

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «**Автоматизація технологічного процесу теплопостачання**»

Виконав: здобувач 4 курсу групи Акт-42сп

Спеціальності 151 – „Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології”

Щур В. В.

Керівник: Чаплига В.М.

Рецензент: Городецький І.М.

ДУБЛЯНИ-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, МЕХАНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Освітній ступінь «Бакалавр» за спеціальністю –
151 – „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____
д.т.н., проф. А.М. Тригуба
“ _____ ” _____ 202__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Щур Віталій Володимирович

1. Тема роботи: «Автоматизація технологічного процесу теплопостачання».

Керівник роботи Чаплига Вячеслав Михайлович, д.т.н., професор.

Затверджені наказом по університету «27» листопада 2023 р. № 641 /к-с.

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2024 року.

3. Початкові дані до роботи: Технічна документація об’єкту теплопостачання, завдання на автоматизацію технологічного процесу теплопостачання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ.

Розділ 1. Основи технологічного процесу теплопостачання та його автоматизації.

Розділ 2. Дослідження і вибір методів та засобів автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп’ютерно-інтегрованій системі «розумний дім».

Розділ 3. Розробка автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп’ютерно-інтегрованій системі «розумний дім».

Розділ 4. Розрахунок економічної ефективності системи автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп’ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»..

Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

Список використаної літератури.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	<i>Чаплига В.М., професор кафедри інформаційних технологій</i>		
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання 04 грудня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу та означення головних завдань роботи</i>	22.01 - 21.02.24	
2	<i>Виконання другого розділу та формування початкових даних</i>	22.02 - 21.03.24	
3.	<i>Виконання третього розділу та узагальнення отриманих результатів роботи</i>	22.03 - 21.04.24	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці»</i>	22.04 - 10.05.24	
5.	<i>Вартісна оцінка ефективності пропозицій роботи</i>	11.05- 31.05.24	
6.	<i>Завершення роботи та перевірка на плагіат</i>	03.06 - 10.06.24	

Студент _____ Щур В. В.
(підпис)

Керівник роботи _____ Чаплига В. М.

АНОТАЦІЯ

УДК 681.5:635.1

Щур В.В. Автоматизація технологічного процесу тепlopостачання : кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 64 с.

Табл. 4; рис. 16; бібліогр. джерел 16.

Ключові слова: система автоматизації, технологічний процес, тепlopостачання, житловий комплекс, комп'ютерно-інтегрована система, розумний дім.

Проаналізовано та досліджено технологічні процеси централізованого та автоматично регульованого індивідуального тепlopостачання житлового комплексу, що складається з однотипних котеджів.

Показано, що найбільш прийнятним є варіант індивідуального тепlopостачання котеджу з використанням в комплексі повітряного теплового насосу, фотоелектричної панелі для живлення насосу та кондиціонування, баків з теплообмінниками та панелей підігріву для теплої підлоги.

Вибрано централізовану мережеву структуру комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації управління керуючою компанією процесами безпекового моніторингу та обліку споживання котеджами енергоресурсів житлового комплексу, а також вибрано індивідуальний типовий проєкт тепlopостачання кожного котеджу з його автоматизацією як мережевого вузла в комп'ютерно-інтегрованій системі за технологією «розумний дім».

Сформовано набір функціональних можливостей, інтерфейси та стандарти інформаційно-комунікаційної мережі автоматизації тепlopостачання в системі «розумний дім».

Розроблено структурну та функціональну схеми автоматизації технологічного процесу тепlopостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім», а також алгоритм автоматизованого керування індивідуальним

теплопостачанням котеджу, для якого сформовано у вигляді рівнянь оптимальні правила його роботи.

Розроблено фізичну та логічну моделі мережі передачі даних та вибрано обладнання для автоматизації теплопостачання котеджів в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

Розраховано економічну ефективність автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім» і здійснено і розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях для приміщень з експлуатації системи автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім».

SUMMARY

UDC 681.5:635.1

Schur V.V. Automation of the technological process of heat supply : qualification work. Dublyany: Lviv National University of Nature Management, 2024. 64 c.

Table 4; Fig. 16; bibliography sources 16.

Keywords: automation system, technological process, heat supply, residential complex, computer-integrated system, smart home.

The technological processes of centralized and automatically regulated individual heat supply of a residential complex consisting of cottages of the same type were analyzed and researched.

It is shown that the most acceptable option is the individual heat supply of the cottage with the use of an air heat pump, a photovoltaic panel for powering the pump and air conditioning, tanks with heat exchangers and heating panels for underfloor heating.

A centralized network structure of a computer-integrated system of automation of management by the management company of the processes of safety monitoring and accounting of consumption of energy resources by cottages of the residential complex was selected, as well as an individual typical project of heat supply of each cottage with its automation as a network node in a computer-integrated system using the "smart home" technology was selected ".

A set of functionalities, interfaces and standards of the information and communication network of heat supply automation in the "smart home" system has been created.

The structural and functional automation schemes of the technological process of heat supply in the computer-integrated system "smart home" were developed, as well as the algorithm for the automated control of the individual heat supply of the

cottage, for which the optimal rules of its operation were formed in the form of equations.

A physical and logical model of the data transmission network was developed and equipment was selected for the automation of heat supply to cottages in the computer-integrated system "smart home"

The economic efficiency of the automation of technological processes of heat supply in the computer-integrated system "smart home" was calculated, and the issues of labor protection and safety in emergency situations for the premises from the operation of the automation system of technological processes of heat supply in the computer-integrated system "smart home" were carried out and considered.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

САТ -	система автоматизації теплопостачання;
ЖК -	житловий комплекс
КЖК -	котедж житлового комплексу
ТЕЦ -	теплоелектроцентрально
ЦТП -	централізовані теплові пункти
ІТП -	індивідуальні теплові пункти
СОР-	коефіцієнт продуктивності (Coefficient of Performance)
OSI-	модель взаємодії відкритих систем (Open Systems Interconnection)
ПЗ -	програмне забезпечення

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ ТА ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»	
1.1. Аналіз житлового комплексу, як об'єкту автоматизації на основі комп'ютерних технологій системи «розумний будинок»	
1.2. Аналіз технологічного процесу теплопостачання житлового комплексу в складі системи розумний будинок	
1.3. Аналіз вимог до автоматизації технологічного процесу теплопостачання в складі комп'ютерно-інтегрованої системи «розумний дім»	
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ДІМ»	
2.1. Дослідження та вибір регульованого теплопостачання в котеджі житлового комплексу	
2.2. Дослідження та вибір функціональних можливостей інформаційно-комунікаційної мережі автоматизації теплопостачання в системі «розумний дім».	
2.3. Вибір інтерфейсів та стандартів для використання мережею автоматизації теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ДІМ»	
3.1. Розробка структурної та функціональної схем автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»	

3.2. Розробка фізичної та логічної моделі мережі передачі даних обладнання комп'ютерно-інтегрованої системи «розумний дім»	
3.3. Вибір обладнання для автоматизації теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»	
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ДІМ»	
4.1. Аналіз капітальних витрат на розробку та розгортання системи автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»	
4.2. Розрахунок терміну окупності системи автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»	
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1. Нормативна база з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях щодо автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»	
5.2. Розрахунок блискавкозахисту приміщень з експлуатації системи автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»	
ВИСНОВКИ	
Список використаної літератури	

ВСТУП

Теплопостачання відіграє критичну роль у життєзабезпеченні житлового комплексу, забезпечуючи комфортні умови проживання для мешканців та сприяючи нормальному функціонуванню будівель. Особливо це актуально для України, де триває широкомасштабна агресія росії з постійними ракетними обстрілами критичної інфраструктури, зокрема, об'єктів енергетики та теплопостачання. Тому важливим і надзвичайно актуальним є автоматизація технологічного процесу теплопостачання з використанням можливостей інтелектуальних систем «розумний дім» для безперебійності, енергоефективності та безпечності при забезпеченні належних умов проживання громадян, зокрема, працівників АПК, які сприяють продовольчій безпеці України. Про важливість теми роботи свідчить увага держави до питання теплопостачання, наприклад, прийнятий Закон України «Про теплопостачання» та Повідомлення Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері комунальних послуг, «Щодо надання роз'яснень (стосовно регулювання відносин та розробки методик у сфері теплопостачання та у сфері надання житлово-комунальних послуг)» [1 – 2].

Дослідженню технологічних процесів теплопостачання присвячено праці як вітчизняних так і закордонних науковців та практиків процесів опалення житлових комплексів. Так, Чолева Т. в [3] досліджував використання житлових теплових станцій для генерування тепла, виявивши середню ефективність 67,1%. Натомість Бії Е. [4] зосередилась на потенціалі повітряних теплових насосів і фотоелектричних систем для опалення та охолодження, детально розробивши модель для різних кліматичних умов Європи. Поляков С. в [5] запропонував інтелектуальну систему управління опаленням багатоквартирного будинку з акцентом на моделюванні, управлінні та принципі автономності. Ксю К. [6] розглянув технології рекуперації тепла для будівельних застосувань, підкресливши потенціал поєднання рекуперації тепла з енергоефективними системами.

Актуальність автоматизації технологічного процесу теплопостачання житлового комплексу підкреслюється закордонними авторами значним споживанням енергії на опалення приміщень у домогосподарствах Європи [5]. Ця значимість проблеми у [6] додатково підкреслюється потенціалом дистанційного виявлення оптимальних цілей модернізації, що може допомогти вирішити проблему досягнення «2000 Вт – суспільства», в якому люди дбають і відстоюють високу якість життя, яка відповідає цілям сталого розвитку. Для кожної людини на землі доступно 2000 Вт безперервної потужності (первинної енергії), чого достатньо для забезпечення добробуту та високої якості життя. Сьогодні одна людина в середньому у світі споживає 2500 – 4700 Вт, що спричиняє великі викиди CO₂.

Доцільність автоматизації при створенні комфортного середовища на роботі і вдома при зменшенні потреб в енергії і ,відповідно, викидів CO₂ підтверджується Десятириковою О. в [8] розробкою, моделюванням та дослідженням систем автоматизації «розумного» опалення житлового будинку, що включає реалізацію каскадного триконтурного керування з двома виконавчими механізмами. Поляков С. [5, 9] розширює цю роботу, запропонувавши алгоритм програми керування віртуальним об'єктом і створивши стенд системи опалення для тестування систем автоматизації. Також ним виділено потенціал для адаптивного керування системою опалення в «розумному» житловому будинку з наявністю перехресних зв'язків у розглянутому об'єкті регулювання. Головатенко С. [10] використовує інший підхід, розглядаючи оптимізацію режимів системи опалення в житловому будинку, з акцентом на зниження витрат. Ці дослідження в сукупності підкреслюють потенціал автоматизації для підвищення ефективності, продуктивності та енергоефективності теплопостачання в житлових комплексах з використанням розумних технологій.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси автоматизації життєзабезпечення житлового комплексу.

Предмет дослідження - автоматизація процесів теплопостачання

житлового комплексу в системі розумний будинок .

Мета дослідження – розробка системи автоматизації теплопостачання житлового комплексу з використанням комп’ютерно-інтегрованої системи розумний будинок та спеціалізованою організацією зв’язку між її об’єктами.

Для досягнення визначеної мети були поставлені та рішення наступні задачі:

- Розробка автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп’ютерно-інтегрованій системі «розумний дім».
- Розробка алгоритму автоматизованого керування індивідуальним теплопостачанням котеджу та формул оптимальних правил його роботи.
- Розрахувати економічну ефективність автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп’ютерно-інтегрованій системі «розумний дім».
- Визначити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в приміщеннях з експлуатації системи автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп’ютерно-інтегрованій системі «розумний дім».

Практичне значення отриманих результатів

Використовуючи результати, зокрема, отримані при дослідженні вибрані нами оптимальні технології для автоматизації теплопостачання котеджів житлового комплексу з інтеграцією в систему комп’ютерно-інтегровану систему «розумний будинок», можна реалізувати побудовану систему в реальних будівлях та котеджних містечках. Також, опираючись на результати, отримані при дослідженні протоколів передачі даних можна переналаштовувати та конфігурувати існуючі рішення, які впроваджені на практиці.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ ТА ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

1.1. Аналіз житлового комплексу, як об'єкту автоматизації на основі комп'ютерних технологій системи «розумний будинок»

Житловий комплекс (ЖК) - це термін, який вказує на об'єднання житлових будівель або споруд, розташованих на певній території. Зазвичай це велика територія, яка включає в себе кілька будинків чи блоків, а також може містити додаткові інфраструктурні об'єкти, такі як парковки, дитячі майданчики, торгові центри, спортивні майданчики. Будівлі в комплексі будується не поступово, а одразу, втілюючи цілісний архітектурний ансамбль. Розробляється план забудови, будується комплекс будівель і продається.

Житловий комплекс складається із однотипних двоповерхових котеджів.



Можливі ускладнені варіанти з мансардним і цокольним поверхами. Дані доповнення можна використовувати як підсобні приміщення, де можна було б влаштувати сауну, тренажерний зал або виділити під центр керування мережею «Розумного будинку».

Проект котеджу жилогового комплексу передбачає - простий чотирьохповерховий будинок з двома двохрівневими квартирами на першому та третьому поверсі, житлової площі для проживання однієї сім'ї з відкритою лоджією і загальною площею близько 140 квадратних метрів. Призначений для

постійного та тимчасового проживання. Житловий комплекс розміщуватися як на заміських теренах, так і в межах міста.

Інфраструктура житлового комплексу включає: пункт КПП, службу цілодобової охорони, експлуатаційну службу, що контролює справність інженерних споруд і комунікацій. Територія комплексу частково огорожена.

При розробці і будівництві таких будівель необхідно створити не тільки саму будівлю, але і прокласти всі необхідні мережі: електричні, теплові, водо- і газопостачання, а також передачі даних. Дані мережі створюються з врахуванням побажань майбутніх власників квартир. Розробка і побудова мереж відбувається з врахуванням усіх існуючих та перспективних технологій і можливостей розширення та додавання нових пристроїв, сенсорів та виконавчих пристроїв, що в комплексі складають систему «розумний будинок».

«Розумний будинок» (англ. Smart home, smart haus, також англ. Intelligent building) - сучасний житловий будинок, розроблений та побудований для проживання людей за допомогою автоматизації і високотехнологічних пристроїв. "Розумний будинок" - це система, яка призначена для забезпечення комфорту, безпеки та ресурсозбереження для всіх його користувачів. В своїй найпростішій формі вона повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будинку, і автоматично реагувати на них відповідно до заданих алгоритмів. Зауважимо, що автоматизація основних підсистем забезпечує синергетичний ефект для всього комплексу (див. рис. 1.1).



Рис. 1.1 - Структурна схема системи «Розумний будинок»

«Розумний будинок» - це загальний термін, використовуваний для опису численних продуктів і технологій, які значно розширюють функціональність нинішніх домашніх пристроїв і роблять це, як правило, на базі конвергованої мережевої інфраструктури. Іншими словами, мережеві аудіо, відео-та телефонні служби, а також служба передачі даних тепер не тільки застосовуються в офісах, але починають з'являтися і в будинках. Технології «Розумного будинку» дозволяють різноманітним пристроям використовувати різні мережі передачі даних та Інтернет для виконання таких завдань, які не в змозі виконувати звичайні побутові прилади, наприклад,- кожен день включати світло о шостій годині ранку, вимикати систему поливання газону, коли йде дощ, і в певний час перенаправляти сигнал між телевізорами у будинку. Набір вже доступних додатків і пристроїв розширюється з кожним місяцем.

«Розумний будинок» містить систему контролю і управління високотехнологічним сучасним будинком, квартирою, котеджем. Дана система цікава тим, що контроль здійснюється неймовірно просто і зручно - за допомогою пультів та сенсорних панелей управління. В систему «Розумний будинок» інтегруються буквально всі пристрої: для розваг, безпеки, створення комфорту і затишку. Ця система керує всіма необхідними в побуті компонентами автоматично, а також в ручному режимі, повністю виправдовуючи концепцію своєї назви «розумний будинок» (див. рис. 1.2).

Великі будинки завжди вимагають високого рівня інтеграції домашнього обладнання в єдину систему управління. На ринку виробників розважальних комплексів і електронних систем доступна вражаюча розмаїтість можливостей і високоякісних удосконалень для будинку. Це стосується аспектів, таких як освітлення, відеоспостереження, вентиляція і кондиціонування, системи безпеки, управління вікнами, басейнами, акваріумами, фонтанами, воротами, аудіо, відео, телефонії, доступу в Інтернет і багатьох інших, як бачимо на рис. 1.2.

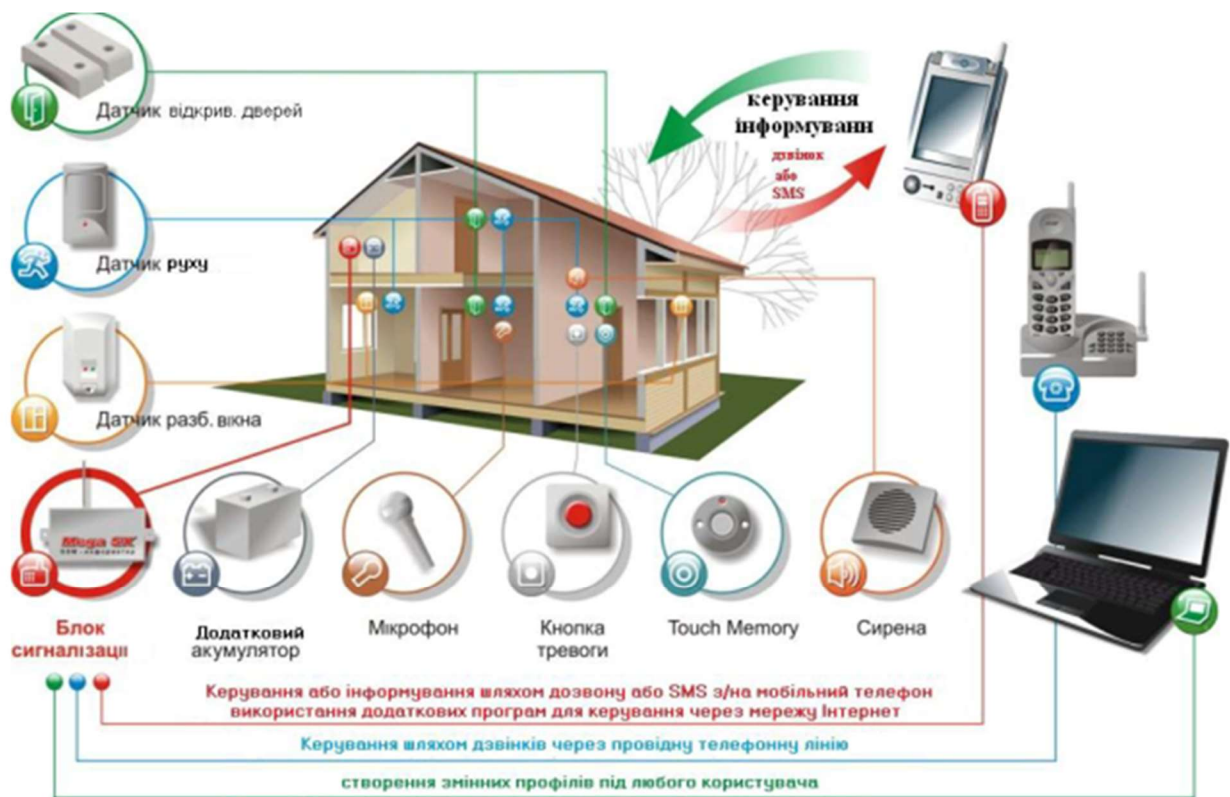


Рис. 1.2 - Принцип взаємодії компонентів «розумного будинку»

Використання великої кількості пультів дистанційного керування уже є не потрібними так, як усі компоненти безперервно функціонують в повній синхронізації і управляються з однієї простої сенсорної панелі, одного пульта, мобільного телефону, через додаток, будучи точно запрограмованими під ваші потреби.

Основні типові функції «розумного будинку» діляться на п'ять груп, які зведені у п'ять груп в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Основні типові функції «розумного будинку»

Назва групи	Типові функції групи
Технічний захист і контроль	<p>Автоматичне запобігання аварійних ситуацій: витік газу, витік води, задимлення або загоряння; контроль чадного газу або витік побутового газу в приміщеннях;</p> <p>контроль електромережі та вхідної напруги і максимального навантаження;</p> <p>охоронна система від проникнення в будинок сторонніх;</p> <p>імітація присутності господарів: включення/виключення світла в певних зонах, звукові ефекти, відкриття/закриття штор тощо;</p> <p>повідомлення для мешканців про надзвичайні ситуації по телефону або через Інтернет.</p>
Облік ресурсів, що споживаються	<p>Облік та передавання даних постачальникам електроенергії, гелла, гарячої і холодної води тощо.</p>
Керування освітленням	<p>Регулювання освітленості до комфортного рівня; контроль освітлення у всій квартирі/будинку/ за допомогою пульта ДУ або переносної сенсорної панелі, мобільного додатку;</p> <p>автоматичне включення/виключення світла в певних місцях будинку чи квартири;</p> <p>керування освітленням в будинку з будь-якої точки;</p> <p>світлові сцени: можливість поєднання яскравості світильників в приміщенні, переходи від тіней до світла, що створюють найбільш комфортну обстановку в різних ситуаціях;</p> <p>контроль світлового наповнення від вікон чи ламп можна доповнити відкриттям/закриттям штор або жалюзі, вікон, включенням/вимкнення домашнього кінотеатру тощо.</p>
Керуванням кліматом	<p>Автоматичне підтримування та регулювання клімату в усьому домі, комфортної температури, вологості і чистоти повітря;</p> <p>можливість дистанційного управління кліматом з телефону, через інтернет з будь-якої точки планети;</p> <p>підтримування життєдіяльності домашніх улюбленців: подача корму, води;</p>

	полив домашніх рослин або газонної трави; створення і підтримування необхідних умов для зимового саду - керування освітленістю і кліматом, здійснення поливу, контроль вологості і інше; керування басейном - набір та регулювання температури води, клімат- контроль, контроль вологості.
Зв'язок та інтернет	Миттєве інформування господарів, які перебувають в будь-якій точці планети, про події, що відбуваються в будинку; підключення домофона на мобільний телефон, екран телевізора або комп'ютера; віддалене спостереження, керування і доступ всіма функціями будинку за допомогою сучасних каналів зв'язку (інтернет, телефон і інше).
Звук та відео	Домашні кінотеатри та аудіосистеми інтегровані в усі кімнати та керуванням з мобільного телефону або сенсорна панель, ПК, КПК; - мультирум (multiroom) - система передачі звуку і відео від одного або декількох джерел в будь-яку точку будинку, можливість віддаленого керування тільки по деяких каналах.

1.2. Аналіз технологічного процесу теплопостачання житлового комплексу в складі системи «розумний будинок»

Споживання енергії, необхідної для опалення житлових і громадських будівель, становить понад 40% від загального споживання енергії, що вимагає раціонально використовувати енергію теплопостачання і тому пріоритетом є саме енергозбереження, а не її виробництво, особливо, країна-агресор цілеспрямовано знищує генеруючі об'єкти енергетики України.

Основні завдання теплопостачання спрямовані на забезпечення комфортних умов проживання в житловому комплексі, зокрема:

- опалення забезпечує необхідну температуру в приміщеннях в холодні періодів року, що є критичним для підтримання здоров'я та добробуту мешканців;

- постачання гарячої води для побутових потреб, таких як миття посуду, прийом душу або ванни, що підвищує рівень комфорту і гігієни;
- підтримка стабільної температури в приміщеннях запобігає промерзанню стін, трубопроводів та інших будівельних конструкцій, що може призвести до їх пошкодження, а також запобігає утворенню конденсату та вологи, які можуть викликати розвиток плісняви та грибка;
- використання сучасних систем теплопостачання дозволяє знизити витрати на енергоресурси, зменшуючи тим самим фінансове навантаження на мешканців;
- впровадження автоматизованих систем управління теплопостачанням допомагає оптимізувати споживання енергії і підвищити ефективність використання ресурсів;
- забезпечення теплом критичних об'єктів інфраструктури, таких як лікарні, школи, дитячі садки, магазини та інші установи, які розташовані в межах житлового комплексу підтримує нормальне функціонування інфраструктури
- підтримка оптимальних умов для роботи технічних систем і обладнання, включаючи водопровід, каналізацію та вентиляцію.

Забезпечення теплопостачання є важливим елементом соціальної стабільності, оскільки воно сприяє підвищенню якості життя мешканців. Надання теплопостачання всім верствам населення таким, як малозабезпечені сім'ї та вразливі категорії громадян, допомагає зменшити соціальну нерівність.

Важливим також є екологічний аспект тому, що використання екологічно чистих джерел енергії, таких як сонячні колектори або теплові насоси, сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу, а оптимізація систем теплопостачання знижує навантаження на довкілля, сприяючи збереженню природних ресурсів.

Таким чином, теплопостачання є фундаментальною складовою життєзабезпечення житлового комплексу, забезпечуючи не тільки комфорт і здоров'я мешканців, але й підтримуючи структурну цілісність будівель, оптимізуючи витрати на енергоресурси, сприяючи соціальній стабільності та

збереженню навколишнього середовища. Без надійної системи теплопостачання неможливо уявити сучасне життя в житлових комплексах та будинках, особливо в кліматичних умовах України.

Технологічний процес теплопостачання житлового комплексу включає кілька основних етапів, які забезпечують доставку теплової енергії від джерела тепла до кінцевих споживачів. Основними компонентами цього процесу є наступні:

1. Джерела тепла:

- централізовані або індивідуальні котельні, які працюють на різних видах палива (газ, мазут, вугілля, біопаливо);
- теплоелектроцентралі (ТЕЦ), які виробляють електроенергію та тепло одночасно;
- альтернативні джерела енергії (сонячні колектори, теплові насоси, геотермальні системи тощо).

Котли використовують пальники для спалювання палива. Гаряча вода або пар, що утворюється, передається в теплотраси.

В ТЕЦ пар, який утворюється в процесі спалювання палива, приводить в дію турбіни, які генерують електроенергію. Після цього пар конденсується і використовується для теплопостачання.

Альтернативні джерела енергії акумулюють енергію сонячного опромінення або перетворюють енергію вітру, або використовують тепло термальних джерел чи землі, повітря.

Можливі джерела теплової енергії представлені на рис. 1.3.

2. Процеси виробництва теплової енергії:

- тепло генерується при спалюванні палива в котлах або використанні інших джерел тепла;
- в ТЕЦ відбувається комбіноване виробництво електроенергії та тепла, що підвищує загальну ефективність використання палива.



Рис. 1.3 – Основні джерела генерації енергії для потреб теплопостачання котеджу в житловому комплексі.

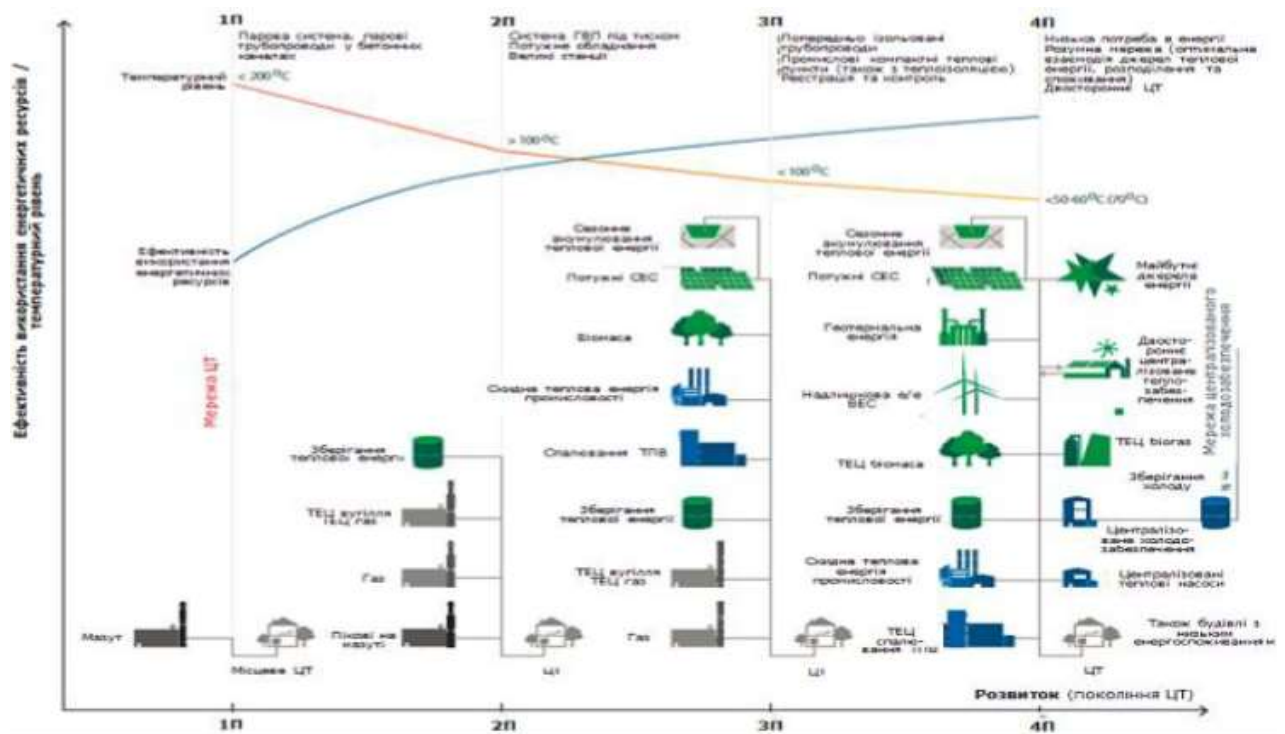
3. Засоби і процеси транспортування теплової енергії:

- теплотраси із системи ізольованих труб, які транспортують гарячу воду або пар від джерела тепла до теплових пунктів житлового комплексу;
- централізовані теплові пункти (ЦТП) такі, як проміжні станції, де відбувається розподіл тепла і регулювання його параметрів (температури, тиску) перед подачею до будинків.
- індивідуальні теплові пункти (ІТП), які знаходяться безпосередньо в житлових будинках (котеджах) і регулюють подачу тепла до блоків квартир (котеджів) або окремих квартир.

ЦТП, ІТП регулюють температуру і тиск теплоносія, що надходить в житлові будинки та забезпечують розподіл тепла між опалювальною системою і системою гарячого водопостачання. Етапи розвитку централізованого

теплопостачання, які складаються з чотирьох поколінь ЦТП представлені на рис.

1.4.



Сучасний підхід до ЦТП:

1. Термін **ефективна система централізованого теплопостачання** – система централізованого теплопостачання, що використовує мінімум 50% відновлюваної енергії, або 50% скидної теплової енергії, або 75% тепла від когенерації, або 50% сукупності такого тепла та енергії;
2. Термін **зона теплопостачання** – частина території населеного пункту, що характеризується певним об'ємом споживання або потребою в тепловій енергії;
3. Запровадження цільових показників стану теплопостачання, в тому числі оцінку кількості **первинної енергії**, яку треба зекономити;
4. Принцип **опису та прогнозу динаміки попиту на теплову енергію на території містечка**
5. **Комплексний розгляд** теплових джерел, теплових мереж і споживачів теплової енергії з урахуванням взаємозв'язку проектів і програм розвитку систем теплопостачання, муніципальних енергетичних планів, термомодернізації будівель, можливості залучення приватних інвестицій

Рис. 1.4 – Чотири етапи (покоління ЦТП) розвитку централізованого теплопостачання (1П – 1890-1930; 2П – 1930-1980; 3П – 1980-2020; 4П – 2020-2050) та основи сучасного підходу до ЦТП.

Зауважимо, що при неефективності або уразливості систем централізованого розподілу тепла перевагу матимуть децентралізовані енергетичні системи з ІТП. Для котеджів в житлових комплексах, де енергія використовується для опалення та виробництва гарячої технічної води, децентралізація може поширюватися на кожен котедж.

Одним із рішень, яке може реалізувати таке ефективне використання енергії, є система опалення з використанням індивідуальних теплових пунктів (ІТП). При цьому власники котеджів вільні вибрати найдешевшу та найефективнішу систему опалення для своїх потреб. Але для цього їм необхідно знати технічні характеристики таких систем.

Приклад підключення ІТП представлено на рис. 1.5.

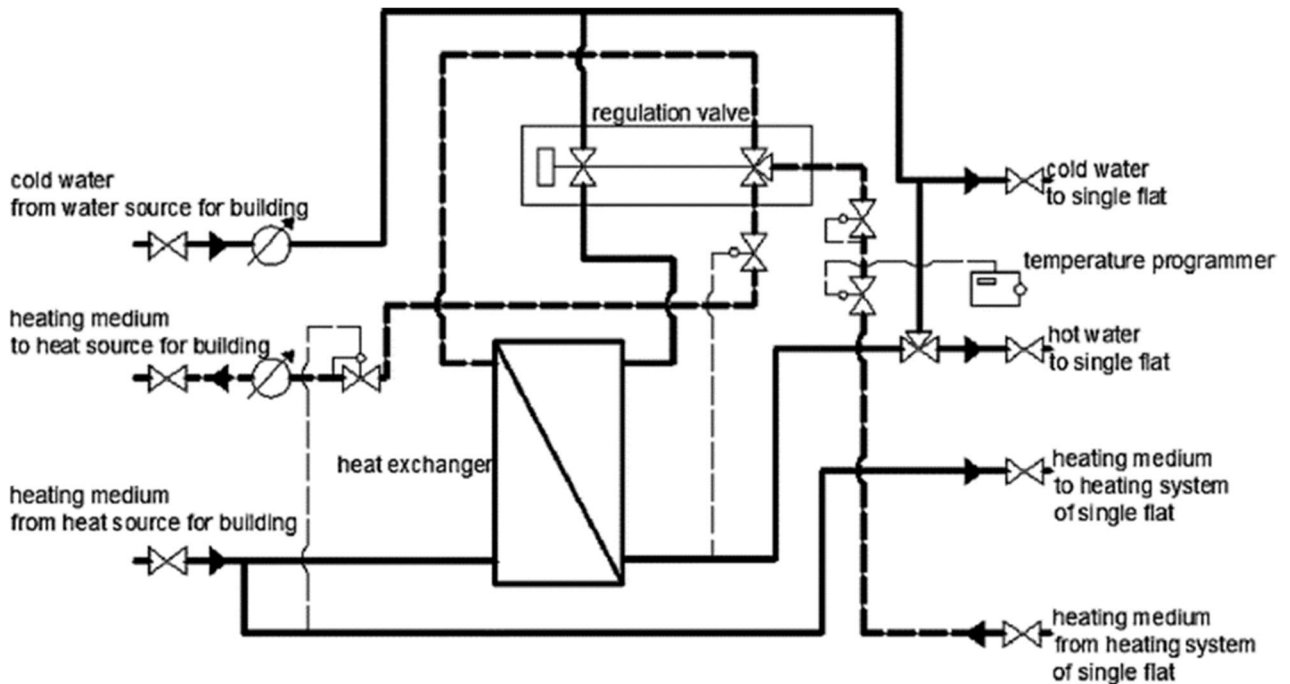


Рис. 1.5. Типова схема підключення індивідуального теплового пункту.

4. Засоби та процеси теплообміну:

- внутрішні опалювальні системи житлових комплексів, які включають радіатори, конвектори, теплі підлоги тощо;
- гаряче водопостачання для забезпечення гарячою водою побутових потреб мешканців.

Внутрішні системи теплопостачання будинків для опалення використовують радіатори, конвектори, теплі підлоги для передачі тепла в приміщення. Гаряче водопостачання подає гарячу воду до кухонь, ванних кімнат тощо.

5. Засоби та процеси енергозбереження:

- впровадження сучасних технологій утеплення будівель для зниження тепловтрат;
- використання регуляторів температури, термостатів та інших засобів для зменшення споживання енергії

6. Засоби та процеси автоматизації і контролю:

- використання автоматизованих систем для управління процесами виробництва та розподілу теплової енергії, що дозволяє оптимізувати витрати і забезпечити стабільне постачання тепла;
- дистанційний моніторинг і керування системами опалення через інтернет або спеціалізовані програми.

Системи регулювання подачі тепла залежно від зовнішньої температури надають можливість дистанційного керування параметрами теплопостачання через мобільні додатки або системи диспетчеризації, а також можливість дистанційного керування параметрами теплопостачання через мобільні додатки або системи диспетчеризації.

Таким чином, технологічний процес теплопостачання та його автоматизація в складі системи «розумний будинок» є комплексним і вимагає злагодженої роботи всіх його компонентів, щоб забезпечити ефективне та надійне постачання тепла споживачам житлового комплексу.

1.3. Аналіз вимог то автоматизації технологічного процесу теплопостачання в складі комп'ютерно-інтегрованої системи «розумний дім»

Автоматизація теплопостачання в системах «розумного дому» є ключовим напрямком досліджень, зосередженим на енергоефективності та комфорті

користувача. Використання повітряних теплових насосів разом з іншими пристроями для відновлюваної енергії та високоефективним опалювальним обладнанням разом із цифровими системами керування є перспективною європейською тенденцією, яка продовжує зростати в умовах зростання цін на традиційні джерела енергії. Федосовим С. [11] запропоновано цифрову модульно-функціонально-структурну схему теплогенерації теплоносія із зовнішнього середовища. Спираючись на енергоефективність схемної конструкції з електрокотлом, буферною ємністю та камерою змішування, автори досягають раціонально регульованого тепло- і повітрообміну комбінованої теплонасосної системи опалення приміщень. Автоматизація спільної роботи раціонально підібраних елементів повітряної теплової насосної системи є однією з технологій розумного дому, яка підвищує ефективність теплопостачання, створює комфортні умови проживання та безпеку за рахунок цифровізації алгоритму керування цією системою.

Так, Акімов В. [12] наголошує на використанні цифрових систем керування для досягнення цих цілей, при цьому він особливо підкреслює потенціал інтеграції смартфонів. Йокова І. [13] використовує ширший підхід, обговорюючи інтеграцію теплових насосів у централізовані системи опалення, які можна застосовувати до установок «розумного будинку». Первак Г. [14] надає загальний огляд відмінностей між автоматизованими та неавтоматизованими системами теплопостачання, підкреслюючи важливість автоматизації для досягнення оптимальної продуктивності.

Загалом, системи автоматизації теплопостачання в розумних будинках (smart homes) мають відповідати ряду вимог для забезпечення ефективного, безпечного та комфортного управління теплопостачанням.

Однією з таких основних вимог на сьогодні є ефективність та енергозбереження за рахунок оптимізації енергоспоживання: Система повинна автоматично регулювати температуру в приміщеннях, знижуючи споживання енергії в неробочі години або коли мешканців немає вдома, а також інтеграція з

відновлюваними джерелами енергії (підтримка роботи з сонячними панелями, тепловими насосами та іншими екологічно чистими джерелами енергії).

Наступною вимогою є інтелектуальне управління з автоматичним регулюванням за рахунок використання датчиків для автоматичного регулювання температури залежно від зовнішніх та внутрішніх умов, а також здатність системи до самонавчання для адаптації до звичок та запитів мешканців.

Обов'язковою є вимога безпеки та надійності системи, захисту від перегріву та промерзання, постійного моніторингу стану системи та можливості діагностики несправностей в режимі реального часу з автоматичним виявленням та реагуванням на ситуації, які можуть призвести до пошкодження системи або будівлі.

Вимога комфортного та зручного користування базується на інтуїтивному та зручному користувацькому інтерфейсі для управління системою через мобільні додатки або веб-платформи з індивідуальними налаштуваннями і можливістю налаштування температурних режимів для окремих приміщень або зон.

Повинна бути забезпечена інтеграція та сумісність з іншими системами розумного будинку, такими як освітлення, безпека, вентиляція та кондиціонування на основі підтримки та дотримання стандартів і протоколів зв'язку, таких як Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, для з безшовної інтеграції з іншими пристроями.

Забезпечення дистанційного керування та моніторингу через доступ до Інтернет надасть можливості не тільки дистанційного управління та моніторингу системи, а і надсилання повідомлень про стан системи та будь-які критичні зміни або несправності з будь-якої точки світу.

Важливими є вимоги забезпечення аналітики, звітності та прогнозування - надання докладних звітів про споживання енергії для аналізу та оптимізації, використання аналітики для прогнозування потреб в опаленні на основі історичних даних та погодних умов.

Обов'язковою вимогою до системи тепlopостачання є її екологічність, яка забезпечується мінімізацією впливу на довкілля за рахунок використання технологій, які мінімізують викиди шкідливих речовин та сприяють зниженню енергоспоживання.

Таким чином, системи автоматизації тепlopостачання в розумних будинках повинні бути високотехнологічними, безпечними, надійними, зручними у використанні та економічно ефективними. Вони повинні забезпечувати оптимальний мікроклімат, знижуючи при цьому витрати на енергію та мінімізуючи негативний вплив на довкілля.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ДІМ»

2.1. Дослідження та вибір регульованого теплопостачання в котеджі житлового комплексу

Автоматизація теплопостачання в розумних будинках житлового комплексу є ключовим напрямком досліджень із запропонованими різними методами.

Сформулюємо основні засади, на базі яких будуватиметься автоматизація теплопостачання в розумних будинках:

- застосування адаптивних алгоритмів, які реалізують свою поведінку у відповідності до ретроспективи роботи системи;
- за замовчуванням встановлюється оптимальний (середній) режим роботи;
- забезпечується мінімальна кількість початкових налаштувань в двох групах, а саме: для початкового встановлення режиму, а також для реалізації більш точного його подальшого налаштування;
- забезпечується відмовостійкість і живучість з адаптацією до відмов або деградації окремих функцій керування;
- наявність функції самодіагностики з ідентифікацією наявних або потенціальних несправностей та надсиланням відповідних повідомлень.

Керуючись цими засадами розглянемо регулювання температури в котеджі, використовуючи модель системи теплопостачання, яка виконує функції АWHP - опалення, підігріву води, підігріву підлоги, вентиляції та кондиціонування. До складу системи входять (див. рис. 2.1):

- зовнішній вентилятор;
- повітряний тепловий насос (Head Pump);
- фотоелектрична панель (PV modules);
- керуючий пристрій (Controller);

- сенсори температури;
- бак приготування гарячої води (DHW tank);
- бак панелі теплої підлоги (SH tank);
- додаткове опалення (Auxiliary heating) від теплової помпи;
- панель теплої підлоги (Radiant floor).

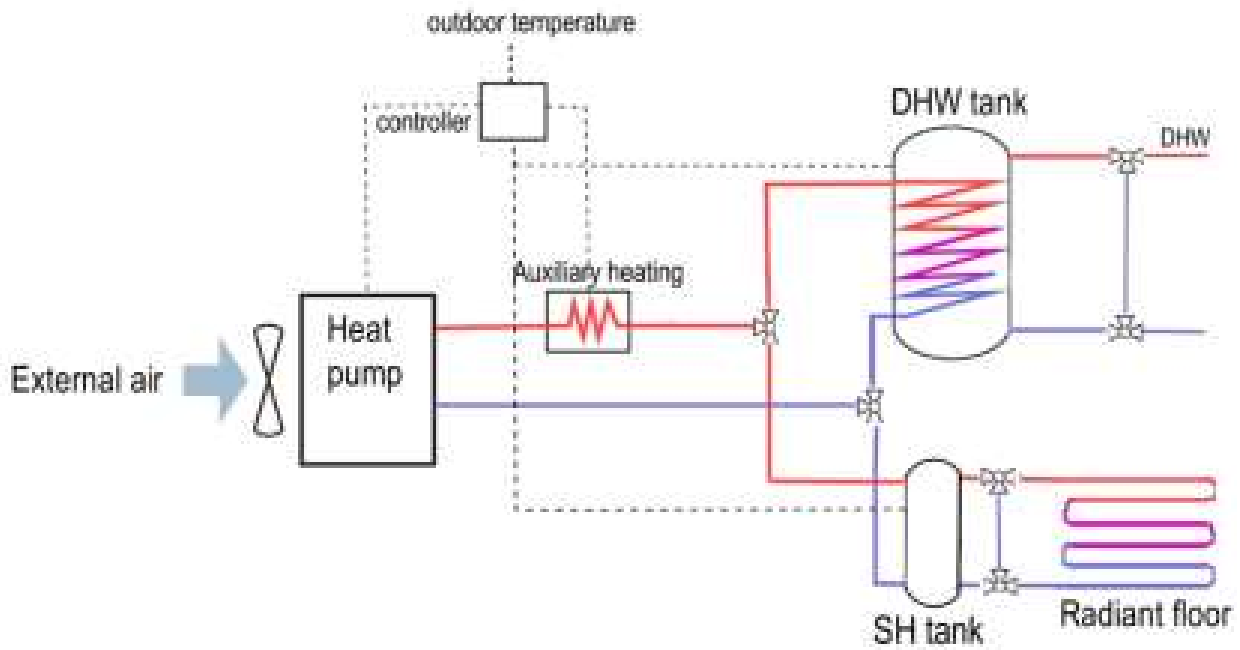


Рис. 2.1 – Схема індивідуальної системи тепlopостачання котеджу в житловому комплексі, яка виконує функції АWHP - опалення, підігріву води, підігріву підлоги, вентиляції та кондиціонування.

Технічні дані вибраного нами фотоелектричного модуля наведено в табл. 2.1.

В системі використаємо високопродуктивний тепловий насос який має коефіцієнт продуктивності COP (Coefficient of Performance) $COP = 4,5$ при $7-35^{\circ}\text{C}$ і тепловою потужністю у 5 кВт.

Зауважимо, що при частковому навантаженні максимальна продуктивність системи АWHP буде при роботі на 50% навантаження. При цьому COP буде на 30% вищий ніж при номінальній потужності.

Таблиця 2.1.

Технічні характеристики типового фотоелектричного модуля для електроживлення котеджу.

Module Specifics	Value	Units
Area	1.6	m ²
Power Rating at Standard Test Conditions	230	W
Efficiency	14.1%	-
Number of cells	60	-
Maximum power point current	7.8	A
Maximum power point voltage	29.5	V
Short circuit current	8.4	A
Open circuit voltage	37	V
Tilt angle	10	deg

Швидкість компресора залежить від заданої програми управління. Так, для SH-режиму підігріву підлоги швидкість лінійно залежить від температури в заданій точці резервуару SH, тоді як для AWHP в режимі гарячого водопостачання швидкість завжди буде максимальною.

Для побудови теплої підлоги із підлогових панелей використаємо труби з поліетилену (PEX) діаметром 16 мм і відстанню між трубами 12 см. У кожній кімнаті терморегулятор регулює температуру із точністю $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Для SH-режиму і DHW-режиму використаємо два окремі баки для води, які вбудовані сенсори температури і контролер регулює температуру з точністю $+3^{\circ}\text{C}$ від визначеного клієнтом значення. Значення заданої температур SH-резервуара задається контролеру в залежності від зовнішньої температури і має лінійну залежність від 38°C до 28°C при коливанні температури зовнішнього повітря від -5°C до $+15^{\circ}\text{C}$. Температуру DHW-бака гарячого водопостачання, як правило, встановлюють на рівні 45°C .

У якості резервуарів для зберігання води вибрано вертикальні циліндричні резервуари об'ємом 150 л для SH опалення та 250 л для DHW гарячого водопостачання. Контролер програмується на пріоритет подачі гарячої води.

У системі в кожній кімнаті котеджу використана система механічної вентиляції з рекуперацією тепла при ККД = 75% .

Для вироблення електроенергії запропоновано використовувати в котеджах три види фотоелектричних панелей з площею 15 м.кв., 20 м.кв. та 30 м.кв. з потужностями 2,0 кВт, 3,0 кВт, 4,0 кВт, відповідно, в залежності від енерговитрат мешканців котеджу. При нестачі енергії додаткова енергія отримується з мережі, а при її надлишку – подається в електромережу загального користування. В системі передбачений інвертор постійного / змінного струму з високим ККД понад 90%.

Згідно розробленого алгоритму роботи системи контролер спочатку перевіряє поточну потужність теплового насосу в системі АWHP, яка порівнюється з мінімальною та максимальною потужністю, що споживається АWHP. Таким чином, збільшення заданих значень розраховується як функція цієї різниці. Максимальне значення застосовується у випадку, коли виробництво енергії фотопанеллю перевищує споживання потужності на максимальній швидкості АWHP. В іншому випадку застосовується лише частка максимального значення. Задані значення лише збільшуються, а не зменшуються, з метою уникнення будь-якого можливого дискомфорту. Максимальні задані значення становлять 55°C для резервуарів для води і 22°C для температури навколишнього повітря.

Схема контролю реалізована на основі запропонованих правил за формулами:

$$T_{set,HP+} = T_{set,ref} + \frac{T_{set,max} - T_{set,ref}}{P_{abs,max} - P_{abs,min}} \cdot \max(0; P_{PV,surplus} - P_{abs,min}) \quad (2.1)$$

$$T_{set,EH+} = T_{max,DHW} \cdot \max(0; P_{PV,surplus} - P_{abs,max}) \cdot \max(0; T_{tank} - T_{set,ref}) \quad (2.2)$$

Запропонована функція перевіряє, чи є надлишок фотоелектричної енергії після досягнення максимальної заданої температури в баках. В разі її наявності надлишкова потужність використовується для нагріву накопичувача гарячого водопостачання до температури 90°C за допомогою електричного нагрівача на 1 кВт. Такий алгоритм максимізує власне споживання фотоелектричної енергії.

2.2. Дослідження та вибір функціональних можливостей інформаційно-комунікаційної мережі автоматизації тепlopостачання в системі «розумний дім»

Після того, як вище було визначено цілі встановимо які функціональні можливості повинна мати мережа комп'ютерно-інтегрованої системи «розумний дім»:

1. *Масштабованість мережі.* Територія житлового комплексу є географічно обмеженою. Не прогнозується зростання кількості будівель, проте можливе збільшення кількості пристроїв та систем, які через певний час матимуть бажання підключити мешканці будівель. 32

Необхідно врахувати понаднормову кількість датчиків, які можуть, з часом, з'явитися у мережі «Розумного будинку», розширення системи відеоспостереження систем безпеки та захисту будинку і мешканців.

2. *Доступність.* Для усіх систем, приладів та пристроїв мережа повинна бути доступною 24 години на добу, 7 днів на тиждень. Присутність визначаємо задовільною на рівні 99,70 % (простій мережі 30 хвилин на тиждень). Термін усунення проблем повинен становити менше двох годин. Мережа повинна бути стійкою до аварій, як електрозамикання, пожежа, вихід з ладу мережевого обладнання також забезпечення безперебійним джерелом живлення та інше.

3. *Продуктивність.* Оптимальне використання мережі є складовою частиною ефективної роботи обслуговуючої компанії. Рознесення усіх систем, які існують у будинку на різні рівні пріоритетності та використання пристроїв узгодження між різними стандартами та протоколами, які існують у мережі

вирішує проблему виникнення колізій у сегментах мережі, тому використання такого сегменту близьке до 100%. Робота системи «Розумний будинок» залежить від конкретного з'єднання та режиму роботи між центральним пристроєм і кінцевим джерелом приймання та передавання даних. Передача та обробка даних, які існують у мережі не потребує великої пропускну здатності каналу зв'язку та використовує як дротову передачу, так і безпроводну.

4. *Адаптивність.* Обладнання повинно бути адаптоване до змін температури, адже частина обладнання та датчиків може розміщуватися у незаселених будинках чи квартирах, а також у нежитлових приміщеннях. Мережа повинна бути адаптована до зміни об'єму трафіку і якості обслуговування. Обладнання «розумного будинку» (датчики, прилади і пристрої, які підключені до системи) повинно бути адаптоване до зміни конфігурацій та налаштування кожного елемента системи, відключення ділянок або сегментів датчиків та приладів.

5. *Якість та економічність.* Має бути забезпечена гарантована якість обслуговування (QoS); економічно обґрунтований вибір системи обміну даними, яка дозволить передавати оптимальний об'єм трафіку при мінімальних витратах; прийнятна вартість усіх компонентів мережі при розбудові мережі та мінімально можливі витрати на обслуговування при подальшій експлуатації з окупністю мережі впродовж 3-5 років; ефективне використання віддаленого доступу до мережі із зовні для налаштування завдань, які буде поставлено власником; системне та керування центральним контролером в режимі реального часу усіма компонентами мережі.

6. *Безпека.* Окремі вимоги висуваються до кожної частини мережі, адже кожна система, яка буде як у будинку так і в окремій квартирі має ряд власних особливостей та вимог до безпеки та передачі даних. Захист мереж у квартирах та у будівлях здійснюватиметься з використанням протоколів та стандартів, які застосовують компоненти мережі для зв'язку між собою та із центральним пристроєм (захист охоронної системи, відеоспостереження та інших систем). Це використання як апаратних засобів (блоки безперебійного живлення, системи

вентиляції, фізичний захист обладнання), так і програмних засобів (файрвол, антивірусне ПЗ).

7. *Керованість і зручність використання.* Керування мережею відбуватиметься з центру керування, розташованого в підсобному приміщенні кожного будинку. Також у житловому комплексі є приміщення де знаходиться технічний персонал, що контролює віддалено роботу системи і у разі виникнення помилок або несправностей усувають їх. Система «Розумний будинок» самостійно контролює роботу усіх своїх компонентів і у разі виявлення некоректних ситуацій чи помилок повідомляє на центр керування мережами житлового комплексу. Необхідно врахувати зручність та практичність усієї системи «розумний будинок» - уся система має працювати непомітно і без довгих затримок та підвисань.

Мережу в подальшому обслуговуватиме обмежена кількість персоналу. Отже, проект повинен передбачати створення максимально зручної для керування та реконфігурування мережі.

Пріоритетність технічних цілей мережі представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Вагові коефіцієнти для знаходження компромісу між вимогами.

Масштабованість	5%
Присутність	15%
Продуктивність	10%
Безпека	10%
Керованість	15%
Зручність використання	15%
Адаптивність	10%
Доступність	20%
Всього:	100%

2.3. Вибір інтерфейсів та стандартів для використання мережею автоматизації теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

Для ефективного функціонування мережі «розумного будинку» необхідно

ретельно дослідити характеристики та особливості протоколів та стандартів, які можна використовувати в цій системі.

У розробленій мережі передбачено застосування наступних стандартів.

IEEE 802 - група стандартів сімейства IEEE, що стосуються локальних обчислювальних мереж (LAN) і мереж мегаполісів (MAN). Зокрема, стандарти IEEE 802 обмежені мережами з пакетами змінної довжини. Число 802 було наступним вільним номером для стандарту, хоча часто асоціюється з датою прийняття стандарту - лютий 1980 року. Служби та протоколи, зазначені в IEEE 802 знаходяться на двох нижніх рівнях (канальний рівень і фізичний) семирівневої мережевої моделі OSI. Фактично, IEEE 802 розділяє канальний рівень OSI на два підрівні - Media Access Control (MAC) і Logical Link Control LLC.

CAN інтерфейс. CAN (англ. Controller Area Network - мережа контролерів) — стандарт промислової мережі, орієнтований, передусім, на об'єднання в єдину мережу різних виконавчих пристроїв і датчиків. Режим передачі — послідовний, ширококомовний, пакетний. CAN розроблений компанією Robert Bosch GmbH широко поширений в промисловій автоматизації, технологіях «Розумного будинку», автомобільній промисловості і багатьох інших областях. Стандарт для автомобільної автоматики.

Modbus/EIA-485 — (англ. Electronic Industries Alliance - 485) RS-485 — (англ. Recommended Standard - 485), — стандарт передачі даних двопровідним напівдуплексним багатоточковим послідовним каналом зв'язку. Стандарт RS — 485 спільно розроблений двома асоціаціями: Асоціацією електронної промисловості (EIA — Electronics Industries Association) і Асоціацією промисловості засобів зв'язку (TIA — Telecommunications Industry Association).

У стандарті EIA-485 для передачі і прийому даних використовується одна і та ж вита пара дротів. Передача даних здійснюється за допомогою диференціальних сигналів.

PROFIBUS (Process Field Bus) (IEC 61158/EN 50170) - об'єднує

технологічні та функціональні особливості послідовного зв'язку польового рівня. Вона дозволяє об'єднувати розрізнені пристрої автоматизації в єдину систему на рівні датчиків і приводів. PROFIBUS використовує обмін даними між ведучим і веденими пристроями (протоколи DP і PA) або між кількома провідними пристроями (протоколи FDL і FMS). Вимоги користувачів до отримання відкритої, незалежної від виробника системи зв'язку, базується на використанні стандартних протоколів PROFIBUS.

BACnet (Building Automation and Control network) (ISO 16484-5) - мережевий протокол, застосовуваний в системах автоматизації будівель та мережах управління. BACnet гарантує можливість взаємодії між пристроями різних виробників, якщо алгоритми цих пристроїв реалізовані на основі стандартних функціональних блоків BIBB (BACnet Interoperability Building Block).

1-Wire - двохнаправлена шина зв'язку для пристроїв з низькошвидкісною передачею даних (зазвичай 15,4 Кбіт/с, максимум 125 Кбіт/с в режимі overdrive), в якій дані передаються по ланцюгу живлення (тобто всього використовуються два дроти - один для заземлення, а другий - для живлення і даних. Топологія мережі - загальна шина.

X10 - міжнародний відкритий промисловий стандарт, застосовуваний для зв'язку електронних пристроїв в системах домашньої автоматизації. Стандарт X10 визначає методи і протокол передачі сигналів управління електронними модулями, до яких підключені побутові прилади, з використанням звичайної електропроводки або бездротових каналів.

KNX - European Installation Bus - Європейська інсталяційна шина. EIB - застаріле позначення технології автоматизації будівель єдиного європейського стандарту-наступника - KNX. Протокол EIB використовує мережеву модель OSI. Це децентралізована (розподілена) тимчасова мережа з родієвим управлінням. Мережа EIB підтримує стандартний протокол передачі даних, який реалізується в наступних передавальних середовищах - крученій парі, IP мережі (EIB.net), радіоканалі.

Wi-Fi - Загальноживана назва для стандарту бездротового (радіо) зв'язку передачі даних, який об'єднує декілька протоколів та ґрунтується на сімействі стандартів IEEE 802.11 (Institute of Electrical and Electronic Engineers — міжнародна організація). Дана технологія використовуватиметься для доступу мешканців до мережі Інтернет та локальної мережі котеджу.

ZigBee -Бездротовий стандарт передачі даних. Мережі ZigBee є мережами з самоорганізуванням та самовідновленням. Пристрої при вмиканні живлення, завдяки вбудованому програмному забезпеченню, самі знаходять один одного й формують мережу, а у разі виходу з ладу котрогось із вузлів можуть встановлювати нові маршрути для передачі повідомлень.

Z-Wave- Бездротовий протокол зв'язку, розроблений для домашньої автоматизації, зокрема - для контролю та управління в житлових і комерційних об'єктах. Технологія використовує малопотужні і мініатюрні радіочастотні модулі, які вбудовуються в побутову електроніку і різні пристрої, такі як: освітлювальні прилади, прилади опалення, пристрої контролю доступу, розважальні системи та побутову техніку.

Insteon- Мережева технологія домашньої автоматизації, яка дозволяє керувати вимикачами, світильниками, термостатами, датчиками руху та іншими пристроями для взаємодії через лінії електропередач, та радіочастотного (РЧ) зв'язку.

LonWorks- Мережева платформа для досягнення продуктивності, гнучкості, відповідності інсталяційних і експлуатаційних потреб у задачах активного моніторингу та управління.

Керування мережею відбуватиметься із центру з використанням центрального комп'ютера, під'єданого до центрального процесора управління системами. Також деякі із програмних засобів управління будуть встановлені на проміжних пристроях або керуватимуться комутаційним пристроєм, до якого підключена група пристроїв або датчиків.

В якості багатофункціональних інтерактивних панелей керування "розумним будинком" смартфон або будь-який планшет з Wi-Fi і сенсорним

дисплеєм, що працюють на iOS, Android чи Windows. Використовувати можна настінні панелі керування, або пульти. Панелі встановлюються на стіні в одному або декількох найзручніших місцях в будинку.

Використовуючи програмне забезпечення, отримується інтерфейс керування «Розумним будинком». Легким дотиком до екрану панелі мешканець квартири вибирає прилад, роботу якого потрібно відрегулювати, і задає необхідні параметри.

Мобільний телефон. Мобільні телефони завжди з людиною і можуть використовуватися для управління. Причому, це може бути як управління по SMS або через Internet з будь-якої точки світу, так і управління по Wi-Fi всередині будинку.

Стаціонарні і переносні комп'ютери. Ноутбук чи комп'ютер, можна з легкістю інтегрувати його з «розумним будинком», перетворивши його на сервер системи. Це дозволить отримати можливість візуалізованого управління, збору даних для статистики. Персональний комп'ютер та/або ноутбук може стати інтерактивним пультом управління. Окрім цього комп'ютер, підключений до мережі Internet, дозволить отримати доступ до управління «розумним будинком» з будь-якої точки.

Кнопки, вимикачі. Найбільш простий спосіб управління «Розумним будинком». Вимикачі легко перетворюються на засіб управління. По натисненню на вимикач, наприклад, Ви можете активувати «режим сну» в спальні, коли йдете спати, - світло плавно згасне, закриються штори, злегка знизиться температура в приміщенні, встановиться будильник.

Універсальний пульт. Пульт також підходить для управління будинком. Кожна кнопка пульта може бути перепрограмована на будь-які дії - включення освітлення або нагрів підлоги.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ДІМ»

3.1. Розробка структурної та функціональної схем автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

Розробка схем автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім» здійснюється для одного із котеджів із житлового комплексу, які є однотипними (див. рис. 3.1.).

Мережа будується таким чином, щоб можна було врахувати усі особливості системи «розумний будинок». Реалізувати дану технологію необхідно через те, що вона може запропонувати багато концепцій, які зменшують затрачений час на всякі дрібні речі і полегшують життєдіяльність людини у будинку. Також, слід зауважити, що «розумний будинок» дозволяє створити на основі датчиків систему для моніторингу безпеки функціонування усіх інших систем. «розумний будинок» створює і будує концепцію безпечного існування людей та тварин у будинку.

Структурна схема автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім» представлена на рис. 3.1.

Важливо зазначити, що всі інженерні підсистеми «розумного будинку» повинні мати можливість працювати в автономному режимі. У разі, якщо якась із підсистем вийшла з ладу, то вся система повинна мати змогу надалі працювати незалежно від того, що сталося із якоюсь ділянкою мережі, тобто має бути забезпечена живучість усієї системи.

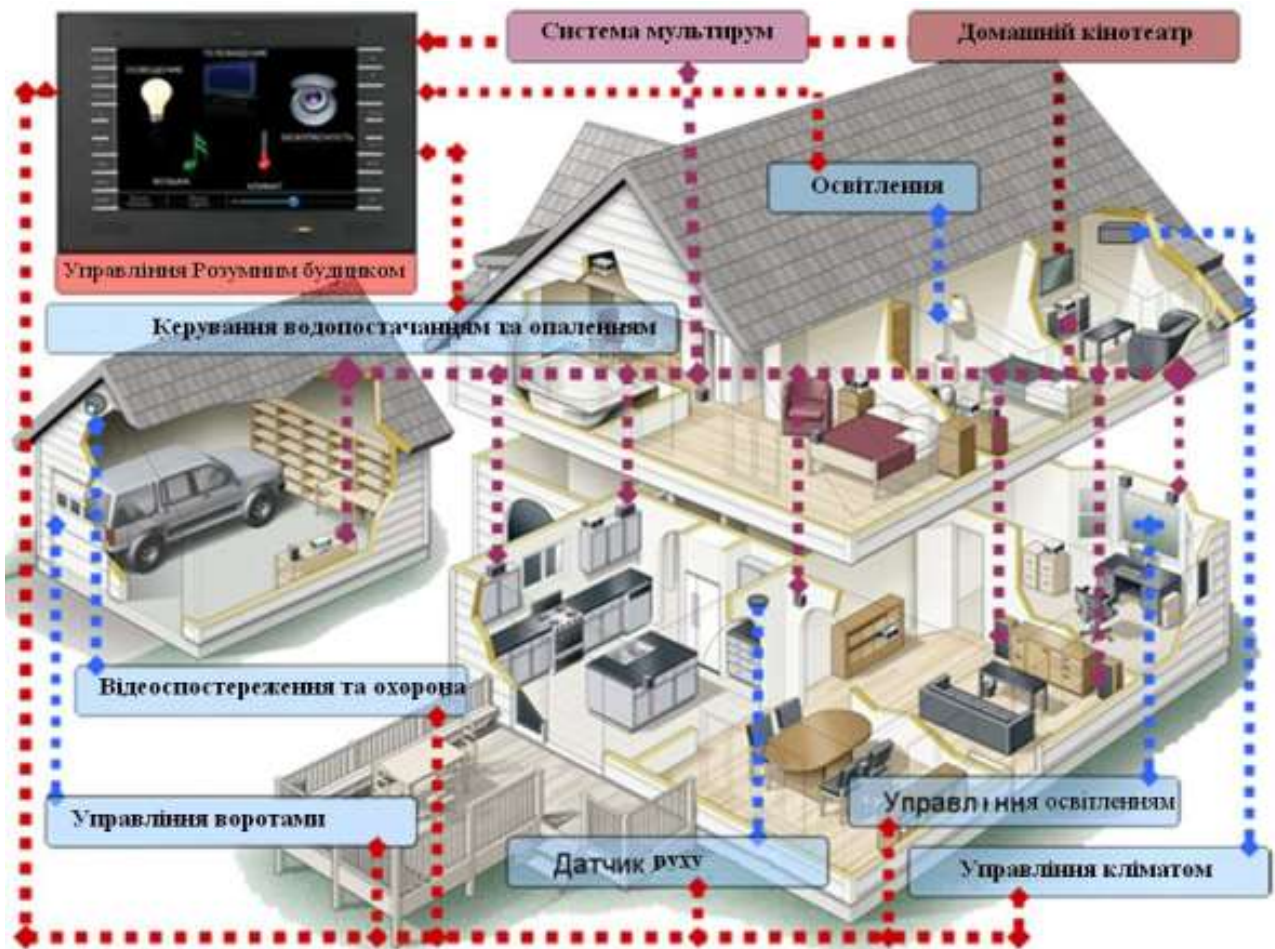


Рис. 3.1 - Структурна схема автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім».

Зважаючи на різноманіття функцій розумної автоматики для будівель, можна виокремити приблизний список систем, які можуть бути інтегровані в єдину ланку. Пріоритети у виборі систем можуть визначатися індивідуальними потребами та уподобаннями власника котеджу:

- гаряче і холодне водопостачання;
- газорозподіл;
- підтримка комфортного клімату всередині приміщень;
- контроль і управління доступом (включаючи оснащення електроприводами всіх дверних і віконних конструкцій);
- протипожежна автоматика;
- відеоспостереження- внутрішнє і зовнішнє;
- протиаварійний моніторинг (відстежує витік газу, води, деформацію

несучих стін будівлі та інше);

- забезпечення безперебійного енергопостачання (автоматичне включення резерву та аварійних джерел живлення);
- інформаційний комплекс (стільниковий зв'язок, внутрішні та зовнішні комп'ютерні мережі);
- централізоване управління всією побутовою технікою будинку;
- телесигналізація або GSM-моніторинг;
- віддалене управління або телемеханіка.

Зауважимо, що автоматизацію теплопостачання в системі «розумний дім» не варто розглядати як просто мережу підключених датчиків та приладів - це цілісна концепція, яка дозволяє об'єднати безліч різноманітних функціонально пов'язаних пристроїв у єдину робочу систему.

Об'єднання інженерного обладнання будівлі в централізовано керовану систему представляє собою логічний етап у розвитку будівництва. Так, системи автоматизації теплопостачання забезпечують гнучке регулювання температури в котеджі відповідно до зовнішньої та внутрішньої температури та часу доби. Деякі мережі теплопостачання дозволяють індивідуальне налаштування.



Рис. 3.2 – Керуючі компоненти автоматизованого теплопостачання в

комп'ютерно-інтегрованої системі «розумний дім».

Ця інтегрована система складається з сенсорної контрольної панелі, яка керує безліччю виконавчих і контролюючих пристроїв, кожний з яких пов'язаний з контрольною панеллю кабелем або по радіоканалу.

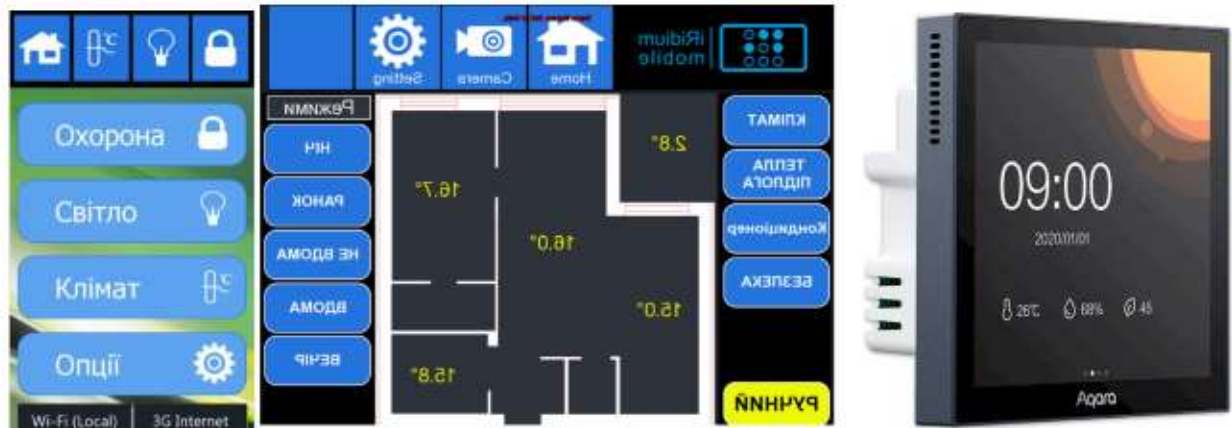


Рис. 3.3 - Сенсорні екрани та панелі для керування системою будівлі

Переваги даної системи в практично необмежених можливостях і легкості програмування, в розширенні можливості для підвищення комфорту та енергоефективності будівель. Вона забезпечує повну інтеграцію інженерного обладнання будівлі, такого як тепло- та водопостачання, пожежно-охоронна сигналізація, система телеспостереження, телефонія, комп'ютерна мережа, клімат-контроль та інші, в рамках системи "розумний Будинок". Така автоматизація дозволяє отримувати повну інформацію від усіх експлуатованих підсистем, приймати передбачені рішення та виконувати відповідні дії, а також інформувати служби про події (див. рис. 3.4).

Інтеграція інженерного обладнання будівель є актуальною вимогою, а завдання фахівців - розробка настільки ефективних систем, які призводитимуть до очевидної вигоди від інвестицій у "розумні" технології.

Економічною перевагою пропонованої інтегрованої системи є зменшення експлуатаційних витрат на енергоносії з одночасним підвищенням рівня комфорту в котеджі. Однак, у багатьох випадках електронні будинки розглядаються як дорогі іграшки, а не як обґрунтоване економічне рішення для престижного житла.

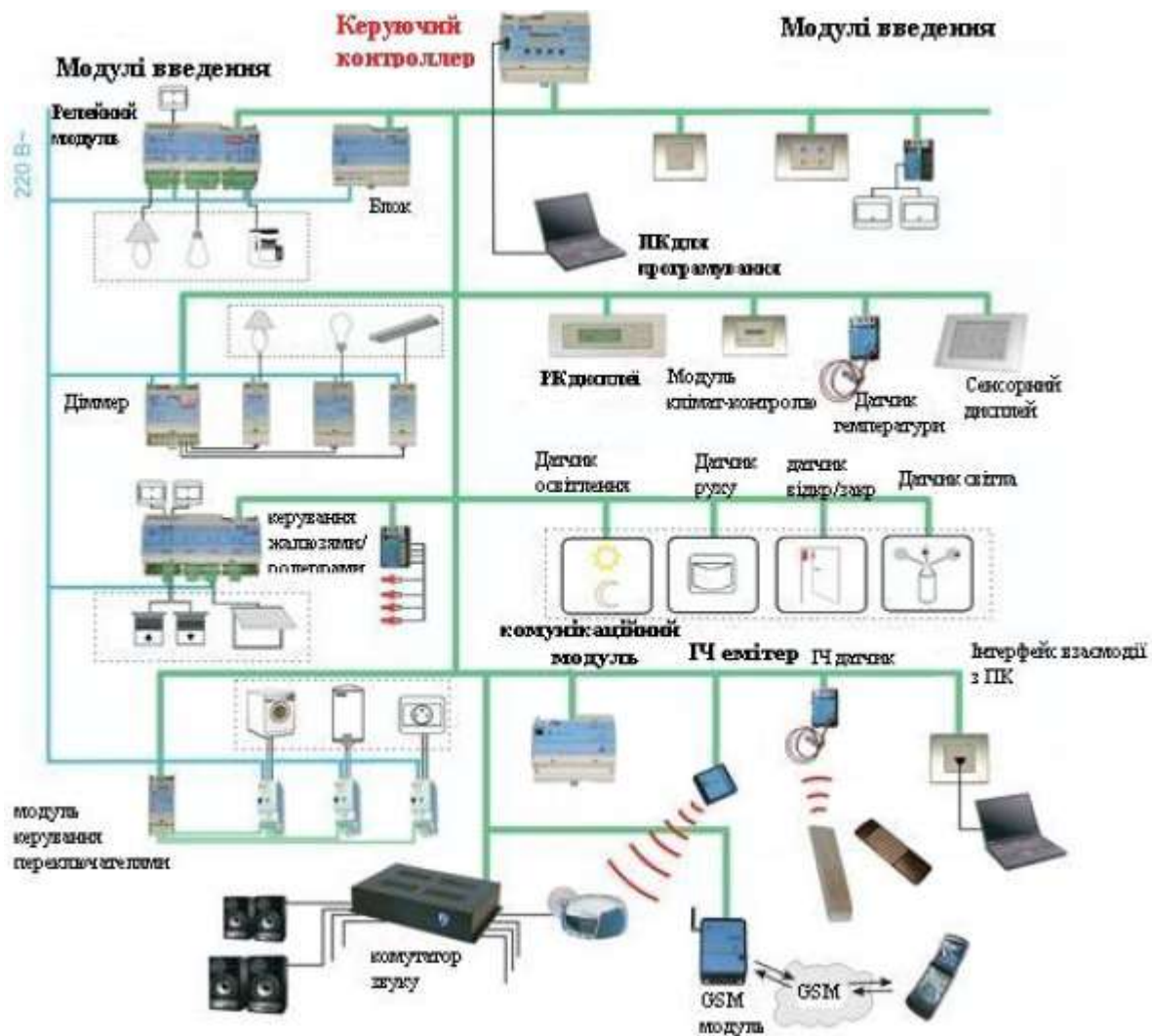


Рис. 3.4 – Структурна схема централізованого керування автоматизованим теплопостачанням в комп'ютерно-інтегрованої системі «розумний дім».

Однією з можливих причин є те, що інтеграцією займаються електронні компанії, фахівці яких не мають цілісного розуміння теплофізичних процесів, які забезпечують комфорт та теплообмін у будівлі з навколишнім середовищем. Таким чином, реалізуються лише розважальні аспекти, такі як звуковий супровід, внутрішні комп'ютерні мережі та найбільш очевидні технічні функції, наприклад, включення світла за допомогою датчика присутності. Глибокі процеси залишаються за межами уваги інтеграторів, що зводить до мінімуму як комфорт, так і економічну ефективність експлуатації.

3.2. Розробка фізичної та логічної моделі мережі передачі даних обладнання комп'ютерно-інтегрованої системи «розумний дім»

У житловому комплексі передбачається планування мережі для кожного будинку та квартир, зокрема, в якій усі необхідні і використовувані системи однотипні. Всі елементи мережі розташовані на певних місцях і здійснюють свої функції. До кожного датчика і приладу підведена кабельна лінія, якщо це необхідно або підключено до безпроводної точки доступу за допомогою певної технології. Центр керування мережею розміщений у коридорі кожної квартири в шафі-купе, а у будинку розташовується у підсобному приміщенні біля сходової клітки, де розміщена комутаційна шафа із обладнанням та усі додаткові пристрої узгодження різних компонентів мережі (див. рис 3.5.). Також у даному приміщенні розміщено сервер для обліку, запису стану мережі і системи безпеки та комп'ютер для керування усім обладнанням. Центр керування підключений WAN та VAN мережі інтернет.

Розміщення датчиків та сенсорів здійснено з урахуванням потреб та вимог, які ставляться до системи будинку кінцевими користувачами та особливостей будівель котеджів (рис. 3.5.).

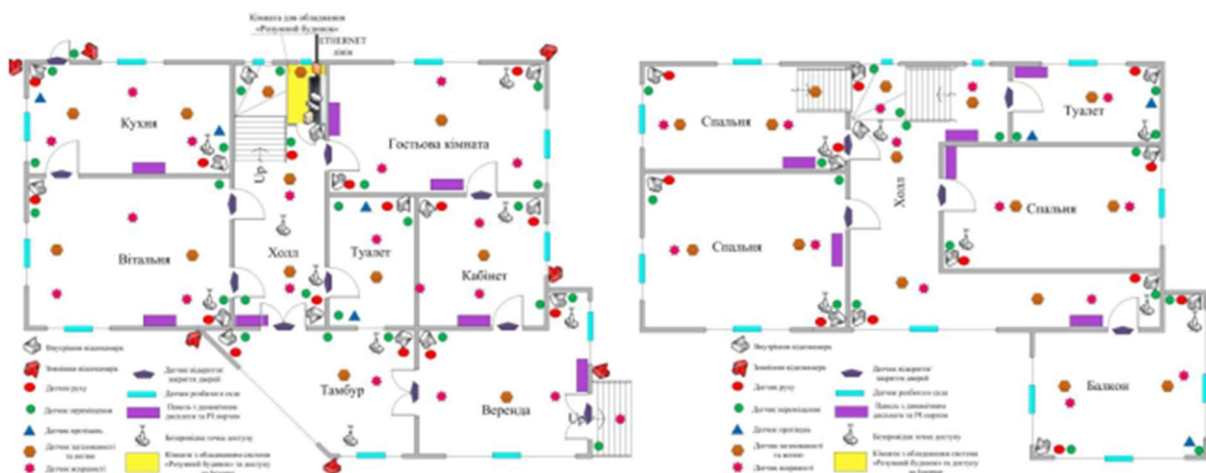


Рис. 3.5. Фізична модель дворівневої квартири у ЖК з розташування систем

У загальному випадку мережа котеджу представляється сукупністю багатьох вкладених одна в одну підсистем: мережі датчиків та кінцевих приладів, центральний керуючий пристрій і базової мережі передачі даних.

Зазначені вимоги забезпечуються модульною організацією управління процесами в мережі, реалізованою за багаторівневою схемою. Число рівнів і розподіл функцій між ними суттєво впливає на складність програмного забезпечення усіх компонентів, що входять до складу «розумного будинку», і на ефективність мереж. Стандарти визначають, як проектувати, будувати і керувати структурованою мережевою системою з використанням кабельної або безпроводної технології. Класичною є семирівнева еталонна модель мережі, яка представлена на рис. 3.6.

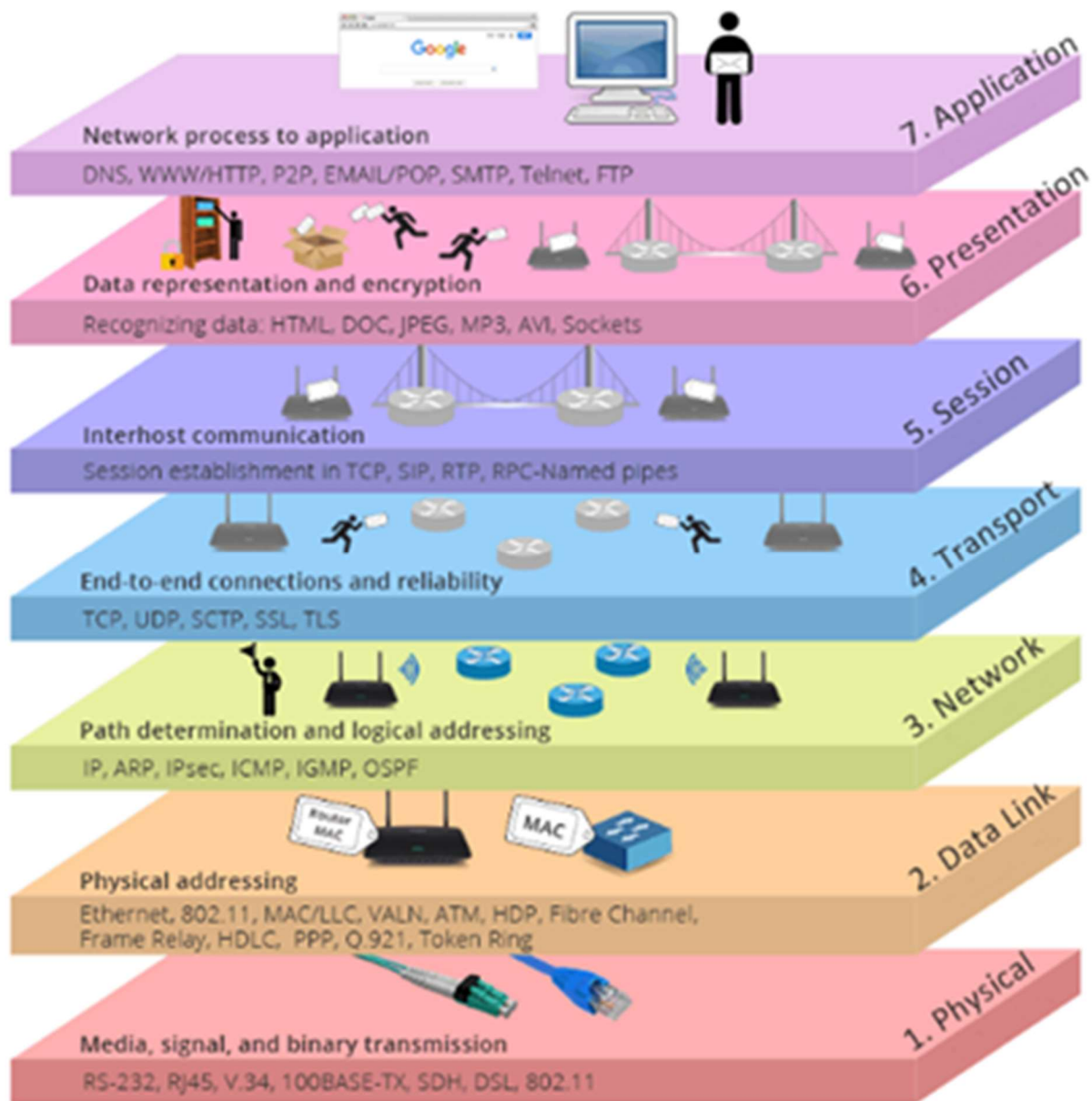


Рис. 3.6 – Семирівнева модель відкритих систем.

Мережева модель OSI була введена ISO в цілях стандартизації побудови мережевих протоколів взаємодії відкритих систем і складається з 7 рівнів (див. рис. 3.6). В цій моделі рівні відповідають за такі функції.

1. Фізичний рівень (Physical Layer) - передача двійкових даних. Підрівень MAC (Media Access Control) (MAC Sublayer) - алгоритм попередження колізій, обслуговування пріоритетів і виявлення колізій.

2. Канальний рівень (Link Layer) - формування пакетів, контроль за допомогою циклічного надмірного коду (CRC).

3. Мережевий рівень (Network Layer) - доставка пакетів всередині одного домену без взаємодії між доменами; опис можливих мережевих топологій на основі використання різних маршрутизаторів.

4. Транспортний рівень (Transport Layer) - підтримка функцій сервера, обслуговування групових запитів.

5. Сенсорний рівень (Session Layer) - підтримка функцій за схемою «запит/відповідь».

6. Представлення даних (Presentative Layer) – інтерпретація даних (кодування, декодування).

7. Рівень додатків і надання даних (Application & Presentation Layer) - мережеві змінні, засоби діагностики і статистики мережевих потоків, управління мережею.

Серед протоколів передачі даних вартий уваги LON-Works (ANSI/EIA 709.1-A-1E99) - відкритий комунікаційний протокол LonTalk на базі моделі OSI. Даний стандарт лежить в основі технології LonWorks, яка появилася завдяки американській компанії Echelon. У 1999 році ANSI затвердила офіційний стандарт ANSI/EIA 709.1-A-1999, в якому прописаний відкритий комунікаційний протокол LonTalk на базі моделі OSI, який реалізує стандартний спосіб обміну інформацією між вузлами.

Мережа LON-Works має децентралізовану розподілену архітектуру, де кожен вузол виконує функції управління, обробку інформації, введення/виведення даних та взаємодію з іншими вузлами, за що відповідає ПЗ

кожного з вузлів. В основі кожного вузла лежить спеціалізований процесор - Neuron Chip.

Вузлом LON-мережі може бути контролер, датчик, привід, різні виконавчі пристрої, побудовані на базі Neuron Chip. Протокол LonTalk, що лежить в основі технології LON-Works, забезпечує можливість створення мереж з практично необмеженою кількістю вузлів і орієнтований на рішення задач автоматизації та диспетчеризації, де необхідна висока надійність і швидкість передачі даних невеликими пакетами.

Безсумнівною перевагою LonWorks є незалежність від протоколу фізичного рівня, свобода у виборі мережевих топологій, алгоритм вирішення колізій. Сьогодні LonWorks є визнаним міжнародним стандартом для побудови систем автоматизації будівлі, що дозволяє зв'язати в єдине ціле системи життєзабезпечення, безпеки, електропостачання, побудовані на обладнанні різних виробників. Мережа LonWorks має децентралізовану розподілену архітектуру, де кожен вузол виконує функції управління, включаючи обробку інформації, введення/виведення даних та взаємодію з іншими вузлами, що забезпечується ПЗ кожного з вузлів. Протокол LonTalk, що лежить в основі технології LonWorks, забезпечує можливість створення мереж з практично необмеженою кількістю вузлів і орієнтований на вирішення задач автоматизації, де необхідна висока надійність і швидкість передачі даних невеликими пакетами.

Вузлами мережі LonWorks будівлі можуть бути датчики температури і освітленості, різні виконавчі механізми, контролери HVAC та інші пристрої. Це обладнання може бути пов'язано стандартними мережами TCP/IP так, щоб будь-який персональний комп'ютер на будь-якій платформі міг використовуватися для керування такою системою.

Швидкість передачі інформації в мережі LonWorks становить до 1,25 Мбіт/с, час реакції вузла 10-20 мс. Стандартний розмір, що пересилається LonWorks пакетом 10-14 байт, але можлива передача і 228-байтових повідомлень. Як фізичне середовище передачі LonWorks використовує виту пару, коаксіальний кабель, силову проводку, радіоканал. Швидкість зв'язку

змінюється в залежності від типу каналу.

Вибравши конфігурацію мережі, а також стандарти та типи протоколів передавання даних, приступаємо до вибору обладнання для автоматизації тепlopостачання в комп'ютерно-інтегрованої системі «розумний дім».

3.3. Вибір обладнання для автоматизації тепlopостачання в комп'ютерно-інтегрованої системі «розумний дім»

Вибір обладнання та його закупівля для мережі автоматизації тепlopостачання в комп'ютерно-інтегрованої системі «розумний дім» здійснюється після детального узгодження специфікації із забудовником та замовником.

Сенсори температури, які використовує підсистема тепlopостачання в системі «розумний будинок».

Через модуль сухих контактів система «розумний будинок» Smart Bus може працювати, практично, з будь-якими сенсорами.

1. Сенсори для зовнішнього контролю температури та їх характеристики представлено на рис. 3.7 – 3.8.



Технічні характеристики.

Вимірює температуру в діапазоні від -50 до 70°C

Швидко реагує на зміну температури

Швидко та точно передає дані до контролера

Рис. 3.7. Зовнішній сенсор температури повітря ETF-744/99 (OJ Electronics)



Технічні характеристики

Артикул	Діапазон температур	Тип, опір/при температурі t° C	Монтаж	Розміри	Клас IP	Вартість, грн.
140F1095	— 10° C ... + 50° C	NTC, 15 кОм/25° C, датчик температури повітря у приміщенні	Монтаж у коробку	84 x 84 x 25 мм	20	1 012,80

Рис. 3.8. Зовнішній сенсор температури повітря NTC.

2. Сенсори для внутрішнього контролю температури використовуються для контролю теплових режимів роботи системи вентиляції, кондиціонування та обігріву всього будинку та кожного приміщення зокрема. За отриманою інформацією від цих датчиків система «розумний будинок» забезпечує заданий через DDP панель температурний режим (рис. 3.9).



Рис. 3.9 - Елементи системи контролю температури

Ця панель задає установку, показує і вимірює температуру. В самій DDP панелі є вбудований температурний датчик, тому вона ще й працює як термостат в тій кімнаті, в якій розміщена. Модуль управління кліматом аналізує ці дані та на їх основі вмикає відповідні режими для засобів тепlopостачання, наприклад, для кондиціонера або для радіаторів опалення, вентиляції тощо.

Центральний пристрій

1. SMS-шлюз - це технічний засіб, який дозволяє відправляти та отримувати текстові повідомлення (SMS) через мобільні мережі з використанням комп'ютера або іншого пристрою. Цей інструмент використовується для автоматизованої відправки масових повідомлень, інформування користувачів або клієнтів, а також для інших цілей, пов'язаних з обміном інформацією через текстові повідомлення. SMS-шлюз буде

інтегрований в системи роумного будинку для кожної квартири.

2. IP-шлюз (шлюз Internet Protocol) - це мережевий пристрій або програмне забезпечення, що дозволяє з'єднувати різні мережі, використовуючи ШЗ протокол. Основна функція це пересилання пакетів між різними мережами, забезпечуючи комунікацію між пристроями різних підмереж квартир чи будинків в ЖК. IP шлюз використовується для того, щоб налаштувати систему «розумного будинку», також, щоб об'єднувати елементи «розумного будинку». Підсистеми «розумного будинку» можна об'єднати за допомогою IP шлюзів. За допомогою DDP панелі в одній підсистемі можна керувати приладами в будь-якій іншій, якщо вони з'єднані між собою IP - шлюзами.

Для того щоб дізнатися, що відбувається в квартирі достатньо лише зайти в Інтернет з телефону, планшета чи ноутбука. Для керування системою «розумний будинок» через Інтернет необхідно встановити багатофункціональний пристрій WEB управління (WEB шлюз, WEB хост (див. рис. 3.10)).



Рис. 3.10. Пристрої узгодження та керування системою

Він підключається, з одного боку- до шини «Розумного будинку», а з іншого- через Ethernet або Wi-Fi до Інтернету, і дозволяє керувати «Розумним будинком» з будь- якого гаджета, що має доступ до Інтернету. Пристрій повинен мати відповідне програмне забезпечення.

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИЙ СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ДІМ»

4.1. Аналіз витрат на розробку та розгортання системи автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

Загальна сума капіталовкладень на обладнання визначається на основі вартості обладнання для кожної квартири в будинку на закупку обладнання та його монтаж. Житловий комплекс складається із 16 однотипних будівель.

Одним з основних техніко-економічних показників є капітальні витрати (К). Капітальні витрати можуть бути зведені до наступних: питома ціна обладнання (Коб), транспортні витрати (Ктр) - як правило 5%, витрати на монтаж устаткування (Кмон) - 25% від вартості обладнання

Таблиця 4.1.

Вартість станційного обладнання

Назва комплекту	Кількість шт.	Вартість одного комплекту, грн	Загальна вартість, грн
Датчик температури	14	52	728
Модуль управління кліматом	15	4 907	73 605
Реле	30	397	11 910
DMX контролер	5	907	4 535
Матричний комутатор	1	1 890	1 890
Багатозонний контролер	1	2 105	2 105
Геркони	40	25	1 000
Пульти керування	6	170	1 020
DDP панелі	15	3 980	59 700
Панель з динамічним дисплеєм	10	2580	25 800
Маршрутизатор	5	403	2 015
Сервер	4	13 000	52 000
SMS шлюз	1	5 090	5 090

IP шлюз	1	4 980	4 980
Шлюз RS 232	1	2 890	2 890
Комутаційна шафа	2	419	838
УТР вита пара	300м	5	1 500
Коаксіальний кабель	200м	4	800
Телефонний кабель	400м	2.15	860
Всього			253266

Таким чином, для даного проекту отримаємо:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мон} \quad (4.1)$$

$$K = 253266 + 253266 * 0,05 + 253266 * 0,25 = 317848,83 \text{ грн}$$

Це капітальні витрати на один котеджний будинок із усього комплексу.

Для усього котеджного містечка капітальні витрати становитимуть:

$$K_{сум} = K * 35 = 317848,83 * 35 = 11124709,05 \text{ грн}$$

Аналіз експлуатаційних витрат наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

Експлуатаційні витрати

№ п/п	Статті витрат	Умовні позначення	Одиниці виміру	Сума витрат
1	Єдиний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування	ЄВ	грн	370 388
2	Фонд заробітної плати працівників основної діяльності	ФЗПзаг	грн	1 006 488
3	Матеріали і ЗПЧ	М	грн	1 017 513
4	Амортизаційні відрахування	А	грн	3 052 539
5	Електроенергія	Еспож.	грн	73 336
6	Експлуатаційно-господарські і управлінські та транспортні витрати	Еуп.	грн	4 513 776
7	Відрахування у централізований фонд розвитку	Вцетр. фон	грн	902 755
8	Інші витрати і взаєморозрахунки	Він. і вз.	грн	90 277
9	Всього	ЕΣ	грн	11027072

4.2. Розрахунок терміну окупності системи автоматизації технологічних процесів тепlopостачання в комп'ютерно-інтегрованої системі «розумний дім»

Термін окупності можна вирахувати за допомогою відношення усіх витрат на закупку обладнання та монтаж з налагодженням обладнанням до прибутку від експлуатації «розумного будинку» за 1 рік (тарифні доходи).

Тарифні доходи визначаються за формулою:

$$D_{\text{тар.}} = D_{\text{охорон}} + D_{\text{тар.заг}} + D_{\text{ин}} \quad (4.2)$$

де $D_{\text{тар.заг}}$ тарифні доходи від аренди 2 Мбіт/с каналів;

$$D_{\text{охорон}} = T_{\text{ст}} \cdot N \cdot 12 \quad (4.3)$$

$T_{\text{ст}}=550$ грн/міс.);

Оскільки до створення нової мережі, необхідне обслуговування та усунення поломок, то

$$D_{\text{тар.заг}} = N \cdot \Pi_{\text{т}} \cdot 12,$$

$\Pi_{\text{т}}$ – орендна плата за користуванням та обслуговування системою «розумний будинок» ($\Pi_{\text{т}} = 2280$ грн/міс.);

Також кожного місяця кожен котедж має оплатити за користуванням інтернету, телефону, кабельним телебаченням.

$$D_{\text{тар.заг}} = N \cdot \Pi_{\text{зв}} \cdot 12,$$

$\Pi_{\text{зв}}$ – плата за надання послуг із зв'язку ($\Pi_{\text{зв}} = 380$ грн/міс.);

де N – кількість котеджних будинків у містечку;

Отже, тарифні доходи

$$D_{\text{тар.}} = T_{\text{ст}} \cdot N \cdot 12 + N \cdot \Pi_{\text{т}} \cdot 12 + N \cdot \Pi_{\text{зв}} \cdot 12 = (550 \cdot 12 + 2280 \cdot 12 + 380 \cdot 12) \cdot 35 = 1071200,00$$

Таким чином, прибуток системи за 1 рік складатиме 1071200 грн., а затрати будуть 11027072. Відповідно, термін окупності становитиме

$$T_{\text{ок}} = 11027072 / 1071200 = 10,3 \text{ роки}$$

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Нормативна база з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях щодо автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

Національна система нормативно-правових актів України з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях включає в себе закони, постанови, накази та інші акти, які регулюють права та обов'язки працівників і роботодавців щодо забезпечення безпечних умов праці і захисту від надзвичайних ситуацій. Ось декілька основних нормативно-правових актів у цій галузі:

Закон України "Про охорону праці" (від 14 грудня 1992 року № 2694-XII) - цей закон встановлює загальні принципи та вимоги щодо охорони праці в Україні.

Закон України "Про надзвичайні ситуації та станом надзвичайної ситуації" (від 21 грудня 1992 року № 2693-XII) - цей закон регулює організацію та управління діяльністю в галузі захисту населення та територій від надзвичайних ситуацій.

Закон України "Про цивільний захист" (від 5 лютого 1993 року № 3206-XII) - цей закон визначає порядок організації цивільного захисту та заходи щодо захисту населення від надзвичайних ситуацій.

Закон України "Про працю" (від 10 грудня 1971 року № 322-VIII) - цей закон встановлює основні права та обов'язки працівників і роботодавців, включаючи вимоги до охорони праці та безпеки на робочому місці.

Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Порядку розслідування нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань" (від 23 жовтня 1996 року № 1248) - ця постанова визначає процедуру розслідування нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Положення про організацію та проведення заходів з охорони праці" (від 10 грудня 2003 року №

1913) - ця постанова встановлює загальні вимоги до організації та проведення заходів з охорони праці в підприємствах та організаціях.

Накази Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) та інших відповідних органів, які регулюють конкретні аспекти безпеки та охорони праці в різних сферах діяльності.

Це лише загальні приклади нормативно-правових актів, які стосуються охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в Україні. При вирішенні конкретних питань, пов'язаних з цими питаннями, важливо враховувати чинне законодавство та консультуватися з фахівцями з охорони праці та безпеки.

5.2. Розрахунок блискавкозахисту приміщень з експлуатації системи автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

Блискавкозахист — це комплекс захисних пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, збереження будинків і споруджень, устаткування і матеріалів від можливих вибухів, руйнувань і пожеж, що виникають від удару блискавки, а в будинках сільськогосподарських підприємств — також для забезпечення безпеки тварин і птахів.

Відповідно до курсу України на гармонізацію національної нормативної бази з міжнародною, прийнято чотири стандарти, а саме:

- ДСТУ EN 62305-1:2012 «Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи» (EN 62305-1:2011, IDT);
- ДСТУ ІЕС 62305-2:2012 «Захист від блискавки. Частина 2. Управління ризиками» (ІЕС 62305-2:2010, IDT);
- ДСТУ EN 62305-3:2021 «Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей» (EN 62305-3:2021, IDT, далі — ДСТУ EN 62305-3:2021);
- ДСТУ EN 62305-4:2012 «Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах» (EN 62305-4:2011, IDT).

Основним елементом блискавкозахисту є правильно спроектоване заземлення. При виносній системі заземлення заземлювачі розташовуються на деякій відстані від заземленого обладнання. Тому заземлене обладнання знаходиться поза полем розтікання струму і людина, торкаючись його, опиниться під повною напругою відносно землі. Виносне заземлення захищає тільки за рахунок малого опору ґрунту.

При використанні заземлюючого пристрою одночасно для електроустановок напруга вище 1000 В мережі з ізольованою нейтраллю і для електроустановок до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю, опір заземлюючого пристрою має бути не більше 4 Ом при лінійній напрузі 380 В.

Контур штучного заземлення овочесховища має форму прямокутника. Заземлювач передбачається виконати з сталевих електродів завдовжки 3,5 метри. Верхні кінці вертикальних електродів з'єднуються за допомогою горизонтального електроду - сталевий смуги розміром 50x4 мм, укладеної в землю на глибину 0,7 м.

Початкові дані для розрахунку штучних заземлювачів зведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Початкові дані для розрахунку захисного заземлення

Вид заземлення	Виносне
Довжина вертикального електроду l , м	3
Діаметр вертикального електроду, м	0,016
Глибина заставляння заземлювачів у ґрунт h , м	0,5
Питомий опір ґрунту ρ , Ом*м	50
Кліматична зона	II
Розміри горизонтального електроду $b \times c$, мм	40 x 4
Опір заземлюючого пристрою $R_{з.п.}$, Ом	4

Розрахунок заземлюючого пристрою робитимемо згідно ДСТУ.

Визначаємо значення електричного опору розтіканню струму в землю від поодинокого заземлювача:

$$R_3 = \frac{\rho \cdot K_c}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right),$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом · м;

K_c – коефіцієнт сезонності, що враховує промерзання і просихання ґрунту, в нашому випадку рівний 2;

l – довжина вертикального електроду, м;

d – діаметр вертикального електроду, м;

t – відстань від поверхні ґрунту до середини вертикального електроду,

м.

$$t = h + 0,5 \cdot l,$$

де h – глибина заставляння заземлювача в ґрунт, м

$$t = 0,5 + 0,5 \cdot 3 = 2 \text{ м};$$

$$R_3 = \frac{50 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,016} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 33,6 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо число заземлювачів без урахування взаємних перешкод, що робляться заземлювачі один одному, так званім явищем взаємного екранування:

$$n' = \frac{R_{3,з}}{R_{3,п}};$$

$$n' = \frac{33,6}{4} = 8,4 \approx 8 \text{ шт.}$$

Розраховуємо число вертикальних електродів з врахуванням екранування.

$$n = \frac{n'}{\eta_3}$$

де η_3 – коефіцієнт екранування.

Коефіцієнт екранування приймаємо, за умови, що відстань між вертикальними електродами $a = l = 3$ м (рис. 5.1).

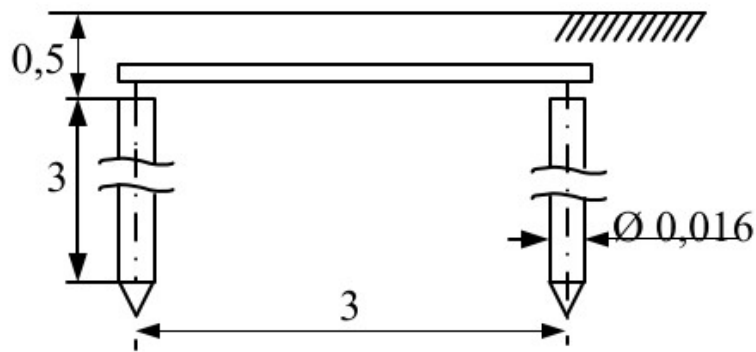


Рис. 5.1 - Схема розташування електродів.

$$n = \frac{n'}{0,49} = \frac{8}{0,58} = 13,8 \approx 14 \text{ шт.}$$

Визначаємо довжину сполучної смуги :

$$l_{II} = 1,05 \cdot n \cdot a;$$

$$l_{II} = 1,05 \cdot 14 \cdot 3 = 44,1 \text{ м.}$$

Розраховуємо повне значення опору розтіканню струму зі сполучної смуги:

$$R_{II} = \frac{\rho \cdot K_c}{2 \cdot \pi \cdot l_{II}} \ln \frac{l_{II}^2}{0,5 \cdot b \cdot h},$$

де b – ширина сполучної смуги, м.

$$R_{II} = \frac{50 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 44,1} \ln \frac{44,1^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,5} = 4,4 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо повне значення опору заземлюючого пристрою :

$$R_{zn} = \frac{R_z \cdot R_n}{R_z \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_z \cdot n},$$

де η_z – коефіцієнт екранування смуги, [24];

$$R_{zn} = \frac{33,6 \cdot 4,4}{33,6 \cdot 0,46 + 4,4 \cdot 0,58 \cdot 14} = 2,9 \text{ Ом.}$$

Опір $R_{zn} = 2,9$ Ом менше ніж допустимий опір 4 Ом. Таким чином, розрахована система заземлення забезпечить захист при винесенні заземлювачів.

ВИСНОВКИ

Роль теплопостачання у життєзабезпеченні житлового комплексу є багатогранною і охоплює аспекти комфорту, здоров'я, економії енергії, підтримки інфраструктури, соціальної стабільності та екологічної відповідальності. Без надійного і ефективного теплопостачання забезпечити високий рівень життя мешканців і стійкість житлового комплексу неможливо. Особливо це стосується сьогодення, коли в ході широкомасштабної агресії проти України ворог знищує об'єкти електро – та теплової генерації.

В роботі проаналізовано технологічні процеси як централізованого, так і регульованого індивідуального теплопостачання житлового комплексу, що складається з однотипних котеджів.

В результаті дослідження:

1. Показано, що найбільш прийнятним є варіант індивідуального теплопостачання котеджу з використанням комплексу засобів теплопостачання, а саме: повітряного теплового насосу, фотоелектричної панелі для живлення насосу та кондиціонування, баків з теплообмінниками та панелей підігріву для теплої підлоги;

2. Вибрано централізовану мережеву структуру комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації управління керуючою компанією процесами безпекового моніторингу (пожежного, охоронного тощо), обліку споживання електроенергії та інших ресурсів.

3. Вибрано індивідуальний типовий комплексний тип теплопостачання кожного котеджу з його автоматизацією як мережевого вузла в компютерно-інтегрованій системі за технологією «розумний дім».

4. Сформовано набір функціональних можливостей інформаційно-комунікаційної мережі автоматизації теплопостачання в системі «розумний дім».

5. Вибрано інтерфейси та стандарти для використання мережею автоматизації теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

6. Розроблено структурна та функціональна схеми автоматизації технологічного процесу теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

7. Розроблено алгоритм автоматизованого керування індивідуальним теплопостачанням котеджу та сформовано у вигляді формул оптимальні правила його роботи для максимального використання власної, виробленої фотопанеллю електроенергії, при мінімальному споживанні енергії з електромережі житлового комплексу.

8. Розроблено фізична та логічна моделі мережі передачі даних обладнання комп'ютерно-інтегрованої системи «розумний дім».

9. Здійснено вибір обладнання для автоматизації теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

10. Розрахована економічна ефективність автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

11. Досліджена нормативна база з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях та розраховано блискавкозахист приміщень з експлуатації системи автоматизації технологічних процесів теплопостачання в комп'ютерно-інтегрованій системі «розумний дім»

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про теплопостачання : Закон України від 02.06.2005 р. № 2633-IV зі змінами від 13.12.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/2633-15#Text>
2. Щодо надання роз'яснень (стосовно регулювання відносин та розробки методик у сфері теплопостачання та у сфері надання житлово-комунальних послуг) : Повідомлення Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері комунальних послуг від 31.05.2013. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/n0072866-13#Text>
3. Cholewa T. and Siuta-Olcha A. Experimental Investigations of a Decentralized System for Heating and Hot Water Generation in a Residential Building, *Energy and Buildings*, Vol. 42, No. 2, 2010. P. 183-188.
4. Bee E. (2019) Air-source heat pump and photovoltaic systems for residential heating and cooling: Potential of self-consumption in different European climates
5. Polyakov S. Simulation of the heating control system of a smart apartment building
6. Xu Q. Review of Heat Recovery Technologies for Building Applications
7. Schuetz P. Automated modelling of residential buildings and heating systems based on smart grid monitoring data.
8. Desyatirikova E. N. Development, Modeling and Research of Automation Systems for "Smart" Heating of a Residential Building.
9. Polyakov S. Development, Modeling and Research of Automation Systems for "Smart" Heating of a Residential Building
10. Головатенко С. Оптимізація режимів функціонування системи опалення житлового будинку.
11. Fedosov S. Digital technological model of heat exchange control in an air heat pump in a low-rise building.
12. Akimov V. I. Development and Research of a "Smart Home" Heating Control System.

13. Iokova I. L. The “Smart Home” Heat Supply System Based on District Heating with the Utilization of Secondary Energy Resources Using a heat Pump.
14. Pervak G. I. Automation of heat supply.
15. Зовнішній сенсор температури повітря ETF-744/99. URL: <https://leto.net.ua/ua/termoregulyatory/datchiki-temperatyru/naruzhnij-datchik-temperaturi-vozduha--oj-electronics-.html>
16. Зовнішній сенсор температури повітря NTC. URL: <https://eteplo.kiev.ua/product/datchiki-temperatury-naruzhnogo-vozduha-ntc/>