

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: **Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система обліку
тепло споживання офісної будівлі**

Виконала: студентка 4 курсу, групи МТ-5

Спеціальності: 152 «Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка»

Шуляк Анастасія Сергіївна

(прізвище та ініціали)

Керівник: професор кафедри ІВТ

к.т.н, д.т.н., професор

Єфіменко Н.А.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інформаційно-
вимірювальних технологій

д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студентка _____ Шуляк Анастасія Сергіївна

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система
обліку тепло споживання офісної будівлі

Керівник роботи: професор, доктор економічних наук, кандидат технічних
наук, професор кафедри ІВТ Єфіменко Н.А.

затверджена наказом по університету від « 22 » квітня 2026 р. № 175/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 10 » червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи: об'єкт дослідження – комп'ютеризована система
інформаційно-вимірювальна система обліку тепло споживання офісної будівлі.
діапазон вимірювання температури $20^{\circ}\text{C} \dots + 130^{\circ}\text{C}$, похибка вимірювання
температури $\pm 0,2 \%$; діапазон вимірювання тиску $200 \dots 1000 \text{ кПа}$; похибка
вимірювання тиску $\pm 2 \%$; похибка вимірювання витрат $\pm 1,5\%$.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)
аналіз вимог до структури та функціонування системи, розробка структурної
схеми, вибір елементної бази системи, розробка алгоритму роботи системи,
розрахунок метрологічних характеристик, розгляд питань безпека
життєдіяльності та охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)
структурна схема, електрична принципова схема підключень,
блок-схема алгоритму роботи системи.

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Узгодження технічного завдання	25.02.26 – 15.03.26	Виконано
2	Аналіз вимог до структури та функціонування системи	25.02.26 – 15.03.26	Виконано
3	Розробка структурної схеми	16.03.26 – 15.04.26	Виконано
4	Вибір вимірювальних засобів системи	16.04.26 – 24.04.26	Виконано
5	Вибір обчислювальних засобів системи	25.04.26 – 09.05.26	Виконано
6	Розробка алгоритму роботи системи	10.05.26 – 24.05.26	Виконано
7	Розрахунок метрологічних характеристик	25.05.26 – 03.06.26	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	03.06.26– 17.06.26	Виконано

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Шуляк А.С.

(прізвище та ініціали)

Єфіменко Н.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему обліку тепло споживання офісної будівлі.

Розроблені структурна та електрична принципова схема підключень системи, підібрані датчики з урахуванням їхніх метрологічних характеристик і експлуатаційних властивостей. Розроблено алгоритм роботи системи, який забезпечує збір, обробку, відображення та збереження даних.

Система може бути застосована для обліку тепло споживання офісних і адміністративних будівель. Розробка вирізняється простотою, доступністю, модульністю та високою точністю, що робить її перспективною для подальшого вдосконалення та модернізації..

Ключові слова: комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система, теплоносій, тепло споживання, програмований логічний контролер.

ABSTRACT

In this qualification work a computerized information-measuring heat metering system for an office building was developed.

The structural and electrical schematic diagram of the connected system was developed, the sensors were selected taking into account their metrological characteristics and operational properties. An algorithm for the system's operation has been developed, providing collection, processing, display and storage of data.

The system can be used to measure heat consumption in office and administrative buildings. The development is characterized by simplicity, accessibility, modularity and high accuracy, which makes it promising for further improvement and modernization.

Keywords: computerized information and measurement system, heat transfer fluid, heat consumption, programmable logic controller.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою в обсязі 67 сторінок формату А4, записка містить вступ, основну частину, що складає дев'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатків. Темою роботи є розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи обліку тепло споживання офісної будівлі.

Перший розділ містить основні завдання та вимоги до системи, а саме: умови експлуатації, технічні характеристики, вимоги до надійності.

Другий розділ містить вимоги до структури та функціонування системи та вимоги до метрологічного забезпечення.

Третій розділ містить аналіз об'єкту контролю – вихідні дані для розрахунку та результати впровадження системи дистанційного контролю теплоспоживання будівлі.

У четвертому розділі виконано розробку структурної схеми комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи обліку тепло споживання офісної будівлі.

П'ятий розділ містить опис обраних вимірювальних і обчислювальних засобів системи. На основі вибраної елементної бази розроблено електричну принципову схему підключень.

Шостий розділ містить огляд розробленого алгоритмічного забезпечення для комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи обліку тепло споживання офісної будівлі.

Сьомий розділ містить розрахунок метрологічних характеристик системи.

Восьмий розділ містить розрахунок показників надійності комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи обліку тепло споживання офісної будівлі.

Дев'ятий розділ містить аналіз питань безпеки життєдіяльності та охорони праці при роботі з системою.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1.ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	10
1.1. Підстава для розробки, призначення та галузь застосування	10
1.2. Умови експлуатації.....	10
1.3. Вимоги до технічних характеристик.....	10
1.4. Вимоги до надійності.....	10
2. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	11
2.1. Вимоги до структури та функціонування системи.....	11
2.2.Вимоги до метрологічного забезпечення	13
3. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КОНТРОЛЮ.....	15
3.1.Вихідні дані для розрахунку	15
3.2. Результати впровадження системи дистанційного контролю теплоспоживання будівлі	22
4. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ	25
4.1. Функції які виконує система.....	25
4.2. Облік теплової енергії	28
4.3. Управління теплоспоживанням будівлі.....	29
5. ЕЛЕМЕНТНА БАЗА СИСТЕМИ	31
5.1. Теплोलічильник СВТУ-10М (5М1, М2).....	31
5.2. Вибір датчиків температури	35
5.3 Вибір датчиків тиску	37
5.4. Вибір витратоміра	38

					<i>МІМТ.480.021.012 – ПЗ</i>		
<i>Вим</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Шуляк А.С</i>			Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система обліку тепло споживання офісної будівлі Пояснювальна записка		
<i>Перевір.</i>		<i>Єфіменко Н.А</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Єфіменко Н.А</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Подчаїнський Ю</i>					
					<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
						6	67
					Державний університет «Житомирська політехніка», гр. МТ-5		

5.5. Програмований логічний контролер	41
5.6. Вибір виконавчого механізму	43
5.7. Вибір насосів	44
5.8. Вибір регулювального клапана	47
5.9. Розрахунок втрат тиску в трубопроводах.....	49
6. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ	53
6.1 Вибір способу передачі даних.	53
6.2 Опис програмного забезпечення системи	55
7. РОЗРАХУНОК МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	55
8. ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ	59
9. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТКИ	67

ВСТУП

У 2022 р. прийнято закон "Про енергетичну ефективність". Він визначає правові, економічні та організаційні засади відносин, що виникають у сфері забезпечення енергетичної ефективності під час виробництва, транспортування, передачі, розподілу, постачання та споживання енергії.

Україна має у своєму розпорядженні великий невикористований потенціал енергозбереження, який по можливості вирішувати проблему забезпечення економічного зростання країни можна порівняти з приростом виробництва всіх енергетичних ресурсів.

Сьогодні закон про заощадження енергії дає споживачам можливість отримати вигоду. Споживач зацікавлений у тому, щоб мати об'єктивну інформацію про те, скільки енергоресурсів він спожив і у зв'язку з чим. Крім того, споживач зацікавлений у тому, щоб мати можливість регулювати споживання – зменшувати чи збільшувати його.

Реалізувати позначення завдання споживачеві дозволяє автоматизована система моніторингу та управління теплоспоживанням.

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система обліку тепло споживання офісної будівлі дозволяє вирішувати такі завдання:

- 1) автоматичне утримання заданих параметрів теплоносія залежно від температури навколишнього середовища;
- 2) моніторинг параметрів стану об'єкта в реальному часі, визначаючи відповідність поточних значень внутрішніх та зовнішніх параметрів та їх оптимальних значень, що відповідають найменшому теплоспоживання будівлі;
- 3) віддалене управління виконавчими механізмами;
- 4) облік споживаної теплової енергії;
- 5) надання інформації про фактичне споживання енергоресурсів та режими роботи теплового вузла.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Окрім економіки та комфортних умов впровадження комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної система обліку тепло споживання офісної будівлі забезпечує балансування системи опалення, збільшує термін експлуатації обладнання систем теплопостачання та забезпечує виконання вимог законодавства щодо збереження енергії.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Підстава для розробки, призначення та галузь застосування

Підставою для розробки є завдання на дипломне проектування.

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система призначена для обліку тепло споживання офісної будівлі.

Потрібно розробити структурну схему і електричну принципову схему підключень, вибрати елементну базу. Розробити алгоритмічне забезпечення та оцінити точність системи вимірювання.

Початок розробки – лютий 2026 р. Кінець розробки – червень 2026 року.

1.2. Умови експлуатації

1.2.1. Температура зовнішнього середовища від 0 до +45 °С

1.2.2. Відносна вологість не більше 80%

1.2.3. Атмосферний тиск 600-800 мм. рт. ст.

1.2.4. Хімічно активних речовин немає

1.2.5. Характер роботи неперервний

1.3. Вимоги до технічних характеристик

1.3.1. Об'єкт дослідження – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система обліку тепло споживання офісної будівлі;

1.3.2. Діапазон вимірювання температури 20 °С ... + 130°С

1.3.3. Похибка вимірювання температури $\pm 0,2 \%$;

1.3.4. Діапазон вимірювання тиску 200 ... 1000 кПа;

1.3.5. Похибка вимірювання тиску $\pm 2 \%$;

1.3.6. Похибка вимірювання витрат $\pm 1,5\%$.

1.4. Вимоги до надійності

Система є що відновлюється, не резервується, ремонтпридатною. Наробіток на відмову складає не менше 30000 годин.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2 АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Призначенням АСУ ТП об'єктів теплопостачання є автоматизація функцій керування окремими технологічними процесами та технологічним комплексом в цілому до об'єкту керування для вирішення задач диспетчерського керування обладнанням.

Мета впровадження АСУ ТП - це підвищення економічності, надійності і якості теплопостачання шляхом реалізації оптимальних режимів і умов експлуатації теплогерел, теплопроводів та іншого обладнання, що використовується для генерації, транспортування і розподілу теплової енергії, а також контролю і технічного обліку витрачених енергоресурсів і відпущеного теплоносія на джерелах і (або) на границі балансового розподілу з споживачем за рахунок автоматизації і підвищення ефективності керування.

Ціллю АСУ ТП є вирішення таких основних задач:

- збір, перетворення, передача, переробка та відображення достовірної і оперативної інформації про технологічні параметри та стан обладнання на об'єктах керування;
 - автоматичне керування об'єктами;
 - моделювання режимів роботи обладнання на основі поточного його стану та параметрів;
- оптимізація керування режимами роботи обладнання з метою зниження витрат ресурсів (води, палива, електричної та теплової енергії), а також зменшення величини сумарної експлуатаційної вартості виробництва та передачі теплоенергії;
- автоматизація ведення диспетчерської документації (журналів, схем, відомостей тощо);

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Вимоги до структури та функціонування системи

АСУТП повинна створюватися і експлуатуватися як складова частина інтегрованої SCADA KTE, яка надає дані для останньої.

АСУТП повинна розроблятися як людино-машинна система, що працює в реальному масштабі часу.

АСУТП повинна розроблятися як все режимна система, що охоплює завдання управління і обробки інформації в усіх режимах експлуатації об'єкта автоматизації.

АСУ ТП повинна бути багаторівневою розподіленою системою управління, що забезпечує виконання функцій контролю, авторегулювання, дискретного регулювання, сигналізації та технологічного захисту тепломеханічного обладнання, обладнання ВПУ та електротехнічного обладнання, ГРП.

Нижній рівень системи управління повинен складатися з:

- термінал перетворювачів, які безпосередньо вимірюють значення технологічного параметру (температура, тиск, витрата, рівень та інші) з вихідним сигналом 4-20 мА;
- електрифікованої запірно-регулюючої арматури;
- аналізаторів - контролерів хімічного складу середовища (рН - метри, комплекси визначення електричної провідності та вмісту розчиненого кисню, та інших).

Середній рівень системи управління повинен складатися з:

Промислових контролерів технологічного процесу та захистів, в яких знаходяться: • модулі вводу аналогових сигналів; • модулі вводу дискретних сигналів; • модулі виводу аналогових сигналів; • модулі виводу дискретних сигналів.

Верхній рівень системи управління повинен складатися з:

- резервованих серверів технологічного процесу та захистів;
- операторських станцій;

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- інженерної станції;
- резервованого мережевого обладнання;

АСУТП повинна забезпечувати виконання керуючих та інформаційних функцій.

Керуючі функції:

- технологічні захисти (автоматика безпеки);
- блокування;
- автоматичне дискретне (логічне) управління;
- автоматичне регулювання;
- дистанційне керування.

Інформаційні функції:

- контроль за поточним станом технологічного обладнання і роботою автоматичних пристроїв;
- технологічна попереджувальна і аварійна сигналізація; • реєстрація інформації в нормальних режимах роботи;
- обладнання (зберігання і подання ретроспективної інформації про технологічні параметри, перемикання в технологічних схемах, роботі автоматики);
- реєстрація аварійних ситуацій (РАС);
- аналіз дій захистів (АДЗ); • розрахунок невідомих параметрів, включаючи ТЕП та їх аналіз;
- діагностика технологічного обладнання;
- диспетчеризація.

2.2 Вимоги до метрологічного забезпечення

Метрологічне забезпечення повинно бути організовано відповідно до вимог державних стандартів і галузевих НД

Метрологічне забезпечення поширюється на:

- вимірювальні канали, призначені для прямого виміру технологічних параметрів, що забезпечують інформаційні завдання;

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- керуючі канали, призначені для регулювання найбільш важливих параметрів;
- обчислювальні канали, які виконують обчислення непрямого вимірювання параметрів і обчислення ТЕП.

Перелік вимірювальних каналів, які підлягають метрологічному нагляду необхідно уточнити на стадії технічного проекту.

При виборі ТЗ, що входять до складу АСУ ТП, основними метрологічними характеристиками (МХ) повинні бути:

- межа допустимої основної похибки вимірювання в робочих умовах;
- час встановлення показань.

При виборі засобів вимірювання (ЗВ) має бути дотримано єдність форм представлення і способів нормування МХ.

Методи контролю і оцінки МХ повинні відповідати вимогам відповідної НТД, що регламентує методики і засобів повірки відповідних ТС.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

3 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КОНТРОЛЮ

3.1 Вихідні дані для розрахунку

У цій кваліфікаційній роботі об'єктом автоматизації та моніторингу є адміністративна будівля, яка збудована у 2005 році.

Розробка проекту теплового вузла проведена відповідно до наступних документів: ДБН В.2.5-67:2013 [3]. Теплопостачання здійснюється від зовнішньої тепломережі з параметрами теплоносія:

- 1) температура теплоносія в трубопроводі, що подає 125 °С;
- 2) температура теплоносія у зворотному трубопроводі 50 °С;
- 3) робочий тиск теплоносія в трубопроводі, що подає 5,2 кгс/см²;
- 4) робочий тиск теплоносія у зворотному трубопроводі 2,4 кгс/см².

Характеристики систем:

- опалення: незалежна, циркуляція теплоносія через теплообмінник;
- гаряче водопостачання (ГВП): відсутня;
- система вентиляції: припливно-витяжна вентиляція.

Система теплопостачання адміністративної будівлі двотрубна. На вході в індивідуальний тепловий пункт повинен дотримуватися температурний графік 150 на 50 з зрізанням в трубопроводі, що подає, на 125°С від тепломережі РК-2. Теплоносієм у системі є вода з температурою у прямому та зворотному трубопроводі 95/70°С, відповідно.

Процес підготовки води в ІТП для опалювальної системи відбувається наступним чином: гаряча вода з теплової мережі з температурою 125 °С надходить на теплообмінник поверхневого типу і, віддаючи в ньому тепло через стінки трубчастої поверхні води, що нагрівається опалювальної системи, охолоджується до температури зворотної мережної води, яка прямує назад в теплову. Нагрівання води, що надходить у опалювальну систему, проводиться за температурним графіком 95/70 в залежності від температури зовнішнього повітря. Температуру теплоносія, що гріє (мережевої води) на вході в теплообмінник підтримують шляхом змішування

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прямої і зворотної води в кількостях, що забезпечують завдань опалювальний графік. Регулювання температури води на вході в систему опалення виконують за допомогою регулюючого клапана із електроприводом. Сигнал від датчика температури, встановленого на трубопроводі прямої мережної води, подається в електричний регулятор температури, куди так само подається сигнал від датчика температури, встановленого на трубопроводі зворотної мережної води. Даний регулятор здійснює керування електроприводом клапана за допомогою виконавчого електричного механізму, згідно опалювального температурного графіка (рис. 3.1) і реальної температури зовнішнього повітря, що замірюється датчиком температури зовнішнього повітря (поз 4а).

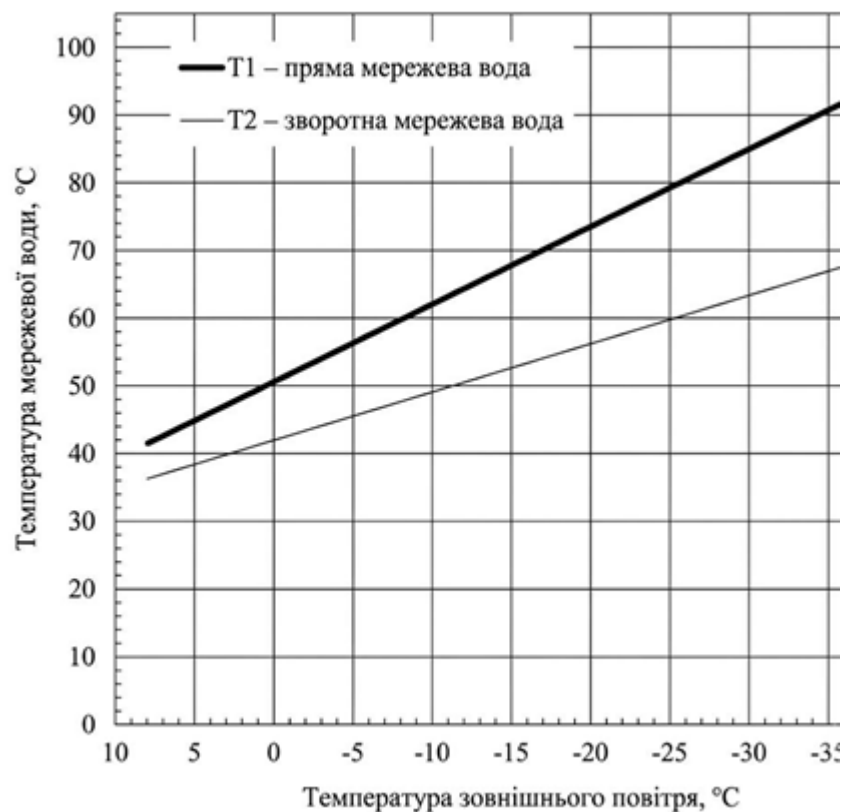


Рис. 3.1 Опалювальний температурний графік 95/70 °C для системи тепlopостачання будівлі

Автоматизований вузол управління повинен забезпечувати:

- 1) регулювання температури теплоносія у трубопроводі змішування та зворотному трубопроводі мережі за температурним графіком залежно від

температури зовнішнього повітря (контур опалення);

2) реєстрацію та передачу показань про стан поточних параметрів диспетчеру.

Для обліку витрати теплової енергії (ТЕ) у тепловому пункті передбачається встановлення вузла обліку відповідно до Закону України від 22.06.2017 № 2119-VIII Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання [1]. Усі КВП і А необхідно розташувати на щиті управління.

Проект автоматизованого вузла обліку ТЕ повинен відповідати вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших норм, що діють на території України, та забезпечувати безпечну для життя та здоров'я людей експлуатацію об'єкта при дотриманні передбачених у проекті вимог та заходів.

Навантаження на опалення визначено за укрупненнями показниками.

Досліджуваний об'єкт є триповерховою адміністративною будівлею з цокольним поверхом.

Розрахунок коефіцієнта інфільтрації здійснюється за формулою [4]:

$$K_{ip} = 10^{-2} \sqrt{\left[2gL \left(1 - \frac{273 + t_0}{273 + t_j} \right) + w_0^2 \right]}$$

де: g – прискорення вільного падіння, 9,8 м/с²;

L – вільна висота будівлі, 12,45 м;

w₀ - розрахункова для цієї території швидкість вітру в опалювальний період, 4,7 м/с.

$$K_{ip} = 10^{-2} \sqrt{\left[2gL \left(1 - \frac{273+t_0}{273+t_j} \right) + w_0^2 \right]} = 10^{-2} \sqrt{\left[2 * 9.8 * 12.45 \left(1 - \frac{273 - 39}{273 + 18} \right) + 4.7^2 \right]} = 0.084.$$

Для визначення за укрупненими показниками розрахункового

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження на опалення, необхідного для створення комфортної температури всередині приміщення, використовуємо формулу:

$$Q_{ot} = \alpha * V * q_{or} * (t_{вн} - t_{нв\ роз}) * 10^{-6} \text{ Гкал/год.}$$

де: α - коефіцієнт при розрахункових температурах зовнішнього повітря для проектування систем опалення, $\alpha = 0,9$ для Києва;

V - будівельний об'єм будівлі, 907 м^3 ;

$q_{от}$ - питома теплова характеристика для опалення, $0,6 \text{ ккал}/(\text{м}^3 * \text{С} * \text{год.})$ визначається залежно від зовнішнього об'єму будівлі, року будівництва та призначення;

$t_{вн}$ - температура усередині приміщення, 18 С ;

$t_{нв}^{роз}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря -30 С .

$$Q_{ot} = \alpha * V * q_{or} * (t_{вн} - t_{нв\ роз}) * (1 + K_{up}) * 10^{-6}$$

$$Q_{ot} = 0.9 * 907 * 0,6 * (18 - (-30)) * 10^{-6} * (1 + 0,084) = 0,0303 \text{ Гкал/год}$$

3.1.2 Розрахунок вимірюваних параметрів теплоносія

1. Максимальну витрату теплоносія обчислюємо за формулою:

$$G_{max} = \frac{Q_{max} + 10^3}{c * (T_{пр} - T_{обр})} = \frac{0,0303 * 10^3}{1 * (125 - 70)} = 0,55 \text{ т/год}$$

де $Q_{max} = 0,0303 \text{ Гкал/год.}$ - розрахункове максимальне теплове навантаження;

$c = 1 \text{ Ккал}/(\text{кг} * \text{С})$ - питома теплоємність води;

$T_{пр} = 125 \text{ °С}$ - температура води в трубопроводі, що подає;

$T_{обр} = 70 \text{ °С}$ - температура води у зворотному трубопроводі.

2. Середня витрата теплоносія обчислюється за формулою [4]:

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{cp} = \frac{Q_{cp} * 10^3}{c * (T_{пр} - T_{обр})} = \frac{0,014 * 10^3}{1 * (125 - 70)} = 0,25 \text{ т/год.}$$

Середнє теплове навантаження обчислюємо за формулою [4]:

$$Q_{cp} = \frac{Q_{max}(T_{вн} - T_{cp})}{c * (T_{вн} - T_{min})} = \frac{0,0303 * (18 - (-8,4))}{(18 - (-39))} = 0,014 \text{ Гкал/год}$$

де $T_{вн} = 18^\circ \text{C}$ - внутрішня температура у приміщенні;

$T_{min} = -30^\circ \text{C}$ – мінімальна температура зовнішнього повітря;

$T_{cp} = -8,4^\circ \text{C}$ - середня температура в опалювальний період.

3. Мінімальну витрату теплоносія обчислюємо за формулою [4]:

$$G_{min} = \frac{Q_{min} + 10^3}{c * (T_{пр} - T_{обр})} = \frac{0,0006 * 10^3}{1 * (75 - 50)} = 0,02 \text{ т/год}$$

Мінімальне теплове навантаження обчислюємо за формулою [4]:

$$Q_{min} = \frac{Q_{max}(T_{вн} - T_{л})}{c * (T_{вн} - T_{min})} = \frac{0,0303 * (18 - (-27,5))}{(18 - (-39))} = 0,0006 \text{ Гкал/год}$$

де $T_{л} = 27,5^\circ \text{C}$ – середня температура літнього місяця;

$T_{пр} = 75^\circ \text{C}$ - температура води в трубопроводі, що подає;

$T_{обр} = 50$ - температура води у зворотному трубопроводі.

3.1.3 Розрахунок теплоспоживання адміністративної будівлі

Необхідне розрахункове опалювальне навантаження для кожного місяця опалювального періоду вираховуємо за формулами [4]:

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$Q_{ot} = Q_{or} * K_t^{mic} * t_{mic} \text{ Гкал/год}$$

$$K_t^{mic} = \frac{t_{вн} - t_{нв}^{факт}}{t_{вн}^{роз} - t_{нв}^{роз}}$$

де: $Q_{розч}$ - розрахункове навантаження, необхідне створення комфортних умов всередині приміщення;

$K_t^{мес}$ - коефіцієнт, що залежить від середньомісячної температури зовнішнього повітря кожного місяця;

$t_{вп}$ – температура всередині приміщення, С;

$t_{нв}^{факт}$ - фактична температура зовнішнього повітря розрахункового місяця,

$t_{вп}^{расч}$ – розрахункова температура всередині приміщення, С.

Розрахункову витрату теплоносія для кожного місяця обчислюємо за формулою [4]:

$$G_{роз} = \frac{Q_{роз} * 10^3 t_{mic}}{c * (T_{под} - T_{обр})}, \text{ Т/год}$$

$$K_t^{mic} = \frac{t_{вн} - t_{нв}^{факт}}{t_{вн}^{роз} - t_{нв}^{роз}} = \frac{18 - (-2,4)}{18 - (-39)} = 0,358$$

Таблиця 3.1.3

Місяць	Розрахункове опалювальне навантаження
жовтень, 31 день	$K_t^{mic} = \frac{t_{вн} - t_{нв}^{факт}}{t_{вн}^{роз} - t_{нв}^{роз}} = \frac{18 - (-2,4)}{18 - (-39)} = 0,358$ $Q_{роз} = Q_{от роз} * K_t^{mic} * t_{mic} = 0,0303 * 0,358 * 31 * 24 = 8,07 \text{ Гкал/міс}$
листопад, 30 днів	$K_t^{mic} = \frac{t_{вн} - t_{нв}^{факт}}{t_{вн}^{роз} - t_{нв}^{роз}} = \frac{18 - (-13,6)}{18 - (-39)} = 0,554$

	$Q_{\text{роз}} = Q_{\text{от роз}} * K_t^{\text{міс}} * t_{\text{міс}} = 0,0303 * 0,554 * 30 * 24 = 12,8 \text{ Гкал/міс}$
грудень, 31 день	$K_t^{\text{міс}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вн}}^{\text{роз}} - t_{\text{нв}}^{\text{роз}}} = \frac{18 - (-13,9)}{18 - (-39)} = 0,559$ $Q_{\text{роз}} = Q_{\text{от роз}} * K_t^{\text{міс}} * t_{\text{міс}} = 0,0623 * 0,559 * 31 * 24 = 12,6 \text{ Гкал/міс}$
січень, 31 день	$K_t^{\text{міс}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вн}}^{\text{роз}} - t_{\text{нв}}^{\text{роз}}} = \frac{18 - (-15,8)}{18 - (-39)} = 0,593$ $Q_{\text{роз}} = Q_{\text{от роз}} * K_t^{\text{міс}} * t_{\text{міс}} = 0,0303 * 0,593 * 31 * 24 = 13,39 \text{ Гкал/міс}$
лютий, 28 днів	$K_t^{\text{міс}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вн}}^{\text{роз}} - t_{\text{нв}}^{\text{роз}}} = \frac{18 - (-12,4)}{18 - (-39)} = 0,533$ $Q_{\text{роз}} = Q_{\text{от роз}} * K_t^{\text{міс}} * t_{\text{міс}} = 0,0303 * 0,533 * 28 * 24 = 10,8 \text{ Гкал/міс}$
березень, 31 день	$K_t^{\text{міс}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вн}}^{\text{роз}} - t_{\text{нв}}^{\text{роз}}} = \frac{18 - (-4)}{18 - (-39)} = 0,386$ $Q_{\text{роз}} = Q_{\text{от роз}} * K_t^{\text{міс}} * t_{\text{міс}} = 0,0303 * 0,386 * 31 * 24 = 8,7 \text{ Гкал/міс}$
квітень, 30 днів	$K_t^{\text{міс}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вн}}^{\text{роз}} - t_{\text{нв}}^{\text{роз}}} = \frac{18 - (-4,1)}{18 - (-39)} = 0,243$ $Q_{\text{роз}} = Q_{\text{от роз}} * K_t^{\text{міс}} * t_{\text{міс}} = 0,0303 * 0,243 * 30 * 24 = 5,3 \text{ Гкал/міс}$
травень, 31 день	$K_t^{\text{міс}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вн}}^{\text{роз}} - t_{\text{нв}}^{\text{роз}}} = \frac{18 - (-7)}{18 - (-39)} = 0,193$ $Q_{\text{роз}} = Q_{\text{от роз}} * K_t^{\text{міс}} * t_{\text{міс}} = 0,0303 * 0,193 * 31 * 24 = 4,3 \text{ Гкал/міс}$

Таблиця 3.1.2

Місяць	Розрахункова витрата теплоносія за опалювальний місяць
жовтень, 31 день	$G_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} * 10^3 t_{\text{міс}}}{c_p * (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 * 10^3 * 744}{1 * (95 - 70)} = 901,7 \text{ Т/міс}$
листопад, 30 днів	$G_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} * 10^3 t_{\text{міс}}}{c_p * (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 * 10^3 * 720}{1 * (95 - 70)} = 872,6 \text{ Т/міс}$

грудень, 31 день	$G_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} * 10^3 t_{\text{міс}}}{c_p * (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 * 10^3 * 744}{1 * (95 - 70)} = 901,7 \text{ Т/міс}$
січень, 31 день	$G_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} * 10^3 t_{\text{міс}}}{c_p * (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 * 10^3 * 744}{1 * (95 - 70)} = 901,7 \text{ Т/міс}$
лютий, 28 днів	$G_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} * 10^3 t_{\text{міс}}}{c_p * (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 * 10^3 * 672}{1 * (95 - 70)} = 814,5 \text{ Т/міс}$
березень, 31 день	$G_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} * 10^3 t_{\text{міс}}}{c_p * (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 * 10^3 * 744}{1 * (95 - 70)} = 901,7 \text{ Т/міс}$
квітень, 30 днів	$G_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} * 10^3 t_{\text{міс}}}{c_p * (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 * 10^3 * 720}{1 * (95 - 70)} = 872,6 \text{ Т/міс}$
травень, 31 день	$G_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} * 10^3 t_{\text{міс}}}{c_p * (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 * 10^3 * 744}{1 * (95 - 70)} = 901,7 \text{ Т/міс}$

3.2 Результати впровадження ї системи дистанційного контролю теплоспоживання будівлі

Впровадження системи дозволяє отримати наступний ефект:

- оптимізувати споживання теплової енергії. Це досягається шляхом обмеження теплового потоку теплоносія, що надходить з теплових мереж відповідно до потреб об'єкта регулювання. Обмеження споживання теплової енергії відбувається у разі підвищення температурного графіка тепlopостачальною організацією в осінньо - весняний період і в періоди потеплінь. В решту часу максимальна витрата обмежена лише договірними параметрами споживача теплової енергії, які задані в налаштуваннях електричного блоку. Таким чином, у періоди мінімальної температури зовнішнього повітря регулятор забезпечує максимальну договірну витрату теплоносія, а в періоди потепління витрата теплової енергії знижується;
- виконувати регулювання споживання теплоносія. Регулятор теплоспоживання при підключенні до теплолічильника має можливість максимально точно підтримувати договірну витрату теплоносія, що

визначається з паспорта системи опалення будівлі. Таким чином, унеможлиблюється виставлення штрафних санкцій з боку теплопостачальної організації за порушення договірних витрат теплоносія;

- підтримувати температурний графік. Регулятор теплоспоживання підтримує температурний графік теплопостачання, що задається організацією теплопостачання. Даний графік вводиться в базу налагоджувальних параметрів безпосередньо, що дозволяє уникнути помилок під час роботи апаратури;

- контроль за витоками теплоносія. У теплообчислювача є можливість контролювати витік або несанкціонований водорозбір із систем опалення.

При впровадженні системи теплоспоживання можемо припустити, що скоротиться теплоспоживання будівлі. Розглянемо дані, наведені відповідно до споживання теплової енергії в період з жовтня 2022 року до травня 2023 року. Також наведемо приблизний розрахунок вже з впровадженою системою управління теплоспоживанням подібної будівлі. Дані подані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Обсяг споживання теплової енергії

Місяць, рік	Кількість днів	Кількість годин	Розрахунок споживання на темп. -39 °C	Обсяг згідно з договором	При впровадженні АСУ теплоспоживанням
Жовтень, 2022	31	744	22,54 Гкал	8,07 Гкал	1,1 Гкал
Листопад, 2022	30	720	21,8 Гкал	12,08 Гкал	4,2 Гкал
Грудень, 2022	31	744	22,54 Гкал	12,6 Гкал	6,7 Гкал
Січень, 2023	31	744	22,54 Гкал	13,39 Гкал	12,3 Гкал

Лютий, 2023	28	672	20,36 Гкал	10,8 Гкал	9,7 Гкал
Березень, 2023	31	744	22,54 Гкал	8,7 Гкал	5,1 Гкал
Квітень, 2023	30	720	21,8 Гкал	5,3 Гкал	0,8 Гкал
Травень, 2023	31	744	22,54 Гкал	4,3 Гкал	0,6 Гкал
Всього:	243	5832	176,7 Гкал	75,24 Гкал	40,5 Гкал

З таблиці 3.1 можна зробити висновок, що економія склала 34,74 Гкал, тобто 46%.

.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

4. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

4.1. Функції які виконує система

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система обліку тепло споживання офісної будівлі (далі - система) включає комплекс обладнання для обліку і управління теплоспоживанням на вузлі управління і програмне забезпечення для віддаленого доступу.

Система дозволяє виконувати функції:

1) здійснення щогодинного опитування вузлів обліку для контролю працездатності системи опалення та помилок виміру;

2) формування періодичної звітності відповідно до вимог рекомендації щодо вибору обладнання АСУ ТП НА об'єктах КП «Київтеплоенерго»;

3) проведення аналізу роботи енергосистеми;

4) віддалене керування.

Збір даних здійснюється в автоматичному або ручному режимі. У ручному режимі здійснюється:

- зв'язок з обладнанням за модемом, радіомодемом, GSM, виділеною лінією, безпосереднє з'єднання з обладнанням;

- зчитування та спостереження за поточними параметрами енергоспоживання із заданим циклом та передбаченим алгоритмом роботи;

- зчитування та збереження поточних та середньочасових архівних даних у форматі опитуваного обладнання енергообліку;

- дистанційна зміна, завдання системи автоматичного та програмного регулювання витрати теплоносія для вузлів обліку ПЛК TM172PDG42SI.

В автоматичному режимі здійснюється:

- автоматичний збір інформації із вузлів за заданим сценарієм;

- збереження отриманих даних на диск;

- формування звітів про опитані об'єкти.

Обслуговування вузлів за допомогою системи дозволяє отримати такі

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переваги:

1) підвищення якості обслуговування вузлів за рахунок щогодинного контролю, який дає можливість виявити системні помилки роботи обчислювача, виявити небажаний водорозбір, неявно оцінити роботу системи автоматичного регулювання теплоспоживанням та інші показники;

2) зниження транспортних витрат і часу обслуговування вузлів, оскільки більшість робіт виконується з відривом у автоматичному режимі;

3) система диспетчеризації є відкритою для систем OLE-автоматизації, що дозволяє використовувати її в VBA-додатках, які широко застосовуються в VBA-технологіях і в офісних програмах Microsoft Word, Excel.

Система автоматичної диспетчеризації має перспективи розвитку за такими напрямками:

1) розширення списку підтримуваних приладів обліку;

2) створення шаблонів на базі Microsoft Word та Excel, які надалі передаватимуться до енергонагляду;

3) підтримка Internet-технологій для отримання звітності та аналізу роботи через мережу Internet.

Структурна схема системи наведена у графічній частині роботи. Система має трирівневу структуру та функціонує наступним чином. Теплообчислювачі, регулятори та GPRS-термінали «ВЕСТ» встановлені в щити обліку та передачі та складають рівень збору та передачі даних. Теплові обчислювачі виконують вимірювання, реєстрацію та архівування облікових та технологічних параметрів теплоносія (рідин), формують сигнали сигналізації. Регулятори здійснюють вимірювання, контроль, архівування параметрів, що характеризують технологічний стан об'єкта управління, та автоматичний управління виконавчими механізмами для підтримання заданих значень технологічних властивостей. Рівень обробки та подання даних складається з ССО, АРМ диспетчера та GPRS-терміналів. У

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

автоматичному режимі з встановленим періодом (або на запит диспетчера) АРМ диспетчера надсилають запити на віддалені об'єкти контролю (вузли обліку) для надання вимірювальної інформації.

Сервер зв'язку з об'єктами забезпечує взаємодію з GPRS терміналами по системі стільникового зв'язку стандарту GSM та передачу даних по мережі Internet. АРМ диспетчера виконує візуалізацію значень облікових та технологічних параметрів об'єкта контролю, формує звіти та забезпечує захист даних від несанкціонованого доступу.

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система обліку тепло споживання офісної будівлі включає комплекс обладнання для управління теплоспоживанням на вузлі управління та програмне забезпечення для дистанційного доступу. Система дозволяє виконувати функції:

- 1) здійснення щогодинного опитування вузлів обліку для контролю працездатності системи опалення та помилок виміру;
- 2) формування періодичної звітності;
- 3) проведення аналізу роботи енергосистеми;
- 4) віддалене керування.

Збір даних виконується автоматично або вручну.

Спрощена структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи обліку тепло споживання офісної будівлі наведена на рис. 4.1.

Контролер – це програмно-керований пристрій, що працює в режимі реального часу. Його основні призначення – це збір, зберігання та обробка інформації, а також вироблення команди управління згідно з заданим алгоритмом. Інтернет-комунікатор використовується в системах диспетчеризації та віддаленого керування для прямого з'єднання з приладами різного призначення. Теплолічильник забезпечує облік параметрів теплоносія та вимірювання кількості теплової енергії. Технологічне обладнання та датчики є набором приладів, таких як термометри, манометри, витратоміри,

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

насоси і т.п. АРМ диспетчера та система диспетчеризації призначена для отримання інформації про параметри об'єкта та дозволяє в режимі реального часу здійснювати поточний контроль споживання енергоресурсів у зручній для оператора формі.

Таким чином, інформація з технологічного обладнання та датчиків надходить на мікроконтролер та теплолічильник, де здійснюється обробка параметрів. Потім дані за допомогою Інтернет - комунікатора та обладнання оператора зв'язку надходять до диспетчерської, де можна наочно відстежити параметри теплового пункту.

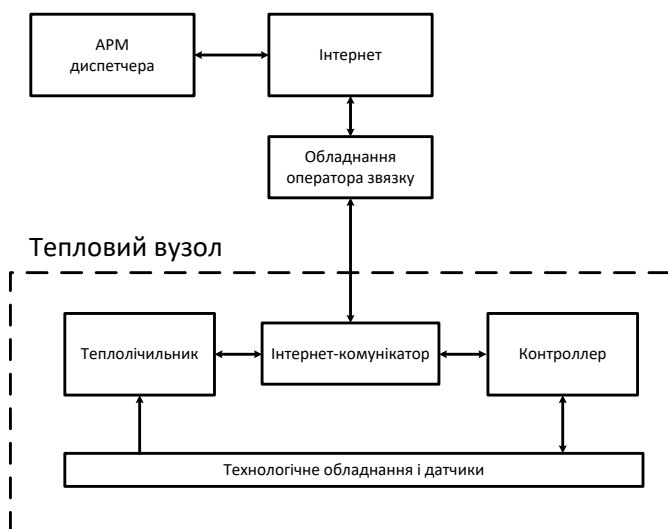


Рис. 4.1. Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-виміральної системи обліку тепло споживання офісної будівлі

4.2. Облік теплової енергії

Кількість теплової енергії та маса (або об'єм) теплоносія, отримані споживачем, визначаються енергопостачальною організацією на підставі показань приладів вузла обліку за визначеним договором період за формулою:

$$Q = G_1 * (h_1 - h_2) * 10^{-3}$$

де G_1 – маса мережної води в трубопроводі, що подає, отримана споживачем та визначена за його приладами обліку;

h_1 – ентальпія мережної води в трубопроводі ІТП, що подає;

h_2 – ентальпія мережної води у зворотному трубопроводі ІТП.

Величини h_1 , h_2 визначаються за відповідним вимірним на вузлі обліку джерела теплоти середнім за аналізований період значенням температур та тисків.

Показання теплотічильника та реєструючих приладів вузла обліку використовуються енергопостачальною організацією для визначення значень відхилень отриманої теплової енергії, маси та температури теплоносія від величин, що нормуються договором.

Значення відхилень отриманої теплової енергії, маси та температури теплоносія від величин, що нормуються договором, визначаються енергопостачальною організацією на підставі показань теплотічильника та приладів, що реєструють параметри теплоносія.

4.3 Управління теплоспоживанням будівлі

Автоматизований індивідуальний тепловий пункт підключається до системи опалення, в якому теплоносієм нагрівається в пластинчастому теплообміннику і циркулює в системі опалення, завдяки циркуляційним насосам.

Регулювання теплоспоживання здійснюється залежно від температури зовнішнього повітря. При зниженні зовнішньої температури повітря теплоспоживання збільшується, у разі підвищення – зменшується.

Схема системи керування теплоспоживанням будівлі наведена на рис. 4.2.

Таким чином, ліквідується перевитрата теплової енергії, споживання стає оптимальним.

Вхідними сигналами для регулятора є сигнали від первинних перетворювачів температури у прямому та зворотному трубопроводах. Як

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

виконавчі органи застосовують регулюючі клапани із електроприводами, що змінюють подачу тепла на нагрівання внутрішнього теплоносія в залежності від поєднання температур.

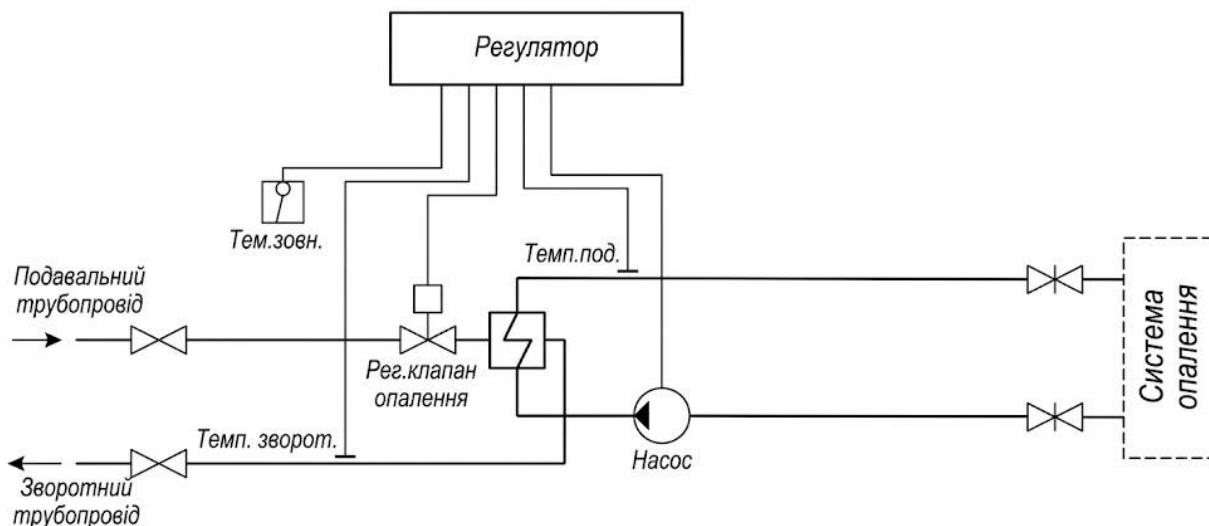


Рис. 4.2 Схема системи керування теплоспоживанням будівлі

Інтерфейс віддаленого зв'язку, за умови підключення до комп'ютера, дозволяє стежити за параметрами роботи теплового пункту на екрані дисплея та керувати ним віддалено. Шафа управління тепловим пунктом забезпечує плавний пуск насосів, автоматичне включення резервного насоса при зупинці основного, захист електродвигунів від збоїв у електромережі та сухого ходу, перемикання насосів по таймеру для рівномірного вирощування моторесурсу, живлення приладів управління, реєстрації та зв'язку. Для забезпечення надійності роботи та простоти обслуговування як запірну арматуру застосовуються кульові крані та поворотні затвори, що не мають традиційних сальникових ущільнень. Таке оснащення теплового пункту дозволять знизити експлуатаційні витрати порівняно з традиційними тепловими пунктами на 35-50% при врахуванні сумарних витрат на споживання теплової енергії, електроенергії, витрат на поточний ремонт та обслуговування..

5. ЕЛЕМЕНТНА БАЗА СИСТЕМИ

При розробці системи перевага віддавалася технічним засобам автоматизації, що серійно випускаються. При цьому враховувалися такі параметри як взаємозамінність, поєднання приладів, наявність уніфікованих сигналів і легкість в експлуатації.

Для створення комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи обліку тепло споживання офісної будівлі необхідно вибрати наступне обладнання:

- теплотічильник;
- датчик температури зовнішнього повітря;
- датчики температури мережної води у прямому та зворотному трубопроводах;
- контролер, що програмується (регулюючий пристрій);
- виконавчий механізм;
- блок управління виконавчого механізму;
- датчики тиску води у системі опалення;
- витратоміри;
- регулюючий клапан із електроприводом на трубопроводі подачі води до системи опалення.

При виборі теплотічильника велике значення має не тільки експлуатаційні характеристики та функціональні можливості, але й точність обчислення кількості теплоти. Межа відносної похибки вимірювального каналу розраховується за вихідними даними, закладеними в проєкті:

- вимірювані температури в трубопроводі, що подає і зворотному, відповідно, 125/70 °С;

- вимірювана витрата 0,55т/год.

5.1. Теплотічильник СВТУ-10М (5М1, М2)

Ультразвуковий лічильник тепла промислового типу багатоканальний СВТУ-10М (5М1, 5М2) (рис. 5.1) [14]

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначений для високоточного виміру відпущеної чи спожитої кількості теплоти на промислових об'єктах та об'єктах комунального господарства; вимірює також об'єм, масу, температуру та при необхідності надлишковий тиск теплоносія.



Рис. 5.1 Теплолічильник СВТУ-10М

Основні характеристики

- ультразвуковий принцип роботи, без рухомих частин;
- підключення до п'яти ультразвукових каналів вимірювання витрати, до восьми каналів вимірювання температури, до чотирьох датчиків тиску та двох зовнішніх витратомірів з імпульсними виходами;
- діаметр умовного проходу первинного перетворювача витрати від 20 мм до 1000 мм;
- межа вимірювання витрати теплоносія відповідає швидкості 10 м/с;
- робочий діапазон виміру витрати - 1.0 ... 100%;
- робочий діапазон температури теплоносія – 0...150 °С;
- допустима різниця температур у трубопроводі, що подає і зворотному, – 2.5...150 °С;
- робочий тиск – до 16 техн. атм. (16 кгс/кв.см);

					MIMT.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- споживана від мережі 50 Гц 24В/36В/220В±15% потужність - 15 ВА;
- вбудований блок резервного живлення. Час роботи до 15 годин;
- навколишня температура для теплообчислювача - 0...50 °С, для ВД та датчиків від -40 до +70 °С;
- нічний та денний тарифи обліку;
- облік тепла та холоду з можливістю автоматичного перемикавання режимів;
- глибина погодинного архіву – 100 діб, глибина подового – 3 роки;
- захист від несанкціонованого доступу;
- тривала стабільна робота;
- вимірювання в обох напрямках потоку;
- вбудована система самодіагностики з можливістю архівування інформації про помилки;
- знімання даних безпосередньо на USB flash;
- інтерфейс RS-232 – підключення до комп'ютера, пристрою знімання даних, GSM/GPRS модемів;
- робота у мережах Modbus за інтерфейсом RS-485;
- безкоштовне програмне забезпечення з можливістю зчитування на планшетний ПК або смартфон з операційною системою Android;
- два виходи для керування регулюючими клапанами та два ключові виходи для керування насосами;
- комплект одноканального варіанта поставки: вимірювальний блок, витратомірна ділянка (ВД) з корозійностійких матеріалів, фланці у відповідь, кріплення, датчики витрати і температури з втулками, ущільнювальними прокладками, сполучними кабелями;
- комплект двоканального варіанта поставки додатково містить ВД, датчики витрати та датчики температури;
- час напрацювання на відмову комплекту теплотічильника – 50000 годин, обчислювача – 100000 годин;

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- гарантійний термін – 4 роки, міжповірочний інтервал – 4 роки;
- середній термін служби – 12 років.

Особливості СВТУ-10М (5М1, 5М2)

- витратомірна ділянка (ВД) до діаметрів 150 мм виконана з нержавіючої сталі, що спільно датчиками витрати, виконаними з титану, виключає забруднення («заростання») та зниження точності вимірювання, що має місце, наприклад, у приладах з латунними ВД;

- можливе виготовлення герметизованого вузла витрати та датчиків температури для використання в затоплюваних приміщеннях;

- конструкція ВД з діаметрами 200мм та вище: має додаткові відводи та резервну пару датчиків витрати, або варіанти зі шлюзовими камерами з метою полегшення обслуговування без зупинки потоку води; є комплекти для врізання датчиків витрати в готовий трубопровід з робочим тиском до 16 атм;

- у стандартну комплектацію ВД входять фланці у відповідь (або притискні гайки), паронітові прокладки, кріплення, для діаметрів РУ до 40мм – прямолінійні ділянки (понад 40мм – на замовлення);

- для підвищення точності вимірювання витрати проводиться кілька разів на секунду, що дозволяє, зокрема, використовувати лічильники в системах гарячого і холодного водопостачання багатоквартирних житлових будинків з витратою, що швидко змінюється, в «годинник пік»;

Склад: каналів обчислення до 4х, ультразвукових каналів виміру витрати – до 5х, каналів виміру температури – до 8х, каналів виміру тиску – до 4х, імпульсних каналів виміру об'єму – до 2х. Кожен з обчислень каналів може мати свій варіант виконання, не пов'язаний з іншими каналами.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість каналів вимірювання та обчислення

Назва каналу	Кількість каналів, шт.	Примітка
Ультразвуковий канал вимірювання витрати	1...5	Залежно від кількості променів у ВД
Імпульсний канал вимірювання об'єму	2	
Канал вимірювання температури	8	
Канал вимірювання тиску	4	
Канал обчислення	1...4	Залежно від варіантів виконань та кількості променів у ВД

5.2 Вибір датчиків температури

В системі, що розробляється, реєструється температура теплоносія на прямій та зворотній подачі мережної води та зовнішня температура повітря. Для вимірювання температури води після нагрівання використовують як термоперетворювачі опору, так і термозлектричні перетворювачі. Також реєструється температура теплоносія після теплообмінника, для контролю температури води в системі опалення. У цій системі передбачається встановлення двох термодатчиків.

5.2.1 Датчики температури мережевої води

Компанія «Danfoss» представляє великий вибір датчиків для вимірювання температури.

Термоперетворювачі опору Danfoss серії MBT 5252 [15].

Термометри опору призначені для вимірювання температур рідких та газоподібних середовищ. У лінійку MBT входить кілька перетворювачів із різним діапазоном температур.

					MIMT.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Основні технічні характеристики MBT 5252 представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 Основні технічні характеристики первинних перетворювачів температури серії MBT 5252 [7].

Найменування характеристик	MBT 5252
Діапазон вимірюваних температур, °C - для класу допуску В - для класу допуску С	От -50 до +180
Клас допуску по ДСТУТ 6651-2009	В; С
Умовне позначення НСГ згідно з ДСТУ 6651-2009	50М; 100М

Захисні чохла термоперетворювачів, що занурюються, розраховані на малі умовні тиски (див. табл. 5.2), тому при встановленні термоперетворювачів в трубопроводі з високим тиском необхідно попередньо встановлювати захисну гільзу на відповідний умовний тиск.

Таблиця 5.2 Технічні характеристики MBT 5252 із уніфікованим струмовим вихідним сигналом

Найменування	MBT 5252
Межа основної наведеної похибки, %	±0,25; ±0,5
Вихідний сигнал, ма	0.5, 4...20
Напруга живлення,	18...42
Потужність, Вт	0,8

Захисні гільзи призначені для захисту термоперетворювачів (датчиків температури) від впливу вимірюваних середовищ з високим тиском і температурою.

Вибираємо ТПО Danfoss серії MBT 5252 для вимірювання

температури в системі опалення з класом допуску С.

5.2.2 Датчик температури зовнішнього повітря

Для вимірювання температури зовнішнього повітря розглянемо датчики температури повітря фірми Danfoss. Датчики температури зовнішнього повітря Danfoss ESMT є платиновими термометрами опору, 1000 Ом при 0°C. Датчик Danfoss ESMT є двопровідним пристроєм із симетричними взаємозамінними з'єднувальними кабелями. Для забезпечення надійного контакту з трубами поверхневий датчик типу ESM-11 має притискну пружину. Технічні характеристики Danfoss ESMT наведено у таблиці 5.3 [16].

Таблиця 5.3 Технічні характеристики Danfoss ESMT

Вимірювальний елемент	PH000
Діапазон застосування	От -50 до + 50 °С
З'єднання	Дво гвинтові клеми під кришкою
Ступінь захисту	IP54
Постійна часу	Менше 15 хвилин
Матеріали	Кришка: АВ8 Кабель: РС (полікарбонат)

5.3 Вибір датчиків тиску

Манометр – прилад для вимірювання тиску. Ці пристрої бувають безлічі видів, зокрема бачать манометри низького і високого тиску. У загальному випадку манометри являють собою вирошування тиску в невеликому корпусі [17]. У цій роботі будуть використані манометри типу МПЗ - У. Технічні характеристики манометрів, що показують, наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 Технічні характеристики манометрів, що показують

Тип	Верхні межі вимірів, кгс/см ²	Клас точності	Сигн. контакт.	Вимірюване середовище	Діаметр корпусу мм
МПЗ - У	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160;	1,5	-	Неагресивні некристалізую - рідини, пара, газ, що газ	100
МП4 - У	250; 400; 600; 1000; 1600				160
МП5 - У	6; 10; 16; 25; 40; 60; 100				250
			.	Измеряемая среда	
Тип	Верхние пределы измерений, кгс/см ²	Класс точности	Сигн контакт.	Вимірюване середовище	Диаметр корпусу, мм
МП - 60	2,5; 4; 6; 10; 16; 25	2,5; 4	-	Неагрессивные некристаллизуются — жидкости, пар, газ	63
МП - ЗВУ віброуст.	6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 250; 400; 600	1; 1,5; 2,5			100

5.4 Вибір витратоміра

Для вимірювання витрати будь-якої речовини, наприклад, рідини або газу використовують витратомір. В даний час є безліч методів вимірювання витрати речовини, але основними є ультразвукові або електромагнітні методи вимірювання витрати. У момент вимірювання визначається швидкість потоку речовини у трубопроводі, далі вважається її об'ємну витрату. Можна виділити свої плюси та мінуси при вимірі витрати ультразвуковим та електромагнітним методом. На відміну від механічних, крильчаток, турбінних витратомірів основною перевагою ультразвукових та електромагнітних витратомірів є відсутність рухливих елементів. Такі витратоміри зберігають більш точний вимір протягом тривалого терміну. До мінусів можна віднести більш високу вартість.

Відсутність гідродинамічного опору - це основна перевага електромагнітного витратоміра. Ще однією перевагою є висока точність, а також швидкодія.

У цій роботі був проведений вибір обладнання. Компанія «РЕГМІК» випускає електромагнітний витратомір ЕРС призначень реєстрації, передачі показань і для перетворення величини обсягу та об'ємної витрати [19].

Витратоміри ЕРС, для обліку витрати та контролю, знаходять своє застосування у промисловому та житлово-комунальному господарстві, вони входять до складу автоматизованих теплових пунктів.

Що стосується експлуатації ЕРС, вони зарекомендували себе, як надійні, що мають широкий діапазон вимірювань, стабільно-працюючі і мають малі втрати.

Живлення здійснюється від джерела постійного струму номіналом 12 з потужністю 5 Вт.

Далі будуть наведені характеристики вимірюваного середовища:

- Діапазон робочих температура від 1 до 150 °С;
- Діапазон робочих температур навколишнього середовища від -10 до +50 °С;
- Тиск не більше 1,6 МПа.

Основним критерієм вибору витратоміру є діаметр умовного проходу, який вибирається відповідно до значення годинної витрати. Значення середньогодинної витрати має бути меншою за експлуатаційну витрату, яка визначається згідно з таблицею 5.5.

Таблиця 5.5- Основні характеристики для вибору електромагнітного витратоміру ЕРС

Діаметр умовного проходу лічильника, мм	Параметри					
	Витрата води, м ³ /ч			Поріг чутливості м3/год, трохи більше	Максимальний обсяг води за добу, м ³	Гідравлічний опір лічильника 8, м/(л/с) ²
	Міні-мальний	Експлуатаційний	Максимальний			

65	1,5	17	70	0,6	610	$810 \cdot 10^{-5}$
80	2	36	110	0,7	1300	$264 \cdot 10^{-5}$
100	3	65	180	1,2	2350	$76,6 \cdot 10^{-5}$
150	4	140	350	1,6	5100	$13 \cdot 10^{-5}$
200	6	210	600	3	7600	$3,5 \cdot 10^{-5}$
250	15	380	1000	7	13700	$1,8 \cdot 10^{-5}$

Для вибору витратоміра зробимо розрахунок деяких фізичних величин.

Експлуатаційну витрату знайдемо за такою формулою [4].

$$G_{\text{експ}} = \frac{Q_{\text{ср}} * 10^{-3}}{C_p(t_{\text{пр}} - t_{\text{зв}})}$$

де $G_{\text{зксп}}$ - експлуатаційний (середній) витрата, т/год;

$Q_{\text{ср}}$ - середнє теплове навантаження, Гкал / год;

$C_p = 1$ Ккал/(кг ° С) - питома теплоємність водь;

$t_{\text{пр}} = 95^{\circ}\text{C}$ - температура води в трубопроводі, що подає;

$t_{\text{звор}} = 70^{\circ}\text{C}$ - температура води у зворотному трубопроводі системи опалення.

Для розрахунку експлуатаційної витрати необхідно знайти середнє теплове навантаження за такою формулою [4]:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{max}}(T_{\text{вн}} - T_{\text{л}})}{c * (T_{\text{вн}} - T_{\text{min}})}$$

де Q_{max} - максимальнє теплове навантаження, Гкал/год;

$t_{\text{вн}} = 18^{\circ}\text{C}$ - внутрішня температура у приміщенні;

$t_{\text{ср}} = -7,5^{\circ}\text{C}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період;

$t_{\text{мин}} = -30^{\circ}\text{C}$ - мінімальна температура зовнішнього повітря.

Максимальнє теплове навантаження перебуває по наступному виразу:

$$Q_{max} = G_{max} * \rho * C_p * (t_{пр} - t_{пр}) * 10^{-6} = 1.21 * 1000 * (95 - 70) * 10^{-6}$$

$$= 0.03025 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

де Q_{max} - максимальне теплове навантаження, Гкал/год;

$G_{max} = 1,21$ - максимальна витрата, т/год;

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – щільність води.

Виходячи з отримань даних, вибираємо витратомір ЕРС з діаметром умовного проходу 80 мм.

5.5. Програмований логічний контролер

Вибираємо контролер TM172PDG42SI від виробника Schneider Electric (рис. 5.2) , який підходить для реалізації завдання проекту.

Даний контролер має 12 дискретних входів та 12 виходів, а також 12 аналогових входів та 6 виходів [20]. Кількості аналогових входів та виходів повинно вистачити для реалізації задачі. Також обраний ПЛК має можливість розширення за допомогою додаткових модулів. ПЛК живиться від 24V змінного струму. Обраний ПЛК має місцеву сигналізацію та розміщується на DIN рейці. Також в ПЛК є дисплей, куди можна вивести основні дані, такі як: температура мережевої води, температура прямого та зворотного теплоносія та інші. Програма для обраного ПЛК буде написана у середовищі розробки CODESYS, це стає можливим завдяки стандартизованості мов IEC 61131. Обраний контролер спеціально розроблений для управління системами опалення, вентиляції та кондиціонування. Також для даного контролера вже є доступі бібліотеки для даних систем.

Зв'язок з персональним комп'ютером диспетчера відбувається за допомогою сервера SmartX AS-P, а сам контролер з'єднаний за допомогою Ethernet.

Вигляд обраного ПЛК можна побачити на рисунку 5.2. Детальні

					MIMT.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристики контролера наведені у таблиці 5.6.



Рис. 5.2 Контролер TM172PDG42SI

Таблиця 5.6 Основні технічні характеристики контролера

Загальна кількість входів/виходів	42
Кількість дискретних входів	12
Типи дискретних виходів	2 для релейні виходи SPDT із незалежною загальною точкою 3 для релейні виходи SPST з однією загальною точкою; 2 для релейні виходи SPST з однією загальною точкою; 2 для напівпровідниковий, з розв'язкою SPST із незалежною загальною точкою;
Струм дискретного виходу	3 А для реле SPDT; 3 А для реле SPST; 0.5 А для напівпровідниковий, з розв'язкою;
Кількість аналогових входів	12

Кількість аналогових виходів	4 напруга 0...10 В -2 напруга/струм, діапазон: (4...20) mA or (0...10) V або ШІМ(до2kHz).
Порти	1 порт CAN - клемний блок з гвинтовими затискачами; 1 USB типу А - USB тип А female; 1 USB типу міні В - USB порт Mini-B; 2 RS485 - клемний блок з гвинтовими затискачами (послідовна шинаModbus RTU або BACnet MS/TP); 1 Ethernet - RJ45 (Modbus TCP та BACnet IP з вебсервером);
Живлення	24 В+/- 10 %Змінний струм 20...38 V Постійний струм
Місцева сигналізація	Програмований червоний,жовтий та зелений світлодіод Зелений світлодіод живлення

5.6. Вибір виконавчого механізму

Виконавчий механізм вибираємо, виходячи з виду регулюючого органу і моменту, що крутить.

Максимальний момент, що крутить, обчислюється за формулою:

$$M_{\max} = 6,89 D_y - 338.$$

де D_y - умовний діаметр трубопроводу, мм.

При виборі вивчалася умова:

$$M_H > M_{\max},$$

де M_H - номінальний крутний момент на вихідному валу ІМ, Н-м.

Вибираємо ІМ типу МЗО-250/25-0,25-Р-99.

Цей виконавчий механізм забезпечений датчиком положення вихідного валу і функцією ручного управління. Живлення даного виконавчого механізму здійснюється від мережі змінного струму 220 В.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Споживана потужність 240 Вт [9]. Ціна складає 19 000 рублів.

5.7. Вибір насосів

Насос це основний елемент водяної інженерної системи будівлі. Робота насоса невід'ємно пов'язана з усім обладнанням системи опалення, в тому числі і із запірно-регулювальною арматурою. Від взаємодії цих двох аспектів залежить ефективність функціонування всієї системи опалення. Варто відзначити, що в системах змінного гідравлічного опору основна робота проводиться саме насосом і запірно-регулювальною арматурою, де регулювання витрати теплоносія призводить до зміни гідравлічних та електричних параметрів насоса.

Ефективна робота системи забезпечується не тільки якісною і високоточною запірно-регулюючою арматурою, але і високою надійністю циркуляційного насоса. Насоси постійно оновлюють на ринку, випускаючи новіші і надійніші версії. У деяких випадках насоси можуть виконувати функцію запірно-регулюючої арматури. На сьогоднішній день виготовляються насоси зі здвоєним входом і виходом в одну лінію, а також із вбудованими з обох боків поворотними заслінками. Всі ці нововведення значно спрощують вузли обв'язування насосів. У сучасних насосах розташовуються електронні регулятори, які автоматично підтримують необхідний тиск теплоносія, що дозволяє відмовитися від перепускних клапанів, у результаті поліпшити працездатність системи в цілому та регулюючих клапанів зокрема.

У системі опалення має розташовуватися не менше двох циркуляційних насосів, з'єднаних паралельно або один здвоєний насос. Один із цих насосів є резервним.

При виборі циркуляційних насосів для системи опалення слід приймати:

- 1) подачу насоса - за розрахунковими витратами води в системі

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опалення $G_{гр.ср}$ і $G_{наг.ср}$, кг/с визначеним за формулами [4]:

- для гріючої води:

$$G_{гр.ср} = 3.6 * \frac{Q_{0\ max}}{(t_1 - t_2) * c}$$

- для води, що нагрівається:

$$G_{наг.ср} = 3.6 * \frac{Q_{0\ max}}{(t_{01} - t_{02}) * c}$$

де $Q_{0\ max}$ максимальний тепловий потік на опалення.

t_1 - температура гріючої на вході у водопідігрівач;

t_2 - температура гріючої серед на виході з водопідігрівача;

t_{01} - температура нагрівається серед на виході з водопідігрівача;

t_{02} - температура нагрівається серед входу у водопідігрівач.

2) Натиск, м, визначається як

$$H = \frac{\Delta P * v * 10^6}{g}$$

де v - питомий об'єм теплоносія у вхідному трубопроводі у водопідігрівач, м³/год;

ΔP - різниця тисків у напірному та всмоктуючому патрубках насоса, МПа, визначається як $\Delta P = P_{пр} - P_{звор} - \Delta P_{то}$, тут P - тиск у трубопроводі, що подає, МПа, $P_{звор}$ - тиск у зворотному трубопроводі, МПа, $\Delta P_{то}$ - гідравлічні втрати в теплообміннику для відповідного контуру, МПа; $g=9,8$ м²/с – прискорення вільного падіння.

У тепловому пункті об'єкта встановити теплообмінне обладнання, значення гідравлічних опорів:

- втрати в контурі теплоносія, що гріє 0,84;
- втрати в контурі теплоносія, що нагрівається 0,85.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При підборі циркуляційних насосів розрахункова подача їх повинна бути в межах 0,7 -1,1 подачі при максимальному ККД для даного типу насосів. При великих фактичних витратах води рекомендується збільшити гідравлічний опір за рахунок встановлення дросельних діафрагм або застосовувати насос з регульованим електроприводом.

Вихідні дані для вибору циркуляційних насосів систем опалення:

$Q_{0\max} = 0,0303$ Гкал/год - розрахункове максимальне теплове навантаження;

$c = 1$ Ккал/кг – питома теплоємність води;

$\tau_1 = 125$ °С - температура в трубопроводі теплової мережі, що подає;

$\tau_{01} = 95$ °С - температура в трубопроводі, що подає системи опалення;

$\tau_2 = 70$ °С - температура у зворотному трубопроводі системи опалення;

$\tau_{02} = 50$ °С - температура у зворотному трубопроводі.

Максимальна витрата теплоносія (гріюча вода) обчислюється за формулою:

$$G_{\text{зр.ср.}} = \frac{Q_{0\max} \cdot 10^3}{(\tau_1 - \tau_2) \cdot c} = \frac{0,0303 \cdot 10^3}{(125 - 70) \cdot 1} = 0,55 \text{ т/год.}$$

Максимальна витрата теплоносія (води, що нагріває) обчислюється за такою формулою:

$$G_{\text{нагр.ср.}} = \frac{Q_{0\max} \cdot 10^3}{(\tau_{01} - \tau_{02}) \cdot c} = \frac{0,0303 \cdot 10^3}{(95 - 70) \cdot 1} = 1,21 \text{ т/год}$$

Тоді параметри насоса контуру, що гріє д системи опалення згідно з формулою [4]:

- подача

$$V = 1,1 \cdot G_{\text{зр.ср.}} \cdot \nu \cdot 10^3 = 1,1 \cdot 0,55 \cdot 0,0010647 \cdot 10^3 = 0,64 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Відповідно до гідростатичного опору труб і теплообмінника, а так

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

само різниці температур прямого і трубопроводу, що подає, циркуляційний насос ставити на зворотному трубопроводі не доцільно.

Параметри насоса контуру, що нагрівається серед системи опалення:

- подача насоса, що нагрівається серед системи опалення

$$V = 1,1 \cdot G_{\text{нагр.ср.}} \cdot \nu = 1,1 \cdot 1,21 \cdot 0,0010394 \cdot 10^3 = 1,38 \text{ м}^3/\text{год};$$

Вибираємо насос типу Grundfos серії Magna 32-120 F.

5.8 Вибір регулювального клапана

Клапані відносять до класу трубопровідної арматури. Основне завдання клапана перекрити потік теплоносія. Принцип роботи клапана - від переміщення затвора вздовж осі потоку теплоносія, за допомогою зворотно-поступального переміщення. Відповідно до стандартів призначення арматури поділяють на 5 груп:

- запірну (для перекритого потоку);
- регулюючу (для зміни витрати теплоносія);
- розподільно-змішувальну (для розподілу потоків теплоносія за напрямками або для змішування потоків);
- запобіжну (для захисту елементів системи при відхиленні параметрів теплоносія за рекомендовані межі);
- зворотну (для автоматичного запобігання зміні напрямку теплоносія).

Основна відмінність сучасного арматурно-запірного клапана - це його багатофункціональність.

Завдання запірної арматури - перекриття потоку теплоносія. Використовувати її як регулюючий орган не допускається, оскільки вона не призначена для таких завдань. Така арматура створює різкий перепад тиску та має низьке циклове навантаження.

Завданням регулюючої арматур незалежно від конструктивного виконання є регулювання витрати теплоносія в тепловій мережі, тобто

					MIMT.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення лінійної залежності між регулюючим впливом та зміною параметра, що регулюється.

Для правильного вибору регулюючого клапана потрібно знати гідравлічні характеристики, їх визначають як об'ємну витрату води в м³/год із щільністю 1000 кг/м³, що проходить через клапан при перепаді тиску 105 Па (1 бар). У каталогах та довідниках часто нехтують значеннями вимірювань та вказують лише м³/год. Однак при цьому втрачається гідравлічний зміст даного параметра.

Для розрахунку пропускної спроможності клапана k_v (м³/год.)/бар^{0,5} потрібно знати коефіцієнт місцевого опору та площу входного перерізу клапана, яка розраховується з умовного діаметра входного перерізу.

Параметр k_v , що оцінюється розмірністю лише м³/год., що дає зручність у користуванні, легко сприймається і легко порівнюється з іншими клапанами його пропускна здатність. Перепад тиску для всіх клапанів постійний, але не збігається з перепадом тиску в реальній системі. Тому при виборі обладнання необхідно розраховувати до, за номінальними параметрами системи з урахуванням традиційно застосовуваної системи розмірностей. Формули переведення, що найчастіше зустрічаються, наведені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 - Визначення пропускної спроможності клапана k_v , (м³/год)/бар^{0,5}

ΔP , бар, V , м ³ /год.	ΔP , кПа, V , л/с	ΔP , мм вод. ст., V , м ³ /год.	ΔP , кПа, V , л/год.	ΔP , Па, G , кг/год.
$k_v = \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 36 \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,1 \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,01 \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,316 \frac{G}{\sqrt{\Delta P}}$

Вибір регулювального клапана системи опалення Вихідні дані:

1) тиск у трубопроводі теплової мережі $P_1=5,2$ кгс/см², у зворотному $P_2=2,4$ кгс/см², перепад тисків $\Delta P = 5,2 - 2,4 = 2,8$ кгс/см²;

2) максимальна витрата теплоносія $G_{\max} = 1,21$ т/год.

Пропускна здатність регулюючого клапана системи опалення:

$$K_v = \frac{1,21}{\sqrt{2}} = 0,85 \text{ м}^3/\text{год}$$

Температурний графік 150/70°C з зрізанням на 125°C при -30°C використовуючи [4] вибираємо клапан та привід.

Клапан, що регулює VVG44.25-10 з параметрами:

- умовний діаметр – 25 мм;
- пропускна спроможність - 10 (м³/год)/бар^{0,5};
- максимальний перепад тиску на клапані – 400 кПа;
- Діапазон робочих температур - від 2°C до 150°C;
- хід штока – 5,5 мм;
- Тип приводу, що рекомендується - SQS.

Електропривод для клапана SQS35.00 з параметрами:

час переміщення – 150 с;

хід штока – 5,5 мм;

максимальна температура 130°C.

5.9. Розрахунок втрат тиску в трубопроводах

При виведенні розрахунків прийнято, що течія середовища по трубопроводах є турбулентною.

Втрати тиску складаються з таких складових:

- 1) втрати тиску на первинному перетворювачі;
- 2) втрати тиску при максимальній витраті на переходах на менший/більший діаметр;
- 3) лінійні втрати на тертя;
- 4) втрати тиску на відводах трубопроводу.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Тепер розглянемо кожну детальніше.

1) Втрати тиску на первинному перетворювачі витрати приймаються згідно з "Посібником із експлуатації" перетворювача:

$$\Delta P_{\text{шт}} = 5 \text{ кПа.}$$

Розрахунок втрат тиску при максимальній витраті на переходах на менший/більший діаметр; лінійних втрат на тертя; втрат тиску на відводах трубопроводу здійснено відповідно до [8].

2) Втрати тиску в кПа при максимальній витраті на переходах на більший і менший діаметр визначаються за формулою:

$$\Delta p_j^i = p_{dj}^i * 0$$

де p_{dj}^i – гідродинамічний натиск на вході переходу, кПа; i – найбільший чи найменший внутрішній діаметр переходу (D чи d); j – прямий або зворотний трубопровід (пр. або обр.).

2.1) Значення гідравлічного опору при переході на менший або більший діаметр вибираємо з таблиць:

При переході зі 100 труби на 80:

при $(d/D)^2 = 0,64$, коли $Re > 10^4$ і $(L/d) > 1$,

де L - 115 мм – довжина конуса переходу; d = 80 мм – найменший внутрішній діаметр для кута конуса переходу $< 30^\circ$; D = 100 мм - максимальний внутрішній діаметр для конуса переходу.

$O_{D>d} = 0,114$ - гідравлічний опір при переході на менший діаметр;

$O_{D<d} = 0,1$ - гідравлічний опір при переході на більший діаметр.

2.2) Гідродинамічний напір у кПа на вході та виході переходу розраховується за формулою:

Δ

$$p_j^i = \frac{98,066 * (w_j^i)^2}{2 * g * v_j * 10^4}$$

					MIMT.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

де w - швидкість руху теплоносія, м/с; v - питомий об'єм води, м³/кг; $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

Швидкість руху теплоносія, м/с, на вході та виході переходу розраховується за формулою:

$$w_j^i = 0,354 \frac{G_{max} * v_j}{d_n^2}$$

де $G_{max} = 0,55$ т/год - максимальна розрахункова витрата теплоносія; d_n - внутрішній діаметр на вході/виході переходу, м.

3) Лінійні втрати тиску на тертя, кПа визначаються за формулою:

$$\Delta p_{тр}^i = \frac{(w_i^d) * 98,066}{2 * g * v_j * 10^4} * \frac{\lambda}{d} * L$$

де w - швидкість руху теплоносія на прямій ділянці трубопроводу, м/с;
Для переходу зі 100 труби на 80 $(\lambda/d) = 1,022$ м⁻¹ - питомий коефіцієнт опору тертя, що вибирається в залежності від внутрішнього діаметра прямої ділянки трубопроводу; $L = 0,115$ м - розгорнута довжина прямої ділянки трубопроводу.

4) Втрати тиску на відводах трубопроводу, кПа, розраховуються за формулою:

$$\Delta p_{відв}^j = p_{dD}^j * Z * o_{відв}^j$$

де $o_{відв}^{пр} = o_{відв}^{зв} = 0,6$ – значення коефіцієнта місцевого опору відводів.

$Z^{пр} = Z^{зв} = 0$ (кількість відводів на прямому/зворотному трубопроводах).

Сума втрат тиску, кПа, становить:

- на прямому трубопроводі:

$$\Delta P_{пр} = \Delta P_D^{пр} + \Delta P_a^{пр} + P_{тр}^{пр} + P_{пп} + P_{відв}^{пр}$$

- на зворотному трубопроводі:

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\Delta P_{3B} = \Delta P_D^{3B} + \Delta P_d^{3B} + P_{TP}^{3B} + P_{пп} + P_{відв}^{3B}$$

Всі розрахункові дані подати в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 - Результат розрахунку гідравлічних втрат вузла обліку ТЗ

Найменування параметра	Позн.	Для прямого трубопроводу	Для зворотнього трубопроводу
Втрати тиску на первинному перетворювачі, кПа	$\Delta P_{пп}$	5	5
Гідравлічний опір під час переходу на менший діаметр	$O_{D>d}$	0,114	0,1
Гідравлічний опір під час переходу на більший діаметр	$O_{D<d}$	0,114	0,1
Питомий об'єм теплоносія, м ³ /кг	ν	0,001039	0,001064
Швидкість руху теплоносія на вході переходу, м/с	w_j^D	0,62083	0,63577
Швидкість руху теплоносія на виході переходу, м/с	w_j^d	1,22772	1,25726
Гідродинамічний натиск на вході переходу, кПа	P_{oj}^D	0,18541	0,18987
Гідродинамічний натиск на виході переходу, кПа	P_{oj}^d	0,72513	0,74255
Втрати тиску на вх. переходу кПа	Δp_j^D	0,11125	0,11392
Втрати тиску на вих. переходу, кПа	Δp_j^d	0,4351	0,4455
Лінійні втрати тиску на тертя, кПа	$\Delta p'_{тр}$	0,05187	0,05312
Втрати тиску на відводах, кПа	$\Delta p_{отв}^J$	0	0

6. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ

6.1. Вибір способу передачі даних

Для передачі даних від вузла обліку, у тому числі від регулятора типу TM172PDG42SI, в систему диспетчеризації по GPRS - мережі та відправки SMS - повідомлень використовується «GPRS -термінал» Satel GPRS-T1.

«GPRS -термінал» призначений для організації прямого «прозорого» каналу зв'язку з віддаленими об'єктами IP, GSM та GPRS мережі. Швидкість передачі даних в GPRS -мережі - 14400 біт/с. Термінал дозволяє підключати до 100 GPRS -точок на одну виділену статичну IP-адресу. Живлення – 50 Гц, 220 В. [21].

Прилади, що розглядаються, призначені для організації доступу до віддалених об'єктів по бездротових каналах зв'язку в цифровій стільниковій мережі GSM на основі GPRS -передачі даних.

GPRS - термінал розроблений для обміну даними з використанням GSM - мережі (GPRS, SMS), Internet-мережі (TCP/IP) та технології «клієнт-сервер». Відмінною особливістю даного терміналу є новаторське використання технології клієнт-сервер. Система, побудована на базі GPRS - терміналу, має наступний алгоритм обміну даними: автоматизоване робоче місце (APM) диспетчера виконує функції клієнта, що надсилає запит серверу за IP - адресацією. Сервер встановлює з'єднання через GPRS із запитуваним GPRS - терміналом, встановленим на віддаленому об'єкті. Таким чином, організується прямий "прозорий" канал зв'язку передачі даних по TCP/IP GPRS -термінал - APM.

Дана технологія забезпечує наступні функціональні можливості:

- передача даних по TCP/IP - мережевому протоколу Internet;
- мінімальна вартість трафіку (1МБ - 0, 30 \$);
- можливість роботи з будь-яким програмним забезпеченням, що підтримує IP - з'єднання;
- необмежену кількість GPRS - терміналів, що підключаються на

					MIMT.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АРМ;

- необмежену кількість одночасно опитуваних GPRS - терміналів;
- широка взаємозамінність базової платформи GPRS - термінала на обладнання або комплекс обладнання інших виробників, у тому числі зарубіжних.

6.2. Опис програмного забезпечення системи

Офісні програми Microsoft підтримують роботу з користувальницькими програмами через OLE-автоматизацію. Отже, є можливість створення документів з автоматичним заповненням даних з архіву системи автоматичної диспетчеризації. В цьому напрямі відкрити широкі можливості подання даних у вигляді табличної звітності, графіків, гістограм, а також можливість автоматично створювати документи з аналізом роботи системи. Крім того, програміст-користувач може створювати свої документи, користуючись існуючим інтерфейсом та VBA, не вникаючи в роботу системи диспетчеризації. Розроблено низку активних документів звітності, які формуються автоматично за допомогою VBA.

У програмному забезпеченні є модуль, який здатний надсилати звітність електронною поштою користувачам, а також оновлювати звітність у зазначеному Інтернет веб-сайт або й сервер. Ця можливість дозволяє надавати дані для програмного забезпечення з розрахунків та формування платіжних та бухгалтерських документів. Зазначена послуга буде здійснюватись за наявності постійного виходу до міської комп'ютерної мережі.

Блок-схема алгоритму роботи системи наведена у графічній частині роботи.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 РОЗРАХУНОК МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Межа допустимої відносної похибки вимірювального каналу кількості теплоти (ККТ) теплотічильника СВТУ-10М відповідає класу В за ДСТУ 3339-96 і визначається за формулою:

$$\delta_o = (3 + 4 \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} + 0,01 \frac{G_{\max}}{G})$$

де $\Delta t_{\min}$ - найменше значення різниці температур в трубопроводі, що подає і зворотному. У проекті передбачається термоперетворювачі Danfoss серії MBT 5252, для яких $\Delta t_{\min} = 2$ °C, Δt - вимірювана різниця температур, у проектованій системі $\Delta t = 125 - 70 = 55$ °C;

G - вимірювана витрата теплоносія, розрахункова максимальна витрата в системі $G = 0,55$ т/год. $G_{\max}$ - верхня межа вимірювання витратоміра для проектованого вузла $G_{\max} = 1,3$ т/год.

$$\delta_o = \pm (3 + 4 \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} + 0,01 \frac{G_{\max}}{G}) = \pm (3 + 4 \frac{2}{55} + 0,01 \frac{3,6}{1,21}) = 3,175\%$$

Розмір відносної похибки, %, вимірювального каналу кількості теплоти (ККТ) теплотічильника обчислюється за формулою:

$$\delta Q_{\text{тем-104}} = \pm \sqrt{(\delta_{KPV})^2 + (\delta_{\Delta t})^2 + (\delta_{\text{им}\Delta t})^2 + (\delta Q_{\text{ККТобч}})^2}$$

де δ_{KPV} - межа відносної похибки, що допускається, при вимірі обсягу теплоносія;

- $\delta_{\Delta t}$ - межа допустимої відносної похибки комплекту термоперетворювачів при вимірюванні різниці температур;

- $\delta_{\text{им}\Delta t}$ - межа допустимої відносної похибки теплотічильника при вимірюванні різниці температур теплоносія без урахування похибки термоперетворювачів;

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $\delta Q_{\text{ККТобч}}$ - межа допускається відносної похибки інформаційно-обчислювальних каналів кількості теплоти/

Межа допустимої відносної похибки теплотічильника при вимірюваннях об'єму (об'ємної витрати) що забезпечується основними каналами витрати з перетворювачами витрати типу ПРЗ у діапазоні витрат

$$G_{\min} \leq |G| \leq G_{\max}$$

для класу, визначається за формулою:

$$\delta_{KPV} = \pm (1 + 0,01 \frac{G_{\max}}{G}) = \pm (1 + 0,01 * \frac{3,6}{1,21}) = 1,029\%$$

Межа допустимої похибки вимірювання температур визначається за формулою:

$$\Delta t_{\text{дон}} = \pm (0,04 + 0,002 \cdot \Delta t) = \pm (0,04 + 0,002 \cdot 55) = 0,15 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де Δt - різниця температур теплоносія в трубопроводі, що подає і зворотному, $^\circ\text{C}$.

Межа допустимої відносної похибки становитиме:

$$\delta_{\Delta t} = \pm \frac{\Delta t_{\text{дон}}}{\Delta t} 100\% = \pm \frac{0,15}{55} 100\% = 0,273\%.$$

Межа допустимої відносної похибки теплотічильника при вимірюванні різниці температур теплоносія без врахування похибки термоперетворювачів визначається за формулою:

$$\delta_{\text{им}\Delta} = \pm \frac{4}{\Delta t} = \pm \frac{4}{55} = \pm 0,073\%$$

Відносна похибка обчислювальних каналів кількості теплоти не перевищує $\delta Q_{\text{ККТобч}} = \pm 0,1\%$.

Тоді величина відносної похибки вимірювального каналу кількості теплоти теплотічильника

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta Q_{\text{тем-104}} = \pm \sqrt{1,039^2 + 0,273^2 + 0,073^2 + 0,1^2} = 1,072\%$$

Величина відносної похибки вимірювального каналу кількості теплоти теплотічильника QALCOSONIC E3 % обчислюється за формулою:

$$\delta Q_{BKT} = \pm \sqrt{(\delta_{IKG})^2 + (\delta_{IK\Delta t})^2 + (\delta_{Q_{oob}})^2}$$

де δ_{IKG} - межа допускається відносної похибки вимірювального каналу витрати при вимірюванні обсягу теплоносія;

$\delta_{IK\Delta t}$ - межа допускається відносної похибки вимірювального каналу при вимірі різниці температур теплоносія;

$\delta_{Q_{oob}}$ - межа допускається відносної похибки інформаційно-обчислювальних каналів кількості теплоти.

Похибка вимірювального каналу витрати теплоносія δ_{IKG} у % визначається похибкою, що вноситься первинним перетворювачем витрати електромагнітного типу ПРЗМ і похибкою самого теплотічильника, і визначається за формулою:

$$\delta_{IKG} = \sqrt{(\delta_{G_{ПРЕМ}})^2 + (\delta_{G_{ИКТ}})^2}$$

Межа допустимої відносної похибки при перетворенні витрати та обсягу в імпульсний та цифровий сигнали $(\delta_{G_{ПРЕМ}})^2 = 1\%$.

Межа допустимої відносної похибки вимірювання витрати теплообчислювачем за формулою:

$$\delta_{G_{BKT}}^2 = \pm \left(0,01 + \frac{6}{T} \right) = \pm \left(0,01 + \frac{6}{16} \right) = 0,385\%,$$

де $t > 16$ – період вимірювання витрати, с.

					MIMT.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді

$$\delta_{ИКГ} = \sqrt{\delta_G^2_{ПРЭМ} + \delta_G^2_{ВКТ}} = \sqrt{1^2 + 0,385^2} = 1,07\%.$$

Межа допустимої відносної похибки вимірювального каналу при вимірюванні різниці температур теплоносія складають межу допустимої відносної похибки вимірювання різниці температур теплоносія СВТУ-10М, ця величина визначається за формулами 6 і становить $\delta_M = 0,36\%$, і межа допустимої відносної похибки вимірювання різниці температур теплоносія тепло обчислювачем: $\delta_{M ВКТ} = 0,03\%$. Таким чином, гранична відносна похибка вимірювального каналу різниці температур визначається за формулою:

$$\delta_{ИКМ} = \sqrt{\delta_M^2 + \delta_{M ВКТ}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,03^2} = 0,361\%,$$

Межа допустимої відносної похибки інформаційно-обчислювальних каналів кількості теплоти обчислюється за формулою:

$$\delta_{Q_{\text{выч}}} = \pm \left(0,1 + \frac{3}{\Delta t} \right) = \pm \left(0,1 + \frac{3}{25} \right) = 0,22\%,$$

$$\delta_{Q_{\text{обч}}} = \pm \left(0,1 + \frac{3}{\Delta t} \right) = \pm \left(0,1 + \frac{3}{25} \right) = 0,22\%.$$

Таким чином, величина відносної похибки вимірювального каналу кількості теплоти тепло лічильника складає:

$$\delta_{Q_{\text{ВТК}}} = \pm \sqrt{1,07^2 + 0,361^2 + 0,22^2} = 1,15\%.$$

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

8 ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ

При розрахунку надійності системи потрібно визначити такі показники:

Розрахунок надійності робимо у відповідності зі схемою електричною підключення, з обліком заданої кліматичної категорії і виконання системи.

Параметр потоку відмов визначається по формулі:

$$\lambda_{\text{сис}} = \sum N_i \lambda_i,$$

де N - число груп комплектуючих, що входять до складу системи; N_i - кількість і λ_i - інтенсивність відмов комплектуючих i -ої групи.

Інтенсивність відмов комплектуючих i -ої групи в робочому режимі визначається як:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * a_1 \dots a_n,$$

де λ_{0i} - інтенсивність відмов комплектуючого виробу в номінальному режимі і нормальних умовах $a_1 \dots a_n$ - коефіцієнти, що враховують умови роботи. Для визначення коефіцієнта a_1 скористаємося довідниковими даними:

$$a_1 = k_{11} * k_{12} * \dots * k_{15};$$

з огляду на умови експлуатації, вибираємо $k_{11}=2$, $k_{12}=1$, $k_{13}=1$, $k_{14}=2$, k_{15} ; таким чином, $a_1=2$. Зробимо розрахунок, скориставшись таблицею 8.1.

Інтенсивність потоку відмов елементів системи: $\lambda_{\text{сис}} = 25,3 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Можливість безвідмовної роботи протягом часу t :

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (8.1)$$

де T - час роботи системи, годин,

$\lambda_{\text{сис}}$ - інтенсивність потоку відмов.

Середній час наробітку на відмову визначимо по формулі:

$$T_0 = \lambda_{\text{сис}}^{-1}$$

При $\lambda_{\text{сис}} = 25,3 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ значення $T_0 = 39526$ годин.

Ймовірність безвідмовної роботи за час $T = 1000$ год. визначимо по формулі (8.1). Вона склала 0,975 відповідно до рис. 8.1.

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Таблиця 8.1. Інтенсивність потоку відмов елементів системи

Прилад	$\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$	N_i	a_1	a_2	a_3	$N_i \cdot \lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$
Теплолічильник СВТУ-10М	5	1	2	0,5	1	5
Витратомір ЕРС	3	1	2	0,5	1	3
Датчик температури Danfoss ESMT	1,2	1	2	0,5	1	1,2
Датчик температури Danfoss MBT 5252	1,3	2	2	0,5	1	2,6
ПЛК TM172PDG42SI	11	1	2	0,5	1	11
Роз'єми	0,010	250	2	0,5	1	2,5
Всього						25,3

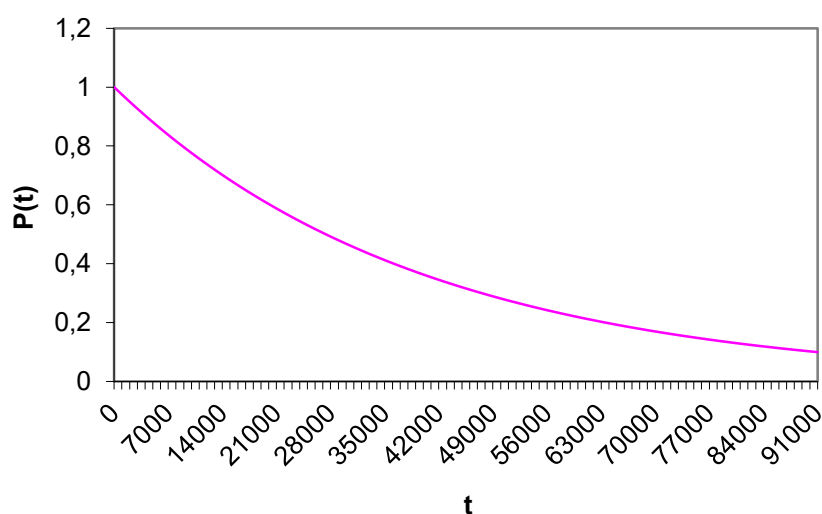


Рис. 8.1. Ймовірність безвідмовної роботи

9 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є дуже важливою складовою при розробці будь-якого технологічного проекту. Недотримання правил та рекомендацій, які розробляються фахівцями з охорони праці, може нести дуже тяжкі наслідки: травмування або навіть смерті робочого персоналу.

Основне завдання охорони праці – створення безпечних умов для персоналу, що обслуговує об'єкт.

Для розміщення засобів автоматизації, було обрано щит зі ступенем захисту IP54. Усі кабелі та дроти вкладено в коробки, що розміщуються по краях щита. Також кожен кабель маркується, це облегшує комутацію та подальше обслуговування щита. Щит має замок з ключем, адже важливо, щоб доступ до нього мали лише люди, які обслуговують засоби автоматизації.

Згідно ДСТУ 7237:2011 для забезпечення захисту від випадкового дотику людини до струмовидних частин ЕУ рекомендовано застосовувати такі види захисту:

- основне (робоче) ізолювання струмовидних частин (захисне ізолювання);
- додаткове, посилене, подвійне ізолювання струмовидних частин;
- захисні оболонки;
- захисні огорожі (тимчасові або стаціонарні);
- безпечне розташування струмовидних частин;
- ізолювання робочого місця;
- мала напруга; захисне вимкнення;
- попереджувальна сигналізація (звукова, світлова тощо);
- блокування;
- встановлення знаків безпеки;
- електрозахисні засоби; засоби індивідуального захисту.

Для запобігання ураженню електричним струмом під час дотику до

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

металевих неструмовідних частин, які можуть бути під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, необхідно застосовувати окремо або в поєднанні наступні види захисту:

- захисне заземлення;
- автоматичне вимкнення живлення;
- зрівнювання потенціалів;
- застосування обладнання відповідного класу за електрозахистом;
- захисний електричний поділ кіл;
- ізолювальні (непровідні) приміщення, зони, майданчики;
- системи наднизької напруги (безпечної, захисної).

Для виконання діючих вимог з електробезпеки, все технологічне електроустаткування згідно з ДСТУ ІЕС 61140:2015 має 0І та І класи за електрозахистом, а засоби автоматизації (блоки контролерів, екранні пристрої, давачі, виконавчі пристрої, блоки живлення тощо) системи управління мають відповідно І, ІІ та ІІІ класи.

Передбачена проектом апаратура АСК та силове електротехнічне устаткування повинні експлуатуватися відповідно до паспортних даних, які визначають номінальні значення струмів і напруг живлення.

ЕУ мають затискачі заземлювальні та відповідні знаки заземлення. Значення опору між заземлювальним затискачем та кожною доступною до дотику металевою неструмовідною частиною ЕУ, яка може опинитися під напругою в разі пошкодження ізоляції, не повинно перевищувати 0,1 Ом.

Клемні колодки у щитовому обладнанні мають бути захищеними спеціальними щитками, електрокабелі мати різнокольорову ізоляцію провідників та відповідне кольорове маркування комутаційних елементів БЩУ, таблички та написи з позначенням робочих напруг, попереджувальні знаки.

Використано контролер від фірми Schneider electric, який має зовнішній блок живлення від фірми Schneider electric (24В постійного струму).

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Живлення кожного приладу системи автоматизації відбувається через щит, де встановлено комутуюче та захисне обладнання (автомати максимального струмового захисту, ПЗВ тощо).

Для уникнення ураженням струму персоналу всі елементи електроприладів щитового обладнання АСК виконані з дотриманням зазначених вище норм з електробезпеки.

Відповідно до діючих санітарних норм [5], нормуються оптимальні та допустимі значення наступних параметрів мікроклімату виробничих приміщень; температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в залежності від категорії тяжкості праці та пори року. Нормовані оптимальні значення цих параметрів для ТП наведені у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 - Параметри мікроклімату

Період року	Температура повітря	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий року	22-24 °С	60-40%	0.2 м/сек
Холодний	21-23 °С	60-40%	0.1 м/сек

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні ТП, це приміщення повинно бути обладнане системою опалення, вентиляції та кондиціонування.

Опалення приміщення відбувається за рахунок тепла, яке виділяється з поверхні обладнання теплового пункту. Для того, щоб забезпечити оптимальну вологість у приміщенні, слід використовувати зволожувачі повітря.

Пожежна безпека. Для зниження ризику займання використовується сертифіковане обладнання, системи встановлюються на негорючі поверхні, у приміщенні повинні бути первинні засоби пожежогасіння: вогнегасник ВВК-2, пісок, покривало.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему обліку тепло споживання офісної будівлі.

Основними елементами системи є датчики та програмований логічний контролер.

Розроблено структурну схему, електричну схему зовнішніх електричних проводок та блок-схема алгоритму роботи системи.

Переваги системи:

- підвищення якості обслуговування вузлів за рахунок щогодинного контролю, який дає можливість виявити системні помилки роботи обчислювача, виявити небажаний водорозбір, побічно оцінити роботу системи автоматичного регулювання теплоспоживанням та інші показники;
- зниження транспортних витрат і часу обслуговування вузлів, оскільки більшість робіт виконується у автоматичному режимі.

Система автоматичної диспетчеризації має перспективи розвитку за такими напрямками:

- 1) розширення списку підтримуваних приладів обліку;
- 2) створення шаблонів на базі Microsoft Word та Excel, які надалі передаватимуться до енергонагляду;
- 3) підтримка Internet-технологій для отримання звітності та аналізу роботи через мережу Internet.

Отримані результати підтверджують працездатність і ефективність розробленої системи. Розробка вирізняється простотою, доступністю, модульністю та високою точністю, що робить її перспективною для подальшого вдосконалення та модернізації.

					MIMT.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Закон України від 22.06.2017 № 2119-VIII Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання.
- 2) Закон України від 09.07.2022 № 2392-IX Про енергетичну ефективність.
- 3) ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
- 4) Опалення: навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. / уклад.: Ю. Ю. Глушко, Н. О. Безплько, Т. Б. Боброва, С. М. Високос, П. С. Гусєв, І. В. Заседаєлев, С. О. Лебєдєв, В. О. Сашко, М. В. Семироз, Т. М. Терещенко, В. В. Черниш; Мін-во освіти і науки України, швейцарський проєкт «Публічно-приватне партнерство для поліпшення сантехнічної освіти в Україні». – Електронні текстові дані (1 файл: 5,1 МБ). – Київ: Ресурсний центр ГУРТ, 2019. – 133 с.
- 5) Рекомендації щодо вибору обладнання АСУ ТП НА об'єктах КП «Київтеплоенерго» <https://kte.kmda.gov.ua/wp-content/uploads/2021/10/ASU-TP.-07.2021.-Rekomendatsiyi-shhodo-vyboru-obladnannya-na-obyektah-KP-KYYIVTERPLOENERGO2.pdf?x16738>
- 6) ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98036
- 7) ДСТУ 4065-2001 Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги (ANSI/IEEE 739:1995, NEQ). З Поправкою (ІПС № 8-2002)
- 8) Єнін П.М., Швачко Н.А. Є 63 Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007, – 244 с.
- 9) Закон України № 2633-IV „Про теплопостачання”, 2005
- 10) КТМ 204 Україна 244-94 Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

11) ДСТУ EN 1434-1:2023 Лічильники теплової енергії. Частина 1. Загальні вимоги (EN 1434-1:2022, IDT)

12) ДСТУ EN 1434-2:2023 Лічильники теплової енергії. Частина 2. Вимоги до конструкції (EN 1434-2:2022, IDT)

13) ДСТУ EN 1434-3:2017 Теплолічильники. Частина 3. Обмін даними та інтерфейси (EN 1434-3:2015, IDT)

14) <https://lichilnik.com.ua/ua/schetchiki-tepla/sempal-teplo/teplovodoschetchik-svtu-10m-m1-m2>

15) <https://ianv.com.ua/uk/category/category-danfoss/promyshlennaya-avtomatika/datchiki-temperaturi/datchik-temperaturi-mbt-5252>

16) <https://profimann.com.ua/uk/kotly/elektronnye-regulyatory-temperatury/danfoss-esmt-datchik-temperatury-naruzhnogo-vozduha-dlya-ecl-comfort-084n1012/>

17) <https://ukrpromcentr.com.ua/ua/p241465588-manometr-mp3.html>

18) <https://techprilad.com/katalog-obladnannya/tepolichylnyky-vytratomiry-ta-teplova-avtomatyka/203-lichylnyk-t550>

19) <https://regmik.ua/uk/product/elektromagnitnyj-vytratomir-ers-50/>

20) <https://www.se.com/ua/uk/product/TM172PDG42S/%D0%BA%D0%B%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%80-%D0%BC172p-%D0%B7-%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D1%94%D0%BC-42-%D0%B2%D1%85-%D0%B2%D0%B8%D1%85-eth-2-mb-2-ssr/>

21) <https://www.bezpeka-shop.com/ua/product/kommunikatsionnyy-modul-gprs-t1/?srsltid=AfmBOorYhqXR58g1iNVRpJXjCvVm0tTYDyHzQNA0VapULrcswLgnFots>

					МІМТ.480.021.021 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

