

Міністерство освіти і науки України
Національний університет біоресурсів і природокористування України

МОНОГРАФІЯ

**Автоматизовані модульні теплові пункти
для систем теплопостачання ВНЗ**

Київ - 2021

УДК 621.182.23 - 52 : 378.4 : 63

ББК 31.252

Ш65

Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Національного університету біоресурсів і природокористування України (Протокол № 10 від травня 2021 року)

Рецензенти:

Снежнін Юрій Федорович, доктор технічних наук, професор, директор Інституту теплофізики НАН України, академік НАН України.

Федорейко Валерій Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машинознавства і транспорту ТНПУ ім. В. Гнатюка

Червінський Леонід Степанович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри електротехніки, електроенергетики та електромеханіки НУБіП України

Автори:

Ш65 Жильцов А.В., Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П., Міщенко А.В., Антипов Є.О., Окушко О.В.: «Автоматизовані модульні теплові пункти для систем теплопостачання будівель ВНЗ» [Монографія]. – К.: «Видавничий центр НУБіП України», 2021. - 365 с.

В монографії приведені результати теоретичних та експериментальних досліджень На їх підставі запропоновано автоматизований тепловий пункт який за умови використання спеціального програмного забезпечення здатен реалізовувати такі функції: вимірювання температури теплоносія у подавальному і зворотному трубопроводах; захист системи від завищення температури зворотної води, що повертається до джерела теплопостачання; передачу даних про значення вимірюваних і обчислюваних величин, а також уставок від контролера до ПЕОМ; відображення поточних показів вимірювальних приладів у цифровому чи графічному вигляді на моніторі ПЕОМ; сповіщення про вихід контрольованих параметрів за встановлені межі; створення і перегляд архіву вимірювань за будь-який проміжок часу.

Змонтований і перевірений в лабораторних умовах вузол регулювання витрат теплоносія теплового пункту навчального корпусу №8 НУБіП, з лічильником теплової енергії SA-94 і регулятором температури КИАРМ. Виконаний техніко-економічний аналіз джерел систем теплопостачання, обґрунтовані технологічні параметри, економічні критерії і елементна база енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах. розроблена структура автоматизованої системи керування якістю тепло забезпечення. Запропоновані рекомендації щодо термомодернізації навчально-виробничих будівель закладів вищої освіти і їх оснащення ІТП з погодним регулюванням.

Монографія виконана на матеріалах досліджень держбюджетної тематики № 0121U109847 «Підвищення енергетичної ефективності будівель вищих навчальних закладів України шляхом розробки та впровадження системи «Reflow» та ініціативної тематики № держреєстрації 0118U004695 «Розробка і впровадження автоматизованої системи обліку витрат енергоносіїв в НУБіП України».

УДК 621.182.23-52:378.4:63

ББК 31.252

© М.Т. Лут, В.А. Наливайко, І.П. Радько, А.В. Міщенко,
Є.О. Антипов, О.В. Окушко, А.В. Жильцов,

© Видавництво «Видавничий центр

ISBN

НУБіПУкраїни», 2021

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1	16
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕПЛОВІ ПУНКТИ СИСТЕМИ КОМУНАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	16
1.1. Аналітичний огляд сучасного стану систем енергозабезпечення будівель. Обладнання ІТП.....	16
1.2. Переваги позиційного регулювання абонентських теплових вводів	31
1.3. Функціональна схема регулювання	33
1.4. Алгоритм регулювання.....	35
1.5. Концептуальні положення проектування індивідуальних теплових пунктів.....	37
1.6. Збирання вихідних даних для проектування індивідуального теплового пункту	44
1.7. Проектування індивідуального теплового пункту.....	45
РОЗДІЛ 2	48
ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ	48
ОБСЯГІВ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМІ «КИЇВЕНЕРГО»	48
2.1. Теплометричні дослідження споруд, обладнаних системами погодозалежного регулювання обсягів теплоспоживання	48
2.2. Ефективність позиційного регулювання	54
2.3. Розробка електричної схеми контролю та керування системою опалення	56
РОЗДІЛ 3	82

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВИХ СПОРУД	82
3.1. Оцінка потенціалу енергозбереження в житлово-комунальному господарстві України	82
3.2. Теплофізичні характеристики огороджуючих конструкцій	86
3.3. Існуючі системи опалення будівель. Запірна та регулювальна арматура.....	108
3.4. Економія електричної енергії в електродвигунах насосів, вентиляторів та іншого технологічного обладнання	120
3.5. Енергозбереження в системах освітлення	127
3.6. Огляд історії розвитку та сучасного стану будівництва енергоефективних споруд у світі	133
3.7. Світові тенденції розвитку систем тепlopостачання.....	139
3.8. Аналіз варіантів децентралізованого тепlopостачання НУБіП України	147
РОЗДІЛ 4	161
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВТРАТ СПОРУД ЧЕРЕЗ ЗОВНІШНІ ОГОРОДЖУЮЧІ КОНСТРУКЦІЇ.....	161
4.1. Математичне моделювання теплопередачі через багат шарові огороджуючі конструкції (стіни)	161
4.2. Фізичне моделювання теплопередачі через багат шарові огороджуючі конструкції (стіни)	181
4.3. Оцінка економічної ефективності заходів з енергозбереження комунально-побутових споруд.....	192
4.4. Поняття приведених витрат при оцінці варіантів енергозбереження в спорудах	201
РОЗДІЛ 5	209
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ ТА	209
ЇХ ОСНАЩЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИМИ ТЕПЛОПУНКТАМИ	209

5.1. Техніко-економічні засади термомодернізації споруд старої забудови	209
5.2. Тепловізійне обстеження споруд НУБіП України	228
5.3. Організація енергетичного аудиту у житлових будівлях, навчальних корпусах та інших спорудах університетських містечок	246
5.4. Визначення обсягів теплоспоживання навчально-виробничими спорудами Національного університету біоресурсів і природокористування України.....	259
5.5. Індивідуальні теплові пункти.....	268
5.6. Розрахунок та вибір опалювальних приладів та запірно-регулювальної арматури	297
5.7. Визначення найбільш ефективних малозатратних заходів для підвищення енергетичної ефективності роботи систем опалення будівель.....	310
РОЗДІЛ 6	314
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	314
6.1. Структура автоматизованої системи керування якістю теплозабезпечення будівель і споруд	314
6.2. Функції підсистем автоматизованої системи керування якістю теплозабезпечення	314
РОЗДІЛ 7	324
ПЕРСПЕКТИВНІ ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ПУНКТИВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД НУБіП УКРАЇНИ	324
7.1. Індивідуальний тепловий пункт з тепловодолічильником SA-94 та мікроконтролером ТРМ-32	324
7.2. Індивідуальний тепловий пункт з тепловодолічильником СВТУ-10М зі спеціалізованим блоком МДМ-РЕГ	328
ВИСНОВКИ	335
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Ошибка! Закладка не определена.

Додаток А	341
Додаток Б.....	348
Додаток В	350
Додаток Д	351
Додаток К	353
Додаток Л	355

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

$Q_{об}$ і $Q_{гв}$ – річні витрати тепла на опалення і вентиляцію та гаряче водопостачання;
 $Q_{від}$ – річний відпуск тепла споживачам;
 $Q_{в}$ – річні витрати тепла;
 Q_{max} і $Q_{т}$ – значення максимальних і поточних витрат теплоносія;
 T – річна кількість годин використання встановленої потужності;
 $C_{п}$ і $C_{е}$ – річна вартість палива та електроенергії;
 $C_{пн}$ – вартість монтажу і пуско-налагодження;
 Ca – амортизаційні відрахування;
 $C_{зк}$ – загальнокотлові та інші витрати

Символи

\sim – змінний струм;
 $=$ – постійний струм;

Одиниці вимірювання

$m^3/год$; $MВт/год$, $Гкал$, $MВт$, $Гкал/год$; $^{\circ}C$.

Скорочення

КЗР – клапан запірно-регулювальний;
 ПІД – пропорційно-інтегрально-диференціальний закон регулювання;
 ІТП – індивідуальний тепловий пункт
 АСК – автоматизована система керування

Терміни

Запірно-регулювальний клапан;
 Контролер;
 Опалювальний графік;

Регулювальний сідловий клапан;

Регулятор;

Таймер;

Тепловодолічильник;

Теплоносій

ВСТУП

Сьогодні Україна зіткнулася зі значним загостренням проблем енергопостачання комунального сектору.

Первинними факторами низької енергоефективності комунальної теплоенергетики (особливо, провінційних міст) стали в недалекому минулому дешевизна енергоресурсів і води, відсутність дієвих стимулів енергоощадності та низька кваліфікація обслуговуючого персоналу.

До недавнього часу проблемами економії енергоресурсів, енергоносіїв і води по суті ніхто не займався, хоч бюджетами різних рівнів і передбачалося деяке фінансування енергоощадних заходів.

Низька кваліфікація обслуговуючого персоналу теплогенеруючих об'єктів і тепломереж була (і почасти залишається) пов'язана із дефіцитом кадрів та низьким рівнем заробітної плати. Мало чисельний та малокваліфікований персонал, займаючись в основному усуненням наслідків аварій, практично не здійснював заходи із планового технічного обслуговування і ремонту теплових мереж і теплових пунктів. У переважній більшості випадків відсутня (або велася із значними порушеннями передбачена чинними нормативними актами) технічна документація теплоенергосистем.

Різке підвищення тарифів на енергоресурси та енергоносії дещо змінило ставлення енергетичного персоналу експлуатаційних структур системи «ЖИТЛОКОМУНЕНЕРГО» до виконання своїх прямих обов'язків, хоча ще залишається чимало невіршених проблем.

Тому енергозбереження за рахунок підвищення ефективності використання енергії є одним з головних завдань для комунальної енергетики України. Разом з модернізацією та запровадженням сучасних технологій при прокладанні теплових мереж необхідні реорганізація та комплексна модернізація наявних ЦТП та ІТП (в Україні нараховується 380 тисяч одиниць ЦТП різної теплової потужності). Досвід роботи ряду теплопостачальних підприємств, зокрема, м. Вінниці, м. Житомира, «Луганськтеплокомуненерго»,

«Донецьккомуненерго» показує, що є доцільним функції розподілу теплоти системи тепlopостачання виконувати через ІТП, які оснащені сучасними теплообмінниками, приладами регулювання параметрів теплоносія та обліку його витрат.

До основних переваг ІТП у порівнянні з ЦТП слід віднести:

- регулювання інтенсивності опалення в залежності від температури повітря у приміщеннях й зовнішнього повітря, а також в залежності від часу доби та для вихідних і святкових днів;

- можливість пофасадного регулювання температури теплоносія в системі опалення у відповідності до географічної орієнтації будівлі, а також зниження температури в опалювальних приладах для приміщень, які знаходяться всередині будівлі або оснащені теплоізоляційними конструкціями;

- компактність конструкції ІТП. Площа, що відводиться під ІТП, менша у 2...6 разів порівняно з площею, яку займає ЦТП з традиційними схемами (на базі трубчатих секційних теплообмінників);

- спільне впровадження комерційного обліку споживаної теплоти і системи регулювання дозволяє досягти реальної економії енергоспоживання до 30 % порівняно з існуючим тепловим та контрольно-вимірювальним устаткуванням;

- значно спрощується технічне обслуговування й ремонт теплових мереж, котлів та інших компонентів системи за рахунок їх оптимальної комутації;

- опалювальна система будівлі є замкненою (вода теплової мережі не проходить по її трубопроводам). В ній циркулює попередньо підготовлений теплоносій, що практично виключає корозію;

- витрати на будівельні та теплоізоляційні матеріали знижуються на 20...25 %;

- при виникненні аварійної ситуації (розгерметизації) в тепловій мережі відсутні повітряні пробки і сторонні домішки, виключається можливість заморожування системи;

- в опалювальній мережі циркуляція теплоносія здійснюється за допомогою насоса, який забезпечує необхідні напір та продуктивність;

- зменшуються теплові втрати у зворотних трубопроводах внаслідок зниження температури зворотної води;
- застосування ІТП дає можливість використовувати прилади, що розраховані на менший тиск. Ці прилади є дешевшими за ті, що працюють в тепломережі під високим тиском;
- витрати електроенергії на перекачку теплоносія знижуються на 20...40 %;
- зменшується чисельність обслуговуючого персоналу;
- оплата спожитої теплової енергії здійснюється по фактичним витратам;
- враховуються індивідуальні особливості кожного споживача;
- у будинках підтримуються комфортні умови проживання;
- загальна довжина трубопроводів скорочується у два рази;
- капіталовкладення у теплові мережі зменшуються на 20...25 %;
- за рахунок автоматизації регулювання відпуску тепла економиться до 15...30 % тепла на опалення;
- тепловтрати на трубопроводах знижуються у два рази;
- значно скорочується рівень аварійності у тепломережах;
- використання автоматизованих приладів обліку забезпечує значне зниження витрат води і тепла.

Враховуючи все вищевикладене, як один із заходів економії паливно-енергетичних ресурсів у системах теплопостачання на об'єктах промислового та комунально-господарського призначення є перехід на використання ІТП на абонентських вводах в будівлі. Такий крок виявляється досить ефективним з економічної точки зору. Низькі строки окупності дозволяють віднести цей спосіб економії енергії до маловитратних та швидкоокупних.

Пріоритетними напрямками також є зниження втрат тепла в системах опалення шляхом покращання теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій будівель, впровадження теплових екранів радіаторів і зрештою, розробка та впровадження автоматизованих систем обліку і регулювання витрат теплоносія на теплових пунктах. Платежі за спожиту теплову енергію суттєво зменшилися із встановленням тепло- і водо- лічильників. На черзі

оснащення теплових пунктів вузлами регулювання витрат теплоносія з програмним обмеженням теплоспоживання в нічний час доби і у вихідні (святкові) дні.

На більш віддалену перспективу слід провести заміну старих тепломереж та малоефективних котелень, що звичайно буде потребувати суттєвих капіталовкладень, частину з яких можна залучити з отримуваних внаслідок впровадження енергоощадних заходів коштів, чітко визначивши сфери їх витрачання.

Рівень скорочення споживання теплоти в системах опалення залежить від втрат теплоти через огороджувальні поверхні, які обумовлюються теплофізичними характеристиками останніх, від типу та характеристик засобів обліку теплової енергії, а також від системи регулювання теплоспоживання.

Система обліку та регулювання витрат теплоносія водопостачання навчального корпусу, реалізована в індивідуальному тепловому пункті, має забезпечувати регулювання витрат теплоносія залежно від температури навколишнього середовища та обмежувати теплоспоживання в нічні години доби і вихідні (святкові) дні.

Встановлення засобів обліку та регулювання витрат теплової енергії, створення централізованої інформаційно-вимірювальної системи з подальшою диспетчеризацією забезпечує можливість здійснювати оперативний моніторинг теплових потоків, що сприяє скороченню обсягів споживання теплової енергії в середньому на 30-35%.

Початок нового напрямку будівництва споруд з підвищеними вимогами до ефективності енерговикористання з'явився після світової енергетичної кризи 1974 року. Він був відповіддю на критику фахівців Міжнародної енергетичної конференції (МЕК) ООН про те, що сучасні будинки мають значні резерви підвищення їхньої теплової ефективності, але дослідники недостатньо вивчили особливості формування їхнього теплового режиму, а проектувальники не вміють оптимізувати потоки тепла і маси в огороженнях і будинку. У тій же доповіді фахівців МЕК була сформульована головна ідея економії енергії: енергоресурси

можуть бути використані більш ефективно шляхом застосування заходів, що здійсненні технічно, обґрунтовані економічно, а також прийнятні з екологічної і соціальної точок зору, тобто викликають мінімальні зміни звичного способу життя.

Україна, як відомо, відноситься до країн з малими енергетичними запасами, а в „спадок” від СРСР отримала підприємства з високим енергоспоживанням, споруди з низькими теплозахисними якостями. Ціни на світовому ринку енергетичних ресурсів стрімко ростуть, а запаси їх виснажуються. Цей процес не зупинити, але сповільнити його можливо впровадженням енергоефективних технологій в усі галузі, в першу чергу – в будівництво і експлуатацію споруд як одну з самих енергоємних. Отже основною причиною, яка зумовлює впровадження енергозберігаючих технологій в житлово-комунальному секторі економіки України є висока вартість теплової енергії.

Близько 90% існуючого комунально-побутового фонду в НУБіП, який експлуатується в даний час не відповідає вимогам теплоефективності прийнятим в нашій державі (СНиП II-3-79** „Строительная теплотехника” зі змінами та доповненнями від 01.07 1986 та 01.10 1996). Питоме енергоспоживання споруд в Україні в 2-2,5 рази більше, ніж в європейських країнах розташованих в аналогічних кліматичних умовах. З огляду на це підвищення енергоефективності комунально-побутових споруд є актуальною проблемою.

Оптимізація теплового режиму споруди, підвищення її енергетичних якостей потребує ретельного вивчення зовнішніх кліматичних та внутрішніх інженерно-технічних впливів. Виходячи з цього **мета роботи** полягає в дослідженні дії основних факторів, які впливають на тепловий режим споруди, а також визначенні ефекту (енергетичного, економічного) від впровадження енергозберігаючих технологій в експлуатацію споруд. Відповідно до поставленої мети завданнями є:

1. Вивчити стан проблеми енергетичної ефективності споруд в НУБП України. Це вимагає аналізу енергоспоживання споруд. На основі приведених даних визначається резерв енергоспоживання, дається порівняльна оцінка теплотехнічних характеристик споруд всієї України та інших країн (включаючи країни Західної та Східної Європи), визначаються пріоритетні напрямки діяльності направлені на вирішення цієї проблеми.

2. Дати математичний опис процесам теплових втрат через зовнішні огорожуючі конструкції (стіни, вікна). Математичне моделювання процесів теплопередачі через стіни включає в себе постановку, математичне формулювання, лінеаризацію та вирішення узагальненої задачі теплопровідності багат шарових середовищ з неідеальним тепловим контактом при граничних умовах III роду. Опис процесів теплопередачі через світлопроникні прорізи складається з узагальненого опису наступних теплових потоків: теплонадходження в результаті сонячної радіації, теплонадходження (тепловтрати) внаслідок різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря, теплонадходження (тепловтрати) внаслідок фільтрації повітря.

3. Встановити відповідність теоретичних засад методів підвищення теплоефективності експериментальним даним. Встановити основні статистичні показники для дослідних даних, визначити як зміниться опір теплопередачі стінової панелі при утепленні її утеплювачем ПСБ-15 та в скільки зменшаться теплові втрати.

4. Дати економічну оцінку заходам з підвищення енергоефективності вже існуючих споруд, і при спорудженні нових. Вирішення завдання полягає в визначенні економічного ефекту від впровадження енергоефективних технологій в житлово-комунальне будівництво дисконтними методами. Уточнити методику визначення економічної ефективності інвестиційних витрат на підвищення теплозахисних якостей споруди шляхом підвищення опору теплопередачі її зовнішніх огорожуючих конструкцій.

Необхідною умовою досягнення поставлених завдань є метод дослідження, вибір якого зумовлений характерними рисами об'єкту дослідження. Об'єкт

дослідження розглядається з позицій системного аналізу. Це метод який дозволяє вибрати технічні параметри системи кліматизації і теплозахисту споруди, які найкращим чином відповідають досягненню мети підвищення її енергоефективності.

Методи за допомогою якого вирішується завдання – метод малого параметра і кінцевих інтегральних перетворень. Перевагою методу кінцевих інтегральних перетворень є універсальність, тобто прийнятність до широкого кола задач теплопровідності. Недоліком цього методу є те що він приводить рівняння нестационарної нелінійної теплопередачі до звичайних диференціальних нелінійних рівнянь, для інтегрування яких необхідна лінеаризація. Лінеаризація цих рівнянь приводиться розкладом нелінійно залежних від температури параметрів (питомої теплоємності, коефіцієнта теплопередачі) за допомогою методу малого параметру.

Робота містить фізичне моделювання одного з елементів об'єкту дослідження – стінової панелі споруди. Проведення експерименту по дослідженню теплотехнічних характеристик зразка стінової панелі відбувалося на виробничо-науковій базі Національного університету біоресурсів і природокористування України. Наукові дослідження виконуються у рамках Програми заходів щодо інтеграції НДР і науково-інноваційної діяльності НУБіП України у напрямку сталого розвитку територій, агропромислового виробництва, охорони природних ресурсів, ефективного використання та безпеки сільськогосподарської й харчової продукції, її відповідності національним і міжнародним стандартам на 2018-2023 рр.

РОЗДІЛ 1

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕПЛОВІ ПУНКТИ СИСТЕМИ КОМУНАЛЬНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

1.1. Аналітичний огляд сучасного стану систем енергозабезпечення будівель. Обладнання ІТП

Сьогодні Київ використовує в комунальному господарстві більше 2 млрд. м³ газу протягом року. Україна використовує в комунальному господарстві більше 30 млрд. м³ газу за рік. Потенціал економії газу в комунальному господарстві не менше 30 % (рис. 1.1).

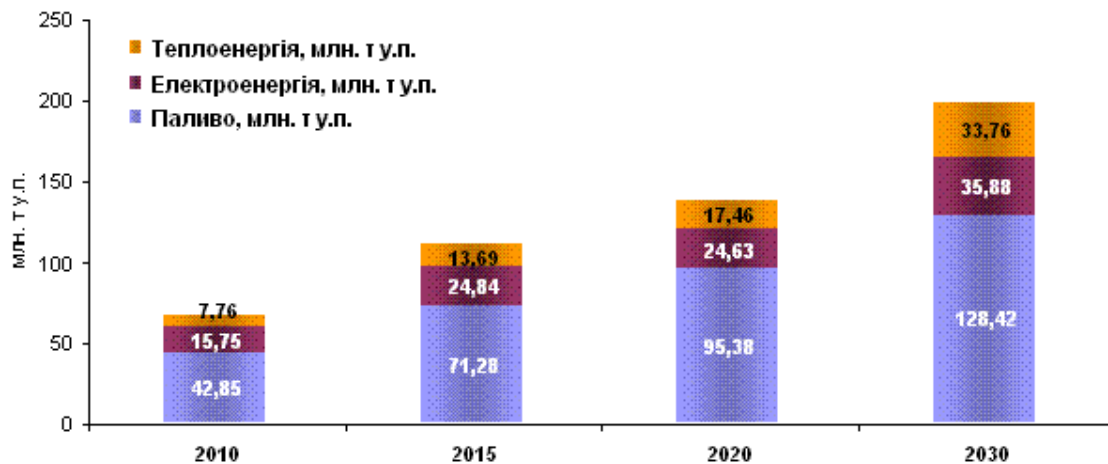


Рисунок 1.1 – Потенціал енергозбереження за рахунок технічного (технологічного) фактора [41]

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) – найважливіша складова систем теплопостачання будівель. Від його характеристик багато в чому залежить регулювання систем опалення та ГВП, а також ефективність використання теплової енергії. Тому до теплових пунктів приділяється велика увага в ході термомодернізації будівель, масштабні проекти яких в найближчому майбутньому планується втілити в життя в різних регіонах України.

ІТП – комплекс пристроїв, розташований у відокремленому приміщенні (як правило, в підвальному приміщенні), що складається з елементів, що

забезпечують приєднання системи опалення та гарячого водопостачання до централізованої теплової мережі. По подаючому трубопроводу здійснюється подача теплоносія в будинок. За допомогою другого зворотного трубопроводу в котельню потрапляє вже охолоджений теплоносій із системи.

Температурний графік роботи теплової мережі визначає те, в якому режимі тепловий пункт буде працювати надалі і яке обладнання необхідно в ньому встановлювати. Розрізняють декілька температурних графіків роботи теплової мережі:

- 150/70 °С;
- 130/70 °С;
- 110/70 °С;
- 95 (90)/70 °С.

Якщо температура теплоносія не перевищує 95 °С, то його залишається тільки розподілити по всій опалювальній системі. У цьому випадку можливо застосовувати тільки колектор з балансувальними клапанами для гідравлічної ув'язки циркуляційних кілець. Якщо ж температура теплоносія перевищує 95 °С, то такий теплоносій не можна безпосередньо використовувати в системі опалення без його температурного регулювання. Саме в цьому і полягає важлива функція теплового пункту. При цьому необхідно, щоб температура теплоносія в системі опалення змінювалася залежно від зміни температури зовнішнього повітря.

У теплових пунктах старого зразка (рис. 1.2, 1.3) в якості регулюючого пристрою застосовувався елеваторний вузол. Це дозволяло істотно знизити вартість обладнання, однак за допомогою такого ТП було неможливо здійснювати точне регулювання температури теплоносія, особливо при перехідних режимах роботи системи. Елеваторний вузол забезпечував тільки «якісне» регулювання теплоносія, коли температура в системі опалення змінюється в залежності від температури теплоносія, що приходить від централізованої теплової мережі. Це призводило до того, що «регулювання»

температури повітря в приміщеннях проводилося споживачами за допомогою відкритого вікна і з величезними тепловими витратами, що йдуть в нікуди.

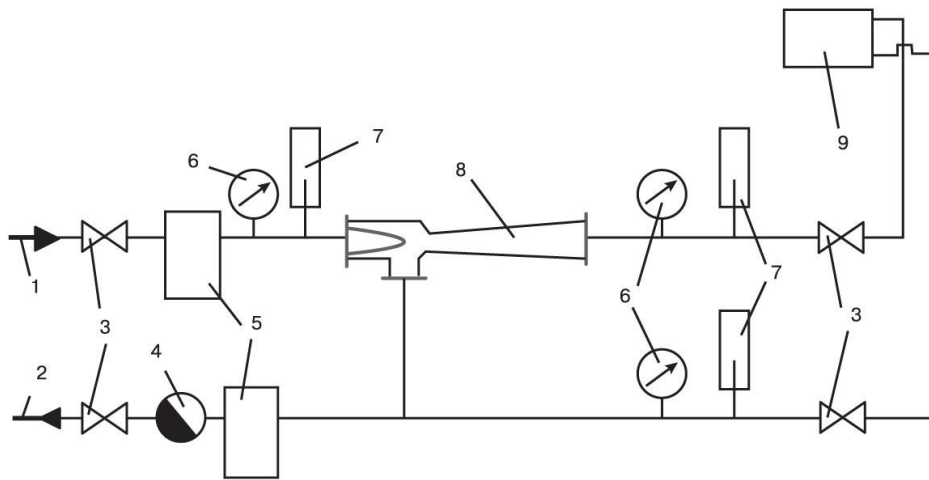


Рисунок 1.2 - Схема теплового пункту з елеваторним вузлом: 1 – подаючий трубопровід; 2 – зворотний трубопровід; 3 – засувки; 4 – водомір; 5 – грязьовики; 6 – манометри; 7 – термометри; 8 – елеватор; 9 – нагрівальні прилади системи опалення.

Тому мінімальні початкові капіталовкладення виливалися в фінансові втрати в довгостроковій перспективі. Особливо низька ефективність роботи елеваторних вузлів проявилася зі зростанням цін на теплову енергію, а також з неможливістю роботи централізованої теплової мережі по температурному або гідравлічному графіку, на який були розраховані встановлені раніше елеваторні вузли.

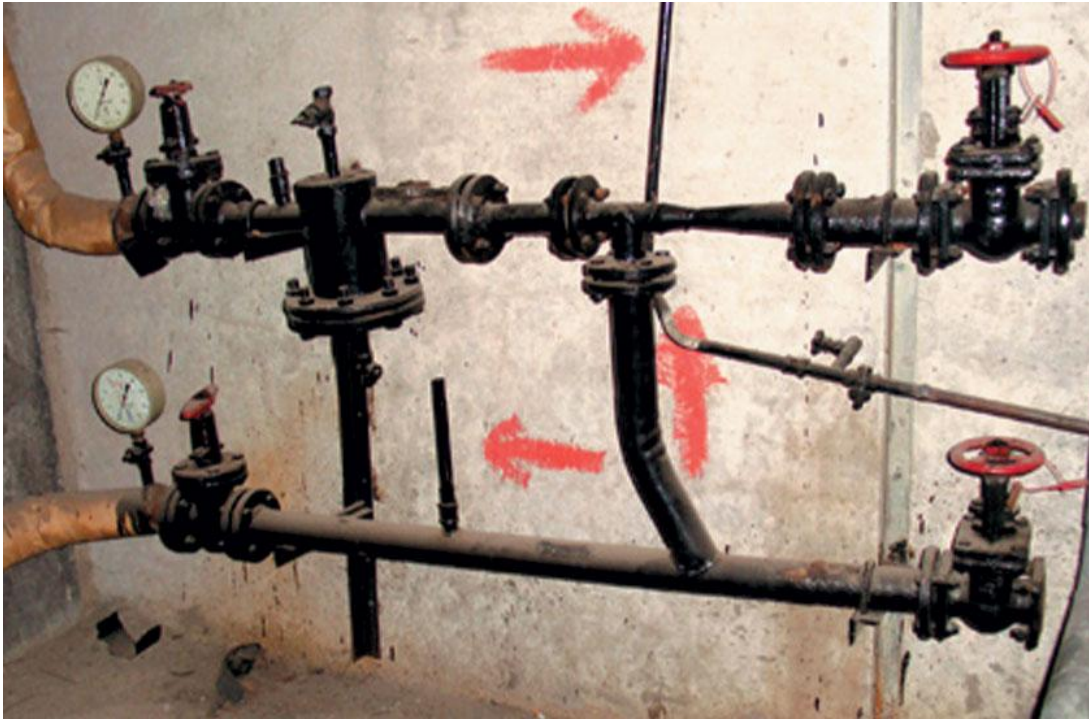


Рисунок 1.3 - Елеваторний вузол «радянської» епохи

Принцип роботи елеватора полягає в тому, щоб змішувати теплоносій з централізованої теплової мережі і воду із зворотного трубопроводу системи опалення до температури, відповідної нормативній для даної системи. Це відбувається за рахунок принципу ежекції при використанні в конструкції елеватора сопла певного діаметра (рис. 1.4). Після елеваторного вузла змішаний теплоносій подається в систему опалення будівлі. Елеватор поєднує одночасно два пристрої: циркуляційний насос і змішувальний пристрій. На ефективність змішування і циркуляції в системі опалення не впливають коливання теплового режиму в теплових мережах. Все регулювання полягає в правильному підборі діаметра сопла і забезпечення необхідного коефіцієнта змішання (нормативний коефіцієнт 2,2). Для роботи елеваторного вузла немає необхідності підводити електричний струм.

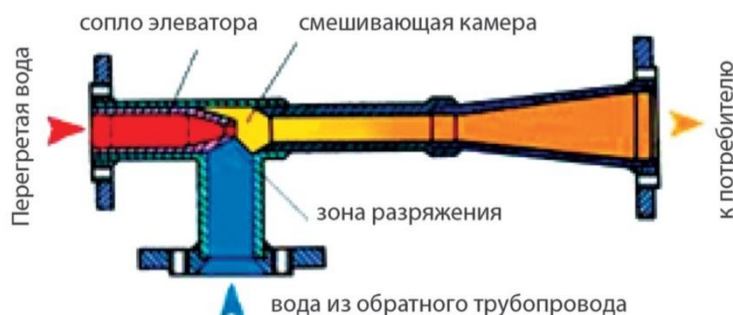


Рисунок 1.4 - Принципова схема конструкції елеваторного вузла

Однак є численні недоліки, які зводять нанівець всю простоту і невибагливість обслуговування даного пристрою. На ефективність роботи безпосередньо впливають коливання гідравлічного режиму в теплових мережах. Так, для нормального змішання, перепад тисків в подаючому і зворотному трубопроводах необхідно підтримувати в межах 0,8-2 бар; температура на виході з елеватора не піддається регулюванню і безпосередньо залежить тільки від зміни температури теплової мережі. В цьому випадку, якщо температура теплоносія, що надходить з котельні, не відповідає температурному графіку, то і температура на виході з елеватора буде нижче необхідної, що безпосередньо вплине на внутрішню температуру повітря в приміщеннях будівлі.

Подібні пристрої отримали широке застосування в багатьох типах будівель, підключених до централізованої теплової мережі. Однак в даний час вони не відповідають вимогам з енергозбереження, у зв'язку з чим підлягають заміні на сучасні індивідуальні теплові пункти. Їх вартість значно вище і для роботи обов'язково потрібно електроживлення. Але, в той же час, ці пристрої більш економні – дозволяють знизити енергоспоживання на 30-50%, що з урахуванням зростання цін на теплоносії дозволить зменшити термін окупності до 5-7 років, а термін служби ІТП безпосередньо залежить від якості використовуваних елементів управління, матеріалів і рівня підготовки технічного персоналу при його обслуговуванні.

1.1.1. Сучасні ІТП. Традиційно системи опалювання в Україні не регулювалися, і тому ніякої концепції регулювання у нас не було. Спроби впровадження регулюючих систем, що робилися у нас в кінці 80-х років, ґрунтувалися на європейському досвіді, що розповсюджувався центральними науково-дослідними і проектними інститутами, що створювали регулятори подібні до тих, які вже широко застосовувалися у той час на Заході.

Концепція регулювання теплоспоживання на абонентських опалювальних вводах теплової мережі, широко реалізована у всіх країнах Європи, досягається, зокрема, за рахунок регулювання температури теплоносія з урахуванням поправки на зміну температури зовнішнього повітря. Для цих цілей в кожному тепловому пункті застосовують комплекс обладнання (рис. 1.5) для забезпечення необхідної циркуляції в системі опалення (циркуляційні насоси) і регулювання температури теплоносія (регулюючі клапани з електричними приводами, контролери з датчиками температури). Описана схема найчастіше застосовується на абонентських введеннях в Західній Європі, Америці.

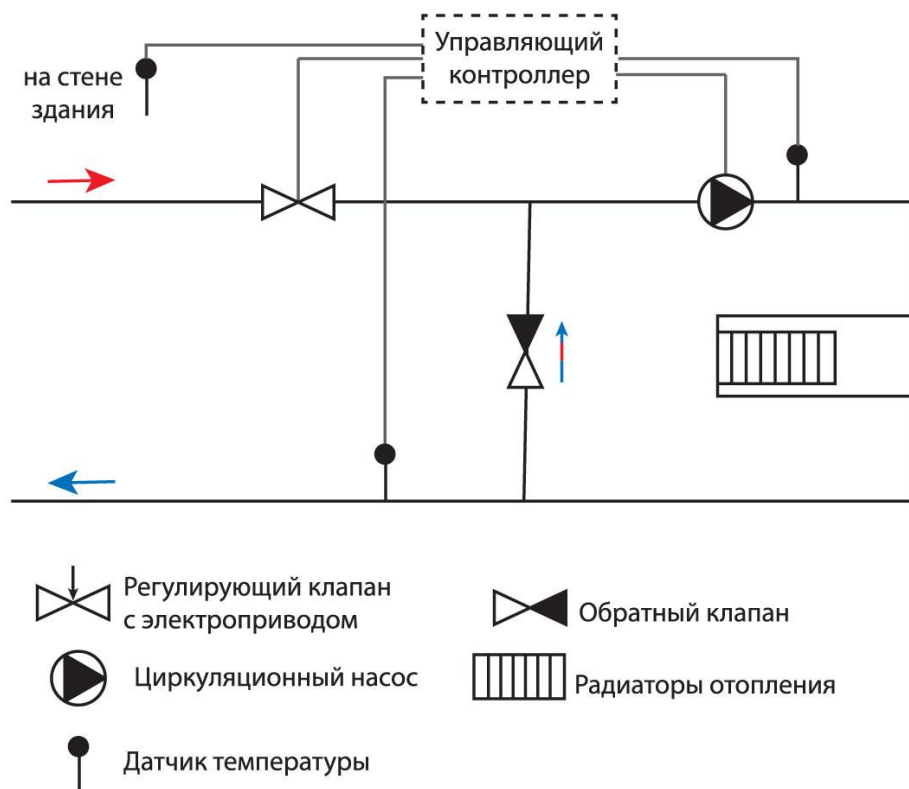


Рисунок 1.5 - Принципова схема індивідуального теплового пункту та використанням контролера, регулюючого клапана і циркуляційного насоса

Більшість теплових пунктів має в своєму складі також теплообмінник для підключення до внутрішньої системи гарячого водопостачання (ГВП) з циркуляційним насосом. Набір обладнання залежить від конкретних завдань і вихідних даних. Саме тому, через різні можливі варіанти конструкції, а також свою компактність і транспортабельність, сучасні ІТП отримали назву модульних (рис. 1.6).

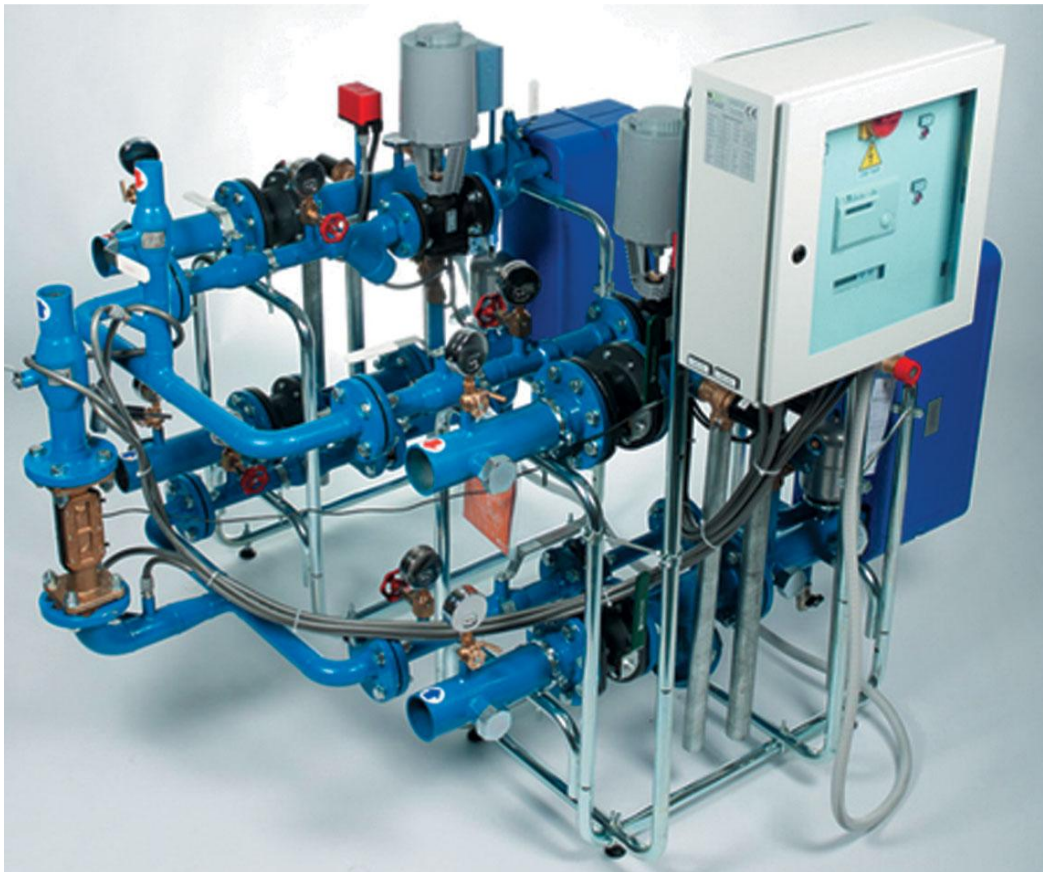


Рисунок 1.6 - Сучасний модульний індивідуальний тепловий пункт у зборі

Розглянемо використання ІТП в залежних і незалежних схемах підключення системи опалення до централізованої теплової мережі. В ІТП з залежним приєднанням системи опалення до зовнішніх теплових мереж циркуляція теплоносія в системі опалення підтримується циркуляційним насосом. Управління насосом здійснюється в автоматичному режимі від контролера або від відповідного блоку управління. Автоматичне підтримання необхідного температурного графіка в системі опалення також здійснюється

електронним регулятором. Контролер впливає на регулюючий клапан, розташований на трубопроводі, що подає на стороні зовнішньої теплової мережі («гострої воді»). Між подавальним і зворотним трубопроводами встановлено змішувальну перемичку зі зворотним клапаном, за рахунок якої здійснюється підмішування в подаючий трубопровід з зворотної лінії теплоносія, з більш низькими температурними параметрами (рис.1. 7).

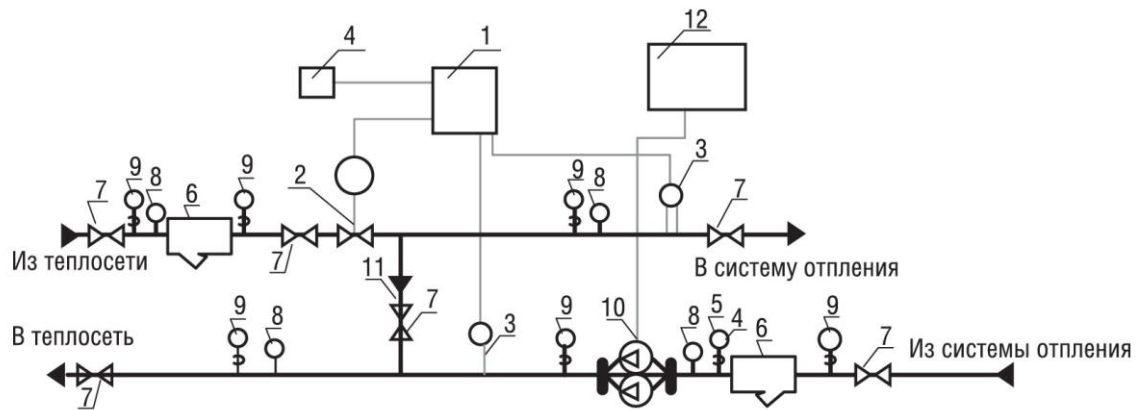


Рисунок 1.7 - Принципова схема модульного теплового пункту, підключеного за залежною схемою: 1 – контролер; 2 – двоходовий регулюючий клапан з електричним приводом; 3 – датчики температури теплоносія; 4 – датчик температури зовнішнього повітря; 5 – реле тиску для захисту насосів від сухого ходу; 6 – фільтри; 7 – засувки; 8 – термометри; 9 – манометри; 10 – циркуляційні насоси системи опалення; 11 – зворотний клапан; 12 – блок управління циркуляційними насосами.

В даній схемі робота системи опалення залежить від тиску в центральній тепловій мережі. Тому в багатьох випадках потрібна установка регуляторів перепаду тиску, а, в разі необхідності, і регуляторів тиску «після себе» або «до себе» на що подавальному або на зворотному трубопроводах.

У незалежній системі для приєднання до зовнішнього джерела тепла використовується теплообмінник (рис. 1.8). Циркуляція теплоносія в системі опалення здійснюється циркуляційним насосом. Управління насосом проводиться в автоматичному режимі контролером або відповідним блоком управління. Автоматичне підтримання необхідного температурного графіка в

нагрівачому контурі також здійснюється електронним регулятором. Контролер впливає на регульований клапан, розташований на трубопроводі, що подає на стороні зовнішньої теплової мережі («гострій воді»).



Рисунок 1.8 - Принципова схема модульного теплового пункту, підключеного за незалежною схемою: 1 – контролер; 2 – двоходовий регулюючий клапан з електричним приводом; 3 – датчики температури теплоносія; 4 – датчик температури зовнішнього повітря; 5 – реле тиску для захисту насосів від сухого ходу; 6 – фільтри; 7 – засувки; 8 – термометри; 9 – манометри; 10 – циркуляційні насоси системи опалення; 11 – зворотний клапан; 12 – блок управління циркуляційними насосами; 13 – теплообмінник системи опалення.

Перевагою даної схеми є те, що опалювальний контур незалежний від гідравлічних режимів централізованої теплової мережі. Також система опалення не страждає від невідповідності якості теплоносія на вході, що надходить з центральної теплової мережі (наявності продуктів корозії, бруду, піску і т.д.), а також перепадів тиску в ній. У той же час вартість капітальних вкладень при застосуванні незалежної схеми більше – через необхідність установки і подальше обслуговування теплообмінника.

Як правило, в сучасних системах застосовуються розбірні пластинчасті теплообмінники (рис. 1.9), які досить прості в обслуговуванні і

$$\lambda_i(t_i) \frac{\partial t_i(l_i, \tau)}{\partial x} = \lambda_{i+1}(t_{i+1}) \frac{\partial t_{i+1}(l_i, \tau)}{\partial x} = q_i(\tau), \quad (4.13)$$

$$i = 1, 2, \dots, (n-1),$$

представимо його в вигляді ряду Тейлора:

$$q_i(\tau) = q_{0i}(\tau) + \sum_{K=1}^n \varepsilon_K q_{Ki} + \sum_{m=n+1}^{2n} \beta_{m-n} q_{mi}, \quad (4.14)$$

Рівняння (4.12) і (4.14) мають наочний математичний та фізичний смисл. З математичної точки зору ці рівняння розглянуті як функції змінних ε_i β_i і представляють собою перші члени в ряду Тейлора при знехтуванні останніми членами. З іншої сторони формули (4.12) і (4.14) показують, що температури в кожному слої і теплові потоки на межах між шарами визначаються доданками, обумовленими постійними складовими теплопровідності λ_0 і питомої теплоємності C_0 , і доданками, які враховують зміну теплофізичних характеристик від температури всіх слоїв. Таке представлення температур і теплових потоків дає можливість розщепити нелінійну n-слойну задачу на $(2n+1)$ лінійних задач для n-слойних стінок. Це досягається наступним чином. Припускаючи в нелінійному рівнянні ε_i і β_i рівними нулю, приходимо до лінійної задачі, в якій теплофізичні характеристики, взяті при 0°C , постійні – отримуємо задачу нульового наближення. Задач I наближення буде $2n$ – по числу малих параметрів, помножених на число слоїв. Вони отримуються підстановкою (4.12) і (4.14) в вихідне нелінійне рівняння і прирівнюванні коефіцієнтів при перших степенях відповідних параметрів. Так, прирівнюючи члени при першій степені ε_1 , отримаємо першу задачу I наближення, яка враховує вплив параметру ε_1 на загальне температурне поле n – слойної стінки; прирівнюючи коефіцієнти при першому степені ε_2 – другу задачу I наближення, яка враховує вплив ε_2 , і т.д. до n – ї задачі, яка враховує вплив ε_n . Аналогічно отримуємо задачі I наближення по параметрам β_i від $(n+1)$ - ї до $2n$ - ї.

Обмежуємось в силу малості параметрів ε_i та β_i лише нульовими і I наближеннями по цим параметрам, що говорить про асимптотичне вирішення нелінійних задач в загальному вигляді.

При підстановці в систему (4.5) – (4.11) рівнянь (4.12) і (4.14) отримаємо $(2n+1)$ лінійних крайових задач теплопровідності відносно функцій t_{0i} , $t_{\varepsilon Ki}$, $t_{\beta mi}$ для кожного шару, які необхідно визначити; $i = 1, 2, \dots, n$; $K = 1, 2, \dots, n$; $m = (n+1), (n+2), \dots, 2n$. Запишемо задачу нульового наближення:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_{0i}}{\partial \tau} &= a_{0i} \left[\frac{\partial^2 t_{0i}}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t_{0i}}{\partial x} \right]; & i = 1, 2, \dots, n; \\ &\tau > 0; & l_{i-1} \leq x \leq l_i; \\ &t_{0i}(x, 0) = F_i(x); \\ - \frac{\partial t_{01}(l_0, \tau)}{\partial x} + H_{01} t_{01}(l_0, \tau) &= H_{01} \varphi_1(\tau); \\ - \frac{\partial t_{0n}(l_n, \tau)}{\partial x} + H_{0n} t_{0n}(l_n, \tau) &= H_{0n} \varphi_n(\tau); \\ \lambda_{0i} \frac{\partial t_{0i}(l_i, \tau)}{\partial x} &= \lambda_{0(i+1)} \frac{\partial t_{0(i+1)}(l_{(i+1)}, \tau)}{\partial x} = q_{0i}(\tau); \\ q_{0i}(\tau) &= \frac{1}{R_i} [t_{0(i+1)}(l_i, \tau) - t_{0i}(l_i, \tau)]; \\ &i = 1, 2, \dots, (n-1). \end{aligned} \right\} \quad (4.15)$$

Введення в лінійні контактні задачі функцій $q_{01}(\tau)$, $q_{\varepsilon Ki}(\tau)$, $q_{\beta mi}(\tau)$, які ми приймаємо відомими, дозволяє розбити кожен з них на n крайових задач теплопровідності одношарових середовищ. З них всі внутрішні задачі будуть з граничними умовами II роду, перша і n -шарова задача включає ще граничні умови на вільних поверхнях. Запишемо їх для задачі нульового наближення:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_{0i}}{\partial \tau} &= a_{0i} \left[\frac{\partial^2 t_{0i}}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t_{0i}}{\partial x} \right]; \\ &\tau > 0; & l_0 \leq x \leq l_1; \\ &t_{01}(x, 0) = F_1(x); \\ - \frac{\partial t_{01}(l_0, \tau)}{\partial x} + H_{01} t_{01}(l_0, \tau) &= H_{01} \varphi_1(\tau); \\ - \frac{\partial t_{01}(l_0, \tau)}{\partial x} &= \frac{q_{01}(\tau)}{\lambda_{01}}. \end{aligned} \right\} \quad (4.16)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{\partial t_{0i}}{\partial \tau} &= a_{0i} \left[\frac{\partial^2 t_{0i}}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t_{0i}}{\partial x} \right]; \\
 \tau > 0; \quad l_{i-1} \leq x \leq l_i; \quad i = 2, 3, \dots, (n-1); \\
 t_{0i}(x, 0) &= F_1(x); \\
 \frac{\partial t_{0i}(l_{i-1}, \tau)}{\partial x} &= \frac{q_{0(i-1)}(\tau)}{\lambda_{0i}}; \\
 -\frac{\partial t_{0i}(l_i, \tau)}{\partial x} &= \frac{q_{0i}(\tau)}{\lambda_{0i}}.
 \end{aligned} \right\} \quad (4.17)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{\partial t_{0n}}{\partial \tau} &= a_{0n} \left[\frac{\partial^2 t_{0n}}{\partial x^2} + \frac{\Gamma}{x} \frac{\partial t_{0n}}{\partial x} \right]; \\
 \tau > 0; \quad l_{n-1} \leq x \leq l_n; \\
 t_{0n}(x, 0) &= F_n(x); \\
 \frac{\partial t_{0n}(l_{n-1}, \tau)}{\partial x} &= \frac{q_{0(n-1)}(\tau)}{\lambda_{0n}}; \\
 \frac{\partial t_{0n}(l_n, \tau)}{\partial x} + H_{0n} t_{0n}(l_n, \tau) &= H_{0n} \varphi_n(\tau).
 \end{aligned} \right\} \quad (4.18)$$

4.1.5. Вирішення лінійних задач нестационарної теплопровідності. Всі одношарові задачі вирішуємо методом кінцевих інтегральних перетворень по методиці викладеній в [8].

Маємо рішення I задачі (4.16) в вигляді:

$$\begin{aligned}
 t_{01}(x, \tau) &= V_{01}(x, \tau) + \sum_{v=1}^{\infty} \left\{ \frac{P_{v1}(x)}{C_{v1}} \left[e^{-\mu_v^2 F_0} \int_{l_0}^{l_1} F_1(x) \rho(x) P_{v1}(x) dx + \right. \right. \\
 &+ \frac{\alpha_{01}}{\lambda_{01}} P_{v1}(l_1) \rho(l_1) \int_0^{\tau} q_{01}(\omega) e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} d\omega + \alpha_{01} H_{01} P_{v1}(l_0) \rho(l_0) \times \\
 &\left. \left. + \int_0^{\tau} \varphi_1(\omega) e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} \right] - W_{01}(x, \tau) \right\}. \quad (4.19)
 \end{aligned}$$

де $V_{0i}(x, \tau)$ – функція, яка додається до рішення задачі I наближення для підвищення збіжності рядів (рішення задачі нестационарної нелінійної теплопровідності представляється в вигляді ряду);

P_{vi} – власна функція [8];

C_{vi} – нормуючий дільник [8];

μ_{vi} – корені характеристичних рівнянь;

F_0 – критерій Фур'є.

$W_{0i}(x, \tau)$ – функція, яка віднімається від рішення задачі I наближення для підвищення збіжності рядів;

ρ – вагова функція рівняння теплопровідності [14];

δ – сумарна товщина тришарового огороження, м;

Рішення внутрішніх задач (4.17) представляється наступним чином:

$$\begin{aligned}
 t_{0i}(x, \tau) = & V_{0i}(x, \tau) + \sum_{v=1}^{\infty} \left\{ \frac{P_{vi}(x)}{C_{vi}} \left[e^{-\mu_v^2 F_{0i}} \int_{l_{i-1}}^{l_i} F_i(x) \rho(x) P_{vi}(x) dx + \right. \right. \\
 & + \frac{\alpha_{0i}}{\lambda_{0i}} P_{vi}(l_{i-1}) \int_0^{\tau} e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{0i}}{\delta_i^2} (\tau - \omega)} (P_{vi}(l_i) \rho(l_i) \psi_{0i}(\omega) - \\
 & \left. \left. - P_{vi}(l_{i-1}) \rho(l_{i-1}) q_{0(i-1)}(\omega)) d\omega \right] - W_{0i}(x, \tau) \right\}
 \end{aligned} \tag{4.20}$$

Для n-слойної задачі (4.18) будемо мати:

$$\begin{aligned}
 t_{0n}(x, \tau) = & V_{0n}(x, \tau) + \sum_{v=1}^{\infty} \left\{ \frac{P_{vn}(x)}{C_{vn}} \left[e^{-\mu_v^2 F_{0n}} \int_{l_{n-1}}^{l_n} F_n(x) \rho(x) P_{vn}(x) dx + \right. \right. \\
 & + \alpha_{0n} \int_0^{\tau} e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{0n}}{\delta_n^2} (\tau - \omega)} (H_{0n} P_{vn}(l_n) \rho(l_n) \varphi(\omega) - P_{vn}(l_{n-1}) \rho(l_{n-1}) \times \\
 & \left. \left. \times \frac{q_{0(n-1)}(\omega)}{\lambda_{0n}} d\omega \right] - W_{0n}(x, \tau) \right\}.
 \end{aligned} \tag{4.21}$$

Аналогічно для задач I наближення по параметрам ϵ_m , отримаємо ($m = 1, 2, \dots, n$)

$$\begin{aligned}
 t_{\epsilon m 1}(x, \tau) = & V_{\epsilon m 1}(x, \tau) + \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{\alpha_{01} P_{\nu 1}(x)}{C_{\nu 1}} \left[\frac{P_{\nu 1}(l_1) \rho(l_1)}{\lambda_{01}} \int_0^{\tau} e^{-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} \times \right. \\
 & \times q_{m-1}(\omega) d\omega - \frac{P_{\nu 1}(l_1) \rho(l_1)}{2} \int_0^{\tau} e^{-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{0n}}{\delta_n^2} (\tau - \omega)} \frac{\partial t_{01}^2(l_1, \omega)}{\partial \omega} d\omega + \\
 & + H_{01} P_{\nu 1}(l_0) \rho(l_0) \int_0^{\tau} e^{-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} t_{01}^2(l_0, \omega) d\omega - \\
 & - H_{01} P_{\nu 1}(l_0) \rho(l_0) \int_0^{\tau} e^{-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} t_{01}(l_0, \omega) \varphi_1(\omega) d\omega - \\
 & - \frac{1}{2} \int_0^{\tau} e^{-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} \int_{l_0}^{l_1} \rho(x) \frac{\partial t_{01}^2(l_1, \omega)}{\partial \omega} P_{\nu 1}(x) dx d\omega + \\
 & \left. + \frac{1}{2} \int_0^{\tau} e^{-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} \int_{l_0}^{l_1} \frac{\rho(x)}{x} \frac{\partial t_{01}^2(l_1, \omega)}{\partial \omega} P_{\nu 1}(x) dx d\omega \right] - W_{\epsilon 1}(x, \tau) \Big\}. \quad (4.22)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\epsilon m i}(x, \tau) = & V_{\epsilon m i}(x, \tau) + \sum_{\nu=1}^{\infty} \left\{ \frac{\alpha_{0i} P_{\nu i}(x)}{C_{\nu i}} \left[\frac{P_{\nu i}(l_i) \rho(l_i)}{\lambda_{0i}} \times \right. \right. \\
 & \times \int_0^{\tau} e^{-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{0i}}{\delta_i^2} (\tau - \omega)} q(\omega) d\omega - P_{\nu i}(l_{i-1}) \rho(l_{i-1}) \times \\
 & \left. \left. \times \int_0^{\tau} \exp \left[-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{0i}}{\delta_i^2} (\tau - \omega) \right] q(\omega) d\omega \right] - W_{\epsilon m i}(x, \tau) \right\}. \quad (4.23)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\epsilon m n}(x, \tau) = & V_{\epsilon m n}(x, \tau) + \sum_{\nu=1}^{\infty} \left[-\frac{\alpha_{0n}}{\lambda_{0n}} \rho(l_{n-1}) \frac{P_{\nu n}(x) P_{\nu n}(l_{n-1})}{C_{\nu n}} \times \right. \\
 & \left. \times \int_0^{\tau} \exp \left[-\mu_{\nu}^2 \frac{\alpha_{0n}}{\delta_n^2} (\tau - \omega) \right] q(\omega) d\omega - W_{\epsilon m i}(x, \tau) \right]. \quad (4.24)
 \end{aligned}$$

Для задач I наближення по параметрам β_K ; $K = (n+1), (n+2), \dots, 2n$ будемо

мати

$$\begin{aligned}
 t_{\beta_{K1}}(x, \tau) = & V_{\beta_{K1}}(x, \tau) + \sum_{v=1}^{\infty} \left\{ \frac{P_{vi}(x)}{C_{vi}} \left[\frac{\alpha_{01} P_{v1}(l_1) \rho(l_1)}{\lambda_{01}} \times \right. \right. \\
 & \times \int_0^{\tau} e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} q_{(n+1)}(\omega) d\omega - \frac{1}{2} \int_0^{\tau} e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{01}}{\delta_1^2} (\tau - \omega)} \times \\
 & \left. \left. \times \int_{l_0}^{l_1} \rho(x) \frac{\partial^2 t_{01}^2(x, \omega)}{\partial \omega} P_{v1}(x) dx d\omega \right] - W_{\beta_{Ki}}(x, \tau) \right\}. \quad (4.25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\beta_{K1}}(x, \tau) = & V_{\beta_{K1}}(x, \tau) + \sum_{v=1}^{\infty} \left\{ \frac{\alpha_{0i}}{\lambda_{0i}} \frac{P_{vi}(x)}{C_{vi}} \times \right. \\
 & \times [P_{vi}(l_i) \rho(l_i) \int_0^{\tau} e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{0i}}{\delta_i^2} (\tau - \omega)} q_{(n+1)}(\omega) d\omega - P_{vi}(l_{i-1}) \rho(l_{i-1}) \times \\
 & \left. \times \int_0^{\tau} e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{0i}}{\delta_i^2} (\tau - \omega)} q_{(n+1)(i+1)} d\omega \right] - W_{\beta_{Ei}}(x, \tau) \right\}. \quad (4.26)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{\beta_{Kn}}(x, \tau) = & V_{\beta_{Kn}}(x, \tau) + \sum_{v=1}^{\infty} \left[-\frac{\alpha_{0n}}{\lambda_{0n}} \rho(l_{n-1}) \frac{P_{vn}(x) P_{vn}(l_{n-1})}{C_{vn}} \times \right. \\
 & \left. \times \int_0^{\tau} e^{-\mu_v^2 \frac{\alpha_{0n}}{\delta_n^2} (\tau - \omega)} q_{(n+1)}(\omega) d\omega - W \right]. \quad (4.27)
 \end{aligned}$$

В роботі [8] наводяться результати розрахунків нестационарної теплопередачі через стінову панель в нелінійному і для порівняння лінійному випадках. Результати розрахунків теплових потоків представлені графічно на рис 4.1.

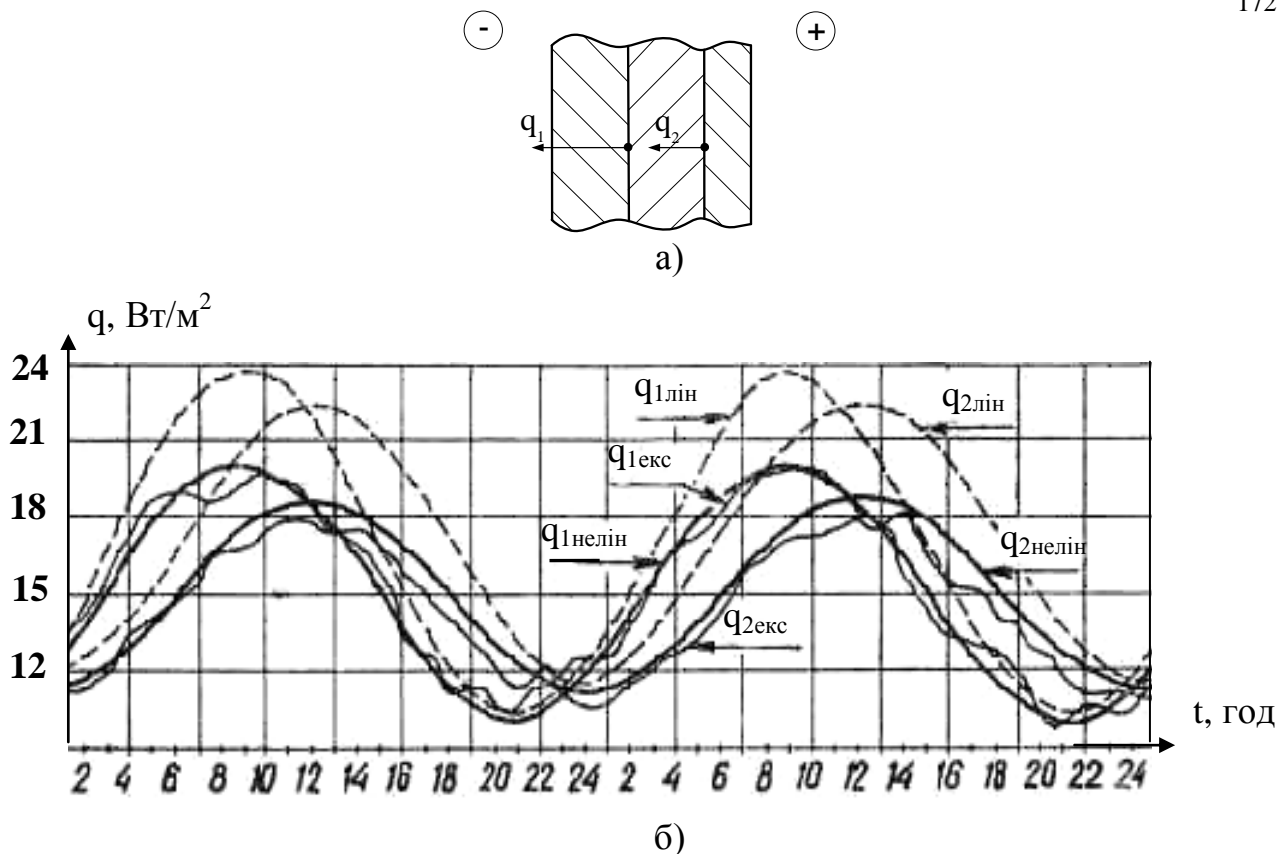


Рисунок 4.1 – Схема тришарової стінової панелі (а) та графіки зміни теплових потоків при нестационарній теплопередачі через стінову панель (б).

- нелінійний випадок;
- - - лінійний випадок;
- експериментальні криві.

Найбільш задовільний збіг з експериментальними кривими дають розрахункові значення, отримані з врахуванням залежності теплофізичних характеристик будівельних матеріалів від температури. При цьому розбіг значень для теплових потоків не перевищує 7% в той час як в лінійному випадку – 18,3% [8].

4.1.6. Математична модель теплопередачі через світловий проріз.

Математична модель теплопередачі через світловий проріз складається з узагальненого опису наступних теплових потоків:

— теплонадходження в результаті сонячної радіації, яка поглинається світловим заповненням (Q_{AB}) і безпосередньо проникаючої в приміщення ($Q_{\text{ТБ}}$);

— теплонадходження або тепловтрати внаслідок різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря (Q_T);

— теплонадходження або тепловтрати внаслідок фільтрації повітря через притвори і по контуру примикання світлового заповнення до стіни, обумовлені різницею тиску і температури усередині і зовні будинку ($Q_{F,w}$).

На рис. 4.2. показана схема променистого теплообміну в подвійному вікні при проходженні через нього потоку прямої і розсіяної сонячної радіації. Виконуючи підсумовування потоків, зображених на рис. 4.2. одержимо вираз для густини потоків: які проходять скління (q), відбитих (p) і поглинених першим (q_1) і другим (q_2) шарами скління:

$$\left\{ \begin{array}{l} q = \xi_1 \xi_2 \left[1 + \sum_{i=0}^n (p_1 p_2)^{\frac{n}{2}} \right] [I_D + I_d]; \\ p = p_1 + \xi_1^2 p_2 \left[1 + \sum_{i=0}^n (p_1 p_2)^{\frac{n}{2}} \right] [I_D + I_d]; \\ q_1 = \alpha_1 + \alpha_1 \xi_1 p_2 \left[1 + \sum_{i=0}^n (p_1 p_2)^{\frac{n}{2}} \right] [I_D + I_d]; \\ q_2 = \alpha_2 \xi_1 \left[1 + \sum_{i=0}^n (p_1 p_2)^{\frac{n}{2}} \right] [I_D + I_d]; \end{array} \right. \quad (4.28)$$

де ξ_1 – коефіцієнт проникнення сонячної радіації через зовнішній шар скління;

ξ_2 – коефіцієнт проникнення сонячної радіації через внутрішній шар скління;

p_1 – коефіцієнт відбиття сонячної радіації зовнішнім шаром скління;

p_2 – коефіцієнт відбиття сонячної радіації внутрішнім шаром скління;

α_1 – коефіцієнт поглинання сонячної радіації зовнішнім шаром скління;

α_2 – коефіцієнт поглинання сонячної радіації внутрішнім шаром скління;

n – число разів відбиття прямої та розсіяної сонячної радіації першим та другим склом;

I_D – потік прямої сонячної радіації який падає на скління, Вт/м²;

I_d – потік розсіяної сонячної радіації який падає на скління, Вт/м².

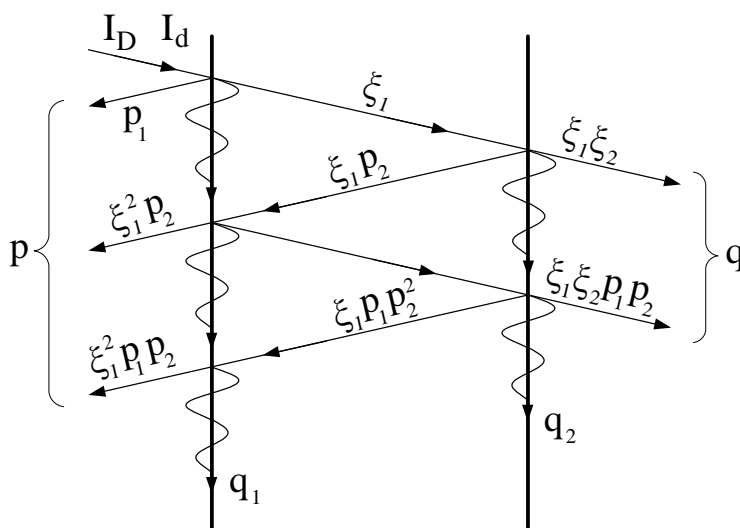


Рисунок 4.2 – Схема променистого теплообміну в подвійному вікні

З урахуванням результатів виконаного підсумовування фактичну схему променистого теплообміну у вікні з двошаровим склінням можна замінити розрахунковою схемою (рис. 4.3.).

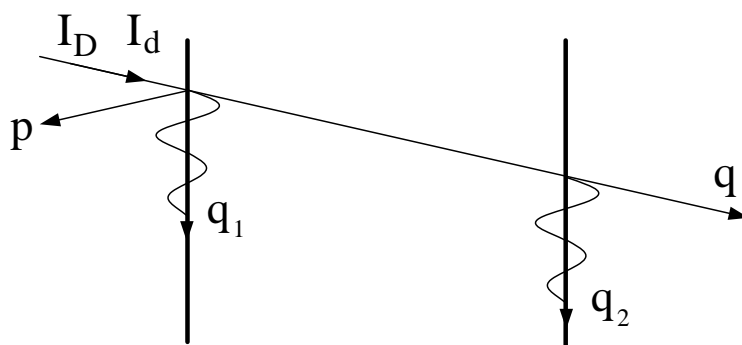


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема променистого теплообміну в подвійному склі

Схема теплового балансу конструкції подвійного вікна представлена на рис. 4.4.

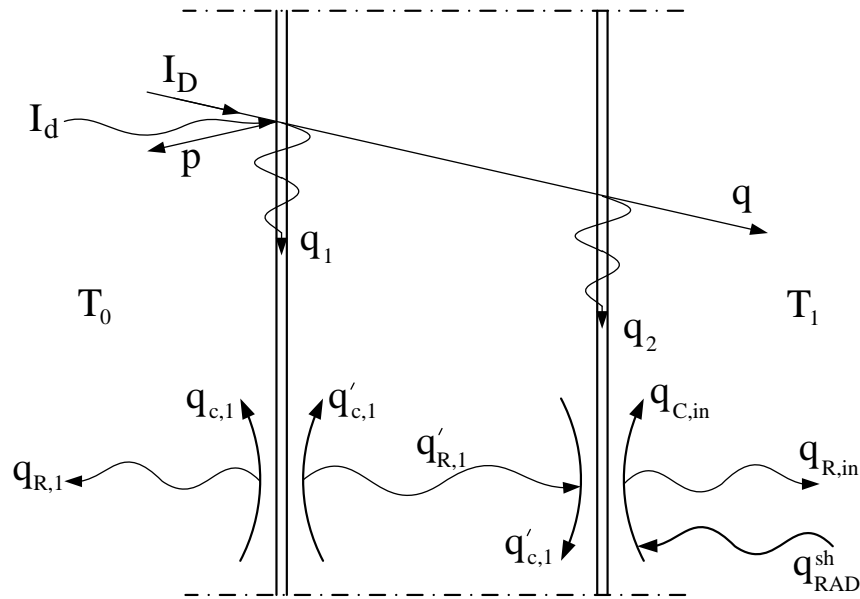


Рисунок 4.4 – Схема загального теплового балансу в подвійному вікні

Відповідно до цієї схеми рівняння теплового балансу можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} q_1 = q_{R,1} + q_{C,1} + q'_{C,1} + q'_{R,1}; \\ q_2 + q'_{C,2} + q'_{R,2} = q_{C,in} + q_{R,in} - q_{RAD}^{sh}; \end{cases} \quad (4.29)$$

де q_1 – кількість тепла короткохвильової радіації, поглиненої першим склом, Вт/м^2 ;

q_2 – кількість тепла короткохвильової радіації, поглиненої другим склом, Вт/м^2 ;

$q_{R,1}$ – променистий потік тепла між зовнішньою поверхнею першого скла і „оточенням”, Вт/м^2 ;

$q_{C,1}$ – конвективний потік тепла між зовнішньою поверхнею першого скла і зовнішнім повітрям, Вт/м^2 ;

$q'_{C,1}$ – конвективний потік тепла в просторі між склом, Вт/м^2 ;

$q'_{R,1}$ – променистий потік тепла між поверхнями, що обмежують прошарок, Вт/м^2 ;

$q_{C,in}$ – конвективний потік тепла на внутрішній поверхні другого скла, Вт/м^2 ;

$q_{R,in}$ – променистий потік тепла на внутрішній поверхні другого скла, Вт/м²;

q_{RAD}^{sh} – потік тепла короткохвильової радіації до внутрішньої поверхні другого скла, Вт/м²;

У кожному конкретному випадку відповідно до розглянутого виду конструкції заповнення світлового прорізу система рівнянь (4.29) повинна бути уточнена.

На основі системи рівнянь (4.29) і з огляду на характерні риси конструкції заповнення (розміри площі скління, площа рам, затінюючі пристрої), ми розраховуємо окремо радіацію, тепловтрати в результаті різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря (Q_T) і тепловтрати в результаті фільтрації повітря через світлове заповнення ($Q_{F,w}$).

Наскрізнi теплонадходження Q_{TB} , Вт (теплонадходження безпосередньо проникаючої через заповнення світлового прорізу сонячної радіації) обчислюються по формулі:

$$Q_{TB} = (I_D r K_{1D} + I_d K_{1d})(F_w - F_e), \quad (4.30)$$

де r – коефіцієнт опромінення світлового прорізу потоком сонячної радіації;

K_{1D} – коефіцієнт наскрізних теплонадходжень від прямої сонячної радіації;

K_{1d} – коефіцієнт наскрізних теплонадходжень від розсіяної сонячної радіації;

F_e – площа притворів, м²;

F_w – площа вікна, м².

У деяких випадках для розрахунку теплонадходжень у результаті надходження сонячної радіації ми можемо використовувати прості формули, у

яких ми не розділяємо окремо пряму і розсіяну сонячну радіацію, а розглядаємо потік загальної сонячної радіації:

$$Q_{TH} = I\beta F_w, \quad (4.31)$$

де I – потік загальної сонячної радіації, Вт/м²;

β – коефіцієнт проникнення сонячної радіації через світлопроникні огороження (з урахуванням затінення сонцезахисними пристроями), який знаходиться так:

$$\beta = \beta_1 \beta_2, \quad (4.32)$$

де β_1 – коефіцієнт проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу без врахування сонцезахисних пристроїв;

β_2 – коефіцієнт затінення світлового прорізу сонцезахисними пристроями.

У тепловому балансі приміщення наскрізні теплонадходження прийнято враховувати як джерела тепла, рівномірно розподілені по площі всіх огорожень питома потужність яких, Вт/м², обчислюється по формулі:

$$q_{san} = \frac{\sum Q_{TB}}{\sum F}, \quad (4.33)$$

де $\sum Q_{TB}$ – сума потужностей наскрізних теплонадходжень через заповнення світлових прорізів, Вт;

$\sum F$ – площа поверхні усіх внутрішніх огорожень, включаючи заповнення світлових прорізів, м².

У той же час численні натурні спостереження показують, що проникаюча сонячна радіація попадає на поверхню підлоги і з неї за рахунок променистого

теплообміну передається на інші поверхні, а за рахунок конвективного теплообміну передається внутрішньому повітрю. Оцінка впливу на температуру внутрішнього повітря рівномірного розподілу сонячної радіації по усіх внутрішніх поверхнях приміщення і розподілу сонячної радіації тільки по поверхні підлоги були виконані в [3].

Для приміщення з одним вікном розглядається два варіанти огороження: стіни з цегельної кладки і тришарова стінова панель. Значення інтенсивності сонячної радіації приймалися для $\varphi=46^\circ$ п.ш. Значення щоденної середньої температури зовнішнього повітря приймалися рівними 22°C , коливання температури 10°C , кратність повітрообміну 1ч^{-1} . Результати порівняльних розрахунків представлені на рис. 4.5.

Поглинені теплонадходження Q_{AB} , Вт (теплонадходження обумовлені поглиненою вікном сонячною радіацією і різницею температур зовнішнього і внутрішнього повітря) обчислюються по формулі:

$$Q_{AB} = (I_D r K_{2D} + I_d K_{2d})(F_w - F_e), \quad (4.34)$$

де K_{2D} – коефіцієнт поглинених теплонадходжень від прямої сонячної радіації;

K_{2d} – коефіцієнт поглинених теплонадходжень від розсіяної сонячної радіації;

Теплонадходження або тепловтрати обумовлені різницею температур внутрішнього і зовнішнього повітря Q_T , Вт, розраховуються по формулі:

$$Q_T = \frac{1}{R_0}(T_1 - T_0)F_w, \quad (4.35)$$

де R_0 – опір теплопередачі заповнення світлового прорізу, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$;

T_0 - умовна температура зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

T_1 - умовна температура внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$;

Теплонадходження або тепловтрати внаслідок фільтрації повітря, $Q_{F,w}$, Вт, розраховуються по формулі:

$$Q_T = C_R j_{F,w} F_w (T_1 - T_0), \quad (4.36)$$

де $j_{F,w}$ – кількість повітря, що проходить через одиницю площі вікна, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

C_R – теплоємність повітря, $\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

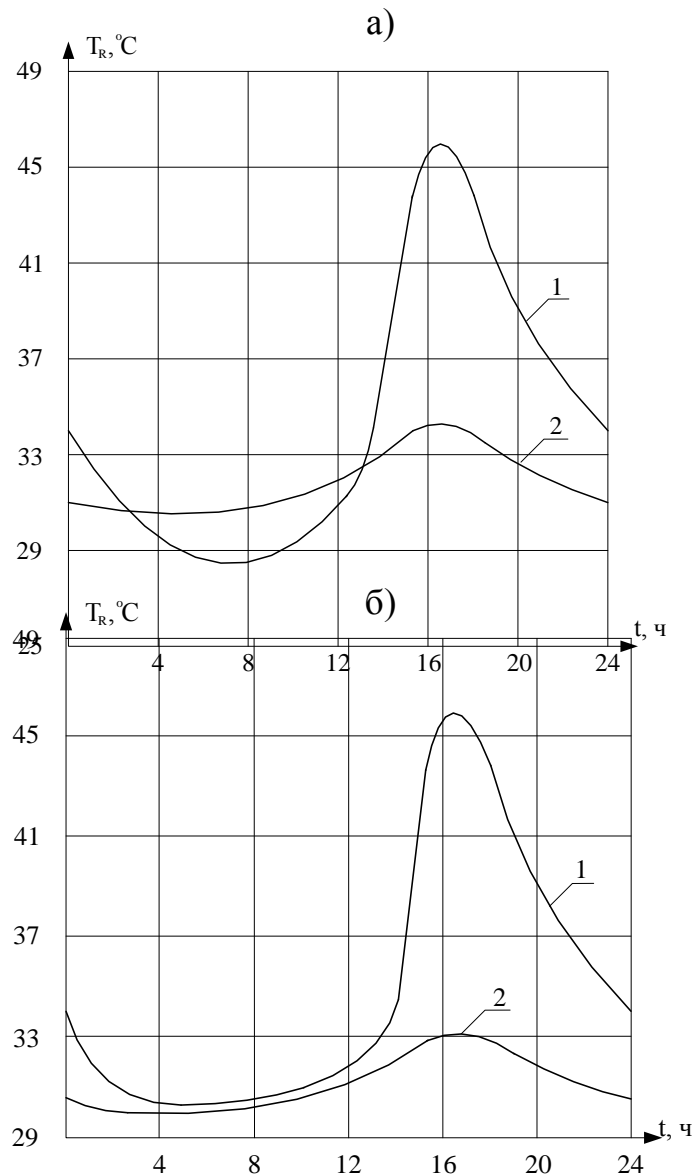


Рисунок 4.5 – Зміна температури внутрішнього повітря приміщення на протязі доби: а- сонячна радіація рівномірно розподілена по площі усіх внутрішніх огорожень; б - сонячна радіація рівномірно розподілена по

поверхні підлоги; 1 – огорожуючі конструкції виконані з багатошарових стінових панелей; 2 – огорожуючі конструкції виконані з цегельної кладки.

Якщо задано кількість фільтрівного повітря по довжині притворів і по периметру примикання заповнення до стіни, то до величини тепловтрат, обчислених по формулі (4.36), варто додати:

$$Q_{F,w} = C_R J_{F,w} l (T_1 - T_0), \quad (4.37)$$

де $J_{F,w}$ – кількість повітря, що проходить через один погонний метр стикового з'єднання, кг/(год·пог.м); l - довжина з'єднань, м.

Висновки. Проектування інженерних систем опалення споруд передбачає отримання достовірної і точної інформації про теплові втрати, які несе споруда. Це завдання повинно вирішуватися за допомогою методів математичного моделювання процесів тепловтрат через зовнішні огорожуючі конструкції.

Приведена математична модель тепловтрат через зовнішні стіни споруди враховує вплив кліматичних факторів на теплофізичні характеристики матеріалів, з яких вона складається – це підтверджують як експериментальні так і розрахункові дані. Рівняння які описують процес теплопередачі є нелінійними і нестационарними (температура зовнішнього повітря змінюється в часі).

Дана вище модель теплопередачі через стіни споруд з обліком залежності їх теплофізичних характеристик матеріалів від температури підвищує точність рішень вказаних задач до 15÷30% в порівнянні зі звичайними лінійними методами.

Теплові втрати через світлові прорізи (вікна) в більшості випадків приймаються рівними 25÷35% від загальних в споруді. Надлишок сонячної радіації влітку може призвести до перегріву приміщення, тоді як зимою недостатній рівень теплозахисту вікна (вузький повітряний прошарок,

неконтрольовані тепловтрати внаслідок інфільтрації повітря) стає причиною підвищених тепловтрат споруди та створює несприятливі мікрокліматичні умови в середині приміщення. Необхідно знати яким чином через вікна втрачається (надходить) теплота.

Наведена математична модель теплопередачі через світловий проріз визначає види тепловтрат через вікно і враховує наступні теплові потоки: теплонадходження в результаті сонячної радіації; теплонадходження або тепловтрати внаслідок різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря; теплонадходження або тепловтрати внаслідок фільтрації повітря через притвори і по контуру примикання світлового заповнення до стіни.

4.2. Фізичне моделювання теплопередачі через багат шарові огорожуючі конструкції (стіни)

4.2.1. Обладнання і прилади експериментального стенду. Лабораторні теплофізичні дослідження стінової панелі проводились в спеціальному кліматичному комплексі, який розроблений в Київ ЗНІЕП і побудований на його виробничо-експериментальній базі.

Цей комплекс дозволяє штучно створювати зовнішні та внутрішні теплові умови приміщень і складається з трьох відсіків:

1. Зовнішнього, який імітує зовнішні кліматичні умови (Додаток Д).
2. Внутрішнього, який імітує мікроклімат приміщень.
3. Операторського, який дозволяє розмістити контрольно-вимірювальну апаратуру.

Зовнішній відсік створений на базі термобароклава КТВВ-8000/2, який має потужну холодильну установку за допомогою якої забезпечувались розрахункові значення температур зовнішнього повітря в зимовому режимі (-24 °С).

В стаціонарному режимі температура повітря в зовнішньому відсіку підтримувалась системою автоматичного регулювання з точністю до $\pm 1,5$ °С, в

внутрішньому – до ± 1 °С. Вологість у теплому відсіку камери підтримувалась в автоматичному режимі з точністю $\pm 5\%$.

Заданий стаціонарний тепловий режим у внутрішньому відсіку підтримувався за допомогою електроконвектора ЭОС-2.00/220 „Уют” і кондиціонера БК-1500, включення і виключення яких здійснювалося напівпровідниковим терморегулятором ПТР-П і системою автоматичного керування температурним режимом, змонтованими в окремому блоці.

Управління процесом вимірювання теплових потоків і температур здійснювалося за допомогою блоку зв'язку БС-2, який має 300 каналів вводу.

Між робочими відсіками — зовнішній і внутрішнім — розташовувався випробуваний виріб, вмонтований в спеціальну касету (рис. 4.6.).

Зняття показань вимірювальних приладів здійснювалося дистанційно в операторському відсіку за допомогою комутатора вимірювальних сигналів Ф70-78.

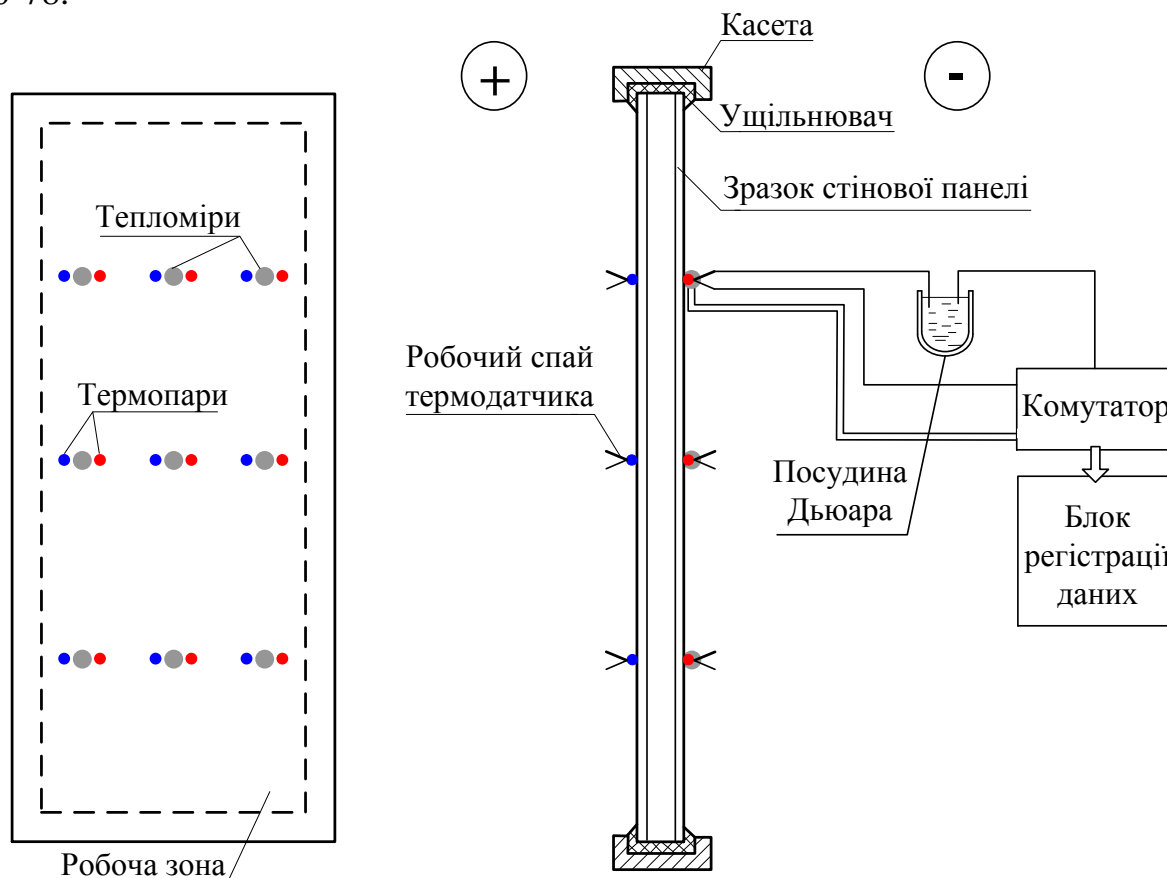


Рисунок 4.6 – Схема установки досліджуваного зразка стінової панелі та розміщення на ній датчиків температури і теплового потоку: 1 – касета в яку

вмонтований досліджуваний зразок; 2 – герметик-ущільнювач; 3 – досліджуваний зразок стінової панелі; 4 – посудина Дьюара; 5 – робочий спай термодатчика; 6 – багатоточковий перемикач (комутатор); 7 – блок обробки і реєстрації даних.

В якості датчиків температури використовувались хромель-копелеві термопари з відносною похибкою вимірювань $\pm 5\%$. Первинні перетворювачі температури щільно прикріплюються до зовнішньої і внутрішньої поверхонь виробів в обраних точках. Для кріплення термопар використовується пластилін з товщиною нанесення не більше 2 мм. При цьому термометричний провід від місця закріплення чуттєвого елемента відводять по поверхні огорожуючої конструкції у напрямку ізотерм або мінімального градієнта температури на довжину не менш 50 діаметрів проводу. Вільні кінці термопар поміщають у термостат або посудину Дьюара, при цьому в останній повинні бути одночасно лід і вода.

Термобатарейний датчик ПТП-1Б.11.2.1.П.001.1.16.00.0 (ДСТУ 3756-98) являється робочим засобом вимірювання щільності поверхневого теплового потоку. Перетворювач теплового потоку виконаний в вигляді стінки, яка має термоелектричний біметалевий багатоелементний чутливий елемент і перетворювач теплового потоку в електричний сигнал постійного струму. Так як термічний опір датчика теплового потоку малий в порівнянні з термічним опором стінової панелі то він не приймається до уваги. З цієї ж причини розміри датчика (10x12x1,2мм) в площині стіни також не впливають на її температурне поле [7]. Виготовлячем даного перетворювача є Інститут технічної теплофізики НАН України. Нижче приведені технічні характеристики ПТП:

Діапазон вимірювання теплового потоку, Вт/м ²	10÷1000
Відносна похибка, яка допускається, %.....	±4
Електричний опір, Ом.....	1410
Час реакції по рівню 0,63 не більше, с.....	15

Теплостійкість, °С.....	до 80
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К).....	1,0±0,05
Коефіцієнт перетворення, Вт/(м ² ·мВ).....	26
Маса, кг.....	0,01

В якості вимірювача вихідного сигналу постійного струму є універсальний вольтметр В7-21А. Вольтметр призначений для вимірювання постійної напруги в діапазоні до 10мВ. Клас точності приладу складає 0,2.

Для вимірювання вологості в теплому відсіку камери використовується психометр МВ-4М. Межі вимірювання відносної вологості для приладу 10...100% при температурі $t = -10...40^{\circ}\text{C}$.

4.2.2. Експериментальні дослідження енергоефективної огорожуючої конструкції. Для експерименту №1 на виробничо-експериментальній базі Київ ЗНІЕП була виготовлена експериментальна легка навісна стінова панель з габаритними розмірами 760x2600 мм. Товщина панелі $\delta = 100$ мм.

Експериментальна панель – тришарова з диференціацією шарів по виконуваним функціям. Облицювальні шари - зовнішній і внутрішній – несуть функції атмосферозахисту і захисту утеплювача від механічних пошкоджень. Вони виконані з фанерних листів з товщиною $\delta = 5$ мм.

При виборі матеріалу утеплювача вирішальним фактором являлась гарна теплоізоляція. В якості утеплювача була прийнята мінеральна вата (ГОСТ 24748-81) товщиною $\delta = 100$ мм.

Між фанерними листами і тепло ізолятором не було монолітного з'єднання, що обумовило контактні термічні опори.

Для експерименту №2 до попередньої стінової панелі зі сторони холодного відсіку кліматичної камери за допомогою полімерного клею DRAGON прикріплювались пінопластові плити ПСБ-15 товщиною $\delta = 100$ мм, які повторювали розміри стінової панелі.

Умови проведення експерименту №1 та експерименту №2 однакові: температура холодного відсіку камери -24°C , теплового відсіку $+16^{\circ}\text{C}$.

Метод визначення опору теплопередачі оснований на створенні в огорожувальній конструкції умов стаціонарного теплообміну і вимірі температури повітря у двох відсіках кліматичної камери, температури поверхонь огорожуючої конструкції, а також густини теплового потоку, що проходить через неї, по яких обчислюється опір теплопередачі конструкції.

Підготовку до експериментального визначення опору теплопередачі огорожуючої конструкції починають зі складання попередньої схеми розміщення первинних перетворювачів температур і теплових потоків на основі проектного рішення конструкції (Додаток Е). Для цього виконується ескіз огорожуючої конструкції з боку внутрішньої поверхні. Так як в термічному відношенні стінова панель була відносно однорідна (без суттєвих „містків холоду”), то для експериментального дослідження були вибрані дев’ять ділянок, на які найменше впливають крайові відтоки чи притоки тепла в камері. 9 ділянок складають робочу зону, границі якої розташовані на відстані 50мм від країв досліджуваного зразку. На ділянках точками наносяться місця установки датчиків.

Обрані точки наносяться крейдою на зовнішній і внутрішній поверхнях випробовуваного виробу. На внутрішню поверхню наносяться також ескіз усіх виділених ділянок.

Випробування огорожуючої конструкції приводились згідно [33]. Досліджуваний виріб був встановлений в проріз між теплим і холодним відсіками кліматичної камери. Поверхні контакту з зовнішніми огороженнями ізолювалися ефективним теплоізоляційним матеріалом.

Після перевірки готовності устаткування теплий і холодний відсіки ізолюють від зовнішнього повітря шляхом закриття герметичних дверей. На регулюючій апаратурі встановлюють задані температури повітря в теплому і холодному відсіках, включають холодильне, нагрівальне і повітрозволожуюче обладнання.

Випробувана панель відноситься до класу безінерційних і її вихід на стаціонарний режим відбувся протягом трьох-чотирьох годин. Настання стаціонарного режиму фіксувалося по стабільним показникам термопар і тепломірів. Вибірка експериментальних даних у стаціонарному режимі для подальшої їхньої обробки була зроблена з останніх шести вимірів (на шести циклах), протягом яких температура і теплові потоки залишалися практично постійними.

Вимірювання теплових потоків і температур здійснювалося автоматично, за допомогою персонального комп'ютера, розміщеного в операторському пульті. Всі зібрані данні записуються в програмному середовищі Microsoft Excel.

4.2.3. Обробка отриманих результатів. В Додатку Ж приведено значення всіх величин, які вимірювалися під час проведення експерименту №1 (дослідження теплоізолюючих характеристик стінової панелі) та експерименту №2 (дослідження теплоізолюючих характеристик стінової панелі з утеплювачем ПСБ-15). В табл. 4.1. приведені показники обробки даних результатів статистичними методами для експерименту №1.

Таблиця 4.1 - Результати обробки даних експерименту №1

Величина, яка вимірювалась		Статистичні оціночні показники				
		Середнє арифметичне, \bar{X}	Дисперсія, σ^2	Довірчий інтервал, Δ	Довірча ймовірність, p	
Значення температури на поверхні „холодної” сторони стінової панелі, °С	Номер датчика	21	-24,53	2,33	1,44	0,95
		22	-24,43	2,24	1,41	0,95
		24	-23,97	1,62	1,20	0,95
		25	-24,61	2,15	1,38	0,95
		26	-24,50	1,85	1,28	0,95
		27	-24,29	1,79	1,26	0,95
		28	-24,43	1,82	1,29	0,95
		29	-23,12	1,62	1,20	0,95
		31	-23,89	1,45	1,13	0,95

Продовження таблиці 4.1

Значення температури на поверхні „теплої” сторони стінової панелі, °С	Номер датчика	32	16,26	0,22	0,44	0,95
		33	16,28	0,21	0,43	0,95
		35	16,18	0,19	0,41	0,95
		36	15,58	0,19	0,41	0,95
		37	15,73	0,25	0,66	0,95
		38	15,87	0,24	0,66	0,95
		39	15,00	0,12	0,32	0,95
		41	14,88	0,16	0,37	0,95
		43	14,92	0,16	0,37	0,95
Значення густини теплового потоку через стінову панель, Вт/м ²	Номер датчика	201	22,51	1,11	0,99	0,95
		202	20,52	0,71	0,79	0,95
		203	22,02	2,6	1,52	0,95
		204	20,12	2,5	1,49	0,95
		205	19,98	0,92	0,90	0,95
		206	20,21	1,29	1,07	0,95
		207	20,14	0,43	0,62	0,95
		208	20,31	0,79	0,90	0,95
		209	20,89	0,86	0,89	0,95

Аналогічні показники для експерименту №2 представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Результати обробки даних експерименту №2

Величина, яка вимірювалась		Статистичні оціночні показники				
		Середнє арифметичне, \bar{X}	Дисперсія, σ^2	Довірчий інтервал, Δ	Довірча ймовірність, p	
Значення температури на поверхні „холодної” сторони стінової панелі, °С	Номер датчика	21	-24,76	0,82	0,85	0,95
		22	-24,93	0,87	0,88	0,95
		24	-24,45	0,78	0,83	0,95
		25	-24,59	0,79	0,83	0,95
		26	-24,50	0,75	0,81	0,95
		27	-24,59	0,44	0,62	0,95
		28	-24,74	0,80	0,55	0,95
		29	-24,31	0,35	0,67	0,95
		31	-23,75	0,51	0,67	0,95
Значення температури на поверхні „теплої” сторони стінової панелі, °С	Номер датчика	32	16,38	0,01	0,09	0,95
		33	16,50	0,01	0,09	0,95
		35	16,44	0,01	0,09	0,95
		36	15,81	0,01	0,09	0,95
		37	16,07	0,01	0,09	0,95
		38	16,14	0,01	0,09	0,95
		39	15,27	0,01	0,09	0,95
		41	15,22	0,01	0,09	0,95
43	15,18	0,01	0,09	0,95		

Продовження таблиці 4.2

Значення густини теплового потоку через стінову панель, Вт/м ²	Номер датчика	201	10,66	0,84	0,86	0,95
		202	11,56	0,16	0,38	0,95
		203	10,95	0,86	0,88	0,95
		204	10,99	0,35	0,55	0,95
		205	11,56	0,52	0,67	0,95
		206	11,29	0,54	0,67	0,95
		207	11,18	0,74	0,81	0,95
		208	11,30	0,38	0,56	0,95
		209	10,48	0,12	0,37	0,95

В подальших розрахунках для визначення опору теплопередачі досліджуваного зразка будемо брати середнє арифметичне значення даних вимірів \bar{X} , вважаючи, що воно наближається до дійсного [9].

На рис. 4.7. представлено характер зміни теплових потоків через стінову панель. Візуальний аналіз показує, що для експерименту №1 поверхневі теплові потоки в 1,8 раза більші чим для експерименту №2, при практично однакових температурах на поверхні панелі, в теплому і холодному відсіках камери.

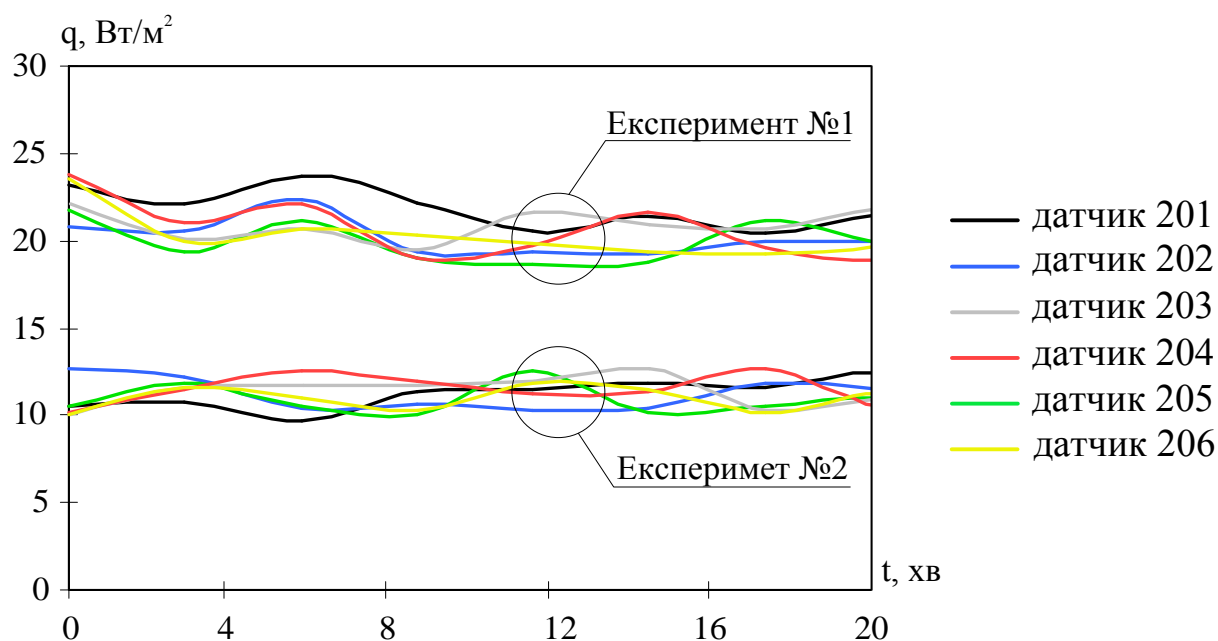


Рисунок 4.7 – Графіки зміни теплових потоків через досліджувану стінову панель для експерименту №1 та для експерименту №2

Експеримент №1 – дослідження теплоізолюючих властивостей стінової панелі без утеплювача;

Експеримент №2 – дослідження теплоізолюючих властивостей стінової панелі з утеплювачем – пінопластом ПСБ-15.

Практична цінність отриманих результатів дає можливість дати оцінку тепловтратам через стінову панель утеплену ефективним теплоізолюючим матеріалом. Утеплення стінової панелі шаром пінопласту ПСБ-15 товщиною 100мм дозволяє знизити теплові втрати через стінову панель майже вдвічі.

Опір теплопередачі R_0 , що характеризує здатність огорожуючої конструкції чинити опір тепловому потокові, який проходить через неї, визначають як приведене по площах усіх розглянутих ділянок конструкції по формулі:

$$R_0 = \frac{F}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{0,i}}} \quad (4.38)$$

де F – площа робочої зони досліджуваної панелі, m^2 ;

F_i - площа розглянутої ділянки, m^2 ;

$R_{0,i}$ - опір теплопередачі розглянутої ділянки, $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$;

n – кількість ділянок на які розбита робоча зона.

Опір теплопередачі i -тої розглянутої ділянки $R_{0,i}$ визначається як середній арифметичний опір теплопередачі по всім вимірам у межах цієї зони:

$$R_{0,i} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\tau_e - \tau_z}{q} + \frac{1}{\alpha_z} \quad (4.39)$$

де τ_e – середнє значення температури на внутрішній поверхні огороження у даній точці по всіх проведених вимірах, крім контрольного, $^\circ C$;

τ_z – середнє значення температури на зовнішній поверхні огороження у даній точці по всіх проведених вимірах, крім контрольного, $^\circ C$;

q – середнє значення теплового потоку на внутрішній поверхні огороження в даній точці по всіх проведених вимірах, крім контрольного, Вт/м²;

$\alpha_{в}$ – нормативний коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні випробовуваного виробу взятий в [24], Вт/(м²·°C);

$\alpha_{з}$ – нормативні коефіцієнти тепловіддачі на зовнішній поверхні випробовуваного виробу взятий в [24] Вт/(м²·°C).

В таблиці 4.3. приведені значення теплових потоків, температур на внутрішній та зовнішній поверхнях виробу, а також обраховане значення опорів теплопередачі ділянок (Додаток Ж) для експериментів №1 та №2.

Таблиця 4.3 - Зведені показники при розрахунку опору теплопередачі стінової панелі

Номер експерименту		Середні значення			Нормовані значення		Дослідні дані F _i , м ²	Обраховане значення R _o , м ² ·°C/Вт	
		$\tau_{в}$, °C	$\tau_{з}$, °C	q , Вт/м ²	$\alpha_{в}$, Вт/(м ² ·°C)	$\alpha_{з}$, Вт/(м ² ·°C)			
№ 1	Номер ділянки	1	16,26	-24,53	22,51	8,7	23	0,220	1,94
		2	16,28	-24,43	20,52			0,220	2,14
		3	16,18	-23,97	22,02			0,220	2,01
		4	15,58	-24,61	20,12			0,154	2,15
		5	15,73	-24,50	19,98			0,154	2,17
		6	15,87	-24,29	20,21			0,154	2,16
		7	15,00	-24,43	20,14			0,220	2,09
		8	14,88	-23,12	20,31			0,220	2,16
		9	14,92	-23,89	20,89			0,220	2,05

Продовження таблиці 4.3

№2	Номер ділянки	1	16,38	-24,76	10,66			0,220	3,99
		2	16,50	-24,93	11,56			0,220	3,74
		3	16,44	-24,45	10,95			0,220	3,91
		4	15,81	-24,59	10,99			0,154	3,86
		5	16,07	-24,50	11,56			0,154	3,67
		6	16,14	-24,59	11,29			0,154	3,83
		7	15,27	-24,74	11,18			0,220	3,64
		8	15,22	-24,31	11,30			0,220	3,74
		9	15,18	-23,75	10,48			0,220	3,97

Підставляючи знайдені значення в формулу (3.1) знаходимо що опір теплопередачі досліджуваного зразку стінової панелі (легка стінова панель з мінеральної вати з фанерними несучими елементами) товщиною 100 мм без утеплювача дорівнює $2,09 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ і з утеплювачем ПСБ-15 товщиною 100 мм дорівнює $3,82 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Отже, отримане в результаті експерименту значення опору теплопровідності панелі порівнюємо нормативними даними взятими.

Таблиця 4.4 – Порівняння отриманих дослідних даних з нормативними значеннями

Зразок досліджуваного виробу	Нормативні значення	Дослідні значення
	$R_{0, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}}$	$R_{0, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}}$
Стінова панель без утеплювача	-	2,09
Стінова панель з утеплювачем	3,3	3,82

Отримані дані свідчать, що використання в якості теплоізолюючого матеріалу пінопласту ПСБ-15 підвищує теплотехнічні характеристики стіни. Згідно діючих нормативів [24] такі теплозахисні властивості дозволяють використовувати подібні стінові панелі в якості теплоізолюючих в будь-яких кліматичних зонах України.

Проведені дослідження по визначенню теплоізолюючих якостей стінової панелі є фізичним моделюванням процесів втрат теплоти спорудою через зовнішні огорожуючі конструкції. Отримані дані свідчать, що вирішальним моментом у питанні зменшення цих втрат є термічний опір стін, який є функцією товщини та опору теплопередачі утеплювача стіни.

4.3. Оцінка економічної ефективності заходів з енергозбереження комунально-побутових споруд

У традиційному будівництві до 1940 р. не застосовувались термоізоляційні матеріали, а тепловою ізоляцією в зовнішніх стінах була сама стіна. Тільки в 70-ті роки впроваджується поняття коефіцієнта теплопередачі і сформульовані вимоги до теплової ізоляції. Ці вимоги стосувалися запобігання конденсації водяної пари на внутрішніх поверхнях стін, а для покрівлі — запобігання танення снігу на даху. Ціни на паливо, будівельні матеріали і послуги не сприяли врахуванню економічного фактору в установленні товщини ізоляції, — вони були штучно занижені, і порівняння витрат теплоти на обігрівання 1 м² будинку з країнами, які впроваджували енергозберігаючі заходи, не мало сенсу.

У випадку існуючого житлового фонду підвищення енергетичного стандарту пов'язано зі значними витратами коштів. Важливим є прийняття критеріїв для оцінки окупності інвестиційних проектів, мета яких - зменшення енерговитрат на опалення будинку.

Реалізація проектів модернізації будинків з метою зменшення енерговитрат пов'язана з необхідністю понесення фінансових витрат на закупівлю матеріалів, обладнання та виконання певних робіт. Важливо, щоб ефекти від модернізації не тільки покрили витрати коштів, а і принесли прибуток. Тобто підвищення енергетичної ефективності будинку відбувається тоді, коли відповідні інноваційні рішення супроводжуються цілком визначеними вартісними ефектами. Однак витрати на модернізацію доводиться здійснювати раніше настання цих ефектів, які віддалені в часі. Тому виникає

необхідність виконання аналізу окупності інноваційних модернізаційних заходів, які б дали достатню інформацію для прийняття рішення про реалізацію проекту по модернізації. Вартісні ефекти по модернізації існуючих споруд визначаються по кожному енергозберігаючому заходу. Не всі заходи з підвищення енергоефективності можуть бути прийняті до реалізації. Найбільш надійні оцінки окупності проектів теплової модернізації споруд дають методи дисконту.

Необхідно також враховувати фактори, які опосередковано впливають на економічну ефективність заходів з енергозбереження, а саме: технічний стан об'єкту, тепла ізоляція зовнішніх огорожень, спосіб розрахунків за теплову енергію. Вплив цих та інших, неврахованих, факторів пояснює неоднозначність суджень про окупність робіт з підвищення енергоефективності. Тільки після виконаного аналізу всіх можливих до реалізації заходів у конкретному об'єкті можна судити про їх доцільність.

Щодо знову споруджуваних будинків то тут для оцінки економічного обґрунтування справедлива схема, яка включає наступну послідовність дій:

1. Задається і узгоджується в відповідних інстанціях можливе збільшення витрат на будівництво споруди з врахуванням енергозберігаючих рішень. Ця величина по відношенню до вартості базового проекту може бути збільшена на 5, 10 і більше відсотків.

2. Задається бажаний для замовника строк окупності додаткових інвестицій на ті енергозберігаючі рішення, які будуть використовуватись і відповідний індекс (норма) доходності.

3. Проводиться порівняльна оцінка обраних енергозберігаючих рішень по критеріям економічної ефективності пункту 2.

Обґрунтування величини економічних показників по пунктам 2 і 3 з наступним їх заданням і економічне обґрунтування відповідних засобів енергозбереження на основі праці [21] потребує ретельного відпрацювання. В [28] приведений можливий варіант економічних розрахунків по кількісній оцінці ефективності енергозберігаючих технологій при будівництві споруд.

В роботі [29] розглянуто можливість використання інвестиційних критеріїв економічної ефективності при обґрунтуванні інвестицій в засоби енергозбереження споруджуваних будинків. На наявному статистичному матеріалі [15, 27] дається відповідна ілюстрація. В роботі [28] коло розглянутих економічних питань розширюється і обґрунтовуються критерії ефективності інвестицій на деякій спрощеній, але практично реальній схемі.

Припустимо, що деякі додаткові інвестиції ΔI (I – investment) в засоби енергозбереження приводять до щорічного додаткового доходу ΔIn на протязі всього строку служби $T_{сл}$ інвестицій. Будемо вважати інвестиції одночасними (тобто такими, які реалізуються на протязі одного року), а отримувані доходи ΔIn (In – income) – постійними по рокам. Тоді сумарний дохід ΔIn_{Σ} за період часу T визначається формулою, яка враховує дисконтування величини ΔIn при приведенні їх до моменту інвестицій:

$$\Delta In_{\Sigma} = \Delta In \sum \frac{1}{(1+r)^T}, \quad (4.40)$$

де ΔIn – постійні по рокам доходи, отримувані в результаті впровадження засобів енергозбереження споруд, грн.;

T – період часу, який прийнятий для проведення розрахунку, рік;

r – норма дисконту, визначена процентною ставкою альтернативного використання грошей [19,20].

Сумування в (4.40) проводиться по рокам на протязі всього періоду T . Можна сказати, що при реально можливій зміні величин r в межах 0,05-0,15 і ΔIn можливий їх усереднення за період часу T . Мається на увазі допустима малість відносної похибки в оцінці критеріїв ефективності. Далі операція усереднення вказаних величин буде матися на увазі.

Використовуючи формулу (4.40) можна отримати вирази для основних критеріїв оцінки ефективності інвестицій. Так, прирівнюючи (4.40) величині

інвестицій In , шляхом елементарних перетворень приходимо до строку їх окупності (критерій PP – payback period):

$$T_{ок} = -\frac{\ln\left[1 - r \frac{\Delta I}{\Delta In}\right]}{\ln(1+r)}, \quad (4.41)$$

куди входить без дисконтний строк окупності

$$T_o = \frac{\Delta I}{\Delta In}, \quad (4.42)$$

де ΔI - додаткові інвестиції в засоби енергозбереження, який в планово-розподільчій соціалістичній системі використовувався в якості основного критерію ефективності капітальних вкладень.

Якщо обмежити сумування в (4.40) числом доданків $T = T_{сл}$ в відповідності до строку служби енергозберігаючого обладнання (інвестицій) - $T_{сл}$, отримаємо повний дисконтований дохід (ДД) інвестицій за строк їх служби (критерій GPV – gross present value):

$$\Delta In_{\Sigma} = \Delta In \frac{1 - (1+r)^{-T_{сл}}}{r}. \quad (4.43)$$

Віднімаючи звідси величину інвестицій, визначаємо відповідний чистий дисконтований дохід (ЧДД) – критерій NPV (net present value):

$$N\Delta In_{\Sigma} = \Delta In_{\Sigma} - \Delta I. \quad (4.44)$$

Відносну величину ЧДД, яка визначається за формулою

$$Id = \frac{\Delta I_{\Sigma}}{\Delta I}, \quad (4.45)$$

називають індексом дохідності (ІД) інвестицій (критерій II – income index), який показує кількість грошових одиниць (г.о.) повного дисконтованого доходу (ДД) до однієї грошової одиниці інвестицій.

Ясно, що критерії (4.5) і (4.6) розраховують при умові, що строк окупності

$$T_{ок} < T_{сл}. \quad (4.46)$$

На рис. 4.8. показана графічна інтерпретація розглянутих критеріїв в припущенні неприривного дисконтування, що практично впливає на кількісну сторону оцінок, робить аналіз добре передбачуваним.

Пунктирна пряма відповідає бездисконтному (лінійному) обліку майбутніх додаткових доходів від інвестицій в енергозберігаюче обладнання. Верхня крива розрахована при $r = 0,1$ нижня – при $r = 0,15$ з метою показати дію величини процентних ставок (норм дисконту) на нелінійність економічних процесів.

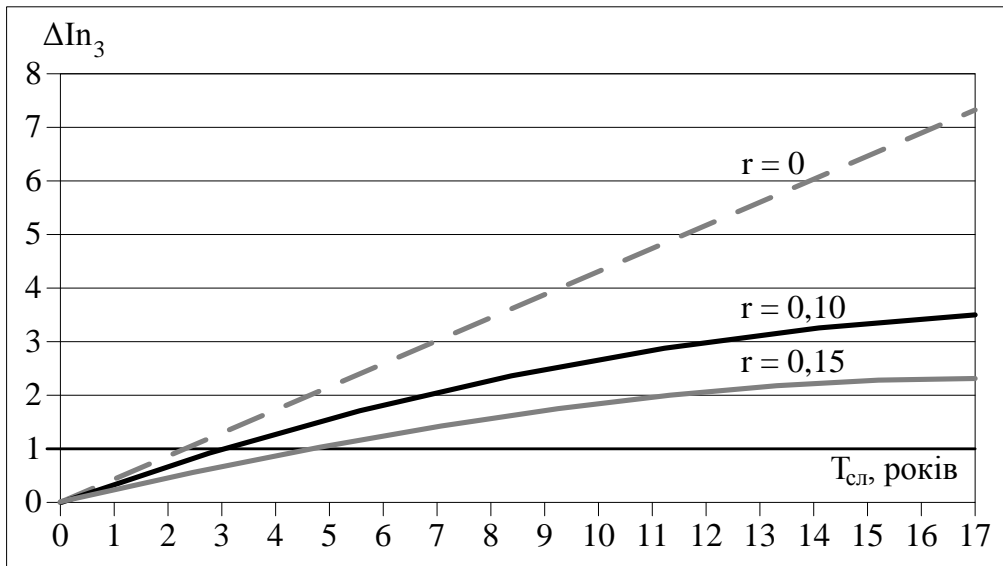


Рисунок 4.8 – Доходність енергозберігаючого заходу 3 при двох значеннях норми дисконту і без дисконтування ($r = 0$)

Приклад розрахований по економічним показникам одного з факторів (засобів) енергозбереження будівельного об'єкту: $\Delta I = 375$ г.о., $\Delta I_n = 154$ г.о./рік [21, 27]. Відносні величини отримані при базовій величині ΔI .

Візуальний аналіз (рис.4.8) вказує на недопустимість використання бездисконтних методів розрахунку ефективності інвестицій. Так, в випадку розрахунку строку окупності маємо суттєву від'ємну похибку, яка переростає в недопустимо велику при визначенні ЧДД і ІД, коли проходить переоцінка ефективності в рази. Лінеаризація потоку майбутніх доходів (виключаючи фактору часу) спотворює економічну інтерпретацію інвестиційного процесу.

Похибки розглянутих критеріїв ростуть з ростом норми дисконтування γ і тривалості $T_{сл}$. З іншої сторони, в випадку інвестицій зі строком окупності 2-3 роки можливо використовувати бездисконтними методами розрахунку (рис. 4.1).

У табл. 4.5. приведені розраховані критерії ефективності відповідних інвестицій для житлових споруд [29]. При цьому термін служби устаткування прийнятий рівним 15 років. Середня норма дисконту γ прийнята рівною 10 %.

Таблиця 4.5 - Показники ефективності по трьом факторам енергозбереження

Базова технологія/ енергозб-ча технологія	Питомі капітальні витрати базової технології/ енергозб. технології, г.о./м ²	Питомі експ-ні витрати базової технології/ енергозб. технології, г.о./м ² ·рік	T_o , рік	$T_{ок}$, рік	Питомий ДД, г.о./м ²	Питомий ЧДД, г.о./м ²	Індекс дохідності
Нерегульована система опалення/ Горизонтальна система опалення з термостатами	7,5 / 10,0	1,2 / 0,9	8,3	18,6	2,3	0,2	0,9

Продовження таблиці 4.5

Вентиляція з природним притоком повітря/ Механічна вентиляція з утилізацією тепла	1,8 / 9,0	1,9 / 0,4	4,8	6,9	11,4	4,1	1,6
Модернізована система кондиціонування повітря	375	154	2,4	2,9	1170	795	3,1

Для модернізованої системи кондиціонування повітря приведена повна вартість проекту і зниження енергоспоживання за рахунок модернізації за період $T_{сл}$.

Обсяг і склад економічних розрахунків у сфері капітального будівництва і, зокрема, будівництва будинків визначається:

- а) інвестиційною сферою (об'єднання діяльності замовників, інвесторів, підрядників, проектувальників, постачальників устаткування і т.д.);
- б) складом суб'єктів інвестиційної діяльності (інвестори і користувачі) і їхньою взаємодією.

У будь-якому разі інвестори в процесі ухвалення рішення про напрямок використання засобів розглядають всі альтернативні варіанти капітальних вкладень, реальних і портфельних, порівнюючи їх по ступеню прибутковості. Значимість окремих показників для оцінки порівняльної ефективності варіантів інвестицій визначається ступенем їхнього зв'язку з метою інвестування. Відповідно до цього найбільш значимим оціночним показником є ЧДД і відповідний ІД, оскільки вони, визначаючи міру інтегрального ефекту, дають найбільш загальну характеристику результату інвестування, тобто безпосередньо відбивають мету інвестування. У цьому зв'язку розглянемо два варіанти інвестицій: а) у деякий засіб енергозбереження (або в комплекс енергозберігаючих заходів при будівництві конкретного будинку) і б) у портфельні інвестиції (цінні папери, наприклад, облігаційного виду). Перевага

одного з них позначиться на більшій величині ДД (або ЧДД) за інтервал часу $T_{сл}$. При портфельних інвестиціях у розмірі ΔI за цей же інтервал часу утвориться наступна величина ДД за схемою складних відсотків:

$$T_0 = \frac{\Delta I}{\Delta I n} < \frac{1 - (1 + r)^{-T_{сл}}}{(1 + r)^{T_{сл}} \cdot r}. \quad (4.47)$$

Прирівнюючи сумарний дохід і такий самий при реальних інвестиціях, можна знайти таку величину норми дисконту, що забезпечить економічну еквівалентність двох напрямків інвестицій. Таким же способом можна знайти r , що дає пріоритет реальним інвестиціям.

На рис. 4.2 наведена номограма, що відбиває згаданий критерій. Алгоритм застосування номограми наступний. По відомому бездисконтному строку окупності T_0 і заданій нормі дисконту r знаходимо на номограмі точку A , певним чином орієнтовану щодо сімейства кривих терміну служби $T_{сл}$ інвестицій. Якщо точка A розташована нижче відповідної кривої $T_{сл}$, то перевагу потрібно віддати реальним інвестиціям (рис. 4.9).

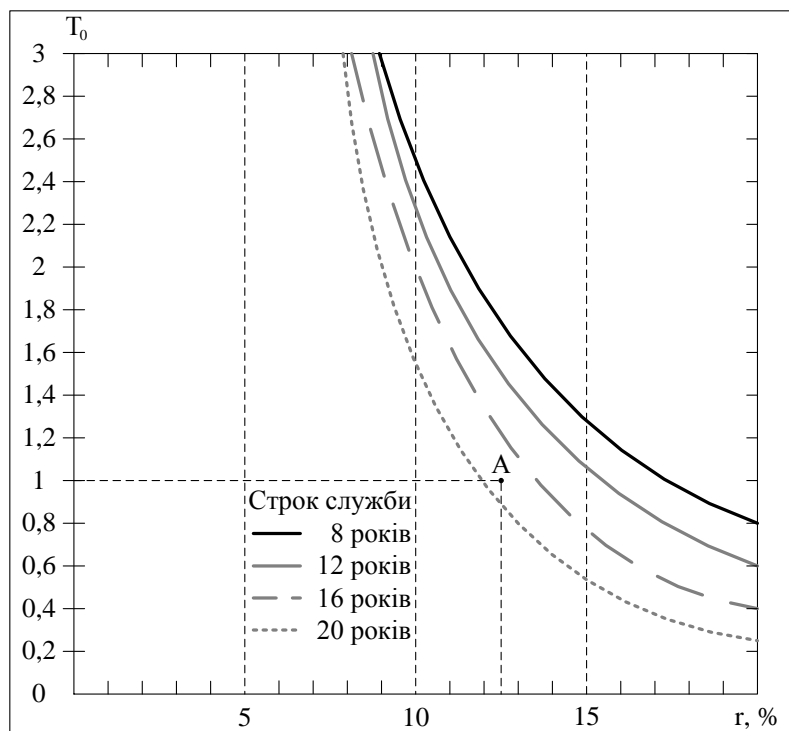


Рисунок 4.9 – Номограма економічної ефективності інвестицій

Аналіз номограми показує, що в діапазоні зміни норми дисконту 8 – 15 % реальні інвестиції виявляються більше вигідними лише при малих значеннях T_0 , тобто при дуже швидкій окупності інвестицій.

При порівнянні варіантів реальних інвестицій орієнтуватися треба на критерій ІД.

Розглянемо деякі питання економічного вибору у двох варіантах взаємодії основних економічних суб'єктів інвестиційного процесу - інвесторів і користувачів.

При поділі функцій між інвестором і користувачем виникає питання вартості інвестиційного об'єкта, що формує відповідні ціни на відповідному ринку. Енергоефективні споруди оцінюються вище в порівнянні із традиційними. Також очевидно, що й вартість їх перевищує традиційні. Потрібно оцінити відповідне подорожчання. Тут варто використати відомий принцип ціни активу [30, 4]: ціна будь-якого активу дорівнює сучасній вартості всіх пов'язаних з ним дійсних і майбутніх платежів за використання цього активу.

У розглянутому випадку більше дорогий енергозберігаючий будинок має меншу вартість регулярних платежів за енергоносії. Подорожчання визначається величиною ΔI , але протягом часу $T_{сл}$ користувач одержує щорічний дохід ΔI_n , що до кінця даного періоду утворює сумарну величину. Ясно, що інвестор вправі включити у вартість об'єкта складову ΔI , також він вправі включити у вартість енергозберігаючого активу і сумарний дохід користувача. Але оскільки протягом строку окупності $T_{ок}$ (рис. 4.1), до точки беззбитковості, користувач не одержує дохід, оскільки останній компенсує витрати на покупку більш дорогого будинку, інвестор може претендувати тільки на чистий дохід користувача. Однак сума зазначених складових дає повний дохід користувача.

Таким чином, подорожчання енергоефективного будинку визначається величиною:

$$\Delta P = \Delta I + ЧДД = ДД. \quad (4.50)$$

4.4. Поняття приведених витрат при оцінці варіантів енергозбереження в спорудах

При великому числі технічно рівноцінних варіантів завдання вибору з їхнього числа найбільш економічного звичайно вирішувалася в соціалістичній економіці за допомогою методу приведених витрат. Останні для кожного з варіантів мали вигляд:

$$Z = KE_H + E, \quad (4.48)$$

де K - капітальні вкладення (інвестиції), грн;

E_H - нормативний коефіцієнт ефективності, який дорівнює зворотній величині нормативного строку окупності додаткових інвестицій $T_H = 7 - 8$ років (чисельне його значення 0,12-0,14);

E - щорічні експлуатаційні витрати, грн./рік.

Мінімальна величина витрат свідчила про найкращу економічну характеристику варіанта із числа порівнюваних. Цей варіант можна було б знайти й іншим способом – шляхом попарного порівняння варіантів по ознаці окупності додаткових капітальних вкладень ΔK внаслідок зниження експлуатаційних витрат ΔE за бездисконтний строк окупності не більше 7 - 8 років. Тому метод приведених витрат в економічному змісті був повністю ідентичний методу попарного порівняння варіантів по строку окупності $T_{ок} /$ додаткових капітальних вкладень більш дорогого варіанту. При цьому цей строк визначався бездисконтним способом.

За допомогою методу приведених витрат визначався оптимальний варіант деяких параметрів об'єкта, чисельні значення яких могли мінятися безупинно, що являло собою вибір економічно оптимального варіанта з нескінченного числа порівнюваних, технічно рівноцінних.

У зв'язку з цим виникає питання: чи мають розглянуті ринкові методи вибору економічно оптимального варіанта аналог витратам у розподільній економіці? Позитивна відповідь має велике практичне значення, оскільки механізм їх використання надзвичайно зручний при економічному порівнянні великої кількості варіантів. Відповідь на дане питання отримана в [12], де показано, що відповідний алгоритм вибору оптимального варіанта повністю залишається в силі, але нормативний коефіцієнт ефективності E_H повинен бути замінений на інший коефіцієнт E - коефіцієнтом ефективності:

$$E = \left[\frac{r}{1 - (1 + r)^{T_{г.о.}}} \right], \quad (4.49)$$

де $T_{г.о.}$ – граничний строк окупності (з урахуванням операцій дисконтування майбутніх доходів) для додаткових інвестицій, призначуваним інвестором, років.

У випадку державних інвестицій строк окупності нормований і приймається рівним 8 років. Відмітимо, в [9] це показано: неврахування фактора дисконту в методі приведених витрат часто приводить до вибору варіанта з невиправдано більшими капітальними вкладеннями (табл. 4.6). Необхідно звернути увагу і на те, що згідно (12) чисельно величина E майже у два раз перевищує величину E_H .

Таблиця 4.6 - Приведені витрати по трьом факторам енергозбереження

Енергозб-ча технологія	Питомі капітальні витрати енергозб-ї технології, г.о./м ²	Питомі експлуатаційні витрати енергозб-ї технології, г.о./м ²	E	Приведені витрати Z , г.о./м ²
Горизонтальна система опалення з термостатами	10,0	0,9	0,19	2,8
Механічна вентиляція з утилізацією тепла	9,0	0,4		2,1
Модернізована система кондиціонування повітря	375	154		225,2

Для модернізованої системи кондиціонування повітря приведена повна вартість проекту і зниження енергоспоживання за рахунок модернізації за період $T_{сл}$.

Поліпшення теплозахисних властивостей огорожуючих конструкцій, яке чисельно виражається збільшенням опору теплопередачі, сприяє зниженню фінансових витрат на придбання енергоносіїв, необхідних для опалення будинку при його експлуатації. Невизначеність економічної доцільності обумовлена постійною зміною в часі рівня світових цін на основні енергоносії, що має стійку тенденцію до підвищення. Крім того, інвестиції, необхідні для підвищення енергоефективності будинку, залежать від фізичних властивостей теплоізоляційного матеріалу і енергоемності технології його виробництва, що визначає його ринкову вартість, а також від кількості цього матеріалу, необхідного для одержання необхідного опору теплопередачі (тобто від товщини шару теплоізоляції), від трудомісткості процесу укладання шару теплоізоляції.

Тому задача визначення оптимальних значень необхідної товщини σ теплоізоляційного шару має характер багатофакторного аналізу. Він ускладнюється невизначеністю основних вихідних даних, серед яких головне — це вірогідність прогнозу динаміки світових цін на енергоносії на довгострокову перспективу.

Аналітично оптимальну величину товщини теплоізоляції огорожуючих конструкцій можна визначити за допомогою методу чистого дисконтованого доходу. Якщо врахувати зростання витрат коштів на опалення у зв'язку з інфляцією, заданою нормою μ , то вираз для знаходження чистого дисконтованого доходу прийме вигляд:

$$ЧДД = -K + \sum_{t=1}^T \Delta E_t \frac{1 + \mu}{1 + r}, \quad (4.50)$$

де K – інвестиційні кошти, пов'язані з установкою теплової ізоляції, грн;

ΔE_t – економія коштів в t – році, пов'язана із зменшенням витрат енергії після встановлення теплової ізоляції, грн/м²;

T – прийнятий термін експлуатації теплової ізоляції, рік;

μ – норма інфляції;

r – ставка дисконту.

Після перетворення виразу (4.13) отримаємо:

$$ЧДД = -S - I\delta + 24G_0 \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_0 + \frac{\delta}{\lambda}} \right) \sum_{t=1}^T \Delta E_t \frac{1+\mu}{1+r}, \quad (4.51)$$

де S – постійна частина інвестиційних коштів, грн/м²;

I – ціна 1м³ теплової ізоляції грн/м³;

σ – товщина теплової ізоляції, м;

G_0 – тариф на теплову енергію в опалювальному сезоні, грн/ГДж;

R_0 – опір теплопередачі стін (стелі) без ізоляції, м²·°С/Вт;

λ – коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції, Вт/м²·°С.

З умови екстремуму функції NPV:

$$\frac{dNPV}{d\delta} = 0, \quad (4.52)$$

Отримаємо вираз для визначення оптимальної товщини ізоляції терміном експлуатації T років:

$$\delta_{opt} = \lambda \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T \Delta E_t \frac{1+\mu}{1+r}}{\lambda I} - R_0}. \quad (4.53)$$

Необхідно відмітити, що оптимальна товщина теплової ізоляції знайдена таким чином не завжди може бути реалізована практично. На рис. 4.10.

показане графічне рішення задачі визначення оптимальної товщини теплоізоляції огорожуючої конструкції [22].

На рис. 4.10. крива 1 характеризує витрати на придбання енергоносіїв для опалення будинку, що змінюються нелінійно при збільшенні товщини σ теплоізоляційного шару; крива 2 — зміна загальної вартості теплоізоляційних робіт при збільшенні товщини шару ізоляції. Зміна загальної вартості також має нелінійний характер, оскільки вартість теплоізоляційного матеріалу пропорційна товщині шару ізоляції, а вартість теплоізоляційних робіт — площі поверхні огорожувальної конструкції, яку утеплюють. Оптимальна товщина теплоізоляції з погляду економії засобів досягається в тих випадках, коли сума витрат на енергію і на теплоізоляцію буде мінімальною. Виходячи з цього, рекомендована нормативами, прийнятими в Україні, товщина ефективних утеплювачів (пінополістирол або мінеральна вата) для зовнішнього утеплення будинків складає $\delta_{\text{опт}} = 10...12$ см, а для внутрішніх теплоізоляційних прокладок у стінових багат шарових панелях з ребрами жорсткості $\delta_{\text{опт}} = 15...20$ см.

Як свідчить досвід, світові ціни на основні види енергоносіїв (нафту і газ) змінюються швидше, ніж це прогнозується багатьма експертами. Тому оптимальна товщина теплоізоляційного шару огорожуючих конструкцій, визначена при одному рівні світових цін на енергоносії, стає далеко не оптимальною при підвищенні вартості енергоносіїв протягом декількох років. З цього погляду набагато дешевше при будівництві або реконструкції утеплити будинок більш товстим шаром теплоізоляційного матеріалу в порівнянні з діючим оптимумом, чим у процесі їхньої експлуатації заново займатися утепленням будинків для досягнення нового оптимуму, обумовленого підвищеними цінами на енергоносії.

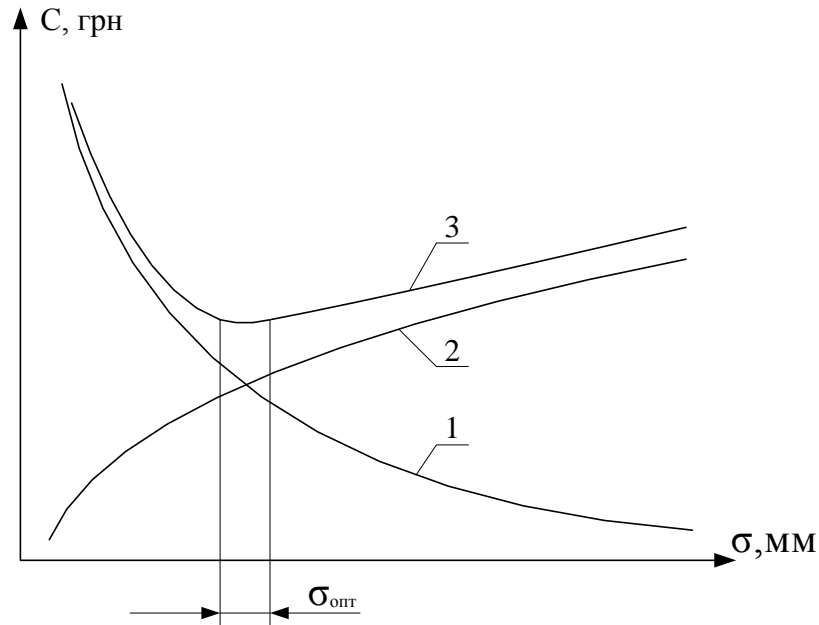


Рисунок 4.10 – Визначення оптимальної товщини теплоізоляції: 1 — вартість витрат енергії на опалення будинку; 2 — вартість теплоізоляційних матеріалів і робіт з установки ізоляції; 3 — сума витрат на енергію і теплоізоляцію.

В роботі [13] в якості прикладу по економічним показникам енергоефективності дано аналіз проекту по доутепленню стін і покрівлі житлового будинку в районі м. Києва. Для цього визначалися потреби в теплоті і експлуатаційні витрати до і після реалізації термореноваційного проекту. В табл. 4.7 подані визначені показники ефективності від реалізації проекту утеплення будинку. Показники визначені на підставі розрахунків витрат на опалення будинку залежно від способу теплоізоляції і прийнятої норми дисконту на рівні 8%.

Таблиця 4.7 - Показники ефективності термореноваційних інвестицій

Термореноваційні заходи	Термін окупності	Показники ефективності інвестицій	
		ЧДД, грн	ВНД, %
Утеплення стін styropianem товщина 8 см товщина 10 см	5,58	33913	18,4
	5,56	31843	18,3
Утеплення стін мінеральною ватою товщина 8 см товщина 10 см	6,09	27979	16,4
	6,16	29083	16,2
Утеплення даху styropianem товщина 8 см товщина 10 см	6,43	7623	15,2
	6,39	8558	15,2
Утеплення даху мінеральною ватою товщина 8 см товщина 10 см	8,07	3900	11,2
	8,46	3346	10,0

В табл. 4.7 ВНД – внутрішня норма доходності (ставка дисконтування при якій ЧДД = 0). Тобто це така норма відсотку дисконту, при якій настає рівність між сумою доходів від зменшення експлуатаційних витрат на опалення будинку і коштами інвестованого в проект капіталу. ВНД безпосередньо показує рівень рентабельності даної інвестиції. Проект модернізації теплової ізоляції буде окупним, якщо його внутрішня норма доходності буде вищою (в крайньому разі рівною) від норми граничного дисконту, встановленої інвестором.

Як видно з табл. 4.7 терміни окупності в деяких варіантах близькі один до одного, але показники ЧДД суттєво відрізняються.

У зв'язку з різноманітністю житлових будинків в сільській місцевості (величина коефіцієнта теплопередачі коливається в межах 1...2,8 Вт/(м²·К), а коефіцієнт забезпечення теплоти 250...400 кВт·год/(м²·рік)) і суттєвих різницях в цінах 1м² утеплення огорожень, щоб інвестиційні вкладення були найбільш ефективними необхідно для кожного будинку індивідуально оцінювати ефективність планованих заходів направлених на підвищення енергоефективності.

Таким чином підвищення енергоефективності сільських комунально-побутових споруд має метою зниження витрат палива на їх теплозабезпечення, і, як наслідок, зменшення коштів, які на це витрачаються. Тобто підвищення енергетичної ефективності будинку відбувається тоді, коли відповідні інноваційно-енергозберігаючі рішення супроводжуються цілком визначеними вартісними ефектами. Найбільш точну оцінку економічної ефективності енергозберігаючих заходів дають методи дисконту, які враховують грошові потоки, одержувані в майбутньому від впровадження цих заходів.

Необхідно визначати економічну доцільність всіх енергозберігаючих заходів та інженерно-технічних рішень. В деяких випадках вони можуть приводити до однакових (або майже однакових) результатів. В такому випадку до виконання приймається той енергозберігаючий проект, економічна ефективність якого вища.

Насамкінець відзначимо, що для успішного використання ринкових критеріїв оцінки ефективності інвестицій в заходи енергозбереження споруд необхідна достовірна інформація про величини зниження споживання спорудами енергоносіїв (газ). Це, в свою чергу, передбачає ясність в питаннях зміни тарифів на комунальні енергоносії в перспективі.

РОЗДІЛ 5

ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ ТА ЇХ ОСНАЩЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИМИ ТЕПЛОПУНКТАМИ

5.1. Техніко-економічні засади термомодернізації споруд старої забудови

Термомодернізація являє собою комплекс заходів, спрямованих на покращення існуючих теплотехнічних параметрів будівель з метою зменшення обсягів споживання тепла (вартості обігріву будівель) та забезпечення мікроклімату в будівлях.

До ключових проблем термомодернізації і енергоощадності в існуючих будівлях можна віднести:

- відсутність чітко визначених практичних механізмів проведення енергоощадної політики;
- наявність невизначеності повноважень виконавських органів влади в частині забезпечення належного контролю за здійсненням енергоощадних проектів і заходів;
- відсутність матеріальної зацікавленості виконавців;
- відсутність зворотного зв'язку між закладеними в проекті сучасними рішеннями та їх енергоефективністю в експлуатації;
- невисока правова і технічна підготовка доволі значної кількості фахівців всіх рівнів (особливо у сфері житлово-комунального господарства і соціальної сфери), що займаються питаннями енергопостачання і енергоощадності;
- відставання експлуатаційних служб у використанні можливостей, що надаються новими технологіями, реалізованими при новому будівництві і термомодернізації;
- відсутність відомостей про енергетичну ефективність будівель різноманітного призначення.

Відомо, що теплова ефективність будівель може бути покращена за рахунок підвищення нормативних вимог до опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій, обмеження розмірів світлових отворів і вдосконалення конструкцій їх заповнення (розширення сфери застосування потрібного скління, екранування віконних отворів, застосування теплозахисного скла), раціональних об'ємно-планувальних вирішень будівель, автоматизації центрального місцевого та індивідуального регулювання витрат теплоносія у системах опалення.

Основні етапи термомодернізації будівель включають:

- обмеження тепловтрат будівлі: утеплення стін, підлоги, даху будівлі, усунення існуючих містків холоду, заміна старих вікон на сучасніші;
- модернізація джерела тепла: впровадження системи автоматичного погодного регулювання, нових котлів і теплообмінників;
- модернізація обігрівуючого устаткування: виконання попередніх регулювань, установка термостатичних вентилів і так далі
- введення індивідуального обліку споживання тепла.

Кожен етап вимагає окремого уважного підходу та прийняття рішень на підставі техніко-економічного обґрунтування. найвигіднішого рішення з економічного і технічного боку.

Термомодернізація вимагає застосування новітнього опалювального устаткування, використання поновлюваних джерел енергії та моніторингу споживання тепла.

Передусім слід зосередити увагу на обмеженні тепловтрат будівлі (рис. 5.1), зважаючи на те, що застосування новітніх технологічних рішень, енергоефективного і екологічного устаткування вимагає значних капітальних вкладень, що є досі проблематичним в Україні.



Рисунок 5.1 – Структурні складові втрат тепла

При утепленні фасадів і стін будівлі можна добитися зменшення тепловтрат (рис. 5.2) приблизно на 35 %, що дозволить зберігати тепло в будівлі довший проміжок часу, а це є основою зменшення енерговитрат загалом. При цьому також підвищиться загальна температура в будівлі (рис. 5.3) на кілька градусів взимку, що дозволить набагато комфортніше почувати себе в приміщенні. Є важливим і те, що застосування ефективного утеплювача дозволяє значно зменшити масивні будівельні конструкції за рахунок товщини стін.

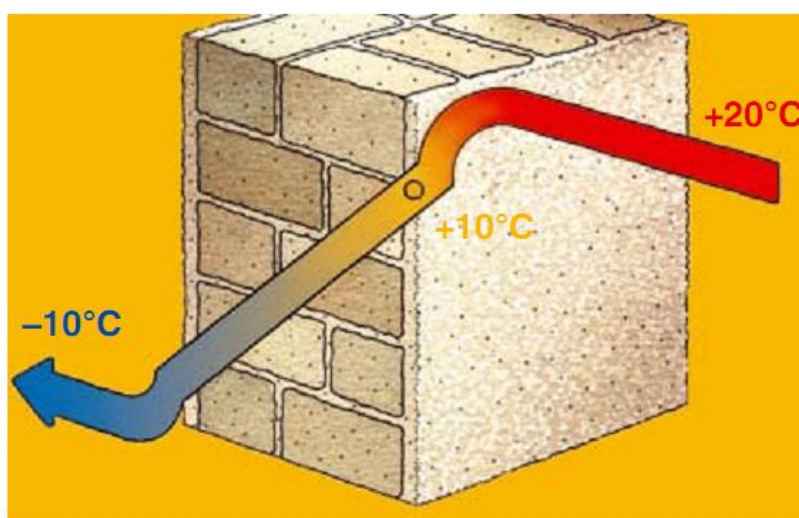


Рисунок 5.2 – Швидкі втрати тепла крізь не утеплену стіну

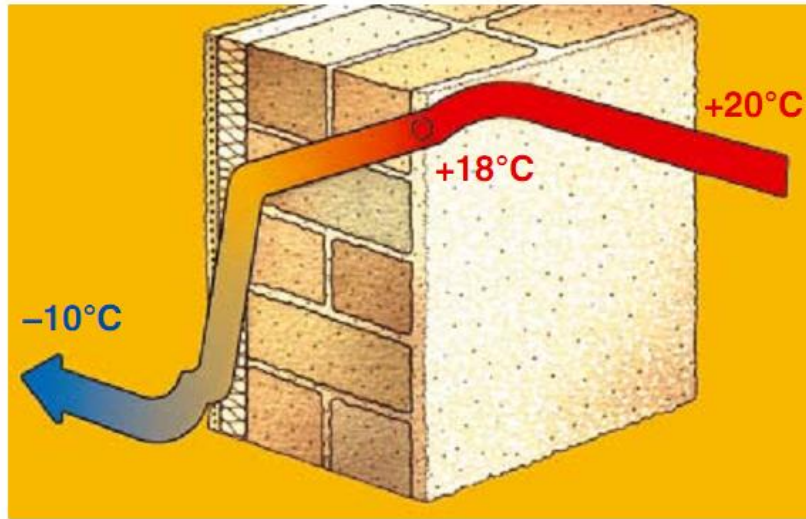


Рисунок 5.3 – Радикальне зниження втрат тепла через утеплену із зовнішнього боку стіну

Згідно з вимогами чинних нормативних документів опір теплопередачі зовнішніх стін має бути не меншим $2,8-3,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Якщо за таких вимог виконувати стіну з цегли, то в першій кліматичній зоні її товщина повинна складати біля 2 м. Безумовно таку конструкцію не можна вважати виправданою і в першу чергу з економічних міркувань. Більш вигідно буде створити несучу конструкцію (цегла, бетон і т. д.), а для досягнення необхідного значення опору теплопередачі стін використовувати різні сучасні високоефективні теплоізоляційні матеріали.

5.1.1. Енергетична паспортизація будівель. Відповідно до вимог чинних нормативних документів для кожної будівлі має бути розроблений енергетичний паспорт, що являє собою універсальний документ, який містить інформацію про термічний опір огорожувальних конструкцій будівель, інженерні системи, їх стан та ступінь автоматизації.

Енергетична паспортизація житлових і громадських будівель діє в Україні з 01.04.2007 р. після введення нормативних вимог ДБН В.2.6-3: 2006 «Теплова ізоляція будівель». Складання енергетичного паспорта будівель до 2009 р. було факультативним. З 01.01.2009 р. енергетичний паспорт є

обов'язковою складовою проектної документації для житлових і громадських будівель при новому будівництві та реконструкції.

З 01.07.2008 р. введений в дію ДСТУ-Н.Б.А.2.2.-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції», де розкриті методичні положення, необхідні для розрахунку параметрів енергетичного паспорта. Стандарт є розвитком положень ДБН В.2.6-31 відносно оцінювання параметрів енергетичної ефективності будівель і споруд.

Положення, що встановлюються в стандарті, дозволяють визначати величини розрахункових параметрів і складати розділ проектної документації, який стосується реалізації вимог щодо енергоощадності і оцінювання енергетичної ефективності будівель згідно ДБН А.2.2-3-2004.

Енергетичний паспорт має бути включений як окремий документ до складу розділу проектної документації, що стосується реалізації вимог щодо енергоощадності і оцінки енергетичної ефективності будівлі.

Енергетичний паспорт будинку складають проектні організації, що мають відповідні ліцензії.

Енергетична паспортизація будівель передбачає присвоєння будівлі відповідного класу енергетичної ефективності.

У ДБН В.2.6-31:2006 і ДСТУ-Н Би А.2.2-5:2007 встановлені 6 класів енергетичної ефективності будівлі (табл.5.1). Наявність 6-ти класів на шкалі маркування надає можливість уніфікації відповідних економічно обгрунтованих заходів з економії енергії в будівлях, різних за періодом будівництва, конструкційними і інженерними рішеннями, нормами проектування, умовами експлуатації, а також оцінювання інвестиційної привабливості будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації) і експлуатації будівель.

Клас енергетичної ефективності будівлі встановлюють при проектуванні, введенні будівлі в експлуатацію і за даними контролю та оцінювання фактичного рівня тепловтрат на опалення експлуатованої будівлі. Цей клас

може бути уточнений за результатами експлуатації і впровадження заходів з енергоощадності.

Клас енергетичної ефективності будівлі позначається латинськими буквами «А», «В», «С», «D», «Е», «F»; причому буква «А» відповідає будівлям із найкращими показниками енергетичної ефективності, а «F» - будівлям, що мають найгірші показники.

Вимоги до класу енергетичної ефективності будівлі встановлюються Замовником у завданні на проектування і реалізуються при проектуванні у відповідних розділах проекту.

Для будинків, які проектуються, необхідно приймати клас енергетичної ефективності не нижче ніж «С». При цьому відповідність нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2006 має бути підтверджена після завершення будівництва. Це положення пояснюється тим, що в процесі будівництва зазвичай відбуваються відступи від проекту, наприклад, заміна одного матеріалу на інший або зміна конструкційних рішень. Як правило, такі відступи мають бути санкціоновані проектною організацією. Проте в практиці будівництва трапляються випадки, коли будівельна організація здійснює несанкціоновані відступи від проекту. Тому при здаванні нової будівлі в експлуатацію норми вимагають від проектною організації повторного заповнення енергетичного паспорта з тією ж метою, що і при розробці проекту.

Класифікація існуючих будівель за енергоефективністю повинна здійснюватися за результатами енергоаудиту.

Таблиця 5.1 - Класифікація будівель за енергетичною ефективністю

Клас енергетичної ефективності будівлі	Різниця, % розрахункового або фактичного значення питомих тепловтрат, $q_{\text{буд}}$, від максимально допустимого значення, $E_{\text{max}}[(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}}) / E_{\text{max}}] \cdot 100\%$
А	Мінус 50 і менше
В	Від мінус 49 до мінус 10
С	Від мінус 9 до плюс 5
D	Від плюс 6 до плюс 25
Е	Від плюс 26 до плюс 75
F	Плюс 76 та більше

Енергетична паспортизація будівель є обов'язковою умовою забезпечення їх енергоефективності.

Енергетичний паспорт повинен містити три аспекти енергетичної ефективності будівель: доказ відповідності проекту нормативним вимогам, контроль енергоефективності в процесі експлуатації, мотивація власників будівель до зниження обсягів енергоспоживання.

Загальна структура енергетичної паспортизації є наступною:

1) визначення:

- загальних будівельних даних про конфігурацію і орієнтацію будівлі, її поверховість і об'єм, площу зовнішніх захисних (огороджувальних) конструкцій, площу підлоги опалюваних приміщень;

- кліматичних характеристик району будівництва, у тому числі вичерпні дані про опалювальний період і розрахункову температуру внутрішнього повітря;

- даних про системи підтримання мікроклімату приміщень і способи їх регулювання залежно від зміни кліматичних впливів, інших джерел надходження теплової енергії в будівлю та інженерних систем будівлі;

- проектних даних про теплоізоляцію будівлі і енергетичні параметри - значення приведенного опору теплопередачі, як окремих елементів, так і теплоізоляційної оболонки будівлі в цілому;

- зведених енергетичних параметрів будинку - питомі витрати енергії на опалення будівлі;

- відповідності теплотехнічних і енергетичних параметрів будівлі нормативним вимогам;

2) встановлення:

- змін (об'ємно-планувальних, конструкційних, систем підтримання мікроклімату) зведеної будівлі в порівнянні з проектом;

- фактичних параметрів енергоспоживання і теплотехнічних показників будівлі після річного періоду її експлуатації;

- порівняння проектних і експлуатаційних теплотехнічних і енергетичних характеристик;

3) маркування:

- присвоєння категорій енергетичної ефективності з відповідними пільгами або санкціями, енергетична сертифікація будинку;

- розробка заходів із підвищення енергетичної ефективності.

Енергетичний паспорт за своєю методичною суттю базується на двох методиках:

- методиці теплотехнічного проектування будівлі;

- методиці контролю енергетичних параметрів експлуатованої будівлі.

Приведений коефіцієнт теплопередачі будівлі, визначений в енергетичному паспорті за ДБН В.2.6-31: 2006, характеризує як трансмісійні, так і інфільтраційні складові її тепловтрат. При оцінюванні енергоспоживання будівлі в натурних умовах враховуються не лише витрати тепла, що подається в будівлю системою опалення, але і інші джерела енергії, які виділяють тепло усередині будівлі: гаряче водопостачання, електричні освітлювальні і побутові прилади, газові плити.

У загальних положеннях норм[4] встановлено, що визначення фактичних значень показників енергетичної ефективності існуючих будівель і присвоєння їм відповідного класу енергетичної ефективності здійснюється за результатами енергетичних обстежень (енергоаудиту). Проте для експлуатованих будинків порядок енергоаудиту, а відповідно і енергетичної паспортизації доки не розроблено. Слід зазначити, що в цьому напрямі виконується певна робота, пов'язана саме з методичним забезпеченням енергоаудитів. У 2007-2008 гг Мінрегіонбудом України розроблені і введені в дію два національні стандарти, що встановлюють методи визначення енергетичних параметрів будівель при їх експлуатації [4]. Для подальшого методичного забезпечення енергетичного аудиту будівель необхідно розробити і прийняти стандарт ДСТУ Б В.2.2-xxx-200x «Будівлі та споруди. Методи проведення енергетичного аудиту будівель під час їх здавання в експлуатацію та в процесі експлуатації», а головне

законодавчо врегулювати правові і організаційні основи забезпечення енергетичної ефективності об'єктів житлово-цивільного призначення і статус енергетичних аудитів (про що йдеться у проекті Закону України «Про енергетичну ефективність будівель»).

В світі також існує система оцінювання енергетичних показників і маркування будівель за цими показниками. Такі системи вже впроваджені в країнах Західної Європи, США і спрямовані на стимулювання застосування енергоефективних конструкційних заходів та інженерних систем в будівлях передовсім громадського, а також житлового призначення. При цьому встановлюється ранжирування будинків за комплексом показників, що характеризують енергоефективність будівлі.

Для забезпечення європейського оцінювання енергоефективності будівель передбачається здійснити відповідну гармонізацію чинної вітчизняної нормативної бази з положеннями європейських нормативів, про що йде мова в Галузевій програмі з енергоефективності в будівництві.

5.1.2. Основні засади термомодернізації будівель. При проведенні повної термомодернізації будівель висуваються вимоги, наведені в таблиці 5.2

Як свідчить практика реалізації енергоощадних проектів у сфері житлово-комунального господарства, економія теплоспоживання при цьому може досягати 50-60%, а оплата за спожите тепло може бути зменшена на 30-40%.

Термомодернізація скорочує енергоспоживання, необхідне для обігріву, а значить, знижує експлуатаційну вартість будівлі, перетворюючи її на енергоефективну (рис.5.4).

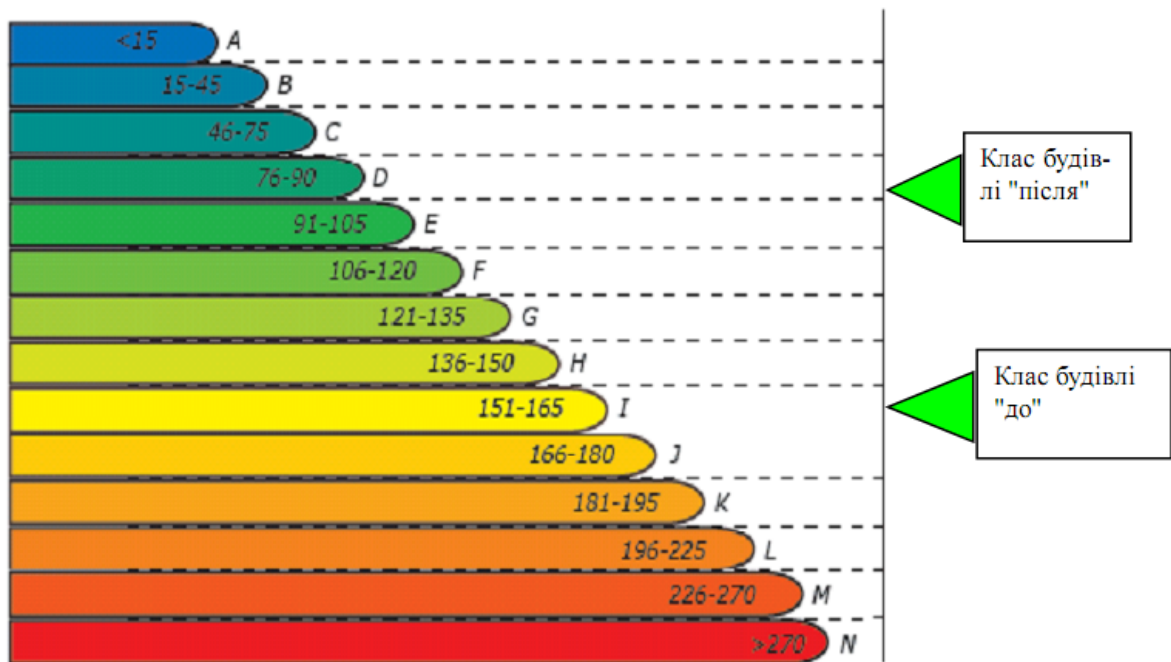


Рисунок 5.4 – Стандартизована річна витрата теплової енергії кВт год на 1 м² опалюваної площі енергоефективної будівлі в країнах ЄС

Первинні капіталовкладення інколи повертаються лише через кілька років, але його переваги відчуваються миттєво, особливо якщо до термомодернізації будівлі підштовхнула необхідність оновлення фасадів.

Таблиця 5.2 - Вимоги до проведення повної термомодернізації будівель

Найменування заходу	Обов'язкові заходи	
	Найменування заходу	Нормативний документ, що встановлює обов'язковість заходу
1 Утеплення будівель ¹ : - зовнішнє утеплення стін і дахів; - заміна вікон у приміщеннях та під'їздах	Утеплення будівель Енергетичний паспорт	ДБН В.2.6-31:2006 ДБН В.2.6-31:2006; ДСТУ-Н.Б.А.2.2.-5:2007
2 Модернізація інженерних систем: - автоматизація теплового пункту (регулювання за погодними умовами і заміна елеватора на насос), а також встановлення теплотільника;	- встановлення регулятора за погодними умовами в тепловому пункті; - заміна елеватора на насос;	ДБН 2.5-39-2009, СНиП 2.04.05-91 змін. № 2:1999; ДБН В.2.5-39-2009.

<p>- автоматизація системи опалення (встановлення терморегуляторів на опалювальних приладах і автоматичних балансувальних клапанів на стояках), а також встановлення засобів поквартирного обліку теплової енергії на опалення(у житлових будинках);</p>	<p>- встановлення терморегуляторів на опалювальних приладах;</p> <p>- встановлення автоматичних балансувальних клапанів на стояках;</p>	<p>СНиП 2.04.05-91 - змін. № 2; 1999: ДБН В.2.2-15-2005</p> <p>СНиП 2.0405-91 змін. № 2: 1999 (відгалуженнях ОBOB'ЯЗКОВО ДБН В.2.2-24: 2009) системи опалення;</p>
<p>- автоматизація системи гарячого водопостачання (встановлення терморегуляторів на циркуляційних трубопроводах) та встановлення засобів обліку</p>	<p>- поквартирний облік теплоспоживання системою опалення тепло лічильниками;</p>	<p>ДБН В.2.2-15-2005 змін. № 1:2009</p>
	<p>- лічильники-розподільники (допускається)</p>	<p>ДБН В.2.2-15-2005 змін № 1:2009</p>
	<p>- встановлення терморегуляторів системи ГВП (допускається)</p>	<p>ДБН В.2.2-15-2005 змін. № 1:2009</p>

Примітка 1. Утепленню підлягають всі елементи огорожувальних конструкцій: зовнішні стіни; покриття; вікна та двері; перекриття над тех. підпіллям; горищні перекриття; лоджії та інше.

5.1.3. Сучасні технології утеплення стін. Найбільш оптимальним стосовно забезпечення нормального режиму температурної вологості, як в самій конструкції будівлі, так і в окремих приміщеннях, а також найбільш ефективним рішенням з точки зору енергозбереження є зовнішнє утеплення будівель (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 – Вигляд будинку з утепленими стінами

Рекомендована товщина додаткової теплоізоляції, яку кріплять до зовнішньої сторони стіни негорючим клейовим складом і пластмасовими дюбелями, при огорожувальній конструкції з керамічної цегли товщиною 51 см або керамзитобетону завтовшки 30 см має бути не менше 10 см. Зовні на плити теплоізолятора приклеюють захищену лугостійким покриттям сітку із скловолкна. Для подальшої обробки використовують тонкошарову полімермінеральну негорючу штукатурку. Така конструкція відповідає вимогам будівельних нормативів.

Теплова ізоляція захищає огорожувальні конструкції, від температурних впливів, вирівнює температурні коливання, завдяки чому виключається поява тріщин в матеріалі покриття. При зовнішній теплоізоляції точка роси зсувається в зовнішній теплоізоляційний шар, що запобігає випаданню конденсату усередині будівлі, а значить у приміщенні не буде вологих стін, сирості і пов'язаних з цим неприємних наслідків. За рахунок стабільності температури внутрішньої поверхні стіни в будинку формується сприятливіший клімат.

Нормативна база на утеплення стін будівель і споруд ДБН В.2.6-31: 2006 «Теплова ізоляція будівель» Мінімально допустимі значення опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій житлово-громадських будинків і споруд для нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту залежно від розташування будівництва в температурній зоні України.

Сучасні технології утеплення стін системи TURBO є доцільними для виконання утеплень житлових, промислових і громадських будівель, що будуються, а також для виконання термомодернізації раніше побудованих будівель.

Система TURBO (табл. 5.3) являє собою сучасну безшовну систему утеплення зовнішніх стін будівель із застосуванням пінополістирольних плит як теплоізоляційного матеріалу. У цій системі декоративно-захисні функції виконує мінеральна штукатурка (EDELPUTZ DR 061, EDELPUTZ BR 062), яка відрізняється високою стійкістю до атмосферних дій і старіння, біологічної агресії (водорості, гриби, лишайники), а також дуже високою паропроникністю.

Система TURBO-S (табл. 5.4) це сучасна безшовна система утеплення зовнішніх стін будівель із застосуванням пінополістирольних плит як теплоізоляційного матеріалу. У цій системі декоративно-захисні функції виконує акрилова штукатурка (ACRYLPUTZ 010), яка відрізняється високою механічною міцністю, дуже високою еластичністю, винятковою кольоростійкістю. ACRYLPUTZ 010 доступна в багатій гамі з 268 кольорів.

Таблиця 5.3 - Характеристики системи TURBO

Продукт	Застосування	Витрата на 1м ²
STYROPOR-KLEBEMORTEL 210	Клей для плит із пінополістиролу	біля 4,0 кг
Сітка 160 г/м ²	Армувальна склосітка	біля 1,1 м ²
ARMIERUNGS-GEWEBEKLEBER 220	Клей для плит із пінополістиролу і улаштування базового штукатурного шару	біля 5,0 кг
PUTZGRUND 330	Грунтовка під штукатурку	біля 0,3 кг
EDELPUTZ DR 061 EDELPUTZ BR 062	Мінеральна штукатурка	от 2,0 кг
EGALISIERUNGSFARBE 005	Фасадна фарба	від 0,125 мл

Таблиця 5.4 - Характеристики системи TURBO-S

Продукт	Застосування	Витрата на 1м ²
STYROPOR-KLEBEMORTEL 210	Клей для плит із пінополістиролу	біля 4,0 кг
Сітка 160 г/м ²	Армувальна склосітка	біля 1,1 м ²
ARMIERUNGS-GEWEBEKLEBER 220	Клей для плит із пінополістиролу і улаштування базового штукатурного шару	біля 5,0 кг
PUTZGRUND 330	Грунтовка під штукатурку	біля 0,3 кг
ACRYLPUTZ 010	Акрилова штукатурка	від 0,125 мл

Система TURBO-SA (табл. 5.5) являє собою сучасну безшовну систему утеплення зовнішніх стенів будівель із застосуванням пінополістирольних плит як теплоізоляційного матеріалу. У цій системі декоративно-захисні функції виконує силікатна штукатурка (SILIKATPUTZ 020), яка відрізняється високою механічною міцністю, високою стійкістю до старіння, біологічної агресії (водорості, гриби, лишайники), а також високою паропроникністю. SILIKATPUTZ 020 доступна в багатій гамі 226 кольорів.

Таблиця 5.5 - Характеристики системи TURBO-SA

Продукт	Застосування	Витрата на 1м ²
STYROPOR-KLEBEMORTEL 210	Клей для плит із пінополістиролу	біля 4,0 кг
Сітка 160 г/м ²	Армувальна склосітка	біля 1,1 м ²
ARMIERUNGS-GEWEBEKLEBER 220	Клей для плит із пінополістиролу і улаштування базового штукатурного шару	біля 5,0 кг
SILIKAT-PUTZGRUND 331	Грунтовка під штукатурку	біля 0,3 кг
SILIKATPUTZ 020	Силікатна штукатурка	від 1,7 кг

Система TURBO-SO (табл. 5.6) - це сучасна безшовна система утеплення зовнішніх стін будівель із застосуванням пінополістирольних плит як теплоізоляційного матеріалу. У цій системі декоративно-захисні функції виконує силіконова штукатурка (SILIKONPUTZ 030), яка відрізняється високою механічною міцністю, високою стійкістю до старіння, високою еластичністю, дуже високою стійкістю до забруднення і стійкістю до

біологічної агресії (водорості, гриби, лишайники), а також високою паропроникністю. SILIKONPUTZ 030 доступна в багатій гамі 268 кольорів.

Система TURBO-SISI (табл. 5.7) являє собою сучасну безшовну систему утеплення зовнішніх стін будівель компанії KREISEL із застосуванням пінополістирольних плит як теплоізоляційного матеріалу.

Таблиця 5.6 - Характеристики системи TURBO-SO

Продукт	Застосування	Витрата на 1м ²
STYROPOR-KLEBEMORTEL 210	Клей для плит із пінополістиролу	біля 4,0 кг
Сітка 160 г/м ²	Армувальна склосітка	біля 1,1 м ²
ARMIERUNGS-GEWEBEKLEBER 220	Клей для плит із пінополістиролу і улаштування базового штукатурного шару	біля 5,0 кг
SILIKON-PUTZGRUND 332	Грунтовка під штукатурку	біля 0,3 кг
SILIKONPUTZ 030	Силіконова штукатурка	від 1,7 кг

Таблиця 5.7 - Характеристики системи TURBO-SISI

Продукт	Застосування	Витрата на 1м ²
STYROPOR-KLEBEMORTEL 210	Клей для плит із пінополістиролу	біля 4,0 кг
Сітка 160 г/м ²	Армувальна склосітка	біля 1,1 м ²
ARMIERUNGS-GEWEBEKLEBER 220	Клей для плит із пінополістиролу і улаштування базового штукатурного шару	біля 5,0 кг
SISI-PUTZGRUND 333	Грунтовка під штукатурку	біля 0,3 кг
SISIPUTZ 040	Силікатно-силіконова штукатурка	від 1,7 кг

У цій системі декоративно-захисні функції виконує силікатно-силіконова штукатурка (SISIPUTZ 040), яка відрізняється високою механічною міцністю, дуже високою еластичністю, дуже високою стійкістю до біологічної агресії (водорості, гриби, лишайники), високою стійкістю до забруднення, а також відмінною паропроникністю. SISIPUTZ 040 не лише об'єднує в собі переваги силіконових і силікатних штукатурок, але і забезпечує нову якість розчину з кращими експлуатаційними властивостями, чим в інших тонкошарових штукатурок. SISIPUTZ 040 доступна в гамі з 226 кольорів.

5.1.4. Термомодернізація перекриття і дахів. Перекриття останнього поверху багато років утеплювали такими матеріалами, як цементно-стружкові плити, суміш тирси і вапна або топкового шлаку. Дерев'яні перекриття часто утеплювали так званим глинобетоном (глиною з водою, тирсою і твердими рослинними волокнами з водою, невеликою кількістю вапна, гіпсу або цементу з водою). Але така ізоляція неефективна, оскільки не має достатніх теплозберіжних властивостей і вологостійкості. Найбільш просте і відносно недороге капіталовкладення - утеплення перекриття, що відділяє горище від приміщень, де перебувають люди. Завдяки легкому доступу до горища на ньому без проблем можна укласти легкий, щільний екологічно чистий утеплювач з теплоізоляційних, енергоощадних матеріалів – деревоволокнистих ізоляційних плит, деревоволокнистої вати, балок і конструкцій з натурального дерева і волокон конопель німецького виробника Steco\Стеко.

Якщо стара ізоляція не зволожилася, видаляти її немає потреби. Під шар нового утеплювача треба укласти пароізоляційну плівку. Завдання пароізоляції - створення бар'єру для водяної пари, що проникає в утеплювач з приміщення, і захист від утворення конденсату. Пароізоляцією можна покрити і стелі приміщень, над якими розташоване горище. Таке рішення ефективніше, але його можна реалізувати, лише якщо надалі планують встановити гіпсокартонні плити або підвісну стелю.

Якщо утеплення проводиться з боку нежитлового горища, що слугує, приміром, сушаркою або коморою, на шар теплоізоляції потрібно укласти підлогу, яку краще зробити з дощок або плит OSB. Підлога не має бути надто герметичною і стикатися з теплоізоляцією. Щілини між дошками і відстань 3 см між покриттям і утеплювачем забезпечать належну вентиляцію простору під підлогою.

Якщо горище жилає, утеплення вимагає не перекриття між ним і жилим поверхом, а поверхню даху будівлі. Якщо в мансарді заплановані стелі на рівні затягувань, частину ізоляції можна вмонтовувати під ними. Правда, в цьому випадку потрібно особливо ретельно захистити утеплювач від вологи.

З жилого боку ізоляційний матеріал має бути закритий пароізоляційною плівкою, а з боку покриття даху – вітрозахистом: мембраною, фольгою або іншим міцним, але високопаропроникним матеріалом. Укладають його горизонтальними пластами, починаючи з нижньої межі даху. Кожна подальша смужка фольги повинна накладатися на попередню мінімум на 10 см – це гарантує, що краплі води стікатимуть по ній, а теплоізоляція і конструкція даху не намокнуть.

З боку покрівельного покриття можна укласти і слабопаропроникну плівку, але між нею і теплоізоляцією потрібно забезпечити вільний рух повітря, інакше утеплювач може зволожитися. Для ефективної вентиляції необхідні карнизні продухи (щілини в карнизі даху для забору повітря) і конькові продухи (отвори у вітрозахисній плівці для вентиляції підпокрівельного простору). Вентиляційні щілини зазвичай мають ширину 2 -3 см і забезпечені протимоскітними сітками. Дахи з малим кутом нахилу (менше 30°), довгими балками (понад 10 м) і безліччю мансардних вікон вимагають додаткової вентиляції, кількість і спосіб розміщення якої мають бути визначені фахівцями.

Плоскі дахи утеплюють залежно від їх вигляду. Є два види плоских дахів: вентилязовані (так звані холодні) і невентильовані.

Перші складаються з двох шарів (верхнього і нижнього), розділених вентиляваним повітряним прошарком, другі є перекриттям останнього поверху і конструкцією даху, що в той же час несе.

У вентилязованому плоскому даху утеплюють нижній шар (безпосередньо над житловими приміщеннями). У утепленні верхнього шару немає сенсу, адже в цьому випадку холодне повітря продовжить контактувати з перекриттям, розташованим над приміщеннями, що обігріваються. Якщо вентиляований простір плоского даху достатньої висоти, його можна утеплювати як звичайне нежитлове горище. Правда, найчастіше відстань між шарами плоского даху невелика, і доступ до місця, в якому передбачається ізоляція, дуже утруднений. Оптимальний вихід — використання ізоляційного матеріалу у вигляді грануляту (мінерального волокна, пінополістиролу, перліту) або вати

(мінерального волокна, целюлози). Слід пам'ятати, що навіть після укладання шару утеплювача (приблизно 15—25 см) усередині плоского даху повинне залишатися досить місця для вентиляції. Обов'язково простежте за тим, аби не утворився «термос». Недостатній приплив повітря за короткий час приведе до появи вологості.

Невентильовані плоскі дахи утеплюють із зовнішнього боку. Старий толь можна використовувати як пароізоляцію, для цього потрібно вирівняти матеріал, накласти латки і ущільнити його. Можна зняти старе покриття і укласти пароізоляційну плівку. Потім укладають шар теплоізоляції завтовшки не менше 10 см.

Деревоволокнисті ізоляційні плити Стейко кріплять за допомогою спеціальної мастики, клею або цементного розчину. Для теплоізоляції даху можна використовувати жорсткий екологічно чистий утеплювач деревоволокнисті плити, який за необхідності укладають у два шари.

5.1.5. Ущільнення віконних і дверних отворів. З точки зору зменшення тепловтрат будівлі найбільшу економію дає ущільнення вікон (особливо вікон з північного боку). Таким чином можна заощадити до 1 МВт·год енергії щороку на 1 м² віконної поверхні. Шляхом додавання третього скла можна зменшити тепловтрати вікна приблизно на третину, тобто на 0,1 МВт в рік на 1 м² віконної поверхні. Тому при придбанні нових вікон слід надавати перевагу варіанту з потрійним звичайним склом або з подвійним тепловідбивним спецсклом.

Склопакети з подвійними і потрійним заскленням

Як правило, вікно укомплектоване подвійним склопакетом, внутрішнє скло якого є селективним. Значення показника теплонепроникності U такого вікна становить 1,4 Вт/м²К. Окрім правильного вибору типу скла і газу, що заповнює міжскляний простір, збільшення ширини проміжної рейки може поліпшити теплову ізоляцію склопакета приблизно на 10 %. Але ширину

проміжної рейки неможливо нескінченно збільшувати внаслідок конвекції, яка виникає в повітряному шарі після досягнення теплового ефекту. Межа ширини проміжної рейки рівна 16-18 мм. При додаванні третього скла в склопакет виникає другий повітряний шар і досягається ще нижче U-число, але в умовах українського клімату не рекомендується знижувати U-число скла нижче 1,2 Вт/м²К, оскільки на зовнішній поверхні склопакета може утворюватися конденсат. Особливо велика така небезпека протягом сирого періоду з осені до весни.

Застосування спеціального скла

Селективне скло - найчастіше застосовуваний для поліпшення теплової ізоляції і досягнення малої витрати енергії тип скла.

Селективне скло зовні схоже на звичайне скло, одна сторона якого покрита спеціальними прозорим шаром з малою емісією (англ. скорочення LOW-E). Таке покриття прозоре, має легкий майже непомітний тон, який практично не впливає на проходження і віддзеркалення світла. Застосування селективного скла в склопакеті зменшує тепловтрати через скло до 30 %. Нанесене на поверхню скла покриття LOW-E дозволяє короткохвильовому випромінюванню (світлу) потрапляти у внутрішні приміщення будівлі, але перешкоджає виходу через вікно довгохвильового теплового випромінювання, розповсюдженого від системи опалення.

Селективне скло встановлюється як внутрішнє в склопакет таким чином, що покрита поверхня направлена всередину склопакета. При такому розташуванні скла внутрішні поверхні нагріватимуться, що у свою чергу знизить коливання температури і конденсацію вологи, при цьому з поверхні внутрішнього скла не виходитиме неприємний холод. У деяких комбінаціях склопакету селективне скло є зовнішнім, в такому разі U-число не міняється, але проходження сонячної енергії зменшується на 4 %.

Газовий наповнювач між листами склопакету

Для поліпшення U-числа вікон склопакети з селективним склом можуть наповнювати важчими, ніж повітря, газами, наприклад, аргоном або криптоном. В даний час найчастіше застосовується аргон, важливою перевагою якого є низька ціна. Якщо в склопакеті замість повітря міститься аргон, U-число вікна рівне приблизно $1,1 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

5.2. Тепловізійне обстеження споруд НУБіП України

Тепловізор являє собою прилад, принцип роботи якого базується на здатності уловлювати інфрачервоне випромінювання від обстежуваних об'єктів і визначати температуру, або перетворювати його у візуальну картинку розподілу теплових полів по поверхні об'єкту.

За допомогою тепловізорів може вирішуватися широкий спектр завдань з технічного діагностування електрообладнання підстанцій і тепломеханічного устаткування станцій, а так само ряд інших завдань, що не відносяться до енергетики. Раніше широке застосування в енергосистемах знаходили моделі тепловізорів таких відомих зарубіжних фірм як шведська "Agema", американських "Inframetrics" і "FSI". З часом набули розповсюдження тепловізори японського і китайського виробництва. Є і вітчизняні тепловізори ("Смотрич", "Сич",) та кілька марок російських тепловізорів ("Иволга", "ИРТИС-2000", "Сосна" та ін.) з параметрами, що не поступаються зарубіжним зразкам, а по деяких параметрах навіть їх перевершують.

Всі інфрачервоні камери (тепловізори) можна розділити на декілька типів залежно від детекторів, які можуть бути матричними, лінійними і одноелементними. При цьому треба мати на увазі, що матричні системи вимірюють абсолютну температуру з точністю не краще 2%. Для вимірювання з вищою точністю необхідно використовувати камери з іншими типами детекторів.

Важливими характеристиками тепловізора, що визначають його технічний рівень є наступні параметри:

- температурний дозвіл – мінімальна помітна різниця температур об'єкту і його фону. Повинна бути не гірше 0,1 град. при температурі +30°C. Більшість приладів задовольняють цій вимозі, а такий тепловізор ИРТИС 200 вітчизняного виробництва, має цей показник рівний 0,05 град. при +30 град.;
- просторовий дозвіл – елементарний тілесний кут, яким здійснюється аналіз простору;
- діапазон вимірюваних температур. Верхня межа повинна бути не менше +200°C для контролю електрообладнання. При обстеженні тепломеханічного устаткування цей поріг є сенс збільшити до 500 °С, а іноді і більше;
- спектральний діапазон – робоча спектральна область тепловізора. Рекомендований РД 34.45-51.300-97 спектральний діапазон вимірювань 8-12 мкм;
- автокомпенсація дії зовнішніх чинників. У тепловізорі повинна бути передбачена компенсація температури навколишнього середовища, випромінювального здатності об'єкту, відстані, з якої виконується зйомка;
- швидкість формування зображення – число зображень отримуваних в секунду. Важлива при реєстрації високодинамічних теплових процесів і при зйомці з автомобіля або вертольота;
- енергоспоживання. Витрата енергії є основним чинником при виборі параметрів батареї для роботи в польових умовах;
- охолодження ІЧ-детектора. Метод охолодження детектора тепловізора впливає на його характеристики. Тому щоб підвищити виявлювальну здатність приладу необхідно зменшити власне випромінювання детектора. Основні способи охолодження: рідким азотом, система мікрохолодильника Стірлінга і за рахунок

термоелектричного ефекту. В даний час на ринок інфрачервоної апаратура запропонована тепловізори нового покоління з неохолоджуваними матричними детекторами;

- маса. При роботі в польових умовах має велике значення і характеризує портативність системи;
- специфічні вимоги до експлуатації тепловізора. До них відносяться кліматичні чинники, вібраційні дії, зручності користування при роботі будь-якого часу доби та ін.

Розглядають також інші характеристики, що визначають функціональні можливості тепловізорів.

При виборі тепловізора необхідно передбачити можливість змінного об'єктиву, якщо в цьому з'явиться необхідність в процесі експлуатації. У останніх моделей є функція автокалібрування при зміні об'єктиву. Більшість тепловізорів, пропонованих споживачеві, мають широкий набір додаткових функцій (запис голосових коментарів, вбудована цифрова камера і ліхтарик для підсвічування об'єкту, що знімається, функції сигналізації максимальної і мінімальної температур, цифрове збільшення зображення та ін.), які можуть бути корисні і ефективні в роботі, але при цьому відбиватися на вартості приладі.

Можливість визначення дефектних ділянок будівель, споруд, електроустановок та електрообладнання на ранній стадії їх розвитку дозволяє мінімізувати витрати, пов'язані з проведенням ремонтних робіт, та підвищити надійність експлуатації устаткування. Тепловізійні обстеження (рис. 5.5) забезпечують оперативне виявлення дефектів, а також прогнозування аварійних ситуацій в системах електро- і теплопостачання. Обстеження з використанням тепловізорів дають змогу ефективно планувати терміни і обсяги ремонтів з урахуванням можливостей замовника і умов експлуатації, а зрештою планувати ремонти і обслуговування за фактичним станом.

Тепловізійні обстеження в електроенергетиці є одним із методів, що дозволяють контролювати стан електроустановок та електрообладнання під

робочою напругою. Цей метод є найбільш ефективним для оцінювання стану контактів і контактних з'єднань устаткування розподільних пристроїв (РП) під робочою напругою, контролю стану вводів, вимірювальних трансформаторів, електричних машин та ін.

Тепловізійну техніку застосовують також при обстеженні систем теплопостачання і теплових мереж, що дозволяє визначити витоки тепла і вологі ділянки ізоляції труб; проконтролювати стан опалювальних систем будівель; визначити теплові втрати і оцінити фактичний стан теплотрас.

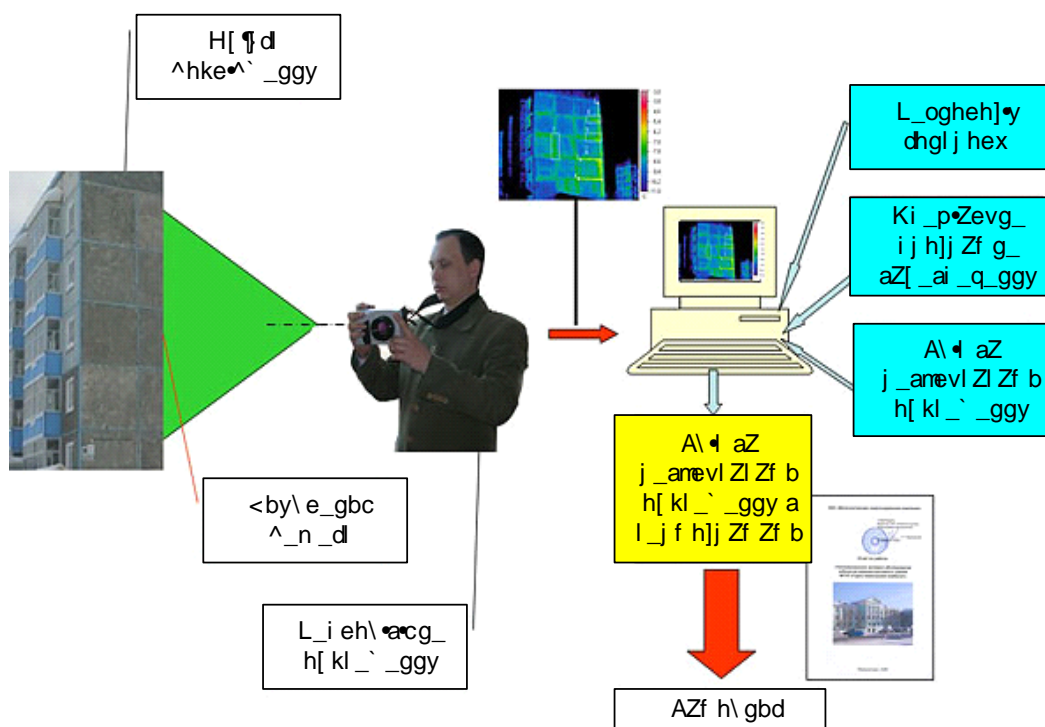


Рисунок 5.5 – Схема тепловізійного обстеження

Тепловізійне обстеження котельних і теплових станцій дозволяє виявити теплові витоки, дефекти, виміряти температуру в будь-якій точці зображення та отримати термограми устаткування і трубопроводів; визначити дефекти цегельної кладки і футерування котлів; провести моніторинг, тестування і налагодження режимів горіння котлів, печей та іншого теплотехнічного устаткування.

Тепловізійне обстеження захисних (огороджувальних) конструкцій будівель дозволяє здійснити контроль якості ізоляції і герметичності будівлі,

наприклад, стиків і рам, виявити зволожені ділянки конструкції; провести випробування захисних конструкцій будівель: зовнішніх стін, покриттів, горищних перекриттів, перекриттів над проїздами, холодними підпіллями і підвалами, воріт і дверей в зовнішніх стінах, а також віконних і балконних дверних блоків та інших захисних конструкцій, що розділяють приміщення з різними температурно-вологісними умовами.

Тепловізійний контроль якості теплозахисту будівель і споруд зарекомендував себе як один з основних способів контролю стану захисних конструкцій, після закінчення будівництва і в період експлуатації завдяки оперативності, наочності методу і достовірності отримуваних результатів. Метод дозволяє виявити порушення теплозахисних конструкцій, що виникли в результаті порушення технології виготовлення будівельних матеріалів; внаслідок помилок і порушень при будівництві будівель, неправильного режиму експлуатації та природного старіння матеріалів під впливом погодних умов.

Тепловізійні вобстеження дають значний економічний ефект і дозволяють заощадити витрати засобів і матеріалів на ремонт.

Водночас проведення тепловізійних обстежень має широкий громадський резонанс, привертає увагу мешканців мікрорайонів і громадськості, привчає їх до розуміння проблем енергозабезпечення, економії енергоресурсів і енергоносіїв, а також до оцінювання об'єктивності вибору рішень адміністрацією міста, енергетиками, працівниками житлово-комунального господарства та інших служб.

Результати обстежень можуть видаватися як на паперових, так і на машинних носіях – диски, пристрої флеш-пам'яті. Звіти складаються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення з дотриманням вимог чинних нормативних документів.

Переваги тепловізійних обстежень:

- безконтактність (дистанційність);
- біологічна безпека;

- наочність результатів;
- мобільність апаратури;
- обстеження об'єктів в процесі експлуатації;
- простота апаратної реалізації;
- пасивний контроль об'єктів.

Варто відмітити, що перші серійні промислові тепловізори з'явилися в середині 60-х років. З моменту початку їхнього виробництва пройшло більше 35 років. До кінця другого тисячоліття на світовому ринку існували дві компанії, що були незаперечними лідерами у виробництві тепловізійного устаткування для промислового застосування - це американська фірма Inframetrics і шведська фірма AGEMA. У результаті їхнього об'єднання в 1999 році народжується нова компанія - FLIP Systems, в яку також входить фірма FSI (США), що робить тепловізійну техніку для спеціального застосування. Таким чином, компанії-лідери у виробництві інфрачервоної техніки утворили корпорацію, що, власне кажучи, стала монополістом на ринку тепловізійного устаткування вищого класу. Логічно, що після об'єднання трьох найбільших компаній виникла необхідність виявлення найбільш перспективних моделей із загального модельного ряду..

Тепловізор FLIR T200 (рис. 5.6, а) призначений для обстеження ізоляції трубопроводів і виявлення їх прихованих дефектів

Особливостями приладу є:

- сенсорний екран і функція формування анотації;
- виключно висока якість ІЧ-зображення;
- вбудована цифрова відеокамера;
- блок об'єктиву з регульованим нахилом;
- функція об'єднання ІК- і відеозображень;
- простота використання;
- невеликі розміри і вага.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 5.6 – Тепловізори виробника FLIR Systems: а) FLIR T200; б) FLIR B360; в) FLIR T400; г) FLIR P660; д) BCAM; е) INFRACAM

Масштабування і панорамування на екрані, безліч областей вимірювання, ізотерми, розрахунок різниці температур, текстові і мовні анотації, а також можливість зарисовки невеликих ескізів, використовуючи стилус, значно полегшують роботу на об'єкті. Нова функція Thermal Fusion дозволяє об'єднувати відео та інфрачервоні зображення, зберігаючи при цьому всі зв'язані температурні дані.

Тепловізор FLIR T200 має 3 інтерфейси передавання і збереження даних, 6 кольорних палітр та необмежені можливості застосування.

В тепловізор інтегрована відеокамера як елемент системи в цілому. Новітній інтерфейс користувача включає можливість введення мовних анотацій з використанням звичайної головної гарнітури.

Тепловізор FLIR T200 є першою ІЧ-камерою, обладнаною багатофункціональним сенсорним РК-дисплеєм. Це дозволяє користувачеві вводити текстові анотації, ескізи і маркування безпосередньо на екрані, використовуючи стилус.

Тепловізор FLIR T400 (рис. 5.6, б) є новітнім приладом для промислової термографії.

Особливостями тепловізора FLIR T400 є:

- сенсорний екран і функція формування анотації;
- виключно висока якість ІЧ-зображення;
- вбудована цифрова відеокамера;
- блок об'єктиву з регульованим нахилом;
- функція об'єднання ІК- і відеозображень;
- виняткова простота використання;
- малі розміри і маса.

Тепловізор FLIR P660 (рис. 5.6, в) є інфрачервоною камерою промислового призначення, найбільш досконалою і точною з безліччю функцій, вперше застосованих в промисловості.

Особливостями приладу є:

- висока якість ІЧ-зображень;
- високі робочі характеристики завдяки реалізованим новітнім технологіям;
- підвищена безпека – високий дозвіл камери дозволяє знаходитися на більшій відстані від об'єкту контролю;
- можливість використання персональних налаштувань і широкий діапазон застосування;
- безпроводне дистанційне керування для роботи у важкодоступних місцях.

Дозвільна здатність 640 x 480 пікселів забезпечує можливість дистанційного контролю невеликих об'єктів.

Прилад має видошукач з регульованим нахилом для контролю поза приміщеннями або застосування у тому випадку, коли ЖКД не використовується.

Тепловізор FLIR P660 реалізує функції "злиття" теплового і видимого зображень (Thermal Fusion), а також – "картинка-в-картинці" для виділення проблемних ділянок контрольованого об'єкту.

За допомогою приладу можна отримати ІЧ-зображення найвищого дозволу - 307 200 пікселів. Якість зображення, отриманого за допомогою тепловізора FLIR P660, дозволяє бачити більше деталей на відстані, швидше приймати рішення, а також точніше застосовувати засоби аналізу.

Камера FLIR P660 має найкращі інфрачервоні об'єктиви серед тепловізорів цієї серії компанії FLIR і забезпечує максимально високу чутливість і дозвілну здатність. Поєднання таких об'єктивів з високою чутливістю детектора і дозволяє отримувати ІЧ-зображення виключно високої якості.

Прилад має вбудовану 3,2-мегапіксельну відеокамеру, що забезпечує отримання чітких і детальних зображень, які можуть бути збережені разом з відповідним інфрачервоними зображеннями.

На великому (5,6 дюйма) і яскравому екрані РКІ високого дозволу можуть відтворюватися чіткі зображення з можливістю цифрового масштабування 8x.

До того ж екран може встановлюватися практично під будь-яким кутом, що дозволяє налаштувати його при роботі навіть в найскладніших умовах.

Прилад має вбудований GPS-приймач для локалізації об'єктів, зважаючи на те, що інформація про географічне місце розташування має все більшу дію на багато секторів промисловості, в яких використовуються інфрачервоні камери для контролю і технічного обслуговування устаткування.

ІЧ-зображення тепловізора FLIR P660 прив'язані до географічних координат, їх можна завантажувати в програмний пакет Reporter з прив'язкою

до наявної топографічної карти або інформаційної системи супутникових зображень (подібної Google Earth), що дозволяє визначати географічне місце розташування зображень.

Приймач сигналів системи глобального позиціонування GPS, вбудований в ІЧ-камеру, дозволяє отримувати ясніші звіти і допомагає виконувати технічне обслуговування устаткування систем тепло- і енергопостачання, електрозв'язку, гірничої промисловості, обслуговувати структуру організації виробництва, системи постачання та інші сектори, які повинні мати справу з контролем в межах великих ділянок. Чутливість приладу становить <45 мК при похибці вимірювань $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Тепловізор ВСАМ (рис. 5.6, г) для застосування в будівництві дозволяє проводити обстеження будівельних конструкцій та виявити місця з неякісною тепловою ізоляцією, що призводять до втрат(витоків) енергії.

За допомогою приладу можна виміряти температуру будь-якого видимого об'єкту безконтактним способом, візир в середині ІЧ-зображення дозволяє вимірювати і аналізувати температуру в одній точці. Можна також виділити всю дефектну область кольором

Тепловізор ВСАМ зберігає 1000 зображень в стандартному JPEG-форматі. Зображення можна безпосередньо вставляти в повідомлення електронної пошти, Word або PowerPoint. Зображення також сумісні зі всіма найсучаснішими програмами компанії FLIR., що дозволяє використовувати всі зображення, камери і програми разом.

Прилади ВСАМ забезпечені колірним сигналом, сигналом про порушення ізоляції, запатентована FLIR система сигналізації про точку роси, яка вказує області з ризиком поверхневої конденсації і зростання цвілі до виникнення пошкодження.

Температурний діапазон приладу – від мінус 10 до плюс 100 $^{\circ}\text{C}$, температурна чутливість – 0,15 $^{\circ}\text{C}$.

Тепловізор INFRACAM (рис. 5.6, д) - зручна в експлуатації інфрачервона камера, що дозволяє безконтактним способом виміряти температуру об'єкту та

виразно побачити приховані пошкодження, які не можна виявити неозброєним оком. Інтуїтивно зрозумілі органи керування тепловізійною камерою INFRACAM забезпечують простоту і легкість експлуатації приладу. Тепловізор INFRACAM зберігає в пам'яті 50 зображень в зручному форматі JPEG, які можна легко передати на персональний комп'ютер і включити до звітів про проведення перевірок. Спеціалізоване програмне забезпечення з комплекту постачання приладу допоможе якісно оформити отримані результати.

Маса приладу складає 550 г., габаритні розміри - 243 x 81 x 103 мм.

Тепловізор INFRACAM є чудовим інструментом для миттєвого виявлення прихованих проблем в конструкції будівель за тепловим зображенням. Перехрестя в середині теплового зображення дозволяє визначити температуру в заданій точці.

Тепловізор INFRACAM може використовуватися в електроустановках, зокрема для контролю контактних з'єднань. Неякісні і неперевірені з'єднання починають надміру нагріватися, а то і плавитися, з них можуть вилітати іскри, приводячи до спалахування довколишніх предметів. Завдяки приладу INFRACAM можна виявити проблемні зони на тепловому зображенні, аби не допустити виникнення пожеж.

Тепловізійне обстеження будівель, споруд та устаткування дає можливість:

- робити висновки про стан теплоізоляції і матеріалів будівель і споруд;
- визначати місця витоків тепла;
- оцінювати втрати тепла з поверхні матеріалу і через витоки;
- оцінювати ефективність роботи теплових приладів (радіатори водяного опалення, калорифери і т.п.) і діагностувати несправності методами неруйнівного контролю.

Періодичні тепловізійні обстеження дають змогу максимально ефективно проводити роботи з підготовки будівель, споруд і теплових мереж до зимового періоду, виявляти аномальні режими роботи, а також ліквідувати витоки тепла і попереджати аварійні ситуації

Тепловізійні обстеження дають змогу за рахунок вчасно прийнятих заходів для ліквідації витоків тепла, перегрівів або аномальних режимів роботи обладнання заощаджувати електричну і теплову енергію, а також кошти на усунення аварій, виникненню яких вдається запобігти.

Погодні умови (температура, опади), а точніше їхня різниця, можуть впливати на результати. З метою запобігання виникненню похибок у вимірюваннях температури, є доцільним проведення робіт у нічний час, наприклад, для обстеження об'єктів, що перебувають на відкритому повітрі.

При тепловізійному обстеженні виявляються різні приховані дефекти захисних конструкцій, а отримана інформація є основою для оцінки теплових втрат і оптимізації енергоощадних заходів.

Тепловізійне обстеження дозволяє:

- візуально спостерігати на екрані монітора тепловізора і виділяти частини захисних конструкцій з аномальними тепловтратами;
- оперативно проводити кількісну оцінку тепловтрат;
- виявляти причини підвищених тепловтрат;
- дистанційно проводити оцінки теплових опорів елементів захисних конструкцій;
- зберігати теплові образи і використовувати їх, порівнюючи з даними, отриманими після ремонтних робіт, а також в процесі експлуатації.

Разом із збільшенням обсягів будівництва підвищуються і вимоги до якості, комфортності і енергоефективності будівель. Очевидно, що обов'язковий контроль підвищує відповідальність виконавців на всіх етапах будівництва і, відповідно, якість робіт.

Вирішити завдання контролю в будівництві допомагають тепловізійні обстеження. У деяких країнах обов'язковий тепловізійний контроль нових і і реконструйованих будівель вже закріплений законодавчо, в інших – це справа майбутнього.

Виявлення прихованих дефектів теплозахисту будівель. Тепловізійна зйомка наочно показує наявність або відсутність прихованих конструктивних,

технологічних, будівельних або експлуатаційних дефектів теплозахисту будівель. Різні види захисних конструкцій мають свої характерні дефекти, які можна розділити на два види:

1) підвищена фільтрація повітря через щілини і нещільності в стиках елементів захисних конструкцій. При внутрішній тепловізійній зйомці ділянки з інфільтрацією відображаються у вигляді холодних зон в місцях проникнення холодного вуличного повітря в приміщення. Щілини в примиканні стулок вікон і балконних дверей наявні у 75 % обстежених об'єктів. Причини дефектів полягають в поганому регулюванні стулок, пошкодженні або відсутності ущільнювачів. Обстеження об'єктів приватного котеджного будівництва в більшості випадків також виявляє ряд істотних дефектів. В основному, дефекти пов'язані з неякісним виконанням робіт із збирання дерев'яних зрубів і наявністю великої кількості щілин між колодами або брусами зрубу. Через щілини йде фільтрація повітря. Тепловізійна зйомка показує, як холодне зовнішнє повітря під дією тяги і вітру проникає в приміщення, а тепле повітря з приміщень виходить через щілини у верхній частині стін і примиканнях стін до даху;

2) порушення теплоізоляції захисних конструкцій. Результатом порушень є ділянки на внутрішній поверхні захисних конструкцій із зниженою температурою – так звані температурні аномалії. Основним завданням обстеження є виявити всі температурні аномалії, встановити причину їх виникнення і визначити, чи є та або інша холодна зона дефектом. Як критерії дефектності використовуються показники теплозахисту за СНиП 23-02-2003 – обмеження температури внутрішніх поверхонь захисних конструкцій і перепаду між температурою внутрішнього повітря і середньою температурою поверхні захисних конструкцій. Причиною порушень є заставні елементи в стінових панелях; недостатній теплозахист і промерзання кутів; недостатнє утеплення стін, перекриттів, покриттів, цокольних поверхів, порушення швів і стиків між збірними конструкціями, порушення технології утеплення, використання невідповідних проекту матеріалів або відступ від проекту.

Достатньо часто зустрічаються проблеми з утепленням мансард та інших об'єктів, де виконане внутрішнє утеплення з обробкою гіпсокартоном. Ситуація з теплозахистом таких конструкцій ще більш погіршується за наявності щілин в несучій стіні з інфільтрацією холодного повітря в зазор, де розташовується шар теплоізоляції. При цьому повітря в зазорі за шаром внутрішньої обробки має значно знижену температуру, часто близьку до температури зовні будівлі

Експертиза проблемних об'єктів. У практиці вітчизняного будівництва зустрічаються об'єкти, зокрема приватні, де висока витрата палива і порушення мікроклімату не мають явних причин. Тепловізійне обстеження і експертиза технічної документації допомагають виявити причину порушень.

Підвищення якості проектування. Тепловізійний контроль нових і реконструйованих будівель дає важливу інформацію для проектувальників. Із виявленням позитивних або неефективних проектних рішень, створюється зворотний зв'язок між об'єктом і проектуванням.

Наприклад, з використанням тепловізійної техніки проводився контроль нових тришарових панелей, які багато домобудівельних комбінатів стали випускати після ухвалення підвищених норм з теплозахисту будівель. Інформація про поведінку нових конструкцій в натурних умовах допомогла усунути слабкі місця теплозахисту і поліпшити якість панельних будівель, що зводяться.

Зараз зростає популярність монолітного житлового будівництва з різними варіантами зовнішніх стін: цегляними, пінобетонними, навісними. Але і в таких сучасних будівлях зустрічаються свої характерні недоліки. Часто тепловізійне обстеження показує відсутність теплоізоляції торцевої частини залізобетонних міжповерхових перекриттів. Хоча конструкції відповідають проекту, в деяких випадках такий "місток холоду" може бути визнаний дефектом теплозахисту. Це ще раз підтверджує, що тепловізійне обстеження показує поведінку будівельних конструкцій і матеріалів в реальних умовах експлуатації, а розрахунки на стадії проектування можуть не враховувати ряд чинників.

Тепловізійне обстеження об'єктів котлоагляду. Визначення якості теплоізоляції за допомогою тепловізора.

Ефективність роботи теплотехнічних установок, таких як: паропроводи, парові і водогрійні котли і т.д. безпосередньо залежить від якості їх теплоізоляції.

З урахуванням того, що кожен відсоток перевищення норм тепловтрат еквівалентний перевитраті приблизно 300 кг умовного палива в рік на 1МВт встановленої потужності, витрати на утримання теплоізоляції в належному стані, а значить і систематичний контроль, економічно доцільні.

Метою випробувань теплоізоляції є:

- локалізація і визначення обсягів її руйнування перед ремонтом;
- оцінення якості теплоізоляції при прийманні після монтажу, ремонту або реконструкції;
- обстеження стану теплоізоляції і її паспортизація;
- визначення сумарних тепловтрат через теплоізоляцію і оцінка к.к.д.

основного устаткування.

Випробуванням підлягає теплоізоляція основного, допоміжного устаткування і трубопроводів з температурою теплоносія вище 100°C. Основні показники якості теплоізоляції теплотехнічних установок, максимально допустимі тепловтрати через теплоізоляцію і температури зовнішніх поверхонь регламентуються відповідними нормами.

В основі теплобачення лежить можливість отримання видимого зображення об'єктів за їх тепловим (інфрачервоним) випромінюванням, що дозволяє оцінити розподіл теплових полів і, як наслідок цього, визначити температуру будь-якої точки на поверхні об'єкту. Основним елементом тепловізійної техніки є компактна тепловізійна камера, що дозволяє виконувати знімки об'єкту в інфрачервоному діапазоні і за габаритами і масою, як правило, нічим не відрізняється від звичайної відеокамери. Сучасні тепловізійні камери мають високу роздільну здатність і мають можливість виявляти різницю температур на поверхні з точністю до 0,1 °С. Висока мобільність і

безконтактний принцип роботи дозволяють застосовувати камеру для обстеження будь-яких об'єктів, у тому числі і з повітря, наприклад, з борту вертольота. Крім того, у складі тепловізійної системи передбачається персональний комп'ютер і програмне забезпечення, призначені для обробки одержаних камерою знімків і веденні статистики за наслідками обстежень.

Наведені вище можливості теплобачення роблять подібний метод обстеження практично основним при виявленні різних джерел невиправданих теплових втрат в ході енергоощадних заходів.

Невиправдані втрати теплової енергії внаслідок поганої теплоізоляції огорожувальних(захисних) конструкцій будівель і споруд (стіни, вікна, дахи) поглинають значні кошти на оплату енергоресурсів. Досвід проведення енергетичних обстежень різних споруд — як житлових, так і виробничих — дозволяє зробити висновок, що фактичні теплоізоляційні властивості захисних конструкцій (опір теплопередачі, питомі втрати теплоти) в більшості випадків не відповідають нормативним, навіть у будівлях сучасного спорудження. Часто не відповідають вони і проектним значенням. Це може свідчити як про низьку якість застосовуваних будівельних матеріалів, так і про брак у будівництві. Всі ці дефекти можна виявити під час комплексного теплофізичного обстеження захисних конструкцій, важливою складовою якого стає тепловізійне обстеження. За його допомогою виявляються ділянки із зниженими теплозахисними властивостями, а затим з'ясовуються причини такого зниження: низька якість захисних конструкцій і стиків між ними, інфільтрація води тощо.

Знання фактичних тепловтрат будівлі дозволяє ухвалювати рішення про їх зниження при реконструкції, оцінити очікувану економію від зниження втрат. Ця інформація дає змогу розрахувати рентабельність вкладення засобів, термін окупності енергоощадного проекту і його економічну доцільність.

Проведення робіт з тепловізійного обстеження до і після реконструкції будівлі допоможе оцінити ефективність і якість виконаних робіт; подібне обстеження можливе і при прийманні будівель в експлуатацію з метою

виявлення будівельного браку. Необхідно, щоправда, відзначити, що тепловізійне обстеження будівель і споруд в реальних умовах може бути складним у виконанні, особливо для висотних будівель і для будівель із складною архітектурою, а також у відносно теплу пору року і в сонячну погоду.

Тепловізійне обстеження широко застосовується також для оцінювання ефективності роботи опалювальних систем будівель, що теж сприяє економії енергоресурсів. Основні причини зниження ефективності опалювальної системи загальновідомі:

- накопичення відкладень на внутрішніх поверхнях опалювальних приладів і труб;
- нештатна робота пристроїв регулювання;
- зношування і корозія запірно-регулювальної арматури.

Всі ці причини в цілому призводять до розбалансування опалювальної системи будівлі або навіть цілого комплексу споруд. Наслідком цього є нерівномірне опалення різних приміщень в межах однієї будівлі, що зрештою призводить до відхилення параметрів мікроклімату від тих, що встановлені чинними нормативними документами. Якісно проведене тепловізійне обстеження дозволяє достатньо об'єктивно виявляти нерівномірність опалювання будівлі як по висоті, так і по поверху.

Інформація, одержана при тепловізійному обстеженні в поєднанні з додатковими методами перевірки опалювальної системи, дозволяє виробляти рішення, що поліпшують роботу системи. Подібна модернізація може включати і реконструкцію теплових пунктів, і балансування системи опалювання в цілому. Вона дозволяє робити рекомендації щодо заміни елеваторних вузлів на підмішувальні насоси, встановлення термостатів на окремі радіатори опалювання, а також щодо інших економічно обґрунтованих заходів.

Значний ефект тепловізійне діагностування дає також при оцінюванні стану теплових мереж - як наземних, так і підземних трубопроводів. В ході виконання робіт за цією програмою здійснюється тепловізійне обстеження

великих ділянок теплових мереж міських районів з використанням тепловізійної апаратури, встановленої на борту гелікоптера.

Це дозволяє оперативно обстежувати значні ділянки трубопроводів, з достатньою точністю виявляти місця розривів труб та інші витoki тепла. Особливо цінним є те, що, за оцінками фахівців, тепловізійні обстеження дозволяють виявляти не лише місця розривів, але і потенційно аварійні місця на трубопроводах, де внаслідок корозії відбулося порушення шару гідроізоляції або порушена теплоізоляція. На сьогодні беззаперечна перевага цього методу перед іншими в тому, що він дозволяє виконувати роботи на великих площах протягом мінімального терміну. Це свідчить не тільки про ефективність методу для цілей енергозбереження, але і про значне зниження витрат на експлуатацію і ремонт теплових мереж, — а це вже безпосередня економія грошових ресурсів. Економію можна направити, зокрема, і на реалізацію енергоощадних проектів.

Окрім якісної картини стану захисних конструкцій важливо отримати дані про фактичне значення таких важливих нормованих параметрів теплозахисту як термічний опір, коефіцієнт теплотехнічної однорідності, приведений опір теплопередачі.

Це завдання розв'язується за допомогою комплексного обстеження, яке окрім тепловізійної зйомки включає моніторинг теплового режиму захисних конструкцій контактними датчиками температури і теплового потоку. Слід зазначити, що таке обстеження – це найефективніший метод вимірювання фактичного значення приведенного опору теплопередачі елементів захисних конструкцій в натурних умовах.

Результати комплексного тепловізійного обстеження використовуються для заповнення графі фактичних показників в енергетичному паспорті будівлі, потім розраховується клас його енергоефективності.

Результати обстежень показують, що лише небагато нових будівель мають підвищений клас енергоефективності, і майже чверть обстежених об'єктів має знижений клас енергоефективності. Обов'язковий тепловізійний контроль в

поєднанні із заходами економічного стимулювання повинен сприяти будівництву енергоефективних будівель і економії паливно-енергетичних ресурсів.

Таким чином більшість виявлених дефектів теплозахисту будівель не є критичними для несучої здатності конструкцій будівель в цілому, але є істотними для мікроклімату окремих приміщень. Низький рівень теплозахисту захисних конструкцій і локальні дефекти теплозахисту є причиною порушення критеріїв комфортності і перевитрати енергії на опалювання будівлі. Тепловізійний контроль допомагає виявити і усунути дефекти теплозахисту будівель, показує їх реальний клас енергоефективності, сприяє підвищенню якості проектних і будівельних робіт, технологій і матеріалів.

5.3. Організація енергетичного аудиту у житлових будівлях, навчальних корпусах та інших спорудах університетських містечок

Однією із проблем енергозбереження є недостатня освіченість населення щодо питань ощадливого використання енергії та відсутність комплексного підходу і впровадженні таких знань в навчальні програми шкіл, технікумів та ВНЗ.

В основі *енергетичного аудиту будівель* лежать такі роботи: проведення енергетичних досліджень будівель ВНЗ та їх інженерних систем з метою аналізу дійсного стану справ з витратами теплової, електричної енергії і води; визначення розрахункових витрат, необхідних для досягнення комфортних умов мікроклімату у приміщеннях; аналізу фактичного рівня витрат паливно-енергетичних ресурсів; з'ясування причин можливих перевитрат енергії і як результат – розроблення енергозберігаючих заходів та рекомендацій з ощадного користування ресурсами. Цей комплекс робіт, спрямований на досягнення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, зменшення витрат теплової енергії, скорочення споживання теплової,

електричної та інших видів енергії, підвищення енергетичної ефективності роботи обладнання та покращення мікроклімату в будівлях.

Енергетичний аудит створює підґрунтя для реалізації енергоменеджменту – системи контролю та управління споживанням енергетичних ресурсів з метою унеможливлення їх перевитрат у ході експлуатації будівель.

Під час виконання енергетичного аудиту будівель і споруд здійснюється визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів для будівель у процесі їх експлуатації, що передбачає таке:

- проведення аналізу архітектурно-планувальних рішень, встановлення дійсних теплотехнічних показників теплоізоляційної оболонки будинку та енергетичних характеристик інженерного обладнання;
- з'ясування структури і величини енерговитрат на потреби опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, освітлення та інші потреби упродовж опалювального періоду чи року;
- визначення розрахункової потреби теплоти на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання житлових, громадських і промислових будинків за їх фактичними паспортними характеристиками, а також показаннями теплових лічильників; побудову графіку відпуску теплоти залежно від температури зовнішнього повітря;
- визначення відповідності фактичних питомих тепловитрат нормативним значенням;
- побудова графіка витрат теплоти залежно від температури зовнішнього повітря;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- розробка обґрунтованих рекомендацій з підвищення рівня енергетичної ефективності будівель – комплексу технічних, організаційних та експлуатаційних заходів, які сприяють зниженню витрат теплової та інших видів енергії за умови обов'язкового забезпечення оптимальних кліматичних та інших умов життєдіяльності людини у приміщеннях будівлі.

Результати подають у Звіті з енергоаудиту, що описує рекомендовані заходи з розрахунками необхідних інвестицій, економії та вигод. Професійні роботи з енергетичного аудиту виконують представники спеціалізованої організації, атестованої на діяльність з енергоаудиту відповідно до вимог законодавства (Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 9 квітня 1999 р. №27 «Про затвердження положення про порядок організації енергетичних обстежень бюджетних установ, організацій та казенних підприємств»).

Організація яка здійснює виконання робіт з енергетичного аудиту, повинна мати свідоцтво – дозвіл Центрального агентства з енергетичних обстежень, яке підпорядковане Національному Агентству України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів (НАЕР).

5.3.1. Методика проведення енергетичного аудиту. Визначення розрахункових і фактичних показників витрат енергоносіїв. Збір даних для проведення енергоаудиту

При проведенні енергоаудиту в будинках повинні бути оцінені такі чинники і системи, які впливають на рівень енергоспоживання та створення необхідних умов життєдіяльності людини:

- огорожувальні конструкції будівлі (стіни, вікна, двері, дах і підлога);
- система опалення;
- система вентиляції;
- система гарячого водопостачання;
- автоматичні системи управління;
- освітлення;
- різне обладнання – кухонне, пральне і т.д.;
- система кондиціонування повітря.

Окрім цього, необхідно також брати до уваги, як відбувається управління й експлуатація будівлі та її інженерних систем.

Загальний рівень споживання енергії будинком оцінюється як сумарний за всіма зазначеними вище системами:

$$N_{\text{заг}} = N_{\text{ОП}} + N_{\text{вент}} + N_{\text{гв}} + N_{\text{авт}} + N_{\text{осв}} + N_{\text{конд}} + N_{\text{інше}}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.1)$$

де $N_{\text{ОП}}$ – кількість енергії, яка була спожитою для потреби опалення будинку;

$N_{\text{вент}}$ – кількість енергії, яка була спожитою для забезпечення роботи систем вентиляції (витрати теплової енергії на нагрівання повітря, що надходить ззовні);

$N_{\text{гв}}$ – кількість енергії, спожитої системою гарячого водопостачання;

$N_{\text{авт}}$ – витрати енергії для забезпечення роботи системи автоматичного управління безпеки;

$N_{\text{осв}}$ – витрати енергії з метою забезпечення роботи системи внутрішнього та зовнішнього освітлення об'єкта аудиту;

$N_{\text{конд}}$ – кількість енергії, що була використана для роботи системи кондиціонування повітря;

$N_{\text{інше}}$ – витрати енергії для іншого обладнання, що споживає енергію (насоси, вентилятори, кухонне, пральне обладнання, ліфти тощо).

Так, після складання та визначення основних компонентів теплового балансу будівлі будуть визначені розрахункові витрати теплоти на опалення (за відсутності вихідних даних можливим є визначення цієї величини за укрупненими показниками).

Витрати теплоти на потреби опалення будинку, які будуть отримані із рівняння теплового балансу за дійсних параметрів внутрішнього і зовнішнього повітря, повинні відповідати показникам теплового лічильника, який встановлено у вузлі теплового вводу будинку $Q_{\text{ліч}}$.

$$Q_{ОП} = (Q_{транс} + Q_{инф}) - [Q_{зв}^{пр} + (Q_{вент}^{пр} + Q_{вент}) + Q_{дсв} + Q_{сон} + Q_{ел.обл} + Q_{техн} + Q_{люд} + Q_{вн.огор} + Q_{тншл}] = Q_{ліч} \quad (5.2)$$

Така тотожність для фактичних параметрів мікроклімату означає, що отримана розрахункова модель об'єкта відповідає дійсності і з нею можна продовжити роботу.

Після підстановки в рівняння теплового балансу (5.2) нормованих параметрів внутрішнього і зовнішнього повітря можуть бути отримані такі варіанти:

1. $Q_{ліч} < Q_{оп}$ – у будівлі здійснюються адміністративні методи енергозбереження за рахунок погіршення параметрів мікроклімату; неправильно ідентифіковано теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, інші помилки під час складання теплового балансу;
2. $Q_{ліч} > Q_{оп}$ – перевитрати теплоти на об'єкті енергоаудиту; неправильно встановлено теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, інші помилки під час складання теплового балансу;
3. $Q_{ліч} = Q_{оп}$ – модель адекватна, витрати теплоти на опалення відповідають дійсним теплотехнічним характеристикам будівлі.

За наявності у будівлях власних джерел теплоти важливо скласти баланс по паливу, який записано у вигляді залежності (5.3):

$$B \cdot Q_n^p \cdot \eta_{нетто} = (Q_{ОП}^{жс} + Q_{ОП}^{зр} + Q_{зв}^{жс} + Q_{зв}^{зр} + Q_{вент}^{зр}) + (Q_{охол}^{втр} + Q_{виток}^{втр}) \quad (5.3)$$

де B – витрати палива у котельні за результатами приладного обліку;

Q_n^p – теплота згорання палива за даними сертифіката якості палива;

$\eta_{нетто}$ – середньозважений за період спостереження ККД «нетто» котелень.

Визначається за результатами режимно-налагоджувальних робіт на паливоспалювальному обладнанні або за нормативами.

У правій частині теплового балансу (5.2) – потреба споживачів у теплоті для опалення житлових, громадських та інших будівель $Q_{ОП}^{Ж}$, $Q_{ОП}^{ГР}$, їх гаряче водопостачання $Q_{ГВ}^{Ж}$, $Q_{ГВ}^{ГР}$, вентиляція $Q_{ВЕНТ}^{ГР}$, а також втрати теплоти у теплових мережах – з охолодженням води $Q_{ОХОЛ}^{ВТР}$ і з витокami води $Q_{ВИТОК}^{ВТР}$. У лівій частині – витрачений тепловий потенціал палива за результатами обліку витрат газу і показань лічильника газу. Баланс складається для розрахункової температури зовнішнього повітря, будь-якого іншого значення температури зовнішнього повітря, а також в цілому за рік. Допустима похибка складання теплових балансів становить 10...15% (до 20%).

Після перевірки теплової моделі можна приступати до визначення питомих опалювальних характеристик будівель за залежністю (5.4) і порівняння отриманих питомих показників з нормованими величинами, чинними на час спорудження будівель і на сьогоднішній день.

$$q_o = Q_{ОП} / [(t_g - t_z) \cdot V_z \cdot K_l], \text{кДж} / \text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{град}; (\text{ккал} / \text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{град}) \quad (5.4)$$

або

$$q_o^F = Q_{ОП} / [(t_g - t_z) \cdot F_z \cdot K_l], \text{кДж} / \text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}; (\text{ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град})$$

На основі такого порівняння визначають потенціал енергозбереження і переходять до аналізу можливості скорочення окремих складових теплового балансу, розробки енергозберігаючих заходів і визначення їх економічної ефективності.

Вся робота з проведення енергетичних досліджень може бути розділена на наступні етапи:

1. Підготовчі роботи. Збір вихідних даних про об'єкт.
2. Попереднє обстеження об'єкту.
3. Проведення енергетичного аудиту.
4. Оброблення результатів аудиту. Визначення потенціалу енергозбереження та енергозберігальних заходів. Розроблення рекомендацій з енергетичного менеджменту.

5. Екологічне оцінювання результатів упровадження енергозберігальних заходів.
6. Економічна оцінка впровадження енергозберігальних заходів.
7. Громадські слухання та обговорення результатів аудиту.
8. Розроблення рекомендацій з упровадження результатів роботи

5.3.2. Визначення економії первинної енергії і палива у результаті впровадження енергозберігальних заходів. В основі визначення основних показників енергозбереження лежить найважливіша підсумкова характеристика процесу економії енергії – обсяг зекономленого у результаті можливого впровадження енергозберігальних заходів викопного палива і первинної енергії палива. Визначення витрат палива за відомою величиною обсягів теплової енергії, яка подається споживачам на тому чи іншому етапі її трансформації від вироблення до споживання можна здійснити за залежністю (5.5):

$$B = Q_i / Q_n^p \cdot \eta_{\Sigma i} \quad (5.5)$$

де B – витрати первинного енергоносія (палива) – для природного газу у м^3 , під тиском в 1 ат (101,3 кПа) і при температурі θ .

Q_n^p – довідникова величина теплоти згорання палива у $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{кг}$ (м^3) або $\text{ккал}/\text{кг}$ (м^3) і $\text{кДж}/\text{кг}$ (м^3) – при використанні природного газу теплоту згорання відносять до 1 м^3 , а для решти палива – до 1 кг; $1 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 8600 \text{ ккал}$, $1 \text{ ккал} = 4,2 \text{ кДж}$.

Q_i – кількість теплоти (енергії) на етапі її трансформації, яка необхідна для забезпечення потреб життєдіяльності людини або здійснення виробничих процесів.

$\eta_{\Sigma i}$ – сумарний ККД процесу трансформації енергії на етапах вироблення, транспортування або споживання. Приймається залежно від виду енергії, етапу її трансформації, на якому будуть впроваджені енергозберігальні заходи, виду обладнання і ефективності його роботи.

У результаті впровадження енергозберігаючих заходів досягають підвищення ефективності процесу трансформації енергії із зазначених вище етапів за рахунок зменшення втрат теплоти. Власне, величина ККД і визначається як різниця між вихідною кількістю теплоти, яку приймають за 100% (1,0 част.од) і втратами теплоти, які також виражають у % або у част. од:

$$\eta_{\Sigma} = 1 - \Delta q_{\Sigma}, \text{ част.од} \quad (5.6)$$

де Δq_{Σ} - сумарні непродуктивні втрати теплоти від джерела енергії до етапу, на якому було досягнуто зменшення споживання енергії, част.од. Ця величина складається з втрат теплоти на джерелі енергії на етапі вироблення (Δq_k), втрат енергії з охолодженням теплоносія та його витокami у тепловій мережі на етапі транспортування (Δq_T), а також непродуктивних втрат на етапі споживання у споживача ($\Delta q_{сп}$).

Так, для теплоти, яка відпускається споживачам, втрати будуть визначатись за сумою втрат на етапі вироблення і транспортування $\Delta q_{\Sigma} = \Delta q_k + \Delta q_T$, а для кількості теплоти, що відпускається з котельні у тепловій мережі, величина сумарних втрат $\Delta q_{\Sigma} = \Delta q_k$ визначається лише втратами у джерелі теплоти.

Величину сумарного (або результуючого) ККД на будь-якому етапі трансформації енергії можна визначити за добутком елементарних величин ККД на кожному з етапів трансформації. Наприклад, результуючий ККД на вході енергії до будівлі визначається за залежністю (5.7):

$$\eta_{\Sigma} = \eta_k \cdot \eta_T, \text{ част.од} \quad (5.7)$$

де η_k - ефективність вироблення енергії, $\eta_k = 1 - \Delta q_k$ (для системи централізованого теплопостачання – ККД вироблення теплоти у котельні), част. Од;

η_T – енергетична ефективність на етапі транспортування теплоти, $\eta_T = 1 - \Delta q_T$, характеризує величину втрат теплоти лише на етапі транспортування, част.од.

Для етапу відпуску теплоти з котельні у теплову мережу $\eta_{\Sigma} = \eta_K$.

Втрати теплоти можна визначити не лише у част. од. від вихідної кількості теплоти, а й в абсолютному вимірі - кВт·год, кДж або ккал. Тоді кількість теплоти, відпущеної споживачам, можна визначити за відомими величинами первинної енергії палива, підведеної до джерела теплоти ($Q_{\text{п}}$), і відомими втратами теплоти – на джерелі енергії (ΔQ_K), і в теплових мережах (ΔQ_T) за залежністю (5.8):

$$Q_{\text{сп}} = Q_{\text{п}} - (\Delta Q_K + \Delta Q_T), \text{ кВт} \cdot \text{год}; \text{ ккал}; \text{ кДж} \quad (5.8)$$

ΔQ_K і ΔQ_T – абсолютні значення втрат теплоти на етапі вироблення і транспортування.

На рисунку 5.7 показано схему трансформації первинної енергії палива на етапах вироблення, транспортування і відпуску теплоти.

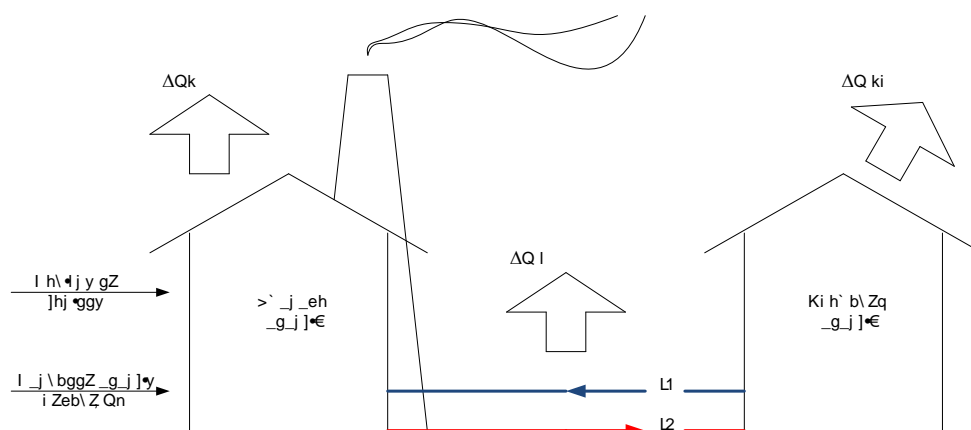


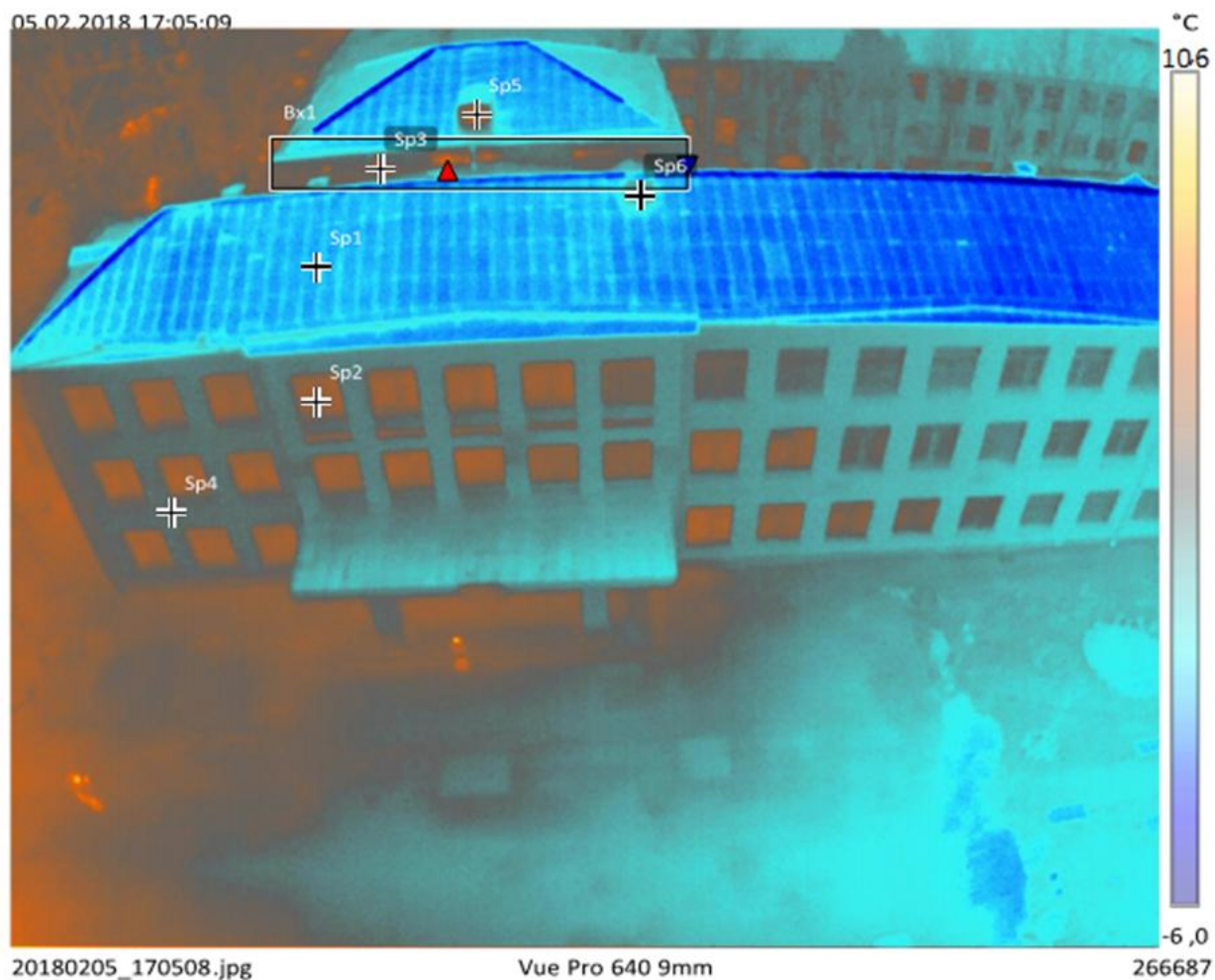
Рисунок 5.7 - Схема трансформації первинної енергії палива

Як видно з рис. 5.7, в міру віддалення від джерела енергії у напрямку до споживача величина втрат буде збільшуватись, а величина результуючого (сумарного) ККД η_{Σ} , зменшуватись.

Саме тому, в міру віддалення етапу впровадження енергозберігальних заходів від джерела енергії величина економії первинного енергоносія, або первинної енергії, згідно з схемою рисунка 5.7, безперервно зростатиме відповідно величини зекономленої енергії.

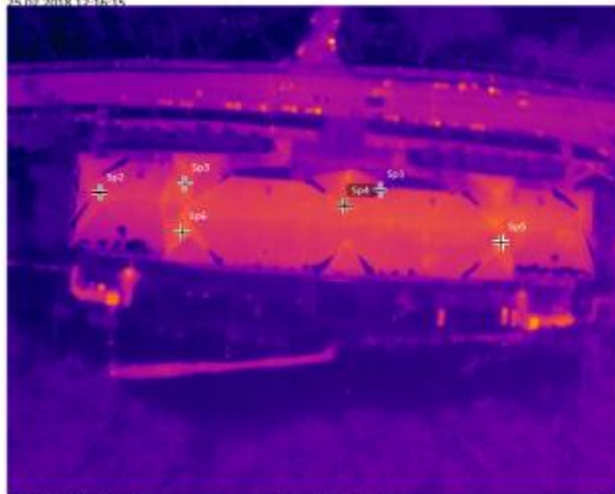
Тому основним методом економії енергії в будівлях ВНЗ є приведення будівель та їх інженерних систем до стану енергоефективних, тобто таких, у яких передбачені оптимальні інженерні методи, системи і заходи з ефективного використання та економії енергії, а також впровадження нетрадиційних джерел енергії.

Звіти про тепловізійне обстеження деяких будівель НУБіП України наведено в додатку Л.



ТЕПЛОВІЗІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРІВЛІ НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСІВ НУБІП УКРАЇНИ

25.07.2018 12:16:15



20180220_144505.jpg

Vue Pro 640 9mm



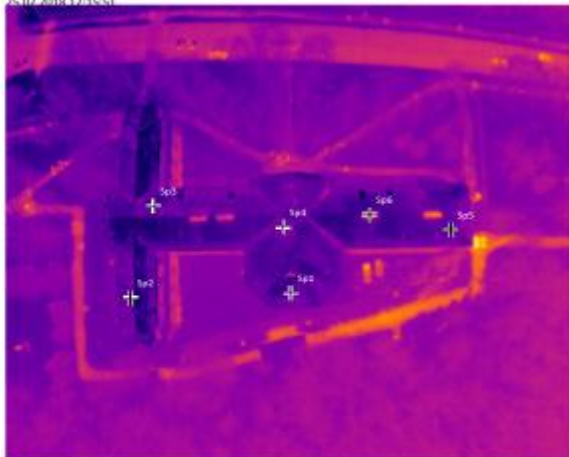
Sp1 - Sp6	-1,8 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 9 Вт
Sp1 - Sp5	-1,9 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 9,5 Вт
Sp1 - Sp4	-2,0 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 10 Вт
Sp1 - Sp3	-1,6 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 8 Вт
Sp1 - Sp2	-1,5 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 7,5 Вт

Навчальний корпус №3

Коефіцієнт излучения	0,94
Отраж. темп.	-1 °C

ТЕПЛОВІЗІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРІВЛІ НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСІВ НУБІП УКРАЇНИ

25.07.2018 12:15:51



20180220_144211.jpg

Vue Pro 640 9mm



Sp1 - Sp6	+2,5 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 12,5 Вт
Sp1 - Sp5	+0,7 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 3,5 Вт
Sp1 - Sp4	+0,7 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 3,5 Вт
Sp1 - Sp3	+1,0 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 5 Вт
Sp1 - Sp2	+0,8 °C (крыша) Потери тепла с 1 м. кв. поверхности = 4 Вт

Навчальний корпус №2

Параметры	
Коефіцієнт излучения	0,94
Отраж. темп.	-1 °C

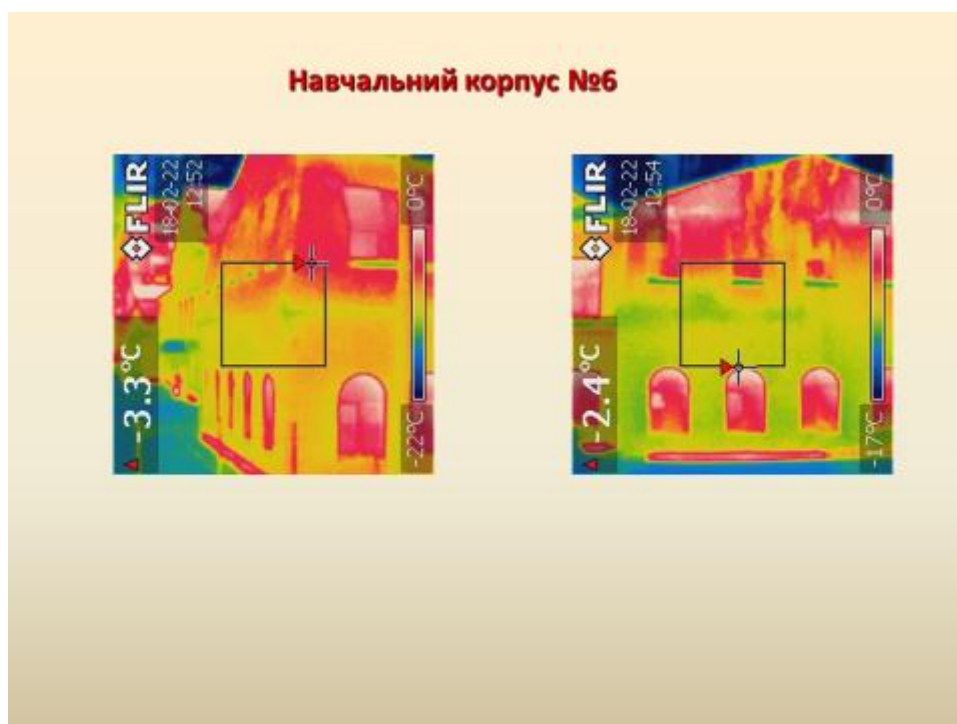
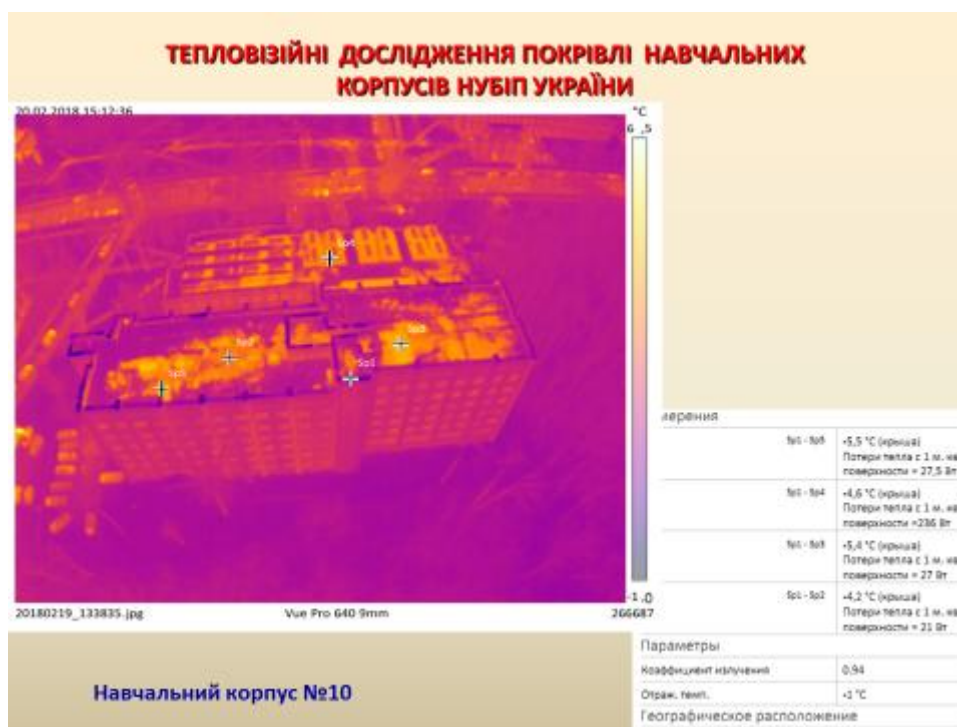


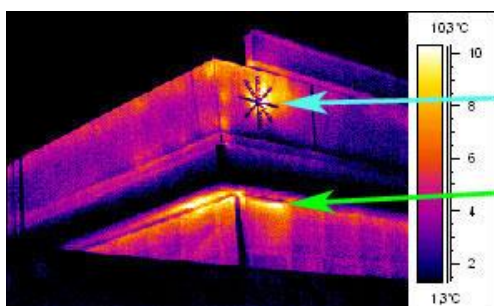
Рисунок 5.8 – Термограми будівель навчальних корпусів, отримані під час тепловізійного обстеження



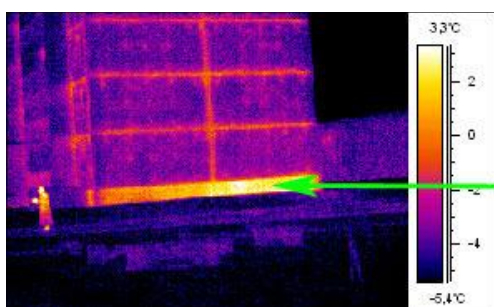
Два однакових будинки. У лівому будинку виконаний ремонт і утеплення захисних конструкцій



Підвищена тепловіддача в місцях встановлення радіаторів системи опалення і під вікнами



Незадовільна теплоізоляція окремих ділянок будівельних конструкцій



Втрата тепла з підвального приміщення в новій будівлі

Рисунок 5.9 – Термограми житлових будівель (гуртожитків), отримані під час тепловізійного обстеження

5.4. Визначення обсягів теплоспоживання навчально-виробничими спорудами Національного університету біоресурсів і природокористування України

5.4.1. Система теплопостачання об'єктів НУБіП України. В даний час теплопостачання об'єктів НУБіП України (за виключенням навчального корпусу №6 та гуртожитків № 4, 5, 6, 7) здійснюється від існуючих котелень «Голосієво–1» (вул. Героїв Оборони 12в) та «Голосієво–2» (вул. Генерала Родімцева 5а) по теплових мережах загальною довжиною 6,6 км. Теплоносій - перегріта вода з параметрами 130-70°C. Вода для системи гарячого водопостачання готується в бойлерних існуючих будинків і споруд. Крім цього, на деяких об'єктах в опалювальний період використовуються місцеві електрообігрівачі /побутові/. Інформація про теплові навантаження, наявність засобів обліку та регулювання теплоспоживання об'єктів Київського центру НУБіП України представлені в табл. 5.8.

Чинними урядовими та нормативними документами¹ регламентується порядок підбору проектів з енергозбереження для бюджетних установ та організацій, який включає роботи з реконструкції мереж і систем постачання, обліку і регулювання споживання води, газу, теплової та електричної енергії, модернізації огорожувальних конструкцій, вікон і дверей, а також заходи з модернізації технологій виробничих процесів, у результаті яких зменшується споживання паливно – енергетичних ресурсів.

Основним напрямком енергозбереження в теплових мережах НУБіП України є обґрунтований вибір та встановлення пристроїв обліку і регулювання витрат теплової енергії, створення автоматизованої інформаційно-виміральної

¹ Порядок відбору проектів з енергозбереження і здійснення видатків на їх виконання за рахунок державного бюджету” Затв. постановою Кабінету Міністрів України від 14.03.01 №241 “Про використання бюджетних асигнувань на виконання енергозберігаючих проектів”.

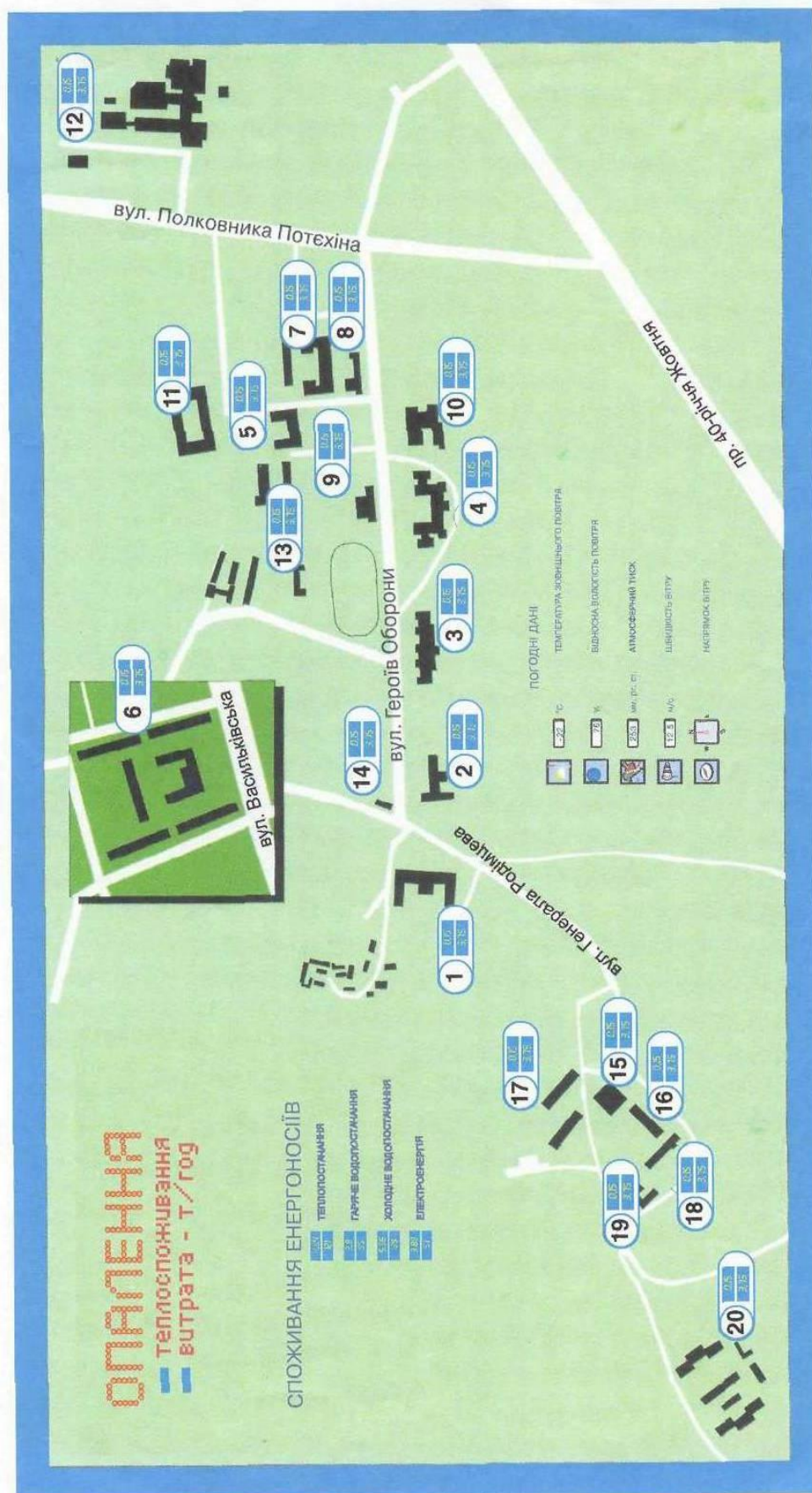


Рисунок 5.10 – Схема системи теплопостачання Київського центру НУБіП України

Таблиця 5.8 – Теплове навантаження, наявність засобів обліку та регулювання споживання теплової енергії на об'єктах НУБіП України

Об'єкт	Теплове навантаження Гкал/ год	Наявність вузла обліку тепла	Комп'ютеризація процесу обліку тепла	Наявність системи регулювання
1	Гуртожитки №№5,6,7	0,983	+	-
2	Навчальний корпус №2	0,368	+	-
3	Навчальний корпус №1	0,671	+	-
4	Навчальний корпус №12	2,222	+	-
5	Навчальний корпус №10	0,581	+	-
6	Навчальний корпус №4	0,683	+	-
7	Навчальний корпус №11	0,630	+	-
8	Навчальний корпус №8	0,15	+	-
9	Гуртожиток №1	0,239	+	-
10	Гуртожиток №9	0,329	+	-
11	Гуртожиток №12	0,481	+	-
12	Гуртожиток №11	0,329	+	-
13	Дендросад	0,102	+	-
14	Гуртожиток №2	0,249	+	-
15	Гуртожитки № 3, 8	0,461	+	-
16	Навчальний корпус №6	0,423	+	-
17	Навчальний корпус №5	0,126	+	-
18	Навчальний корпус №7а	0,122	+	-
19	Навчальний корпус №3	0,252	+	-
21	Навчальний корпус №17	0,167	-	-
22	Житловий будинок	0,224	-	-
23	Гуртожиток №4	0,592	-	-
24	Їдальня	0,361	-	-
25	Гуртожиток №10	0,619	-	-
26	Житловий будинок	0,32	-	-
27	Лабораторія	0,06	-	-
28	Навчальний корпус №7	0,221	-	-
29	Навчальний корпус №9	0,153	-	-
30	Корпус військової кафедри	0,137	-	-
31	Диспетчерська гаражу	0,032	Недоцільно встановлювати в зв'язку з малим тепловим навантаженням	
32	МТД	0,022		
33	РБТ	0,01		
34	Будинок побугу	0,012		
35	Гараж військової кафедри	0,017		

5.4.2. Розподіл теплоти в багатоповерховій забудові. В нашій країні прийнято вертикальне розведення труб системи опалення, яке являється неоптимальним, така схема вже сама по собі викликає перекис температури по поверхах будівлі. На верхніх поверхах, куди гарячий теплоносій поступає в

першу чергу, температура повітря вища ніж на поверхах розташованим знизу. Приклад такого перекосу температур зображений на рис. 5.11.

Теплоносій із теплопункту по подавальному трубопроводу подається на верхній поверх будівлі і повільно опускається вниз по стояках через радіатори системи опалення в колектор зворотного трубопроводу. В зв'язку з малою швидкістю руху теплоносія по стояках більше теплоти віддається на верхніх поверхах і до нижніх поверхів вона доходить охолодженою.

В результаті на верхніх поверхах жарко і люди вимушені відкривати вінка і випускати тепло, якого недостатньо на нижніх поверхах. При цьому постійні втрати теплоти досягають 10÷15 %, відсутній комфорт, а також неможлива економія теплоти бо будь-яка спроба знизити теплове навантаження приводить до зниження швидкості теплоносія в радіаторах і зростання перекосу температур.

Розв'язати таку проблему можна:

- 1) встановивши в елеватор циркуляційний насос, який збільшить швидкість циркуляції теплоносія по контуру;
- 2) повністю переробивши систему опалення, що дорого і пов'язано з великими затратами.

Для збільшення швидкості теплоносія в радіаторах між подавальним і зворотнім трубопроводами встановлюється перемичка через яку здійснюється підмішування зворотного теплоносія до прямого. Один і той же теплоносій швидко і декілька разів проходить по внутрішньому контуру будівлі. Завдяки цьому температура в подавальному трубопроводі зменшується, а за рахунок збільшення в декілька разів швидкості протікання теплоносія по внутрішньому контуру будівлі, в зворотному трубопроводі температура зростає. Розподіл теплоти по будівлі стає рівномірним при цьому створюються комфортні умови при зменшенні втрат теплоти на 10÷15 %.

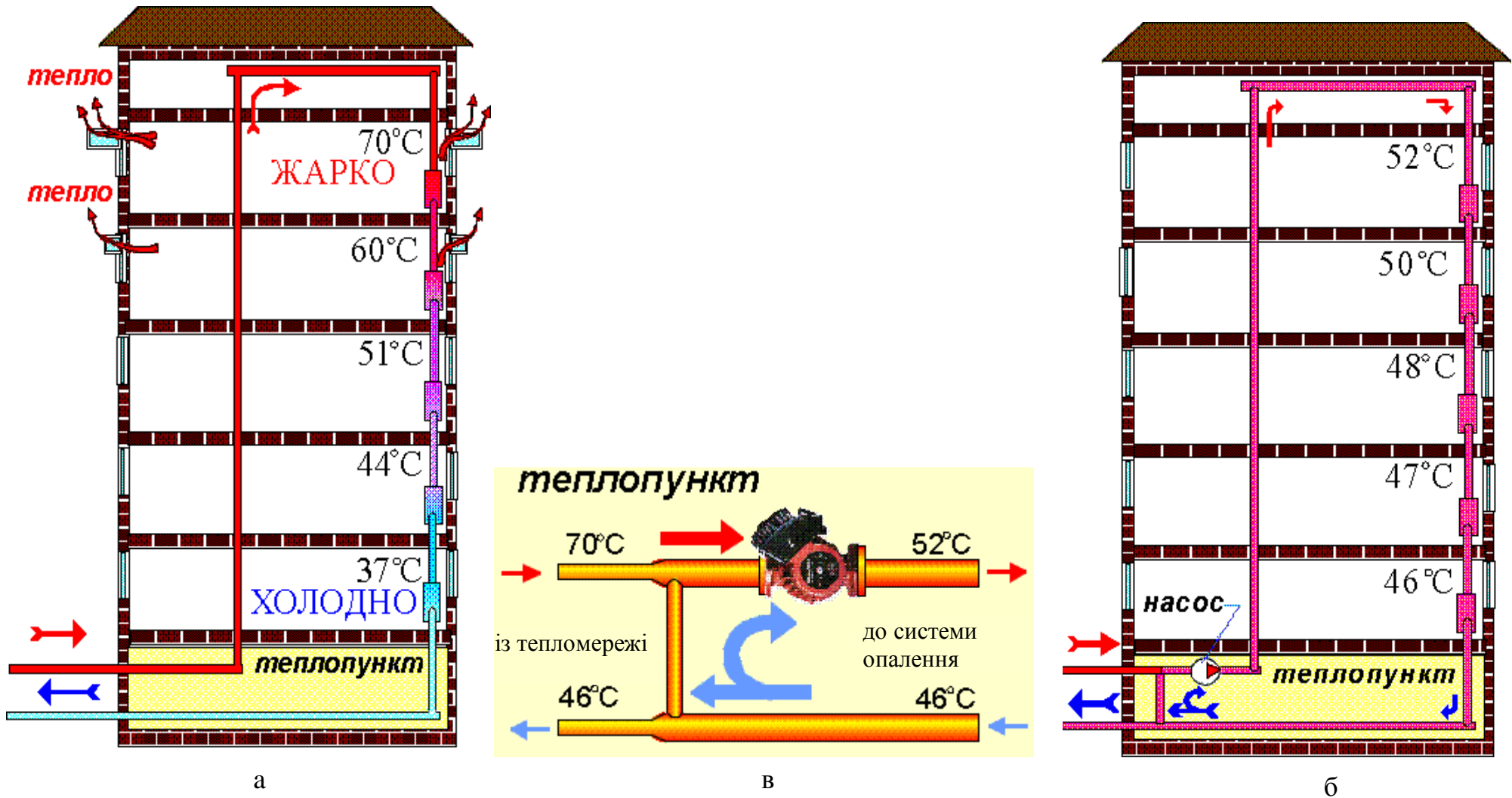


Рисунок 5.11 – Розподіл температур в багатоповерховій будівлі: а) при одноконтурній системі опалення без циркуляційного насоса (елеватором); б) при одноконтурній системі опалення з циркуляційним насосом; в) теплопункт будівлі з циркуляційним насосом

В той же час при неправильному балансуванні системи опалення на стояку, розташованому ближче до подавального трубопроводу, піде основний потік теплоносія, а дальні стояки будуть погано опалюватися і тепловий перенос буде горизонтальним: більша частина теплоти буде витрачатися на перегрівання ближніх по ходу стояків, а в дальніх стояках буде "застій" теплоносія. Вирішення цієї проблеми раніше здійснювалось шляхом встановлення обмежуючих шайб на перших по ходу теплоносія стояках. Але це викликало безліч проблем, пов'язаних з перерахунком і переналадкою всієї системи опалювання.

В останній час з'явилися нові пристрої, які вирішують і цю проблему - це балансувальні клапани BALLOREX, за допомогою яких стало можливим визначити і підтримати точні втрати теплоносія через кожний конкретний стояк будівлі незалежно від перепаду тиску в подавальному і зворотному трубопроводах. Використання таких пристроїв значно підвищує ефективність роботи радіаторних регуляторів температури в приміщенні, і зменшує споживання теплоти будівлею.

5.4.3. Регулювання теплового навантаження за погодними умовами.

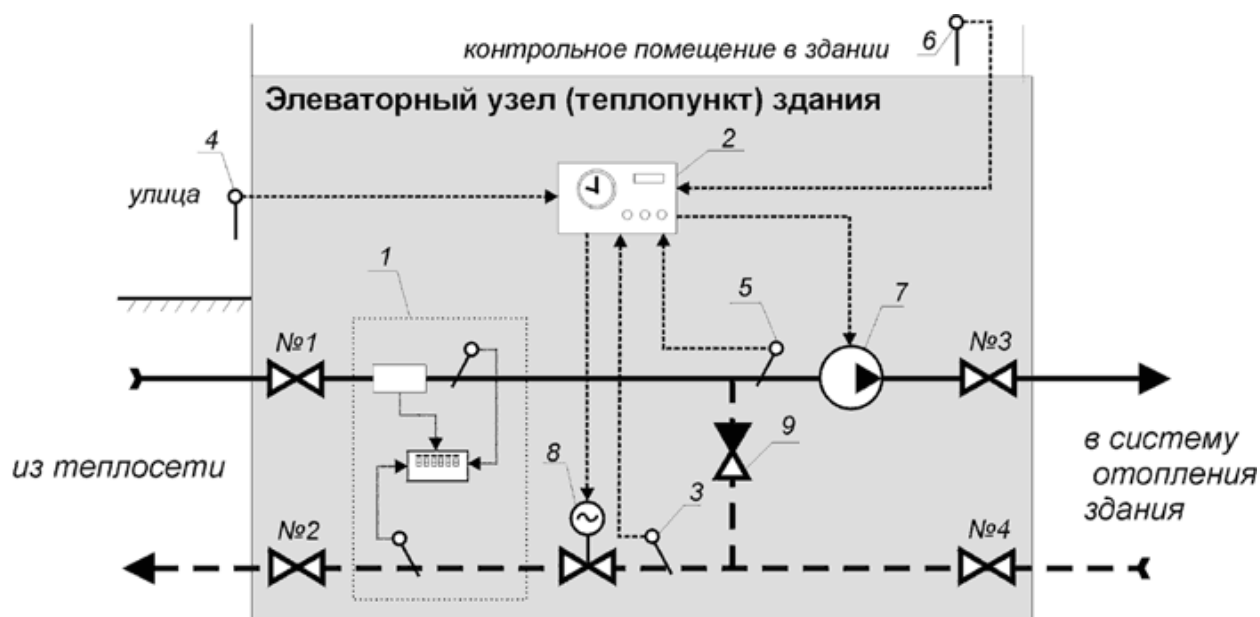
Постійне зростання і без того величезного зовнішнього боргу за енергоносії, є однією з найбільш хворобливих проблем сьогоденної української економіки. Займаючи 6-е місце в світі по споживанню газу, Україна сьогодні не в змозі покрити свої енергетичні потреби за допомогою власних джерел видобутку енергоресурсів і змушена закуповувати їх за рубежем. Витрати України за енергоносії протягом річного опалювального періоду складає в середньому близько 10 мнл. доларів США [38].

У цій ситуації найбільш пріоритетним напрямком у розвитку економіки країни стає активне впровадження засобів енергозбереження по всьому ланцюжку: видобуток- проведення- споживання.

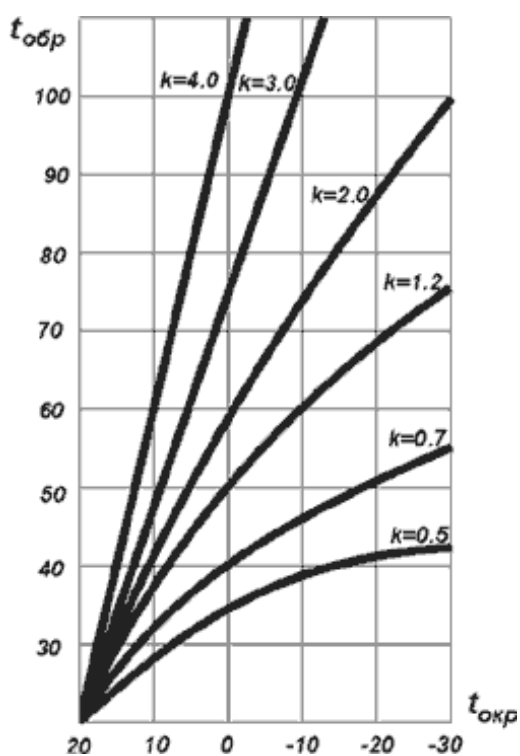
Одним з найбільш ефективних способів енергозбереження є економія теплової енергії на об'єктах її споживання: в опалювальних будинках.

Головною умовою, що забезпечує таку економію є, насамперед, обов'язкове оснащення теплових пунктів приладами обліку теплоти – теплотічильниками. Це дозволяє швидко окупити капіталовкладення по оснащенню опалювальних систем енергозберігаючим устаткуванням і надалі одержати значну економію фінансових витрат, що йдуть на оплату рахунків енергетичних компаній.

Будь-яка система опалення будинку повинна бути укомплектована автоматичною системою регулювання теплового навантаження з корекцією по погодних умовах. Одним з типових варіантів установки одноконтурної автоматичної системи регулювання споживання теплоти будинком з корекцією по погодних умовах є представлена на рис. 5.12. Теплотічильник 1, що складається з витратоміра, 2-х датчиків температури й обчислювача, встановлений на введенні теплоти в будинки і веде облік поточного і інтегрального фактичного споживання теплоти. Система автоматики енергозбереження в даному випадку складається з обчислювального контролера 2, що одержує інформацію від датчиків температури теплоносія в подавальному і зворотньому ($t_{звор}$) 3 трубопроводах, датчиків температури навколишнього повітря ($t_{н.с.}$) 4 і температури повітря в контрольованому приміщенні будинку 6. На основі одержуваної від датчиків інформації і обраної настройки контролера, регулюються витрати теплоносія, що надходить в будинок клапаном на зворотньому трубопроводі 8 і циркуляційним насосом системи опалення 7. Зворотній клапан 9, встановлений на перемичці між подавальним і зворотнім трубопроводами, забезпечує роботу системи опалення при відключенні циркуляційного насоса.



а)



б)

Рисунок 5.12 – Автоматична система регулювання споживання теплоти з корекцією за погодними умовами: а) технологічна схема; б) реалізовувана контролером 2 функція $t_{звор.} = f(t_{н.с.})$ при різних коефіцієнтах k

Обчислювальний контролер є центральною ланкою системи і робить Пі-регулювання втрат теплоносія з метою підтримки температури його в зворотному трубопроводі (тобто самому холодному радіаторі будинку) за графіком у залежності від температури навколишнього повітря. Іншими словами, прилад реалізує функцію $t_{звор} = f(t_{н.с}, k)$, що задається при настроюванні шляхом вибору й установки на приладі відповідного коефіцієнта k (див. рис. 5.12 б).

Сигнали про температури в контрольованому приміщенні і теплоносія в подавальному трубопроводі можуть коригуватися. Можливий і інший варіант регулювання, коли контролер буде підтримувати задану графіком температуру в контрольованому приміщенні. Такого роду прилад, звичайно, забезпечується таймером реального часу (годинник), що враховує час доби і перемикаючим режим енергоспоживання будинку з “комфортного” у “економний” і назад у “комфортний”. Це еквівалентно зміщенню обраної кривої $t_{звор} = f(t_{н.с}, k)$ паралельно вертикальній осі на будь-яку обрану величину в діапазоні ± 20 °С. Це особливо актуально, наприклад, для організацій, у яких немає необхідності підтримувати комфортний режим опалення в приміщеннях вночі чи у вихідні дні.

Система володіє також функціями обмеження величини підтримуваної температури по верхній або нижній межі і захисту від замерзання. Суттєвим елементом у даній системі є циркуляційний насос 7. Він збільшує у кілька разів швидкість циркуляції теплоносія по внутрішньому контуру, а, по-друге, регулювання теплового навантаження здійснюється шляхом зниження витрат теплоносія. В однотрубних системах опалення (а це стандарт саме вітчизняних систем) це автоматично збільшить перекоп температур в приміщеннях шляхом швидкості протікання теплоносія і практично все тепло стане віддаватися в перших по його ходу радіаторах, що значно погіршить ситуацію з розподілом теплоти в будинку і знизить ефективність регулювання.

Результати дослідження роботи таких систем в осінній та весняний період показали, що за рахунок тимчасових потеплінь втрати теплоти зменшились на

50-60 %. В зимовий період втрати зменшилися на 7-15 %, в основному за рахунок зниження температури на 3-5 °С у зворотньому трубопроводі в нічний період.

В цілому, усереднена економія теплоти за весь опалювальний період склала 30-35 % [7].

5.5. Індивідуальні теплові пункти

5.5.1. Технологічні параметри системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах. Технологічними параметрами системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах є [19,20]:

- витрати теплоносія , м³/годину;
- обсяг споживаної теплової енергії, МВт·годину (Гкал);
- теплова потужність, МВт (Гкал/годину);
- температура теплоносія та різниця її значень у подавальному і зворотньому трубопроводах, °С;
- температура у системі гарячого водопостачання

У разі автоматичного регулювання витрат теплоносія на тепловому пункті виконується програмне обмеження теплоспоживання в межах доби (рис. 5.13) і в межах тижня (рис. 5.14)

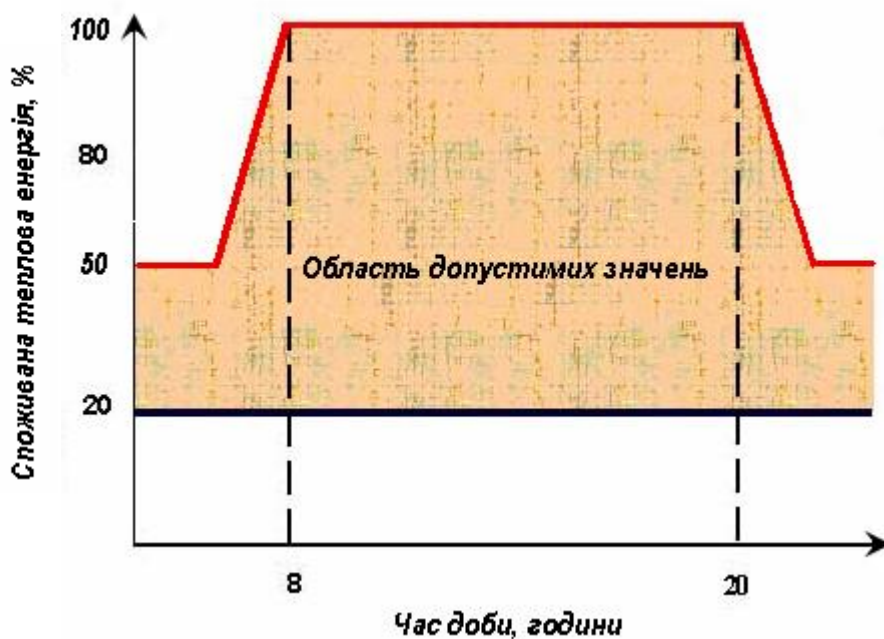


Рисунок 5.13 - Графік споживання теплової енергії протягом доби, що відпрацьовується на тепловому пункті

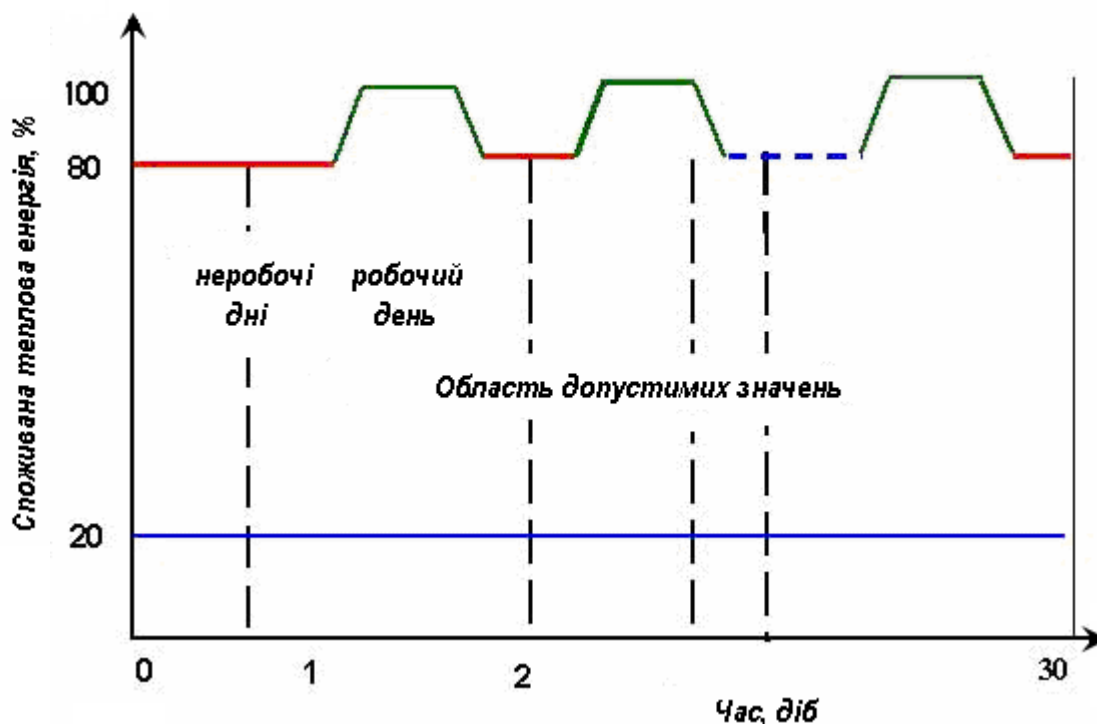


Рисунок 5.14 - Добовий протягом місяця графік споживання теплової енергії, що відпрацьовується на тепловому пункті

5.5.2. Оцінка ефективності енергоощадних заходів. Економічна ефективність відображає результати впровадження енергоощадних заходів

(зокрема енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах) і визначається різницею між доходами і витратами, пов'язаними із реалізацією заходів, а також відображає зміну величини попиту на паливно-енергетичні ресурси в результаті заміни більш дорогих видів менш дорогими.

Оцінка ефективності використання засобів, спрямованих на реалізацію енергоощадних заходів, проводиться на основі наступної системи показників:

- простий строк окупності T_n не більше 5 років;
- динамічний строк окупності T_d не більше 8 років;
- чистий дисконтований дохід $ДД$ більше 0;
- внутрішня норма доходності $E_{вн}$ більше E – нормативної ставки дисконтування;
- індекс прибутковості $Пі$ більше 1,0.

Простий строк окупності капітальних вкладень застосовується для попередньої оцінки енергоощадного заходу на стадії складання техніко-економічного обґрунтування (пропозиції) реалізації енергоощадного заходу:

$$T_n = E_{річн} / I, \quad (5.9)$$

де I – капітальні вкладення (інвестиції) в реалізацію даного енергоощадного заходу (з усіх можливих джерел фінансування);

$E_{річн}$ - річна економія паливно-енергетичних ресурсів, отримувана від реалізації даного енергоощадного заходу (в грошовому виразі).

Капітальні вкладення в реалізацію енергоощадних заходів включають в себе обсяги витрат на розроблення бізнес-плану або техніко-економічного обґрунтування заходу, вартість проектно-вишукувальних робіт, основного і допоміжного обладнання, будівельно-монтажних і пусконаладжувальних робіт.

Розрахунок капітальних вкладень і річної економії виконується відповідно до методичних рекомендацій щодо складання техніко-економічних обґрунтувань для енергоощадних заходів, розроблених Держкоменергозбереження України.

На підставі розрахунку чистого дисконтованого доходу $ДД$, внутрішньої норми доходності $Ен$ та індексу прибутковості $Пі$ проводиться оцінка і порівняння різних енергоощадних заходів та прийняття рішення про фінансування енергоощадного заходу.

Чистий дисконтований дохід $ДД$, внутрішня норма доходності $Ен$ та індекс прибутковості $Пі$ відносяться до показників, що відносяться до показників, що включають вартість грошей з урахуванням доходів майбутнього періоду.

Чистий дисконтований дохід (перевищення доходу над затратами нарастаючим підсумком за розрахунковий період T з урахуванням дисконтування) розраховується за формулою

$$ДД = \sum_{t=0}^T (Dt - Zt - It)(1 + E)^{-t}, \quad (5.10)$$

де Dt - грошові надходження (виручка, дивіденди та ін.) від реалізації енергоощадного заходу в t -му році;

Zt - експлуатаційні витрати на реалізацію енергоощадного заходу та інші платежі (податки, мито та ін..) в t -му році;

It - інвестиції (капітальні вкладення) в t -му році;

T - період, протягом якого здійснюються інвестиції і експлуатація обладнання, а також отримується дохід від реалізації енерго-ощадного заходу, років;

E - ставка дисконтування, що враховує ставку рефінансування Національного банку України або фактичну ставку процента по довгострокових кредитах банку, індекс цін (в необхідних випадках може враховуватися надбавка за ризик, яка додається до ставки дисконтування

для без ризикових вкладень) і приймається для розрахунків рівною 10% або $E_n = 0,1$.

Додатне значення чистого дисконтованого доходу свідчить про економічну доцільність реалізації енергоощадного заходу.

Примітка. В рік здійснення первинних капітальних вкладень ($t = 0$) чистий дисконтований дохід дорівнює : $ДД0 = - I0$.

Внутрішня норма доходності $E_{вн}$ (значення ставки дисконтування, при якій чистий дисконтований дохід дорівнює нулю) знаходиться шляхом розв'язку рівняння:

$$\sum_{t=0}^T (Dt - Zt)(1 + E_{вн})^{-t} = \sum_{t=0}^T It(1 + E_{вн})^{-t} \quad (5.11)$$

У разі, коли розрахована внутрішня норма доходності $E_{вн}$ виявляється вищою нормативної ставки дисконтування 0,1 енергоощадний захід є економічно ефективним.

За необхідності вибору енергоощадного заходу із кількох більш ефективним є захід з більш високою внутрішньою нормою доходності $E_{вн}$.

Індекс прибутковості Π_i визначається як відношення різниці доходу і затрат при реалізації енергоощадного заходу до величини капітальних вкладень (наростаючим підсумком за розрахунковий період $T_{розр}$):

$$\Pi_i = \frac{\sum_{t=1}^T (Dt - Zt)(1 + E)^{-t}}{I_0 + \sum_{t=1}^T It(1 + E)^{-t}} \quad (5.12)$$

Індекс прибутковості Π_i тісно пов'язаний із чистим дисконтованим доходом $ДД$. Якщо дохід додатній, то $\Pi_i > 1$, і навпаки. Енергоощадний захід вважається економічно ефективним, якщо $\Pi_i > 1$.

За необхідності вибору енергоощадного заходу із кількох більш ефективним є захід з більш високим індексом прибутковості Pi .

Оцінка ефективності реалізованого енергоощадного заходу здійснюється за наведеними вище формулами на основі фактичних даних по капітальних вкладеннях, експлуатаційних витратах і грошових надходженнях (бухгалтерський облік, статистична звітність) станом на останній день року, що передує року проведення оцінки енергоощадного заходу.

5.5.3. Розрахунок очікуваної економії від регулювання витрат теплоносія на індивідуальному тепловому пункті. Розрахунок очікуваної економії від регулювання витрат теплоносія на індивідуальному тепловому пункті проводиться виходячи із тривалості опалювального періоду, що становить в Україні орієнтовно 6 місяців (180 днів або 4320 годин).

Кількість робочих днів в опалювальному періоді дорівнює $180/7) \times 5 = 129$ днів або $129 \times 9 = 1161$ годину (при 5-ти денному робочому тижневі в 1 зміну; одна година при 8 – годинному робочому дні відводиться на обідню перерву)

Кількість неробочих днів становить $(180/7) \times 2 = 51$ день.

Загальна кількість неробочих годин становить

$$129 \times 15 + 51 \times 24 = 3159 \text{ годин}$$

Питомі витрати теплової енергії за 1 годину опалювального періоду за становлять

$$q = Q/4320, \quad (5.13)$$

де Q – загальні витрати теплової енергії за опалювальний період.

У разі застосування регуляторів для підтримання температури в неробочий час на рівні половинного значення температури в робочий час

(вважаючи залежність температури від витрати теплоносія лінійною) за витрати теплової енергії за опалювальний період становитимуть

$$Q_1 = (Q/4320) \times 1161 + 0,5 \times (Q/4320) \times 3159 = 0,63Q \quad (5.14)$$

Таким чином при 5-ти денному робочому тижні в одну зміну впровадження енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах дозволить заощадити приблизно 37 % споживаної теплової енергії.

При цьому в розрахунках не врахована економія тепла за рахунок зниження надлишкового нагрівання приміщень восени та весною за доволі високих температур зовнішнього повітря („перетоп”) та економія за рахунок нагрівання повітря в приміщеннях від енергоспоживального виробничого обладнання, побутових приладів та від сонячного випромінювання.

5.5.4. Елементна база енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах. Елементною базою енергоощадної системи обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах, прийнятої в проекті реконструкції індивідуального теплового пункту навчального корпусу №8 є:

- електромагнітний лічильник тепла SA-94 (SA-97);
- регулятор температури КИАРМ (комплект електронного регулятора температури КИАРМ 058001 і сідлового електромагнітного клапану КИАРМ 68003-НО).

Електромагнітний лічильник тепла SA-94 [9] призначений для використання при вимірюванні, реєстрації і регулюванні теплових параметрів у відкритих і закритих системах теплопостачання із встановленням одного чи двох датчиків витрати теплоносія (рис. 5.15).

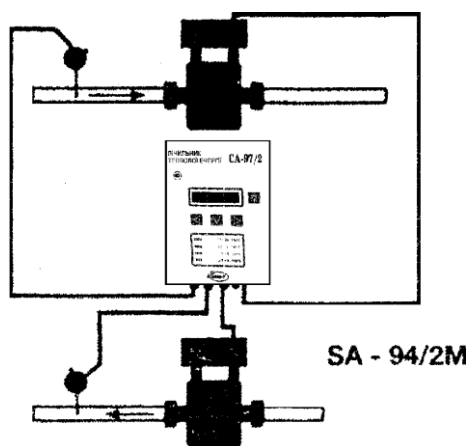


Рисунок 5.15 - Схема встановлення лічильника тепла SA-94/2M у мережах теплопостачання

Лічильник може бути адаптований до тепломережі споживача шляхом вибору місця встановлення датчика (датчиків), витрат теплоносія, перемикання діапазону вимірювання витрат та вибору відповідності струмових або частотних вихідних сигналів вимірюваним параметрам тощо.

Лічильник здійснює автоматичне само діагностування та авто калібрування, фіксує порушення роботи системи теплопостачання і своїх вузлів, а також часу вимикання живлення приладу від мережі, що унеможливорює несанкціонований вплив на процес обліку теплової енергії.

Лічильник фіксує у внутрішній пам'яті годинні значення параметрів роботи системи теплопостачання за останній місяць і добові значення параметрів за останній рік роботи приладу. Тривалість зберігання статистичної інформації не обмежена. Лічильник має вихід стандартного послідовного інтерфейсу RS232 для під'єднання до ПЕОМ, принтера, модему чи спеціального пристрою для знімання інформації.

До переліку вимірюваних, обчислюваних та фіксованих у внутрішній пам'яті лічильника параметрів системи теплопостачання входять:

- витрати теплоносія, м³/годину (т/годину);
- сумарне наростаючим підсумком споживання теплової енергії, МВт·год (Гкал);

- сумарна наростаючим підсумком кількість теплоносія, що протікає трубопроводами, м³ (м);
- теплова потужність, МВт (Гкал/год);
- температура теплоносія у подавальному і зворотному трубопроводах та в трубопроводі холодного водопостачання;
- різниця значень температури у прямому та зворотному трубопроводах;
- середнього динні і середньодобові значення наведених вище параметрів теплоносія;
- календар з індикацією року, місяця, числа, години, хвилини та секунди;
- час початку і закінчення періоду вимкнення приладу від мережі, порушень в роботі приладу або системи теплопостачання;
- час перебування в робочому режимі.

Теплолічильник комплектується первинними перетворювачами витрат теплоносія типу ПРН (один чи два), термоперетворювачами типу 100П, Pt100, або 100М (два чи три), а також змінними, монтажними і установочними елементами.

Основні технічні характеристик лічильника тепла SA-94 наведені у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 - Технічні характеристики лічильника тепла SA-94

Діаметр умовного проходу, мм	15; 25; 40; 50; 80; 100; 150; 200; 300
Діапазони вихідних електричних сигналів постійного струму (пропорційного двом вибраним параметрам), mA	0...5; 0...20; 4...20
Діапазон вихідних частотних сигналів, Гц	0...2000
Допустима відносна похибка при вимірюванні кількості теплоти, %	±4 (кл.4)
Допустима відносна похибка при вимірюванні витрати теплоносія, %	±2
Діапазон значень швидкості потоку теплоносія, м/с	0,04...1
Діапазон вимірювання витрат теплоносія від значення найбільшої витрати, вибраного споживачами, %	2...100
Діапазон значень температури теплоносія у трубопроводах, °C	5...150
Діапазон різниці температур у трубопроводах, °C	2...140
Напруга живлення, В	187...231
Споживана потужність, В·А не більше	15
Маса вимірювально-обчислювального блоку, кг	2
Міжповірковий інтервал, років	3

Адаптер перенесення даних AD 2301, яким може комплектуватися теплолічильник SA-94, є переносним малогабаритним приладом з автономним живленням, призначеним для зчитування і перенесення накопиченої статистичної інформації і поточних даних (на момент зчитування) з теплолічильника до ПЕОМ з метою подальшої її обробки.

Адаптер дозволяє:

- зчитувати і зберігати в своїй пам'яті дані з великої кількості теплолічильників (від 10 до 200) залежно від виду та об'єму інформації, яку зчитують;
- зчитувати усі накопичені в пам'яті теплолічильника статистичні дані або зчитувати дані лише визначеного виду і за певний термін;
- виводити на свій дисплей код та об'єм зчитаних з кожного конкретного теплолічильника даних, а також час і дату зчитування;
- передавати накопичені дані в пам'ять ПЕОМ при підключенні до її стандартного RS232 порту;
- роздруковувати у вигляді протоколів-таблиць на папері будь-яку зчитану з теплолічильників та інформацію, що зберігається в пам'яті адаптера, шляхом підключення до стандартного принтера з послідовним або паралельним входом.

Адаптер забезпечує:

- відповідність статистичних даних, що зберігаються в пам'яті адаптера вихідним даним, зчитаним з теплолічильника;
- зберігання їх в пам'яті адаптера на строк до 8 років (навіть при повному відключенні елементів живлення), а також неможливість зміни їх випадково або навмисно;
- пряме підключення до принтера для друку на папір зчитаної з теплолічильників інформації;

- стирання даних з пам'яті адаптера (можливе лише за спеціальної командою очищення пам'яті адаптера, що надсилається з ПЕОМ програмою підтримання адаптера).

Для роботи адаптера з ПЕОМ типу IBM PC до комплекту поставки входить програма підтримання адаптера, що дозволяє зчитувати дані з його пам'яті в ПЕОМ, і програма користувача для перегляду зчитаних даних.

Живлення адаптера здійснюється від чотирьох батарей типорозміру AA напругою 1,5 В.

Адаптер принтера даних AD 2301 призначений для періодичного зчитування з теплолічильників SA-94 по послідовному інтерфейсу RS232 або RS485 як поточних, так і статистичних даних, що зберігаються в пам'яті теплолічильників і роздруковування їх на паперовий носій у вигляді табличних протоколів за допомогою стандартного принтера, оснащеного інтерфейсом типу CENTRONIX.

Живлення адаптера здійснюється від мережі 220 В, вмикання живлення принтера здійснюється комутуючою схемою АП в момент роздруковування даних.

АП дозволяє виконувати друк як на окремих аркушах, так і на рулоні, протоколів трьох видів:

- протокол поточних значень, що вимірюються теплолічильником, параметрів системи теплопостачання;
- протокол середньогодинних значень параметрів системи теплопостачання;
- протокол середньодобових значень параметрів системи теплопостачання.

Друкування даних виконується у двох режимах:

- автоматичне друкування даних (режим самописця), коли кожний рядок протоколу друкується автоматично у 00 хв. кожної години (або 00 год. 00 хв. кожної доби), при цьому зміна аркуша може виконуватись також автоматично;

- друкування даних за запитом, коли при натисканні кнопки роздруковується повний протокол середньогодинних даних за останні дві доби, або середньодобових даних за останні 48 діб, або рядок поточних даних з поточним часом і датою.

Вибір режиму друкування і виду протоколу здійснюється кнопкою на передній панелі АП, та же розміщені світлодіоди, що індикують роботи адаптера.

Узгоджувальний пристрій AD1201 призначений для збільшення довжини лінії зв'язку послідовного інтерфейсу теплотічильників SA-94 шляхом перетворення сигналів інтерфейсу RS232 в сигнали інтерфейсу RS485 і навпаки, а також гальванічного розв'язку цих інтерфейсів. При використанні на обох кінцях ліній зв'язку між теплотічильниками і ПЕОМ двох УП можна здійснювати сталий двосторонній зв'язок на відстані 1,2 км.

Комутатори інтерфейсу AD1202, AD1203 призначені як для здійснення можливості під'єднання достатньо великої кількості теплотічильників SA-94 до одного порту послідовного інтерфейсу ПЕОМ, так і для збільшення довжини лінії зв'язку між ними шляхом перетворення сигналів інтерфейсу RS232 в сигнали RS485 і навпаки, а також ганої розв'язки між каналами.

На відміну від узгоджувального приладу AD1202 КІ має один вихід на лінію зв'язку (RS485 у AD1202 і RS232 у AD1203), що дозволяє, викривуючи різноманітні варіанти вмикання комутаторів з згоджувальними приладами, під'єднувати до одного ПЕОМ до декількох десятків теплотічильників SA-94 в радіусі до 3-х кілометрів і таким чином творювати локальні (на рівні мікрорайону) мережі для збирання даних з об'єктів теплопостачання.

Регулятор температури КИАРМ 68003-НО [32,33] призначений для регулювання рівня теплоспоживання в незалежних системах опалення, а також в залежних системах з елеваторним приготуванням теплоносія.

До складу комплекту регулятора входять такі функціональні вузли, які забезпечують функції керування та регулювання витрат енергоносія:

- блок контролю та регулювання (електронний регулятор температури КИАРМ 058001);
- регулювальний орган в комплекті з виконавчим механізмом (клапан сідловий електромагнітний КИАРМ 68003 НО);
- датчик температури теплоносія в зворотному трубопроводі системи опалення;
- датчик температури зовнішнього повітря.

Технічні характеристики регулятора температури КИАРМ 68003-НО

1. Тип теплоносія в теплових мережах – вода, водяна пара.
2. Робочий тиск, МПа (кг/см^2) – не більше 1,6 (16).
3. Температура теплоносія, °С – від 5 до 150.
4. Діапазон регулювання температури теплоносія, °С – 5...120.
5. Точність регулювання температури теплоносія, °С $-\pm 1$
6. Приєднання регулювального електромагнітного клапана до трубопроводу – фланцеве згідно ГОСТ 12815, вик. 3.
7. Установочне положення регулювального клапана – електромагнітом догори, допускається відхилення від вертикального положення $\pm 30^\circ$.
8. Матеріал корпусних деталей клапана – чавун марки КЧ або СЧ.
9. Керування електромагнітом регулювального клапана здійснюється імпульсами постійного струму від електронного регулятора температури ЕРТ, який входить до комплекту поставки.
10. Живлення контролера – мережа однофазного змінного струму з номінальною напругою $220 \text{ В} \pm 15\%$ частотою $(50 \pm 1) \text{ Гц}$.
11. Стан регулювального клапана при обезструмленому електромагніті – нормально відкритий.
12. Ступінь захисту від впливу навколишнього середовища згідно ГОСТ 14254:
 - контролера РЕ – IP54;
 - електромагнітного регулювального клапану – IP65.

Таблиця 5.15 - Типорозміри сідловин електромагнітних клапанів КИАРМ-68003-НО

Позначення клапана	Коефіцієнт пропускної здатності k_{vs} , (т/год)/(бар)	Коефіцієнт гідравлічного опору	Маса, кг, не більше
КИАРМ 68003-025НО	10	6,8	6,2
КИАРМ 68003-040НО	20	8,5	8,0
КИАРМ 68003-050НО	27	9,0	12,0
КИАРМ 68003-065НО	85	6,0	25,5



Рисунок 5.16 - Клапан сідловий електромагнітний КИАРМ (варіанти виконання). Вид загальний

Система регулювання витрат теплоносія на базі регулятора температури КИАРМ 058001 (рис. 5.17) є замкненою системою з автоматичним позиційним (переривчастим, релейним) регулюванням за відхиленням.

Регулятор температури забезпечує:

- автоматичне регулювання температури в режимі реального часу відповідно до заданого режиму роботи;
- можливість встановлення температурного графіку з тижневим циклом і різними температурними режимами протягом доби (тривалість одного температурного режиму від 1 до 24 годин);
- перемикання температурних режимів протягом доби за вбудованим електронним годинником.

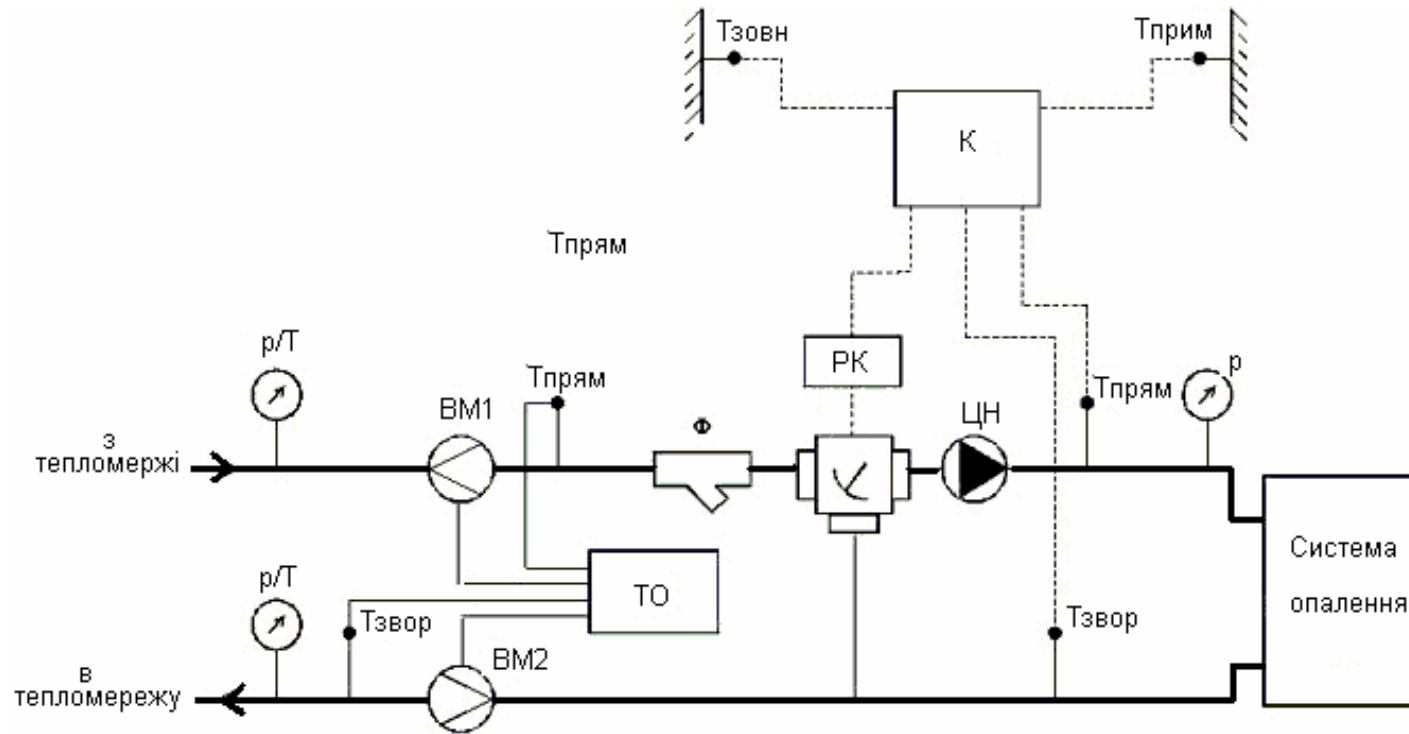


Рисунок 5.17 – Технологічна схема системи обліку теплової енергії та регулювання теплового навантаження за погодними умовами: p/T – стрілочний вимірювачі температури/тиску; $BM1$, $BM2$ – перетворювачі витрат; Φ – фільтр; $ТО$ – теплообчислювач; $РК$ – регулювальний клапан з електроприводом; $К$ – контролер; $ЦН$ – циркуляційний насос; $T_{зовн}$, $T_{прим}$ – відповідно датчики температури зовнішнього повітря і в контрольованому приміщенні; $T_{прям}$, $T_{звор}$ – датчики температури прямої і зворотної води; p/T – манометр

Позиційне регулювання витрат теплоносія і систем опалення, яка приєднана до теплової мережі через елеваторний вузол, реалізується таким чином.

Встановлений на подавальному трубопроводі теплового пункту перед елеватором електромагнітний клапан (нормально відкритий) управляється командними імпульсами, які формуються в регуляторі температури під дією сигналів від датчиків температури зворотної води та зовнішнього повітря.

При зростанні температури зворотної води вище значень заданого температурного графіка, які відповідають поточній температурі зовнішнього повітря, або при підвищенні температури зовнішнього повітря понад значення, що відповідають поточній температурі зворотної води, регулятор температури видає команду на закривання нормально відкритого електромагнітного клапану. Під дією струму регулювальний орган клапана, долаючи опір пружини, переходить в частково закрите положення, при якому витрати мережної води в системі опалення зберігаються на рівні 10...30% номінального значення. Після закривання клапану регулятор температури знижує споживаний струм до значення, достатнього для утримання регулювального органу в зазначеному положенні.

Через деякий час температура зворотної води знижується, і регулятор формує сигнал на повне відкриття електромагнітного клапана, що здійснюється зусиллям пружини при знятті напруги з електромагніту.

Таким чином обмеження споживання теплоносія системою опалення здійснюється протягом повторюваних проміжків часу, коли електромагнітний клапан знаходиться в частково закритому положенні.

Окреме спеціальне виконання регулятора температури забезпечує режим автоматичного моніторингу з використанням мобільного зв'язку для одного або групи (кілька сотень об'єктів).

5.5.5. Вимоги щодо регулювання витрати теплоносія у теплових мережах. Енергоощадність в системах тепlopостачання дасть значно більший ефект тоді, коли вони будуть обладнані не лише приладами обліку, а й приладами регулювання технологічних параметрів з одночасним переходом теплових пунктів від елеваторної схеми змішування до насосної. Життя підтвердило правильність такого підходу, оскільки встановлення приладів обліку теплової енергії не дозволяє знижувати споживання теплової енергії, і в ряді випадків оплата за використану теплову енергію була вищою за платежі до встановлення приладів обліку.

При цьому найбільш актуальними для систем тепlopостачання є такі основні функції:

- регулювання температури в подавальному трубопроводі опалювального контуру залежно від температури зовнішнього повітря – погодні регулювання;
- контроль температури зворотної води відповідно до температури зовнішнього повітря за заданим опалювальним графіком;
- можливість програмування величини зниження теплоспоживання в задані періоди доби і дні тижня залежно від температури зовнішнього повітря;
- можливість нагрівання будівлі після режиму зниженого теплоспоживання на задану користувачем величину;
- можливість коригування режиму теплоспоживання за температурою повітря в приміщенні;
- обмеження (мінімум і максимум) температури теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення;
- можливість задання режиму теплоспоживання, який враховує особливості будівельної конструкції даної будівлі, тобто її акумулюючу здатність, а також орієнтацію за сторонами світу.

Перехід на регульовані теплові вузли в індивідуальних теплових пунктах будівель дає можливість вирішити наступні завдання:

- оптимально розподілити теплове навантаження в теплових мережах;
- підвищити гідравлічну стійкість системи тепlopостачання;
- забезпечити стабільний гідравлічний режим у внутрішній системі теплоспоживання будівель;
- знизити на 10...15% витрати теплоносія в системі тепlopостачання за оптимального розподілу потоків;
- отримати економію теплової енергії на 10...15% за рахунок введення зниженого опалювального графіка в нічний час та у вихідні на об'єктах соціальної сфери;

отримати економію теплоспоживання на 30% у перехідний період опалювального сезону.

5.5.6. Вимоги щодо проектування та монтажу теплових пунктів.

Тепловий пункт (ТП) являє собою спеціально обладнане приміщення, з якого здійснюється управління місцевими системами теплоспоживання (опалення, вентиляції, гарячого водopостачання, технології). У ньому проводиться також трансформація параметрів теплоносія за видами приєднаного теплового навантаження, облік кількості тепла (вузол обліку) й таке інше.

Вузол обліку – прилад або комплект приладів (вимірювальних засобів), призначених для визначення кількості тепла і вимірювання маси та параметрів теплоносія.

Теплові пункти [4,5] поділяються на:

- індивідуальні теплові пункти (ІТП) – для приєднання систем опалення, вентиляції, гарячого водopостачання і технологічних тепловикористовуючих установок одного будинку або його частини;
- центральні теплові пункти (ЦТП) – те ж, двох або більше будинків.

У теплових пунктах передбачається розміщення устаткування, арматури, приладів контролю, керування й автоматизації, за допомогою яких здійснюється:

- перетворення виду теплоносія або його параметрів;

- контроль параметрів теплоносія;
- облік теплових потоків, витрат теплоносія і конденсату;
- регулювання витрати теплоносія і розподіл по системах споживання теплоти (через розподільні мережі в ЦТП або безпосередньо в системи в ІТП);
- захист місцевих систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія;
- заповнення і підживлення систем споживання теплоти;
- збирання, охолодження, повернення конденсату і контроль його якості;
- акумулювання теплоти;
- водопідготовка для систем гарячого водопостачання.

У тепловому пункті залежно від його призначення і місцевих умов можуть здійснюватися всі перераховані заходи або тільки їх частина.

Встановлення в індивідуальних теплових пунктах пристроїв регулювання витрат теплоносія дає змогу вирішити наступні завдання:

- оптимально розподілити теплове навантаження в теплових мережах;
- підвищити гідравлічну стійкість системи теплопостачання;
- забезпечити стабільний гідравлічний режим внутрішніх систем теплоспоживання будівель;
- знизити загалом витрати теплоносія в системі теплопостачання району, переведеного на регульовані теплові вузли, на 10-15 % за рахунок оптимального поточкорозподілу;
- отримати економію теплоспоживання в розмірі до 30 % у перехідний період опалювального періоду;
- отримати економію теплоспоживання в розмірі 10-15 % за рахунок введення зниженого температурного графіка у нічний час та у вихідні і святкові дні на об'єктах соціальної сфери.

Загалом до переліку основних функцій, найбільш актуальних для вітчизняних систем теплопостачання на сьогодні, слід віднести такі:

- регулювання температури в подавальному трубопроводі контуру опалення залежно від температури зовнішнього повітря;
- контроль температури зворотної води в системі опалення відповідно до температури зовнішнього повітря за наперед заданим температурним графіком;
- "натоплювання" будівлі після режиму зниженого теплоспоживання на величину, задану користувачем;
- можливість коригування режиму споживання теплової енергії за температурою повітря в опалюваному приміщенні;
- мінімальне і максимальне обмеження температури теплоносія в подавальному трубопроводі системи опалення;
- регулювання теплового навантаження в системах гарячого водопостачання для будь-якої схеми приготування гарячої води і будь-якого типу теплообмінників;
- регулювання теплового навантаження припливних вентиляційних установок із забезпеченням функції захисту від заморожування;
- можливість програмування величини зниження теплоспоживання в задані періоди залежно від температури зовнішнього повітря;
- можливість встановлення режиму теплоспоживання, який би враховував особливості будівлі, зокрема здатність до акумулювання тепла, а також орієнтацію за сторонами світу.

Значна частина перелічених функцій має реалізовуватися устаткуванням індивідуальних теплових пунктів будівель і споруд.

Автоматизовані модульні (рис. 5.18) індивідуальні теплові пункти (АМТП) будівель мають працювати в автономному режимі без постійного обслуговуючого персоналу, реалізуючи наступні функції:

- автоматичне регулювання системи опалення для забезпечення раціонального теплоспоживання і комфортного температурного режиму в опалюваних приміщеннях;

- автоматичне регулювання системи гарячого водопостачання для підтримання заданої температури гарячої води з належною точністю для всіх режимів споживання;
- захист системи тепlopостачання будівлі від змін температури теплоносія, що пов'язані з аваріями;
- облік споживання теплової енергії.

Автоматизовані МІТП можуть бути оснащені як спеціалізованими мікроконтролерами, що працюють за наперед визначеним алгоритмом, так і програмованими контролерами (більш дорогий варіант).

Загалом впровадження автоматизованих МІТП, що забезпечують на доповнення до центрального якісного регулювання, місцеве кількісне, сприяє налагодженню більш ефективного тепlopостачання будівель, реалізуючи їх потенціал енергозбереження.



Рисунок 5.18 – Модульний індивідуальний тепловий пункт (НІП „Техприлад”, м.Київ)

Автоматизований модульний індивідуальний тепловий пункт являє собою автоматизований комплекс обладнання для приготування теплоносія, виконаний в компактному вигляді, в умовах заводського збирання, на базі комплектуючих провідних компаній виробників.

Принципово стандартні теплові пункти (модульні блоки) серійного виробництва ділять на п'ять типів:

- теплові пункти із залежним приєднанням системи (наприклад, опалення) до теплової мережі;
- теплові пункти із незалежним приєднанням системи (наприклад, опалення) до теплової мережі через розбірний пластинчастий теплообмінник;
- теплові пункти з використанням одноступінчастої паралельної схеми для приєднання системи ГВП до теплової мережі;
- теплові пункти з використанням двоступінчастої змішаної схеми для приєднання системи ГВП до теплової мережі;
- модульний блок підживлення для різних систем із використанням підвищувальних насосів.

Вихідними даними для проектування індивідуального теплового пунктує:

- теплові навантаження для опалення і гарячого водопостачання;
- температурний графік тепломереж, розрахункова максимальна кількість теплоносія ($\text{м}^3/\text{год}$);
- температурний графік тепломереж поза опалювальним сезоном;
- режим теплотрас за тиском, різницею тисків;
- різниця, що мінімально гарантується тепломережами, тиску в теплотрасі у споживача;
- температурний графік радіаторної мережі будівлі;
- втрати тиску в радіаторній мережі (у найсприятливішому контурі);
- статичний тиск в радіаторній мережі (висота системи);

- робочий тиск, що максимально допускається, в радіаторній мережі (відкриття запобіжного клапана);
- тиск холодної води на вході до будівлі; температура холодної води;
- бажана температура гарячої води;
- втрати тиску в системі гарячого водопостачання (у найсприятливішому контурі).

Вибір і монтаж устаткування вузла обліку теплової енергії у складі теплового пункту має виконуватися на підставі проекту, розробленого відповідно до вимог чинних нормативно-технічних документів [2;7;14] та погодженого з енергопостачальною організацією. Після монтажу приладів обліку енергопостачальна організація та споживачі складають акт приймання вузла обліку в експлуатацію.

Підключення до теплових мереж енергопостачальної організації перепродавців, споживачів (у т.ч. виконавців комунальних послуг) без приладів обліку витрат теплової енергії не допускається. Зазначена вимога поширюється на всі заново споруджувані теплові мережі й теплоспоживальні установки. Як виняток, можливе тимчасове, на термін до 6 місяців, підключення теплових мереж і установок споживача без приладів обліку.

Розрахункові (комерційні) прилади обліку витрат теплової енергії для розрахунків за теплову енергію між енергопостачальною організацією та споживачем повинен придбати споживач. За узгодженням між споживачем і енергопостачальною організацією прилади обліку можуть бути передані на обслуговування енергопостачальній організації за окремим договором.

Облік кількості теплової енергії, що відпускається, витрат і значень параметрів теплоносія, якості теплової енергії повинен виконуватися на межі балансової належності теплових мереж енергопостачальної організації і споживача або в іншій точці обліку за домовленістю сторін.

Прилади контролю параметрів теплоносія й обліку витрати теплоти варто передбачати в усіх теплових пунктах.

Встановлення ІТП є обов'язковим для кожної будівлі незалежно від наявності ЦТП, при цьому в ІТП передбачаються тільки ті заходи, які необхідні для приєднання даного будинку і не передбачені в ЦТП.

У закритих і відкритих системах теплопостачання необхідність спорудження ЦТП для житлових і громадських будівель повинна бути обґрунтована техніко-економічним розрахунком.

Для промислових і сільськогосподарських підприємств при теплопостачанні від зовнішніх джерел теплоти і кількості будинків більш ніж один спорудження ЦТП є обов'язковим.

У приміщеннях теплових пунктів допускається розміщати устаткування санітарно-технічних систем будівель і споруд, у тому числі підвищувальні насосні установки, що подають воду на господарсько-питні і протипожежні потреби.

Приєднання споживачів теплоти до теплових мереж у теплових пунктах варто передбачати за схемами, що забезпечують мінімальну витрату води в теплових мережах, а також економію теплоти за рахунок застосування регуляторів витрати теплоти й обмежувачів максимальної витрати мережної води, коригуючих насосів або елеваторів з автоматичним регулюванням, що знижують температуру води, яка надходить у системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря.

При закритих системах теплопостачання залежно від співвідношення максимальних теплових потоків на гаряче водопостачання й опалення приєднання водопідігрівників гарячого водопостачання варто приймати:

– при $\frac{Q_{h\max}}{Q_{0\max}} = 0,2 - 0,1$ – двоступінчасті схеми;

- при інших співвідношеннях – одноступінчасту паралельну схему.

Розрахункова температура води в подавальних трубопроводах після ЦТП при приєднанні систем опалення будинків за залежною схемою повинна

прийматися рівній розрахунковій температурі води в подавальному трубопроводі теплових мереж до ЦТП, а при незалежній схемі – не більше ніж на 20 °С нижче прийнятої в системах до водопідігрівника, але не вище +150 °С.

Самостійні трубопроводи від ЦТП для приєднання систем вентиляції при незалежній схемі приєднання систем опалення допускаються тільки при максимальному тепловому потоці на вентиляцію понад 50 % максимального теплового потоку на опалення.

У теплових мережах варто передбачати:

1) автоматичні регулятори і блокування, що забезпечують:

- заданий тиск води в подавальному або зворотному трубопроводах водяних теплових мереж з підтриманням в подавальному трубопроводі постійного тиску "після себе" і в зворотному – "до себе" (регулятор підпору);
- розподіл водяної мережі на гідравлічно незалежні зони при підвищенні тиску води понад допустимий; включення підживлювальних пристроїв у вузлах розсічки для підтримання статичного тиску води у відключеній зоні на заданому рівні;

3) добірні пристрої з необхідною запірною арматурою для вимірювань:

- температури води в подавальних (вибірково) і зворотних трубопроводах перед секціонуючими засувками і, як правило, у зворотному трубопроводі відгалужень $D_y \geq 800$ мм перед засувкою по ходу води;
- тиску води в подавальних і зворотних трубопроводах до і після секціонуючих засувок і регулювальних пристроїв і, як правило, у подавальних і зворотних трубопроводах відгалужень $D_y \geq 800$ мм перед засувкою;
- витрати води в подавальних і зворотних трубопроводах відгалужень $D_y \geq 400$ мм;
- тиску пари в трубопроводах відгалужень перед засувкою.

У камерах теплових мереж варто передбачати місцеві показуючі контрольно-вимірювальні прилади для вимірювання температури і тиску в трубопроводах.

Автоматизація підкачувальних насосних на подавальних і зворотних трубопроводах водяних теплових мереж повинна забезпечувати:

- постійний заданий тиск у подавальному або зворотному трубопроводах насосної при будь-яких режимах роботи мережі;
- включення резервного насоса, встановленого на зворотному трубопроводі, при підвищенні тиску понад припустимий в усмоктувальному трубопроводі насосної або встановленого на подавальному трубопроводі, – при зниженні тиску в напірному трубопроводі насосної;
- автоматичне включення резервного насоса (АВР) при відключенні працюючих або падінні тиску в напірному патрубку.

Дренажні насоси повинні забезпечувати автоматичне відкачування дренажів.

Автоматизація змішувальних насосних повинна забезпечувати сталість заданої температури змішування і захист теплових мереж після змішувальних насосів від підвищення температури води проти заданої при зупинці насосів.

Насосні повинні бути оснащені комплектом показуючих і реєструючих приладів (включаючи вимірювання витрат води), які встановлюються на місці або на щиті керування, сигналізацією стану і несправності обладнання на щиті керування.

Для теплових пунктів варто передбачати припливно-витяжну вентиляцію, розраховану на повітрообмін, обумовлений обсягами тепловиділень від трубопроводів і устаткування. Розрахункову температуру повітря в робочій зоні в холодний період року варто приймати не вище +28 °С, у теплий період року – на 5 °С вище температури зовнішнього повітря по параметрах А.

При розміщенні теплових пунктів у житлових будинках і громадських будівлях варто робити перевіркового розрахунок теплонадходжень з теплового

пункту в суміжні з ним приміщення. У випадку перевищення в цих приміщеннях температури повітря понад допустимі значення, встановлені СНиП 2.04.05-91*, варто передбачати заходи щодо додаткової теплоізоляції огороджувальних конструкцій суміжних приміщень.

У підлозі теплового пункту варто встановлювати трап, а у разі неможливості самопливного відведення води улаштувати водозбірний приямок розміром не менш 0,5x0,5x0,8 м. Приямок повинен бути перекритий знімними ґратами.

Для відкачування води з водозбірного приямка в систему каналізації, водостоку або попутного дренажу варто передбачати один дренажний насос. Насос, призначений для відкачування води з водозбірного приямка, не допускається використовувати для промивання систем споживання теплоти.

У теплових пунктах слід передбачати заходи щодо запобігання перевищення рівнів шуму, що допускаються для приміщень житлових будинків і громадських будівель.

Теплові пункти, обладнані насосами (крім безшумних), не допускається розміщати суміжно, під або над приміщеннями житлових квартир, спальних і ігрових дитячих дошкільних установ, спальними приміщеннями шкіл-інтернатів, готелів, гуртожитків, санаторіїв, будинків відпочинку, пансіонатів, палатами й операційними лікарень, приміщень із тривалим перебуванням хворих, кабінетами лікарів.

Мінімальні відстані у світлі від окремо стоячих наземних ЦТП до зовнішніх стін перерахованих приміщень мають бути не меншими 25 м.

Вбудовані теплові пункти, як правило, варто розміщати в окремих приміщеннях поблизу зовнішніх стін будівель.

З теплового пункту повинні передбачатися виходи:

- при довжині приміщення теплового пункту 12 м і менше і розташуванні його на відстані менше 12 м від виходу з будинку назовні - один вихід у сусіднє приміщення, в коридор або на сходову клітку, а при

розташуванні теплового пункту на відстані більш 12 м від виходу з будинків – один самостійний вихід назовні;

- при довжині приміщення теплового пункту понад 12 м – два виходи, один із яких повинен бути безпосередньо назовні, а другий у сусіднє приміщення, на сходову клітку або в коридор.

Приміщення теплових пунктів споживачів пари повинні мати не менше двох виходів незалежно від габаритів приміщення.

За вибухопожежною і пожежною небезпекою приміщення теплових пунктів варто відносити:

- до категорії Д – при теплоносії воді і водяній парі з температурою менше $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- до категорії Г – при теплоносії водяній парі з температурою $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більше.

Для переміщення устаткування й арматури або нероз'ємних частин блоків устаткування теплового пункту варто передбачати інвентарні підйомно-транспортні пристрої:

- при масі переміщуваного вантажу від 0,1 до 1,0 т – монорейки з ручними телями і кішками або крани підвісні ручні однобалкові;
- те ж, більш 1,0 до 2,0 т – крани підвісні ручні однобалкові;
- те ж, більш 2,0 т – крани підвісні електричні однобалкові.

Допускається передбачати можливість використання рухливих підйомно-транспортних засобів.

Для обслуговування устаткування й арматури, розташованих на висоті від 1,5 до 2,5 м від підлоги, повинні передбачатися пересувні площадки або переносні пристрої (драбини).

У випадку неможливості створення проходів для пересувних площадок, а також обслуговування устаткування й арматури, розташованих на висоті 2,5 м і більш, необхідно передбачати стаціонарні площадки з огороженням і постійними сходами, розміри яких мають відповідати вимогами чинних

нормативних документів [4,5]. Відстань від рівня стаціонарної площадки до верхнього перекриття повинна бути не менше 2 м.

До переліку вихідних даних, необхідних для проектування індивідуального теплового пункту будівлі, відносяться такі:

- про постачальника теплової енергії (ТЕЦ, котельня);
- про межі балансової належності теплових мереж;
- про теплові навантаження (погодинні, місячні);
- про режими роботи систем опалення, гарячого водопостачання, вентиляції;
- про розрахункові і фактичні (за можливості вимірювання) витрати теплоносія у прямому і зворотному трубопроводах системи теплопостачання;
- про характер та інтенсивність відкладень на внутрішніх поверхнях труб і арматури;
- про наявність механічних і зважених частинок у теплоносії;
- про наявність блукаючих струмів і вібрацій в трубопроводах;
- про суми коштів, витрачених на оплату послуг теплопостачальної організації у попередньому опалювальному періоді.

Вимірювальні роботи виконуються безпосередньо на ділянці теплової мережі, де передбачається встановлення первинних перетворювачів витрат і температури теплоносія. При цьому необхідно виконати:

- ескіз ділянки мережі із зазначенням необхідних розмірів трубопроводів (довжина, діаметр), наявності манометрів, засувки, грязевиків та ін. ;
- вимірювання відстані від наміченого місця встановлення обчислювача до місця встановлення первинних перетворювачів витрат та до джерела живлення.

5.6. Розрахунок та вибір опалювальних приладів та запірно-регулювальної арматури

5.6.1. Розрахунок опалювальних приладів. У сучасній методиці випробувань опалювальних приладів прийняті наступні основні умови для визначення їх номінального теплового потоку Q_H :

- температурний напір (різниця середньої температури води в опалювальному приладі і температури повітря в приміщенні) - $t_H = 70 \text{ }^\circ\text{C}$;
- витрата води в опалювальному приладі - $G_H = 360 \text{ кг/год}$ ($0,1 \text{ кг/с}$);
- схема руху води в опалювальному приладі - “знизу-вгору”;
- результати випробувань приводяться до атмосферного тиску повітря $P_0 = 101,3 \text{ кПа}$ (760 мм рт.ст.).

Далі потрібно розрахувати чавунні радіатори типу MC-140-98, наведеної на рис. 5.19, однотрубною горизонтальною системою водяного опалення, що опалює приміщення 201, 202, 203 об'єкту проектування. Розрахунковий перепад температур води в системі опалення $t_2 - t_0 = 95 - 70 \text{ }^\circ\text{C}$. Установка опалювальних приладів прийнята під вікнами в стіни без ніш. Радіатори обладнаються системою приєднання “HERZ-2000” для однотрубних систем (з короткозамкненим байпасом) з термостатичними клапанами “HERZ-TS-90” і вмонтованими повітряними кранами.

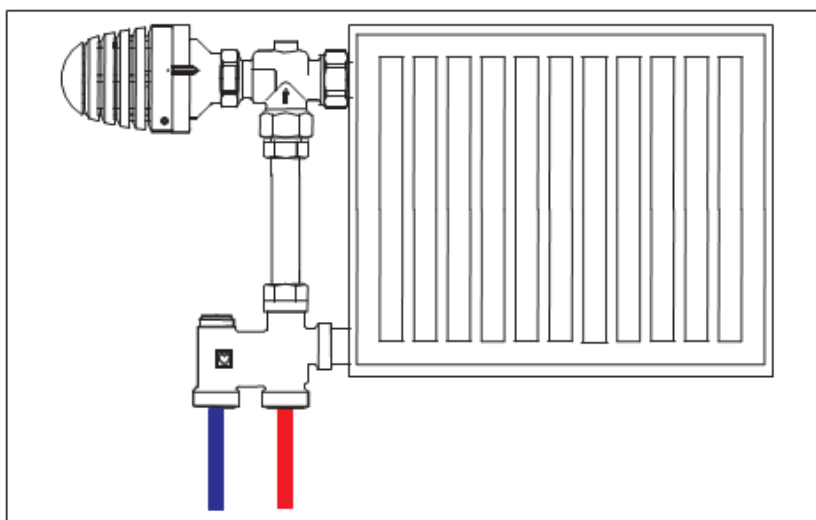


Рисунок 5.19. Комплект підключення HERZ 2000

Трубопроводи системи опалення, прокладені відкрито, запроектовані зі сталевих водогазопровідних труб (ГОСТ 3262-89*). Згідно з результатами гідравлічного розрахунку системи опалення витрата води в горизонтальній приладовій вітці дорівнює $G_{н.в.} = 101,8 \text{ кг/год}$. Вихідні дані, необхідні для розрахунків радіаторів, наведені на рис. 5.20. Результати розрахунків наведені у таблиці 5.16.

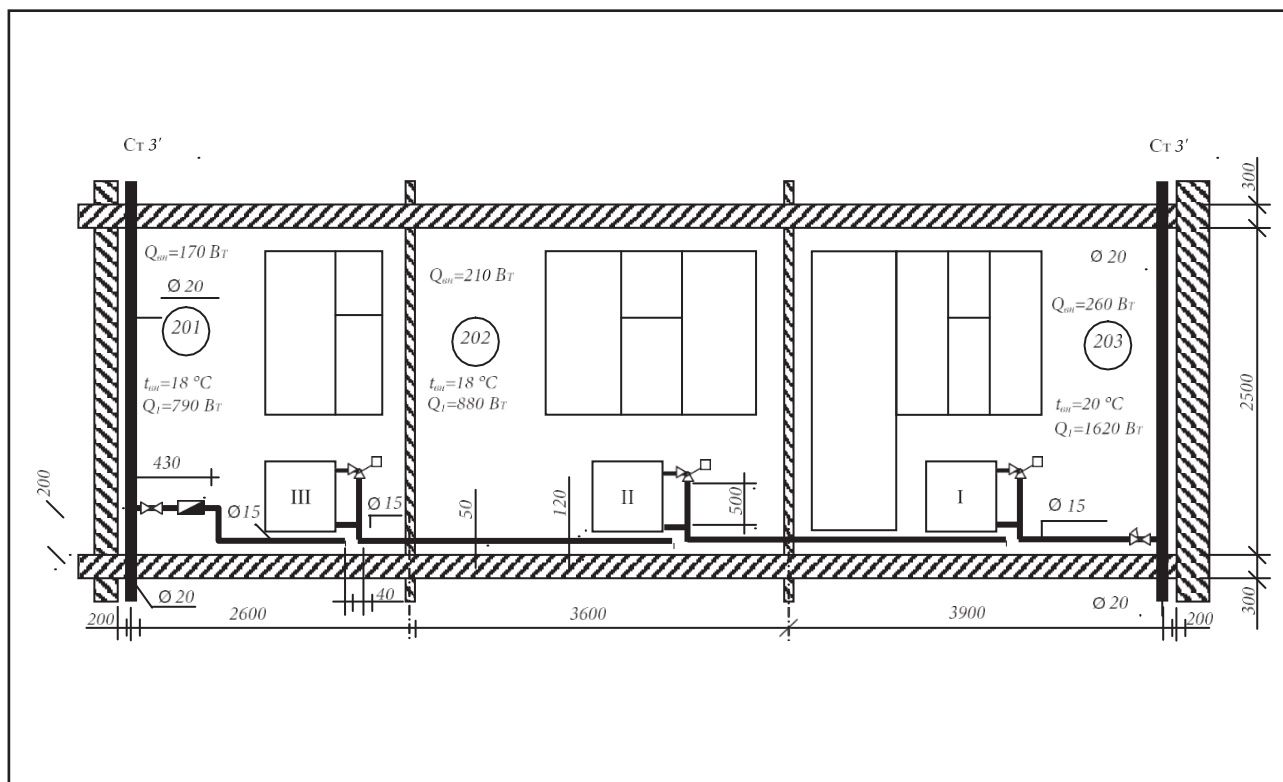


Рисунок 5.20 - Розрахункова схема однотрубно́ї вітки горизонтальної системи водяного опалення

У зв'язку з тим, що терморегулятор повинен бути встановлений на кожному опалювальному приладі, стає інтерес аналізу взаємодії цих двох елементів з погляду їх ефективної роботи і виключення помилок при проектуванні систем водяного опалення.

Як відзначалося раніше, по величині теплової інерції опалювальні прилади підрозділяють на прилади малої теплової інерції, що мають малу вагу і водоемкість на одиницю площі, виготовлені з матеріалів з високим коефіцієнтом теплопровідності (конвектори, металеві і біметалічні штамповані

радіатори), і великої теплової інерції відповідно з великою масою матеріалу і водоємкістю на одиницю площі і низьким коефіцієнтом теплопровідності матеріалу, з якого вони виготовлені (чавунні радіатори, чавунні ребристі труби, опалювальні панелі «тепла підлога» і т.п.).

Таблиця 5.16 - Тепловіддача відкрито прокладених сталевих труб у приміщенні

№ опалювального приладу	Діаметр труби d_y , мм	Температурний напір, °С	Величина, Q_{mp} , Вт/м	Розрахунки тепловіддачі трубопроводів	Загальна тепловіддача труб Q_{mp} , Вт
I	15	61,17	48,4	$Q_{mp} = 48,4 (0,7 + 1,28 \cdot 4,05) = 285 \text{ Вт}$	484
	20	75	79,5	$Q_{mp} = 79,5 \cdot 2,5 = 199 \text{ Вт}$	
II	15	55,67	42,8	$Q_{mp} = 42,8 (0,7 + 1,28 \cdot 3,65) = 230 \text{ Вт}$	230
III	15	48,93	37,2	$Q_{mp} = 37,2 (0,85 + 1,28 \cdot 4,05) = 163 \text{ Вт}$	284
	20	52	48,5	$Q_{mp} = 48,5 \cdot 2,5 = 121 \text{ Вт}$	

Примітка. Для системи приєднання «Герц»-2000» прийняті: довжина вертикальних ділянок підводок до радіатора $\ell_e = 0,7$ м, довжина горизонтальних ділянок підводок ℓ_z - по факту 0,05 м.

Терморегулятори, як елемент системи опалення, змінюють кількість теплоносія, що надходить в опалювальний прилад, залежно від зміни температури повітря в приміщенні.

Тобто, опалювальні прилади малої інерційності швидше нагріваються і остигають при зміні витрати теплоносія, що проходить через них. При експлуатації систем опалення з терморегуляторами використання таких опалювальних приладів є більш ефективним, чим використання приладів з великою інерційністю.

Однак, опалювальні прилади великої інерційності, як правило, дешевші і більш довговічні, що визначає їхнє поширення. Крім того, на сьогоднішній день

усе більше поширення одержують, так звані, періодичні системи опалення, засновані на акумуляції тепла опалювальними приладами (наприклад, при використанні опалювальних елементів в огорожуючих конструкціях).

У зв'язку із цим виникає питання про зіставлення часу повного закриття терморегулятором подачі теплоносія в опалювальний прилад із часом остигання самого опалювального приладу.

Дані про час повного закриття терморегулятора прийняті відповідно до вимог нормативних документів до 40 хв (EN-215), що узгоджується з даними, наведеними в каталогах провідних фірм-виробників терморегуляторів.

Аналіз наведеного графіка (рис. 5.21) показує, що терморегулятори найбільше ефективно працюють у випадку установки конвекторів і сталевих, алюмінієвих, біметалічних радіаторів. У випадку установки терморегуляторів на чавунні радіатори при зміні температури внутрішнього повітря (наприклад, при підвищенні) відбудеться повне закриття потоку теплоносія в опалювальний прилад, оскільки час остигання останнього значно більше часу повного закриття клапана терморегулятора. Тобто регулювання в даній системі буде здійснюватися у двох позиціях: клапан терморегулятора або повністю відкритий, або закритий, що зменшує ефективність регулювання. Що ж стосується систем опалення з опалювальними елементами в стіні або перекритті, то в цьому випадку доцільно використовувати якісне регулювання в котловому агрегаті.

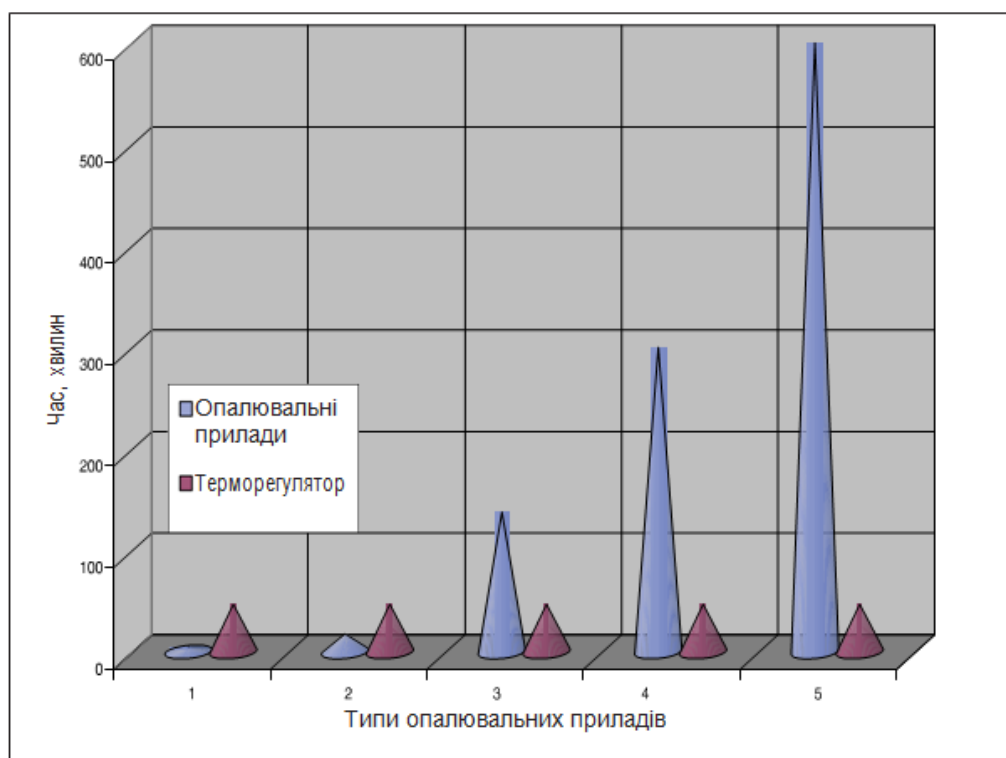


Рисунок 5.21 - Зіставлення часу закриття терморегулятора із часом остигання опалювального приладу: 1 - конвектор, 2 - сталевий радіатор, 3 - чавунний радіатор, 4 - нагрівальна панель в стіні, 5 - нагрівальна панель у перекритті.

Вибір налаштування запірно-регулювальної арматури було виконано з використанням спеціалізованого програмного продукту HERZ (рис. 5.22).

HERZ

Litres per Second
Flowrate l/s

Litres per Hour
Flowrate l/hr

Size	Fig No 4001	Fig No 4006	% Setting %	Minimum DP required Kpa
DN15	4001-21	4006-11	#NA	#NA
DN20	4001-22	4006-12	#NA	#NA
DN25	4001-23	4006-13	#NA	#NA
DN32	4001-24	4006-14	#NA	#NA
DN40	4001-25	4006-15	#NA	#NA
DN50	4001-26	4006-16	#NA	#NA

Size	Fig No 4001	Fig No 4006	% Setting %	Minimum DP required Kpa
DN15	4001-21	4006-11	#NA	#NA
DN20	4001-22	4006-12	#NA	#NA
DN25	4001-23	4006-13	55	19,3
DN32	4001-24	4006-14	41	15,3
DN40	4001-25	4006-15	#Н/Д	#Н/Д
DN50	4001-26	4006-16	#Н/Д	#Н/Д

Рисунок 5.22 - Вигляд основного вікна програми

5.6.2. Розрахунок та вибір запірно-регулювальної арматури. Очевидно, що загальна кількість теплоносія системи опалення розподіляється по циркуляційних кільцях таким чином, що втрати тиску на переміщення відповідних кількостей теплоносія у відповідних кільцях рівні між собою в точках сполучення кілець. Таким чином, для розподілу теплоносія відповідно до теплових навантажень циркуляційних кілець системи опалення, необхідно виконати гідравлічне ув'язування за рахунок забезпечення однакових втрат тиску в кільцях для витрат тепло/холодоносія, обумовлених поточним тепловим навантаженням кільця.

Для вирівнювання гідравлічних втрат у кільцях системи опалення використовується балансувальна арматура ручного або автоматичного регулювання, що випускається ГЕРЦ Арматурен та іншими виробниками. Яскравими прикладами балансувальної арматур можуть служити:

- ручні регулюючі балансувальні вентиля сімейства Штрьюмакс (ГЕРЦ Арматурен), показано на рис. 5.23;

- автоматичний балансувальний клапан - регулятор перепаду тиску типоряд 4007 (ГЕРЦ Арматурен), показано на рис. 5.24.



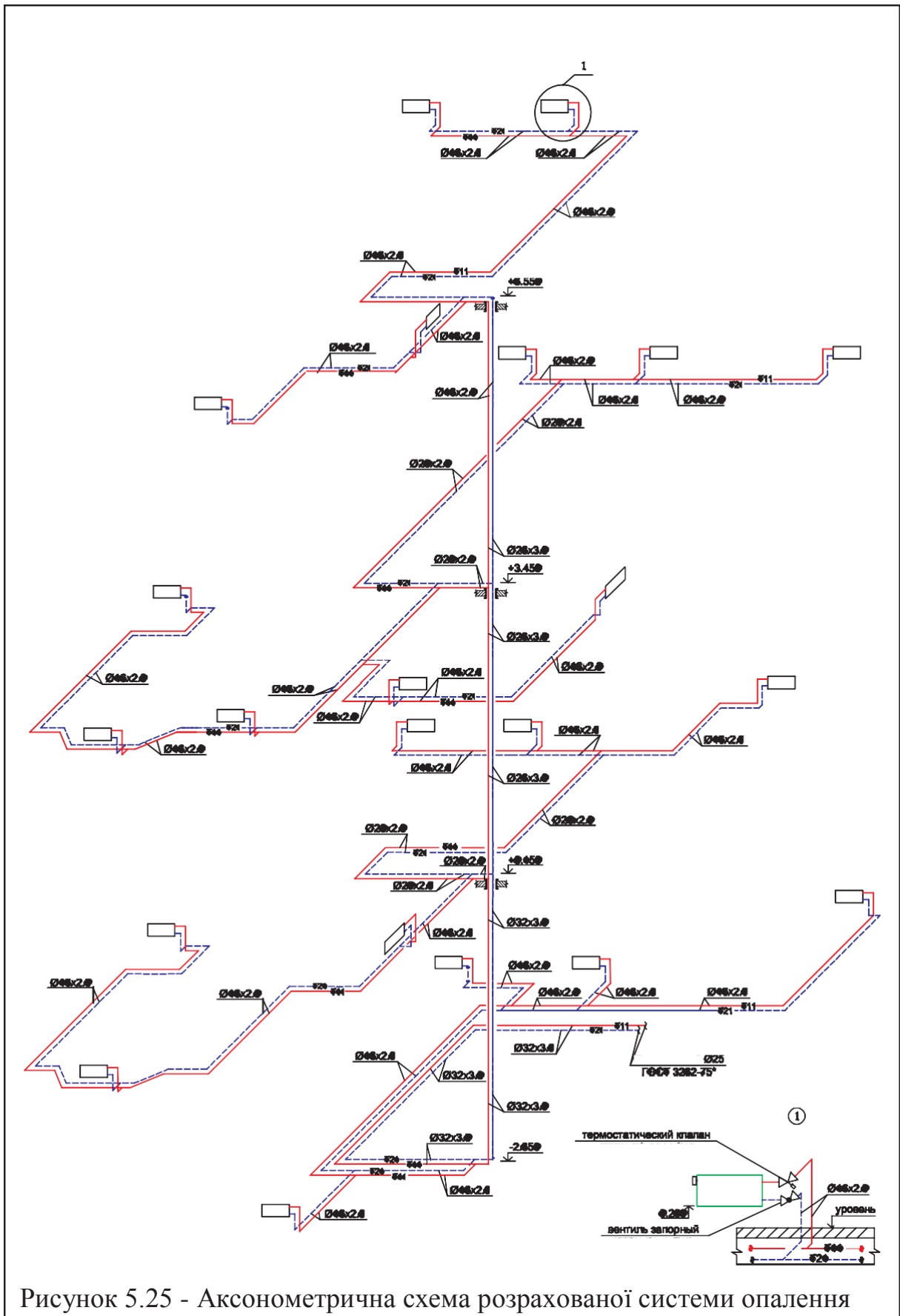
Рисунок 5.23 - Балансувальний вентиль Штрьюмакс 4017 з вимірювальною діафрагмою і вимірювальними клапанами



Рисунок 5.24 - Балансувальний вентиль Штрьомакс GR 4217 і автоматичний регулятор перепаду тиску Герц 4007

Практичний досвід і результати гідравлічних випробувань, проведені виробниками балансувальної арматури, дозволяють зробити висновки про те, що з метою одержання максимального ефекту гідравлічного регулювання і забезпечення ефективної роботи радіаторних термостатів (радіаторний термостатичний клапан, обладнаний термостатичною головкою - РТ) балансувальна арматура повинна розміщатися найбільш близько до приладових віток при установці РТ на опалювальних приладах (див. рис. 5.25).

Дослідження також показали, що при установці РТ або при ручному регулюванні теплового потоку радіаторів система опалення більшу частину опалювального періоду працює в динамічному режимі. При використанні ручних балансувальних вентилів у двотрубних системах відбувається перерозподіл теплоносія опалювального приладу на сусідні опалювальні прилади приладової вітки-стояка. Це приводить до зниження енергетичної ефективності використання РТ.



В однотрубних системах при перекритті клапана на одному з опалювальних приладів приладової вітки-стояка спостерігається зниження загальної витрати теплоносія в стояку і на всіх опалювальних приладах, що приводить до зниження температури в опалювальних приміщеннях до початку реакції термостатичних головок на клапанах опалювальних приладів.

Таблиця 5.17 - Підсумки гідравлічного розрахунку розрахункового циркуляційного контуру з урахуванням втрат тиску на місцеві опори на ділянках

Трубопровід под./звор.	Номер ділянки	L	dn	Q	G	w	R	ζ	ΔP
		м	мм	Вт	кг/год	м/с	Па/м		Па
Розрахунковий циркуляційний контур <i>прим. 103</i>									
$\Delta P_{цк} = 11725 \text{ Па}$ $\Delta P_{2р} = 279 \text{ Па}$ $\Delta H = 2,62 \text{ м}$ $L_{цк} = 67,9 \text{ м}$									
П	1	0,50	33,5	19000	0,226	0,381	121,8	0,7	113
П	2	0,80	33,5	19000	0,226	0,381	121,8	0,3	119
П	3	0,30	32,0	19000	0,226	0,442	85,8	1,0	123
П	4	10,0	32,0	19000	0,226	0,442	85,8	0,3	913
П	5	2,8	32,0	16490	0,197	0,383	66,5	3,0	407
П	6	0,5	20,0	6610	0,079	0,406	135,2	3,0	314
П	7	0,0	16,0	3020	0,036	0,330	134,2	3,0	163
П	8	1,0	16,0	3020	0,036	0,330	134,2	0,5	161
П	9	2,5	16,0	3020	0,036	0,329	134,2	0,0	305
П	10	8,0	16,0	2120	0,025	0,231	71,9	3,5	669
П	11	7,0	16,0	1000	0,012	0,109	19,5	3,5	158
П	12	0,7	16,0	1000	0,012	0,109	19,5	1,0	20
П	13	0,1	16,0	1000	0,012	0,109	19,5	846,4	5005
Термостатичний кл. TS-90-V 1 7748 67 $n = 5$ $dn = 15 \text{ мм}$ авторитет $0,42 \text{ Kv} = 0,198$									
$\text{м}^3/\text{год}$									
3	13a	0,1	16,0	1000	0,012	0,107	14,9	5,4	33
3	12a	0,7	16,0	1000	0,012	0,107	14,9	1,0	8
3	11a	7,0	16,0	1000	0,012	0,107	14,9	3,3	123
3	10a	8,0	16,0	2120	0,025	0,228	76,6	3,3	699
3	9a	2,5	16,0	3020	0,036	0,325	142,2	0,0	354
3	8a	1,0	16,0	3020	0,036	0,325	142,3	0,5	169
3	7a	0,0	16,0	3020	0,036	0,325	142,3	2,0	105
3	6a	0,5	20,0	6610	0,079	0,400	142,5	2,0	231
3	5a	2,8	32,0	16490	0,197	0,377	70,2	2,0	339
3	4a	10,0	32,0	19000	0,226	0,435	90,5	0,3	961
3	3a	0,3	32,0	19000	0,226	0,435	90,6	0,5	74
3	2a	0,5	33,5	19000	0,226	0,435	121,4	0,3	82
3	1a	0,3	33,5	19000	0,226	0,435	121,4	0,2	77
Разом:									11725

Втрати тиску в розрахунковому циркуляційному контурі, без врахування природнього циркуляційного тиску, становлять - 11725 Па.

Другорядні циркуляційні контури системи опалення розраховуються аналогічно. Втрати тиску другорядних циркуляційних контурів повинні дорівнювати втратам тиску розрахункового циркуляційного контуру, тобто

$$\Delta P_{рцк} = \Delta P_{цк1} = \Delta P_{цк2} = \Delta P_{цк3} \dots = \dots \Delta P_{цки} \quad (5.15)$$

Забезпечення цієї рівності (гідравлічне ув'язування системи опалення котеджу) для системи, що розраховується, здійснюється термостатичними клапанами з попереднім настроюванням ГЕРЦ TS-90-V, які встановлені на подавальних підводках до опалювальних приладів.

У даній таблиці 5.18 наведені загальні підсумки гідравлічного і теплового розрахунків системи опалення будівлі.

Таблиця 5.18 - Результати гідравлічного і теплового розрахунків системи опалення будівлі

Гідравлічний опір обладнання і джерела теплоти ΔP_o , Па	11446
Мінімальний опір ділянки з опалювальним приладом ΔP_{gmin} , (Па)	1442
Повна витрата води в обладнанні, G_o , (кг/с)	0,226
Водоемкість обладнання, V_o , (л):	124
Розрахункова тепла потужність обладнання, Q_o , (Вт)	18780
Потужність, що втрачається, $Q_{тер}$, (Вт)	6475

На рисунках 5.26-5.28 представлені приклади установки ручних балансувальних вентилів і автоматичних регуляторів перепаду тиску у двотрубних системах опалення. Ув'язування системи опалення за допомогою термостатичних клапанів, радіаторних вентилів, балансувальних вентилів і автоматичних регуляторів перепаду тиску виключає перевитрату тепла в приміщеннях перших по ходу теплоносія (перевищення температури повітря в приміщенні над розрахунковою на 1-2 °С приводить до перевитрати тепла на 6 - 10 %) і недогрів віддалених приміщень.

На рис. 5.26 показані приклади установки арматури на стояках при статичному (а) і динамічному (б) балансуванні і термостатичних клапанів на приладових підводках. Ув'язування приладових віток на стояку реалізується за допомогою термостатичних клапанів ГЕРЦ TS-90-V з попереднім настроюванням. Попереднє настроювання термостатичних клапанів при однакових витратах теплоносія збільшується по ходу теплоносія, при цьому втрати тиску на термостатичних клапанах зменшуються, тим самим забезпечується рівність втрат тиску в приладових вітках стояка. Для гідравлічного ув'язування стояків системи опалення можна застосувати ручні балансувальні вентилі (статичне балансування) і автоматичні регулятори перепаду тиску (динамічне регулювання), які забезпечують необхідні втрати тиску на стояках і відповідно розрахункові значення витрати теплоносія.

Для варіанта «а», при роботі системи опалення зі змінними навантаженнями, наприклад, у перехідний період опалювального сезону існує потенційна можливість перевищення максимально допустимого перепаду тиску на термостатичних клапанах, а також перерозподілу витрати теплоносія між опалювальними приладами і стояками.

Для варіанта «б», за рахунок підтримки постійної різниці тиску між стояками, за допомогою автоматичного регулятора перепаду тиску ГЕРЦ 4007, забезпечуються необхідні умови для роботи термостатичних клапанів і виключається перерозподіл кількості теплоносія між стояками протягом усього періоду експлуатації системи опалення.

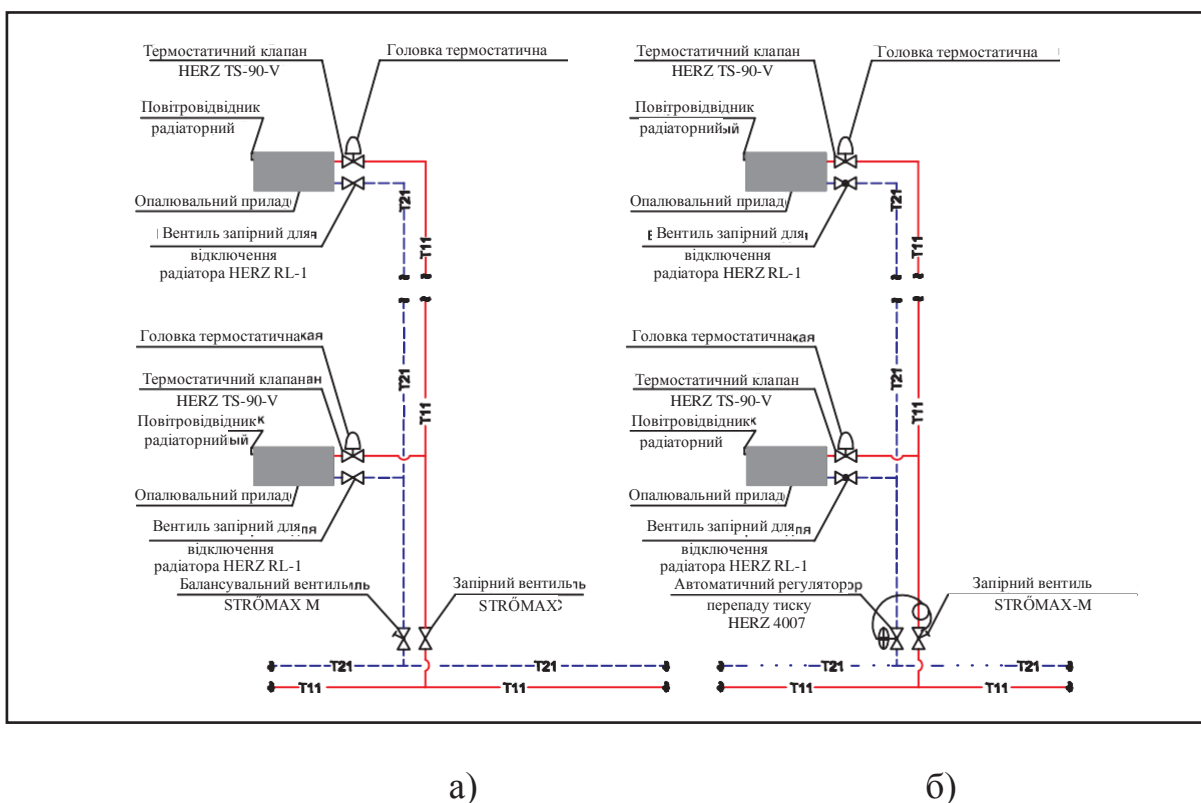


Рисунок 5.26 - Схема фрагмента вертикальної тупикової двотрубної системи водяного опалення с нижнім розведенням обох магістралей: а) статичне балансування; б) динамічне балансування.

На рис. 5.27 представлена схема фрагмента двотрубної системи опалення з горизонтальною розводкою через трубний розподільник.

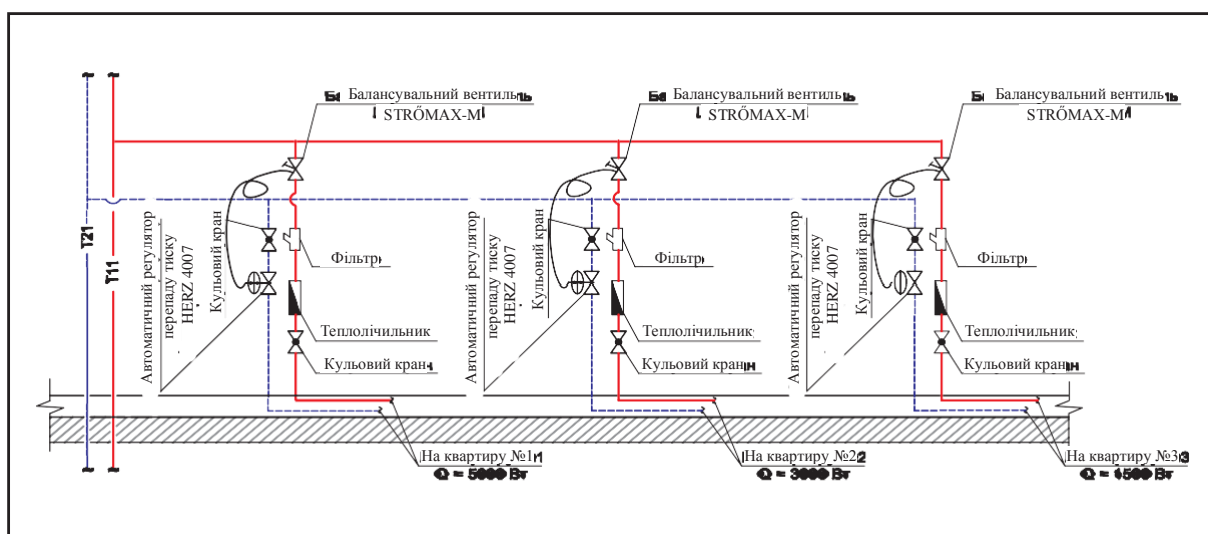


Рисунок 5.27 - Схема фрагмента вертикальної тупикової двотрубної системи опалення з горизонтальною розводкою з регулятором перепаду тиску і

ручним балансувальним вентиляем

На рис. 5.28 представлена схема фрагмента двотрубної системи опалення з поквартирною горизонтальною розводкою через трубний розподільник.

Регулятор перепаду тиску ГЕРЦ 4007, встановлений перед розподільником, підтримує розрахункове значення втрат тиску системи опалення найбільш навантаженої кімнати, з урахуванням втрат тиску на розподільнику, і разом з балансувальним вентиляем погоджує систему опалення між поверхами. Балансувальні вентилялі, установлені на зворотному трубопроводі кожної кімнати, забезпечують гідравлічне ув'язування систем опалення.

У цьому випадку регулятор перепаду тиску ГЕРЦ 4007 не тільки забезпечує і підтримує розрахункове значення втрат тиску кожної квартири, але й разом з балансувальним вентиляем виконує гідравлічне ув'язування систем опалення приміщень і погоджує систему опалення по поверхах. Таким чином, застосування балансувальної арматури дозволить усунути виявлені у ході аналізу отриманих вихідних даних у попередніх пунктах.

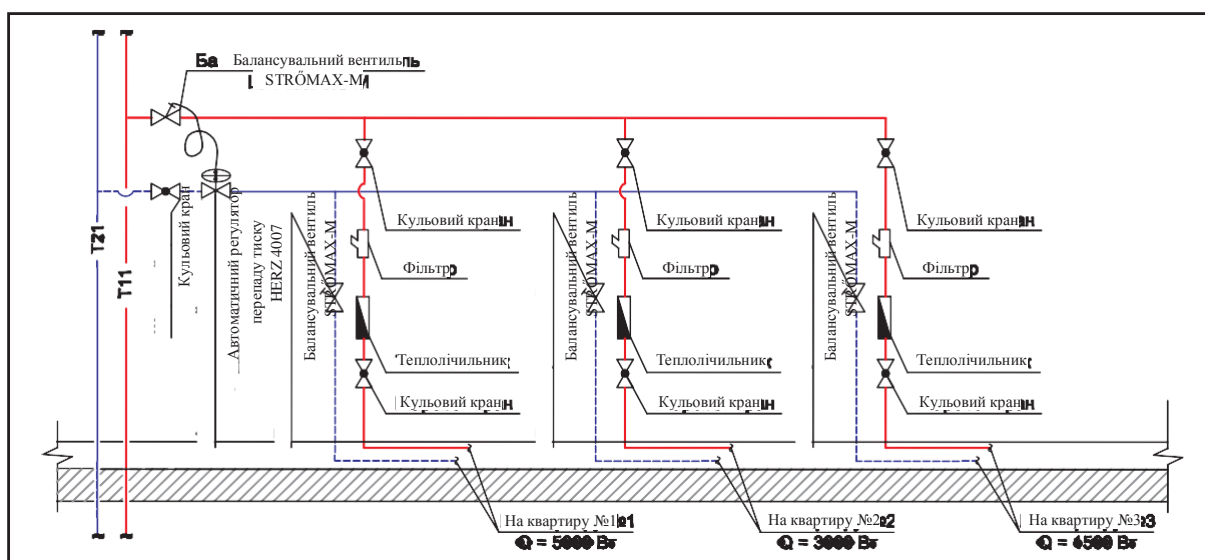


Рисунок 5.28 - Схема фрагмента вертикальної тупикової двотрубної системи опалення з поквартирною горизонтальною розводкою з регулятором перепаду тиску і ручним балансувальним вентиляем перед/після трубного розподільника

5.7. Визначення найбільш ефективних малозатратних заходів для підвищення енергетичної ефективності роботи систем опалення будівель

У підсумку, з метою підвищення ефективності роботи систем опалення більшості об'єктів дослідження, визначено ряд ефективних мало затратних заходів, серед яких пропонується:

1. Дообладнати системи опалення автоматичними балансуєчими клапанами та термостатичними головками (при їх відсутності) для забезпечення можливості місцевого (кількісного) регулювання відпуску теплоти на опалювальний прилад (вимога пп. 6.1.10, 6.1.11 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»), що дозволить заощадити до 3-5 % спожитої теплової енергії та покращити тепловий комфорт у приміщеннях. Однак, якщо:

- температура на поверхні радіаторів відповідає нормованому значенню, але при цьому температура в приміщенні не відповідає санітарним нормам, тоді додатково слід теплоізулювати стіну за радіатором листом фольгованого паперу, що збільшить тепловіддачу теплового прибору на 15-20 % (вимога п. 4.15 ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»);

- радіатори встановлені в нішу, тоді ефективність роботи радіатора зменшується на 5-10 %. При проведенні ремонтних робіт бажано прибрати ніші. При проектуванні нової системи тепlopостачання варто встановлювати радіатори на рівну стіну;

- на радіаторах є декоративні решітки, тоді вони екранують до 15-20 % тепла, яке має надходити в кімнату. Тому при послідуєчій модернізації системи опалення будівлі, слід враховувати можливі тепловтрати та зниження температури в кімнаті внаслідок встановлення таких решіток або, якщо це можливо, передбачити їх демонтаж.

2. При виконанні умов пункту 1, необхідно дообладнати системи насосними групами з частотним регулюванням режимами їхньої роботи (вимога п. 6.1.9 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та

кондиціонування») з огляду на динамічну зміну гідравлічного опору внутрішньобудинкової мережі тем, де це ще не зроблено, що забезпечить до 40 % економії електричної енергії при збільшенні опору системи опалення (в момент закриття радіаторних термоголовок).

3. Виконати приєднання системи гарячого водопостачання на тепловому ввіді за двоступеневою послідовною змішувальною схемою з використанням пластинчатих теплообмінників там, де це передбачено вимогою п. 16.12 ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі», що додатково збереже до 2-4 % теплової енергії.

2. Провести заміну морально та фізично застарілого обладнання систем автоматизації та контролю за параметрами роботи ІТП, що скоротить витрати енергії до 1-2 %.

3. Здійснити налаштування роботи контролера системи опалення, регулятора та датчиків температури, з урахуванням внесених змін у систему опалення при виконанні умов пункту 1, а також з метою зменшення температури подачі теплоносія в систему опалення в неробочі (нічні) години та святкові дні в тих будівлях, де цього ще не зроблено, дасть економію в межах 3-5 % спожитої енергії.

6. Перевірити умови експлуатації та правильність монтажу датчиків температури, а також, при необхідності, дообладнати їх теплозахисними оболонками, що забезпечить 0,5-1,5 % економію теплової енергії.

7. Утеплити частини трубопроводів та арматури ІТП, що сприятиме додатковій економії теплової енергії в межах 1 %.

8. При наявності вентиляційних решіток, отворів або примусової витяжної вентиляції, для зменшення втрат тепла варто автоматизувати процес роботи витяжного вентилятора, що збереже 2-3 градуси тепла в приміщення.

Впровадження цих заходів забезпечить економію біля 43,6 % споживаної теплової енергії.

Орієнтовна вартість виконання вказаного переліку робіт для кожного об'єкту розраховується індивідуально але, її орієнтовне середнє значення на облаштування одиниці обладнання наведені в таблиці 5.19.

Таблиця 5.19 - Орієнтовні ціни на облаштування одиниці обладнання

№ п/п	Стаття витрат	Одиниця виміру	Ціна, тис. грн.	Джерело
1.	Екран тепловідбиваючий	м ²	0,1-0,15	http://smarttech.kiev.ua/uk/teplovidbyvayuchyj-ekran-z-alyuminiyevo/
2.	Регулятор термостатичний	шт.	0,16-1,0	https://herz.ua/ukr/tovarview/1/2/
3.	Клапан балансуєчий	шт.	1-5	https://herz.ua/ukr/tovarview/1/225/
4.	Частотний перетворювач для керування роботою циркуляційних насосів системи опалення (1,5 кВт)	шт.	3-8	https://simpletech.com.ua/chastotnye-preobrazovateli?gclid=EAIaIQobChMIuojO5cWj3gIVQeWaCh3YbAV-EAAYAiAAEgK16vD_BwE
5.	Послуга з налаштування/аудиту	посл.	7-12	https://www.fiatu.com.ua/energy-audit/conducting_energy_audits/
6.	Теплообмінник пластинчастий для системи ГВП (100 кВт)	шт.	12-15	https://termoprom.com.ua/produkt/heat-exchangers
7.	Регулятори та датчики ІТП	компл.	15-18	http://herz.ua/ukr/tovarview/1509/1515/
8.	Блок циркуляційних насосів з автоматикою HERZ	шт.	30-35	https://termoprom.com.ua/produkt/modular-pumping-station https://herz.ua/ukr/tovarview/1509/1515/
10.	Система диспетчеризації	шт.	80	https://www.fiatu.com.ua/remote_monitoring/

Перелік найбільш ефективних малозатратних заходів для підвищення енергетичної ефективності роботи систем опалення будівель та матриця різних варіантів їх комбінації можливого використання наведений у таблиці 5.20.

Таблиця 5.20 - Матриця різних варіантів комбінації можливого використання найбільш ефективних малозатратних заходів для підвищення енергетичної ефективності роботи систем опалення будівель

Найбільш ефективні малозатратні заходи					Загальний відсоток економії	Економія в натуральних одиницях, Гкал/рік	Загальна вартість запропонованих заходів, тис. грн.	Термін окупності заходів, років
Демонтаж гідроелеваторного вузла	Теплова ізоляція трубопроводів і арматури*	Встановлення балансуючих клапанів HERZ**	Чистка теплообмінника системи ГВП	Установка блоку циркуляційних насосів з автоматикою HERZ				
	+	+			12,0	27,09	159,00	3,5
+		+			11,5	36,42	156,50	2,6
+	+	+			13,5	18,96	160,50	5,1
+		+			11,0	42,29	156,50	2,2
	+	+	+	+	15,5	50,39	224,00	2,7
		+	+		12,5	128,59	185,00	0,9
		+			10,0	37,73	155,00	2,5
	+	+			12,0	17,34	159,00	5,5
1,5%	2,0%	3,5%	2,7%	1,5%	11,2	889,65	2446,50	2,8

* З розрахунку на 20 п.м. трубопроводу

** Прийнято по 1 балансуючому клапану на кожен стояк СО (кількість стояків на будівлю - 20)

РОЗДІЛ 6

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

6.1. Структура автоматизованої системи керування якістю теплозабезпечення будівель і споруд

Автоматизована система керування (АСК) якістю теплозабезпечення будівель і споруд містить кілька взаємозв'язаних складових частин (рис.6.1):

- підсистему керування проектами реконструкції і розвитку з базою даних;
- підсистему техніко-економічного аналізу з базою даних;
- підсистему обліку витрат теплоносія та затрат на теплопостачання з базою даних;
- підсистему оптимізації теплоспоживання (енергоаудиту) з базою даних;
- підсистему моніторингу температурного режиму;
- підсистему екстреного усунення несправностей;
- підсистему технічного діагностування з базою даних;
- підсистему планово-запобіжного ремонту і технічного обслуговування (ПЗР і ТО);
- підсистему мінімізації втрат тепла (заходи з теплоізоляції)
- підсистему стимулювання персоналу
- підсистему регулювання витрат теплоносія.

6.2. Функції підсистем автоматизованої системи керування якістю теплозабезпечення

Інформаційно-аналітичним ядром АСК є підсистема техніко-економічного аналізу, зорієнтована на виявлення закономірностей керування теплопостачанням і вироблення заходів впливу на систему, що утворюють стратегію керування.

Підсистема отримує інформацію (рис. 6.2) від:

- підсистеми технічного діагностування;
- підсистеми оптимізації теплоспоживання (енергоаудиту);
- підсистеми моніторингу температурного режиму;
- підсистеми обліку витрат теплоносія;
- підсистеми обліку витрат теплоносія та затрат на теплопостачання.

Підсистема містить бази даних:

- про нормативи витрат тепла;
- про санітарно-гігієнічні нормативи;
- про нормативи теплового стану приміщень;
- про вартість енергетичних ресурсів;
- статистика і прогноз;
- про погодно-кліматичні умови минулих років та прогноз на наступний

опалювальний період;;

- про структурно-параметричні характеристики інженерно-технічних споруд.

Вироблювана стратегія керування системою теплозабезпечення має забезпечувати мінімізацію затрат за суворого дотримання обмежень на показники якості.

Підсистема моніторингу температурного режиму (рис. 6.3) знаходиться на другому рівні АСК отримує поточну інформацію про стан тепло забезпечення, а також нормативну інформацію, а результати моніторингу передаються до підсистем технічного діагностування і техніко-економічного аналізу.

Поряд з цим підсистема формує управляючі впливи – премії і штрафи, що застосовуються в роботі з персоналом.

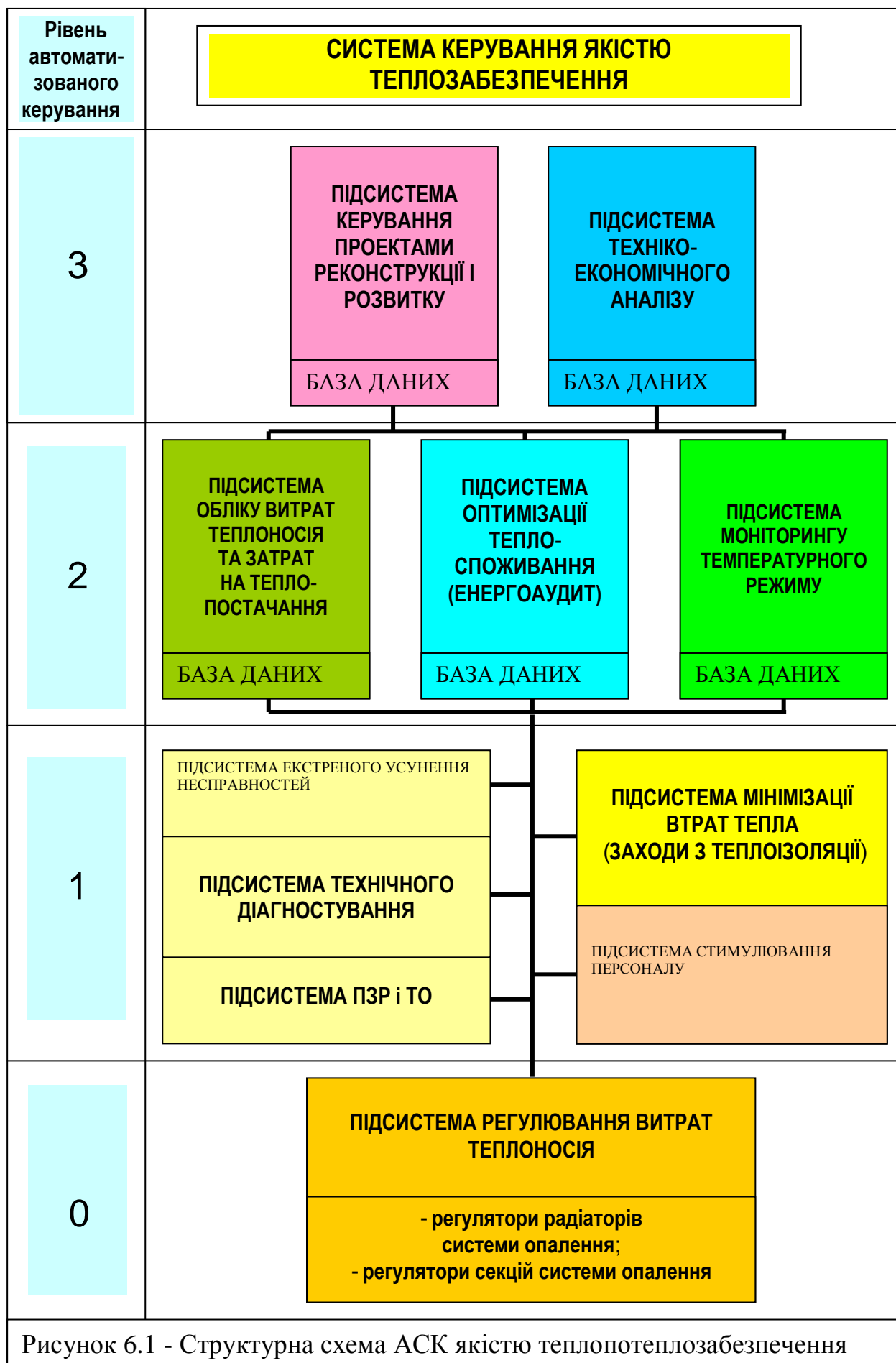
Підсистеми екстреного усунення несправностей та ПЗР і ТО (рис. 6.4) займають перший рівень АСК і являють собою власне багатофункціональний механізм керування технічними показниками експлуатаційної надійності системи тепло забезпечення. У складі підсистеми можна виділити:

- підсистему екстреного усунення несправностей із зворотним зв'язком;
- підсистему ПЗР і ТО (за збудженням), що проводиться у перерві між опалювальними періодами.

Підсистема оптимізації теплоспоживання (рис. 6.5) у постійній взаємодії із системою технічного діагностування та з використанням інформації із бази даних (передусім результати попередніх операцій ідентифікації, діагностування і оптимізації) має забезпечувати аналіз і виявлення закономірностей функціонування системи тепло забезпечення. Вихідні сигнали підсистеми є підставою для вироблення рішень або стосовно переналагодження системи тепло забезпечення на оптимальний режим, або реконструкції системи.

Підсистема технічного діагностування (рис. 6.6) передбачає приладовий контроль за станом системи тепло забезпечення з використанням комплексу тестових впливів, що обумовлює необхідність спеціальної бази даних, до складу якої входить схема тепlopостачання споживача, а також алгоритми ідентифікації, діагностування та оптимізації тепло забезпечення.

Підсистема регулювання витрат теплоносія (рис. 6.7) займає найнижчий нульовий рівень АСК якістю теплозабезпечення і являє собою сукупність пристроїв локальної автоматики – регуляторів температури опалювальних приладів (радіаторів) та регуляторів, встановлюваних на секціях системи опалення. Функціонування зазначених засобів автоматики не дає змогу вирішити цілком завдання щодо забезпечення якості тепло забезпечення. Це пояснюється тим, що робота підсистеми регулювання витрат теплоносія на локальному рівні буде ефективною лише у випадку необхідного зниження температури при надлишковому надходженні теплової енергії.



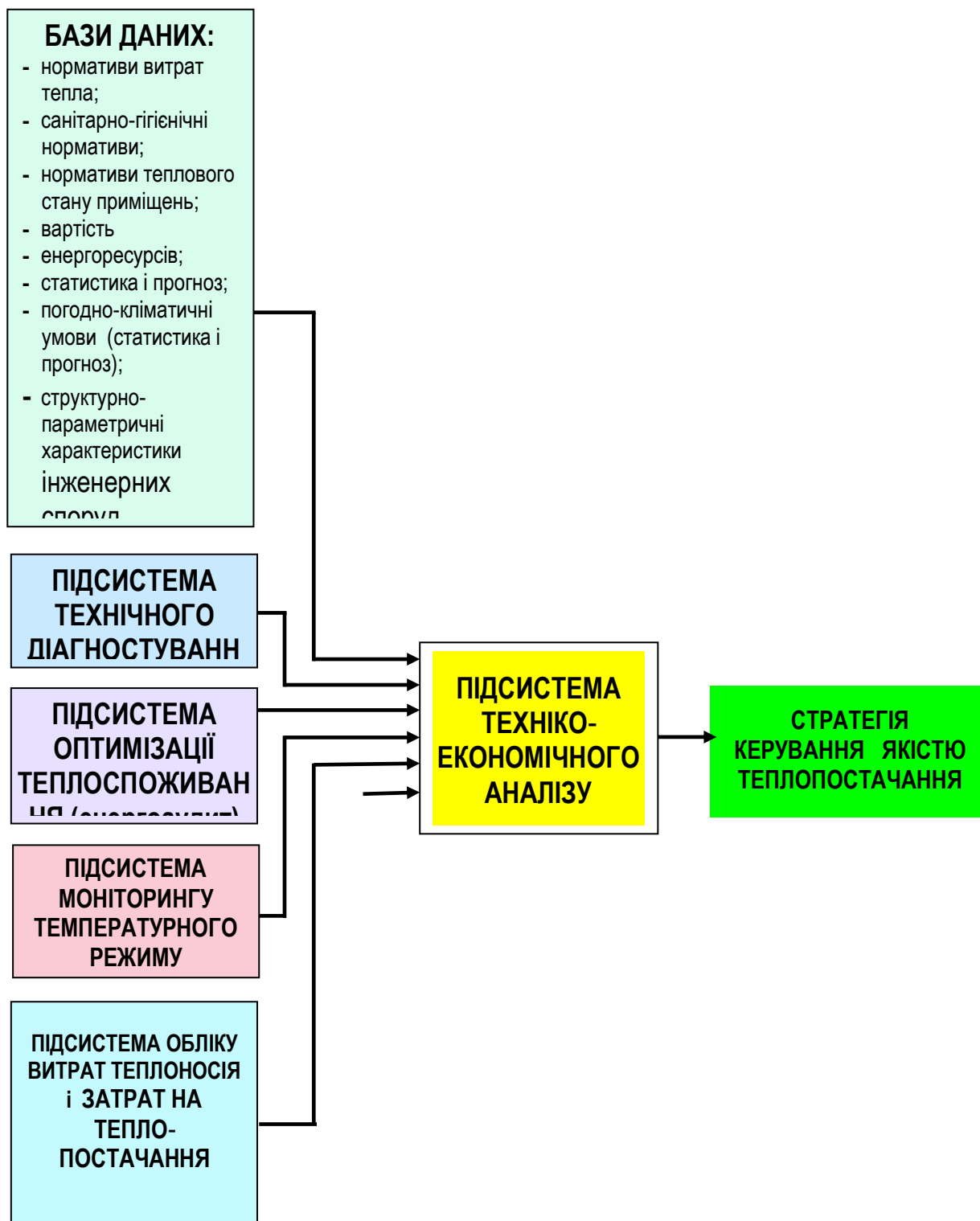


Рисунок 6.2 - Інформаційне забезпечення системи техніко-економічного аналізу у складі автоматизованої системи керування (АСК) якістю теплозабезпечення

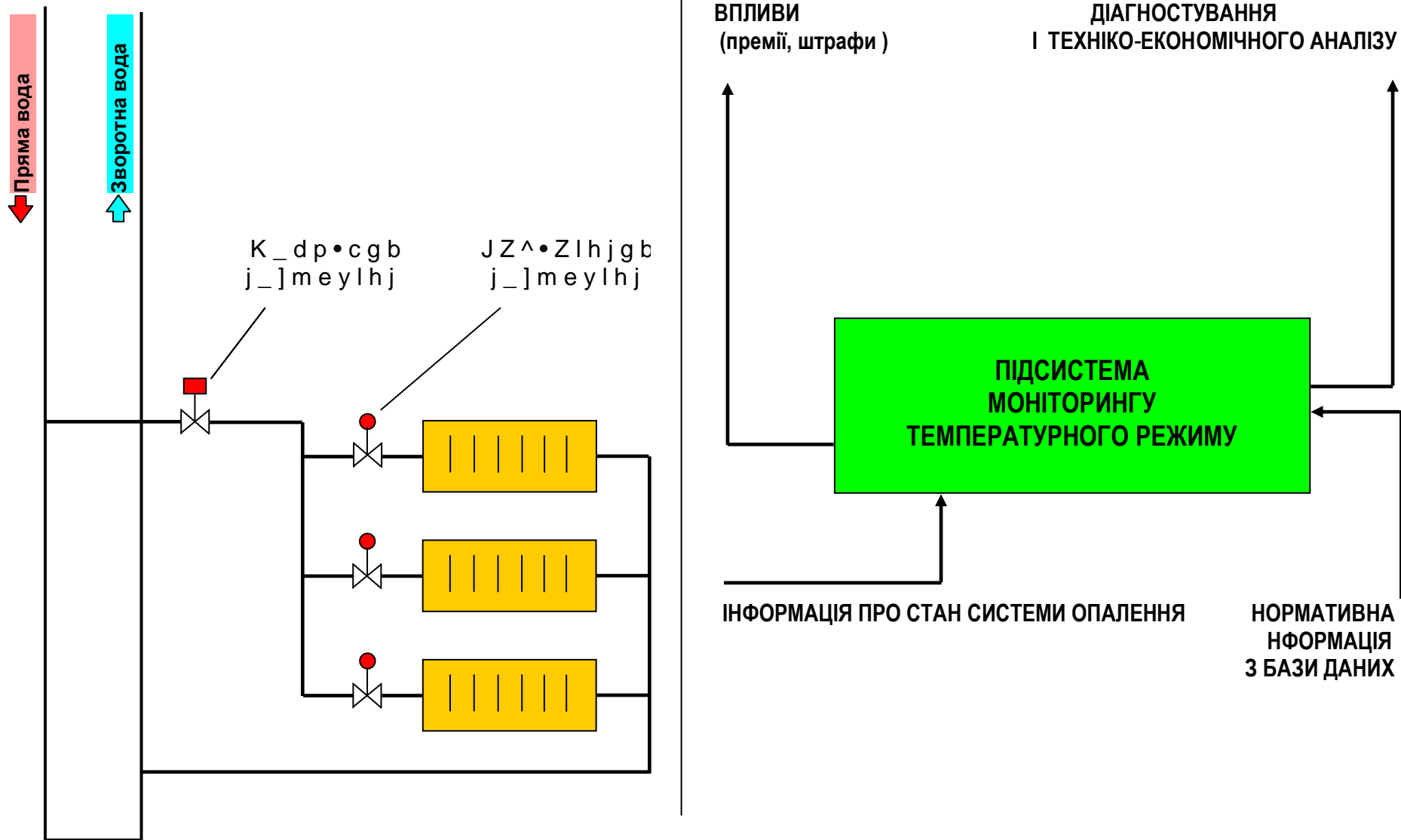


Рисунок 6.3 - Структурна схема підсистеми моніторингу температурного режиму автоматизованої системи управління якістю теплозабезпечення

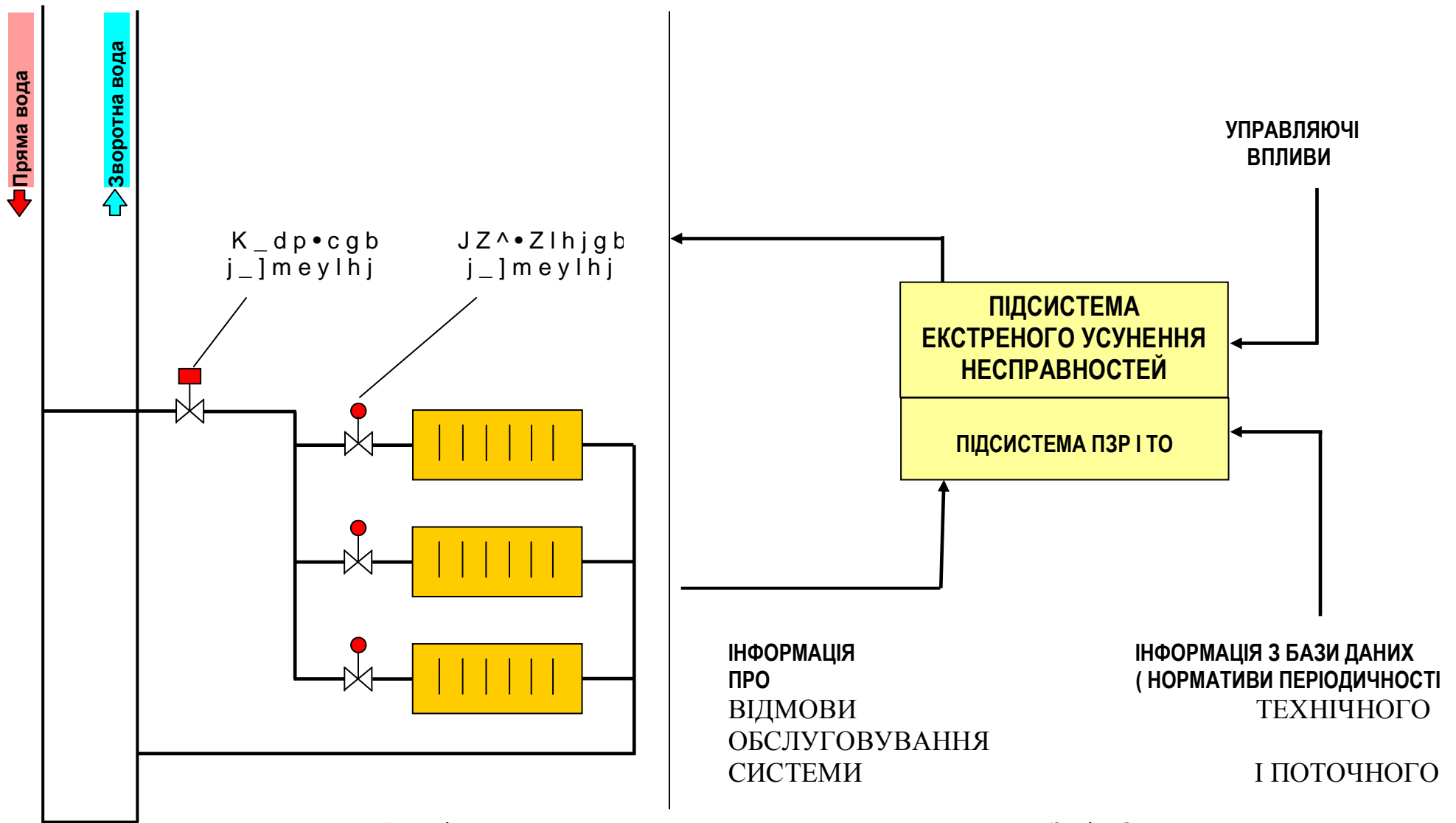


Рисунок 6.4 - Підсистеми екстреного усунення несправностей та ПЗР і ТО у складі АСК якістю теплозабезпечення

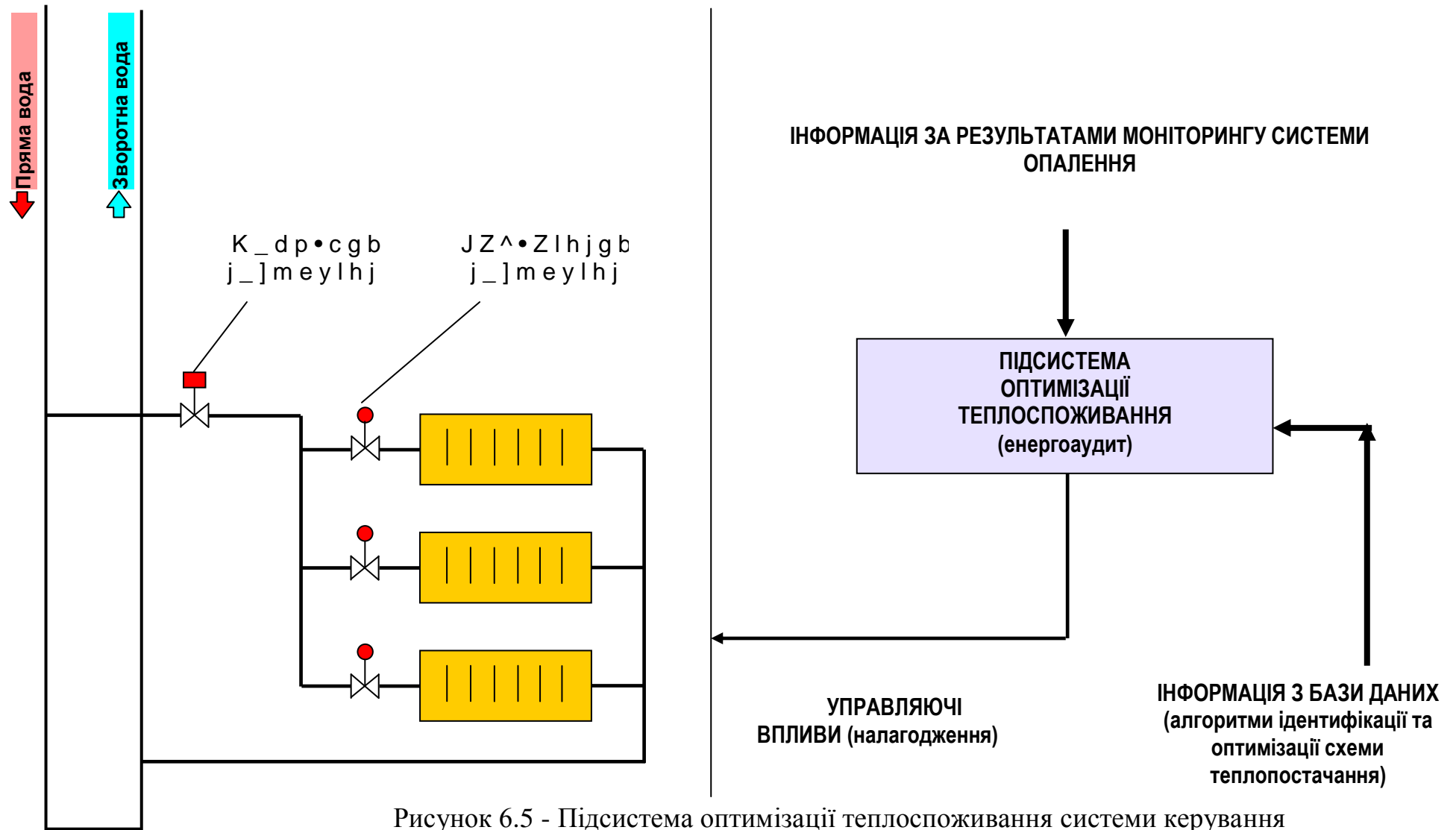


Рисунок 6.5 - Підсистема оптимізації теплоспоживання системи керування якістю теплозабезпечення

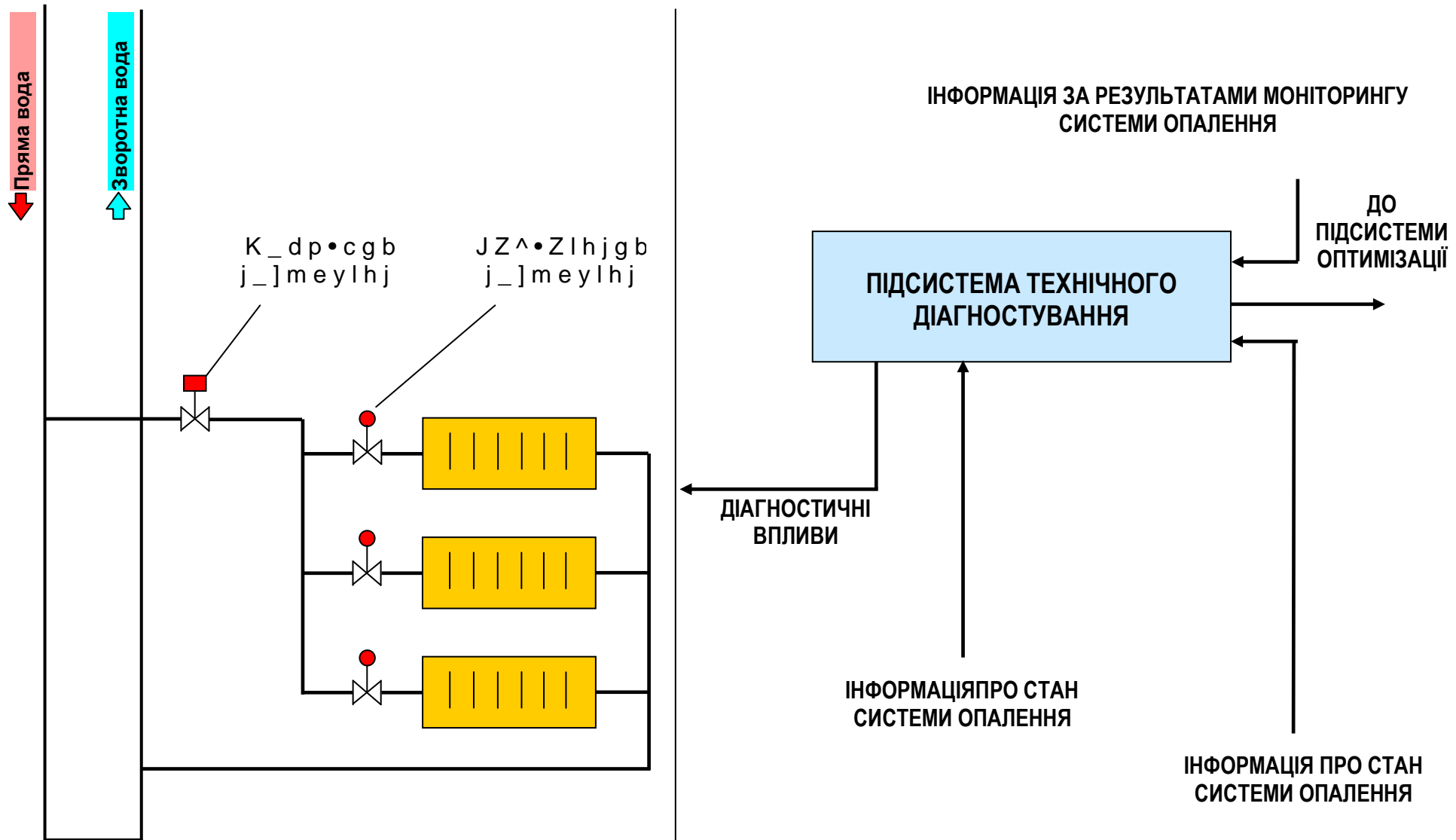


Рисунок 6.6 - Підсистема технічного діагностування АСК якості теплозабезпечення

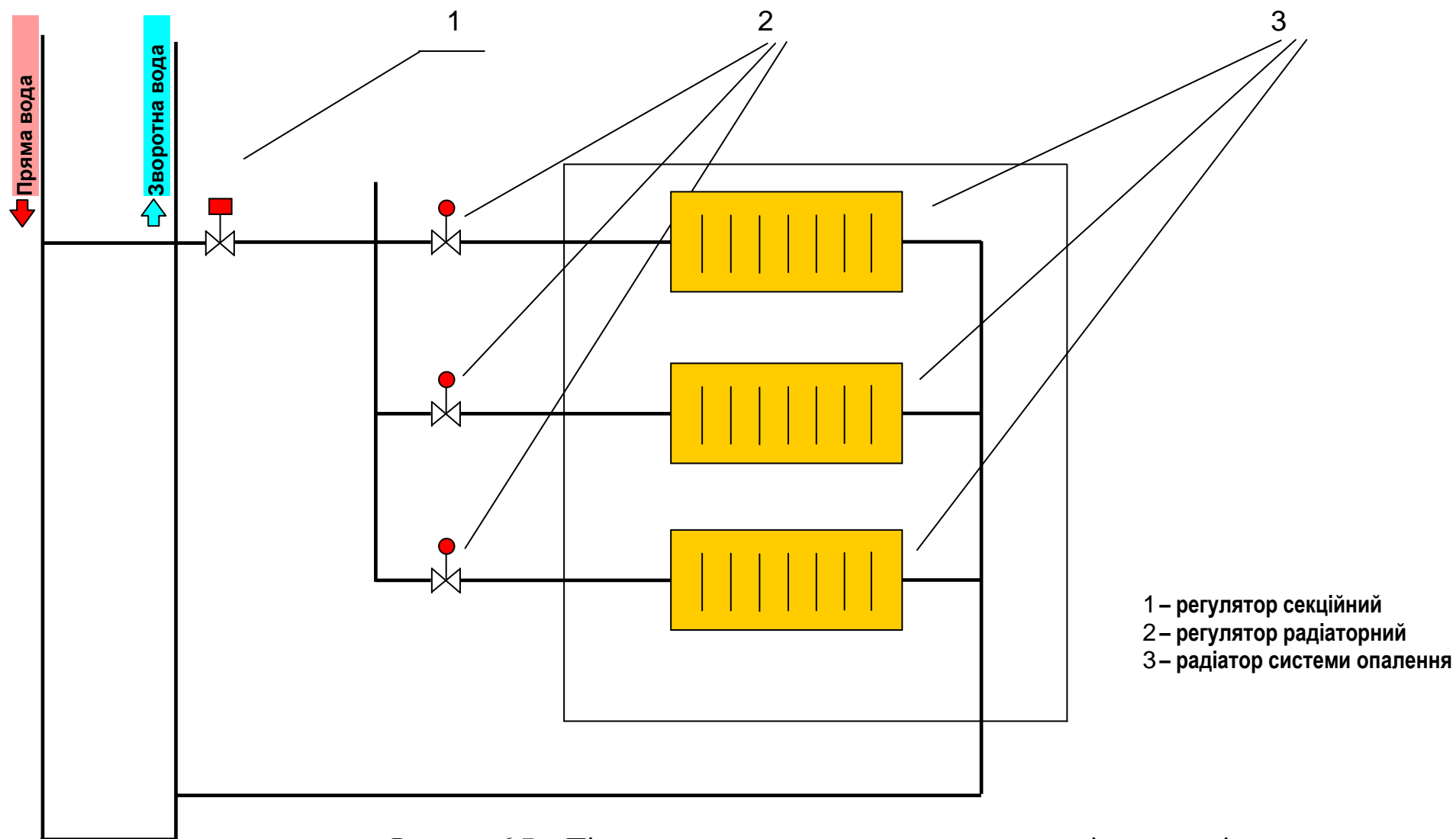


Рисунок 6.7 - Підсистема регулювання витрат теплоносія в системі опалення

РОЗДІЛ 7

ПЕРСПЕКТИВНІ ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ПУНКТІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД НУБіП УКРАЇНИ

7.1. Індивідуальний тепловий пункт з тепловодолічильником SA-94 та мікроконтролером ТРМ-32

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) встановлюється в окремих будівлях і призначений для розподілу, обліку та регулювання теплової енергії в системах опалення, вентиляції, кондиціонування і гарячого водопостачання. ІТП (рис. 7.1) включає два пластинчасті теплообмінники: один для системи опалення, другий - для системи гарячого водопостачання.

Теплообмінник системи опалення працює за двоконтурною схемою: по першому контуру подається в регульованому обсязі прямий теплоносій (вода) від котельні, по другому замкнутому контуру – нагрітий теплоносій незалежної системи опалення. В другому контурі передбачена насосна станція для подачі теплоносія до опалювальних приладів в приміщеннях будівлі. Тепловий пункт оснащений датчиками контролю температури теплоносія (прямого і зворотного) та зовнішнього повітря. Всі уставки температури задаються програмно на контролері (ТРМ-32), який може регулювати температуру в системі опалення в режимі реального часу (день-ніч, робочі дні - вихідні дні).

Теплообмінник в контурі гарячого водопостачання теж оснащений автоматичним регулятором витрат прямого теплоносія і температури нагріваної води, а також насосною станцією для системи циркуляції.

Впровадження ІТП дозволяє відмовитися від чотиритрубною магістральною системи і перейти до двотрубною (без трубопроводів гарячої води), скоротивши протяжність внутрішньоквартальних теплових магістралей. В результаті зменшуються затрати на утримання і ремонт трубопроводів,

витрати теплоізоляційних матеріалів, а в окремих випадках відпадає потреба у відведенні землі під будівлю ІТП.

7.1.1. Вузол регулювання системи опалення і гарячого водопостачання індивідуального теплового пункту на базі контролера ТРМ-32 в комплексі з ПЕОМ. Вузол об'єднує в собі контролер ТРМ-32 з датчиками температури, персональну ЕОМ та регулювальні клапани BELIMO з електроприводом NRY24_SR3 (рис.7.1, 7.2).



Рисунок 7.2 - Загальний вигляд приладового комплексу вузла регулювання витрат теплоносія у системах опалення і гарячого водопостачання (дослідний зразок)

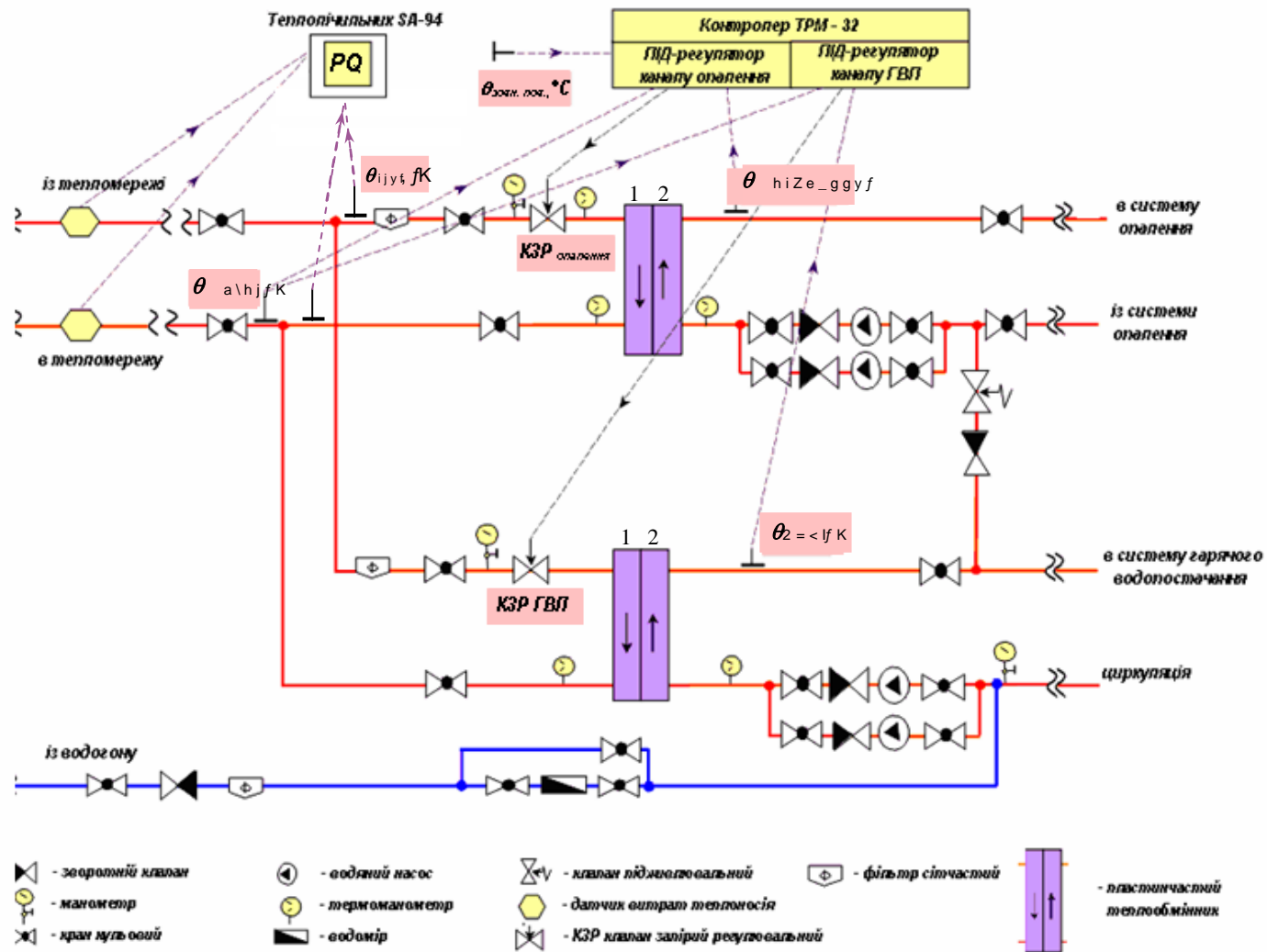


Рисунок 7.1 - Індивідуальний тепловий пункт з тепловодолічильником SA-94 та мікроконтролером TRM-32

З використанням спеціалізованого програмного забезпечення² приладовий комплекс вузла регулювання витрат теплоносія здатен реалізовувати такі функції:

- вимірювання температури теплоносія та різниці її значень у подавальному і зворотному трубопроводах, °С;
- контроль і регулювання температури у системі гарячого водопостачання
- захист системи від завищення температури зворотної води, що повертається до джерела теплопостачання;
- передачу даних про значення вимірюваних і обчислюваних величин, а також уставок від контролера до ПЕОМ;
- реєстрацію на ПЕОМ через задані проміжки часу вибраних користувачем даних;
- відображення поточних показів вимірювальних приладів у цифровому чи графічному вигляді на моніторі ПЕОМ;
- сповіщення про вихід контрольованих параметрів за встановлені межі;
- створення і перегляд архіву вимірювань за будь-який проміжок часу у табличному чи графічному вигляді.

Схемою контролера ТРМ-32 із застосуванням адаптера мережі АС-2 (рис. 7.3) передбачений обмін даними з ПЕОМ та реєстрація даних про робочі параметри системи. До персональної ЕОМ передаються поточні значення вимірюваних параметрів – температур $\Theta_{зовн}$, $\Theta_{звор}$, $\Theta_{опал}$, $\Theta_{водопостач}$, а також розрахункові уставки $\Theta_{уст. опал}$, $\Theta_{звор. max}$ і задане користувачем значення температури $\Theta_{уст. водопостач}$.

² SCADA – система OWEN PROCESS MANAGER

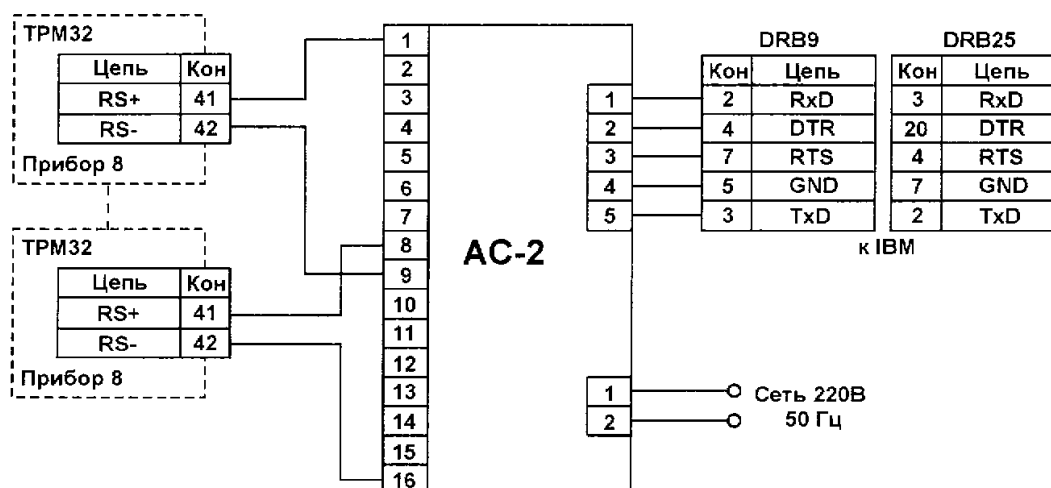


Рисунок 7.3 - Схема електрична зовнішніх з'єднань адаптера мережі AC2 з контролерами TPM-32 і персональною EOM

Спеціалізоване програмне забезпечення SCADA – система OWEN PROCESS MANAGER складається з двох частин:

- підсистема збирання даних Owen Process Manager;
- підсистема обробки даних Owen Report Viewer.

7.2. Індивідуальний тепловий пункт з тепловодолічильником СВТУ-10М зі спеціалізованим блоком МДМ-РЕГ

Автоматизований тепловий пункт (автоматизований вузол керування) загалом складається із:

- мережевої частини, що включає в себе регулювальний клапан витрат теплоносія, клапан регулятора перепаду тиску з пружинним регулювальним елементом (встановлюється за необхідності) і фільтри для очищення води;
- циркуляційної частини, що поєднує контролер чи регулятор температури (погодний компенсатор), який забезпечує підтримання опалювального графіка в системі опалення, датчик температури зовнішнього повітря, датчики температури

теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, а також електропривод регулювального клапана.

Спеціалізований блок МДМ-РЕГ, що вбудовується в обчислювач СВТУ-10М за спеціальним замовленням, об'єднує два незалежних пристрої:

- блок МДМ (блок зв'язку з модемом);
- блок РЕГ (блок регулювання).

Блок МДМ забезпечує безпосередню роботу з модемом, що дає можливість під'єднати лічильник без додаткових селективних пристроїв до будь-якого стандартного модему для передачі даних по телефонній лінії(можливе застосування радіомодема).

Блок РЕГ призначений для зв'язку з автономними реєструючими пристроями, для реєстрації аналогових сигналів, керування пороговими пристроями і створення схем регулювання. Блок РЕГ перетворює вимірювані лічильником параметри у лінійні аналогові сигнали напруги або струму. Поряд з цим блок РЕГ використовується як двоканальний регулятор для керування регулювальними клапанами з лінійним сигналом керування у вигляді напруги, змінюваної в діапазоні 0...10 В. Вхідними параметрами для перетворення блоком РЕГ у лінійні чи порогові вихідні сигнали можуть бути такі вимірювані лічильником параметри:

- $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ – значення температур, вимірюваних штатними датчиками;
- Q_1, Q_2 – відповідно значення об'ємних витрат по першому і другому каналу вимірювання витратомірами лічильника;
- P_1, P_2 - відповідно значення тиску вимірювані датчиками тиску лічильника.

Як пороговий сигнал може бути використаний також час.

В режимі регулятора блок РЕГ може здійснювати регулювання за такими параметрами:

- $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ – значення температур, вимірюваних штатними датчиками температури;

- $\theta_{звор1}, \theta_{звор2}$ – значення температури води у зворотному трубопроводі, вимірювані по першому і другому каналах лічильника (з можливістю коригування за температурою зовнішнього повітря);
- $\Delta P = P_1 - P_2$ - різниця значень тиску, вимірюваних датчиками тиску лічильника.

Лічильник СВТУ-10М за узгодженням із замовником може бути зібраний за однією з передбачених розробником конфігурацій і оснащений, відповідно, додатковими зовнішніми пристроями.

Конфігурація прикладних інтерфейсів (виходів) III передбачає наявність вбудованого блоку МДМ і дозволяє підключити до лічильника СВТУ-10М пристрій зйому даних (УСД) по лінії зв'язку інтерфейсу 1.

За конфігурацією виходів III із застосуванням перехідників до лічильника СВТУ-10М можуть бути під'єднані:

- персональна ЕОМ (що дозволяє працювати з програмним продуктом "Sempal Devise Manager);
- принтер з послідовним інтерфейсом та пристрій для зйому даних;
- додатково модем чи радіомодем.

Конфігурація виходів IV доповнює конфігурацію III лінією зв'язку інтерфейсу і дає можливість додатково підключити пристрій РЕГ-01;

Конфігурація виходів V є розширенням варіанту III вбудованим блоком аналогового інтерфейсу (РЕГ), що містить два аналогові виходи і дозволяє підключити додатково реєструючі прилади або затратно-регулювальну апаратуру.

Блок МДМ має кілька режимів роботи порта RS232:

- стандартний режим зі швидкістю 2400; 4800; 9600 або 19200 год; 8 біт даних; один стоп-біт, контроль чіткості "Even";
- режим роботи з модемом за швидкості порта 19200 год; 8 біт даних, без контролю чіткості.

Апаратне керування потоком даних використовуються лінії послідовного інтерфейсу RS232 – TxD, RxD, CTS, DTR, DSR, DSD.

Блок РЕГ має три вихідних канали:

- перший і другий канали мають аналоговий пропорційний вихідний сигнал і можуть бути зібрані як потенціальні (на виході напруга) або струмові (на виході – струм);
- третій канал ключовий (стрибкоподібна зміна стану).

Конструкцією вбудованого блоку МДМ-РЕГ передбачені три варіанти виконання (див. табл. 7.1).

Таблиця 7.1 - Варіанти виконання блоку МДМ-РЕГ

МДМ	РЕГ	Потенціальний вихід	Струмовий вихід	Ключовий вихід
+	-	-	-	-
+	+	2	-	1
+	+	-	2	1

Потенціальний вихід має три діапазони зміни вихідної напруги, що задаються програмно: 0...5 В, 0...10 В, 2...10 В. Вихідний опір потенціальних виходів 50 Ом, максимальний струм навантаження – 10 мА. Приведена похибка при опорі навантаження понад 20 кОм не перевищує 1%.

Струмовий вихід може мати три програмованих конфігурації: 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА. Приведена похибка при опорі навантаження 500 Ом не перевищує 1%.

Кожен із двох аналогових каналів може працювати в одному з трьох режимів: лінійному, пороговому, регулятора, тоді як ключовий канал лише в пороговому режимі.

У режимі регулювання блок РЕГ реалізує пропорційно-інтегральний закон (ПІ-закон) регулювання із встановленими користувачем значення ми постійної часу і коефіцієнта передачі каналу регулювання. Діапазон уставок значення

постійної часу регулятора від 0 до 999 с з дискретністю 1 с. Діапазон уставок коефіцієнта передачі каналу регулювання від 0 до 99,99 з дискретністю 0,01.

У разі використання блоку РЕГ як регулятора, діапазон встановлюваних значень регульованого параметра є таким:

- за температурою прямої і температурою зворотньої води – від 0 до +150 °С;
- за різницею значень тиску – від 0 до 20 кгс/м².

До комплекту поставки тепловодолічильника СВТУ-10М входить комп'ютерна програма "Sempal DM" для роботи в середовищі Windows 98/2000.

Програма дозволяє створювати бібліотеки архівів обслуговуваних об'єктів з можливістю виведення даних на будь-який стандартний принтер.

При обслуговуванні кількох об'єктів, оснащених приладами обліку теплової енергії (рис. 7.4, 7.5), виникає необхідність збирання, зберігання і перенесення архівних даних з тепловодолічильників СВТУ-10М для наступного аналізу за допомогою комп'ютера або роздрукування на принтері підсумкових звітних документів. Для об'єктів з регуляторами на основі блоків аналогових інтерфейсів БАИ-01 коригування програми регулювання також зручно здійснювати з використанням комп'ютера і наступним її перенесенням та записом в прилади, розміщені безпосередньо на об'єкті. Усі перелічені функції виконує пристрій знімання даних УСД-01.

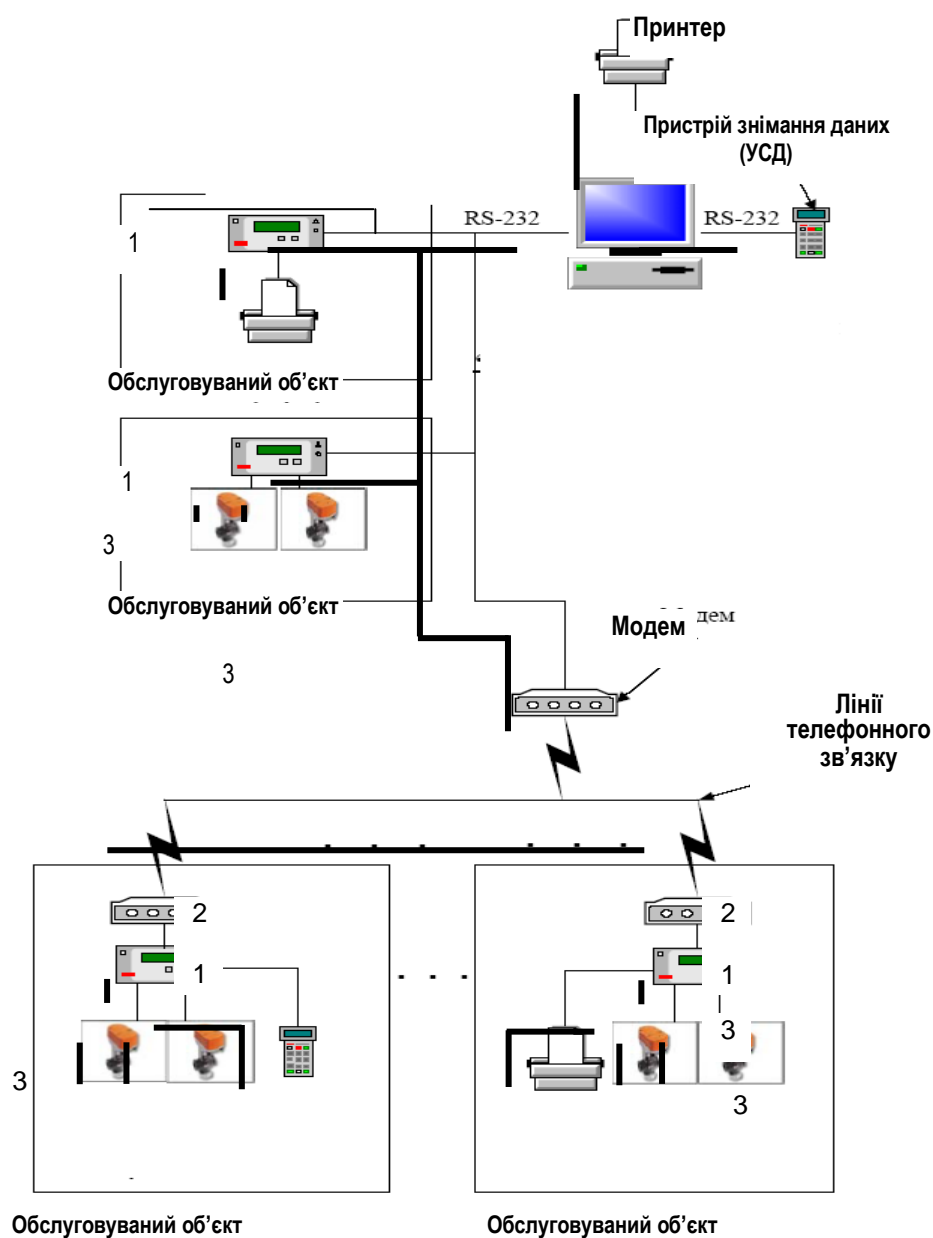


Рисунок 7.4 – Структурна схема приладового комплексу обліку і регулювання витрат теплоносія в системах опалення і гарячого водопостачання: 1 – тепловодолічильник СВТУ–10М; 2 – модем; 3 – регулювальні клапани.

Залежно від варіанту виконання пристрій УСД-01 забезпечує і збереження повних погодинних архівів за місяць з 30, 50 або 70 лічильників СВТУ-10М, а також до 100 програм регулювання (для вузлів обліку, оснащених регуляторами). Додатковою функцією пристрою УСД-01 є можливість видачі записаних архівів і програмі регулювання на принтер з паралельним інтерфейсом.

Пристрій знімання даних УСД-01 має 4-рядковий 64-розрядний індикатор з підсвічуванням, що забезпечує простоту діалогу приладу з тепловодолічильником СВТУ-10М і ІВМ-сумісною ПЕОМ, а також зручність перегляду записаної архівної інформації.

Пристрій УСД-01 має автономне живлення на базі вбудованої акумуляторної батареї і комплектується адаптером змінного струму, що дає можливість здійснювати живлення пристрою від мережі з одночасним зарядженням акумулятора.

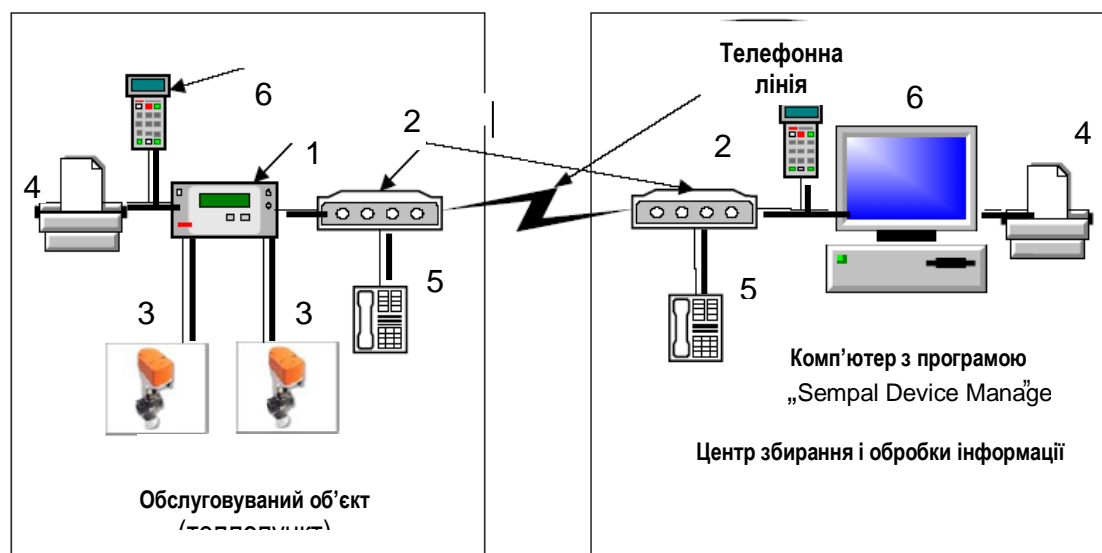


Рисунок 7.5 – Схема взаємозв'язку обслуговуваного об'єкта (теплопункту) з центром збирання і обробки інформації: 1 – тепловодолічильник СВТУ – 10М; 2 – модем; 3 – регулювальні клапани; 4 – принтер; 5 – телефонний апарат; 6 – пристрій знімання даних.

ВИСНОВКИ

Аналіз світових тенденцій розвитку систем тепlopостачання показав, що теплоспоживачі, що знаходяться в зоні дії централізованих систем тепlopостачання, мінімізувати витрати паливних, матеріальних та фінансових ресурсів зможуть не за рахунок будівництва власних локальних систем тепло забезпечення, а лише за рахунок ощадливого погодозалежного регулювання обсягів теплоспоживання.

Житлово-комунальна сфера економіки України має значні резерви енергозбереження – близько 34 млн. тон умовного палива на рік.

Пріоритетними заходами, щодо підвищення енергоефективності комунально-побутових споруд є:

а) використання для утеплення стін ефективних теплоізоляційних матеріалів – 52,3 % від загального резерву енергозбереження;

б) облік витрат теплоти – 24,2 %;

в) модернізація систем тепlopостачання – 21,5 %.

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що для розрахунку теплових втрат через огорожуючі конструкції необхідно враховувати температурну нелінійність характеристик будівельних матеріалів. Точність рішень задач теплопередачі через стіни при цьому підвищується на 15÷30% в порівнянні зі звичайними лінійними методами.

Аналіз світових тенденцій розвитку систем тепlopостачання показав, що теплоспоживачі, що знаходяться в зоні дії централізованих систем тепlopостачання, мінімізувати витрати паливних, матеріальних та фінансових ресурсів зможуть не за рахунок будівництва власних локальних систем тепло забезпечення, а лише за рахунок ощадливого погодозалежного регулювання обсягів теплоспоживання.

1. Адамович Е. Отражающая теплоизоляция // Строительство и реконструкция, 2002 – № 1-2 – с.10.
2. Адольф Міровскі, Гжегож Ланге, Іренеуш Елень. Viessman. Материалы для проектирования котельных и современных систем отопления: Пер з польс. – М.: Экоинформ, 2005. – 191с.
3. Айзен А. М., Черних Л.Ф., Назарчук М.М. Метод малого параметра в нелинейных задачах теплопроводности // Киев Зон. НДІ експерим. проектування. – Київ, 1972. – Вип №1. – с.153–160.
4. Лут М.Т.,Радько І.П. Волошин С.М. Сучасні проблеми енергозбереження. «ЦП «КОМПРИНТ». К. – 2020. – 36,2 у.д.а.
5. Велбовець Ю. Конденсаційна опалювальна техніка // Монтаж+технологія, 2006 №8. – с.40-41.
6. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський А.А., Лазаренко В.О., Міщенко А.В., Шеліманова О.В. Теплотехніка: підручник. – 2-е вид., перероб і доп. – К.: ІНК ОС, 2005. – 400 с.
7. Драганов Б.Х., Сажина С.О., Сергієчко Ю.М., Федоров В.Г. Теплометрія в сільському господарстві. – К.: УСХА, 1993. – 280 с.
8. Драганов Б.Х., Черних Л.Ф., Ферт А.Р. Методика расчета теплового режима наружных ограждающих конструкций сельскохозяйственных зданий.– К.: УСХА, 1991. – 126 с.
9. Єнін П.М., Швачко Н.А. та ін. Теплопостачання: теплові мережі та споруди. – К.: “Кондор”, 2007. – 242 с.
10. Захарченко П.В. та ін. Тепло- та звукоізоляційні матеріали і виробы в енергозберігаючих технологіях – К.: ВАТ “Майстри”, 2008. – 340 с.
11. Ісаченко В.П., Осипова А.В., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
12. Ковалев І. Н. Непрерывная модель инвестиционного процесса при неопределенности исходной информации / Міжнародна конференція „Новые технологии в управлении, бизнесе и праве”: Тези доп. – Невинномысск, 2004. – с.15-20.

13. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Энергозбереження в агропромисловому комплексі. – Т.: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
14. Кошляков Н.С., Глинер Є.Б., Смірнова М.М. Уравнения в частных производных математической физики. – М.: Высшая школа, 1970. – 710 с.
15. Ливчак И.Ф., Наумов А.Л. Регулируемая вентиляция жилых многоэтажных зданий // АВОК, 2004. – №5. – с. 8-11.
16. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
17. Маляренко В.А. Проблеми енергопостачання і енергозбереження в ЖКГ // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит, 2006. – №1 – с.10-20.
18. Марченко Е.М. Пути развития коммунальной энергетики и энергосбережение // Энергосбережение и водоподготовка, 2006. – №1. – с. 25
19. Маршалл Джон Ф., Бансал Вигтул К. Финансовая инженерия: Полное руководство по финансовым нововведениям. – М.: ИНФРА-М, 1998. – с. 45.
20. Мелкумов Я. С. Организация и финансирование инвестиций. – М.: ИНФРА-М, 2002. – с. 58.
21. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ, ГК по строительству, архитектуре и жилищной политике. За ред.: В. В. Косова, В. Н. Лившица, А. Г. Шахназарова. – М.: Экономика, 2000. – 124 с.
22. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К.: Наукова думка, 2000. – 420 с.
23. Поляков Г.П. Энергоэффективные стены и окна жилых и общественных зданий // Энергосбережение. 2006. – №7. – с18-21.
24. Сафіуліна К.М., Колієнко А.Г., Тормосов Р.Ю. Энергозбереження в університетських містечках. Єнін П.М., Швачко Н.А. та ін. Теплопостачання: теплові мережі та споруди. – К.: ТОВ “Поліграф плюс”, 2010. – 328 с.

25. Табунщиков Ю. А. Энергоэффективные здания: мировой и отечественный опыт // Энергия: экономика, техника, экология. 2004. – №10. – с.20-28.
26. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 194 с.
27. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
28. Табунщиков Ю.А., Ковальов И.Н, Гегуеа Е.О. Основные принципы оценки экономической эффективности средств энергосбережения зданий // Энергосбережение. 2004. – №5. – с26-32.
29. Табунщиков Ю.А., Ковальов И.Н., Гегуева Е.О. Оценка экономической эффективности инвестиционных средств в энергосберегающие здания// АВОК. 2004. – №7. – с. 26-32.
30. Лут М. Т.,Радько І. П. Технічні засоби і системи обліку електричної енергії. ЦП "Комбриг" 2015.м. Київ.18,5др.ар.
31. Холтон Д. Энергоэффективные малоэтажные здания // – АВОК. – 1997. – №2. с. 15-16.
32. Чистович А.С. Энергосберегающие системы теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. – СПб.: АЦЭЭТ, 2004. – с. 11-12.
33. Черних Л.Ф., Родіонова Т.Ю., Горбонос Н.Н., Дац П.А. Методика определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. – Київ, 2006. – 12 с.
34. www.cok.ru – электронный журнал СОК.
35. www.esco-ecosys.narod.ru – электронный журнал ЭСКО.
36. www.proektstroy.ru – электронна газета „Строительный Эксперт”.
37. Чаплин П.. Регулирование тепловой нагрузки по технологии XXI века. <http://www.polisplus.ru>.

38. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Государственный комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины. / – К.: 1991.

39. СНиП „Строительная теплотехника” зі змінами та доповненнями від 01.07 1986 та 01.10 1996. Державний комітет архітектури, будівництва і житлової політики України. – К., 1991.

40. Изменение №1 СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Государственный комитет строительства архитектуры и жилищной политики Украины. – К.: 1998.

41. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах/ За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика , 2006.

42. ДБН В.2.2-9-99. Громадські будинки і споруди. Основні положення.

43. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі.

45. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.

46. ДСТУ-Н.Б.А.2.2.-5:2007. Національний стандарт України. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції.

47. ДСТУ БВ.2.2-19: 2007.Будівлі і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах.

48. ДСТУ БВ.2.2-21:2008. Будівлі споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків.

49. ДСТУ БВ.2.7-38-95. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробування.

50. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование, с изм. 1.

51. Снп 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции.

52. Альбом рекомендацій по применению современного эффективного оборудования в системах отопления и горячего водоснабжения зданий при централизованном теплоснабжении. — изд. КИЕВЗНИИЭП. — 2003.
53. СП 41-101-95 «Правила проектирования тепловых пунктов».
54. Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В., Міщенко А.В., Антипов Є.О. Підвищення енергоефективності систем теплопостачання в навчальних закладах. Відновлювальна енергетика .К.2019.
55. Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В., Міщенко А.В., Антипов Є.О. Вплив параметрів системи опалення на показники комфорту приміщення. Відновлювальна енергетика .К.2019.
56. Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В., Міщенко А.В., Антипов Є.О. Регулювання подачі теплоносіїв , як засіб підвищення енергоефективності Відновлювальна енергетика .К.2019.
57. Радько І.П., Наливайко В.А. Дослідження втрат теплоти через огорожувальні конструкції навчальних корпусів. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта» м. Київ, 2019 . с 123-124
58. Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В., Міщенко А.В., Антипов Є.О. Методика та обладнання для проведенн енергетичного аудиту. Енергетика і автоматика. – 2018. – №1. – С. 123-134.

Додаток А

Таблиця А.1 - Висновки та рекомендації щодо поліпшення функціонування теплових мереж університету

Розділ робочої програми науково-дослідної роботи, терміни виконання	Висновки за результатами досліджень	Рекомендації
<p>Теоретично обґрунтувати і розробити методіку розрахунку витрат теплоносіїв</p>	<p>Існуючі однотрубні системи опалення з вертикальним розведенням труб являються далеко не оптимальними, бо в їх суті закладений нерівномірний розподіл температури по висоті (поверхах) будівлі, а значить переноси в розподілі теплоти.</p>	<p>Є доцільним вдосконалення теплових пунктів будівель університету шляхом встановлення циркуляційного насосу в елеваторний вузол, що забезпечує рівномірний обігрів приміщень і за рахунок цього економію теплоти на 10-15 %.</p> <p>Запропонована схема теплового пункту, яка забезпечує комплексну оптимізацію споживання теплової енергії залежними системами опалення з оптимізацією режимів роботи елеваторного вузла та налагодженням гідравлічних режимів малозатратними швидкоокупними методами з використанням вітчизняної енергоощадної техніки “КИАРМ”.</p>

	<p>Вдосконалена методика та розроблена програма розрахунку втрат теплоти через огорожувальні конструкції та розрахунок витрат теплоти забезпечує можливість визначення максимальної теплової потужності системи опалення, а також втрат теплоти за опалювальний період.</p> <p>Найбільший енергоощадний потенціал мають стіни будівлі – 73,9 кВт, його значення для вікон – 3,8 кВт і для вентиляції – 19,6 кВт, що становить понад 40% обсягу можливого заощадження тепла.</p> <p>Економії теплової енергії можна досягти передусім шляхом термомодернізації вікон будівлі та вентиляції – близько 30 кВт (11,4 %).</p> <p>Проведений аналіз пристроїв обліку теплоти свідчить про доцільність вибору ультразвукових тепловодолічильників вітчизняного виробництва СВТУ-10 чи Х 12, які відповідають сучасним вимогам і мають відносно невисоку вартість.</p>	<p>З метою підвищення теплоенергоощадного потенціалу навчального корпусу №8 пропонується:</p> <ul style="list-style-type: none"> - збільшити термічний опір стінових конструкцій укладенням зовні шару пінополістиролу товщиною $\delta=40$ мм, що забезпечує зниження коефіцієнта теплопередачі з $1,15 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ до $0,55 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$; - встановити вікна-склопакети з коефіцієнтом теплопередачі $2,0 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ (термічним опором $R_{\text{вік}}=0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$); - утеплити підлогу шаром керамзитового гравію товщиною $\delta_{\text{гр}}=0,1 \text{ м}$ з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{гр}}=0,21 \dots 0,11 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ та покласти зверху дощане покриття товщиною $\delta_{\text{д}}=37 \text{ мм}$ і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{д}}=0,18 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$; - утеплити перекриття шаром пінополістиролу товщиною $\delta_{\text{пол}}=100 \text{ мм}$ і коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{пол}}=0,06 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$;
	<p>Втрати теплоти у системі опалення навчального корпусу №2, потужність якої при середній температурі опалювального періоду $t_3^{\text{он}} = -1,1^{\circ}\text{C}$ становить 254,3 кВт, розподіляються між: стінами будівлі – 116,6 кВт (46,%), вікнами – 56,6 кВт (22%) та на вентиляцію – 37,7 кВт (14,6%).</p> <p>Підвищення теплоенергетичного потенціалу навчального корпусу може бути досягнуте за рахунок збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій – стін, вікон, перекрить і підлоги.</p>	

	<p>Впровадження цих заходів забезпечить економію біля 43,6% споживаної теплової енергії.</p> <p>Суттєвого енергоощадного ефекту в теплових мережах можна досягти за умови комплексного підходу, що поєднував би впровадження комп'ютеризованих приладових комплексів обліку та регулювання витрат теплоносія і заходів з термомодернізації огород-жувальних конструкцій будівель.</p> <p>Встановлення теплозахисних екранів між стінами і радіаторами системи опалення за коефіцієнту відбивання 0,8...0,97 забезпечує зниження втрат теплоти до 44 Вт/м². за рахунок відбитого від поверхні екрана теплового потоку. Температура в опалюваному приміщенні підвищується на 2...2,5 °С.</p> <p>Серед широкої номенклатури наявних на ринку України засобів обліку теплової енергії явні переваги мають ультразвукові лічильники тепла і зокрема лічильник СВТУ-10М з розширеними функціональними можливостями.</p> <p>Орієнтація на використання електро-магнітних лічильників SA94 (SA93XX) фірми ASWEGA (Естонія) та контролерів ТРМ-32 фірми ОВЕН дуже звужує можливості подальшої роботи з впровадження новітніх конструкцій лічильників тепла і регуляторів витрат теплоносія;</p>	
--	---	--

	<p>Зважаючи на відсутність досвіду з експлуатації засобів регулювання витрат теплоносія в системах опалення було доцільним протягом одного-двох опалювальних сезонів провести виробничі випробування відповідного обладнання різних виробників і зокрема контролера ТРМ-32, тепловодолічильника СВТУ-10М із вбудованим блоком МДМ-РЕГ та комбінованого регулятора температури КИАРМ; такий підхід дав би змогу обрати кращий варіант з техніко-економічних міркувань.</p>	<p>Встановлення у системах опалення будівель лічильників тепла має супроводжуватися впровадженням засобів регулювання витрат теплоносія за алгоритмом, що враховував би погодні умови та режим роботи – тривалість робочого дня, вихідні та святкові дні. У неробочий час і неробочі дні система опалення може працювати за особливим опалювальним графіком із нижчими значеннями температури в приміщеннях будівлі.</p> <p>З урахуванням реального стану системи теплопостачання університету доцільно:</p> <ul style="list-style-type: none"> – провести модернізацію теплових пунктів у навчальних корпусах і гуртожитках, де змонтовані тепловілічильники SA-94, шляхом встановлення контролерів ТРМ-32Щ в комплексі з регулювальними клапанами фірми “ОВЕН”; – встановити в теплових пунктах будівель, ще не обладнаних засобами обліку теплової енергії, ультразвукові тепловілічильники СВТУ-10М з вбудованим блоком регулювання РЕГ, які забезпечують не тільки облік, а й регулювання витрат теплоносія з використанням одних і тих же датчиків температури води в подавальному та зворотному трубопроводах. Використання
--	---	--

		<p>вбудованого в тепловодолічильник СВТУ-10М блоку регулювання МДМ-РЕГ і програми “Sempal DM” забезпечує створення гнучких систем дистанційного керування процесом теплоспоживання об’єктів.</p>
<p>Дослідити основні закономірності роботи систем обліку та регулювання витрат теплоносіїв в теплових мережах</p>		<p>В рамках впровадження приладових комплексів обліку та регулювання витрат теплоносіїв у теплових мережах:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) до вичерпання ресурсу лічильників SA-94 (до їх повної окупності), встановлених у ряді навчальних корпусів, доцільно провести модернізацію теплових пунктів із встановленням трьохходових регульованих вентилів та систем керування ними у складі контролерів ТРМ-32 і таймерів, що забезпечить можливість регулювання витрат теплоносія за обраним алгоритмом; 2) в тепло пунктах будівель, ще не обладнаних засобами обліку теплової енергії, доцільно вже зараз встановлювати ультразвукові лічильники СВТУ-10М, які у разі використання додаткового таймера, забезпечують поряд з обліком і регулювання витрат теплоносія при чому з використанням одних і тих же датчиків температури води у подавальному і зворотному трубопроводах; 3) із вичерпанням ресурсу раніше встановлених лічильників SA-94 доцільно встановлювати ультра-звукові

		лічильники СВТУ-10М ³ (чи їх наступні модифікації), що суттєво зменшить експлуатаційні затрати і зокрема на проведення трудомістких проливних випробувань лічильника
	<p>Керування системами опалення і гарячого водопостачання має здійснюватися передусім виходячи з вимог щодо автоматизації теплових пунктів будівель.</p> <p>Проведені в лабораторних умовах дослідження приладових комплексів обліку та регулювання витрат теплоносія в усіх трьох варіантах повністю підтвердили роботоздатність засобів обліку тепла і регуляторів. Використання комплексів безпосередньо в теплових мережах потребує попереднього проектування теплових пунктів та узгодження з енергопостачальною організацією – ВО „Київенерго”.</p> <p>Розроблені і виготовлені на рівні дослідного зразка вузли регулювання систем опалення і гарячого водопостачання на базі ПЕОМ - з терморегулятором ТРМ-32 і з блоком МДМ/РЕГ за умови використання спеціалізованого програмного забезпечення відповідно OWEN PROCESS MANAGER I SEMPAL DEVICE MANAGER дозволяють реалізувати широкий перелік функцій з автоматизації теплових мереж аж до створення централізованої диспетчерської служби.</p>	<p>Пропонуються три варіанти виконання місцевого пульта керування для теплового пункту, кожен з яких має як переваги, так і недоліки. Найбільш перспективним є пульт керування на базі ультразвукового теплово-лічильника СВТУ-10М із вбудованим блоком МДМ/РЕГ, що забезпечує як облік спожитої теплової енергії, так і регулювання витрат теплоносія з обмеженням споживання його у нічні години доби та у вихідні (святкові) дні.</p>

³ Лічильники СВТУ-10 фірми “СЕМПАЛ” (м. Київ) встановлені і функціонують зокрема у будівлях Верховної Ради України, Національного банку України, Одеського оперного театру, на Київському метрополітені та на цілому ряді інших промислових і сільськогосподарських підприємств, у бюджетних установах і комерційних організаціях

		<p>Пропонуються три варіанти виконання місцевого пульту керування для теплового пункту, кожен з яких має як переваги, так і недоліки. За думкою авторів звіту найбільш перспективним є пульт керування на базі ультразвукового тепловодолічильника СВТУ-10М із вбудованим блоком МДМ/РЕГ, що забезпечує як облік спожитої теплової енергії, так і регулювання витрат теплоносія з обмеженням споживання його у нічні години доби та у вихідні (святкові) дні.</p>
<p>Розробити енергоощадну систему обліку та автоматичного регулювання витрат теплоносіїв в теплових мережах громадських будівель</p>		

Додаток Б

Таблиця Б.1 - Значення опору теплопередачі зовнішніх огорожень

Конструкція огороження	Параметр	Опір теплопередачі $R, \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$
Стіна:	Товщина стіни, м	
— з цегли оштукатурена з обох сторін	0,28	0,50
	0,41	0,63
	0,54	0,83
	0,67	1,00
— з перфорованої цегли оштукатурена з обох сторін	0,28	0,58
	0,42	0,78
— з крупних шлакобетонних блоків з зовнішнім фактурним шаром товщиною 20...30 мм і об'ємною масою $1400 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,54	0,99
— дерев'яна рублена	0,30	0,65
	0,40	0,86
	0,50	0,91
	0,20	1,14
	0,22	1,25
	0,24	1,34
Одношарова керамзитобетонна панель з фактурним шаром товщиною 25 мм і внутрішньою штукатуркою об'ємною масою:	Товщина панелі, м	
— $800 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,30	0,96
— $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,30	0,86
— $1200 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,35	0,77
Віконні облаштування:	Відстань між склом, мм	
— одинарні (одинарне скління)	—	0,17
— подвійні спарені (подвійне скління)	55	0,34
— подвійні роздільні (подвійне скління)	100	0,38
— потрійні (потрійне скління)	160	0,52

Таблиця Б.2 - Значення опорів теплопередачі R , $m^2\text{C}/W$ для умов України
(до 2016 року)

Огороджуюча конструкція	Кліматична зона			
	I	II	III	IV
Нове будівництво				
1. Зовнішні стіни:				
1.1. Крупно панельні монолітні та об'ємноблочні з утеплювачами:				
1.1.1. з полімерних матеріалів				
1.1.2. з мінераловати та інших матеріалів	2,5	2,4	2,1	2,0
1.2. Блочні:	2,2	2,1	1,9	1,8
1.2.1. з утеплювачем або з порожнистого бетону				
1.2.2. з пористими заповнювачами	2,0	1,9	1,7	1,5
1.3. Цегляні, з керамічного та іншого каміння	1,8	1,7	1,5	1,3
1.3.1. з утеплювачем				
1.3.2. багатошарові	2,2	2,1	1,9	1,7
2. Покриття та перекриття:	1,6	1,5	1,4	1,2
2.1. покриття і перекриття горищ				
2.2. перекриття над проїздами і холодними підвалами, що з'єднані з зовнішнім повітрям	2,7	2,5	2,4	2,0
2.3. перекриття над неопалюваними підвалами:	3,0	2,9	2,4	2,0
2.3.1. зі світловими прорізами в стінах				
2.3.2. без світлових прорізів у стінах	2,5	2,4	2,2	2,0
3. Вікна і балконні двері	2,3	2,2	2,0	1,8
	0,5	0,4	0,4	0,4
Реконструкція і капітальний ремонт				
1. Зовнішні стіни	2,2	2,1	1,9	1,7
2. Покриття та перекриття:				
2.1. Покриття і перекриття горищ	2,5	2,4	2,2	2,0
2.2. Перекриття над проїздами і підвалами	3,0	2,9	2,4	2,0

Додаток В

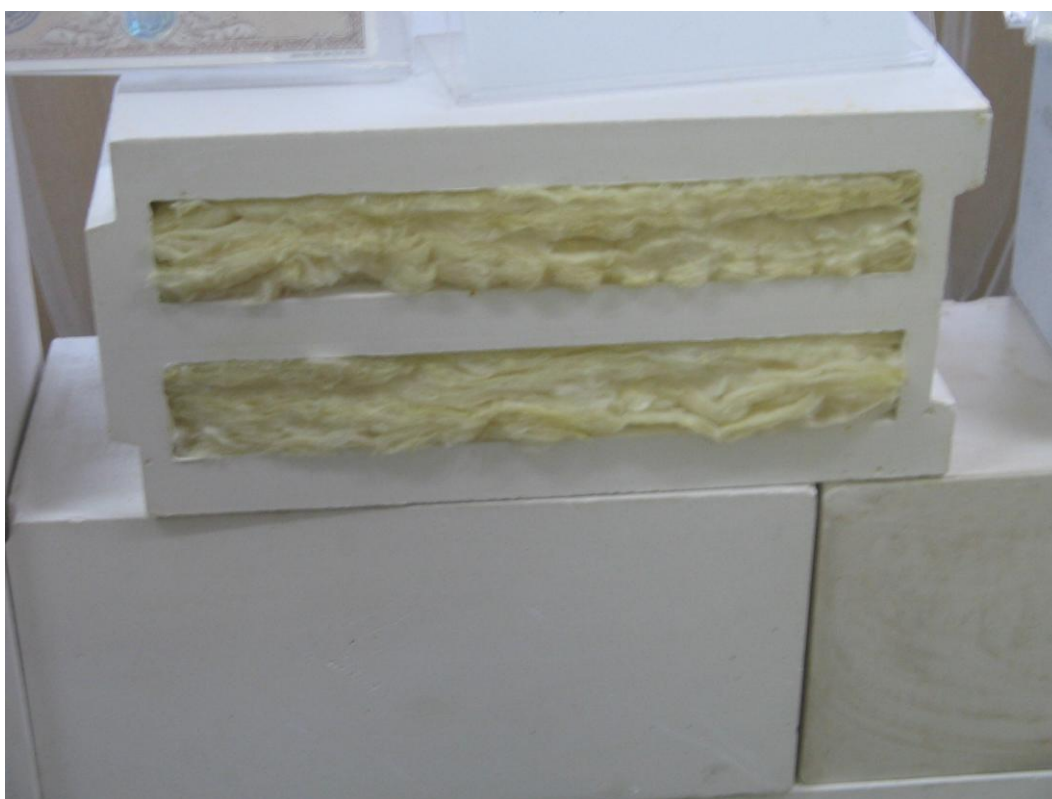
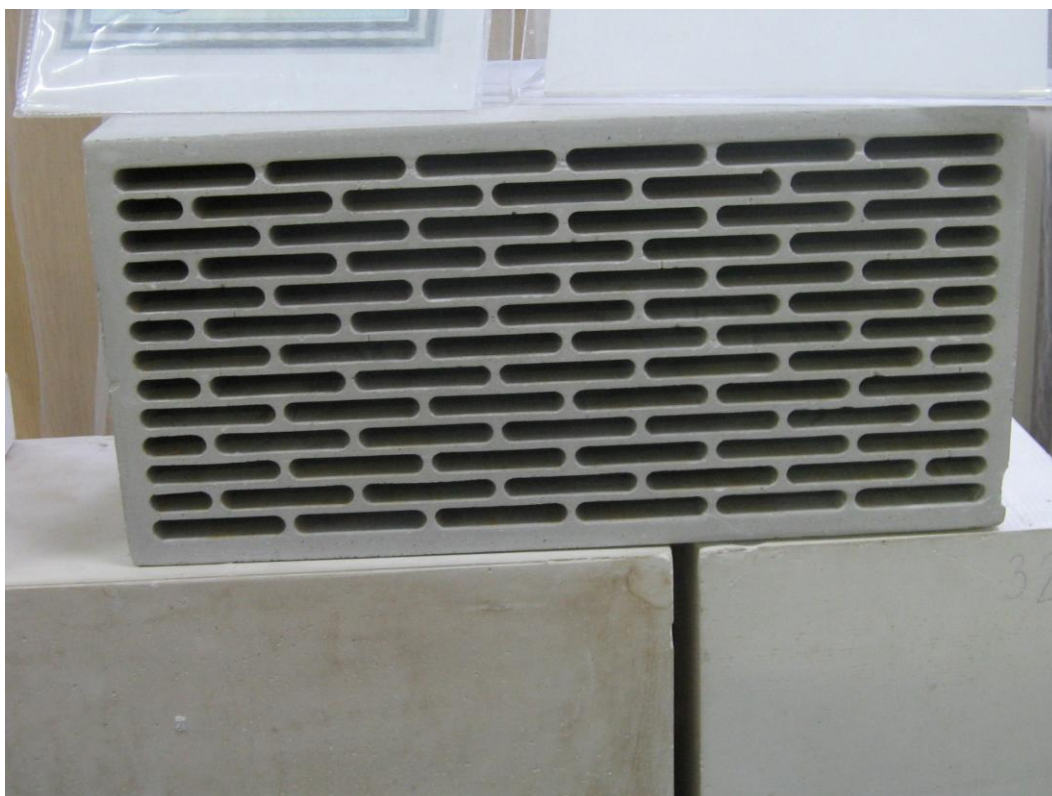


Рисунок В.1 - Зовнішній вигляд стінових каменів виготовлених на основі гіпсового в'язучого матеріалу

Додаток Д

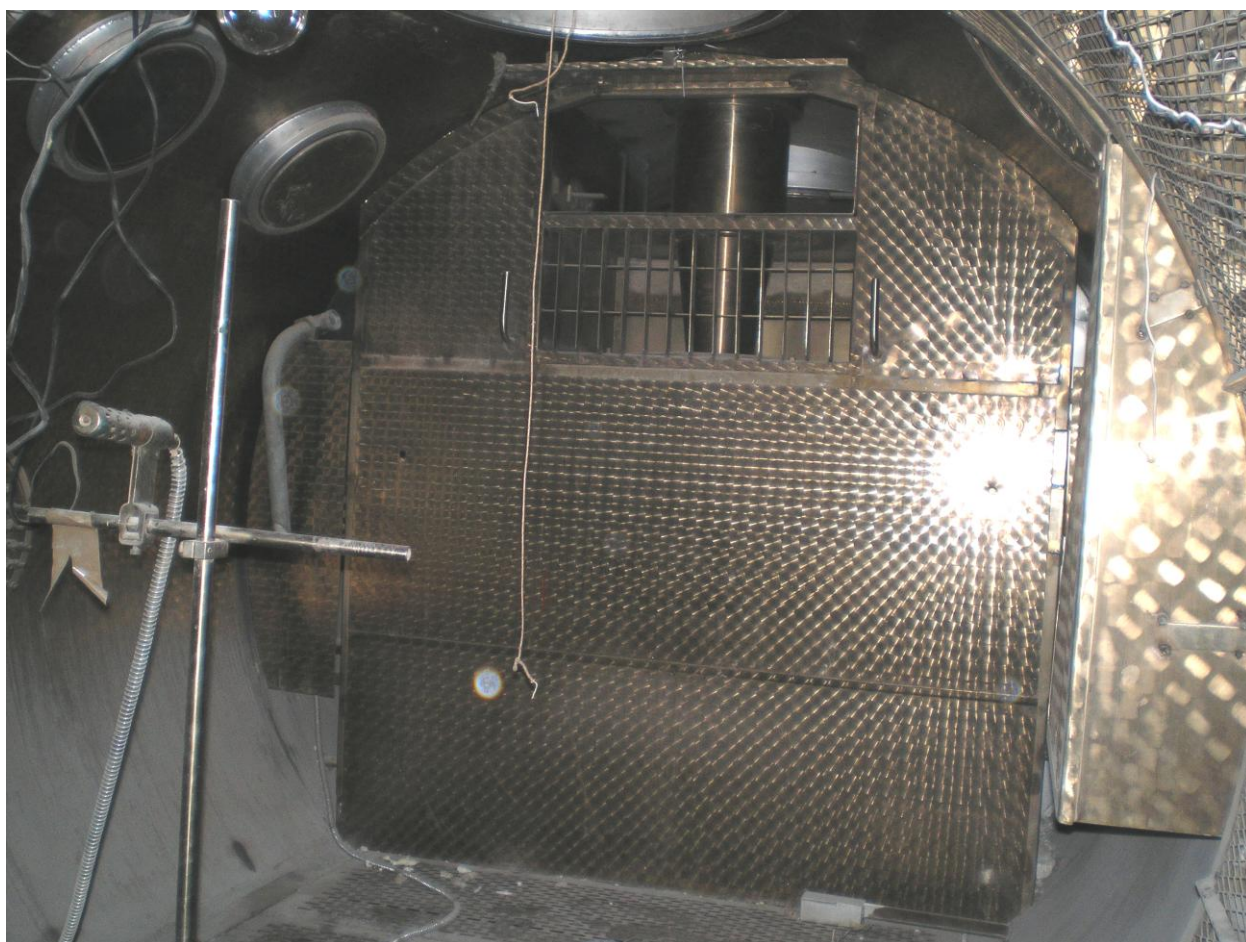


Рисунок Д.1 - Зовнішній вигляд „холодного” відсіку кліматичної камери

Додаток Ж

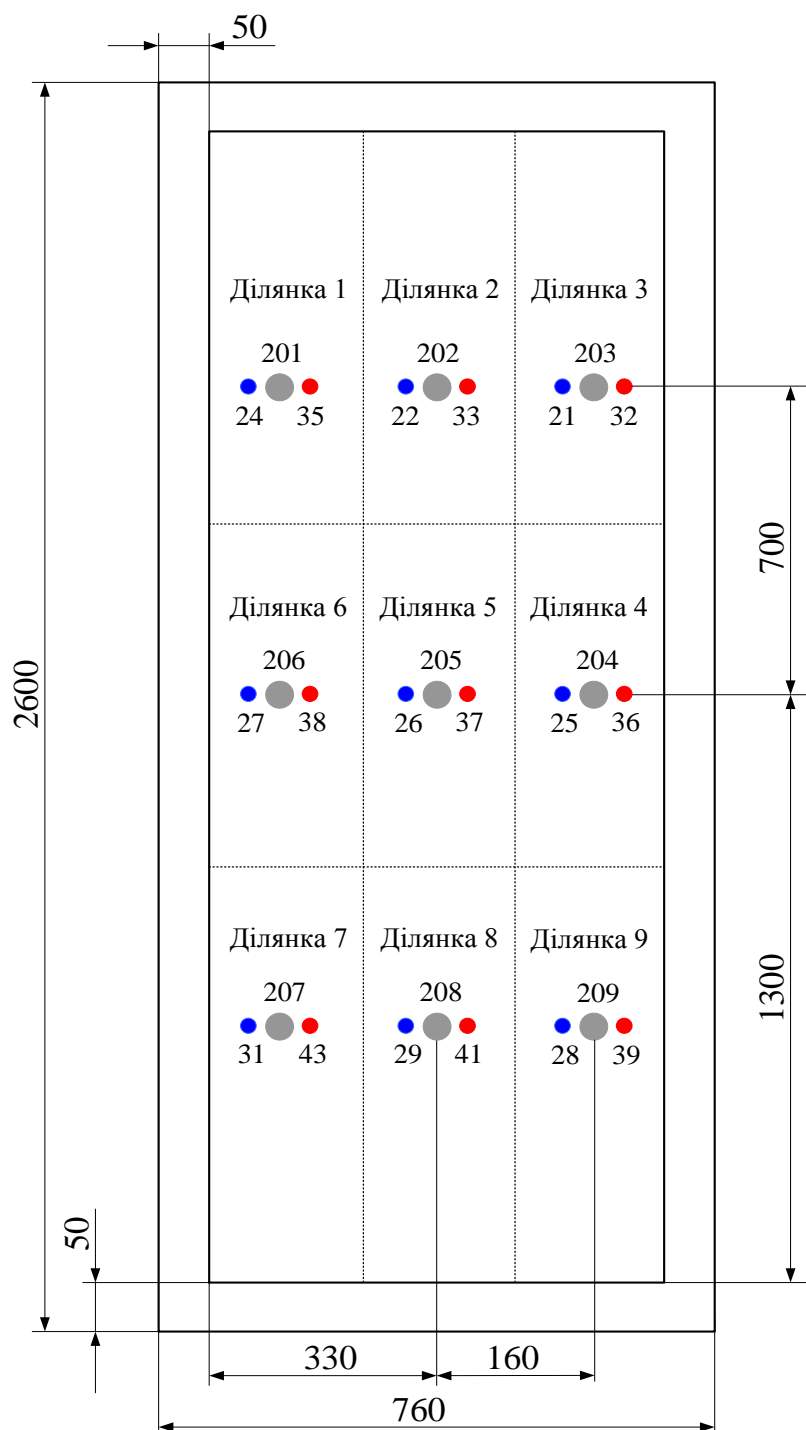


Рисунок Ж.1 - Схема розміщення первинних перетворювачів температур і теплових потоків на поверхні досліджуваного зразка стінової панелі.

- - датчики теплового потоку
- - датчики температури на внутрішній („теплій”) стороні стінової панелі
- - температури на зовнішній („холодній”) стороні стінової панелі

Додаток К

Таблиця К.1 – Експериментальні дані значень температури для „холодної”
сторони стінової панелі (СП), дослід №1

Номер датчика	Значення температури для різних циклів вимірів, °С					
	Цикл 1 (0:00)	Цикл 2 (0:09)	Цикл 3 (0:18)	Цикл 4 (0:27)	Цикл 5 (0:36)	Цикл 6 (0:45)
21	-22,49	-24,19	-23,27	-24,37	-25,76	-27,10
22	-22,42	-24,10	-23,21	-24,26	-25,61	-26,96
24	-22,36	-23,55	-22,95	-23,82	-24,94	-26,20
25	-22,66	-24,23	-23,44	-24,45	-25,78	-27,10
26	-22,60	-24,10	-23,32	-24,34	-25,66	-26,96
27	-22,55	-23,89	-23,23	-24,11	-25,36	-26,58
29	-22,61	-24,02	-23,36	-24,26	-25,58	-26,75
29	-22,65	-23,66	-23,16	-23,98	-25,06	-26,23
31	-22,42	-23,42	-23,00	-23,76	-24,82	-25,92

Таблиця К.2 – Дані значень температури для „теплої” сторони СП

Номер датчика	Значення температури для різних циклів вимірів, °С					
	Цикл 1 (0:00)	Цикл 2 (0:09)	Цикл 3 (0:18)	Цикл 4 (0:27)	Цикл 5 (0:36)	Цикл 6 (0:45)
32	16,89	16,72	16,40	16,13	15,84	15,56
33	16,89	16,72	16,42	16,15	15,89	15,59
35	16,78	16,62	16,33	16,07	15,80	15,50
36	16,18	16,06	15,74	15,45	15,18	14,87
37	16,36	16,27	15,90	15,59	15,28	14,98
38	16,52	16,36	16,03	15,72	15,45	15,16
39	15,53	15,47	15,19	14,89	14,60	14,31
41	15,30	15,30	15,07	14,83	14,56	14,21
43	15,37	15,34	15,10	14,86	14,60	14,24

Таблиця К.3 – Експериментальні дані значень теплових потоків для СП

Номер датчика	Значення теплового потоку для різних циклів вимірів, Вт/м ²					
	Цикл 1 (0:00)	Цикл 2 (0:09)	Цикл 3 (0:18)	Цикл 4 (0:27)	Цикл 5 (0:36)	Цикл 6 (0:45)
201	23,13	22,06	21,75	20,82	23,73	23,59
202	22,09	20,04	19,39	20,61	20,98	20,00
203	25,13	20,71	21,14	22,35	22,08	20,71
204	23,53	19,51	19,02	19,32	19,05	20,30
205	20,61	21,67	18,64	19,35	19,70	19,90
206	21,42	20,95	18,71	19,21	21,58	19,41
207	20,44	20,62	21,11	19,91	19,55	19,20
208	21,54	21,87	19,85	19,92	18,88	19,78
209	21,92	21,77	19,46	20,09	20,51	21,60

Таблиця К.4 – Експериментальні дані значень температури для „холодної”
сторони стінової панелі (дослід №2)

Номер датчика	Значення температури для різних циклів вимірів, °С					
	Цикл 1 (0:00)	Цикл 2 (0:09)	Цикл 3 (0:18)	Цикл 4 (0:27)	Цикл 5 (0:36)	Цикл 6 (0:45)
21	-24,77	-23,40	-23,82	-25,02	-25,97	-25,58
22	-24,79	-23,44	-24,14	-25,39	-26,23	-25,61
24	-24,53	-23,19	-23,53	-24,63	-25,53	-25,26
25	-24,52	-23,19	-23,77	-24,90	-25,84	-25,29
26	-24,53	-23,19	-23,60	-24,73	-25,66	-25,27
27	-24,47	-23,18	-23,82	-24,95	-25,86	-25,23
29	-24,61	-23,32	-23,98	-25,08	-26,03	-25,39
29	-24,23	-23,00	-23,56	-24,58	-25,52	-24,95
31	-23,73	-22,61	-23,15	-24,05	-24,77	-24,21

Таблиця К.5 – Експериментальні дані значень температури для „теплої”
сторони стінової панелі (дослід №2)

Номер датчика	Значення температури для різних циклів вимірів, °С					
	Цикл 1 (0:00)	Цикл 2 (0:09)	Цикл 3 (0:18)	Цикл 4 (0:27)	Цикл 5 (0:36)	Цикл 6 (0:45)
32	16,42	16,51	16,49	16,40	16,28	16,18
33	16,51	16,63	16,60	16,52	16,42	16,30
35	16,46	16,58	16,54	16,46	16,34	16,25
36	15,81	15,92	15,90	15,84	15,74	15,65
37	16,07	16,18	16,16	16,09	16,00	15,89
38	16,16	16,27	16,24	16,16	16,06	15,96
39	15,27	15,33	15,34	15,30	15,21	15,15
41	15,19	15,27	15,30	15,27	15,18	15,12
43	15,18	15,27	15,25	15,21	15,12	15,07

Таблиця К.6 – Експериментальні дані значень теплових потоків для стінової

Номер датчика	Значення теплового потоку для різних циклів вимірів, Вт/м ²					
	Цикл 1 (0:00)	Цикл 2 (0:09)	Цикл 3 (0:18)	Цикл 4 (0:27)	Цикл 5 (0:36)	Цикл 6 (0:45)
201	10,11	12,66	10,04	10,07	10,52	10,56
202	11,53	12,16	11,56	11,56	11,78	10,79
203	12,53	10,36	11,70	10,94	10,50	9,69
204	11,92	10,59	11,69	10,33	10,03	11,38
205	11,27	10,30	11,93	11,81	12,56	11,50
206	11,31	10,38	12,61	11,46	10,21	11,79
207	12,71	11,87	10,23	10,11	10,50	11,65
208	10,46	11,53	11,01	11,28	11,05	12,48
209	11,03	10,43	10,78	10,06	10,10	10,50

Додаток Л



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Отчет по термографическому обследованию

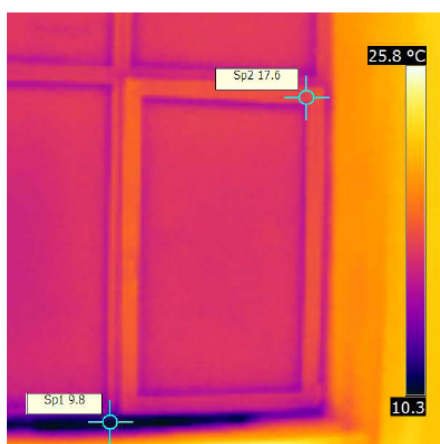
Дата отчета 15.01.2011

Компания ННІ енергетики і автоматики
Адрес м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12
Исполнитель Волошин С.

Заказчик НУБіП України
Адрес сайта www.nubip.edu.ua

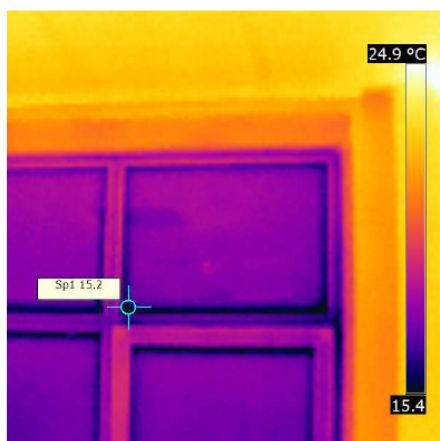
Контактное лицо

Модель камеры	FLIR FLIR i7
Дата съемки изображения	11.02.2011 17:56:01
Имя изображения	IR_0198.jpg
Коэффициент излучения	0,95
Отраженная температура	20,0 °C
Расстояние до объекта	1,0 m



Описание

Приток холодного повітря через нижню частину віконної рами.



Модель камеры	FLIR FLIR i7
Дата съемки изображения	11.02.2011 17:57:02
Имя изображения	IR_0201.jpg
Коэффициент излучения	0,95
Отраженная температура	20,0 °C
Расстояние до объекта	1,0 m

Описание

Втрати теплоти через нещільність віконної рами.

Рисунок Л.1 - Тепловізійне обстеження світлопрозорих огорожуючих конструкцій



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Отчет по термографическому обследованию

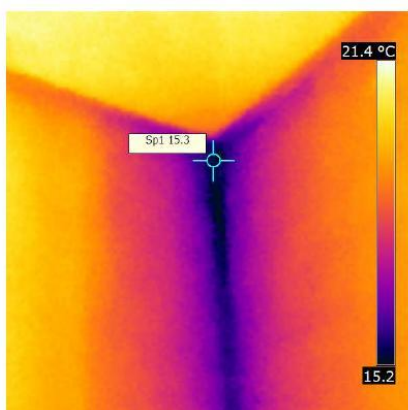
Дата отчета 15.01.2011

Компания ННІ енергетики і автоматики
Адрес м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12
Исполнитель Волошин С.

Заказчик НУБіП України
Адрес сайта www.nubip.edu.ua

Контактное лицо

Модель камеры	FLIR FLIR i7
Дата съемки изображения	11.02.2011 18:04:10
Имя изображения	IR_0213.jpg
Коэффициент излучения	0,95
Отраженная температура	20,0 °C
Расстояние до объекта	1,0 m



Описание

Теплові втрати в місці прилягання огорджуючих конструкцій.

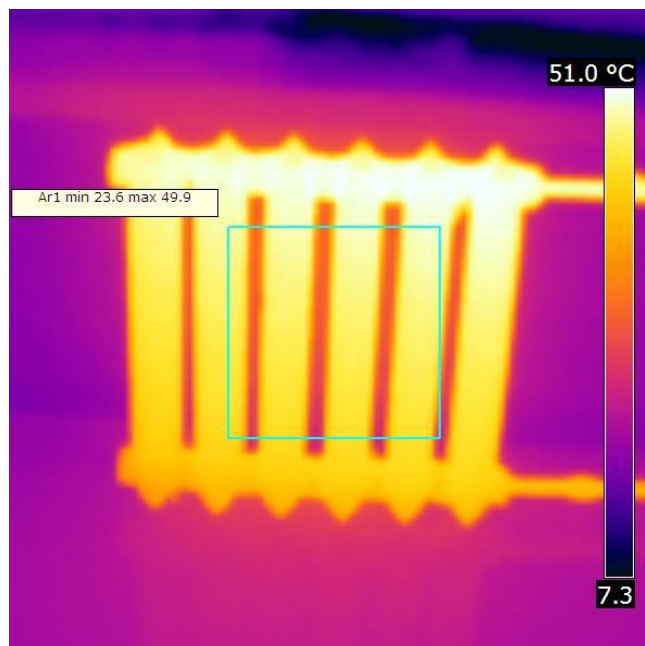
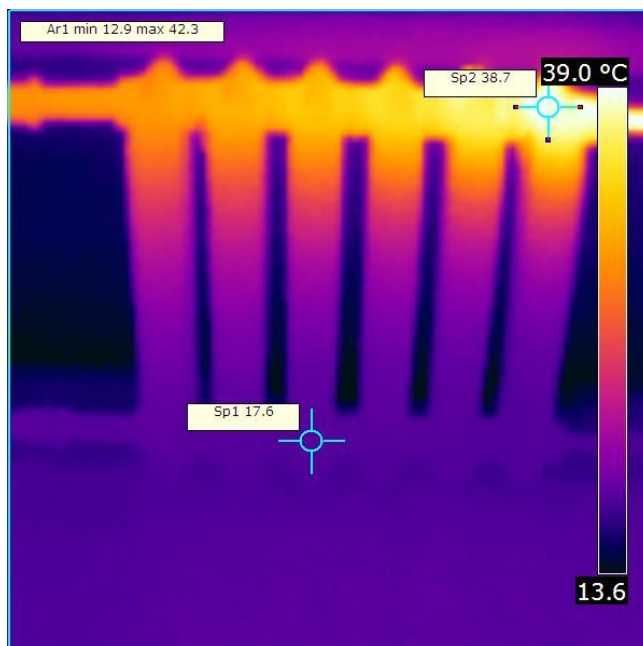


Рисунок Л.2 - Тепловізійне обстеження непрозорих огорджуючих конструкцій (зовнішніх стін) та радіатора опалення

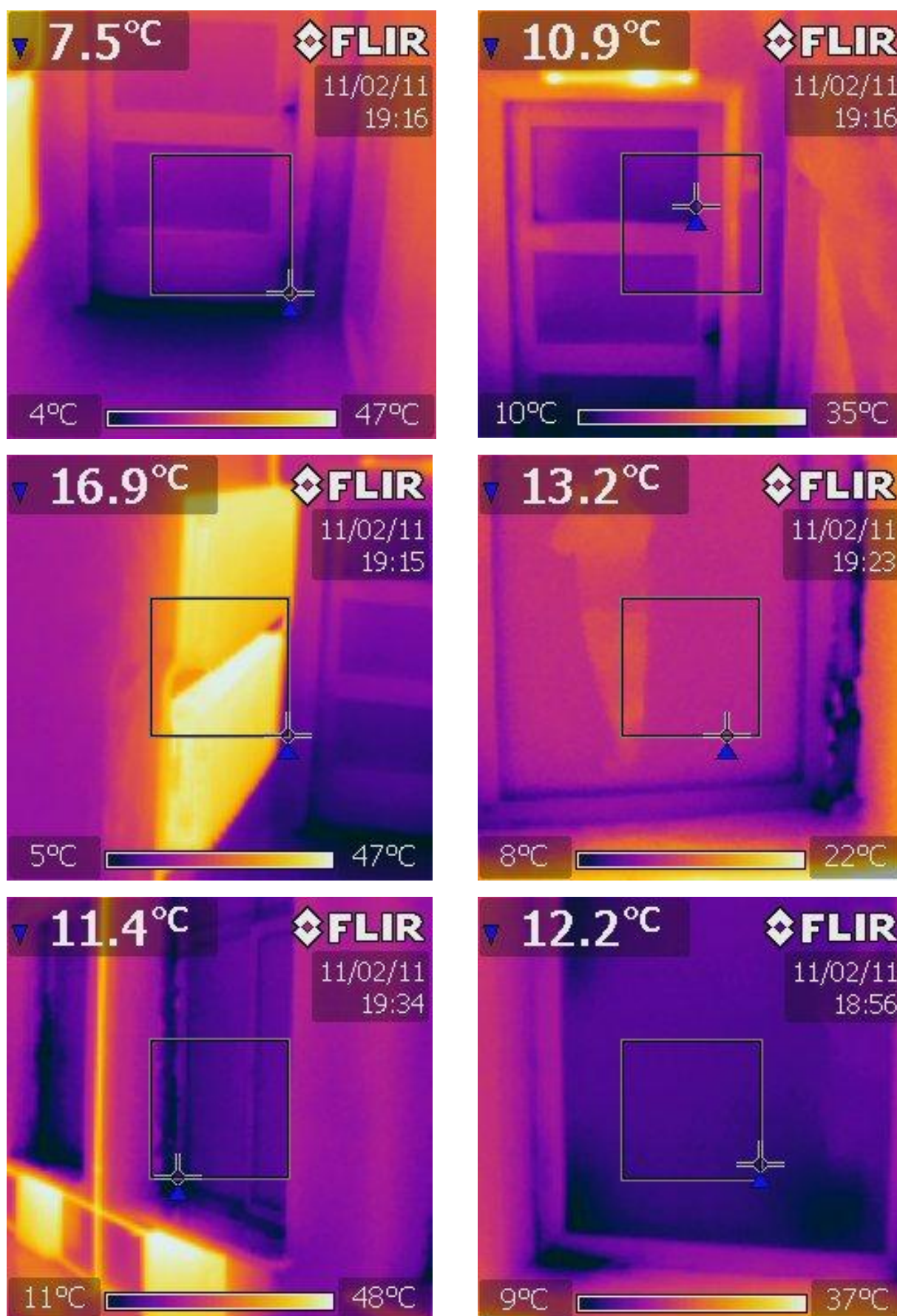


Рисунок Л.3 - Тепловізійне обстеження огорожуючих конструкцій (дверної групи) та елементів інженерних мереж (системи опалення)

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК

Автоматизовані модульні теплові пункти для систем теплопостачання ВНЗ

МОНОГРАФІЯ

**ЛУТ Микола Тихонович
НАЛИВАЙКО Віталій Адамович
РАДЬКО Іван Петрович
МЩЕНКО Анатолій Васильович
АНТИПОВ Євген Олексійович
ОКУШКО Олександр Володимирович
ЖИЛЬЦОВ Андрій Володимирович**

**Видавництво «ЦП «КОМПРИНТ»
03150, м. Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єкта видавничої справи ДК
№ 4131, від 04.08.2011 р.
Тел.: (044)-528-05-42, (067)-209-54-30**

**Підписано до друку 28.04.2021 р. Зам №
Формат 60x90 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.
Ум. друк. арк. 30. Наклад 100 прим.**