термометр опору використовується для вимірювання температури повітря в самому приміщенні, його фіксують на спеціальних кронштейнах, віддалених від капітальних стін щонайменше на 50–70 мм, щоб уникнути похибок від нагрітих чи охолоджених конструкцій.

Підведення електричних кабелів та захисних металевих труб до клемної головки датчика здійснюється за допомогою гнучких металорукавів, обладнаних відповідними металевими або пластмасовими перехідними муфтами. У зонах, де повністю відсутні технологічні вібрації, нормативи дозволяють виконувати жорстке приєднання захисної труби за допомогою стандартного різьбового роз'ємного з'єднання. При використанні броньованих кабелів, металева броня акуратно знімається на ділянці підключення, після чого звільнений кабель заводиться в захисний металорукав. Завершальним етапом монтажу є маркування: на корпусі кожного встановленого термометра повинна бути надійно закріплена інформаційна бирка (дірка) із зазначенням його проектного номера (позиції) згідно з функціональною схемою.

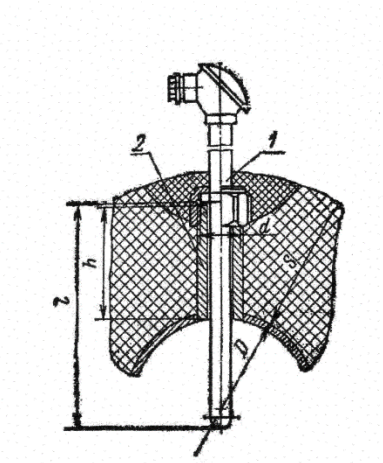


Рисунок 2.5 – Схема монтажу мідного термометра опору типу ТСМ-100 за допомогою бобишки на технологічному трубопроводі

2.5 Обґрунтування вибору системи обігріву приміщень та технологія монтажу засобів температурного контролю

Для забезпечення належного мікроклімату та стабільної роботи обладнання використовується комплекс датчиків і регуляторів. Процес встановлення мідного термоелектричного перетворювача (термометра опору) типу ТСМ-50 має свої технологічні особливості. У випадках, коли монтаж здійснюється безпосередньо на капітальній цегляній стіні або на плоскій металевій поверхні, прилад із фланцевим з'єднанням та захисною бобишкою жорстко кріпиться до попередньо встановлених монтажних оправ. Під час виконання цих робіт фахівці зобов'язані суворо дотримуватися низки нормативних вимог. Насамперед, матеріальне та кліматичне виконання обраного термометра повинно абсолютно точно відповідати фізичним параметрам і хімічним властивостям як вимірюваного, так і навколишнього середовища. Глибина занурення чутливого елемента розраховується таким чином, щоб кінець робочої частини для платинових датчиків знаходився на відстані від 50 до 70 міліметрів, а для мідних аналогів — від 25 до 30 міліметрів нижче центральної геометричної осі потоку, що вимірюється. Якщо температура навколишнього середовища в зоні монтажу перевищує 50 °C, зовнішня частина термометра, що виступає над поверхнею, підлягає обов'язковій тепловій ізоляції. У разі наявності прямого теплового випромінювання від сторонніх джерел, прилад додатково захищається спеціальними екранами. Термометри опору, цільовим призначенням яких є

вимірювання температури повітря всередині приміщення, монтуються на спеціальних опорних конструкціях, що забезпечують гарантований відступ від капітальної стіни на відстань 50–70 міліметрів для уникнення температурних похибок. Підведення електричних кабелів зв'язку та монтаж захисних труб виконується виключно в гнучких металорукавах, які комплектуються надійними металевими або пластмасовими перехідними муфтами.

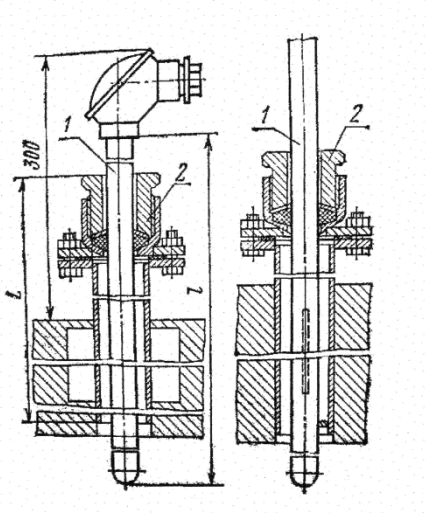


Рисунок 2.6 – Технологічна схема кріплення термоелектричного перетворювача типу ТСМ-50 на поверхні цегляної стіни

Безпосереднє керування температурними режимами здійснюється за допомогою мікроелектронного регулятора температури серії ТМ-2. Фундаментальним принципом роботи цього пристрою є високоточний метод вимірювання електричного опору. Аналоговий сигнал, що надходить від вимірювального моста (в одне з плечей якого інтегровано первинний температурний датчик), передається на інформаційний вхід чутливого операційного підсилювача. Після належного підсилення цей сигнал спрямовується на електронне безконтактне реле, яке, у свою чергу, формує кінцеву керуючу дію на вихідний виконавчий пристрій комутуючого струму. З міркувань електробезпеки корпус приладу підлягає обов'язковому захисному заземленню. Для гарантування тривалої та безвідмовної експлуатації, регулятор необхідно розміщувати виключно в сухих, стабільно опалюваних приміщеннях, де підтримується температура на рівні +25 °C, а відносна вологість повітря не перетинає позначку у 80 відсотків. Згідно з правилами пожежної безпеки, категорично забороняється встановлювати та експлуатувати даний пристрій у

приміщеннях, яким присвоєно категорію вибухонебезпечних або пожежонебезпечних.

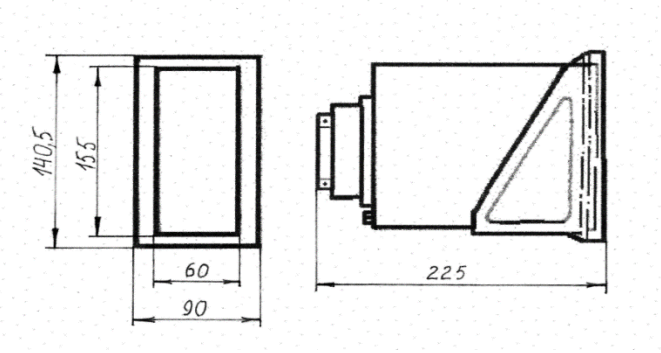


Рисунок 2.7 – Конструктивне виконання та панель керування мікроелектронного терморегулятора ТМ-2

Програмне налаштування регулятора ТМ-2 для роботи в режимі трипозиційного приладу виконується за допомогою спеціальних калібрувальних перемикачів, які конструктивно розташовані на його задній панелі. Інформаційні лінії передачі даних між вимірювальним датчиком та блоком регулятора обов'язково прокладаються спеціальними трижильними кабелями. Для ефективного захисту від електромагнітних завад ці проводи розміщуються всередині глухої заземленої металевої труби. Жорстким правилом електромонтажу є сувора заборона на спільне прокладання в одній кабельній магістралі або трубі високовольтних силових ліній живлення та слабкострумових проводів чутливого вимірювального ланцюга.

Відображення, фіксація та обробка технологічних параметрів у системі здійснюється за допомогою автоматичного показуючого міліамперметра серії КСУ-2. Технологія його монтажу вимагає чіткого дотримання низки підготовчих та інсталяційних процедур. Перед безпосереднім введенням в експлуатацію прилад необхідно витримати протягом доби в теплому опалюваному приміщенні, щоб його внутрішні радіоелектронні компоненти повністю прогрілися та гарантовано позбулися можливого конденсату. Під час проектування місця для встановлення слід враховувати, що ідеальні умови для точної роботи міліамперметра досягаються при базовій температурі навколишнього середовища 20 °C та відносній вологості повітря близько 60 відсотків. Абсолютно не допускається експлуатація пристрою в агресивних

середовищах, де в повітрі присутні домішки аміаку або інші хімічно активні гази, здатні викликати корозію деталей та забруднення прецизійних механізмів. Місце монтажу повинно бути повністю ізольоване від будь-якого механічного впливу, тряски та вібрацій. У складних промислових умовах, коли вібраційного фону уникнути неможливо, інсталяційні щити з приладами в обов'язковому порядку оснащуються ефективними амортизуючими системами. На додаток, вимірювальну апаратуру заборонено розташовувати в зонах дії інтенсивних електромагнітних полів. Найбільш технічно грамотним рішенням є монтаж таких приладів на спеціалізованих інженерних щитах, що розміщуються в добре освітлених, сухих та опалюваних диспетчерських.

Для надійного кріплення міліамперметра на вертикальних площинах застосовуються спеціальні монтажні кутники, що постачаються в заводському комплекті. Завдяки наявності в цих кріпленнях стяжних гвинтів великої довжини, пристрій можна безпечно та міцно зафіксувати на металевих щитах різної товщини (в діапазоні від 3 до 10 міліметрів). Якщо ж експлуатація передбачає настільний формат використання, прилад необхідно встановлювати на відповідних опорних підставках. Задля забезпечення повної електробезпеки та стабільної роботи без перешкод, корпус приладу підлягає обов'язковому захисному заземленню. Ця технологічна операція виконується шляхом приєднання надійно заземленого мідного провідника з площею поперечного перерізу від 2 до 3 квадратних міліметрів до відповідного гвинтового затискача на задній стінці; при цьому фахівці рекомендують підводити для заземлення окрему виділену лінію.

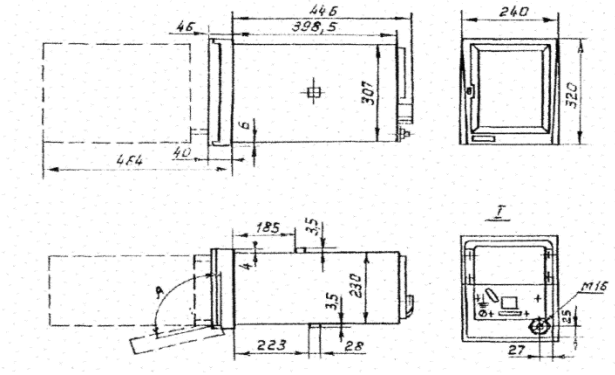


Рисунок 2.8 – Габаритно-монтажні розміри та схема встановлення автоматичного міліамперметра КСУ-2

Під час виконання електричних підключень до клем приладу настійно рекомендується застосовувати спеціалізовані кабелі з гумовою водонепроникною ізоляцією. Електричний переріз цих жил повинен знаходитися в суворих межах — бути не меншим за 1 мм² і не перевищувати 1,5 мм². Для комплексного захисту цих життєво важливих комунікацій від будь-яких механічних пошкоджень, перетирання або здавлювання під час експлуатації, траси слід прокладати всередині гнучких металевих рукавів або жорстких захисних труб. Уся металева захисна трубна арматура та шланги повинні бути надійно включені в загальний контур заземлення будівлі. Як і у випадку з терморегуляторами, для міліамперметрів діє категоричне правило щодо фізичного розділення електричних комунікацій: прокладання проводів потужних силових кіл та слабкострумових ліній вимірювального ланцюга всередині однієї спільної труби є абсолютно неприпустимим.

2.6 Технологічні рекомендації щодо монтажу та просторового розміщення засобів автоматизації

Мідні та платинові термометри опору, які є первинними датчиками температури, монтуються безпосередньо в технологічні трубопроводи. Якщо інсталяція виконується на плоских поверхнях (наприклад, на капітальній цегляній стіні або металевій панелі), термометр опору жорстко кріпиться до попередньо приварених або закріплених монтажних оправ. Під час виконання цих робіт інженери-монтажники зобов'язані суворо дотримуватися наступних технічних вимог та регламентів:

1. Конструктивне виконання, матеріали та тип захисту обраного термометра повинні ідеально відповідати фізико-хімічним параметрам і властивостям як вимірюваного технологічного середовища, так і зовнішнього простору.

2. Врізку датчика, за наявності такої можливості, слід виконувати виключно на прямих і стабілізованих ділянках трубопроводу для уникнення турбулентних похибок.

3. Глибина занурення чутливого елемента суворо регламентується: кінець робочої (занурюваної) частини для платинових датчиків має знаходитися на 50–70 мм, а для мідних термометрів — на 25–30 мм нижче від центральної осі вимірюваного потоку рідини чи газу.

4. У випадках, коли температура навколишнього середовища в зоні монтажу перевищує позначку +50 °С, виступаюча над трубопроводом зовнішня (клемна) частина термометра підлягає обов'язковій теплоізоляції. При впливі прямого теплового інфрачервоного випромінювання (від печей або котлів) прилад додатково екранують.

5. При контролі високотемпературних середовищ (понад +400 °С) датчик необхідно монтувати строго вертикально, обов'язково передбачивши додаткову механічну опору для захисної гільзи.

6. Термометри, призначені для вимірювання температури повітря всередині приміщення, фіксуються на спеціальних кронштейнах або конструкціях, що забезпечують гарантований відступ від капітальних стін на відстань 50–70 мм.

7. Підведення електричних кабелів зв'язку та монтаж захисних труб здійснюється в гнучких металорукавах, які комплектуються відповідними металевими або пластмасовими перехідними муфтами.

8. У технологічних зонах, де гарантовано відсутні вібрації, нормативи допускають безпосереднє приєднання захисної труби до головки датчика за допомогою стандартного різьбового роз'ємного з'єднання.

9. При використанні броньованих кабелів, сталева броня акуратно знімається на ділянці підключення, після чого звільнений кабель заводиться безпосередньо в металорукав.

10. Завершальним етапом є маркування: на корпусі кожного термометра має бути надійно закріплена інформаційна бирка із зазначенням його проектного номера (позиції).

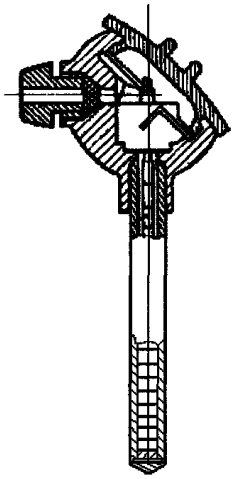


Рисунок 2.9 – Конструктивне виконання мідного термометра опору типу ТСМ-50 (вигляд у розрізі)

Особливості інсталяції та налаштування регулятора температури гарячої води РС.29 Мікропроцесорний або електронний регулюючий пристрій серії РС.29 конструктивно складається з внутрішнього комутаційного шасі та зовнішнього захисного кожуха. Прилад спеціально розрахований на прихований (утоплений) монтаж на вертикальних металевих площинах панелей керування або щитів автоматики. Фіксація захисного кожуха до щита забезпечується двома спеціальними затискними кріпленнями, завдяки яким передня декоративна рамка корпусу РС.29 щільно притягується до зовнішньої площини щита. На задній стінці корпусу змонтовано потужну клемну колодку, призначену для підключення всіх зовнішніх електричних ліній. Для зручності обслуговування органи налагодження та калібрування приладу винесені на бокові панелі керування, що розташовані в передній частині шасі. Технологічно передбачено, що для доступу до цих органів шасі можна вільно висунути з корпусу без переривання роботи електричних ланцюгів. Це досягається завдяки використанню плоского гнучкого кабельного джгута, що з'єднує висувне шасі із захисною колодкою стаціонарного кожуха. Виробник передбачає дві модифікації: у першому варіанті цей плоский джгут запаяний безпосередньо в отвори друкованої плати шасі, а в другому — на платі розпаяно розетку, в яку штепсельним роз'ємом вставляється гнучкий джгут. Для надійної експлуатації шасі жорстко фіксується всередині корпусу за допомогою спеціального замка. Лицьова панель РС.29 оснащена світловими індикаторами робочих станів. Усі

інші електронні компоненти змонтовані на єдиній загальній платі, де з'єднання між елементами панелі керування та самою платою реалізовано за допомогою друкованих доріжок та навісних монтажних провідників.

Після встановлення регулятора на щиті виконується повний комплекс пусконалагоджувальних робіт, що включає перевірку якості виконаного монтажу за такими критеріями:

- загальна довжина кабельної траси між регулятором і первинним термометром опору не повинна перевищувати 300 метрів (мм - це помилка в оригіналі, зазвичай це метри);
- усі зовнішні електричні підключення до клем регулятора мають бути виконані у суворій відповідності до принципової схеми проєкту та заводської інструкції;
- інформаційна лінія зв'язку між вторинним приладом і первинною термосистемою обов'язково прокладається екранованим кабелем, або ж стандартним кабелем, який поміщено в металеві захисні труби (останні відіграють роль електромагнітного екрана);
- корпус регулятора передбачає виключно утоплений щитовий монтаж;
- оскільки регулятори часто встановлюють у специфічних приміщеннях, повітря в них має бути відносно чистим, сухим та не містити агресивних хімічних домішок, здатних викликати корозію корпусу. Допустимий діапазон температури робочого середовища становить від +5 до +50 °C, а відносна вологість — від 30 до 80%;
- для уникнення збоїв у роботі мікроелектроніки, регулятори повинні бути надійно захищені від впливу потужних сторонніх електромагнітних полів (мінімальна просторова відстань до силових агрегатів чи трансформаторів має становити не менше одного метра);
- місце безпосереднього монтажу регуляторів повинно бути ізольоване від тряски, вібрацій та ризику випадкового механічного пошкодження персоналом;
- до клемної колодки регулятора підводяться вхідні вимірювальні кола та лінії живлення, а від нього відводяться вихідні командні (керуючі) ланцюги на виконавчі механізми;

- з метою забезпечення електробезпеки корпуси регуляторів обов'язково заземлюються мідним провідником із площею перерізу не менше 2,5 мм²;
- просторове розміщення регулятора на щиті повинно забезпечувати вільний та зручний доступ для проведення монтажних робіт, швидкого демонтажу або профілактичної ревізії.

Монтаж та налаштування блоку керування БУ-21 Блок ручного керування серії БУ-21 є допоміжним пристроєм, призначеним для оперативного перемикання режимів, ручного регулювання та управління навантаженням релейного регулюючого блоку (перехід з автоматичного режиму на ручний або зовнішнє керування). Як і більшість щитових приладів, він конструктивно складається з внутрішнього шасі та захисного корпусу, адаптованого для утопленого монтажу на вертикальних площинах. Його фіксація до щита здійснюється за допомогою двох спеціалізованих кронштейнів, які надійно притягують передню декоративну рамку блоку до зовнішньої стінки щитової панелі. На задній площині корпусу розміщена комутаційна колодка для підключення зовнішніх ліній. Усі електричні зв'язки блоку керування з іншими компонентами АСКТП реалізуються за допомогою кабельних джгутів. Технологія монтажу допускає пряме підключення зачищених кабельних жил безпосередньо до комутаційних клем пристрою, при цьому всі слабкострумові вимірювальні кола дозволяється об'єднувати в один багатожильний кабель.

Лицьова панель блоку є інформативною: на ній розташовані світлодіодні індикатори обмеження вихідного сигналу, індикатор наявності робочої напруги, а також механічні органи налаштування вихідних рівнів (меж) сигналу, тактильні кнопки ручного керування та поворотні перемикачі для вибору часу регулювання. У процесі передпускової перевірки блоку БУ-21 фахівці обов'язково проводять: ретельний зовнішній візуальний огляд; інструментальне вимірювання опору ізоляції всіх електричних кіл; а також прозвонку омметром на предмет відповідності фактичних з'єднань принциповій схемі за різних положень механічних органів керування.

Особливості монтажу безконтактного тиристорного пускача ПБР-2М Реверсивний безконтактний тиристорний пускач типу ПБР-2М — це силовий

електронний апарат, розроблений спеціально для керування однофазними виконавчими механізмами (наприклад, типу МЕО). Правила безпеки категорично вимагають, щоб усі електромонтажні роботи з цим пристроєм виконувалися виключно при повністю знятій живильній напрузі. Прилад монтується строго у вертикальному положенні і кріпиться двома потужними болтами безпосередньо на бокових або задніх стінках всередині металевого щита автоматики. У разі необхідності групового встановлення кількох пускачів у ряд, для забезпечення природного тепловідведення від радіаторів, необхідно жорстко дотримуватися таких дистанцій:

1. Відстань між сусідніми пускачами по горизонталі має становити не менше 30 мм.

2. Відстань по вертикалі (між рядами) — не менше 190 мм. Після завершення всіх операцій з підключення силових та керуючих ліній, пускач обов'язково підключається до контуру заземлення мідним дротом із площею перерізу не менше 4 мм², який жорстко фіксується до спеціального заземлюючого болта на металевому корпусі. Перед першим поданням напруги монтажник зобов'язаний ще раз перевірити правильність підключення всіх провідників (фазування).

Монтаж та експлуатація електричних виконавчих механізмів МЕО Електричні виконавчі механізми (наприклад, типу МЕО) є кінцевою ланкою системи керування і призначені для фізичного переміщення регулюючих органів (засувок, клапанів, шиберів) у разі відхилення технологічного параметра від заданої норми. До цього класу обладнання висуваються надзвичайно високі інженерні вимоги: вони мають бути швидкодіючими, підтримувати функцію реверсу (зворотного ходу), мати мінімальну кінематичну зону нечутливості та володіти значним запасом потужності, що перевищує зусилля, необхідне для переміщення арматури. Крім того, ці механізми повинні характеризуватися високим коефіцієнтом корисної дії (ККД), компактними габаритами, помірною вагою та економічною доцільністю. Класичний виконавчий механізм є складним електромеханічним комплексом, що включає силовий редуктор, приводний електродвигун, блок зворотного зв'язку (датчиків положення), блок фазосувних

конденсаторів та електромагнітне гальмо для фіксації валу. Обладнання розраховане на експлуатацію в досить жорстких умовах: температура навколишнього повітря від -30 °С до +60 °С; відносна вологість в межах 30–80%; допустима наявність вібрацій із частотою до 30 Гц і амплітудою до 0,2 мм; а також вплив промислового пилу та вологи. Проте ці механізми категорично не призначені для роботи у вибухонебезпечних зонах або в середовищах із високим вмістом агресивних газів і парів, здатних руйнувати лакофарбове покриття, ізоляцію та металеві деталі.

Виконавчі механізми відрізняються універсальністю монтажу: їх можна встановлювати безпосередньо на трубопровідній арматурі, на підлозі, несучих стінах або на спеціальних просторових конструкціях. Для прямохідних та багатообертових механізмів практично не існує просторових обмежень. Однак, з точки зору надійності, перевагу слід віддавати монтажу на жорсткій і масивній основі, що мінімізує вібрації та забезпечує зручний доступ для сервісного обслуговування. На етапі підготовки до монтажу спершу необхідно уважно перевірити відповідність напрямку обертання вихідного вала механізму кінематиці важеля робочого органу (арматури). Нормативи суворо забороняють з'єднувати вихідний важіль механізму з тягою робочого органу таким чином, щоб кут між ними у крайніх положеннях становив менше 10° або перевищував 170°, оскільки це неминуче призведе до механічного заклинювання кінематичної передачі. Перед остаточним кріпленням необхідно ще раз перевірити геометричні розміри з'єднувальних тяг і відповідність довжин важелів. Встановлений та вивірений виконавчий механізм обов'язково підключається до контуру заземлення мідним провідником із перерізом щонайменше 4 мм². Переріз кожної струмопровідної жили зовнішнього кабелю живлення та керування, що підводиться до механізму, не повинен бути меншим за 1,5 мм². Важливо враховувати, що вихідний вал однообертових виконавчих механізмів фізично здатний обертатися на кут менше 360°. Зокрема, популярна серія МЕО випускається у двох базових модифікаціях із різними робочими діапазонами кута повороту вихідного вала: в межах 0–90° або від 0 до 240°.

2.7 Технологія монтажу та пусконалагоджувальних робіт засобів сигналізації та протиаварійного захисту насосного обладнання

Надійний захист насосних агрегатів від позаштатних та аварійних режимів роботи забезпечується комплексом контрольно-вимірювальних приладів, серед яких важливе місце займає манометричний сигналізатор температури типу ТС-100. Для забезпечення зручності подальшого технічного обслуговування, візуального контролю та оперативного зняття показників, ці прилади необхідно розташовувати в добре освітлених зонах. При виборі місця монтажу слід категорично уникати близькості до сильно нагрітих частин технологічного агрегату або трубопроводів, оскільки вплив прямого теплового випромінювання може суттєво викривити результати вимірювань та призвести до хибних спрацьовувань системи теплового захисту. Згідно з інструкціями з монтажу, суворо забороняється встановлювати сигналізатор безпосередньо на самому відбірному пристрої (штуцері) або на корпусі працюючого насоса. Це зумовлено тим, що постійні експлуатаційні вібрації, які генеруються обертовими механізмами, неминуче передаються на прилад і можуть викликати механічний брязкіт (помилкове короткочасне замикання або розмикання) контактного пристрою, що зведе нанівець усю надійність автоматики.

Принцип дії манометричного термометра базується на використанні замкненої термосистеми. У якості основного чутливого елемента, що безпосередньо сприймає внутрішній тиск у таких датчиках, застосовуються спеціальні пружні гофровані мембрани або металеві сильфони, оснащені жорстким центром. Процес налагодження приладу на спрацювання при досягненні конкретного (заданого) аварійного значення температури здійснюється шляхом калібрування електричного контактного вузла. Ця операція виконується за допомогою спеціальних регулювальних гвинтів. Обертаючи гвинт, інженер-налагоджувальник змінює ступінь механічного натягу (або стиснення) каліброваних пружин, які чинять силову протидію на робочу мембрану або сильфон. Відповідно, головна суть пусконалагоджувальних робіт для манометричних сигналізаторів температури зводиться до їхньої точної механічної настройки, яка гарантуватиме

безпомилкове перемикання електричного ланцюга саме тієї миті, коли температура контрольованого середовища сягне критичної межі.

Для контролю гідравлічних параметрів та захисту системи від критичних змін напору використовується електроконтактний манометр серії ЕКМ-1У. Його монтаж має низку жорстких технологічних особливостей, особливо якщо мова йде про вимірювання тиску високотемпературних середовищ (наприклад, гарячої води або пари). Щоб уберегти чутливий елемент манометра (трубку Бурдона) від руйнівного впливу високої температури, перед приладом в обов'язковому порядку встановлюють захисну кільцеву (сифонну) трубку. Як альтернатива, на вертикальній ділянці імпульсної лінії може застосовуватися спеціальна U-подібна трубка. У цих вигинах постійно накопичується і охолоджується рідина, яка створює своєрідний бар'єр, що надійно захищає вимірювальний механізм від перегріву та втрати пружних властивостей металу.

У випадках, коли в технологічній магістралі постійно спостерігаються різкі гідродинамічні коливання або існує ризик гідравлічних ударів, для захисту манометра необхідно встановлювати спеціальний звужуючий пристрій (демпфер) або застосовувати антипульсатор. Цей захисний пристрій являє собою невелику закриту посудину, розділену внутрішньою перегородкою. У цій перегородці виконано калібрований отвір дуже малого поперечного перерізу (дросель). Завдяки високому гідравлічному опору цього отвору, будь-які різкі пульсації робочого середовища ефективно гасяться, і на чутливий елемент манометра передається вже згладжений, стабілізований тиск, що запобігає пошкодженню стрілочного механізму та підгорянню електричних контактів. Під час вибору висоти монтажу діє суворе правило: прилад слід встановлювати на одному рівні з місцем відбору тиску, або ж вище нього. Категорично забороняється монтувати ЕКМ нижче точки відбору, оскільки це призведе до утворення додаткового гідростатичного стовпа рідини в імпульсній лінії, що неминуче внесе значну систематичну похибку в показання приладу. На завершальному етапі налагодження візуально перевіряється правильність підключення ліній: напрямок підведення води до манометричного реле повинен

строго відповідати вказівній стрілці, відлитій на його корпусі, що є головною умовою коректної роботи внутрішніх вузлів.

Висновок до розділу 2

У другому розділі кваліфікаційної роботи було детально розглянуто технологію монтажу, підключення та пусконалагодження апаратної частини системи автоматичного керування насосною станцією. На основі проведеного аналізу нормативної документації визначено суворі вимоги до організації щитових та кабельних мереж. Встановлено, що щити автоматики повинні монтуватися у спеціально підготовлених приміщеннях із підтриманням температури навколишнього середовища не нижче +5 °С. Разом з тим, прокладання кабельних трас вимагає чіткого просторового та фізичного розділення потужних силових ліній і слабкострумових вимірювальних кіл для уникнення електромагнітних завад, а спільне прокладання кабелів автоматики в одних колекторах із трубопроводами горючих речовин категорично забороняється.

Значну увагу в розділі приділено специфіці встановлення ключових первинних перетворювачів та приладів контролю. Зокрема, для забезпечення коректної роботи електроконтактних сигналізаторів рівня ЕРСУ-3 визначено необхідність дотримання відстані між вимірювальними електродами не менше 110 мм, а при монтажі в діелектричних резервуарах — обов'язкового облаштування заземлюючої шини. Для мідних і платинових термоперетворювачів опору (ТСМ-50, ТСМ-100) суворо регламентовано глибину занурення, яка має становити 25–30 мм або 50–70 мм нижче осі потоку відповідно, а також наголошено на обов'язковій теплоізоляції чи екрануванні зовнішніх частин приладів за умов високих температур навколишнього середовища.

Також було детально описано технологію підключення та налаштування вторинної апаратури: мікроелектронних регуляторів температури (ТМ-2, РС.29), блоків ручного керування (БУ-21) та автоматичних міліамперметрів (КСУ-2). Головною умовою їхньої надійної роботи є монтаж у сухих, опалюваних

приміщеннях, повністю захищених від вібрацій, агресивних хімічних газів та впливу сильних електромагнітних полів. Окремо розглянуто технологію монтажу засобів протиаварійного захисту насосного обладнання. Для запобігання хибним спрацьовуванням манометричних сигналізаторів температури ТС-100 їх заборонено встановлювати безпосередньо на вібруючих агрегатах, а для електроконтактних манометрів ЕКМ-1У обґрунтовано обов'язкове використання захисних кільцевих сифонних трубок і демпферів-антипульсаторів, які ефективно гасять різкі гідродинамічні коливання робочого середовища.

Окрім вимірювальної техніки, у розділі описано правила просторового розміщення та безпечного кінематичного з'єднання електричних виконавчих механізмів типу МЕО, а також силової комутаційної апаратури, зокрема магнітних пускачів ПМЕ-220 та безконтактних тиристорних пускачів ПБР-2М. Підсумовуючи, можна стверджувати, що суворе дотримання наведених технологічних рекомендацій, правильне фазування, використання екранованих кабелів та надійне захисне заземлення всіх металевих корпусів є критично важливими передумовами для забезпечення безперебійної та безпечної експлуатації всього комплексу автоматизації насосної станції першого підйому.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ АВТОМАТИКИ

3.1 Організаційно-технологічні засади проведення монтажних робіт засобів автоматизації

Ефективна реалізація та функціонування будь-якого сучасного індустріального проєкту вимагає глибокого розуміння послідовності та специфіки виконання кожної технологічної операції. Технологічний процес під час виконання електромонтажних робіт здатен забезпечити максимальний економічний ефект виключно за умови постійного вдосконалення та оптимізації загальної організації виробництва. Грамотно побудована структура монтажних робіт із впровадження систем автоматизації має бути спрямована на суттєве підвищення загальної продуктивності праці, мінімізацію витрат ручної праці безпосередньо на будівельному майданчику та беззаперечне гарантування найвищої якості кінцевого результату.

Для успішного та оперативного вирішення цих комплексних завдань створюються спеціалізовані монтажні управління (СМУ). До їхньої безпосередньої компетенції входить ретельний підбір, навчання та раціональний розподіл кваліфікованих інженерних і робітничих кадрів, які безпосередньо здійснюють інсталяцію обладнання. Важливою структурною ланкою в цій системі виступають спеціальні дільниці підготовки виробництва (ДПВ). Їхнє головне призначення полягає в логістичному забезпеченні монтажного процесу, виготовленні нестандартних монтажних заготовок, а також у здійсненні укрупненої попередньої збірки окремих вузлів, трубних блоків та щитових конструкцій зі встановленням на них відповідного вимірювального приладдя та комутаційної апаратури.

Організаційно дільниці підготовки виробництва підпорядковуються безпосередньо головному інженеру підприємства або керівнику проєкту і структурно поділяються на вузькопрофільні робочі групи. Зокрема, групи монтажно-технічної підготовки беруть на себе відповідальність за детальну перевірку складу проєктної документації, аналіз прийнятих технічних рішень, а

також за формування і видачу технічних замовлень до спеціалізованих монтажно-заготівельних організацій. Зі свого боку, група комплектування відповідає за збір необхідної елементної бази, комплектацію об'єкта конкретними виробами, датчиками та обладнанням із їхнім подальшим безпечним транспортуванням безпосередньо до місця виконання робіт.

Безпосереднє проведення монтажних операцій на об'єкті здійснюється на основі офіційного договору (контракту), укладеного між монтажним управлінням, що виступає виконавцем, та генеральним будівельним підрядником або замовником. У цих юридичних документах сторони чітко регламентують обсяги робіт та фіксують жорсткі терміни їх виконання, які мають суворо синхронізуватися із загальним графіком завершення будівництва об'єкта. Окрім роботи на нових будівельних майданчиках, монтажні управління мають право укладати прямі договори безпосередньо з діючими підприємствами на виконання комплексних робіт із капітального ремонту, технічного переоснащення чи глибокої реконструкції наявних систем автоматики.

Фундаментом успішного монтажу є багатоетапна підготовка виробництва, яка концептуально поділяється на інженерно-технічну, організаційну та матеріально-технічну стадії. Інженерно-технічна підготовка передбачає офіційне приймання, глибоке вивчення та експертну перевірку всієї наданої проєктно-кошторисної документації, а також розробку детального проєкту виконання робіт (ПВР) із забезпеченням бригад необхідною нормативно-технічною документацією. Організаційна підготовка зводиться до формального приймання будівельного об'єкта під монтаж, здійснення технічного нагляду за правильністю встановлення складних несучих конструкцій, забезпечення робочих місць кваліфікованим персоналом, а також розгортання тимчасових мобільних майстерень і складських приміщень у безпосередній близькості до робочої зони.

Матеріально-технічна стадія підготовки є найбільш об'ємною і охоплює цілий комплекс практичних будівельно-інженерних заходів. До них належить безперебійне забезпечення об'єкта монтажу витратними матеріалами, типовими металоконструкціями та монтажними заготовками, а також оснащення робочих бригад необхідною спецтехнікою, механізмами, ручним інструментом і засобами

колективної та індивідуальної безпеки. На цьому етапі здійснюється зведення тимчасових побутових споруд для персоналу, прокладання тимчасових інженерних мереж (ліній електроживлення, водопостачання, магістралей стисненого повітря для пневмоінструменту). Суміжні будівельні організації повинні завершити встановлення необхідних закладних деталей у бетонних конструкціях, пробити отвори в стінах і міжповерхових перекриттях для вільного проходження кабельних лотків та імпульсних труб, а також змонтувати всі первинні штуцери й запірні клапани безпосередньо на технологічних трубопроводах і апаратах. Обов'язковою умовою допуску монтажників автоматики до роботи є повне завершення робіт з облаштування кабельних естакад, підземних тунелів і каналів, а також ретельне прибирання з майданчика зайвих будівельних матеріалів, залишків опалубки та сміття.

Після завершення монтажної стадії розпочинається критично важливий етап пусконалагоджувальних робіт, для старту якого необхідно виконати низку суворих умов. Першою і найголовнішою передумовою є отримання повного і затвердженого комплекту проєктної документації на систему автоматизації. Лише після її скрупульозного вивчення фахівці можуть скласти точний кошторис на виконання пусконалагоджувального етапу, визначити реальну потребу у висококваліфікованому налагоджувальному персоналі, вимірювальній апаратурі та допоміжних матеріалах. Варто наголосити, що будь-які зміни чи відхилення від початкового проєкту, ініційовані пусконалагоджувальною бригадою в процесі роботи задля оптимізації процесу, не можуть впроваджуватися самовільно. Вони повинні бути в обов'язковому порядку письмово узгоджені з генеральною проєктною організацією та офіційно затверджені головним інженером підприємства-замовника.

Крім того, для якісного проведення таких специфічних та точних робіт створюється відповідна локальна виробнича база. Ця інфраструктурна база повинна забезпечувати комфортні умови для глибокого аналізу електронних схем та проєктної документації, проведення попередніх стендових випробувань, тестування, складання та остаточної комплектації чутливої мікропроцесорної апаратури, що надходить на об'єкт перед її фінальним монтуванням у щити

керування.

3.2 Експлуатаційні особливості функціонування контрольно-вимірювальних приладів та систем автоматизації компресорного обладнання

Ефективна та безпечна експлуатація повітряних компресорів, які забезпечують технологічні потреби виробництва стисненим повітрям, неможлива без стабільної роботи систем контролю та автоматики. До моніторингу, технічного обслуговування та поточного ремонту засобів контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВПіА) допускається виключно кваліфікований персонал, який пройшов відповідне навчання та підтвердив свої знання з технічного мінімуму в установленому порядку. Система моніторингу компресорної установки охоплює широкий перелік технологічних параметрів, серед яких критично важливими є: контроль температурного режиму повітря після кожного ступеня стиснення, відстеження динаміки тиску повітря на виході з першого та другого ступенів, контроль тиску мастила в системі змащення, вимірювання температури повітря на нагнітанні та після вихідного холодильника, а також безперервний контроль інтенсивності протоку охолоджувальної води.

Оперативний контроль тиску в системі забезпечується за допомогою спеціалізованих вимірювальних приладів типу МТМ-700ДІ, які оснащені вузлом дистанційної передачі сигналів безпосередньо на диспетчерський щит КВПіА, а також місцевими показуючими манометрами для локального нагляду. Контроль інших параметрів та функціонування систем блокування компресорів реалізовано за допомогою наступних технічних засобів: вимірювання температури повітря здійснюється термоперетворювачами опору типу ТСМ у комплекті з термореле ДРТ1; тиск повітря контролюється за допомогою прецизійних реле тиску серії Д210-111; проток охолоджувальної води відстежується за допомогою кондуктометричних електродних датчиків у парі з логічним пристроєм А80. Усі датчики інтегровані в єдиний інформаційно-керуючий пристрій захисту А80, який у разі виходу будь-якого контрольованого

показника за встановлені межі здійснює миттєву зупинку компресора, запобігаючи розвитку аварійної ситуації.

Технічне обслуговування та поточне налаштування всього комплексу приладів здійснюється персоналом служби КВПіА у суворій відповідності до заводської документації та галузевих інструкцій з експлуатації. На головному диспетчерському щиті передбачено вузол світлової та звукової сигналізації, який сповіщає оператора про будь-які критичні відхилення в роботі. Для забезпечення стабільної експлуатації були встановлені такі граничні величини спрацювання захисту: гранично допустима температура повітря після 1-го та 2-го ступенів компресії — 150°С; верхній поріг тиску нагнітання на 1-му та 2-му ступенях — 12 кг/см²; нижня межа температури після сушильних колон — 30°С; нижній поріг температури після повітряпідігрівача — 210°С; допустима межа вологості на виході — 95 мг/м³; температура повітря після холодильника має підтримуватися на рівні не менше 30°С.

У випадках, коли виникає розбіжність між фактичними та заданими параметрами, на пристрої захисту А80 або на світловому щиті загоряється відповідний індикатор і активується звуковий сигнал, що супроводжується автоматичною зупинкою компресора. Для відключення аварійної звукової індикації на щиті передбачено спеціальну кнопку «зняття сигналу», проте відповідне світлове табло залишається активованим до повної ліквідації причини несправності. Для перевірки працездатності самої системи оповіщення передбачено кнопку «перевірка сигналу», при натисканні якої активуються всі світлові табло та звуковий дзвінок.

Електрична енергія на станції використовується для живлення випарників хлору, загального освітлення, приводів допоміжних механізмів та безпосередньо схем автоматики. До обслуговування цих електричних пристроїв допускаються лише фахівці, які мають підтверджену кваліфікацію та пройшли атестацію з правил технічної експлуатації та техніки безпеки. Категорично забороняється несанкціоноване відкриття приладів захисту чи самовільна зміна налаштувань вставок на спрацювання аварійних параметрів. Регулярна перевірка сигналізації та блокувань проводиться за чітким регламентом, результати якої фіксуються в

журналі експлуатації. Наприклад, перевірка температурного захисту проводиться шляхом розмикання кола датчика ТСМ, що імітує відключення та викликає спрацювання реле ТРД-1 і пристрою А80, після чого система повинна перейти в аварійний стан із активацією лампи «аварія». Аналогічно перевіряється захист за тиском шляхом імітації підвищення тиску вище 12 кг/см² та захист за протоком води шляхом перекриття крана на лінії охолодження. Всі результати цих випробувань підлягають обов'язковій реєстрації в книзі обліку перевірок сигналізаційних та захисних пристроїв.

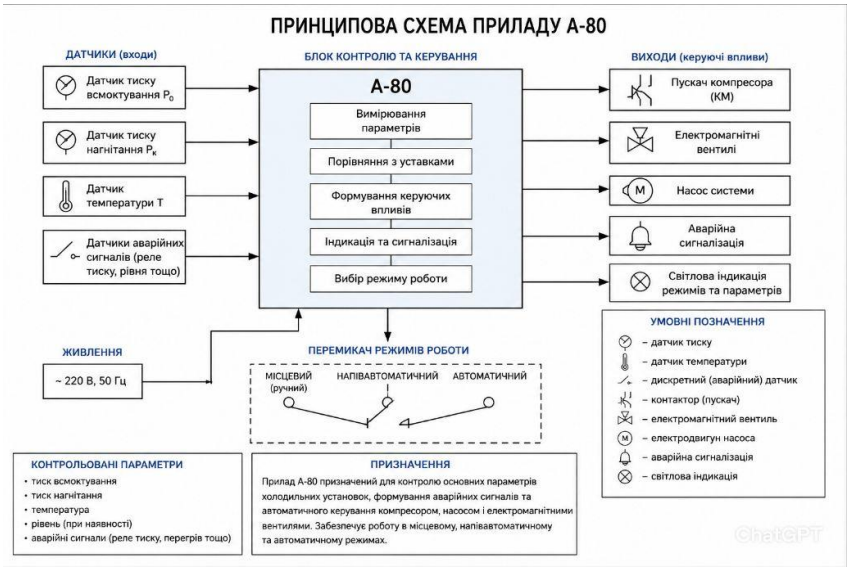


Рисунок 3.1 – Принципова схема контрольних параметрів та зовнішній вигляд приладу вимірювання А80

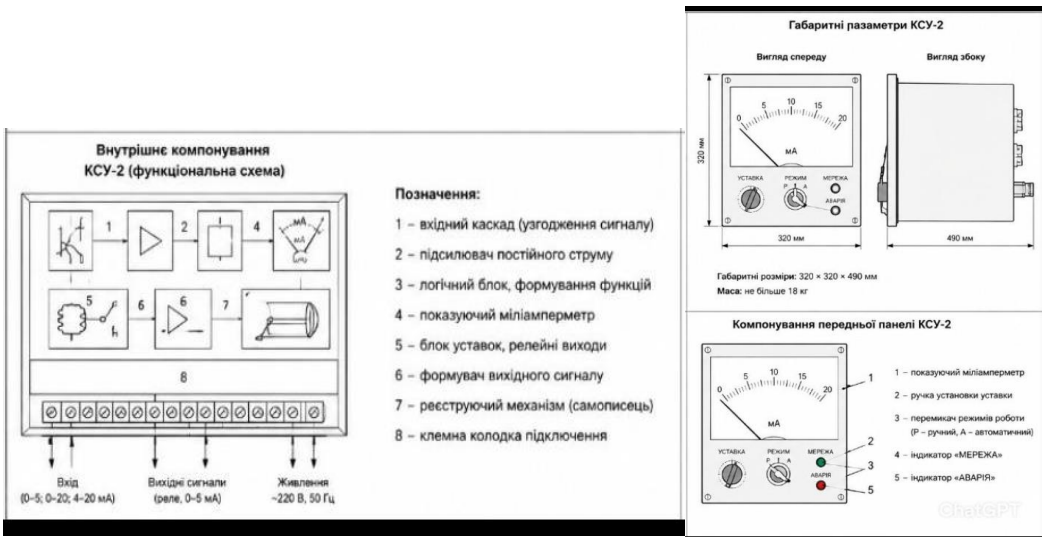


Рисунок 3.2 – Габаритні параметри та компонування автоматичного міліамперметра КСУ-2

3.3 Обґрунтування та вибір основних вузлів системи автоматизації

Для забезпечення максимально ефективної та надійної роботи автоматичної лінії керування насосними агрегатами, технічно та економічно доцільним є впровадження сучасних пристроїв плавного пуску (софтстартерів). Даний клас мікропроцесорного обладнання відзначається високою гнучкістю алгоритмів налаштування, широкими можливостями програмування режимів розгону та гальмування, а також володіє винятковими показниками точності під час обробки масивів вхідних даних від датчиків. Сучасна архітектура цих пристроїв дозволяє безперешкодно інтегрувати різноманітні допоміжні модулі та комунікаційні інтерфейси. Головний мікропроцесорний блок керування насосної установки проектується таким чином, щоб безпомилково вирішувати цілий комплекс технологічних завдань: здійснювати рівномірний розподіл гідравлічного та електричного навантаження між насосними двигунами відповідно до поточного водоспоживання, здійснювати безперервний моніторинг робочих параметрів електродвигунів, а також гарантувати стабільну подачу рідини в магістраль навіть у критичних ситуаціях, коли один або кілька двигунів раптово виходять з ладу.

Під час проектування силової частини схеми, яка в обов'язковому порядку комплектується автоматичними вимикачами, критично важливо передбачити надійний багаторівневий захист від струмів короткого замикання (КЗ). Це реалізується шляхом апаратного та програмного підключення сигнальних контактів захисних автоматів до логічних входів мікроконтролера. За аналогічним принципом у загальну систему автоматики інтегруються реле контролю напруги. Будь-яке спрацювання цих захисних елементів миттєво фіксується електричною схемою захисту, яка генерує відповідний сигнал переривання для мікроконтролера. У відповідь на це контролер ініціює резервний алгоритм роботи: миттєво відключає аварійну лінію та подає команду на запуск резервного двигуна. Наприклад, у випадку фіксації обриву чи перекосу фаз, робота пошкодженої ділянки силової схеми негайно блокується, а на панель оператора (або систему SCADA) виводиться відповідна світло-звукова сигналізація, що наочно відображає актуальний стан системи та інформує про

перехід у нештатний режим функціонування.

Автоматичні вимикачі є фундаментальним елементом захисту електроустановок. Вони функціонально призначені для превентивного захисту електричних магістралей та приймачів електричної енергії від тривалих струмових перевантажень та руйнівних струмів короткого замикання, а також використовуються для оперативних комутацій (включень та відключень) силових ліній у нормальних режимах роботи.

Під час інженерного розрахунку та вибору конкретної моделі автоматичного вимикача фахівці керуються базовим електротехнічним правилом: номінальний струм спрацювання теплового або комбінованого розчеплювача автомата повинен обов'язково перевищувати розрахунковий робочий струм захищеної лінії:

$$I_{H.P} \geq I_P$$

Слід враховувати просторове розміщення захисної апаратури. У ситуаціях, коли автоматичний вимикач монтується всередині закритого розподільчого щита або компактного боксу, умови його природного охолодження суттєво погіршуються. Для компенсації теплового взаємовпливу апаратів, до розрахункової формули необхідно вводити спеціальний поправочний температурний коефіцієнт, який зазвичай приймається рівним 1,1:

$$I_{\text{Í}\ .P} \geq 1{,}1 \times I_P$$

У разі ігнорування або некоректного виконання цих розрахункових умов виникає висока ймовірність систематичних хибних спрацьовувань автоматичного вимикача. Найчастіше це відбувається під час пуску потужних споживачів (таких як насосні агрегати), коли виникають короткочасні, але значні пускові струми, які автоматика помилково інтерпретує як струм перевантаження або короткого замикання.

Пристрій плавного пуску вирішує одну з найголовніших проблем електроприводу. Як відомо, класичні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором мають суттєвий конструктивний недолік — генерацію надзвичайно високих пускових струмів при прямому підключенні до

мережі. Хоча ця проблема вивчалася десятиліттями, традиційні методи її подолання (застосування пускових реостатів, перемикання обмоток із «зірки» на «трикутник» або використання ранніх громіздких тиристорних регуляторів) мали обмежену практичну ефективність. Справжня технічна революція відбулася завдяки стрімкому розвитку мікропроцесорної техніки та силової напівпровідникової електроніки, що призвело до створення сучасних пристроїв плавного пуску (софтстартерів).

Фізика процесу прямого пуску є такою, що струм, який протікає через статорні обмотки двигуна в перші секунди після подачі напруги, може перевищувати номінальні робочі показники у 6–7 разів. Такі екстремальні електродинамічні та термічні навантаження призводять до прискореного старіння ізоляції та поступового руйнування двигуна. Напруга та пусковий струм багаторазово перевершують допустимі межі, що провокує ризик пробою обмоток, спричиняє інтенсивне зношування та підгоряння силових контактів, а також створює колосальні механічні удари. Ці ударні навантаження передаються на підшипникові вузли, вали та безпосередньо на робоче колесо насоса, суттєво скорочуючи їхній експлуатаційний ресурс.

Крім механічних пошкоджень, прямий пуск потужного електродвигуна неминуче викликає глибоку просадку напруги в локальній системі електропостачання. Цей негативний фактор може критично вплинути на стабільність роботи іншого чутливого обладнання, автоматики та комп'ютерних систем, які живляться від того ж самого трансформатора чи шинопроводу. До того ж, у момент перехідного пускового процесу двигун генерує потужні електромагнітні завади, які здатні дестабілізувати роботу розташованих поблизу електронних приладів та систем зв'язку.

Саме для нівелювання цих негативних явищ софтстартери програмуються таким чином, щоб початкова напруга, яка подається на обмотки, становила лише 30–50% від номінального значення. У момент старту напруга миттєво досягає цієї безпечної позначки, а потім, керована тиристорними ключами за заданим алгоритмом, плавно і безступінчасто зростає до 100%. Завдяки цьому розгін ротора електродвигуна і, відповідно, крильчатки насоса відбувається

максимально м'яко, без гідравлічних та механічних ударів. Використання пристрою плавного пуску радикально знижує стартовий кидок струму, оптимізує кількість необхідної комутаційної апаратури (контакторів та реле), а також забезпечує комплексний мікропроцесорний захист двигуна від перевантаження, перегріву, обриву фаз та значно зменшує рівень генерування електромагнітних перешкод.

Контактори є невід'ємною частиною силової автоматики. Будь-яке електричне коло, незалежно від його призначення, не здатне функціонувати в безперервному режимі вічно — воно потребує регулярного розмикання для зупинки механізмів та наступного замикання для їх запуску. Якщо для побутових мереж достатньо звичайних клавішних вимикачів, то промислові потужності вимагають застосування реле, магнітних пускачів та контакторів, які здатні комутувати великі струми та захищати обладнання.

У технічній літературі та на практиці терміни «пускач» та «контактор» часто плутають, тому важливо розуміти їхню функціональну різницю. Власне контактор — це базовий електромеханічний пристрій, конструкція якого складається виключно з електромагнітної котушки, магнітопроводу та групи силових і допоміжних контактів. При подачі керуючої напруги на котушку виникає електромагнітне поле, яке притягує якір і здійснює замикання (або розмикання) силових ліній. Класичний контактор не має вбудованих елементів теплового захисту, кнопок керування чи систем фіксації. З іншого боку, магнітний пускач — це комплексний комутаційний пристрій, базовим ядром якого виступає контактор, але він додатково комплектується тепловим реле для захисту двигуна від перевантажень, кнопковим постом («Пуск»/«Стоп»), елементами індикації, а іноді й автоматичними вимикачами. Тобто пускач є повністю готовим вузлом для безпосереднього управління споживачами електроенергії.

У контексті розробки автоматизованої системи керування насосною станцією, перед проектувальниками стоїть завдання вибору надійної апаратури для комутації потужних електродвигунів, що приводять у рух лопаті насосів. Ця апаратура повинна забезпечувати безперебійну, швидку та безпечну комутацію

струмів за сигналами від мікроконтролера. Для вирішення саме цього завдання доцільним є використання промислових контакторів. За своїм визначенням, контактор — це надійний двопозиційний апарат електромагнітної дії, спеціально спроектований для багаторазових дистанційних комутацій (включень і відключень) силових електричних ланцюгів змінного або постійного струму в умовах нормальних робочих режимів.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд та конструктивне виконання модульного комутаційного апарата (контактора)

Принцип дії контакторів базується на законах електромагнетизму. При подачі ініціюючої напруги від керуючого контролера або допоміжного ланцюга, електричний струм починає протікати через витки електромагнітної котушки контактора. Створене магнітне поле долає опір поворотної пружини, притягує рухому частину магнітопроводу (якора) і забезпечує миттєве замикання головних силових контактів. При знятті керуючої напруги електромагнітне поле зникає, і поворотна пружина миттєво повертає контакти у початкове (розімкнене) положення. Важливо зазначити, що залежно від специфіки об'єкта, керування контакторами може здійснюватися котушками як постійного, так і змінного струму різного номіналу.

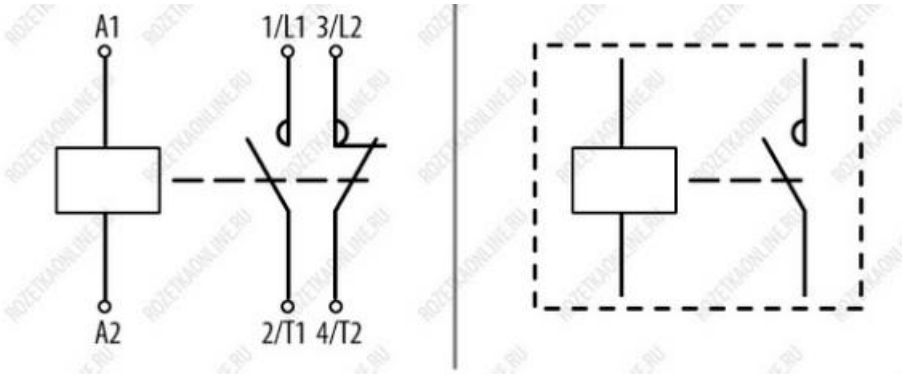


Рисунок 3.4 – Принципова електрична та однолінійна схема підключення електромагнітного контактора

3.4 Обґрунтування та вибір первинного сенсорного обладнання

Сучасні системи автоматизованого керування технологічними процесами (АСКТП), що функціонують на об'єктах водопостачання та водорозподілу, вимагають безперервного і точного збору первинної інформації. Цю життєво важливу функцію виконують різноманітні датчики, які здебільшого адаптовані під використання уніфікованого стандартизованого електричного вихідного сигналу в діапазоні від 0 до 5 мА. Головне завдання цього вимірювального обладнання полягає в отриманні та передачі достовірних даних про динаміку технологічних параметрів гідротехнічних споруд. У типових структурах АСКТП застосовується широкий спектр первинних перетворювачів, які концептуально поділяються на чотири основні групи: датчики для реєстрації абсолютного тиску та перепаду тисків; сенсори для визначення рівня води в накопичувальних резервуарах; прилади для точного вимірювання витрати води; а також датчики для контролю електричних параметрів мережі (сили струму, напруги, активної та реактивної складових електричної потужності).

Для здійснення безперервного контролю за показниками тиску найбільш переважним та раціональним є застосування перетворювачів серії МПЧ-VI. Цей тип обладнання характеризується високою експлуатаційною надійністю та максимально простою конструкцією, що робить його ідеальним для жорстких умов роботи насосних станцій. Сучасна приладобудівна промисловість пропонує значний асортимент приладів цієї категорії. Водночас, для вимірювання параметрів розрідження та тиску безпосередньо на всмоктувальних колекторних

лініях насосних агрегатів традиційно монтуються мановакуумметри типу МВПЧ-VI. У випадках, коли виникає необхідність забезпечення локальної та дистанційної сигналізації про досягнення тиском критичних граничних значень, широко застосовуються електроконтактні манометри марки ЕКМ-2. Останніми роками на ринку засобів промислової автоматизації з'явилися інноваційні високоточні датчики тиску лінійки «Сапфір». Вони серійно випускаються заводом «Манометр» і забезпечують високий клас точності 0,5, проте їх широке впровадження дещо обмежується значно вищою ринковою вартістю порівняно з базовими аналогами.

Окремої уваги заслуговує підсистема моніторингу витрати робочого середовища. Контроль об'ємів транспортованої рідини може здійснюватися із застосуванням класичних диференційних манометрів, а також високотехнологічних індукційних чи ультразвукових витратомірів. Індукційні витратоміри (наприклад, серії ІР-50) розроблені для встановлення на магістралях із діаметром до 300 мм і відзначаються високою надійністю, але водночас і значною вартістю. Ультразвукові прилади, хоч і є інноваційними, на сьогодні ще не знайшли масового практичного застосування на вітчизняних водопровідних підприємствах. З огляду на це, найбільшого поширення в АСКТП систем водопостачання набули диференційні манометри виробництва «Теплоконтроль». Їхня безперечна перевага полягає в універсальності: вони можуть бути ефективно встановлені на трубопровідних магістралях абсолютно будь-яких діаметрів, забезпечуючи при цьому високий клас точності вимірювань. Незважаючи на наявний арсенал засобів, глобальну проблему створення абсолютно досконалих та безвідмовних витратомірів для специфічних потреб водопостачання до кінця ще не вирішено.

Для моніторингу об'ємів води в накопичувальних резервуарах застосовуються різноманітні рівнеміри. На багатьох станціях і досі використовується обладнання, виготовлене за старими технологіями, яке має досить низький клас точності (аж до 2,5) — зокрема, поплавкові рівнеміри типу УБ-Е заводу «Теплоконтроль». Як надійну альтернативу для вимірювання рівня рідини в ємностях фахівці розглядають застосування сучасних буйкових

перетворювачів рівня. Для превентивної сигналізації про досягнення водою граничних позначок у резервуарах використовується спеціалізований електронний регулятор-сигналізатор рівня типу ЕРСУ-2 або його вдосконалена модифікація ЕРСУ-3. Конструктивно такий прилад складається з релейного блоку та трьох електродних датчиків, що занурюються у воду. Він дозволяє одночасно і точно контролювати чотири ключові значення рівня: верхнє, нижнє, середнє (оптимальне) та аварійне. Цей пристрій є універсальним і може використовуватися як для передачі даних телесигналізації на диспетчерський пульт, так і для автономного автоматичного керування допоміжними виконавчими механізмами (резервними насосами, дренажними системами або моторизованими засувками).

Безаварійна та енергоефективна робота насосної станції неможлива без безперервного нагляду за станом силового електрообладнання. В АСКТП водопостачання для контролю за режимами роботи потужних електродвигунів насосних агрегатів використовується цілий ряд датчиків електричних параметрів. До цієї групи інтегровані вимірювальні перетворювачі струму, перетворювачі напруги, а також спеціалізовані сенсори для моніторингу спожитої активної та реактивної електроенергії. Контроль активної потужності в системі здійснюється за допомогою трифазних лічильників марки САЗУ-І670Д, тоді як реактивна потужність фіксується лічильниками типу СРЧУ-І673Д. Ці вимірювальні прилади підключаються до високовольтної мережі виключно через вимірювальні трансформатори струму й напруги та генерують телеметричний сигнал із розрахунку 1000 імпульсів на кожний 1 кВт спожитої енергії.

Загалом, лічильники рідини призначені для виконання базової задачі — точного вимірювання витрати та сумарного об'єму речовини, що транспортується (це може бути звичайна вода, сира нафта, різноманітні нафтопродукти тощо). Експлуатаційні характеристики таких лічильників дозволяють їм стабільно працювати в базовому температурному діапазоні до +60 °С, перекачувати середовища з граничною кінематичною в'язкістю до 12 сСт та витримувати крайній робочий тиск до 25,0 МПа. Безпосередньо сам первинний датчик витрати є невід'ємною складовою частиною корпусу лічильника.

У випадку використання ультразвукових витратомірів, розрахунок загального обсягу води, що пройшла через вимірювальний переріз, здійснюється за спеціальною фізико-математичною формулою:

$$V = Кн \cdot Кс \cdot (1 / t_1 - 1 / t_2) \cdot T$$

де: V — загальний об'єм рідини (води), що пройшла через трубопровід, ($м^3$);

T — загальна тривалість безперервної роботи лічильника води (час фіксації), (сек);

t_1 — час поширення прямого імпульсу ультразвуку за напрямком руху потоку рідини, (сек);

t_2 — час поширення зворотного ультразвукового імпульсу проти напрямку руху потоку рідини, (сек);

Кн — базовий гідродинамічний коефіцієнт середовища;

Кс (або Км) — спеціальний поправочний коефіцієнт, який враховує конструктивну геометрію первинного перетворювача приладу.

Підсумовуючи аналіз технічного забезпечення, можна з упевненістю констатувати, що для повноцінної побудови АСКТП подачі та розподілу води сучасна вітчизняна та світова промисловість випускає всю необхідну номенклатурну гаму датчиків та вимірювальних пристроїв.

3.5 Розрахунок вимірювальної схеми автоматичного моста

- об'єкт регулювання - водонагрівач;
- регулюємо величина - температура;
- динамічна характеристика об'єкта регулювання, яка одержана при збудженні μ_1 =10% ходу регулюючого органу ;
- рекомендований регулятор - реальний П - регулятор;
- рекомендований характер процесу регулювання - аперіодичний;
- найбільш можливе навантаження на об'єкт регулювання μ_2 =30% ходу регулюючого органу
- задане значення температури θ_3 = 35°С.

Порядок виконання розрахунку:

1) По динамічній характеристиці знаходимо:

- час запізнення τ =2хв;
- постійна часу $T_{об}$ = 2,3хв;
- зміну температури за час перехідного процесу Δ_θ=30°С.

2) Знаходимо коефіцієнт передачі водонагрівача:

$$К_о = \frac{\theta}{\mu_1} = \frac{30}{10} = 3 град/\% \qquad (3.1)$$

3)Визначаємо показник інерційності водонагрівача:

$$К_1 = \frac{\tau}{T_{об}} = \frac{2}{2,3} = 0,87$$

Згідно визначених динамічних властивостей водонагрівача

(0,2< $\frac{\tau}{T_{оо}}$ <1) приймаємо аналоговий закон регулювання, який реалізується П - регулятором.

4. Виводимо рівняння динаміки статичної АСР температури, приймаючи до уваги:

- рівняння динаміки статичного об'єкту першого порядку

$$T_{оо}\frac{d\varphi}{dt} + \varphi = K_{оо}\cdot\mu + F \qquad (3.2)$$

- рівняння динаміки реального П – регулятора

$$T_р\frac{d\mu}{dt} + \mu = -K_р\cdot\varphi \qquad (3.3)$$

З рівняння 1 виразимо

$$\mu = \frac{T_{оо}}{K_{об}}\cdot\frac{d\varphi}{dt} + \frac{\varphi}{K_{об}} - \frac{F}{K_{об}} \qquad (3.4)$$

Одержаний вираз диференціюємо

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{T_{oo}}{K_o} \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \frac{1}{K_{об}} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \qquad (3.5)$$

Значення μ та $\frac{d\varphi}{dt}$ — підставляємо в рівняння 3.4:

$$T_p \cdot T_{oo} \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \left(T_p + T_{об}\right) \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \left(1 + K_{об} + K_p\right) \cdot \varphi = F \qquad (3.6)$$

Для знаходження перехідного процесу записуємо характеристичне рівняння системи:

$$T_{об} T_p P^2 + \left(T_{об} + T_p\right) P + \left(1 + K_{об} K_p\right) = 0$$

Воно має два корені рішення

$$P_{1,2} = \frac{-\left(T_{об} + T_p\right) \pm \sqrt{\left(T_{об} + T_p\right) - 4T_{об} T_p K_{об} K_o}}{2T_{об} T_p} \qquad (3.7)$$

АСР буде стійкою, якщо обидва корені будуть від'ємними. Якщо корені дійсні, то процес регулювання - аперіодичний, а якщо корені комплексні, то процес регулювання - коливально-затухаючий.

При аперіодичному процесі дискримінант виразу коренів більше нуля, а при коливально-затухаючому процесі - менше нуля.

5. Знайдемо динамічні показники реального П- регулятора. Коефіцієнт пропорційності регулятора для статичного об'єкту та аперіодичного процесу визначають за формулою:

$$K_p = \frac{0{,}3T_{oo}}{K_{об\tau}} = \frac{0{,}3 \cdot 2{,}3}{3 \cdot 2} = 0{,}115\%/\,град \qquad (3.8)$$

Постійна часу реального регулятору

$$T_p = \frac{T_{вм}}{\delta_p \cdot K_1}, \qquad (3.9)$$

де $T_{вм}$ - постійна часу виконавчого механізму.

Приймаємо $T_{вм}$= 0,2 хв,

$\delta_р$ - статичність П - регулятора

$$\delta_р = \frac{1}{K_p} = \frac{1}{0,11} = 8,7$$

K_1 - коефіцієнт підсилення регулятору. Звичайно K_1 =1 1÷∞

Якщо K_1=∞, то регулятор перетворюється в ідеальний. Приймаємо K_1=1,0

Тоді $T_p = \frac{0,2}{8,7 \cdot 1} = 0,023 хв$

Визначаємо числові значення коренів рівняння системи

$$P_{1,2} = \frac{-(2,3+0,023) \pm \sqrt{(2,3-0,023)^2 - 4 \cdot 2,3 \cdot 0,23 \cdot 3 \cdot 0,115}}{2 \cdot 2,3 \cdot 0,023} = \frac{-2,32 \pm 2,26}{0,1}$$

$P_{1=}$-0,6; P_2=-45,8.

Висновок до розділу 3

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було розроблено спеціальну частину проєкту, присвячену питанням організації монтажу, експлуатації та обґрунтуванню вибору технічних засобів автоматизації. Насамперед визначено організаційно-технологічні засади проведення монтажних та пусконалагоджувальних робіт. Встановлено, що для їхнього успішного виконання необхідно обов'язково пройти три ключові стадії підготовки: інженерно-технічну, організаційну та матеріально-технічну. Окрім цього, доведено беззаперечну потребу у створенні спеціалізованої локальної виробничої бази, яка забезпечує попереднє стендове тестування, складання та налаштування чутливої мікропроцесорної апаратури ще до її безпосереднього встановлення на об'єкті.

Детально проаналізовано експлуатаційні особливості систем автоматизації на прикладі роботи компресорного обладнання. Визначено, що безперервний моніторинг критичних технологічних параметрів, таких як температура, тиск і інтенсивність протоку води, а також надійний протиаварійний захист агрегатів найефективніше реалізуються за допомогою спеціалізованого логічного

пристрою А80. Цей прилад здатен миттєво і автоматично блокувати роботу механізмів при виникненні будь-яких відхилень від нормативних значень. Разом з тим, у розділі теоретично обґрунтовано технічну та економічну доцільність застосування сучасних пристроїв плавного пуску (софтстартерів) як оптимальної альтернативи застарілому прямому пуску потужних двигунів. Таке рішення дозволяє суттєво мінімізувати небезпечні пускові струми, уникнути критичних просадок напруги в живильній мережі та надійно захистити кінематику системи від руйнівних механічних і гідравлічних ударів. Для гарантованого захисту та оперативної комутації силових кіл також було підібрано відповідні автоматичні вимикачі та промислові електромагнітні контактори.

Для забезпечення безперервного та високоточного збору первинної інформації в загальній архітектурі АСКТП обрано комплексний набір первинних перетворювачів, які використовують стандартизований уніфікований вихідний електричний сигнал у діапазоні 0–5 мА. До цієї вимірювальної бази увійшли первинні датчики тиску (МПЧ-VI, ЕКМ-2), кондуктометричні сигналізатори рівня рідини (ЕРСУ-3), диференційні манометри для контролю витрати, а також трифазні лічильники для точного обліку спожитої активної та реактивної електроенергії.

Крім обґрунтування апаратної частини, у розділі виконано детальний математичний розрахунок автоматичної системи регулювання (АСР) зі статичним об'єктом першого порядку, в ролі якого виступав водонагрівач. Шляхом складання та аналізу диференціальних рівнянь динаміки було точно визначено необхідні коефіцієнти передачі та розраховано постійну часу для застосованого пропорційного (П) регулятора. Аналіз знайдених від'ємних коренів характеристичного рівняння дозволив теоретично довести абсолютну стійкість розробленої системи керування та підтвердити аперіодичний (безперерегулювальний) характер протікання перехідного процесу. Загалом, застосований інженерно-математичний підхід до вибору елементної бази та налаштувань створює міцне підґрунтя, що гарантує надійне, безпечне та високоенергоефективне функціонування всієї системи автоматизації насосної станції.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Небезпечні й шкідливі виробничі фактори на насосній станції.

На персонал насосної станції обслуговуючого насосні установки відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 12.0.003-74 «Класифікація небезпечних і шкідливих факторів» присутні наступні фізично шкідливі й небезпечні виробничі фактори:

- підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень виробничого шуму;
- наявність шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухливість повітря;
- відсутність або недолік природнього світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- підвищена пульсація світлового потоку.

Серед небезпечних і шкідливих психофізіологічних виробничих факторів можна виділити нервово-психічні перевантаження, з яких можна виділити наступні:

- перенапруга аналізаторів;
- монотонність праці.

Шкідливий вплив параметрів мікроклімату**.**

Шкідливий вплив параметрів мікроклімату проявляється в підвищеній або зниженій температурі повітря робочої зони, підвищеної або зниженої вологість повітря, підвищеної або зниженої рухливість повітря.

На стан людського організму великий вплив виявляють метеорологічні умови у виробничих приміщеннях. Так, наприклад, температура, вологість, і швидкість переміщення повітря впливають на теплообмін між тілом людини й

навколишнім середовищем.

Стан повітряного середовища виробничого приміщення в значній мірі визначає умови праці. Тому санітарними правилами обумовлюється забезпечення нормальних метеорологічних умов.

На робочому місці оператора, виробнича діяльність якого пов'язана із проведенням операцій по керуванню насосами, а також сполучена з фізичною напругою (переміщення в просторі, переміщенням дрібних виробів або предметів при виконанні робіт як сидячи, так і коштуючи).

4.2 Організація робочого оператора насосної станції.

Для працюючих, що брав участь у технологічному процесі по обслуговуванню й спостереженню за роботою насосної установки, повинні бути забезпечені зручні робочі місця, що не стискують їхніх дій під час виконання роботи. На робочих місцях повинна бути передбачена площа, на якій розміщаються необхідні обладнання для керування й контролю над ходом технологічного процесу, а також засобу сигналізації й оповіщення про аварійні ситуації.

Насосна станція – це замкнене приміщення, у якому необхідно створити умови для роботи обслуговуючого персоналу. Насоси з їхніми приводами є сильними джерелами тепла в приміщенні. У проекті необхідно реалізовувати вентиляцію на підставі досвіду вже влаштованих систем вентиляції на вже існуючих насосних станціях.

Пуск насосів проводиться при відкритих засувках на напірному водопроводі.

Обслуговування насосів і засувок проводяться з підлоги.

Збір дренажних вод прийнятий через трап у побутову каналізацію насосної станції.

У якості заходу захисту від гідравлічного удару, викликуваного раптовим вимиканням насосів, необхідно передбачити установку клапана гасителя в першому колодязі на напірному водопроводі.

Навколо будинку насосної станції повинна бути передбачена зона

санітарної охорони, обгороджена забором і озеленена.

Границя зони передбачається на відстані 15 м у відповідності зі Снип 2.04.02-84.

Робота насосів повністю автоматизована залежно від тиску в мережі.

Робота з тиску в мережі можлива:

На закриту мережу, обладнану обладнаннями, що компенсують;

У регулюючу ємність (резервуар), при цьому ємності повинні бути обладнані автоматичними клапанами або електрофікованими засувками.

При аварійному відключенні робочого насоса передбачене автоматичне включення резервного насоса.

Для автоматизації насосних агрегатів використовується комплектна апаратура. Вона забезпечує контроль над тиском у мережі, за станом ліній керування й сигналізації. Апаратура дозволяє черговому персоналу здійснювати контроль над наявністю води в ємностях і роботою насосних агрегатів.

В автоматичному режимі процеси керування всіма агрегатами здійснюються у встановленій послідовності без участі обслуговуючого персоналу, роль якого при цьому зводиться до налагодження, періодичному огляду й спостереженню за станом апаратури й устаткування в процесі експлуатації.

Робоче місце оператора для забезпечення виробничої діяльності обладнається кріслом (стільцем, сидінням) з регульованими нахилом спинки й висотою сидіння. Ергономічні вимоги при виконанні робіт сидячи й коштуючи наведено в ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.032-78, ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.033-78.

4.3 Заходи щодо зниження й усуненню небезпечних і шкідливих факторів на робочому місці оператора насосних установок.

Важливим елементом запобігання несприятливого впливу на людину шкідливих факторів, що супроводжують роботи із проведення лабораторних вимірів є дотримання відповідних санітарно-гігієнічних вимог при забезпеченні безпечних умов праці на даних робочих місць, у тому числі проектуванню, будівництву й реконструкції приміщень, призначених для експлуатації такого роду встаткування.

Для нормалізації параметрів освітленості необхідно чітке дотримання вимог Снип 23.05-95.

До виробничого висвітлення для створення найкращих умов для бачення пред'являються наступні вимоги:

- Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи (обумовленому по об'єкту розрізнення, тлу, контрасту об'єкта із тлом). Збільшення освітленості робочої поверхні поліпшує видимість об'єктів за рахунок підвищення їх яскравості, збільшує швидкість розрізнення деталей, що позначається на росту продуктивності праці, однак є межа, при якій подальше збільшення освітленості майже не дає ефекту, тому необхідно поліпшувати якісні характеристики висвітлення.
- Необхідно забезпечити досить рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні, а також у межах навколишнього простору.
- На робочій поверхні не повинні бути присутнім різкі тіні.
- Необхідно також вибирати правильний спектральний склад світла, тобто зі спектральною характеристикою близької до сонячної.
- Усі елементи освітлювальних установок (світильники, освітлювальні мережі й т.п.) повинні бути досить довговічними, електробезпечними, а також не повинні бути причиною виникнення пожежі або вибуху.

Ретельний і регулярний догляд за установками природнього й штучного висвітлення має важливе значення для створення раціональних умов висвітлення, зокрема, для створення необхідних величин освітленості без додаткових витрат електроенергії.

В установках з люмінесцентними лампами необхідно стежити за справністю схем включення (не повинне бути видимих ока миготінь ламп), а також пускорегулюючих апаратів, про несправність яких, наприклад, можна судити по значному шуму дроселів.

Чищення стекол світлових прорізів повинна проводиться не рідше 2 раз у рік для приміщень із незначним виділенням пили, а для світильників 4-12 раз у рік, залежно від характеру запиленості виробничого приміщення.

Особлива увага слід обертати на проведення заходів щодо оздоровлення

повітряного середовища, тому що їхнє дотримання є однією з необхідних умов здоровішої й продуктивної праці.

Необхідний стан повітря робочої зони може бути забезпечене виконанням певних заходів, до основних з яких ставляться:

– Механізація й автоматизація виробничих процесів, дистанційне керування ними. Ці заходи мають велике значення для захисту від впливу шкідливих речовин. Автоматизація процесів, що супроводжуються виділенням шкідливих речовин, не тільки підвищує продуктивність, але й поліпшує умови праці, оскільки робітники виводяться з небезпечної зони.

– Застосування технологічних процесів і встаткування, що виключають утвір шкідливих речовин або влучення їх у робочу зону.

– Захист від джерел теплових випромінювань. Це важливо для зниження температури повітря в приміщенні й теплового опромінення працівників.

– Обладнання вентиляції й опалення, що має велике значення для оздоровлення повітряного середовища у виробничих приміщеннях.

– Застосування засобів індивідуального захисту.

Найбільш велика увага необхідно приділяти питанням електробезпечності.

Основними заходами захисту від поразки струмом є:

– Забезпечення неприступності струмоведучих частин, що перебувають під напругою, для випадкового зіткнення;

– Електричний поділ мережі;

– Усунення небезпеки поразки з появою напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням і ін.;

– Застосування спеціальних електрозахистних засобів – переносних приладів і пристосувань;

– Організація безпечної експлуатації електроустановок.

Проведемо розрахунки небезпечних і шкідливих виробничих факторів присутніх на робочому місці машиніста насосних установок.

Обслуговування насосних блоків характеризується своїм комплексом небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Небезпечними й шкідливими виробничими факторами при обслуговуванні насосів є виділення в повітря робочої зони шкідливих речовин, підвищений рівень шуму й вібрації, можливі порушення герметичності систем, що перебувають під тиском, підвищена напруга в електричних мережах механізми, що рухаються машини й, рухливі частини встаткування, недостатня освітленість робочої зони; наявність прямій і відбитої блескости, підвищена пульсація світлового потоку.

Для роботи сидячи робоче місце машиніста повинне мати крісло (стілець, сидіння) з регульованими нахилом спинки й висотою сидіння. Ергономічні вимоги при виконанні робіт сидячи й коштуючи наведено в ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.032-78, ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.033-78.

4.4 Вимоги безпеки при експлуатації й ремонті насосної станції

Інструкція з техніки безпеки й охороні праці складається на підставі правил і положень, затверджених відповідним міністерством. Усі інструкції підписуються начальником цеху й затверджуються головним інженером. У кожній інструкції приводиться перелік тих посадових осіб, для яких знання даної інструкції й здача по ній перевірочних іспитів обов'язкові.

• експлуатацію електроустановок насосних станцій слід здійснювати згідно з вимогами правил по охороні праці при експлуатації електроустановок.

• персонал, що обслуговує електроустановки насосних станцій, повинен мати відповідну трупу по електробезпечності.

• при експлуатації насосної станції працівники зобов'язані:

а. забезпечити спостереження й контроль над станом і режимом роботи насмоктаних агрегатів, комунікацій і допоміжного устаткування відповідно до інструкцій з їхньої експлуатації;

б. проводити огляди й ремонт устаткування у встановлений термін;

в. підтримувати належні санітарний стан у приміщенні;

г. вести систематичний облік відпрацьованих годин агрегатами й робити записи в журналах експлуатації або на комп'ютерних носіях;

• чергові працівники повинні негайно зупинити несправний агрегат і запустити резервний з появою в насосному агрегаті несправностей.

• забороняється знімати запобіжні кожухи й ін. захисні обладнання під час роботи насосних установок, підігрівати маслопроводную систему відкритим вогнем.

• працівники, що обслуговують насосні станції повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

• при змінній роботі працівник може закінчити роботу не раніше того, змінник прийме від нього обслуговування насосними агрегатами.

• приймання - здача зміни черговими працівниками здійснюється за графіком, затвердженому керівником, відповідальним за експлуатацію насосних станцій, із записом про виконану роботу в журналі здачі змін. Зміни в графіку дозволяються тільки керівником, що затвердили графік.

4.5 Перша медична допомога при опіках. Опіки дихальних шляхів

Лікування термічних опіків складається з подання першої допомоги потерпілим на догоспітальному етапі та лікування в хірургічних спеціалізованих закладах.

Від якості першої допомоги часто залежить подальша доля хворого. Вона полягає в зупинці дії термічного агента, забезпеченні потерпілого свіжим повітрям та запобії-анні забрудненню рани мікрофлорою.

Загасити палаючий одяг краще шляхом накривання потерпілого ковдрою чи плащем (пальто) або ж водою. При цьому його треба покласти, щоб полум'я, піднімаючись угору, не перекинулось на голову та обличчя. Не можна бігти в палаючому одязі — це тільки роздмухує полум'я. Після загашення полум'я одяг негайно треба зняти, перед цим обливши холодною (але не крижаною) водою. Це ж саме робиться і тоді, коли опік стався під дією окропу чи гарячої рідини. Але в жодному разі не можна допускати переохолодження хворого, бо це сприяє розвиткові шоку. Обливання холодною водою є також лікувальним засобом — знеболює та запобігає поширенню опікової деструкції тканин углиб, зокрема переходу ІІІА ступеня в ІІІБ, а також набряку і нагноєнню. З цією метою

особливо доцільно обливати водою під час надання першої допомоги (але не пізніше ніж через 30 хв після опіку) у разі непоширених опіків (особливо опіків кінцівок). Охолодження водою опікової поверхні триває впродовж 2 год.

Для забезпечення свіжого повітря потерпілого переміщують з місця пожежі (чи заповненої димом та отруйними газами кімнати) на відкритий простір чи в приміщення з чистим повітрям. Після цього його зігрівають. При асфіксії хворому роблять штучну вентиляцію легень (рот до рота чи рот до носа).

Останній акт першої допомоги — запобігання зараженню опікової поверхні — здійснюють шляхом загортання потерпілого в чисте простирадло, марлю чи поліетиленову плівку (великі опіки) або накладання бинтової асептичної пов'язки при обмежених опіках. Внутрішньовенне вводять аналгетики і негайно перевозять потерпілого до лікарні.

Особам з поширеними глибокими опіками, яким загрожує розвиток шоку чи які перебувають у стані шоку, в машині "швидкої допомоги" розпочинають введення протишокових розчинів (сольові розчини або реопо-ліглюкін, розчин лактату чи Рінгера— Локка тощо).

Під час надання першої допомоги з рук потерпілого треба зняти всі дорогоцінні речі (обручки, персні, браслети тощо) з метою запобігання турнікетному ефекту.

У лікувальному закладі (це переважно спеціалізовані опікові відділення) хворого бажано покласти на спеціальне ліжко з повітряною подушкою. У нього передусім перевіряють стан дихальних шляхів. У разі порушення їх прохідності (задишка, синюшність, кашель, хриплість голосу) роблять інтубацію трахеї.

Потерпілим з обмеженими поверхневими та глибокими опіками без загрози розвитку шоку проводять під знеболюванням (переважно внутрішньовенним введенням морфіну гідрохлориду чи неопіоідних аналгетиків або ж наркотиків) обробку опікової поверхні.

Госпіталізації підлягають: хворі з поширеними опіками, опіками дихальних шляхів і з обмеженими опіками II—IV ступеня площею понад 3-5 % поверхні тіла та з поширеними опіками I ступеня площею понад 30 % у дітей, а також хворі з опіками II—IV ступеня ділянки голови, обличчя, промежини, кистей та

стіп незалежно від площі ураження.

Хворих з обмеженими поверхневими опіками, крім зазначених локалізацій, після подання їм допомоги (обробки опікової поверхні) направляють на лікування у поліклініку.

У разі поширеного опіку, який спричинив шок або може зумовити його, розпочинають або продовжують протишокову терапію з одночасним проведенням досліджень гемодинаміки (артеріальний тиск, пульс, ІЩВ), складу крові (гемограма, гемотокрит, рівні електролітів, сечовини тощо) та сечі (погодинний діурез через уведений у сечовий міхур катетер; склад сечі), визначають температуру тіла та проводять заходи із запобігання інфікуванню. Обробку опікової поверхні у таких хворих не проводять до повної ліквідації шоку і його загрози.

Терапія у разі розвитку шоку полягає в ліквідації гіповолемії (дефіциту ОЦК) й гідроіонних порушень: введення збалансованих розчинів електролітів, особливо лактату Рінгера, спеціальних розчинів (реополіглюкін тощо) та білкових субстанцій (плазма, альбумін, протеїн, через 24 год — кров). Інфузійні розчини обов'язково повинні містити натрій, бо у хворих з опіками часто спостерігаються гіпонатріємія (внаслідок підвищення секреції антидіуретичного гормону вазопресину та затримки натрію в інтерстиціальному просторі).

Гіперкаліємії у хворих, незважаючи на значну загибель клітин, не спостерігається через збільшене виведення його нирками під дією гіперкортицизму.

Обсяг розчинів розраховують на підставі багатьох критеріїв (гемодинамі-ки, величини діурезу, результатів біохімічного дослідження тощо). На практиці користуються переважно спрощеними формулами. Так, за однією з них — Парклендською — хворому в першу добу вводять 4 мл лактату Рінгера на 1 кг маси тіла, помноживши цей показник на площу опіку у відсотках. При цьому половину кількості вводять у перші 3 год, половину — в наступні 16 год. Для визначення об'єму плазми та інших колоїдних розчинів користуються, зокрема в Англії, формулою Мюйра—Барклея, за якою об'єм впорскуваної плазми дорівнює площі опіку, помноженій на масу тіла (в кг) і поділеній на 2, тобто 0,5

мл/кг на кожен відсоток.

Для поповнення дефіциту рідини вводять 5 % розчин глюкози (внутріш-ньовенне), а за відсутності у хворого порушень функції травного каналу ре-комендують пити воду, чай, соки.

Для знеболювання внутрішньовенне вводять аналгетики (опіати — морфін, омнопон, фентаніл та ін.), призначають значні дози (100—500 мл за добу) кортизолу (гідрокортизону), енергетичні засоби — гіпертонічні розчини глюкози (10—20 %) з інсуліном, кислотою аскорбіновою, вітаміном В^ серцево-судинні препарати (глюкозиди — строфантин, корглікон), адреноблокатори тощо.

Величезне значення для лікування хворих з опіками має адекватне енергетичне забезпечення їх організму. Обмін речовин у цих хворих ха-рактеризується гіперметаболізмом, переважно прискоренням катаболіч-них процесів. Гіперметаболізм пов'язаний насамперед з подразненням і активізацію симпато-адреналової системи, а також із втратою тепла через втрату значної площі шкіри. Проявляється він підвищенням поглинання кисню, частоти серцевих скорочень та хвилинної вентиляції легень, внутрішньої температури; втратою маси тіла, гшерекскрещєю азоту нирками. Тому харчування хворого по-винно бути калорійним.

Однією з формул для розрахунку енергетичної місткості раціону для хворого є формула Сиггегі, згідно з якою вона повинна складати 25 ккал на 1 кг маси тіла плюс 40 ккал, помножені на відсоток площі опіку.

Гіпералімептації досягають інтести-нальним чи внутрішньовенним шляхом, частіше комбінацією їх, якщо у хворого нема ускладнень з боку травного каналу. У разі внутрішньовенного живлення основу харчування складають гіпертонічні розчини глюкози (не більше 3 г глюкози на 1 кг маси тіла), а також ліпідні емульсії. Хворому вводять 2 г білка на 1 кг маси тіла. При виразках Керлінга хворим призначають блокатори Н рецепторів (циметидин, ранітидин, фаматидин тощо).

Місцеве лікування

Місцеве лікування звичайно розпочинається зразу після надходження потерпілих у лікувальний заклад, а тим, хто перебуває в стані шоку чи у разі

загрози цього ускладнення, — після виведення їх з цих станів.

При опіку I ступеня уражену поверхню змазують етиловим спиртом (56—76 %) і пов'язкою її не закривають. Через 3—5 діб некротизований поверхневий епітелій злущується, замінюючись на новий, що має рожевий колір у ранні строки.

Опіки II ступеня обробляють після знеболювання (внутрішньовенне вводять аналгетики). Шкіру біля обпеченої поверхні дезінфікують 0,5 % розчином хлоргексидину, 1 % йодона-том чи 76 % етиловим спиртом. Опікову поверхню обмивають ватно-марлевими кульками, добре змоченими якимось антисептичним розчином чи теплим розчином натрію хлориду, після чого осушують сухими стерильними тампонами. Пухирі спорожнюють від ексудату і повністю вирізують. На опікову поверхню здебільшого накладають волого-висихаючу пов'язку:

з розчином фурациліну (1:5000), чи 0,5 % хлоргексидину (краще його спиртовий розчин — гібітан), чи мазьову на гідрофільній основі (левосиль, левоміколь тощо), або з фламазином (1 % сульфазіадин срібла). За відсутності промокання (контролюють щодня) її не змінюють протягом 7—10 діб. Якщо рана не ускладнюється інфекцією, то за цей час вона загоюється. Звичайно після зняття пов'язки поверхня опіку повністю вкрита новоутво

реним рожевим епітелієм. У разі промокання пов'язку змінюють на нову.

Опіки II ступеня обличчя лікують відкритим способом. Після промивання опікової поверхні та висушування її обробляють в'яжучими чи дублячими речовинами (3 % розчином перманганату калію, 5 % розчином таніну та ін.), рідше — композиціями (пластубол тощо), що утворюють плівку.

Опіки II ступеня кистей після обробки їх поверхні антисептиком, краще в формі мазі, або закривають пов'язкою, або поміщають у целофанові стерильні мішечки, які зав'язують на зап'ястках. Ці мішечки треба змінювати щоденно. Такий спосіб не утруднює рухів пальців і не порушує кровообігу в кисті, як це буває у разі використання бинтових пов'язок. Опіки II ступеня кінцівок чи тулуба можна лікувати також відкритим способом — без пов'язки — у спеціальних аероте-рапевтичних камерах — мішках (для кінцівок) та в

установках (АТУ), у які надходить сухе, стерильне повітря.

Опіки I НА ступеня лікують таким самим способом, як і опіки II ступеня. У неускладнених інфекцією випадках вони загоюються протягом 2— Зтиж.

Місцеве лікування опіків IIIБ та IV ступенів проводять залежно від їх площі.

Дуже обмежені опіки у відповідних місцях можуть бути вирізані із закриттям дефекту мобілізованими місцевими тканинами. Дещо менше обмежені опіки однієї глибини можуть бути уже під час первинної обробки тангенцій-но зрізані (первинна некректомія) та закриті розщепленим клаптем шкіри, одержаним за допомогою дерматома. Але ця первинна некректомія супроводжується значною крововтратою і, крім того, новоутворена поверхня не завжди буває рівною та досить сухою, щоб зріз шкіри міг добре приліпитися до неї без загрози скупчення під ним крові та ексудату. І хоч перфорація такого зрізу зменшує можливість цього ускладнення, все ж таки спосіб такої первинної некректомії з ауто-пластичним закриттям рани застосовується рідко і, головним чином, у спеціалізованих відділеннях.

Здебільшого ж під час первинної обробки глибокого опіку, особливо різної глибини, його поверхню — струп або лише закривають асептичною пов'язкою до появи чіткої демаркаційної зони некрозу і його відшарування (останнє може бути прискорене аплікацією на поверхню струпа протеолітичних ферментів або 40 % саліцилової кислоти), або ж з появою демаркації через кілька діб після опіку проводять некректомію з подальшою аутопластикою. При циркулярних глибоких опіках грудної клітки чи кінцівок, зокрема нижніх на рівні гомілок або стегон, струп під час першої місцевої обробки ділянки опіку повинен бути розрізаним уздовж тулуба чи кінцівки в кількох місцях з метою ліквідації стиснення грудної клітки або кінцівки і порушення дихання та кровообігу.

При глибокому поширеному опіку однієї глибини всю ділянку некрозу (струп) у межах здорової шкіри в перший тиждень — на 3-тю — 7-му добу — тангенційно вирізують і тимчасово закривають "біологічною" пов'язкою — консервованою свинячою шкірою, синтетичною шкірою чи, рідше, консервованою алошкірою (останню через загрозу СНЇДу та інших інфекцій

використовують рідше). Таке тимчасове закриття показано тим раніше, що більша площа ділянки некрозу і більший ризик смерті. Тимчасове закриття опікової рани запобігає інфікуванню рани, плазмореї та прискорює підготовку поверхні для аутопластики зрізами шкіри. Воно може проводитись як одноразово, так і у кілька етапів. Поряд із цим використовують і інші заходи запобігання інфекції та стимулювання регенерації тканин (ультразвук, лазерне опромінення тощо).

Перед пластикою глибоких опіків треба ліквідувати анемію, гіпопротеїнемію та інші порушення обміну, а також нейтралізувати мікрофлору на поверхні рани, зокрема стрептококи, перевіривши наявність їх мікробіологічним шляхом. Раннє закриття ранових поверхонь глибоких опіків поряд із використанням антибіотиків — найважливіші заходи запобігання опіковому сепсису.

Пластичне закриття глибоких поширених опіків здійснюється, головним чином, розщепленим зрізом шкіри, який одержують дерматомом. Його перевагами перед зрізом повної товщини шкіри є краще приживлення завдяки кращому надходженню в нього поживних речовин, а також тісному приляганню до ранової поверхні. Розщеплені зрізи шкіри зручні й тим, що їх можна уже через 2—3 тиж знову (повторно) отримати з того ж самого донорського місця тіла потерпілого, оскільки це місце швидко епітелізується за рахунок епітелію придатків шкіри — волосяних цибулин, сальних та потових залоз. Таке багаторазове одержання шкіри особливо важливе у хворих з масивними опіками, за яких створюється дефіцит здорової шкіри.

Для вільної пластики в гострий період застосовують практично завжди розщеплені зрізи. Недоліками цих зрізів є мала їх толерантність до фізичного навантаження, навіть "фізіологічної" травми — тиску, поштовхів, а також схильність до зморщення та спотворення.

Через ці особливості замість зрізів при пластиці тих ділянок шкіри, які зазнають значних навантажень (долоні, підошви), чи ділянок, важливих з косметичного погляду, користуються зрізами повної товщини або комбінованими клаптями шкіри на судинній ніжці. Останні використовують для

пластики опікових поверхонь з оголенням кісток, суглобів та сухожилків. Закриття навіть великих за площею опіків у спеціалізованих лікарняних закладах досягається протягом 2—3 міс.

Разом із тим лікування хворого, реабілітаційний період повинні тривати протягом принаймні рік, оскільки еволюція рубців відбувається упродовж року і навіть більше і цей період може ускладнитися тяжкими як фізичними і косметичними вадами (контрактури, виворіт повік тощо), так і психічними травмами. Як поверхню пересаджених шкірних зрізів, так і донорські поверхні в цей період треба змащувати зм'якшувальними кремами, а також проводити легенький масаж їх. На ділянки контракту? доцільно призначати фізіотерапевтичні процедури (УВЧ, парафіно-, лазеро- та механотерапія тощо). Для запобігання появі гіпертрофічних рубців широко використовують еластичний одяг, фізіотерапевтичні процедури, а у разі схильності хворого до розвитку їх призначають кортикостероїдні препарати (преднізолон, гідрокортизон — як у вигляді мазей, так і внутрішньом'я-зово).

Людям зі значними косметичними вадами і контрактурами потрібні психореабілітація та соціальна реабілітація.

Опіки дихальних шляхів

Опіки дихальних шляхів стали спостерігатися останнім часом нерідко. Незалежно від ступеня та площі ураження слизової оболонки ці опіки зараховують до категорії тяжких, бо вони становлять значну загрозу для життя потерпілих. Особливо небезпечні опіки, що поширюються на підзв'язкову ділянку гортані. Опіки дихальних шляхів спостерігаються при пожежах у житлових будівлях, на пароплавах, при вибухах парових котлів, загоранні бензоцистерн, газопроводів тощо і зумовлені вдиханням потерпілими гарячих повітря, пари та диму. Опіки дихальних шляхів нерідко комбінуються з отруєнням потерпілих токсичними хімічними речовинами, що виділяються під час горіння побутових приладів, які виготовляються переважно з пластмасових компонентів.

Оскільки опіки дихальних шляхів майже завжди поєднуються з опіками шкіри, які передусім привертають до себе увагу, своєчасна діагностика інгаляційних опіків дуже важлива. Клінічна симптоматика цих опіків у ранній період

(у перші 8 год) обмежується спазмом м'язів гортані, а пізніше — набряком та запаленням слизової оболонки дихальних шляхів, які зумовлюють порушення прохідності дихальних шляхів та дихання. Діагностика грунтується на таких клінічних ознаках та симптомах:

1) наявність опіків голови та шиї;

2) спалене волосся в носі;

3) охриплість голосу;

4) задишка та ціаноз;

5) "трубний" кашель;

6) стискуючий біль вздовж груднини;

7) запалення ротоглотки;

8) виділення харкотиння з домішками сажі, кіптяви.

Різко підвищена кількість виділень із бронхів (бронхорея).

Всі такі хворі потребують обов'язкової госпіталізації. Діагноз за потреби може бути верифікований з допомогою фіброендобронхоскопії.

Лікування таких хворих полягає у диханні зволоженим киснем, туалеті бронхів, іноді з ендоскопією, інгаляція та введення бронхолітичних та муколітичних засобів. Призначають також кортизол чи преднізолон (50 мг на добу) як протинабряковий та протизапальний засіб, антибіотики, у разі наростання асфіксії роблять інтубацію трахеї та штучну вентиляцію легень. У деяких випадках проводять трахсо-стомію, але вдаються до неї за суворими показаннями, оскільки вона збільшує ризик розвитку сепсису. З огляду на це ускладнення багато авторів, зокрема американських, не рекомендують застосовувати кортикостероїди. Проте вітчизняні комбустіологи не розділяють цей погляд і застосовують такі препарати у великих дозах

4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Небезпека у виробничому середовищі — це об’єктивно існуючі явища, процеси, об’єкти, інформаційні фактори та самі люди, які здатні викликати небажані наслідки, що можуть призводити до значного погіршення стану здоров’я чи навіть смерті людини, а також завдавати серйозної шкоди

навколишньому середовищу й об’єктам господарської діяльності. Джерелами таких небезпек традиційно виступають руйнівні природні процеси і явища, складне технологічне та техногенне середовище, а також безпосередні помилкові чи необачні людські дії. Будь-яка небезпека об’єктивно існує в просторі і часі та під час свого прояву реалізується у вигляді неконтрольованих потоків енергії, небезпечної речовини або ж деструктивної інформації. Здебільшого небезпека має прихований (потенційний) характер і може перетворитися в реальну загрозу для персоналу лише за одночасної наявності трьох ключових умов: сама небезпека реально існує на об'єкті; людина безпосередньо перебуває в зоні її активної дії; людина не має ефективних засобів індивідуального чи колективного захисту, не використовує їх належним чином, або ж наявні засоби виявляються технічно неефективними. Загалом усяка виробнича діяльність людини є потенційно небезпечною, і ця потенційна небезпека може реалізуватися у формі професійних хвороб або фізичних травм. Однак наявність потенційної загрози не завжди супроводжується її негативним впливом на людину, оскільки для реалізації цього впливу необхідне обов'язкове виконання всіх трьох вищезазначених умов. Специфічні умови, за якими прихована небезпека може безпосередньо реалізуватися в аварійну подію, називаються небезпечною ситуацією.

Перехід небезпечної ситуації у статус повноцінної надзвичайної ситуації (НС) визначається за кількома основними критеріями: наявність факту або прямої загрози загибелі людей чи значне раптове погіршення умов їхнього життя; заподіяння масштабних економічних збитків підприємству; а також істотне погіршення екологічного стану довкілля. Під час безпосередньої експлуатації електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), засобів автоматизації та іншого обладнання насосної станції можуть виникати такі надзвичайні ситуації, як пожежі, аварії в мережах теплопроводу та водопроводу, а також ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом. При цьому самі комплекси ЕОМ та шафи керування за певних умов (наприклад, у разі короткого замикання чи перегріву компонентів) можуть стати безпосередньою причиною виникнення пожежі або ураження електричним струмом.

У разі виникнення будь-яких ознак надзвичайної ситуації, користувачу чи черговому оператору необхідно негайно припинити виконання своєї роботи, повністю вимкнути ЕОМ та інше технологічне електрообладнання з мережі живлення і терміново доповісти про ситуацію керівнику. Такий алгоритм дій є обов'язковим, якщо: було помічено явні механічні пошкодження або інші дефекти корпусу електрообладнання та ізоляції електропроводки; спостерігається нетипово підвищений рівень шумів чи вібрацій під час роботи апаратури; фіксується значно підвищене тепловиділення від блоків та обладнання; екран монітора постійно блимає або ж текст на ньому хаотично «стрибає»; у приміщенні чітко відчувається запах горілої ізоляції чи поява диму; а також у разі раптового припинення централізованої подачі електроенергії. У всіх перелічених випадках категорично забороняється знову приступати до роботи аж до повного і підтвердженого фахівцями усунення виявлених несправностей.

Окремо регламентуються дії персоналу під час конкретних видів аварій. У випадку загоряння або пожежі співробітники повинні негайно припинити будь-яку роботу, відімкнути всі електроприлади від мережі, невідкладно викликати пожежну команду, повідомити керівника робіт і самостійно приступити до ліквідації осередку загоряння, використовуючи наявні на об'єкті первинні засоби пожежогасіння. При виникненні аварії водопроводу або тепломережі (прорив труб, затоплення) необхідно негайно викликати чергового слюсаря-сантехніка, терміново прибрати хімічні речовини та реактиви, які здатні бурхливо реагувати із водою (щоб уникнути небезпечного контакту), а також вжити всіх можливих заходів для того, щоб вберегти від намокання та незворотного псування дороге електронне обладнання та вимірювальні прилади. Якщо усунути таку аварію силами персоналу станції неможливо, необхідно негайно викликати міську аварійну службу. У ситуації, коли сталася травма працівника, у першу чергу слід швидко та безпечно звільнити постраждалого від дії травмуючого фактора (наприклад, знеструмити лінію при ураженні струмом), після чого повідомити керівника робіт, викликати кваліфіковану медичну допомогу, надати першу долікарняну допомогу постраждалому на місці і, по можливості, зберегти

обстановку на місці інциденту незмінною до початку офіційного розслідування причин цього нещасного випадку.

Висновки до розділу 4

четвертому розділі кваліфікаційної роботи було проведено детальний аналіз питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при експлуатації автоматизованої насосної станції першого підйому. Визначено комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів, серед яких ключовими є підвищена напруга в електричному колі, високий рівень виробничого шуму та вібрації, а також несприятливі параметри мікроклімату й освітлення. Для мінімізації їхнього негативного впливу обґрунтовано необхідність правильної організації робочого місця оператора з дотриманням ергономічних вимог, забезпеченням належної вентиляції та повною автоматизацією процесів керування, що дозволяє вивести персонал із безпосередньої зони небезпеки.

Особливу увагу в розділі приділено заходам щодо нормалізації умов праці та електробезпеки. Встановлено, що головними засобами захисту працівників від ураження електричним струмом є застосування захисного заземлення, занулення, подвійної ізоляції та систем захисного відключення живлення. Сформульовано суворі вимоги безпеки під час експлуатації та ремонту обладнання, які зобов'язують персонал мати відповідну групу з електробезпеки, обов'язково застосовувати засоби індивідуального захисту та негайно зупиняти несправні агрегати. При цьому категорично забороняється знімати запобіжні кожухи чи інші захисні елементи під час безпосередньої роботи насосних установок.

Детально розглянуто алгоритми дій персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, таких як виробничі пожежі, аварії водопроводу чи ураження працівників електричним струмом. Визначено, що за перших ознак аварії (поява диму, іскріння, нетиповий шум або блимання моніторів) оператор повинен негайно припинити роботу, знеструмити електрообладнання та сповістити керівництво. Крім того, наведено вичерпні інструкції щодо надання першої медичної допомоги при термічних опіках та

опіках дихальних шляхів, що включають швидке припинення дії термічного агента, охолодження опікової поверхні холодною водою, накладання асептичних пов'язок та своєчасне проведення протишокових заходів на догоспітальному етапі.

Отже, неухильне дотримання розроблених санітарно-гігієнічних норм, правил техніки безпеки та алгоритмів реагування на аварії є критично важливою умовою для збереження працездатності, здоров'я та життя працівників, а також для забезпечення надійної та безаварійної роботи всього комплексу насосної станції.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі успішно вирішено актуальне інженерне завдання з розробки та теоретичного обґрунтування комплексної системи автоматичного керування (САК) підземною пневматичною насосною станцією першого підйому. Її впровадження забезпечує суттєве підвищення надійності, енергоефективності та загальної безпеки системи артезіанського водопостачання. На основі глибокого аналізу технологічного процесу встановлено, що для гарантованого та безперебійного водопостачання споживачів критично важливо впровадити незалежні контури автоматичного керування заглибними, господарсько-питними, дренажними та протипожежними насосними агрегатами. Окрім цього, інтегровано підсистему автоматичного регулювання роботи повітряного компресора, яка відповідає за стабілізацію тиску у пневматичній ємності (повітряно-водяному баці-акумуляторі).

Для беззаперечного підвищення надійності та безвідмовності насосної станції в нештатних ситуаціях розроблено та інтегровано в загальну схему алгоритми автоматичного включення резерву (АВР). У роботі обґрунтовано необхідність використання сучасної мікропроцесорної бази, зокрема пристроїв плавного пуску (софтстартерів), що дозволяє радикально мінімізувати пускові струми, уникнути гідравлічних ударів у магістралях та суттєво подовжити експлуатаційний ресурс потужних електродвигунів. Надійність прийнятих рішень також підкріплена математичним розрахунком вимірювальної схеми автоматичної системи регулювання (АСР) зі статичним об'єктом першого порядку (водонагрівачем). За результатами аналізу знайдених коренів характеристичного рівняння доведено абсолютну стійкість розробленої системи та підтверджено аперіодичний характер протікання перехідного процесу, що свідчить про правильність обраних налаштувань пропорційного регулятора.

Окрема увага в проєкті приділена питанням практичної реалізації та безпеки. Детально опрацьовано технологію монтажу, підключення та пусконалагодження апаратної частини системи автоматизації. Визначено жорсткі нормативні вимоги до просторового розміщення щитів керування,

трасування кабельних ліній та встановлення первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків рівня ЕРСУ-3, електроконтактних манометрів ЕКМ-1У, термоперетворювачів ТСМ), що є запорукою уникнення електромагнітних завад і хибних спрацьовувань чутливої апаратури. У межах дослідження питань охорони праці виявлено небезпечні й шкідливі виробничі фактори, притаманні експлуатації підземних насосних станцій, такі як підвищена напруга, рівень шуму, вібрація та специфічний мікроклімат. Запропоновано комплекс організаційно-технічних заходів щодо їх зниження, включаючи автоматизацію мікроклімату машинного залу за допомогою електрокалориферного обігріву, а також розроблено чіткі алгоритми дій персоналу в умовах надзвичайних ситуацій та правила надання першої долікарняної допомоги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування / [Трегуб В.Г., Смирнов В.В., Ковальчук В.М., Петренко О.О.]: Підручник. — Київ: НУХТ, 2017. — 312 с.
2. Кулик М. І. Проєктування систем автоматизації: Навчальний посібник / М. І. Кулик. — Вінниця: ВНТУ, 2018. — 185 с.
3. Основи автоматики та автоматизації / [Попович М.Г., Ковальчук О.В., Петренко В.І.]: Підручник. — Київ: Либідь, 2015. — 405 с.
4. Самсонов В. В. Системи автоматизованого керування електроприводами / В. В. Самсонов. — Харків: ХНУРЕ, 2019. — 260 с.
5. Теорія автоматичного керування: Навчальний посібник / [Іванов А.О., Петров Б.М., Сидоренко В.В.]. — Львів: Львівська політехніка, 2016. — 340 с.
6. Чернов В. Г. Сучасні засоби автоматизації технологічних процесів / В. Г. Чернов, О. М. Ткаченко. — Одеса: ОНПУ, 2020. — 215 с.
7. Автоматика і автоматизація виробничих процесів / [Морозов О.І., Коваленко С.М.]: Підручник. — Дніпро: ОНМА, 2014. — 290 с.
8. Комп'ютерно-інтегровані системи керування / [Захарченко Р.В., Мельник О.В.]: Навчальний посібник. — Тернопіль: ТНТУ, 2021. — 198 с.
9. Системи управління технологічними процесами на базі ПЛК / [Гришко В.І., Бондаренко О.О.]: Монографія.— Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018—245 с.
10. Водопостачання та водовідведення: Підручник / [Абрамов М.М., Кравченко В.С., Павловський В.І.]. — Київ: Будівельник, 2015. — 380 с.
11. Насосні станції систем водопостачання / [Турбаєвський В.О., Мельник В.П.]: Навчальний посібник. — Рівне: НУВГП, 2017. — 210 с.
12. Енергоефективність насосних станцій / [Романов А.І., Козак В.М.]: Монографія. — Львів: Сполом, 2019. — 175 с.
13. Проєктування систем водопостачання міст / [Сидоренко О.В., Ткачук М.П.]: Навчальний посібник. — Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2020. — 230 с.
14. Автоматизація систем водопостачання і водовідведення / [Гончарук В.І., Лисенко О.М.]: Підручник. — Київ: КНУБА, 2016. — 315 с.

15. Гідравліка та аеродинаміка / [Кравчук С.О., Петрук В.Г.]: Навчальний посібник. — Вінниця: ВНТУ, 2018. — 250 с.

16. Сучасні насосні агрегати: конструкція та експлуатація / [Бойко В.В., Іванов О.П.]. — Київ: Техніка, 2015. — 190 с.

17. Електрообладнання насосних та компресорних станцій / [Коваль В.С., Мельник О.О.]: Навчальний посібник. — Запоріжжя: ОНТУ, 2021. — 220 с.

18. Електротехніка та електромеханіка / [Павленко В.М., Савченко О.І.]: Підручник. — Київ: Каравела, 2017. — 340 с.

19. Пристрої плавного пуску та частотні перетворювачі / [Григоренко В.В., Ткач О.М.]: Монографія. — Львів: Новий Світ-2000, 2019. — 185 с.

20. Електричні апарати та системи керування / [Зайцев В.І., Коваленко В.П.]: Навчальний посібник. — Дніпро: НТУ "ДП", 2018. — 270 с.

21. Контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматизації / [Боднар В.М., Петренко О.В.]: Підручник. — Київ: Центр учбової літератури, 2020. — 310 с.

22. Датчики технологічних параметрів: конструкція та застосування / [Сидорчук В.О., Коваль О.М.]: Навчальний посібник. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2016. — 205 с.

23. Монтаж та експлуатація систем автоматики / [Гришко О.В., Ткачук В.І.]: Навчальний посібник. — Харків: Факт, 2017. — 240 с.

24. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). — Київ: Мінпаливенерго України, 2017. — 615 с.

25. Охорона праці в галузі автоматизації та електротехніки / [Гавриш С.А., Гавриш А.С.]: Підручник. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 440 с.

26. Основи охорони праці: Підручник / [Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В.]. — Львів: Афіша, 2015. — 350 с.

27. Безпека життєдіяльності та цивільний захист / [Ковальчук В.М., Петренко О.О.]: Навчальний посібник. — Київ: Знання, 2020. — 280 с.

28. Пожежна безпека на промислових підприємствах / [Смирнов В.В., Іванов О.П.]: Монографія. — Харків: ХНУЦЗУ, 2018. — 195 с.

29. Ергономіка та організація робочих місць операторів / [Романов А.І., Козак В.М.]: Навчальний посібник. — Львів: Сполом, 2016. — 160 с.

30. Siemens. Soft Starters Sirius 3RW: Application Manual. — Munich: Siemens AG, 2021. — 145 p.
31. Schneider Electric. Motor Control and Protection: Technical Guide. — Paris: Schneider Electric, 2020. — 180 p.
32. ABB. Industrial Controls Catalog. — Zurich: ABB Group, 2022. — 320 p.
33. Danfoss. Low Voltage Directive & Motor Protection. — Nordborg: Danfoss A/S, 2019. — 110 p.
34. WIKA. Pressure and Temperature Measurement: Technical Information. — Klingenberg: WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, 2021. — 135 p.
35. Endress+Hauser. Industrial Automation Solutions. — Nordborg: Endress+Hauser Group, 2020. — 200 p.
36. Grundfos. Water Utility Applications Guide. — Bjerringbro: Grundfos Holding A/S, 2018. — 150 p.
37. Bolton, W. Programmable Logic Controllers / W. Bolton. — 6th ed. — Oxford: Newnes, 2015. — 430 p.
38. Hughes, A. Programmable Controllers / A. Hughes. — 4th ed. — London: Elsevier, 2014. — 320 p.
39. Smith, J. Industrial Automation Engineering / J. Smith. — Berlin: Springer, 2019. — 410 p.
40. Johnson, R. Water Supply Systems Automation / R. Johnson. — London: IWA Publishing, 2021. — 250 p.
41. Williams, M. Electrical Safety in Industrial Plants / M. Williams. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2018. — 290 p.
42. Brown, D. Sensor Technologies for Process Control / D. Brown. — Munich: Hanser, 2020. — 315 p.
43. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. — Київ: Мінрегіон України, 2013. — 150 с.
44. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги. — Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2015. — 115 с.
45. ДСТУ IEC 61131-2:2018. Електрообладнання промислових машин. Безпека. Частина 2. — Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2018. — 85 с.

46. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. — Київ: Мінрегіон України, 2012. — 90 с.
47. ДСТУ EN 809:2015. Насоси та насосні агрегати для рідин. Загальні вимоги безпеки. — Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2015. — 45 с.
48. ДСТУ EN 60947-1:2014. Безпечність машин. Електричне устаткування машин. Частина 1. Загальні вимоги. — Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2014. — 130 с.
49. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. — Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2015. — 30 с.
50. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. — Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2019. — 40 с.
51. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Основні вимоги до проектної та робочої документації. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. — 55 с.