

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»

РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ДЛЯ
ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВОГО МАСИВУ

Здобувача вищої освіти
Демченко Юрія Івановича
Освітня програма
«Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»
(Спеціальність
174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та
робототехніка»)

(підпис)

Науковий керівник:
ст.викл. Фуртат О.В.

(підпис)

Національна шкала _____
Кількість балів _____
Оцінка: ECTS _____

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Завідувач кафедри
 Наталія ОМЕЦИНСЬКА
 «___» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Демченко Юрія Івановича

1. Тема роботи: Розроблення автоматизованої котельні для теплозабезпечення житлового масиву

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: Котельня газо-мазутна; $V_{з.житл.буд.1-6} = 50000 \text{ м}^3$; $V_{з.школа} = 10000 \text{ м}^3$; $V_{з.дит.сад} = 5000 \text{ м}^3$; $V_{з.аптека} = 5000 \text{ м}^3$; $V_{з.блок станції аерації 1-3} = 750000 \text{ м}^3$.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Проаналізувати технічні характеристики котлоагрегатів Logano SK 755 та обґрунтувати доцільність використання біогазу з метантенків як альтернативного виду палива; Розробити принципові схеми автоматичного керування основними підсистемами очисних споруд, включаючи мулоущільнювачі та метантенки; Обґрунтувати впровадження мікропроцесорної станції Logamatic для забезпечення високоточного регулювання параметрів та дистанційного моніторингу об'єкта; Пропрацювати заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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	старший викладач Олена ФУРТАТ		
Розділ 2	старший викладач Олена ФУРТАТ		
Розділ 3	старший викладач Олена ФУРТАТ		
Розділ 4	старший викладач 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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	09
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОЖИВАЧІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ ТА ЖИТЛОВОГО МАСИВУ.....	11
1.1 Загальна характеристика та опис споживачів теплової енергії Бортницької станції аерації та житлового масиву.....	11
1.2 Потреби у теплопостачанні житлового масиву та станції аерації.....	12
1.3 Розрахунок теплових навантажень споживачів.....	13
1.4 Опис газового котла типу Logano SK 755.....	25
Висновок до розділу 1.....	26
РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЦИКЛУ ОБРОБКИ ОСАДУ ТА ЗБРОДЖУВАННЯ МУЛУ В МЕТАНТЕНКАХ БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ.....	27
2.1 Опис технологічного процесу, інформація про об'єкт автоматизації.....	27
2.2 Опис принципової схеми автоматизації.....	30
2.3 Розрахунок регулюючого органу на напірному трубопроводі.....	32
Висновок до розділу 2.....	34
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ КОТЕЛЬНИМ АГРЕГАТОМ.....	36
3.1 Характеристика об'єкту дослідження.....	36
3.2 Програмно-технічні вимоги та функціональна структура автоматизації котельного агрегату.....	41
3.3 Доцільність використання мікропроцесорної станції управління для котлоагрегату.....	43
3.4 Технічні характеристики елементів мікропроцесорної станції управління.....	45
3.5 Монтаж щита контрольно-вимірювальних приладів.....	47
3.6 Питання організації та проведення монтажних робіт.....	50
3.7 Розробка та впровадження системи автоматизації Logamatic для сучасних котлоагрегатів.....	53
Висновок до розділу 3.....	59
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	61
4.1 Основні завдання з охорони праці.....	61
4.2 Заходи, спрямовані на охорону праці при виконанні електромонтажних робіт.....	63
4.3 Розробка заходів для забезпечення умов праці в процесі монтажу та експлуатації котельні та системи автоматизації.....	67
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях та забезпечення відмовостійкості.....	69
Висновок до розділу 4.....	71
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75

АНОТАЦІЯ

Демченко Ю. І. Розроблення автоматизованої котельні для теплозабезпечення житлового масиву. – 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 сучасні технічні та програмні рішення для автоматизації промислових котелень, призначених для теплозабезпечення міської інфраструктури. Розроблено концепцію автоматизованої системи керування на базі вискоефективних котлоагрегатів Buderus Logano SK 755 та мікропроцесорних модулів управління Logamatic. Запропоновано інтеграцію альтернативного джерела енергії — біогазу, отриманого в процесі зброджування осадів на Бортницькій станції аерації, що дозволяє оптимізувати паливний баланс та підвищити енергонезалежність об'єкта.

Виконано розробку принципів схем автоматизації для метантенків, мулоуцілювачів та насосних груп, обґрунтовано вибір контрольно-вимірювальних приладів та проведено розрахунок регулюючих органів. Описано алгоритми роботи програмного забезпечення на базі контролерів «Реміконт Р-380», що забезпечують дистанційний моніторинг, автоматичну діагностику та стабільність теплових режимів. Аналізовано заходи з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації котельного обладнання. Практичне значення полягає у можливості впровадження розробленої системи для модернізації муніципальних об'єктів теплоенергетики з метою зниження експлуатаційних витрат та підвищення екологічної безпеки.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси генерації та розподілу теплової енергії в умовах промислової котельні та очисних споруд.

Предмет дослідження – методи, алгоритми та технічні засоби автоматичного керування котельним устаткуванням на базі мікропроцесорних систем Logamatic та контролерів «Реміконт».

Мета роботи – теоретичне обґрунтування та проектування комплексної автоматизованої системи керування котельнею для надійного теплозабезпечення житлового масиву з використанням енергоефективного обладнання та інтелектуальних засобів контролю.

Методи дослідження – системний аналіз, математичне моделювання процесів регулювання, розрахунково-конструктивні методи, аналіз програмно-технічних комплексів автоматизації.

Ключові слова: автоматизована система керування, котельня, котлоагрегат, Logamatic, біогаз, метантенк, енергоефективність, мікропроцесорне управління, теплозабезпечення.

ABSTRACT

Demchenko Yu. I. Development of an automated boiler room for heat supply of a residential area. – Manuscript.

Qualification bachelor's thesis in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics." - Tavrichesky National University named after V.I. Vernadsky, Kyiv, 2026.

The bachelor's qualification work explores modern technical and software solutions for the automation of industrial boiler houses intended for heat supply of urban infrastructure. A concept for an automated control system based on highly efficient Buderus Logano SK 755 boilers and Logamatic microprocessor control modules has been developed.

The integration of an alternative energy source is proposed - biogas obtained during the process of sludge fermentation at the Bortnytsia aeration station, which allows optimizing the fuel balance and increasing the energy independence of the facility.

The development of basic automation schemes for methane tanks, sludge thickeners and pump groups was carried out, the choice of control and measuring instruments was justified and the calculation of regulatory bodies was carried out. The algorithms of the software based on the "Remikont R-380" controllers are described, which provide remote monitoring, automatic diagnostics and stability of thermal modes.

Occupational health and safety measures during the operation of boiler equipment are analyzed. The practical significance lies in the possibility of implementing the developed system for the modernization of municipal heat and power facilities in order to reduce operating costs and increase environmental safety.

The object of research is the technological processes of generation and distribution of thermal energy in industrial boiler houses and treatment plants.

The subject of the research is methods, algorithms and technical means of automatic control of boiler equipment based on Logamatic microprocessor systems and Remikont controllers.

The purpose of the work is the theoretical justification and design of a comprehensive automated boiler room control system for reliable heat supply of a residential area using energy-efficient equipment and intelligent control means.

Research methods – system analysis, mathematical modeling of control processes, calculation and design methods, analysis of software and hardware automation complexes.

Keywords: automated control system, boiler room, boiler unit, Logamatic, biogas, methane tank, energy efficiency, microprocessor control, heat supply.

ВСТУП

Енергетичний сектор є фундаментальною основою розвитку національного господарства, забезпечуючи безперебійні технологічні процеси в промисловості та створюючи необхідні умови для життєдіяльності суспільства. Це розгалужена система галузей, що об'єднує паливну індустрію та електроенергетику з їхніми складними комунікаціями, науково-дослідною базою та системами управління. Оскільки Україна на сьогодні належить до держав, що не мають достатнього обсягу власних традиційних енергоресурсів, надзвичайно актуальною стає стратегія заміни застарілого централізованого опалення на автономні та індивідуальні теплові пункти. Такий перехід дозволяє підвищити надійність теплопостачання та суттєво оптимізувати витрати палива.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається проект автономної котельні, призначеної для забезпечення потреб Харківського житлового масиву міста Києва, зокрема житлового комплексу «Патріотика на озерах», а також власної інфраструктури Бортницької станції аерації. Раціональним інженерним рішенням у проекті є використання газу метану, що отримується в результаті біологічної переробки осадів у метантенках станції аерації. Це дозволяє не лише створити екологічно чистий цикл виробництва енергії, а й досягти високого коефіцієнта корисної дії при зниженні ціни на газ для кінцевих споживачів. Проектування базується на використанні сучасних сталевих котлоагрегатів Buderus серії Logano SK 755, які відрізняються високою енергоефективністю (ККД до 93%) та низьким рівнем викидів шкідливих речовин.

Центральне місце в роботі займає розробка системи автоматизації, оскільки головним напрямом розвитку сучасної енергетики є створення саме комп'ютерно-інтегрованих виробництв. Автоматизація розглядається як процес передачі функцій керування та контролю спеціалізованим технічним засобам, що дозволяє оперативне отримання безперервної та достовірної інформації про параметри процесів. Впровадження мікропроцесорної системи управління Logamatic дозволяє задовольнити комплекс вимог: від оптимального

регулювання та економного споживання енергії до дистанційної параметризації та автоматичного розпізнавання несправностей. Використання програмно-керованих комплексів на базі контролерів «Реміконт Р-380» та інтелектуальних модулів Easycom PRO забезпечує стабільну роботу обладнання навіть у критичних ситуаціях, гарантуючи високу відмовостійкість та безпеку промислового об'єкту.

Структура дослідження охоплює всі етапи проектування: від аналізу теплових навантажень споживачів та розрахунку параметрів джерел теплопостачання до детальної розробки принципових схем автоматичного керування метантенками, мулоуціільнювачами та насосними агрегатами. Окрему увагу приділено технології монтажу контрольно-вимірювальних приладів та питанням охорони праці при виконанні електромонтажних робіт. Такий комплексний підхід дозволяє створити високоефективну автономну систему, яка забезпечує безперебійну подачу тепла, знижує експлуатаційні витрати та мінімізує вплив людського фактора на складні технологічні процеси.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОЖИВАЧІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ ТА ЖИТЛОВОГО МАСИВУ

1.1 Загальна характеристика та опис споживачів теплової енергії Бортницької станції аерації та житлового масиву

Основним споживачем теплової енергії є Бортницька станція аерації ПАТ «АК Київводоканал» – це єдині очисні споруди стічних вод м. Києва та прилеглих міст і селищ Київської області (Вишгород, Ірпінь, Вишневе, Бортничі, Гнідин, Щасливе, Чабани, Коцюбинське, Пухівка, Новосілки, Софіївська та Петропавлівська Борщагівка, Гатне). На станції проходять очистку всі побутові стічні води, а також стоки промислових підприємств.

Бортницька станція аерації – це складний комплекс інженерних споруд, обладнання та комунікацій, призначений для повної біологічної очистки стічних вод. Станція займає територію 120 га в Дарницькому районі столиці, яка будувалася і вводилася в експлуатації поетапно: I блок споруд - введено в дію 1964, II блок - у 1976 році, III блок - у 1987 році. Проектна потужність станції – 1,8 млн м³ на добу (проектна потужність кожного з трьох блоків – 600 тис, м³ на добу, середньодобовий обсяг стічних вод - 1131928 м³. Наразі фактично надходять на очистку від 700 тис, до 1 млн м³ на відходів на добу. Відходи, які накопичуються в первинних відстійниках, відкачуються на метантенк, де в процесі біологічної переробки відбувається постійний відбір біогазу. У метантенку на 1 м³ осаду виходить 12-16 м³ газу: 70% метану й 30% вуглекислого газу.

Проаналізувавши всі вище названі складові, я хочу запропонувати проектування автономної котельні на території Бортницької станції аерації, яка буде працювати на біогазі.

За проведеними підрахунками виробленого газу буде достатньо для теплопостачання та задовільнення власних потреб станції аерації та розташованого не подалік від неї Харківського масиву, а саме ЖК «Пітриотика на озерах» по вулиці Колекторна.

Харківський масив - житловий масив, який почав забудовуватися в середині 1980-х - початку 1990-х роках у Дарницькому районі міста Києва, розташований на лівому березі Дніпра та обмежений проспектом Миколи Бажана, вулицею Ревуцького, Тростянецькою вулицею та Харківським шосе.

Отже, об'єктами споживання теплової енергії є Бортницька станція аерації та ЖК «Патріотика на озерах», який розташований в мікрорайоні Осокорки-Центральні між озерами Тягле і Небреж.

На території житлового масиву знаходяться такі об'єкти споживання теплової енергії, що введенні в експлуатацію станом на кінець 2018 року: шість житлових будинків поверховістю 26 поверхів, школа, дитячий садок, аптека.

1.2 Потреби у тепlopостачанні житлового масиву та стації аерації

Забезпечення споживачів тепловою енергією необхідно для опалення, підігріву питної води та інших господарських і технологічних потреб.

Потреби у тепlopостачанні споживачів значною мірою залежить від джерела теплової енергії, яке є виробничим об'єктом, що виробляє теплову енергію.

Виробництво теплової енергії – це господарська діяльність, яка пов'язана з перетворенням енергетичних ресурсів будь-якого походження, у тому числі альтернативних джерел енергії, на теплову енергію за допомогою технічних засобів з метою її продажу.

Для забезпечення тепlopостачанням житлового масиву та стації аерації прокладається розподільча тепла мережа, що являє собою сукупність енергетичних установок, обладнання та трубопроводів, які в свою чергу забезпечують транспортування теплоносія від джерела теплової енергії, в якому енергоносієм є органічне паливо, електроенергія, нетрадиційні та поновлювані види енергії, альтернативні джерела енергії, до теплового вводу споживача.

Транспортування теплової енергії відбувається за допомогою системи опалення, яка включає в себе комплекс елементів, необхідних для нагрівання приміщень у холодний період року. До основних елементів систем опалення

належать джерела тепла, теплопроводи, нагрівальні прилади (радіатори). Теплоносіями можуть бути нагріта вода, пара або повітря.

Для забезпечення тепловою енергією даних об'єктів запроектуємо автономну котельню, яка буде розташована на території Бортницької станції аерації та функціонувати за рахунок газу метану, що виходить у результаті шумування осаду, який збирається в газовому ковпаку, розташованому у верхній частині газонепроникного перекриття, звідки по газопроводу поступає в газгольдер і далі на використання [7].

1.3 Розрахунок теплових навантажень споживачів

Важливим фактором при проектуванні системи опалення є географічне розташування об'єкту.

Визначаємо кліматологічні дані для мікрорайону, а саме:

- тривалість опалювального періоду n_o , діб;
- температуру зовнішнього повітря у холодний період року, °С:
- розрахункова для опалення $t_{p.o}$;
- розрахункова для вентиляції $t_{p.v}$;
- середня опалювального періоду $t_{cp.o}$;
- середня найбільш холодного місяця $t_{cp.x.m}$.

Витрати теплоти на опалення

Максимальна (розрахункова) витрата теплоти на опалення:

- Житлові будівлі

Визначаємо розрахункову витрату теплоти на опалення Q_o^* , для житлових будівель зовнішнім об'ємом $V_{з.ж} = 50\,000\text{ м}^3$, за формулою

$$Q_o = q_o \alpha V_3 (t_{вн} - t_{p.o}) 10^{-6}, \quad (1.1)$$

де, q_o – питома опалювальна характеристика будівлі при $t_{p.o} = -22\text{ °С}$, Вт/(м³·К) (табл. 1.1, 1.2); $\alpha = 153,35$ – поправковий коефіцієнт, який залежить від фактичної величини $t_{p.o}$ (табл. 1.2), визначений інтерполюванням; $V_3 = 50\,000$ – зовнішній об'єм будівель, м³; $t_{вн} = 20\text{ °С}$ – розрахункова температура повітря усередині житлових будівель, $q_o = 0,38\text{ Вт/м}^2$, тоді згідно з

формулою (1.1) розрахункова витрата теплоти на опалення житлових будівель для даного мікрорайону складе:

$$Q_{o\text{ 1буд.}}^{\text{ж}} = 0,38 \cdot 153,35 \cdot 50000 [20 - (-22)] \cdot 10^{-6} = 122,37 \text{ МВт.}$$

Оскільки, в ЖК «Патріотика на озерах» введено в експлуатацію шість 26-поверхових житлових будинків з однаковим об'ємом, то максимальна витрата теплоти на їх опалення в загальному складуть 734,22 МВт.

Питомі опалювальні характеристики житлових будівель, споруджених у 1981 р. та пізніше, q_o , Вт/(м³·К), при $t_{p.o} = -30$ °С.

Значення поправкового коефіцієнту $\alpha = f(t_{p.o})$

Збільшений показник максимальної витрати теплоти на опалення 1 м² житлової площі, q , Вт/м²

- Громадські будівлі

Визначаємо розрахункову витрату теплоти на опалення громадських будівель $V_{з.г.}$, то максимальна (розрахункова) витрата теплоти на опалення $Q_o^{\text{г}}$, МВт, визначається за формулою (1.1), при цьому температуру внутрішнього повітря громадських будівель $t_{\text{вн}}$ і питому опалювальну характеристику (залежно від типу будівлі та зовнішнього об'єму) q_o при $t_{p.o} = -22$ °С обираємо за даними табл. 1.3.

Розрахункова витрата теплоти на опалення школи складе:

$$Q_{o\text{ школа}}^{\text{г}} = 0,63 \cdot 153,35 \cdot 10\,000 [20 - (-22)] \cdot 10^{-6} = 40,58 \text{ МВт.}$$

Розрахункова витрата теплоти на опалення дитячого садка складе:

$$Q_{o\text{ дитячий садок}}^{\text{г}} = 0,27 \cdot 155,7 \cdot 5\,000 [22 - (-22)] \cdot 10^{-6} = 9,248 \text{ МВт.}$$

Розрахункова витрата теплоти на опалення аптеки складе:

$$Q_{o\text{ аптека}}^{\text{г}} = 0,63 \cdot 154,27 \cdot 5\,000 [21 - (-22)] \cdot 10^{-6} = 20,895 \text{ МВт.}$$

Отже, витрата теплоти на опалення житлових і громадських будівель буде становити:

$$Q^{\text{ж+гр}}_{o\text{ ов}} = Q_{o\text{ 1-6 будинків}}^{\text{ж}} + Q_{o\text{ школа}}^{\text{г}} + Q_{o\text{ дитячий садок}}^{\text{г}} + Q_{o\text{ аптека}}^{\text{г}} = \\ 734,22 + 40,58 + 9,248 + 20,895 = 804,943 \text{ МВт.}$$

Значення питомих опалювальної q_o та вентиляційної q_v , Вт/(м³·К), характеристик деяких громадських будівель і споруд

- Промислові будівлі

Визначаємо максимальну (розрахункову) витрата теплоти на опалення промислового цеху Q_o^n (при заданому зовнішньому об'єму $V_{з.п}$) визначається за формулою (1.1), при цьому температуру внутрішнього повітря промислових будівель $t_{вн}$ і питому опалювальну характеристику (залежно від типу будівлі та зовнішнього об'єму) q_o при $t_{р.о} = -22$ °C обираємо за даними табл. 1.4.

Отже, визначимо максимальні витрати теплоти на опалення трьох блоків станції аерації, при $\alpha = 1,134$; $t_{вн} = 16$ °C, $V_{з.п} = 75$ тис. м³ - $q_o = 0,4525$ Вт/(м³·К), тоді згідно з формулою (1.1) розрахункова витрата теплоти на опалення складе:

$$Q_o^n_{1\text{блок}} = 0,4525 \cdot 1,134 \cdot 75000 [16 - (-22)] 10^{-6} = 1,46 \text{ МВт.}$$

Оскільки, блоки мають однакові номінальні характеристики, то максимальна витрата теплоти на їх опалення в сумі складуть 4,38 МВт.

Середня витрата теплоти на опалення

Для будівлі будь-якого призначення середня витрата теплоти на опалення, МВт, визначається за формулою

$$Q_{ср.о}^i = Q_o^i \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}}, \quad (1.2)$$

де Q_o^i - розрахункова витрата теплоти на опалення відповідної будівлі, МВт.

Окремо за формулою (1.2) визначаємо середню витрату теплоти на опалення для:

а). житлових будівель - $Q_{ср.о}^ж$, МВт; а саме, для шести 26-поверхових житлових будинків будуть становить:

$$Q_{ср.о}^ж_{1\text{житловий будинок}} = 122,37 \frac{20-16}{20-(-22)} = 11,013 \text{ МВт.}$$

Оскільки, шість будинків мають однакові характеристики, то середня витрата теплоти для кожного будинку буде становить 11,013 МВт.

б). громадських будівель - $Q_{ср.о}^г$, МВт.:

$$Q_{ср.о}^г_{\text{школа}} = 40,58 \frac{20-16}{20-(-22)} = 3,652 \text{ МВт.}$$

$$Q_{\text{ср.о дит.садок}}^{\Gamma} = 9,248 \frac{22-16}{22-(-22)} = 1,257 \text{ МВт.}$$

$$Q_{\text{ср.о аптека}}^{\Gamma} = 20,895 \frac{21-16}{21-(-22)} = 2,423 \text{ МВт.}$$

в). промислового цеху - $Q_{\text{ср.о}}^{\Pi}$, МВт., а саме для трьох блоків станції аерації:

$$Q_{\text{ср.о 1 блок}}^{\Pi} = 1,46 \frac{16-16}{16-(-22)} = 1,46 \text{ МВт.}$$

Річна витрата теплоти на опалення

Для всіх житлових і громадських будівель, а також для деяких промислових цехів (характеризуються безперервним технологічним процесом) річна витрата теплоти на опалення, МДж/рік, визначається за формулою

$$Q_{\text{річ.о}}^i = Q_{\text{ср.о}}^i n_o \cdot 24 \cdot 3600, \quad (1.3)$$

Окремо за формулою (1.5) необхідно визначити річну витрату теплоти на опалення для:

а). житлових будівель - $Q_{\text{річ.о}}^{\text{ж}}$, МДж/рік;

$$Q_{\text{річ.о 1 будинок}}^{\text{ж}} = 11,013 \cdot 24 \cdot 3600 = 951523,2 \text{ МДж/рік.}$$

Отже, річні витрати на опалення для кожного із житлових будинків будуть становити 951523,2 МДж/рік., для шести будинків відповідно 5709139,2 МДж/рік.

б). громадських будівель - $Q_{\text{річ.о}}^{\Gamma}$, МДж/рік;

$$Q_{\text{річ.о школа}}^{\Gamma} = 3,652 \cdot 24 \cdot 3600 = 315532,8 \text{ МДж/рік.}$$

$$Q_{\text{річ.о дитячий садок}}^{\Gamma} = 1,257 \cdot 24 \cdot 3600 = 108604,8 \text{ МДж/рік.}$$

$$Q_{\text{річ.о аптека}}^{\Gamma} = 2,423 \cdot 24 \cdot 3600 = 209347,2 \text{ МДж/рік.}$$

в). промислового цеху (при безперервному технологічному процесу – характеризується вентиляцією без обмеження) - $Q_{\text{річ.о}}^{\Pi}$, МДж/рік.

$$Q_{\text{річ.о 1 блок станції}}^{\Pi} = 1,46 \cdot 24 \cdot 3600 = 126144 \text{ МДж/рік.}$$

Відповідно для трьох блоків станції - 378432 МДж/рік.

Витрати теплоти на вентиляцію

Витрати теплоти на вентиляцію визначаються тільки для громадських і промислових будівель.

1.2.1 Максимальна (розрахункова) витрата теплоти на вентиляцію

- Громадські будівлі

При зовнішньому об'ємі громадських будівель $V_{з.г.}$, максимальну (розрахункову) витрату теплоти на вентиляцію визначаємо за формулою

$$Q_v = q_v V_z (t_{вн} - t_{р.в}) 10^{-6}, \quad (1.4)$$

де q_v – питома вентиляційна характеристика громадської будівлі.

$$Q_{v \text{ 1 будинок}} = 153,35 \cdot 50\,000 (20 - (-22)) \cdot 10^{-6} = 321373,5 \text{ МДж/рік.}$$

Отже, річні витрати на вентиляцію для кожного із житлових будинків будуть становити 321373,5 МДж/рік.

$$Q_{v \text{ школа}} = 153,35 \cdot 10\,000 (20 - (-22)) \cdot 10^{-6} = 64,407 \text{ МДж/рік.}$$

$$Q_{v \text{ дитячий садок}} = 155,7 \cdot 5\,000 (22 - (-22)) \cdot 10^{-6} = 34,254 \text{ МДж/рік.}$$

$$Q_{v \text{ аптека}} = 154,27 \cdot 5\,000 (21 - (-22)) \cdot 10^{-6} = 33,168 \text{ МДж/рік.}$$

- Промислові будівлі

Максимальна (розрахункова) витрата теплоти на вентиляцію без обмеження промислового цеху станції аерації (при заданому зовнішньому об'єму $V_{з.п.}$) визначається за формулою:

$$Q_v^{6/0} = q_v V_z (t_{вн} - t_{р.0}) 10^{-6}; \quad (1.5)$$

$$Q_v^{6/0} = 1,134 \cdot 75000 (16 - (-22)) \cdot 10^{-6} = 3,2319 \text{ МДж/рік.}$$

Максимальні витрати теплоти на вентиляцію для трьох блоків, оскільки вони мають однакові характеристики, будуть становити 9,6957 МДж/рік.

Витрати теплоти на гаряче водопостачання

- Житлові та громадські будівлі

При відомих загальній кількості споживачів гарячої води (U) та кількості водорозбірних приладів (N) витрати води і теплоти на гаряче водопостачання визначають за точною методикою. При цьому у формулах для визначення витрати води враховують, окрім величин U та N , норму витрати гарячої води одним споживачем і ймовірність використання водорозбірного приладу за годину найбільшого водоспоживання.

Якщо ж у вихідних даних задається тільки кількість споживачів гарячого водоспоживання для житлового масиву або окремих будівель, то витрати

теплоти на гаряче водопостачання визначають за спрощеною методикою, яка буде розглядатися нижче.

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання споживачів житлових і громадських будівель за опалювальний період, МВт, визначається за формулою

$$Q_{\text{г.в.ср}}^{\text{ж+гр}} = 1,395 \frac{m(a_{\text{л}} + b)(55 - t_{\text{х.з}})}{24} 10^{-6}, \quad (1.6)$$

де 1,395 - коефіцієнт, що отриманий як добуток $(1,2 \cdot 4187/3600)$; 1,2 - враховує тепловіддачу в приміщення від трубопроводів системи гарячого водопостачання (опалення ванних кімнат і приміщень для сушіння білизни), 4187 - теплоємність води в Дж/(кг·К); m - кількість жителів району (міста); $a_{\text{л}}$ - норма витрати води в кілограмах при температурі 55 °С для житлових будівель на одну людину за добу; b - те саме для всіх громадських будівель району (міста) (при відсутності даних беруть $b = 25$ кг/добу на одну людину; $t_{\text{х.з}}$ - температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, °С (при відсутності даних беруть $t_{\text{х.з}} = 5$ °С; 24 - період споживання гарячої води за добу, год.

Отже, розрахуємо середню витрату теплоти на гаряче водопостачання споживачів житлових і громадських будівель:

$$Q_{\text{г.в. ср 1 будинок}}^{\text{ж+гр}} = 1,395 \frac{1248 (3500+25) \cdot (55-5)}{24} \cdot 10^{-6} = 12,785 \text{ МВт.}$$

Отже, для шести будинків середня витрата теплоти на гаряче водопостачання буде становить: 76,71 МВт.

$$Q_{\text{г.в. ср школа}}^{\text{ж+гр}} = 1,395 \frac{700 (3500+25) \cdot (55-5)}{24} \cdot 10^{-6} = 7,171 \text{ МВт.}$$

$$Q_{\text{г.в. ср дитячий садок}}^{\text{ж+гр}} = 1,395 \frac{200 (3500+25) \cdot (55-5)}{24} \cdot 10^{-6} = 2,048 \text{ МВт.}$$

$$Q_{\text{г.в. ср аптека}}^{\text{ж+гр}} = 1,395 \frac{5 (3500+25) \cdot (55-5)}{24} \cdot 10^{-6} = 0,020 \text{ МВт.}$$

-Промислові будівлі

Максимальна (розрахункова) витрата теплоти на гаряче водопостачання душових приміщень промислових будівель, МВт, визначається за формулою

$$Q_{\text{г.в.мах}}^{\text{п}} = 1,163 \frac{m}{m_{\text{с}}} \frac{a_{\text{л.г}}}{T_3} (55 - t_{\text{х.з}}) 10^{-6}, \quad (1.7)$$

де m - кількість працівників, що користуються душем; $m_{\text{с}}$ - кількість

людей на душову сітку (див. табл. 1.3, наведену у [2]); $a_{л.г}$ - норма витрати води в кілограмах на 1 водорозбірну точку в годину найбільшого водоспоживання; T_3 - число годин заряджання баків-акумуляторів.

Баки-акумулятори мають встановлюватись при кількості душових сіток $N = m/m_c \geq 10$. Значення T_3 залежить від кількості сіток: при $N = 10 \dots 20$ сіток $T_3 = 2$ год, при $N = 21 \dots 30$ сіток $T_3 = 3$ год, а при $N \geq 31$ сітка $T_3 = 4$ год. Для нашого об'єкту приймемо $T_3 = 3$ год (24 сітки).

$$Q_{гв.макс.}^п = 1,163 \frac{285}{4} \cdot \frac{280}{3} (55-5) \cdot 10^{-6} = 0,386 \text{ МВт.}$$

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання споживачів промислових будівель у літній період, МВт, визначається за формулою (1.15), тобто

$$Q_{г.в.ср}^{п.л} = Q_{г.в.макс}^п \frac{55 - t_{х.л}}{55 - t_{х.з}} \beta,$$

при цьому, як зазначено вище, для промислових будівель величина $\beta = 1$.

$$Q_{гв.макс.}^{п.п} = 0,386 \frac{55-18}{55-5} \cdot 1 = 0,2856 \text{ МВт.}$$

Річна витрата теплоти на гаряче водопостачання споживачів промислових будівель, МДж/рік, визначається за формулою

$$Q_{г.в.річ}^п = T_3 (Q_{г.в.макс}^п n_{з.з} + Q_{г.в.ср}^{п.л} n_{з.л}) 3600 \\ = 3 (0,386 \cdot 0,2856) 3600 = 1190,609 \text{ МВт.} \quad (1.8)$$

де $n_{з.з}$ і $n_{з.л}$ - число змін роботи на промисловому підприємстві у зимовому та літньому періоді року відповідно, визначається у залежності від режиму роботи підприємства, тобто кількості змін за добу, а також вихідних і святкових днів.

Визначаємо загальну кількість змін роботи блоків станції, якщо кількість неробочих діб за опалювальний період $n_n = 45$. Продовжуваність опалювального періоду $n_o = 187$ діб, беремо роботу блоків двозмінну, тоді для зимового періоду загальна кількість робочих змін складе

$$n_{з.з} = (n_o - n_n) 2 = (187-45) 2 = 284 \text{ зміни.}$$

Для літнього періоду року беремо таку ж кількість неробочих діб, тобто $n_{н.л} = 45$, тоді загальна кількість робочих змін в літній період складе

$$n_{з.л} = (350 - n_o - n_{н.л})2 = (350 - 187 - 45)2 = 236 \text{ змін.}$$

Результати розрахунків теплових навантажень заносимо до табл. 1.5, 1.6.

Таблиця 1.5

Максимальні витрати теплоти, МВт

Навантаження		Позначення	Значення величини
1. Опалення і вентиляція житлових та громадських будівель		$Q_{ов}^{ж+гр}$	813,972
2. Опалення і вентиляція промислових будівель		$Q_{ов}^п$	4,383
3. Гаряче водопостачання житлових та громадських будівель (середня витрата)	опалювальний період	$Q_{гв.ср}^{ж+гр}$	76,7
4. Гаряче водопостачання станції аерації (максимальна витрата)	опалювальний період	$Q_{гв.мах}^п$	0,386
	теплий період *	$Q_{гв.ср}^{п.л}$	0,2856
Сумарне навантаження споживачів		ΣQ	895,441

Примітка: Величини * до ΣQ не входять

Таблиця 1.6

Річні витрати теплоти, МДж/рік

Навантаження		Позначення	Значення величини
1. Опалення і вентиляція житлових та громадських будівель		$Q_{ов.річ}^{ж+гр}$	7300876,33
2. Опалення і вентиляція промислових будівель		$Q_{ов.річ}^п$	388,127
3. Гаряче водопостачання житлових та громадських будівель		$Q_{гв.річ}^{ж+гр}$	22,024
4. Гаряче водопостачання промислового цеха		$Q_{гв.річ}^п$	3571,83
Сумарне навантаження споживачів		ΣQ	7301286,48

ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНОЇ

Розглянемо водогрійну частина цієї схеми та додамо характеристику водопідігрівальної установки наступним чином:

Водопідігрівальна установка у схемі, що розглядається, служить для

забезпечення гарячого водопостачання споживачів. Це пов'язане з тим, що водогрійні котли, які забезпечують покриття навантаження на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання у холодний період року, в літній період не працюють.

Вихідні дані для розрахунку теплової схеми складаються для п'яти характерних режимів:

I – максимальний зимовий при $t_{p.o} = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$;

II – режим з середньою температурою найбільш холодного місяця $t_{cp.x.m}$ (січень);

III – режим з середньою температурою зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{cp.o}$ (жовтень-квітень);

IV – режим з температурою зовнішнього повітря в точці злому температурного графіка мережної води $t_{3.3л}$;

V – літній режим.

Температура повітря усередині опалювальних будівель (режими I - IV) $t_{вн} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Температура зовнішнього повітря $t_{зовн}$, $^{\circ}\text{C}$:

I - $t_{зовн} = t_{p.o}$;

II - $t_{зовн} = t_{cp.x.m}$;

III - $t_{зовн} = t_{cp.o}$;

IV - $t_{зовн} = t_{3.3л} = t_{вн} - 0,354 (t_{вн} - t_{p.o}) = 20 - 0,354 (20 + 23) = 4,778$.

Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення та вентиляцію будівель (режим I) - (беремо з табл. 1.6):

- житлових і громадських $Q_{o.b}^{ж+гр} = 813,972\text{ МВт}$;

- промислових $Q_{o.b}^п = 4,383\text{ МВт}$.

Середній та максимальний відпуск теплоти на гаряче водопостачання будівель відповідно - (беремо з табл. 1.6):

- житлових і громадських $Q_{г.в.сп}^{ж+гр} = 7300876,32\text{ МВт}$ (режим I);

$Q_{г.в.сп}^{(ж+гр)л} = 22,024\text{ МВт}$ (режим V);

- промислових $Q_{г.в.пнх}^п = 3571,83\text{ МВт}$ (режим I);

$Q_{г.в.сп}^{п.л} = 0,2856\text{ МВт}$ (режим V).

Максимальна температура прямої мережної води (режим I) - $t_{1\max} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Мінімальна температура прямої мережної води в точці злому її графіка (режим IV) - $t_{13\text{л}} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Максимальна температура поворотної мережної води (режим I) – $t_{2\max} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура сирієї води на вході в котельню, T_1 , $^{\circ}\text{C}$:

- режими I-IV: $T_{13} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- режим V: $T_{1\text{л}} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура сирієї води перед хімічною очисткою $T_3 = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для всіх режимів).

Питомий об'єм води в системі теплопостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання (для всіх режимів):

- для житлового сектору $g_{\text{сист}}^{\text{ж}} = 56000\text{ кг / МВт}$;

- для промислових підприємств $g_{\text{сист}}^{\text{п}} = 30000\text{ кг / МВт}$.

Коефіцієнт зниження витікання води в системі теплопостачання:

$k_{\text{вит}} = 1$ (режими I - IV);

$k_{\text{вит}} = 0,5$ (режим V).

Коефіцієнт власних потреб хімічної водоочистки:

$k_{\text{х.в}}^{\text{в.п}} = 1,1-1,25$ (для всіх режимів); беремо $k_{\text{х.в}}^{\text{в.п}} = 1,2$.

Розрахункова температура гарячої води в системі місцевого теплопостачання (для всіх режимів) при закритій системі теплопостачання $t_{\text{г.в}}^3 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура води для підживлення (для всіх режимів) – після атмосферного деаератора з її охолодженням - $T' = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Вид палива (згідно з вихідними даними) : газ (або мазут).

Температура поворотної мережної води від підігрівників гарячої води в літній період (режим V) - $t_{\text{м.п}}^{\text{г.в}} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розрахунок теплової схеми водогрійної котельні для закритої системи теплопостачання для максимального зимового режиму I за методикою у наступній послідовності.

Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення та вентиляцію залежно від температури зовнішнього повітря:

$$k_{o.b} = \frac{t_{вн} - t_{зовн}}{t_{вн} - t_{p.o}}, \quad (1.9)$$

$$k_{o.b} = (t_{вн} - t_{p.o}) / (t_{вн} - t_{p.o}) = 20 - 23 / 20 - 23 = 1.$$

Сумарний відпуск теплоти на опалення та вентиляцію, МВт

$$Q_{o.b} = (Q_{o.b.max}^{ж+гр} + Q_{o.b.max}^п) k_{o.b} \quad (1.10)$$

$$Q_{o.b.} = (813, 9722 + 4,383) 1 = 818, 35 \text{ МВт}$$

Сумарний відпуск теплоти на гаряче водопостачання, МВт

$$Q_{г.в}^3 = (Q_{г.в.сп}^{ж+гр} + Q_{г.в.max}^п) \quad (1.11)$$

$$Q_{г.в.}^3 = 76, 71 + 0,386 = 77,097 \text{ МВт.}$$

Температура мережної води на виході з котельні, °С

$$t_1 = 18 + 64,5k_{o.b}^{0,8} + 67,5k_{o.b}, \quad (1.12)$$

$$t_1 = 150 \text{ °С.}$$

Температура поворотної мережної води після опалення та вентиляції, °С

$$t_2^{o.b} = t_1 - 80k_{o.b}, \quad (1.13)$$

$$t_2^{o.b} = 70 \text{ °С.}$$

Розрахункова витрата мережної води на опалення та вентиляцію, кг/с

$$G_{o.b} = \frac{Q_{o.b} \cdot 10^6}{c_b (t_1 - t_2^{o.b})}, \quad (1.14)$$

$$G_{o.b.} = \frac{818,355 \cdot 10^6 (6 \text{ степінь})}{4187 (150 - 70)} = 312$$

де c_b – теплоємність води, Дж/(кг·К); беремо $c_b = 4187$ Дж/(кг·К).

Витрата води на гаряче водопостачання у споживачів, кг/с

$$G_{г.в.}^{сп} = \frac{Q_{г.в} \cdot 10^6}{c_b (t_{г.в} - T_{13})} \quad (1.15)$$

$$G_{г.в.}^{сп} = \frac{77,097 \cdot 10^6 (6 \text{ степінь})}{4187 (60 - 5)} = 334, 79$$

Знайти відношення величин $\frac{Q_{г.в}^3}{Q_{o.b}}$. Якщо $0,2 > \frac{Q_{г.в}^3}{Q_{o.b}}$ або $\frac{Q_{г.в}^3}{Q_{o.b}} > 1$, то

підігрівники ГВП приєднуються за паралельною схемою, в решті випадків – за змішаною.

Отже, виходячи з вище проведених розрахунків маємо:

$$\frac{Q_{Г.В}^3}{Q_{О.В}} = \frac{77,097}{818,355} = 0,094$$

Підігрівники ГВП приєднані за паралельною схемою, то визначається додаткова витрата мережної води на підігрівники ГВП, кг/с

$$G_{Г.В} = \frac{Q_{Г.В} \cdot 10^6}{c_B(t_1 - t_2^{О.В})} \quad (1.16)$$

$$G_{Г.В.} = \frac{77,097 \cdot 10^6 \text{ (6 степінь)}}{4187 (150 - 70)} = 230,167$$

Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної, кг/с

$$G_M = G_{О.В} + G_{Г.В} \quad (1.17)$$

$$G_M = 244,312 + 230,167 = 474,48$$

Витрати води для підживлення на заповнення витікань в тепловій мережі (постійно для режимів I - IV), кг/с

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,25}{100 \cdot 3600} [(Q_{О.В}^{\text{ж+гр}} + Q_{Г.В.ср}^{\text{ж+гр}})g_{\text{сист}}^{\text{ж}} + (Q_{О.В}^{\text{п}} + Q_{Г.В.мак}^{\text{п}})g_{\text{сист}}^{\text{п}}]k_{\text{вит}} = 3,6810 \quad (1.18)$$

Витрата поворотної мережної води на вході в котельну, кг/с

$$G_{П.М} = G_M - G_{\text{вит}} \quad (1.19)$$

$$G_{П.М} = 474,48 - 3,6810 = 470,80$$

Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, МВт

$$Q_K^B = Q_{О.В} + Q_{Г.В}^3 \quad (1.20)$$

$$Q_K^B = 244,312 + 77,097 = 321,409$$

За величиною Q_K^B вибирається тип, марка та кількість (N_K^B) водогрійних котлів.

За номінальними характеристиками для обігріву та гарячого водопостачання об'єктів оберемо газовий котел типу Logano SK 755 номінальною теплопродуктивністю 1850 кВт

Необхідна кількість встановлених водогрійних котлів (з округленням до

найближчого більшого цілого числа), компл.

$$N_K^B = \frac{Q_K^B}{Q_K^{\text{ном}}}, \quad (1.21)$$

$$N_K^B = \frac{321,409}{185} = 1,74 \approx 2$$

де $Q_K^{\text{ном}}$ – номінальна теплопродуктивність одного водогрійного котла, МВт.

Завантаження водогрійних котлів, %

$$k_{\text{зав}}^B = \frac{Q_K^B}{N_K^B Q_K^{\text{ном}}} \cdot 100 \quad (1.22)$$

$$k_{\text{зав}}^B = \frac{321,409}{1,74 \cdot 185} \cdot 100 = 99,85$$

1.4 Опис газового котла типу Logano SK 755

Газові котли – це компактні пристрої, які підключені до газової мережі та спалюють природний газ для забезпечення споживачів теплом і гарячою водою. Насьогоднішній час природний газ є найбільш привабливим видом палива завдяки своїм головним перевагам: доступність, ефективність, простота використання і регулювання газових котлів, легкість виведення продуктів згоряння.

При проектуванні котельні я пропоную встановити стальний газовий котел виробництва Buderus (Німечинна), типу Logano SK 755 потужність яких становить від 1040 до 1850 кВт.

Стальні газові котли Logano SK 755 розраховані на максимальну робочу температуру до 160 °С. Вони можуть працювати в будь-яких опалювальних системах: для опалення приміщень та підігріву води в багатоквартирних будинках, комунальних та громадських будівлях, а також їх можуть використовувати для підігріву води для басейнів.

Велика площа поверхні нагріву та високоякісна теплоізоляція забезпечує добру теплопередачу та низькі втрати тепла, ККД становить до 93%. Реверсивна камера згорання забезпечує роботу з малими викидами шкідливих речовин при високому нормативному ККД.

Висновок до розділу 1

У першому розділі було проведено детальний аналіз об'єкта дослідження — котлоагрегата промислової котельні, що є ключовим елементом системи теплозабезпечення житлового масиву. Встановлено, що використання сучасних сталевих котлів серії Logano SK 755 із реверсивною камерою згорання дозволяє досягти високого коефіцієнта корисної дії (до 93%) та забезпечити стабільну роботу системи при температурі теплоносія до 120 °С. Технічні характеристики обраного обладнання підтверджують його високу енергоефективність, екологічність та адаптивність до різних типів палива, зокрема природного газу та дизельного палива.

Особливу увагу було приділено технологічній схемі водопостачання та допоміжному обладнанню котельні. Проаналізовано склад парку насосних агрегатів, вентиляторів та димососів, що забезпечують безперебійну циркуляцію теплоносія та оптимальні режими горіння. Визначено, що надійна робота котельні залежить від якості підготовки живильної води через систему натрій-катіонітових фільтрів та ефективності видалення розчинених газів у деаeratorі барботажного типу.

За результатами аналізу зроблено висновок про необхідність модернізації існуючої системи управління шляхом впровадження мікропроцесорної автоматизації. Встановлено, що перехід від традиційних пристроїв до програмно-керованих комплексів, таких як Logamatic, дозволить реалізувати складні алгоритми регулювання, забезпечити дистанційний моніторинг параметрів та підвищити загальний рівень безпеки експлуатації теплогенеруючого обладнання. Це створює необхідне підґрунтя для подальшої розробки автоматизованої системи керування в наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЦИКЛУ ОБРОБКИ ОСАДУ ТА ЗБРОДЖУВАННЯ МУЛУ В МЕТАНТЕНКАХ БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ

2.1 Опис технологічного процесу, інформація про об'єкт автоматизації

Мул з первинних та вторинних відстійників поступає на збродження в метантенк. Осідаючий у первинних і вторинних відстійниках мул має високу вологість (99,2-99,5%). Основна частина мулу з вторинних відстійників надходить на регенерацію і знову подається в аеротенк. Цей мул називають рециркуляційним. Так як в результаті діяльності мікроорганізмів маса активного мулу безперервно збільшується, то утворюється так званий надлишковий активний мул, який відокремлюється від рециркуляційного і направляється на подальшу переробку (у метантенк, на зневоднюючі установки, а також для використання в сільському господарстві). Направляти в метантенк величезну масу надлишкового активного мулу з високою вологістю не рентабельно, тому його попередньо ущільнюють. Споруди, що використовуються для цього, називаються мулоущільнювачами (Рис.2.1).

Приріст активного мулу залежить від вмісту в воді, що поступає на очистку, зважених і розчинених (переважно органічних) речовин і від ефективності роботи первинних відстійників. Чим краще працюють первинні відстійники, тим менше утворюється надлишків активного мулу.

Мулоущільнювачі зазвичай будуються як круглі в плані резервуари, що дозволяють обробляти й ущільнювати осад для подальшого зневоднення (стиск, центрифугування та ін.)

Це досягається завдяки спеціальним вертикальним стержнів, які повільно обертаючись, забезпечують видалення повітря, що залишився в осаді.

Осад переміщається за допомогою спеціальних скребків до вихідного лотка в центрі резервуара, а що вивільнилися, вода віддаляється з резервуара за спеціальним трубопроводом із збірного лотка по периметру резервуару.

Кругове переміщення конструкцій мулоущільнювачів забезпечується приводним двигуном в центральному шахтному колодязі, прикріпленому до основи резервуару.

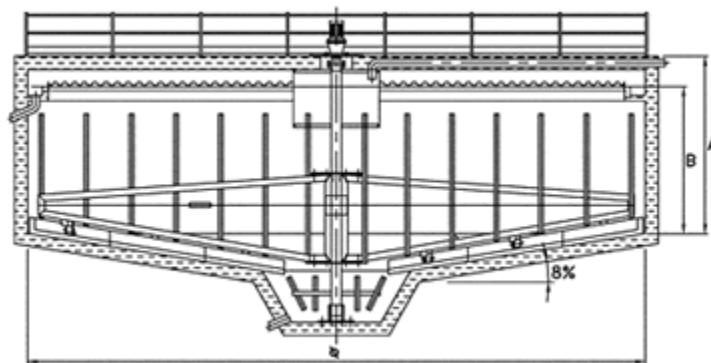
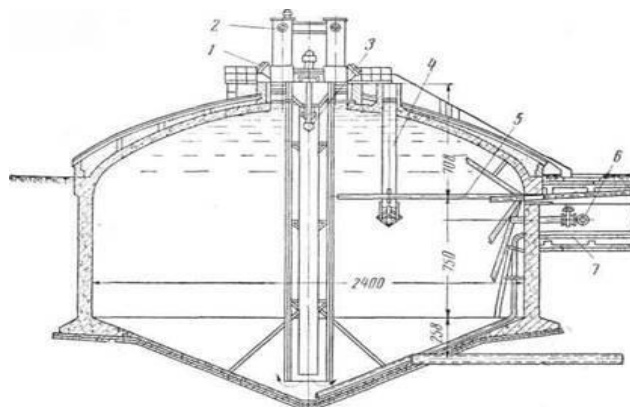


Рис. 2.1 Мулоущільнювач

Метантенками називають резервуари звичайно циліндричної або прямокутної форми, у яких відбувається зброджування осаду, що надходить із первинних і вторинних відстійників. Газ, що виходить у результаті шумування осаду, збирається в газовому ковпаку, розташованому у верхній частині газонепроникного перекриття, звідки по газопроводу поступає в газгольдер та далі на використання. Споруджують метантенки із залізобетону, вони мають конічне днище й звичайно нерухоме перекриття, останнє може бути й рухливим плаваючою.

Для прискорення процесу шумування осад підігрівають і перемішують. Підігрів мулу роблять звичайно шляхом уведення в мулову камеру перегрітої пари або за допомогою змішувиків, по яких циркулює гаряча вода.

Перемішують сирий осад із загальною масою дозрілі за допомогою насосів або ежекторів, що забирають мул з нижньої частини камери й, що подають його у верхню частину гідроелеваторами разом з насосами, або за допомогою спеціальних мішалок.



1 — оглядовий люк; 2 — газопровід $d = 200$ мм, 3 — пропелерна мішалка; 4 — переливна труба; 5 — трубопровід $d = 250$ мм для завантаження осаду й активного мулу; 6 — інжектор для підігріву метантенка;

7 — трубопровід $d = 250$ мм для вивантаження збродженого осаду

Рис. 2.2 Схема метантенка із нерухомим перекриттям:

Прискорити процес перегнивання осаду можна шляхом регулювання температури зміни добової дози завантаження свіжого осаду й ретельного перемішування його з перегнилим мулом.

Свіжий осад з відстійника подається в метантенк зверху, зброджений мул віддаляється з нижньої його частини по трубі на мулові площадки для підсушування, тому що він має вологість до 97%.

Розрізняють два процеси шумування: мезофільне, що відбуває при температурі 33° , і термофільне, при температурі 53°C .

При термофільному шумуванні зі збільшенням температури в метантенках створюються умови для прискорення розпаду органічних речовин, у результаті чого потрібен менший обсяг споруджень, тому що скорочується строк знаходження осаду в них.

По конструкції метантенки підрозділяють на два основних типи: із твердим незатоплюваним перекриттям і із плаваючим перекриттям. На великих очисних станціях для збору й зберігання утвориться в метантенках газу влаштовують газгольдери. Цей газ можна використати як паливо в казанових установках [6].

Розрахунок обсягу метантенків ведуть, виходячи із заданої інтенсивності зброджування органічної частини осаду. Добову дозу завантаження метантенків приймають у межах 6-8% від їхнього корисного обсягу при мезофільному шумуванні та 12-15% при термофільному.

Крім визначення обсягу метантенка необхідний розрахунок допоміжних пристроїв: пристосувань для перемішування осаду й підігріву мулу, газового господарства та ін.

Органічна речовина осаду складається головним чином із протеїнів (амінокислот), вуглеводів і жирів.

У метантенку на 1 м^3 осаду виходить $12\text{-}16 \text{ м}^3$ газу: 70% метану й 30%

вуглекислого газу.

2.2 Опис принципової схеми автоматизації

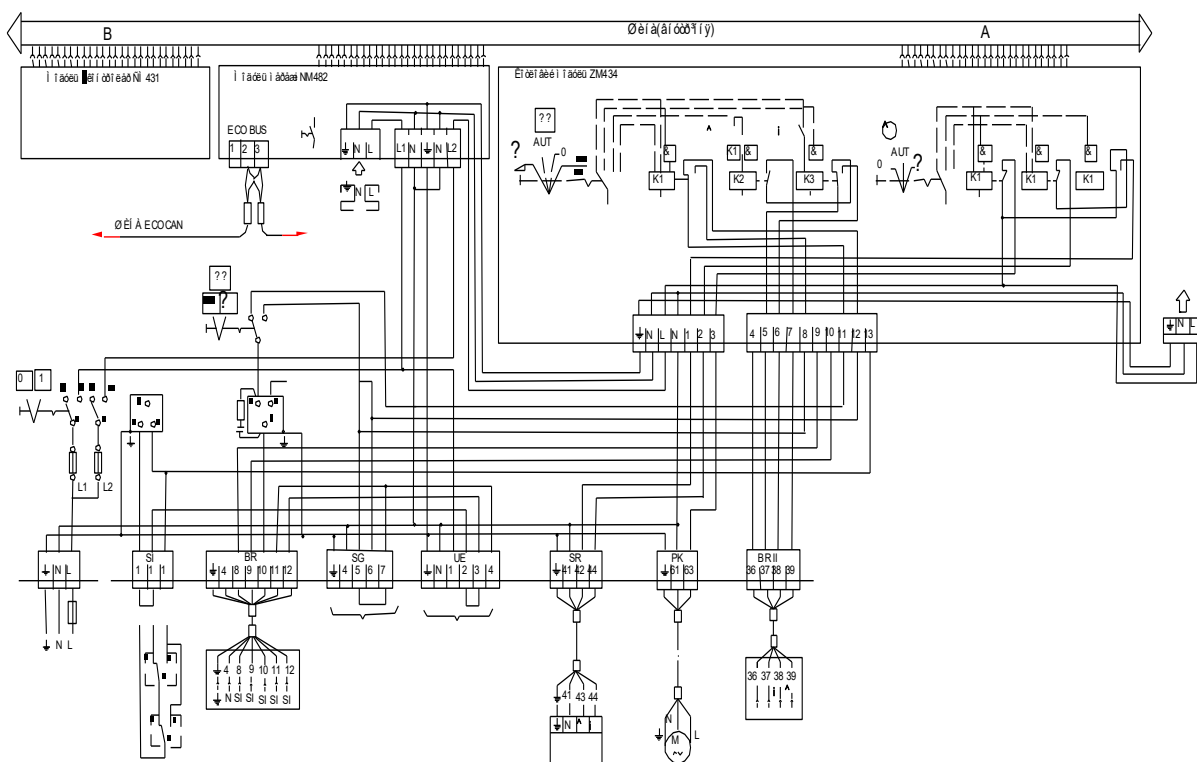


Рисунок 2.3 Принципова схема автоматизації

На схемі зображені такі схеми автоматизації:

- автоматичне керування приводами скребків мулоушільнювачів №1, 2, 3 та 4;
- автоматичне керування приводами насосів подачі сирого мулу 1, 2, 3, та 4;
- автоматичне керування приводами мішалок та вентилів метантенків №1 та 2.

Автоматичне керування приводами скребків мулоушільнювачів №1, 2, 3 та 4.

Керування приводами скребків мулоушільнювачів виконується по рівню сирого мулу в них. Коли рівень сирого мулу підіймається і досягає максимального рівня, спрацьовує сигналізатор рівня 1.2 (1.10, 3.1 та 3.10) типу ECOMAX, сигнал з якого поступає на вхід мікропроцесорного контролера типу Реміконт Р-380 внаслідок чого включиться пускач 1.5 (1.13, 3.5, 3.13) типу ПМ-

4-95, який в свою чергу включить привод скребка мулоущільнювача. Сигнал з сигналізатора рівня 1.2 (1.10, 3.1 та 3.10) також включає пускач 1.8 (1.16, 3.8 та 3.16) типу ПМ 1-09, який включить привод вентиля В1 (В2, В4, В5) на відкриття.

Коли рівень мулу в мулоущільнювачів №1, 2, 3 або 4 досягне мінімального значення, з виходу сигналізатора рівня 1.2 (1.10, 3.1 та 3.10) типу ЕСОМАХ поступить сигнал на відключення пускача 1.5 (1.13, 3.5, 3.13) типу ПМ-4-95, а відповідно і приводу скребка, та включить іншу обмотку пускача 1.8 (1.16, 3.8 та 3.16) типу ПМ 1-09, який включить привод вентиля В1 (В2, В4, В5) на закриття.

Перемикачі 1.3, 1.6, 3.3 та 3.6 типу ПКП Е9-16-20-40 призначені для вибору режиму керування приводами – ручний чи автоматичний. Кнопочні пости 1.4, 1.7, 3.4 і 3.7 типу ХАЛ-13-211-Н29 призначені для керування електроприводами в ручному режимі.

Автоматичне керування приводами насосів подачі сирого мулу 1, 2, 3, та 4.

Керування приводами насосів виконується за рівнем мулу в резервуарах ущільненого мулу №1 та №2. Коли рівень досягає максимального значення спрацьовує сигналізатор рівня 2.2 (4.2) типу ЕСОМАХ, сигнал з якого поступає на вхід мікропроцесорного контролера типу Реміконт Р-380, що призводить до включення через пускач 2.5 (2.11, 4.5 чи 4.11) типу ПМ-4-95 привод робочого насосного агрегату. Вибір робочого та резервного насосів виконується програмно з допомогою мікропроцесорного контролера. Для вибору режиму керування насосним агрегатом використовується пакетний перемикач 2.3 (2.9, 4.3, 4.9) типу ПКП Е9-16-20-40. В ручному режимі керування виконується кнопочним постом 2.4 (2.10, 4.4, 4.10) типу ХАЛ-13-211-Н29.

Захист робочого насосу від перегріву підшипників виконується з допомогою сигналізатора температури 2.7 (2.13, 4.7, 4.13) типу 2-TRM-1, а від «сухого ходу» – з допомогою електроконтактного манометру 2.8 (2.14, 4.8, 4.14) типу ЕКМ-2. При аварії насосного агрегату спрацьовує відповідний

сигналізатор, з виходу якого сигнал поступає на вхід контролера, що призводить до відключення приводу робочого насоса та включення резервного.

Автоматичне керування приводами мішалок та вентилів на паропроводі метантенків №1 та 2

Підтримання заданої температури осаду, що зброджується в метантенках, та його перемішування є необхідною умовою їх нормальної роботи.

З метою підтримання заданої температури в метантенку виконується контроль температури осаду в нижній, середній та верхній частині метантенку з допомогою термометрів опору 5.1, 5.2 та 5.3 (6.1, 6.2, та 6.3) типу ТСМ-100. При відхиленні температури від заданого значення в будь-якому відділенні метантенку це фіксується відповідним термометром опору, сигнал з якого поступає на вхід мікропроцесорного контролера, що призводить до включення по ланцюгу пускача 5.7 (6.7) типу ПМ-4-95, який в свою чергу включить привод мішалки метантенку. Сигнал з контролера також включає пускач 5.10 (6.10) типу ПМ 1-09, який включить привод вентиля В3 (В6) на відкриття, внаслідок чого в метантенк подається пара від котельної. Коли температура осаду досягне заданого значення сигнал з термометра опору по ланцюгу відключить пускач 5.7 (6.7) типу ПМ-4-95, а відповідно і привод мішалки, та включить іншу обмотку пускача 5.10 (6.10) типу ПМ 1-09, який включить привод вентиля В3 (В6) на закриття.

Перемикачі 5.5, 5.8, 6.5 та 6.8 типу ПКП Е9-16-20-40 призначені для вибору режиму керування приводами – ручний чи автоматичний. Кнопочні пости 5.6, 5.9, 6.6 і 6.9 типу ХАЛ-13-211-Н29 призначені для керування електроприводами в ручному режимі [1].

2.3 Розрахунок регулюючого органу на напірному трубопроводі

Регулюючий клапан, як різновидність регулюючого органу в складі автоматичної системи регулювання, змінює кількість технологічного середовища, що поступає до об'єкта регулювання з метою стабілізації технологічної величини. Затвор клапана при цьому керується реверсним приводом виконавчого механізму.

Вихідні дані:

середовище – стоки

діаметр трубопроводу: $D_{mp} = 400 \text{ мм}$

максимальна витрата стоків через клапан: $Q_{\max} = 800 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$

мінімальна витрата стоків через клапан: $Q_{\min} = 500 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$

тиск стоків перед регулюючим клапаном: $P_1 = 80 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$

тиск стоків після регулюючого клапана: $P_2 = 50 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$

питома вага стоків: $\rho = 0,99 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Порядок розрахунку:

1. Визначаємо пропускну можливість клапана при максимальній витраті стоків через клапан $C_{\max}$ C_2 :

$$C_{\max} = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{9,81 \cdot \rho}}}, \quad (2.1)$$

$$C_{\max} = \frac{800}{\sqrt{\frac{80 \cdot 10^3 - 50 \cdot 10^3}{9,81 \cdot 0,99}}} = 14,39 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

2. Визначаємо пропускну можливість клапана при мінімальній витраті стоків через клапан $C_{\min}$:

$$C_{\min} = \frac{Q_{\min}}{\sqrt{\frac{P_1 - P_2}{9,81 \cdot \rho}}}, \quad (2.2)$$

$$C_{\min} = \frac{500}{\sqrt{\frac{80 \cdot 10^3 - 50 \cdot 10^3}{9,81 \cdot 0,99}}} = 8,99 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Для лінійної конструктивної характеристики і профільованого стержньового затвору приймається $C_{\text{табл.}}$

3. $C_{табл.}$ повинно бути більше $C_{max} \cdot 1,2$, отже:

$$C_{табл.} \geq C_{max} \cdot 1,2 \quad (2.3)$$

$$C_{табл.} \geq 17,26.$$

Приймаємо для стержневого профільованого затвору та конструктивної логарифмічної характеристики $C_{табл.} = 20 \frac{M^3}{год}$ і вибираємо двосідельний клапан.

4. Для цього табличного значення знаходимо по таблиці діаметр умовного проходу клапану D_y і діаметр отвору сідла D_c .

$$D_y = 80 \text{ мм}, D_c = 70 \text{ мм}.$$

5. Вибраний клапан перевіряємо на діапазон регулювання:

$$D = \alpha_{max} - \alpha_{min}, \quad (2.4)$$

де ,

$$\alpha_{max} = \frac{C_{max}}{C_{табл.}} \cdot 100\%; \quad \alpha_{min} = \frac{C_{min}}{C_{табл.}} \cdot 100\%.$$

$$\alpha_{max} = \frac{14,39}{20} \cdot 100\% = 72\%,$$

$$\alpha_{min} = \frac{8,99}{20} \cdot 100\% = 45\%.$$

Підставляємо отримані значення в формулу і обчислюємо діапазон регулювання:

$$D = 72 - 45 = 27\%.$$

Клапан вибраний правильно, так як діапазон його регулювання знаходиться в межах норми.

Висновок до розділу 2

У другому розділі було проведено комплексне дослідження технологічних процесів очищення стічних вод на базі Бортницької станції аерації, що дозволило обґрунтувати необхідність впровадження сучасних рішень з автоматизації. Встановлено, що ключовим елементом технологічного циклу є

обробка та зброджування мулу в метантенках, у результаті чого утворюється цінний енергетичний ресурс — біогаз із вмістом метану до 70%. Цей газ визначено як основне альтернативне паливо для функціонування проекрованої котельні, що значно підвищує енергонезалежність об'єкта.

Особливу увагу приділено роботі мулоушільнювачів, які забезпечують критично важливий етап попереднього зневоднення активного мулу. Детальний аналіз конструктивних особливостей цих споруд, включаючи механізми видалення повітря та скребкові системи, дозволив сформулювати вимоги до їх автоматичного керування. На основі отриманих даних розроблено принципову схему автоматизації, яка інтегрує управління приводами скребків, насосними агрегатами подачі сирого мулу, а також регулюючою арматурою на паропроводах метантенків.

Для практичної реалізації системи обрано сучасну мікропроцесорну базу, зокрема контролери типу «Реміконт Р-380» та спеціалізовані датчики рівня серії ЕСОМАХ. Такий вибір засобів автоматизації дозволяє програмно реалізувати складні алгоритми стабілізації температурного режиму, що є обов'язковою умовою для підтримки мезофільного або термофільного процесів шумування. Розрахунок параметрів регулюючого органу на напірному трубопроводі підтвердив правильність вибору двосідельного клапана з логарифмічною характеристикою, що гарантує надійність та точність управління в усьому діапазоні витрат стічних вод.

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ КОТЕЛЬНОМ АГРЕГАТОМ

3.1 Характеристика об'єкту дослідження

Об'єктом дослідження в даній роботі виступає котлоагрегат, який є фундаментальною та основною частиною промислової котельні, проектна потужність якої становить 79,5 т/год. У системі теплопостачання використовуються сучасні котлоагрегати серії Logano, робочий діапазон потужності яких складає від 420 до 1850 кВт. Конструктивною особливістю цих котлів є наявність реверсивної камери згорання, у якій забезпечується високоефективне спалювання дизельного палива або природного газу. Котли виготовляються з високоякісної спеціалізованої сталі та розраховані на максимальну експлуатаційну температуру теплоносія до 120 °С. Варто зазначити, що саме при досягненні цієї температурної позначки в системі автоматично спрацьовує STB — запобіжник обмеження температури, що запобігає аварійним ситуаціям.

Сталеві котли типу Logano характеризуються високим рівнем універсальності та можуть експлуатуватися в будь-яких типах опалювальних систем. Вони успішно застосовуються для опалювання великих приміщень, організації гарячого водопостачання в багатоквартирних житлових будинках, великих торгових центрах, адміністративних та цивільних спорудах. Окремим напрямком використання є пряме нагрівання води в басейнах, що підкреслює гнучкість налаштувань обладнання.

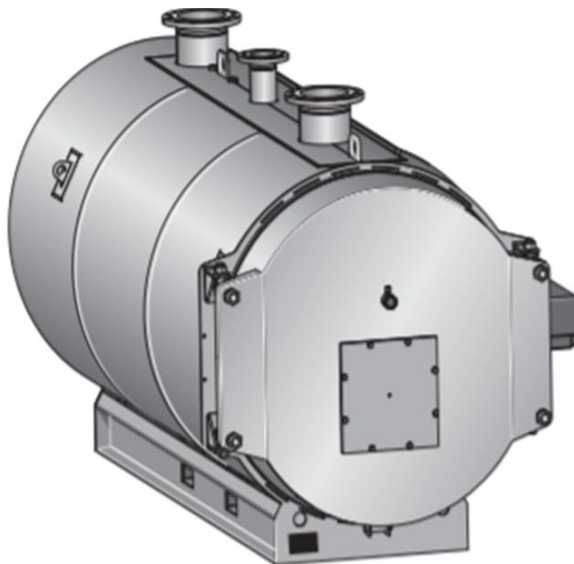


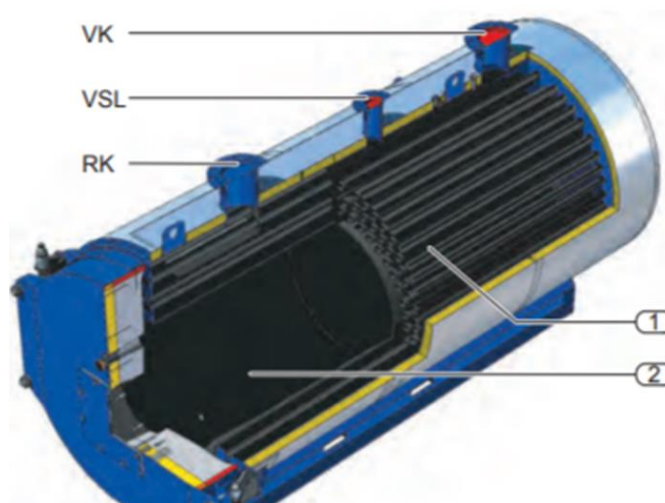
Рисунок 3.1 — Вигляд котла типу Logano виробництва Buderus

Монтаж газового котла типу Logano SK 755 має свої технологічні переваги, оскільки більшість складальних операцій виконується безпосередньо на заводах виробника. Там на агрегат встановлюють все необхідне допоміжне обладнання, що значно спрощує процес введення в експлуатацію на об'єкті: для повноцінного підключення котла достатньо інтегрувати його в існуючу опалювальну систему. Котли даного типу визнані надзвичайно простими у щоденному обслуговуванні. Інтегровані функції регулювання забезпечують легкість управління, а сумісність з різними системами управління Buderus дозволяє гнучко налаштовувати режими роботи. Крім того, конструкція передбачає легкий доступ до внутрішніх поверхонь, які можна чистити за допомогою спеціальних щіток, що входять до комплекту.

Корпус котла з усіх сторін захищений шаром високоякісної теплоізоляції товщиною 50 мм, яка додатково вкрита облицювальним алюмінієвим листом для захисту від механічних пошкоджень та мінімізації втрат енергії. Під час розробки конструкції за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення була детально розрахована дія таких факторів, як інтенсивність подачі тепла, необхідна кількість води для стабільної роботи та параметри внутрішньої циркуляції. Залежно від цих факторів інженери розраховують і поетапно оптимізують характер потоку води та рівномірне розподілення температурних полів усередині котла.

Економічна ефективність використання даного типу котлів

підтверджується високим показником ККД, який сягає 93%. Додатковими перевагами є безшумна робота, що досягається завдяки встановленню шумових поглиначів димових газів. Система також демонструє низькі викиди шкідливих речовин, що відповідає сучасним екологічним стандартам. Простота монтажу обумовлена тим, що котел комплектується на заводі всіма необхідними вузлами для підключення, а пристрої безпеки та додаткове обладнання вже інтегровані в склад котлоагрегату. Універсальність конструкції дозволяє монтувати пальники сторонніх виробників, використовуючи заздалегідь просвердлені пластини під горілку.



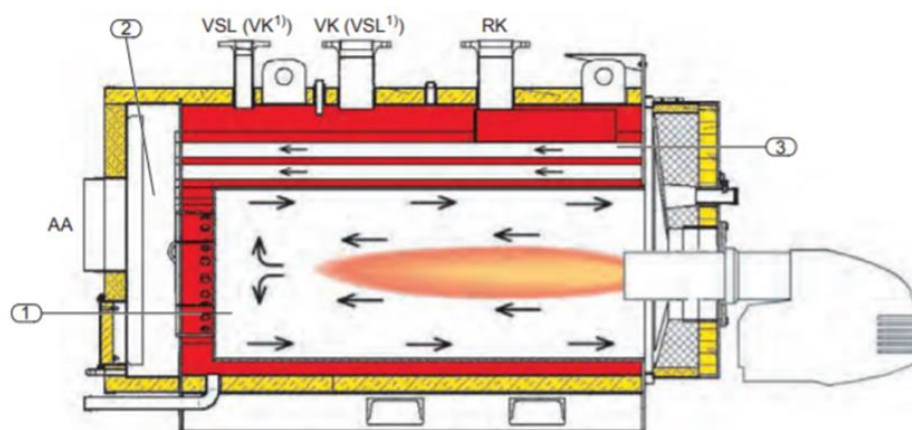
(RK — зворотня лінія подачі води, VK — лінія подачі води, VSL — запобіжна лінія, [1] — труби другого проходу, [2] — камера згорання)

Рисунок 3.2 — Принцип проходу води в котлах Logano

Технологічна схема водопостачання котельні організована через чотири незалежні вводи міського водопроводу (два діаметром Ду=200 та два Ду=100), що утворюють замкнуту внутрішню мережу. Вода проходить через систему хімічного водоочищення, де за допомогою натрій-катіонітових фільтрів, заповнених іонообмінною смолою марки КУ-2, відбувається видалення солей магнію і кальцію, що запобігає утворенню накипу. Далі хімічно очищена вода надходить у деаератор барботажного типу. Тут під дією фізичних процесів видаляються розчинені гази (хлор та кисень), що значно знижує корозійну агресивність середовища. Живильні насоси подають воду через економайзер у верхній барабан котла. Також із деаератора здійснюється відбір води для підживлення тепломережі підживлюючими насосами, а мережеві насоси

забезпечують стабільну циркуляцію теплоносія.

Для підтримки оптимального процесу горіння котли обладнані потужними вентиляторами для примусового нагнітання повітря. Продукти згорання видаляються димососом через систему газоходів у димові труби: труба №1 обслуговує котли ДКВР 6,5/13, а труба №2 — котли ДКВР 20/13. Внутрішня аеродинаміка котла побудована так, що гарячі гази в камері згорання здійснюють розворот (реверс), протікають вперед до фронтальних дверей і далі направляються в труби другого входу (проходу). Під час руху по цих трубах гази ефективно віддають тепло котловій воді, що забезпечує високу теплопродуктивність.



(AA — вивід димових газів, RK — зворотня лінія подачі, VK — лінія подачі, VSL — запобіжна лінія, [1] — камера згорання, [2] — збірний колектор димових газів, [3] — труби другого ходу)

Рисунок 3.3 — Схема потоку гарячих газів в котлі

Нижче наведено повний перелік та детальні технічні характеристики всього основного та допоміжного обладнання котельні, що забезпечує її безперебійне функціонування.

Таблиця 3.1 — Склад і технічні характеристики основного та допоміжного обладнання котельні

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість, шт.	Технічні характеристики обладнання
1	Котлоагрегат ДКВР 6,5/13	3	Паропроодуктивність – 6,5 т/год; Тиск – 13 кгс/см²; Поверхня нагріву – 225,3 м²; Водяний об'єм – 8,5 м³; Паровий об'єм – 2,5 м³

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість, шт.	Технічні характеристики обладнання
2	Котлоагрегат ДКВР 20/13	3	Паропродуктивність – 20 т/год; Тиск – 13 кгс/см ² ; Поверхня нагріву – 408,7 м ² ; Водяний об'єм – 10,5 м ³ ; Паровий об'єм – 1,8 м ³
3	Димосос Д-8 котлів ДКВР 6,5/13	1	Продуктивність – 10 тис. м ³ /год; Напір – 225 кгс/м ² ; Потужність електродвигуна – 12 кВт; Частота – 730 об/хв; Обертання праве
4	Димосос Д-13,5 котлів ДКВР 20/13	3	Продуктивність – 45 тис. м ³ /год; Напір – 178 кгс/м ² ; Потужність електродвигуна – 31 кВт; Частота – 730 об/хв; Обертання ліве
5	Вентилятор ВД-10 котлів ДКВР 20/13	3	Продуктивність – 10 тис. м ³ /год; Напір – 286 мм вод. ст.; Потужність електродвигуна – 10 кВт; Частота – 970 об/хв; Обертання ліве
6	Вентилятор ВДН-9 котлів ДКВР 6,5/13	2	Продуктивність – 9,75 тис. м ³ /год; Напір – 124 кгс/м ² ; Потужність електродвигуна – 4,1 кВт; Обертання праве
7	Димосос ВДН-9 котлів ДКВР 6,5/13	1	Продуктивність – 9,75 тис. м ³ /год; Напір – 124 кгс/м ² ; Потужність електродвигуна – 4,1 кВт; Обертання праве
8	Насос ЦНСГ 60- 165	5	Відцентровий секційний горизонтальний; Кількість секцій – 5; Подача – 60 м ³ /год; Напір – 165 м; 2950 об/хв
9	Насос К 20/30	4	Відцентровий консольний; Продуктивність – 20 м ³ /год; Напір – 30 кгс/см ² ; Потужність – 5,5 кВт; 2900 об/хв
10	Насос ВК-2/26	2	Відцентровий горизонтальний; Продуктивність – 7,2 м ³ /год; Напір – 26 м; Потужність – 4 кВт; 2900 об/хв
11	Насос Д 320/50	3	Відцентровий горизонтальний; Подача – 320 м ³ /год; Напір – 50 м; Потужність – 75 кВт; 1450 об/хв
12	Насос Х-50-32-125- Д	2	Відцентровий горизонтальний хімічний; Подача – 12,5 м ³ /год; Напір – 20 м; Потужність – 4 кВт; 2900 об/хв
13	Насос Х 8/18	1	Відцентровий горизонтальний хімічний; Подача – 8 м ³ /год; Напір – 18 м; Потужність – 4 кВт; 2900 об/хв

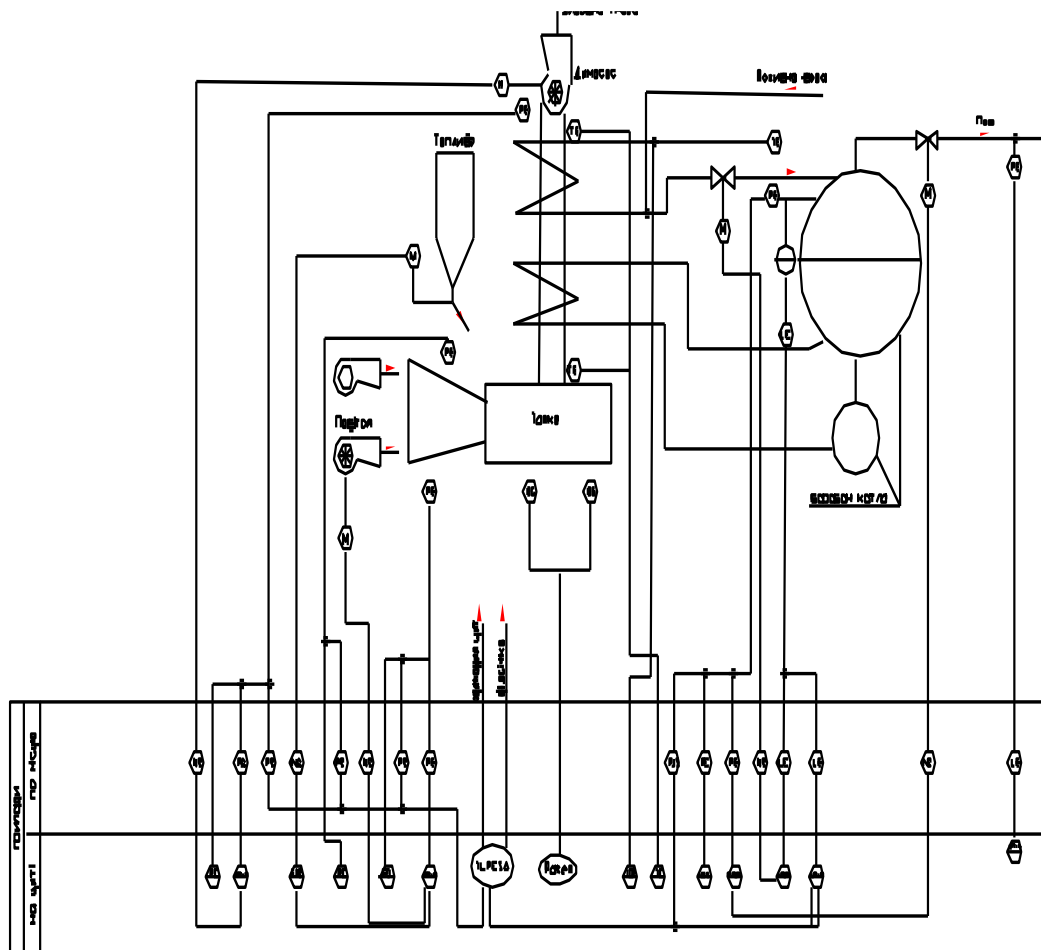


Рисунок 3.4 Котлоагрегат. Схема автоматизації структурна.

3.2 Програмно-технічні вимоги та функціональна структура автоматизації котельного агрегату

Технічні умови (ТУ) виступають у ролі засадничого нормативно-технічного документа, який детально регламентує цілісний перелік вимог до характеристик продукції, технологічних процесів чи сервісних операцій. Вони формують сувору методологічну базу для верифікації відповідності об'єкта встановленим стандартам і є відправною точкою під час розробки функціональних схем автоматизації, а також при проведенні аналітичного відбору контрольно-вимірювальної апаратури.

У представленому дослідженні, на підставі положень затверджених технічних умов, було спроектовано та впроваджено багаторівневі автоматизовані системи управління, що охоплюють найбільш відповідальні вузли та агрегати об'єкта дослідження. Це забезпечує надійність експлуатації та чітке дотримання заданих технологічних режимів.

Перша система забезпечує автоматичне управління електроприводом циркуляційного насоса. Механізм регулювання активується при фіксації падіння напору в магістралі подачі холодної води. У цей момент електроконтактний сигналізатор тиску замикає контакт, що призводить до спрацювання реле. Це реле подає живлення на обмотку трифазного магнітного неререверсивного пускача, який запускає двигун насоса. Таким чином забезпечується примусова циркуляція рідини в контурі зворотного водопостачання озонаторного котла. Коли тиск у системі стабілізується, сигналізатор активує реле KV8, розмикаючий контакт якого перериває коло живлення пускача КМ5, що призводить до планової зупинки насосного агрегату.

Другий сегмент автоматизації відповідає за підтримання безпечного повітряного середовища в приміщенні озонаторної шляхом керування витяжною вентиляцією. Рівень концентрації озону безперервно контролюється потенціометричним датчиком. Отриманий сигнал проходить через нормуючий перетворювач-підсилювач типу СМ-140 (поз. 9.2) до центрального сигналізатора. У разі перевищення допустимих норм забруднення повітря, електронна схема приладу замикає транзисторний ключ, що активує реле та магнітний пускач привода вентилятора. Одночасно із запуском витяжки спрацьовує реверсивний пускач двигуна дросель-клапана. Це забезпечує відкриття заслінки для надходження свіжого повітря, яке витискає озоновані маси. Після очищення приміщення контакти сигналізатора повертаються у вихідний стан, зупиняючи вентилятор. Положення клапана при закритті контролюється кінцевими вимикачами. Особлива роль відведена реле потоку повітря: якщо при роботі вентилятора потік відсутній, автоматика активує звуковий дзвінок та світлове табло, сповіщаючи диспетчера про необхідність виклику ремонтної бригади.

Третій напрямок автоматизації присвячений дистанційному вимірюванню температурних показників. Використовувані манометричні термометри складаються із термобалона (чутливого елемента) та показуючого вузла, з'єднаних капілярною трубкою. Система заповнена робочою речовиною, тиск

якої змінюється пропорційно температурі середовища. Залежно від фізичного стану наповнювача прилади поділяють на рідинні, газові та парові (конденсаційні). Зміна тиску фіксується трубчастою пружиною манометричного елемента, яка деформується і рухає стрілку або замикає контакти. Сучасні засоби вимірювання дозволяють контролювати діапазони від -50 до $+1300$ °C та можуть бути додатково оснащені модулями запису або сигналізації для архівації даних про хід технологічного процесу.

Четверта система реалізує автоматичне керування опаленням за допомогою багатоканального електронного таймера. Впровадження тижневого циклу програмування дозволяє значно знизити витрати електроенергії та підвищити рівень пожежної безпеки. Це особливо актуально для будівель, де різні підрозділи працюють за індивідуальними графіками. Автоматизація усуває людський фактор, запобігаючи ситуаціям, коли обігрівачі залишаються ввімкненими у вихідні чи святкові дні. Загалом, вибрані технічні засоби автоматизації виконують комплекс функцій: від збору та перетворення первинної інформації до забезпечення екологічної безпеки, дистанційного моніторингу та раціонального енергоспоживання через зворотний зв'язок з виконавчими механізмами.

3.3 Доцільність використання мікропроцесорної станції управління для котлоагрегату

Впровадження програмно-керованих пристроїв, призначених для високоефективної обробки цифрових масивів даних та оперативного керування технологічними процесами, сьогодні є стандартом у промисловій енергетиці. Такі системи, побудовані на базі великих інтегральних схем, масово інтегруються в релейний захист, засоби автоматизації та АСУ ТП. Ця тенденція зумовлена появою нових, значно жорсткіших вимог до точності та функціональності систем управління. Традиційні аналогові компоненти вже не здатні конкурувати з цифровими мікропроцесорними пристроями, оскільки останні забезпечують небачену раніше гнучкість та інтелектуальність алгоритмів.

Сучасні мікропроцесорні станції базуються на вбудованих мікроконтролерах, які є самодостатніми системами на кристалі. Вони містять велику кількість периферійних модулів, що дозволяє мінімізувати використання додаткових дискретних компонентів при проектуванні. Типова архітектура такого контролера включає схему початкового запуску (Reset), генератор тактових імпульсів для синхронізації операцій, центральний процесорний блок, пам'ять програм типу (E(E)P)ROM з відповідним інтерфейсом, оперативну пам'ять даних (RAM), а також розгалужені засоби введення-виведення та прецизійні таймери для фіксації командних циклів.

Однією з ключових переваг таких систем є їхня багатofункціональність. Хоча ідея вимірювання декількох параметрів одним приладом існує давно, раніше це реалізовувалося шляхом механічного об'єднання окремих вузлів у спільному корпусі з громіздкою системою комутації. Традиційні прилади мали «тверду логіку», яка була незмінною протягом усього терміну експлуатації. На противагу цьому, мікропроцесорна система перетворює пристрій на програмно-керований комплекс із «збереженою» логікою. Це дозволяє радикально змінювати або нарощувати функції приладу шляхом оновлення програмного забезпечення без фізичного втручання в електричну схему, що суттєво знижує вартість модернізації.

Важливим аспектом використання мікропроцесорів є кардинальне підвищення точності вимірювань. Це досягається шляхом програмної мінімізації систематичних та випадкових похибок. Автоматика здатна самостійно встановлювати нульове значення перед початком циклу, виконувати процедури самокалібрування та самодіагностики, а також проводити багаторазові вимірювання з подальшим статистичним осередненням для нівелювання випадкових відхилень. Крім того, система здатна ідентифікувати та відсікати грубі похибки (промахи), виводячи на дисплей реальні значення точності в поточному режимі часу.

Застосування мікропроцесорних технологій також розширює вимірювальні можливості обладнання. Раніше непрямі та сукупні вимірювання вважалися складними та малопродуктивними через потребу в ручних обчисленнях та

високу ймовірність помилок. Сьогодні ж експериментатор отримує результат непрямого вимірювання миттєво: процесор автоматично знімає показники прямих величин, проводить математичну обробку згідно з алгоритмом і видає готовий результат на екран. Це спрощує управління приладом, адже незважаючи на розширення функціоналу, кількість фізичних кнопок на передній панелі зменшується завдяки інтелектуальному інтерфейсу.

Окремо слід відзначити переваги в габаритах та енергоспоживанні. Заміна сотень дискретних елементів одним процесором дозволяє створювати надзвичайно компактні та економічні пристрої. Надійність таких систем зростає пропорційно зменшенню кількості паяних з'єднань та компонентів, а функції автоматичної діагностики та метрологічної корекції дозволяють підтримувати стабільність характеристик протягом тривалого часу. Скорочується і термін розробки нових систем: завдяки наявності величезних бібліотек типових програмних процедур, створення нового приладу часто зводиться до раціонального компонування вже існуючого коду.

Використання мікропроцесорної станції Logamatic для управління котлоагрегатом дозволяє створити єдину вимірювальну мережу через стандартні інтерфейсні шини. Це забезпечує оптимальне регулювання, економне споживання палива та електроенергії, а також надійну охорону навколишнього середовища. Система Logamatic гарантує автоматичне розпізнавання модулів, повну сумісність компонентів, високу експлуатаційну надійність та можливість дистанційної параметризації через спеціалізоване сервісне програмне забезпечення, що робить управління котельнею максимально зручним та прозорим.

3.4 Технічні характеристики елементів мікропроцесорної станції управління

Параметри мікропроцесорної станції управління спроектовані таким чином, щоб забезпечити гнучке та програмно-кероване адміністрування технологічними об'єктами. Використання доступної, але потужної елементної бази дозволяє налагодити надійну комунікацію між котлоагрегатом та

периферійними пристроями загальної системи керування. Інтегровані в систему мікроконтролери гарантують високу точність виконання алгоритмів. Зокрема, застосування інтелектуальних вольтметрів на базі мікропроцесорів дає можливість не просто вимірювати напругу, а й формувати глибокий статистичний аналіз випадкових величин. Це включає розрахунок математичного очікування (середнього значення), потужності, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, а також визначення кореляційного зв'язку між двома незалежними параметрами в режимі реального часу.

Спеціалізовані мікропроцесорні пристрої (МП), що орієнтовані на обробку статистичних даних, мають суттєвий функціональний пріоритет перед аналоговими системами. По-перше, вони сприяють значній мініатюризації та підвищенню енергоефективності всієї апаратної частини. По-друге, завдяки програмному виконанню більшості завдань, кількість фізичних компонентів у схемі приладу суттєво зменшується. Таке спрощення архітектури не лише знижує споживання електроенергії, а й позитивно впливає на загальну надійність та відмовостійкість обладнання. Важливим аспектом є також покращення метрологічної стабільності: мікропроцесор здатний самотійно вносити корекцію в похибки вимірювань, що значно скорочує термін розробки та налагодження систем.

Фундаментальним етапом створення системи є розробка якісного програмного забезпечення, що відповідає за стабільність роботи котла. Завдяки тому, що для сучасних мікропроцесорів уже сформовано великі бібліотеки готових вимірювальних процедур та типових підпрограм, процес розробки часто трансформується у раціональний вибір та адаптацію існуючих рішень. Це дозволяє ефективно об'єднувати окремі пристрої у складні вимірювально-обчислювальні комплекси з єдиним центром управління. Основні показники станції управління Logamatic та її взаємодії з допоміжними агрегатами деталізовано у наступній таблиці.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики елементів мікропроцесорної станції управління

Характеристики елементів системи управління	Параметри Logamatic
Робоча напруга живлення	230 В $\sim \pm 10 \%$
Номінальна частота мережі	50 Гц $\pm 4 \%$
Максимальна споживана потужність	7 ВА
Циркуляційний насос опалення РН-НКО	Макс. струм включення 5 А
Насос завантаження бака PS1	Макс. струм включення 5 А
Циркуляційний насос ГВП PZ	Макс. струм включення 5 А
Датчик температури котла FK	Тип NTC, Ø 9 мм
Датчик зовнішньої температури FA	Тип NTC
Датчик температури лінії подачі FV / FZ	Тип NTC, Ø 9 мм
Запобіжний обмежувач температури STB (DIN 3440)	100-120 °С (капілярний датчик)
Реле контролю температури для топки дровами	80 °С (фіксовано, капілярний)
Управління пальником (1- та 2-ступінчасте)	230 В; 8 А; 2-позиційне
Модульоване управління пальником	230 В; 8 А; 3-позиційне
Функція зовнішнього вибору WF	Безпотенційний вхід
Дистанційне керування (MEC2 або BFU/F)	Зв'язок через шину даних

Застосування мікропроцесорних станцій відкриває шлях до суттєвої модернізації котельного господарства. Це дозволяє не тільки розширити межі регулювання технологічних циклів, а й забезпечити надійний збір, довготривале зберігання та швидке відновлення даних про стан керованих параметрів. Проте успішне впровадження таких інновацій потребує залучення висококваліфікованих фахівців. Персонал повинен не лише розуміти технічну базу автоматизації, а й вільно орієнтуватися в алгоритмах програмування, архітектурі комп'ютерних мереж та теорії автоматичного керування. Тільки поєднання сучасної електроніки та експертних знань фахівців дозволяє створювати безпечні та економічно вигідні автоматизовані системи.

3.5 Монтаж щита контрольно-вимірювальних приладів

Щит – пристрій в якому розміщується контрольно-вимірювальні прилади, спеціальні прилади, спеціальні пристрої апаратури керування та автоматики регулювання і являться зв'язною ланкою між об'єктами керування та

оператором. Щит складається з несучого каркасу, який замикається металевими панелями. Всі заходи автоматизації, які розташовані в щиті можна розділити на три групи:

- 1) апаратура сигналізації та контролю;
- 2) вимірювальні прилади та регулятори, сигналізатори та перетворювачі;
- 3) апаратура керування, захисту, допоміжна апаратура.

На лицевій панелі щита розміщують показуючі та самопишучі прилади, сигналізатори. При розміщенні приладів треба приймати до уваги відстань між їхніми шкалами та оператором. Регулятори повинні бути розміщені з урахуванням зручного доступу до регулюючих органів.

Щити шкафного типу застосовують у тому випадку, коли необхідно захистити прилади та апаратуру від дії вологи, пилу, агресивного середовища, механічних пошкоджень.

Щити монтують в спеціальних диспетчерських приміщеннях або в технічних приміщеннях і зовнішніх установках. У відповідності з вимогами СНіП 3.05.07-85 до початку монтажу будівельно-монтажні роботи технологічного обладнання повинні бути доведені до стану, який забезпечує безпечність проведення монтажних робіт в умовах, відповідних діючим санітарним нормам. В спеціальних умовах в щитових приміщеннях повинні бути виконані всі будівельні роботи. При монтажі щитів в технологічних приміщеннях в них повинна підтримуватися температура навколишнього середовища не нижче 5°C.

При цьому в приміщеннях систем контролю і автоматизації повинні бути встановлені всі заставні деталі і опорні конструкції під щити, заземлені в підлогу. Окрім, того в щитових приміщеннях повинні бути виконані всі канали в підлозі і отвори в стінах для прокладки електропроводки. Доставлені на монтажний майданчик щити або щитові блоки розміщують в зручному місці для подальшого їх транспортування до місця установки. Щити і щитові системи контролю і автоматизації, як правило, встановлюють в спеціальних диспетчерських, операторських або технологічних приміщеннях.

Відповідно до норм установки щитів в щитових приміщеннях повинні бути

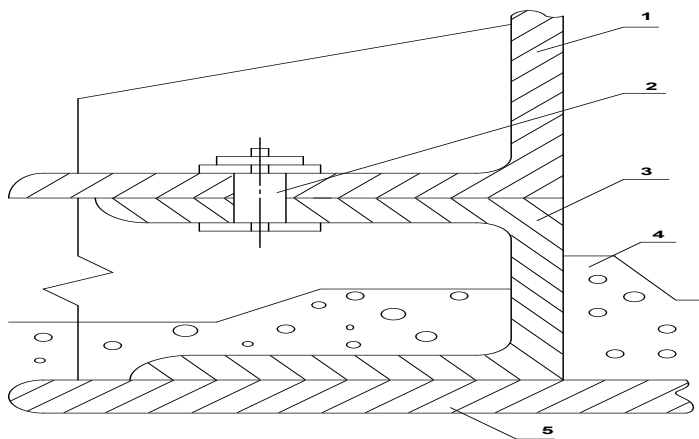
виконані всі будівельні роботи , зокрема споруджені постійні мережі що підводять до місця монтажу електроенергію, стисле повітря і воду; канали і їх перекриття, борозни для електричних і трубних проводок відповідних до щитів; фундамент із заставними частинами під щити і пульти; виконані в стінах отвори для проходів трубних і електричних проводок в приміщенні.

При монтажі в технічних приміщеннях в них повинна підтримуватися температура навколишнього повітря не нижче, якщо в технічній документації контрольно-вимірювальних приладів не обумовлено інше значення температури. Місця установки щитів повинні задовольняти вимогам експлуатації приладів, що вмонтовують на щитах.

Монтаж щитів і пультів в технічних приміщеннях може бути початий тільки після письмового дозволу замовника (генпідрядника) що гарантує збереженню змонтованих на щитах і пультах приладів, апаратури і комбінації.

Для транспортування щитів і пультів в щитових приміщеннях повинні передбачатися двері і проходи необхідних розмірів. В окремих випадках для цієї мети передбачають монтажні отвори, розміри яких достатні для проходу окремих щитів і блоків без попереднього розбирання.

Освітлювання в щитових приміщеннях повинне забезпечувати: рівномірне освітлення поверхонь щита і робочого місця оператора. Заземлення повинне здійснюватися шляхом приєднання щитів і пультів до близько розташованих заземлюючих проводок мережі заземлення об'єкту або металоконструкції виробничого значення [5].



1 – щит; 2 – гвинт; 3 – металева конструкція; 4 – бетон; 5 – бетонна основа

Рис. 3.6 Кріплення щита на бетонній основі

3.6 Питання організації та проведення монтажних робіт

Монтаж систем автоматизації повинен проводитися відповідно до робочої документації з урахуванням вимог підприємств-виробників приладів, засобів автоматизації, агрегатних і обчислювальних комплексів, передбачених технічними умовами або інструкціями з експлуатації цього устаткування.

Основною ланкою в структурі організацій, які займаються монтажем системи контролю і автоматики є монтажні управління. Монтажне управління із своїми підрозділами веде монтаж систем контролю та автоматики по об'єктам капітального будівництва, заключає прямі угоди з замовниками капітальних ремонтів, виконує впровадження нової техніки, реконструкцію. Також монтажне управління займається підбором і розподілом кадрів, здійснює комплекс підготовчих та заготівельних робіт для забезпечення монтажу систем контролю та автоматики та своєчасного вводу монтажних об'єктів.

Для підготовки робіт по монтажу систем контролю і автоматики та заготівельних монтажних виробів, конструкцій, збільшеної збірки вузлів і блоків зі встановленням в них приладів і апаратури автоматики створюються дільниці підготовки виробництва (ДПВ).

ДПВ являється організаційно-обґрунтованим структурним підрозділом монтажного управління. Вона безпосередньо підпорядковується головному інженеру цього управління і містить у собі ряд груп-бригад монтажно-технічної підготовки. ДПВ здійснює перевірку складу і змісту проектної документації (комплектність робочих креслень, відповідність їх профілю виконаних робіт); прийом замовлень і видачу замовлень монтажно-заготівельним організаціям у відповідності з проектом виробництва робіт, видачу замовлень і комплектуючих відомостей на матеріали, вироби і обладнання; контроль за виконанням проекту виробництва робіт (ПВР).

Група комплектації виконує комплектування в монтажно-заготівельній майстерні (МЗМ) матеріалами, виробами, обладнанням; контроль за виконанням ПВР, кількістю, комплектністю збільшених конструкцій, блоків, відвантаженням і транспортуванням готових виробів, вузлів і блоків на

монтажний об'єкт, прийом матеріалів і обладнання від генерального підрядника і замовника по комплектуючим відомостям; матеріально-технічну підготовку, скорочення термінів монтажу і затрат праці, а також за поліпшенням якості виконання робіт в монтажній зоні, в залежності від підготовки виробництва поза монтажною зоною.

Організаційні, інженерно-технічні, економічні заходи, які проводяться по загальному плану в усіх ланках монтажної організації, забезпечують високу якість монтажних робіт.

Для проведення пусконаладжувальних робіт спочатку розробляють проект виробничих робіт, він містить в собі:

- пояснювальну записку;
- технічну характеристику об'єкту, короткий зміст ПВР;
- план-графік виконання налагоджувальних робіт;
- протокол узгоджень та утверджень технічних рішень;
- перелік фаз об'єктів робіт: специфікацій на прилади, креслення

нестандартних елементів.

План-графік для виконання монтажних робіт складається на основі об'ємів робіт, які були визначені у кошторисі. У кошторисі кожна позиція позначається кількістю годин, які потрібні на її виконання.

Для своєчасного забезпечення об'єктів монтажу матеріалами, монтажними виробами, щитами і пультами, приладами і засобами автоматизації, обладнанням, інструментами, а також для контролю за їх доставкою на об'єкти і передачею на монтаж, складають графіки доставки вказаних робіт. В залежності від забезпечення об'єктів монтажу вказаними матеріалами графіки доставки узгоджують і підписують замовник, підрядник і субпідрядник – представники монтажного управління по встановленій формі.

Матеріально-технічна підготовка включає в себе:

- забезпечення і комплектацію об'єкта монтажу матеріалами і виробами, типовими конструкціями, монтажними заготовками;
- забезпечення робіт механізмами, інструментами і засобами по техніці безпеки;

- зведення тимчасових і побутових приміщень;
- прокладання тимчасових мереж електроенергії, води, стисненого повітря;
- встановлення на технологічних трубопроводах до апаратів клапанів;
- виконання отворів в стінах і перекриттях для переходів трубних і електропроводок;
- передбачення і встановлення закладних деталей в будівельних конструкціях;
- прибирання зайвих будівельних матеріалів, опалубки та ін.;
- закінчення робіт по влаштуванню естокад, каналів, тунелів для прокладання трубних і електропроводок.

Основною технічною документацією є: функціональна, принципова схеми автоматизації, схема щита, схема підключень та зовнішніх з'єднань; план-схема розташування елементів автоматики на робочому майданчику та за його межами. При вивченні технічної документації потрібно критично відноситись до переліку елементів автоматики та їх зв'язку. Від характеру автоматичної установки і часу проведення її наладки, роботи по налагодженню підрозділяються на ті, які виконуються на монтажному майданчику та за його межами.

Отже, роботи по монтажу систем автоматизації повинні здійснюватися в дві стадії (етапу):

На першій стадії слід виконувати: заготівку монтажних конструкцій, вузлів і блоків, елементів електропроводок і їх укріплюючу збірку поза зоною монтажу; перевірку наявності заставних конструкцій, отворів, отворів в будівельних конструкціях і елементах будівель, заставних конструкцій і добірних пристроїв на технологічному устаткуванні і трубопроводах, наявність заземлюючої мережі; закладку в споруджуванні фундаменти, стіни, підлоги і перекриття труб і глухих коробів для прихованих проводок; розмітку трас і установку опорних і несучих конструкцій для електричних і трубних проводок, виконавчих механізмів, приладів.

На другій стадії необхідно виконувати: прокладку трубних і електричних проводок по встановлених конструкціях, установку щитів, штативів, пультів,

приладів і засобів автоматизації, підключення до них трубних і електричних проводок, індивідуальні випробування [5].

3.7 Розробка та впровадження системи автоматизації Logamatic для сучасних котлоагрегатів

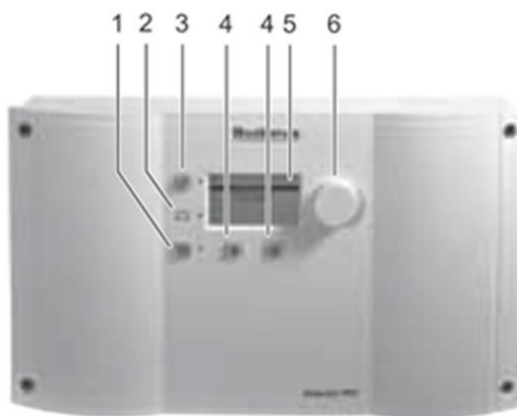
На сучасному етапі розвитку промисловості та енергетики ключовим вектором автоматизації є формування складних комп'ютерно-інтегрованих виробничих комплексів. Створення таких систем базується на розширенні функціональних можливостей мікропроцесорного керування, де вирішальну роль відіграють принципи системної інтеграції, розподіленого управління та використання спеціалізованих програмних пакетів. Особливо гостро питання модернізації постає для котлоагрегатів, де впровадження автоматизації є однією з найважливіших науково-технічних проблем. Автоматизація в цьому контексті розглядається як процес, за якого функції безпосереднього керування та контролю передаються технічним засобам, що яскраво демонструє система Logamatic.

Використання мікропроцесорної станції Logamatic дозволяє задовольнити комплекс критичних вимог: від забезпечення оптимальних функцій регулювання та економного споживання енергії до охорони навколишнього середовища через мінімізацію шкідливих викидів. Система підтримує використання енергії довкілля, гарантує високу надійність, сумісність компонентів та автоматичне розпізнавання встановлених модулів. Для базового налаштування та захисту обладнання оператора часто достатньо лише вказати тип котла, наприклад, низькотемпературний Ecostream, і вибрати відповідні алгоритми. Економічність роботи підкріплюється функціями динамічного перемикавання, а можливість інтеграції модулів для сонячних колекторів або альтернативних теплогенераторів дозволяє активно використовувати відновлювані джерела енергії.

Технологічна гнучкість системи Logamatic практично не має меж завдяки використанню цифрової шини ECOCAN, яка дозволяє об'єднувати до 15 адрес в єдину мережу. Стратегічні модулі для підлогових чи настінних котлів

забезпечують автоматичне ввімкнення або вимкнення ступенів потужності залежно від поточного навантаження. Керування здійснюється за єдиним для всіх систем принципом «натисни і поверни» через зручне меню користувача. Універсальний пульт MEC2 не лише підходить до всіх цифрових серій Logamatic, а й самостійно ідентифікує встановлені модулі, виводячи на екран лише доступні для них налаштування, що суттєво спрощує монтаж і запобігає помилкам. Для інтеграції у складніші мережі автоматизації споруд передбачені порти для EIB- та LON-мереж, що підтримують стандартні незалежні протоколи обміну даними.

Функціональні модулі станції, такі як FM458, дозволяють створювати каскадні системи до восьми котлів з можливістю автоматичної зміни послідовності їхнього ввімкнення за відпрацьованими годинами або зовнішньою температурою. Важливим елементом є модуль зв'язку FM446, який слугує пристроєм з'єднання з шиною EIB. За допомогою програмного забезпечення EIB-Tool-Software (ETS) диспетчер може регулювати параметри окремих опалювальних контурів, причому на екрані відображаються лише дані обраного контуру. Це дозволяє налаштовувати відповідність регуляторів окремих приміщень безпосередньо через пульт MEC2 або системний інвертор. Модуль FM446 здатний керувати сімома опалювальними контурами та одним контуром ГВП, забезпечуючи автоматичну корекцію опалювальної кривої та відключення циркуляційних насосів при низькій теплопотребі (менше 5%), що значно економить електроенергію.



пусковий вмикач, 2 – світловий діод індикації роботи в аварійному режимі (від акумуляторної батареї), 3 – кнопка технічного обслуговування або

перезапуск, 4 – кнопка управління, 5 – рідкокристалічний екран, 6 – ручка перемикача (управління за принципом «натисни і поверни».

Рисунок 3.7 Модем дистанційного зв'язку Logomatic Easycom PRO

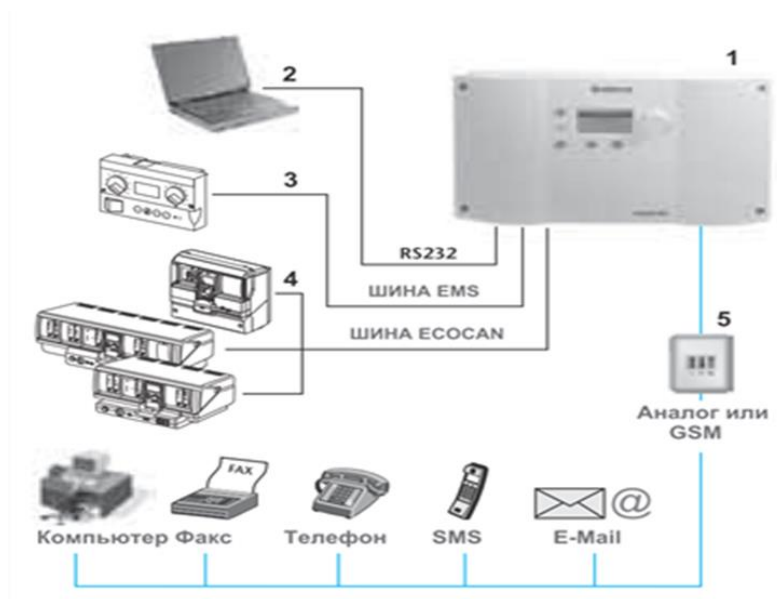
Для організації дистанційного контролю та діагностики використовується модем Logomatic Easycom PRO. Цей пристрій забезпечує цілодобове спостереження за станом котельної установки з автоматичною передачею сповіщень про несправності на різні комунікаційні пристрої: від факсів до SMS на мобільні телефони. Модем має текстовий дисплей, ручку керування за принципом «натисни і поверни» та вбудовану буферну пам'ять для тривалого запису параметрів.

Таблиця 3.3 Технічні характеристики модему дистанційного зв'язку Logomatic Easycom

Модем дистанційного зв'язку	Logomatic Easycom
1	2
Розміри Ш/В/Г	130/140/40 мм
Вага	0.4 кг
Робоче навантаження (при 50Гц $\pm 4\%$)	230В - $\pm 10\%$
Споживана потужність	10ВА
Ступінь захисту	IP 40
Цифровий вхід Тривалість імпульсу навантаження Регулююча функція	1 вхід (відсутня можливість розширення) Мінімум 100 мс, Розмикаючий/закриваючий контакт/лічильник
Модем	Внутрішній аналоговий модем,максимально 50 кбайт/с ,при роботі в режимі факса до 9600
Телефонне підключення	Аналогове(ISDN через адаптер замовника чи придбаний по попередньому замовленню) Кабель TAE-N входить до комплекту
Комунікаційні інтерфейси на вибір	
Logomatic EMS (з пультом управління RC20/RC30 та автоматом горіння UBA3/Safe)	Шина EMS.максимально 50 м
Logomatic 4000 (41xx/4211/43xx/4411)	Шина ECOCAN.максимально 1000 м
Logomatic 2000	Порт RS232C.необхідний адаптерний

	кабель довжиною максимально 10 м (додатковий заказ)
Зміна параметрів через комп'ютер/ноутбук	
Зв'язк через Інтернет	Вбудований веб-сервер
Програмно-апаратні засоби	Флеш-пам'ять с можливістю оновлення
Температура зовнішнього повітря(робота/транспортування)	+5:50 C/-20:+55C

Easyscom PRO може бути розширений додатковими модулями: модулем входів (до 20 цифрових входів для лічильників газу чи датчиків тиску), модулем виходів (до 12 виходів для дистанційного перемикання режимів палива чи насосів) та аналоговим модулем для реєстрації сигналів 0-10 В або 4-20 мА. Особливу роль відіграє модуль аварійного живлення, який завдяки акумулятору підтримує роботу модему протягом години у разі знеструмлення об'єкта, надсилаючи пріоритетне повідомлення про відсутність напруги.



1 – модем дистанційного зв'язку Logamatic Easyscom PRO (стаціонарна мережа/ GSM), 2 – зв'язок з комп'ютером через порт RS232, 3 – зв'язок через шину з системою управління серії Logamatic EMS, 4 – зв'язок через шину ECOCAN з цифровими системами управління Logamatic, 5 – дистанційний зв'язок через телефонну лінію з пристроями абонента.

Рисунок 3.8 Варіанти підключення до модему дистанційного зв'язку Logamatic Easyscom PRO

Таблиця 3.4 Вибір модему дистанційного зв'язку Logomatic Easycom та Easycom PRO (GSM)

Характеристики модему дистанційного зв'язку	Logomatic Easycom	Easycom PRO (GSM)
1	2	3
Дистанційний контроль системи управління: Повідомлення про робочий стан і несправності будь-якому абоненту	Logomatic	Logomatic Системи управління компоненти іншого виробника
Дистанційний контроль та зміна параметрів опалювальної установки с системою управління Logomatic	(Програмне забезпечення ПК)	(Програмне забезпечення ПК)
Максимальна кількість обонентів	3	16
Цифрові входи	1	Базовий прилад: 2 з можливим розширенням модулями (макс 20 на установку)
Вихід загального повідомлення про неполадки	-	1
Модулі для розширення функцій	-	Базовий прилад: 3 вільних роз'ємів Додатковий корпус 4 роз'єми
Модуль аварійного живлення	-	Максимум 1
Модуль входів	-	6 цифрових входів (максимум 3 на установку)
Модуль виходів	-	6 перемикаючих виходів (максимум 2 на установку)
Аналоговий модуль	-	6 аналогових виходів (максимум 2 на установку)

Технологія монтажу системи автоматизації Logomatic вимагає ретельної інженерно-технічної підготовки, що включає розробку проекту виробництва робіт (ПВР). ПВР складається з текстової частини (пояснювальна записка, специфікації приладів, відомості комплектації) та графічної частини. Основним елементом монтажу є пульт МЕС2, який встановлюється в приміщенні на настінний тримач. Для підключення використовується двожильний провід,

який за умови довжини понад 50 м або прокладання поруч із силовими кабелями обов'язково повинен бути екранованим для захисту від електромагнітних хвиль.

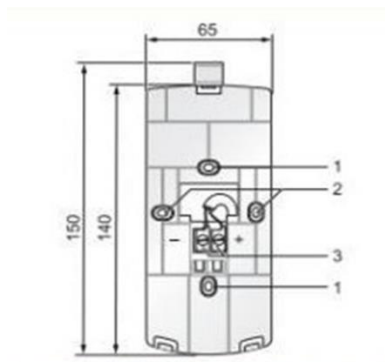


Рисунок 3.9 Монтаж системи до стінки

Запуск в експлуатацію та подальше обслуговування виконуються кваліфікованими спеціалістами, які володіють навичками програмування контролерів на мовах стандарту IEC 61131-3 або мовах високого рівня, таких як C++. Впровадження таких мікропроцесорних станцій дозволяє вивести систему управління котлоагрегатами на якісно новий рівень, розширюючи можливості збору, зберігання та аналізу технологічної інформації.

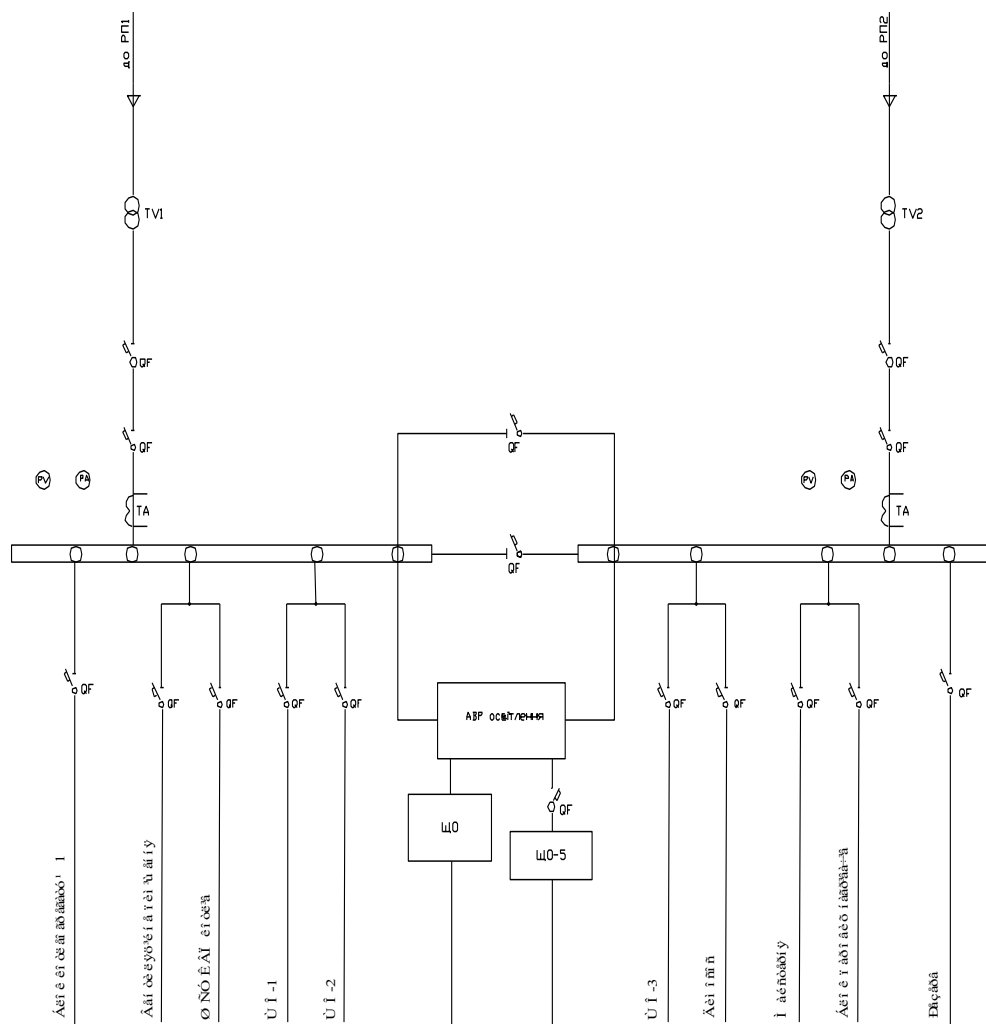


Рисунок 3.10 Система автоматизації Logamatic. Схеми електрична принципова.

Висновок до розділу 3

У третьому розділі проведено комплексний аналіз об'єкта дослідження та обґрунтовано вибір технічних засобів для розробки сучасної системи автоматизованого управління котельним агрегатом. За результатами проведеної роботи можна сформулювати наступні висновки:

- Деталізовано характеристики основного обладнання, зокрема котлоагрегата промислової котельні з проектною потужністю 79,5 т/год. Обґрунтовано використання сталевих газових котлів серії Logano SK 755 виробництва Buderus, які мають високий ККД (до 93%), реверсивну камеру згорання та забезпечують роботу з низькими викидами шкідливих речовин.

- Визначено програмно-технічні вимоги до автоматизації, що базуються на чинних технічних умовах (ТУ). Реалізовано чотири ключові підсистеми автоматизації: управління циркуляційним насосом, контроль повітряного середовища (концентрації озону), дистанційне вимірювання температур та інтелектуальне управління опаленням за допомогою тижневого таймера.
 - Доведено доцільність впровадження мікропроцесорної станції управління Logamatic, побудованої на базі вбудованих мікроконтролерів. Використання такої системи дозволяє перейти від пристроїв із «твердою логікою» до програмно-керованих комплексів, що радикально підвищує точність вимірювань за рахунок автоматичної компенсації похибок та самокалібрування.
 - Проаналізовано технічні характеристики елементів станції управління, включаючи параметри датчиків температури типу NTC, виконавчих механізмів та комунікаційних інтерфейсів. Встановлено, що цифрова шина ECOCAN та відкриті комунікаційні порти забезпечують сумісність з обладнанням інших виробників та можливість об'єднання до 15 пристроїв у єдину мережу.
 - Розглянуто технологію дистанційного моніторингу на основі модему Logamatic Easysom PRO, який забезпечує цілодобовий контроль стану установки з автоматичною передачею сповіщень про несправності через SMS, E-mail або центральний комп'ютер.
 - Окреслено вимоги до організації монтажних робіт, що включають інженерно-технічну та матеріально-технічну підготовку відповідно до СНіП 3.05.07-85. Визначено особливості монтажу щитів контрольно-вимірювальних приладів та пультів керування (зокрема МЕС2), що є критично важливим для забезпечення надійності та безпеки експлуатації всієї системи автоматизації.
- Впровадження запропонованої мікропроцесорної системи дозволяє вивести управління котлоагрегатом на якісно новий рівень, забезпечуючи високу енергоефективність, дистанційну параметризацію та надійність технологічного процесу.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні завдання з охорони праці

Охорона праці представляє собою комплексну систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, що впроваджуються з метою збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі її професійної діяльності. Головна мета охорони праці полягає у створенні безпечних, нешкідливих і максимально сприятливих умов роботи. Це досягається шляхом вирішення низки стратегічних завдань, серед яких: проектування об'єктів та технологій із обов'язковим дотриманням безпекових норм; пошук оптимальних параметрів виробничого середовища для мінімізації негативного впливу на персонал; законодавче закріплення норм шкідливих факторів та контроль за їх дотриманням; розробка заходів з безпеки на основі новітніх наукових досягнень; впровадження ефективних засобів захисту та методів оцінки їх дієвості.

Ключовим завданням системи є радикальне зниження імовірності травматизму та професійних захворювань. Головну загрозу становлять небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Небезпечним фактором вважається такий вплив, що призводить до раптового каліцтва чи різкого погіршення стану здоров'я, тоді як шкідливий фактор спричиняє розвиток захворювань або поступове зниження працездатності. Безпека праці — це стан умов виробництва, за якого вплив цих факторів повністю виключений або зведений до мінімуму, оскільки абсолютна безпека практично неможлива. Крім соціальної значущості, охорона праці має виражений економічний ефект: запобігання нещасним випадкам зменшує витрати на компенсаційні виплати та мінімізує втрати робочого часу.

У процесі функціонування охорона праці одночасно вирішує два фундаментальні завдання. Перше — інженерно-технічне — спрямоване на превентивні заходи: заміну токсичних матеріалів безпечними аналогами, перехід на малотравматичні технології, конструювання обладнання з

урахуванням ергономіки та створення засобів колективного й індивідуального захисту. Друге завдання — соціальне — фокусується на захисті прав працівника, що передбачає відшкодування матеріальної, соціальної та моральної шкоди у разі ушкодження здоров'я. Таким чином, охорона праці інтегрує питання виробничої санітарії, безпеки життєдіяльності та пожежної профілактики на міцній правовій та організаційній основі.

Правові основи включають систему законів та актів, що регламентують безпечну організацію робіт, навчання персоналу та відповідальність роботодавця. Виробнича санітарія фокусується на гігієнічних заходах проти шкідливих факторів, а виробнича безпека — на технічних засобах запобігання травматизму. Пожежна безпека спрямована на профілактику загорянь та вибухів, а також мінімізацію їх наслідків. Взаємозв'язок цих компонентів відображено у структурі управління безпекою.

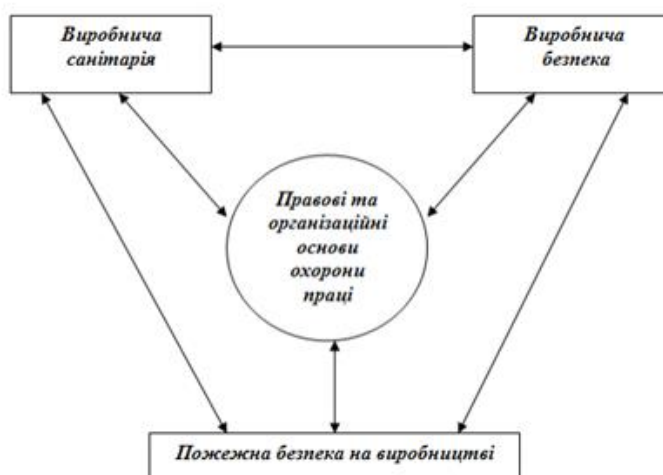


Рисунок 4.1 – Структурна схема охорони праці

Як свідчить наведена схема, правові та організаційні основи є тим фундаментом, що забезпечує соціальний захист і на якому базуються всі технічні та гігієнічні складові. Виробнича санітарія, пожежна та промислова безпека є тісно переплетеними: вони не лише спираються на законодавство, а й визначають пріоритети для його подальшого вдосконалення. Сучасна світова концепція охорони праці в розвинених країнах наголошує на превентивності — ситуація не повинна доходити до самого факту травмування, що забезпечується діяльністю спеціалізованих державних фондів та комісій.

Згідно із Законом «Про охорону праці», ключова відповідальність за створення належних умов у кожному підрозділі та на кожному робочому місці покладається на роботодавця. Роботодавцем є власник підприємства або вповноважений ним орган, незалежно від форми власності. Саме він зобов'язаний забезпечити функціонування системи управління охороною праці, створюючи відповідні служби та розробляючи комплексні заходи для підвищення рівня безпеки на виробництві.

Для реалізації цієї мети роботодавець виконує широкий спектр обов'язків: впроваджує досягнення науки та засоби автоматизації, стежить за технічним станом будівель і споруд, усуває першопричини нещасних випадків. Крім того, він організовує регулярні аудити, лабораторні дослідження умов праці та атестацію робочих місць. Роботодавець забезпечує персонал нормативними актами, контролює дотримання технологічної дисципліни та правил поводження з машинами. У разі виникнення аварії він зобов'язаний вжити термінових заходів для порятунку людей, залучаючи професійні рятувальні формування та надаючи допомогу потерпілим.

4.2 Заходи, спрямовані на охорону праці при виконанні електромонтажних робіт

Підготовка до виробництва електромонтажних робіт.

До початку виконання електромонтажних робіт на об'єкті мають бути виконаними наступні заходи:

- отримана підрядником проектно-технічна документація, затверджена штампом замовника «до виробництва робіт»;
- узгоджені між підрядником і підприємствами-постачальниками графік поставки обладнання з врахуванням технологічної послідовності виконання робіт, перелік складного електрообладнання, що монтується з притягненням шеф-монтажного персоналу підприємств-постачальників, умови транспортування до місця монтажу важкого і великогабаритного електрообладнання;
- підготовлені приміщення для розташування бригад робочих, інженерно-

технічних працівників, виробничої бази, а також для складування матеріалів і інструменту;

- здійснена прийомка по акту будівельної частини під монтаж електрообладнання;

- виконані передбачені нормами і правилами заходи з охорони праці, протипожежної безпеки, охорони навколишнього середовища.

В процесі прийомки обладнання для монтажу виконується його огляд, перевірка комплектності (без розібрання), перевірка наявності і терміну дії гарантій підприємств-виробників. Результати огляду оформлюються відповідним актом.

Електрообладнання при монтажі відкриттю та ревізії не підлягає, за виключенням, коли це передбачено державними і галузевими стандартами або технічними умовами, а також випадків тривалого зберігання обладнання з порушенням заводських інструкцій. Розбирати обладнання, яке прибуває опломбованим з підприємства-виробника, забороняється.

Деформоване і пошкоджене електрообладнання підлягає монтажу тільки після усунення пошкоджень і дефектів.

Електрообладнання, на яке закінчився нормативний термін зберігання, що вказаний в державних стандартах або технічних умовах, приймається в монтаж тільки після проведення перед монтажною ревізії, виправлення дефектів і проведення випробувань. Результати проведених робіт повинні бути занесені в формуляри, паспорти та іншу супроводжувальну документацію на обладнання, повинен бути складений акт про проведення вказаних робіт.

Приміщення закритих розподільчих пристроїв, фундаменти під електрообладнання здаються під монтаж з повністю закінченими будівельними і обробними роботами. Здача-приймка приміщень і фундаментів для установки складного і дорогого обладнання, монтаж якого буде виконуватися з притягненням шеф-монтажного персоналу, проводиться сумісно з представниками підприємства, що виконує шеф-монтаж.

До початку електромонтажних робіт, особливо на відкритих розподільчих

пристроях, генпідрядник повинен закінчити планування території, спорудження під'їзних шляхів, кабельних каналів, встановити шинні і лінійні портали, побудувати фундаменти під електрообладнання, огороження навколо розподільчого пристрою, резервуари для аварійного скиду масла, підземні комунікації.

В конструкціях порталів і фундаментів під обладнання розподільчих пристроїв повинні бути встановлені передбачені проектом закладні частини і кріпильні деталі, необхідні для кріплення гірлянд ізоляторів та обладнання. В кабельних каналах і тунелях повинні бути встановлені закладні деталі для кріплення кабельних конструкцій. Повинно бути також закінчено спорудження водогону і передбачених проектом автоматичних пристроїв пожежогасіння.

В будівлях і спорудах, які здаються під монтаж електрообладнання, генпідрядником або прямим будівельним підрядником повинні бути виконані передбачені архітектурно-будівельними кресленнями постійні прорізи, ніші, отвори в стінах і перекриттях, що необхідні для переміщення електрообладнання і монтажу низьковольтних електричних мереж і контрольних кабелів. Після виконання електромонтажних робіт генпідрядник зобов'язаний здійснити замурування тимчасових отворів, борозен, ніш і гнізд.

Важливим моментом в організації електромонтажних робіт є підготовка і забезпечення безпечних умов праці. Всі підготовчі заходи в цьому плані мають бути закінчені до початку виконання робіт і прийняті по акту про виконання вимог з охорони праці.

Обов'язки по забезпеченню безпечних умов праці покладаються на підрядника, який розробляє організаційно-технологічну документацію по виконанню робіт (ПВЕР), яка вміщує конкретні проектні рішення, що визначають технічні засоби і методи робіт, які забезпечують виконання нормативних вимог охорони праці.

Вихідними даними для розробки таких рішень служать:

- вимоги нормативних документів і стандартів з охорони праці;
- типові рішення по забезпеченню вимог охорони праці, довідникові

посібники і каталоги засобів захисту працюючих;

- інструкції заводів-виробників машин, механізмів, обладнання, матеріалів і конструкцій по забезпеченню охорони праці в процесі їх використання.

При розробці проектних рішень по організації монтажних майданчиків необхідно виявити небезпечні виробничі фактори, які пов'язані з технологією і умовами виконання робіт, визначити і вказати в організаційно-технічній документації зони їх дії.

Електромонтажні роботи можуть бути пов'язані як з будівництвом нових об'єктів (нових підстанцій, ліній електропередачі), також з реконструкцією існуючих. В другому разі електромонтажні роботи відносяться до робіт, що виконуються в діючих електроустановках. Тут до зон з небезпечними виробничими факторами відносяться всі роботи поблизу струмоведучих частин діючої електроустановки. На виконання таких робіт повинен оформлятися наряд-допуск, а при виконанні робіт потрібно дотримуватися технічних і організаційних мір безпеки. Вказані заходи повинні виконуватися також при роботах в компресорних, з повітрозбірниками, з використанням балонів з газом при газозварювальних роботах.

Електромонтажні роботи в діючих електроустановках, як правило, повинні здійснюватися після зняття напруги з усіх струмоведучих частин, що знаходяться в зоні робіт, їх від'єднання від діючої частини електроустановки, забезпечення видимих розривів електричного кола і заземлення під'єднаних струмоведучих частин. Зона виконання робіт повинна бути відділена від діючої частини електроустановки суцільним або сітчастим огородженням, що унеможливорює прохід в цю частину для монтажного персоналу, повинні бути вивішені плакати безпеки.

Такі попередні заходи, як забезпечення для монтажно-організаційної зони виконання певних робіт, прийняття мір по попередженню помилкової подачі в неї напруги, огороження від діючої частини з вказуванням місць проходу персоналу і проїзду механізмів, повинні оформлятися актом-допуском.

Допуск електромонтажників до робіт в діючих електроустановках повинен здійснюватися персоналом експлуатуючої організації і оформлюється в

письмовому вигляді з вказуванням складу бригади і групи по електробезпеці кожного члена бригади. Наряд-допуск видається керівнику робіт (виконробу, майстру, менеджеру) на термін, необхідний для виконання заданого об'єму робіт. Персонал електромонтажних організацій перед допуском до роботи в діючих електроустановках повинен бути проінструктований з питань електробезпеки на робочому місці особою, яка допускає до роботи, яка зобов'язана здійснювати контроль за виконанням передбачених в наряді-допуску заходів по забезпеченню безпеки виконання робіт.

Експлуатаційний персонал несе відповідальність за збереження тимчасових огорожень робочих місць, попереджувальних плакатів і попередження подачі робочої напруги на відключені струмоведучі частини, дотримання членами бригади монтажників безпечних відстаней до струмоведучих частин, що залишилися під напругою.

Роботою електромонтажної бригади повинен керувати грамотний і досвідчений інженерно-технічний працівник підрядної організації, який повинен правильно розставити людей і механізми, забезпечити виконання вимог експлуатаційного персоналу.

Важливими елементами високої якості і безпечності робіт являються відповідна кваліфікація і висока дисциплінованість електромонтажного і експлуатаційного персоналу. При відсутності цих властивостей навіть самим ретельним чином розроблені ПВЕР не гарантують від виробничого травматизму, браку при монтажі дорогого обладнання, подачі напруги в зону виконання робіт.

4.3 Розробка заходів для забезпечення умов праці в процесі монтажу та експлуатації котельні та системи автоматизації

В проекті виробництва окрім технологічних і організаційних робіт передбачені заходи по безпечному виконанню монтажних робіт. До їх початку всі особи, що пов'язані з монтажними роботами повинні бути ознайомлені з умовами праці та правилами техніки безпеки. Відповідальність за дотримання установлених правил несе адміністрація монтажної організації та

підприємства, на якому відбуваються роботи.

До початку роботи, всі робочі місця мають бути підготовлені з дотриманням усіх вимог техніки безпеки і мають бути забезпечені засобами та механізмами, що необхідні для виконання монтажних робіт. До робіт з електрифікованим інструментом допускається особам після 18 років, що пройшли спеціальний інструктаж. Загальні вимоги при роботі з електроустановками викладені в «Правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів».

Виконавці робіт і майстри зобов'язані забезпечити порядок і чистоту на робочому місці під час роботи, забезпечити робітників інструментами та механізмами, майстрами у відповідності з технологією монтажу, прийнятої по проекту виробництва робіт, перевірку справності електроживлення, зварювального обладнання.

Керівники підрозділів повинні періодично, але не рідше одного разу на рік, перевіряти теоретичні знання персоналу. Всі інженерно-технічні працівники монтажних організацій, а також бригади зобов'язані знати правила техніки безпеки та безпечного виробництва робіт.

Керівник робіт перед початком роботи на об'єкті зобов'язаний :

- ознайомитись сам та ознайомити наладчиків з правилами внутрішнього розпорядку на об'єкті, та пройти загальний інструктаж;
- провести інструктаж безпосередньо на робочому місці;
- перевірити знання наладчиків технології робіт, ознайомити людей з особливостями об'єкту;
- періодично проводити повторні інструктажі.

Роботи на відкритому повітрі при низькій температурі (зимою), слід виконувати з перервою для обігріву працівників. При температурі нижче межевої, для даного району, при виконанні певного виробничого процесу, ожеледиці, проливному дощі, грозі – роботи повинні бути припиненні.

Електробезпека: в стаціонарно встановлених і переносних трансформаторах з вторинною напругою до 42 В повинні заземлятися.

Основний тип робіт при налагодженні систем автоматизації – це робота з

електроустаткуванням і приладами. При налагоджувальних роботах для забезпечення безпеки персоналу необхідно керуватися інструктивними вказівками по техніці безпеки при монтажі і наладці приладів контролю і засобів автоматизації.

Перед початком налагоджувальних робіт на об'єкті в першу чергу необхідно перевірити наявність та справність заземлення приладів і засобів автоматизації, що підлягають заземленню. При випробуванні приладів і засобів автоматизації треба дотримуватися наступних вимог:

- пробне включення електричних приладів і регуляторів виконувати тільки після перевірки відповідності збірки схеми відповідно проекту, надійності контактів на всіх приладах, апаратах тощо;
- необхідно переконатися у відсутності людей поблизу струмоведучих частин.

При роботі в установках, що знаходиться під тиском забороняється:

- проводити включення і виключення приладів без дозволу відповідальної особи;
- відкривати і закривати запірну арматуру;
- проводити роботи в зонах високих температур і тиску без екранів і огорожі;
- затягувати сальники і ущільнювачі при діючому обладнанні;
- знімати датчики з діючих об'єктів.

Вимоги до конструкцій пристроїв, приладів і обладнання, а також до технологічних процесів для забезпечення безпечних умов праці, законодавчо закріплені системою стандартів безпеки праці (ССБП).

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях та забезпечення відмовостійкості

Забезпечення безпеки котлоагрегату в надзвичайних ситуаціях (НС) є пріоритетним завданням при модернізації системи дистанційного керування. НС визначається як порушення нормальних умов експлуатації, що несе загрозу персоналу та може спричинити значні матеріальні втрати. Для промислових об'єктів такі ситуації класифікуються на три основні групи. До техногенних НС

належать аварії обладнання (наприклад, розрив трубопроводів або вибух у топці), критичні порушення технологічних режимів (неприпустиме зниження рівня води) та відмови систем керування, включаючи повну втрату зв'язку або несанкціоноване втручання. Природні НС охоплюють землетруси, повені чи урагани, які можуть фізично пошкодити обладнання, а кіберзагрози стосуються атак на мережу дистанційного керування, що призводять до порушення цілісності даних або виведення системи з ладу.

Модернізована система дистанційного керування повинна мати високу відмовостійкість та відповідати низці жорстких вимог. По-перше, критично важлива автономність та локальне керування: система повинна вміти переводити котлоагрегат у безпечний стан (заглушення) навіть при повній відсутності зв'язку з центром керування, а всі критичні захисти мають бути реалізовані незалежно на локальних апаратних контролерах. По-друге, необхідне багаторівневе резервування та діагностика. Це включає використання мінімум двох незалежних каналів зв'язку для передачі критичних даних, резервування живлення всіх компонентів АСУ через ДБЖ та постійну самодіагностику працездатності всіх модулів, датчиків і виконавчих механізмів.

По-третє, життєво необхідна система оперативного оповіщення та сигналізації. При виникненні аварійних ситуацій система повинна автоматично передавати чіткі та інформовані повідомлення про НС на різні комунікаційні пристрої, включаючи ЕОМ, гаджети, телефакс та SMS-сповіщення, з урахуванням пріоритетів персоналу. По-четверте, має бути забезпечена кіберстійкість через ізоляцію мереж керування від загальнозаводських і жорстке розмежування прав доступу з обов'язковою автентифікацією всіх команд керування.

Для мінімізації впливу людського фактора в критичний момент, дії системи керування в НС мають бути чітко алгоритмізовані та включати п'ять ключових етапів. Процес починається з виявлення (безперервне порівняння параметрів з критичними межами) та ідентифікації (визначення типу та джерела НС). Далі відбувається реагування (захист), що передбачає автоматичне спрацьовування захистів, блокування паливоподачі або

переведення агрегату в безпечний режим. Після цього відбувається оповіщення оперативного персоналу через усі канали. Нарешті, відбувається реєстрація всіх параметрів роботи та дій системи (функція "чорного ящика") за час, що передував НС, для подальшого інженерного аналізу. Реалізація цих вимог гарантує, що модернізована система не тільки підвищить ефективність, але й забезпечить максимально можливий рівень безпеки промислового об'єкту.

Висновок до розділу 4

У розділі 4 було комплексно розглянуто питання забезпечення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях (НС), що є критично важливим аспектом модернізації системи дистанційного керування котлоагрегатом промислового об'єкту. Визначено, що ефективна охорона праці та захист навколишнього середовища є основою для безпечного функціонування об'єкта. Підрозділи розділу деталізували основні завдання з охорони праці та вимоги до безпеки навколишнього середовища, а також окреслили необхідні заходи безпеки при виконанні електромонтажних робіт, пов'язаних з впровадженням нових елементів АСУ.

Ключовим результатом розділу стало обґрунтування необхідності забезпечення відмовостійкості модернізованої системи в умовах НС. Надзвичайні ситуації були класифіковані на техногенні, природні та кіберзагрози, що дозволило сформулювати підвищені вимоги до системи керування. Ці вимоги включають: автономність та локальне керування критичними захистами, багаторівневе резервування каналів зв'язку та живлення, а також постійну самодіагностику компонентів.

Особлива увага приділялася впровадженню системи оперативного оповіщення, що забезпечує автоматичну, чітку та пріоритетну передачу діагностичних повідомлень на різні комунікаційні пристрої, та забезпеченню кіберстійкості шляхом ізоляції мереж і обов'язкової автентифікації команд керування. Розроблений алгоритм дій системи керування в НС, що охоплює етапи виявлення, ідентифікації, реагування (захист), оповіщення та реєстрації, гарантує мінімізацію впливу людського фактора та швидке переведення

котлоагрегату в безпечний стан. Реалізація цих заходів є обов'язковою умовою для досягнення головної мети модернізації — підвищення не лише ефективності, а й максимально можливого рівня безпеки промислового об'єкту.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розв'язано важливе науково-практичне завдання щодо розроблення автоматизованої котельні для надійного та енергоефективного теплозабезпечення житлового масиву. Проведений аналіз сучасного стану теплоенергетики підтвердив доцільність переходу до автономних джерел теплопостачання, що дозволяє суттєво знизити втрати при транспортуванні теплоносія та підвищити якість послуг для кінцевих споживачів. Обґрунтовано вибір сталевих газових котлів серії Logano SK 755 виробництва Buderus, які завдяки своїй конструкції з реверсивною камерою згорання забезпечують високий коефіцієнт корисної дії та мінімальний вплив на екологію міського середовища.

Важливою частиною роботи стала інтеграція в паливний баланс котельні біогазу, отриманого в процесі зброджування осадів стічних вод у метантенках Бортницької станції аерації. Досліджено технологічні цикли роботи мулоущільнювачів та систем термічної обробки мулу, що дало змогу спроектувати котельню як частину замкненого екологічного циклу. Це дозволяє не лише утилізувати відходи очисних споруд, а й значно знизити собівартість виробленої теплової енергії за рахунок використання альтернативного палива.

Центральним результатом роботи є розробка комплексної системи автоматизації на базі мікропроцесорної станції керування Logamatic та контролерів серії «Реміконт Р-380». Впроваджена система забезпечує автоматичне регулювання теплової потужності залежно від зовнішніх погодних умов, реалізує функції захисту котлоагрегатів та дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг параметрів через спеціалізовані комунікаційні модулі. Розрахунок регулюючих органів та перевірка алгоритмів функціонування програмного забезпечення підтвердили високу точність підтримки заданих технологічних режимів та відмовостійкість системи в цілому.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості впровадження запропонованих рішень при реконструкції існуючих об'єктів комунальної енергетики. Створена автоматизована система дозволяє мінімізувати вплив людського фактора, підвищити безпеку експлуатації складного енергетичного обладнання та забезпечити значну економію енергоресурсів. Підсумковий аналіз заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях гарантує відповідність розробленого проекту сучасним нормативним вимогам промислової безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бородін І. Ф. Автоматизація технологічних процесів / І. Ф. Бородін, Ю. А. Судник, 2004. – 344 с. – (Колосс).
2. Документація по проектуванню Logano SK 655/SK 755. – 2014. – С. 63.
3. Любарець О. П. Системи водяного опалення / О. П. Любарець, О. М. Зайцев, В. О. Любарець. – Відень-Київ-Сімферополь, 2010.
4. Маляренко В. А. Енергетика довкілля енергозбереження / В. А. Маляренко. – Харків: Рубікон, 2004. – 352 с.
5. Монтаж приладів і засобів автоматизації, 1986. – 392 с. – (Вища школа).
6. Нечаєв Г. К. Автоматика і автоматизація процесів / Г. К. Нечаєв., 1985. – (Вища школа).
7. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний, Д. В. Степанов. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 140 с.
8. Керування технологічними процесами та об'єктами / [Іванов П.С., Ковальчук О.Л., Саєнко В.Р.]: Навчальний посібник. — Київ: НТУУ «КПІ», 2018. — 315 с.
9. Автоматизація котельних установок: теорія та практика / [Мельник Д.Т., Голуб Л.П.]: Монографія. — Львів: Вид-во НУ «ЛП», 2021. — 420 с.
10. Мікропроцесорні системи управління в енергетиці / [Ткаченко І.М., Поліщук С.В.]: Підручник. — Дніпро: ДНУ, 2019. — 288 с.
11. Дистанційний моніторинг та керування промисловими об'єктами / [Кравчук А.О.]: Монографія. — Одеса: ОНПУ, 2023. — 350 с.
12. SCADA-системи: принципи побудови та застосування / [Василенко Г.Р., Березюк М.Л.]: Навчальний посібник. — Харків: ХАІ, 2016. — 210 с.
13. Енергетичні технології та автоматизація / [Лисенко В.А., Федорчук О.П.]: Підручник. — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 480 с.
14. Модернізація систем автоматичного регулювання / [Романенко К.І.]: Монографія. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2020. — 295 с.
15. Теплоенергетичні установки та керування ними / [Кузьменко О.С., Шевченко Т.Д.]: Підручник. — Київ: 2022. — 510 с.

16. Промислова кібербезпека в системах керування / [Миронов Р.А., Скрипка І.В.]: Навчальний посібник. — Суми: СумДУ, 2019. — 265 с.
17. Оптимізація режимів роботи котлоагрегатів / [Григоренко Л.П.]: Монографія. — Полтава: ПНТУ, 2018. — 330 с.
18. ПЛК в системах автоматизації / [Бойко С.Т., Нечипорук А.Г.]: Підручник. — Тернопіль: ТНТУ, 2023. — 385 с.
19. Інтелектуальні системи керування / [Захарчук В.Д., Колесник М.П.]: Навчальний посібник. — Житомир: ЖДУ, 2017. — 240 с.
20. Бездротові технології в промисловій автоматизації / [Степанов П.Г.]: Монографія. — Рівне: НУВГП, 2021. — 300 с.
21. Надійність та діагностика систем автоматики / [Гончаренко А.І., Мороз І.К.]: Підручник. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. — 450 с.
22. Цифрове керування тепловими об'єктами / [Калинюк О.М.]: Монографія. — Чернівці: ЧНУ, 2019. — 275 с.
23. Технічна діагностика котлоагрегатів / [Петров І.К., Коваленко О.С.]: Навчальний посібник. — Харків: НТУ «ХП», 2022. — 360 с.
24. Протоколи передачі даних в АСУ ТП / [Сидоренко Л.В.]: Підручник. — Львів: НУ «ЛП», 2016. — 230 с.
25. Методи ідентифікації об'єктів керування / [Дмитренко А.Д.]: Монографія. — Київ: 2023. — 320 с.
26. Енергоефективність промислових котелень / [Павлюк В.А., Іщенко П.С.]: Підручник. — Дніпро: ДТУ, 2018. — 405 с.
27. Розподілені системи керування / [Климчук О.В.]: Навчальний посібник. — Одеса: ОНПУ, 2020. — 250 с.
28. Математичне моделювання в теплоенергетиці / [Коробко В.І., Скрипник Р.Л.]: Монографія. — Харків: 2017. — 370 с.
29. Інтерфейси людино-машинної взаємодії в АСУ ТП / [Соколов А.П.]: Підручник. — Вінниця: ВНТУ, 2021. — 290 с.
30. Застосування нейронних мереж у керуванні / [Міщенко Г.Р.]: Монографія. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. — 345 с.
31. Автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів / [Левченко

- М.П., Савчук А.В.] Навчальний посібник — Київ: НТУУ «КПІ», 2022.— 280 с.
32. Цифрова трансформація промислового керування / [Гнатюк О.М.]: Монографія. — Львів: НУ «ЛП», 2023. — 410 с.
33. Проектування систем автоматизації / [Марчук І.В., Кириченко П.Л.]: Підручник. — Харків: НТУ «ХП», 2018. — 460 с.
34. Методи підвищення точності регулювання температури / [Барановський О.М.]: Монографія. — Дніпро: 2020. — 305 с.
35. Boiler Plant Control and Optimization / [Jensen A., Nielsen B.]: Textbook. — Berlin: Springer-Verlag, 2019. — 510 p.
36. Advanced Process Control for Industrial Applications / [Smith D., Johnson K.]: Monograph. — London: IET Publishing, 2022. — 385 p.
37. Remote Monitoring and Control in Thermal Power Stations / [Weber H., Müller S.]: Handbook. — Munich: Hanser Publishers, 2018. — 455 p.
38. Industrial Automation and Control Systems Design / [Brown P.]: Textbook. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2020. — 315 p.
39. Modernization of SCADA Systems in Energy Production / [Rossi F., Bianchi L.]: Monograph. — Rome: Aracne Editrice, 2023. — 420 p.
40. Programmable Logic Controllers: Architecture and Programming / [Gupta V.]: Textbook. — Cambridge: Woodhead Publishing, 2017. — 295 p.
41. Cybersecurity in Industrial Control Systems / [Dubois C.]: Monograph. — Paris: Lavoisier, 2019. — 330 p.
42. Digital Twins for Boiler Operations and Maintenance / [Garcia M., Lopez R.]: Proceedings. — Madrid: CIMNE, 2021. — 265 p.
43. Reliability and Diagnostics of Boiler Control Systems / [Kowalski J., Ziolo A.]: Textbook. — Warsaw: PWN Scientific Publishers, 2020. — 370 p.
44. Industrial Internet of Things (IIoT) in Power Generation / [Eriksson L.]: Monograph. — Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, 2023. — 350 p.
45. Human-Machine Interface Design for Process Control / [Schulz E.]: Textbook. — Stuttgart: Springer Vieweg, 2016. — 250 p.
46. Distributed Control Systems (DCS) for Thermal Plants / [Davies S., Williams J.]: Monograph. — Edinburgh: Wiley-Blackwell, 2018. — 480 p.

47. Fault Detection and Isolation in Boiler Systems / [Silva A.]: Textbook. — Lisbon: IST Press, 2019. — 300 p.
48. Energy Efficiency through Advanced Control Strategies / [Öztürk A.]: Monograph. — Istanbul: Istanbul Technical University Press, 2022. — 345 p.
49. Communication Protocols for Industrial Automation (e.g., Modbus, Profibus) / [Vogel K.]: Textbook. — Heidelberg: Springer, 2021. — 288 p.
50. Model Predictive Control (MPC) in Process Industry / [Camacho E.F., Bordons C.]: Monograph. — London: Springer, 2017. — 505 p.
51. Integration of Renewable Energy and Boiler Control / [Peters J.]: Textbook. — Amsterdam: Elsevier, 2020. — 410 p.