

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-5-69-58>
УДК 629.9:005

Єщенко О.І., Виноградов-Салтиков В.О., Оборонов Т.Ю.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЕНЕРГООБСТЕЖЕННЯ ТА ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Анотація. В статті розглядається енергетичне обстеження багатоквартирного будинку в місті Києві. Наочно показані основні його проблеми, а саме втрати теплоти. Показані переваги та недоліки латкового утеплення стін. І що це теж може призвести до швидкої їх руйнації, тому що переноситься точка роси. Проаналізований стан його огорожувальних конструкцій, та розрахований пакет заходів з енергозбереження. Проведений аналіз системи теплопостачання і виявлено постійні недотопи та перетопи на нижніх і верхніх поверхах, що свідчить про дисбаланс в системі теплопостачання. Одним з основних заходів є модернізація двох теплових пунктів, тому що в даному будинку використовуються залежні схеми під'єднання з нерегулюючим гідроелеватором, застосування яких заборонено існуючими державними будівельними нормами України навіть при капітальному ремонті будівель.

Ключові слова: будівля, опір огорожувальних конструкцій, тепловізійне обстеження, теплове навантаження інженерні системи.

Yeshchenko Oleksandr, Vynogradov-Saltykov Volodymyr, Oboronov Taras
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ENERGY SURVEY AND THERMOMODERNIZATION OF MULTILEVEL HOUSE

Summary. The article deals with the energy survey of an apartment building in the city of Kiev. The main problems, namely heat loss, are shown in a clear way. The advantages and disadvantages of lattice insulation of walls are shown. And that it can also lead to their rapid destruction, because the dew point is carried over. The temperature distribution of the wall section was calculated and analyzed in the conditions of temperature in the room 20°C and the temperature on the street 0 °C. At the same time, the temperature of the walls is close to the temperature of the wet thermometer. Therefore, three variants are considered, namely the existing state of the building, continuous moisture of the wall and partial moistening of the wall. The condition of its fencing constructions is analyzed, and the package of energy saving measures is calculated. Conducted analysis of the constructions, where there is a significant loss of heat through Non-insulated pipelines, where the internal temperature reaches 20°C premises, but should reach 12-14°C. The analysis of the heat supply system was carried out and constant permanent denotations and overturns were found on the lower and upper floors, which indicates an imbalance in the heat supply system. One of the main measures is the modernization of two thermal points, because in this house used dependable connection schemes with an unregulated hydroelectric facility, the use of which is prohibited by the existing state building regulations of Ukraine, even during major repairs of buildings. Therefore, it is recommended to use a dependent heating system with a shut-off valve and a circulation pump after complete balancing of the heating system. It is precisely this system with minimal investment and weather control over the temperature of the environment will save energy resources by 20-30 percent. The savings after the events will be confirmed by the system of energy monitoring which should also be implemented in this ACAB.

Keywords: building, resistance of enclosing structures, thermal imaging, thermal load, engineering systems.

Постановка проблеми. Одним з напрямків, який є вкрай важливим для вирішення проблем енерго- та ресурсозбереження на об'єктах ЖКГ, є комплексне енергетичне обстеження (енергоаудит) будинку з наступною реалізацією розроблених енергозберігаючих заходів [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попередніми дослідниками такими як Ладенер Х., Фаренюк Г.Г., Мхитарян Н.М., Nolan T., Geurts С. були визначені вирази які описують опір конструкцій, але наочно не показано, як проводити тепловізійне обстеження і де знаходити проблемні місця в будівлі.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. На основі попередніх досліджень потрібно оптимізувати роботу по дослідженню однотипних багатоповерхових будівель.

Мета статті. Мета роботи полягає в тому, щоб наочно показати (продемонструвати) проблемні типові місця будівлі та розрахувати стандартний пакет для термомодернізації.

Виклад основного матеріалу. Рівень ефективності системи теплоспоживання будівлі залежить значною мірою від суперечностей між потребою забезпечення теплового комфорту приміщень та можливостями системи опалення включно із вузлом вводу тепла. І збалансованість системи теплоспоживання (надходження – витрати) можлива за умови вирішення вказаних суперечностей, зокрема точна відповідність енергопостачання і енерговикористання.

Дана робота надає результати енергетичного обстеження (енергоаудита) багатоповерхового (14-16) житлового будинку в м. Києві за такими

архітектурно-будівельними та інженерними характеристиками:

рік будівництва	1988
серія типового проекту	АППС (тип К-134)
об'єм за зовнішнім виміром, м куб.	107001
опалювальна площа, м кв.	28567,7
система теплопостачання	централізована
теплові пункти (будинкові), шт.	2
спосіб підключення до теплової мережі	залежне з елеваторним вузлом
система опалення	однотрубна

Форма та способи обстеження: вивчення технічної та фінансово-статистичної документації, візуальні спостереження, опитування, проведення термометричних та температурних вимірювань огорожувальних конструкцій та параметрів енергоносіїв, вимірювання геометричних характеристик, фотосесія, тепловізійне обстеження тощо.

Визначений передпроектний енергетичний стан об'єкта дослідження; проведений аналіз ефективності використання енергоносіїв; рекомендовані економічно обґрунтовані заходи з енергозбереження з використанням загальноприйнятих індикаторів рівня енергоспоживання до та після виконання заходів, а також за результатами перелічених дій визначені показники економії енергії після впровадження енергоефективних заходів.

Для загальної характеристики споживання теплової енергії будинком на рис. 1 надано питоме теплоспоживання за два роки у порівнянні з базовим та нормативним рівнями.

Базовий рівень визначений за технічними умовами на підключення не відповідає (і суттєво) фактично споживаному теплу (по теплотічильнику), що свідчить про недопостачання тепла з боку теплопостачальної організації. З іншого боку, нормативний рівень (чинна нормативна база) вказує на незадовільний стан теплозахисної оболонки будівлі і потенціал термо модернізації.

Важливим для оцінки тепловтрат є виконання тепловізійного обстеження зовнішньої оболонки будівлі для визначення енергозберігаючих заходів. Основні результати тепловізійного обстеження є такими.

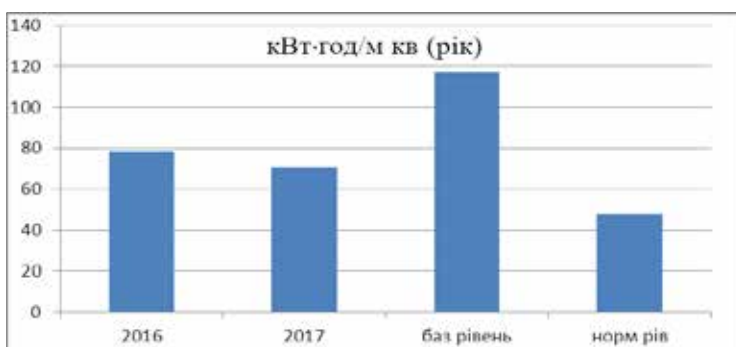


Рис. 1. Рівень питомого теплоспоживання в 2016-2017 роках

Дослідження «латочного» утеплення

Використання тепловізора при теплоенергетичному обстеженні наочна демонстрація в кольоровій палітрі розподілу температур, демонстрація холодних місць з інтенсивним охолодженням та намоканням, або зон з підвищенням температури – витоків теплоти [3]. Але тепловізійна зйомка може дати зовсім суперечливі результати, як приклад: вимірювання відбувались при схожих температурних та погодних умовах без додаткових зовнішніх теплових впливів (зйомка проводилась в похмуру погоду та нічний час). На рисунку 2 утеплення має більшу на 4°C температуру відносно іншого фасаду будівлі, а відповідно має більші тепловтрати.

Для аналізу обов'язково слід розглянути погоду за минулі дні – за якими 30.01 було потепління до +5°C і пройшов інтенсивний дощ, який йшов майже добу. Крім цього, вітер не сприяв висиханню північної сторони, а нічне похолодання та боковий і північний вітер знизили температуру бетонного фасаду майже до -2,0°C, покриття плиткою має на 1°...2° більшу температуру. А ізольована поверхня зберігала попередній тепловий режим (теплова ізоляція із пінополістиролу та базальтової вати мають значну інерційність та водонепроникність після зовнішнього покриття) і не встигла охолонути.

На наступній термограмі (рисунок 3, вимірювання через 19 днів) температура залишалась без змін на рівні +2,0...-2,0°C та стіна набула дійсної температури, де ізольована стіна – мала температуру оточуючого середовища, а неізольовані стіни фасаду вищу температуру на 3...4°C. На графіках (рисунок 3) прорахована конструкція стіни будівлі з сухою стіною та можливим зволоженням, а також утеплення 5 см та 10 см шаром теплової ізоляції та показано розподіл температури по перерізу стіни за умов температури в приміщенні +20°C та -2,5 температури на вулиці. За якими можливо зробити наступні висновки:

1. Температура на поверхні фасадів та температура повітря повинні бути майже однаковими, ця невелика розбіжність складає 0,5 К за сучасними вимогами згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

2. При поверхневому зволоженні – проникнення до 10 см (100 мм), теплові втрати незначно збільшуються 35-39 Вт/м². Але в подальшому сприяють руйнації поверхні фасаду – відшаруванню плитки, утворення макрощелин, оголення та ржавіння арматури.

3. Існуючі зовнішні (неізольовані) несучі стіни будівлі (рисунок 3) неспроможні забезпечити комфортну температуру в приміщенні при температурі на зовні 0...-2,5°C.

4. Утеплення 5 см шаром теплової ізоляції збільшує температуру поверхні внутрішньої стіни до 17,7 – майже до 18°C.

5. Краще розглядати 10-ти сантиметровий шар теплової ізоляції при температурі назовні -2,5°C, при цьому часткове зволоження не сильно вплине на теплові втрати. Тому класти теплову ізоляцію на мокру поверхню заборонено.

6. В дійсності, щоб забезпечити комфортні умови в приміщенні за умов мінімальної розрахункової температури – 22,0°C за ДСТУ Б В.2.6-189:2013, ДСТУ.2.6-31:2016) проведено розрахунки для шару базальтової ізоляції. Щоб забезпечити нормативне

значення $3,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ необхідна базальтова теплова ізоляція з товщиною не менше 215 мм.

Комфортна температура в приміщенні визначається температурою внутрішньої поверхні зовнішніх стін, вікон, стелі та підлоги і, яка повинна бути не нижче $+18,0^\circ\text{C}$. Температура стіни всередині приміщення для неізолюваної зовнішньої стіни складає 15°C при температурі назовні $-2,5^\circ\text{C}$.

На рисунку 4 а представлені начотний контрастний розподіл температури утеплених конструкцій будинку, перепад складає майже 7°C . Слід зазначити якісне майже рівномірне покриття утеплювачем, хоча при доброму розгляді відокремлюються з'єднувальні шви та дюбельне кріплення (зубчастий розподіл перепадом в $0,5^\circ\text{C}$).

До вад покриття слід віднести на рисунку 4 б шви під тепловою ізоляцією, які мають явне температурне збільшення, навіть більше за температуру непокритого фасаду. Візуально дані шви не мають відривання та відшарувань, але значні перепади температур можуть сприяти для «латочного» утеплення такому відставанню, тому як утворюють значні температурні перепади, так звані температурні містки.

Цокольні напівпідвальні приміщення.

У напівпідвальних приміщеннях будинку проходять теплові комунікації системи гарячого водопостачання та зворотні трубопроводи системи опалення, а також два вузли обліку теплової енергії.

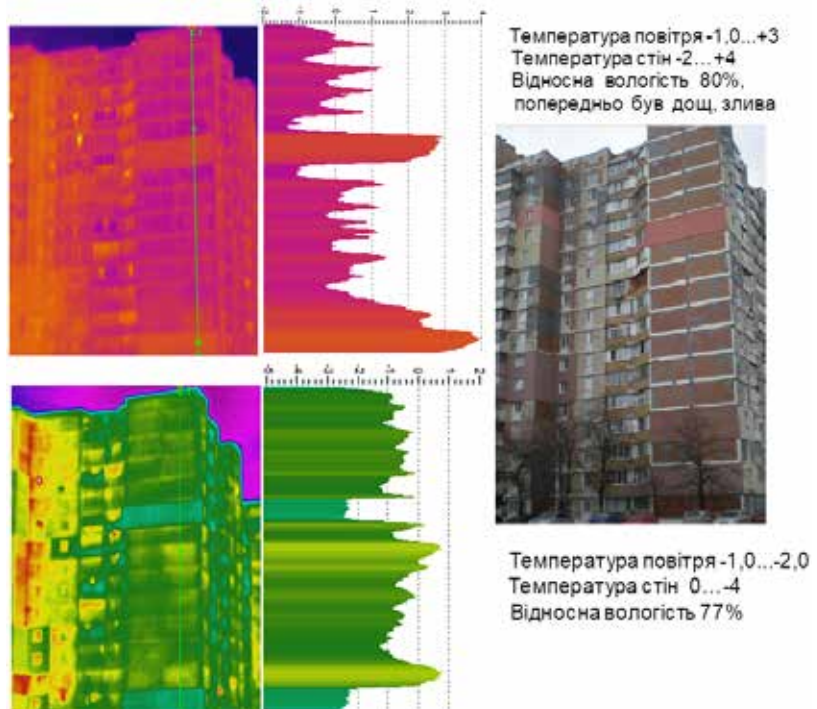


Рис. 2. Тепловізійна зйомка будинку

На термограмах видно значне температурне перевищення у порівнянні з основним фасадом, яке складає $4...7^\circ\text{C}$. (рис. 5).

Утеплення зовні фасад по периметру будівлі цокольного напівпідвального приміщення, з обов'язковим закладанням теплової ізоляції на глибину у ґрунті не менше глибин промерзання (рис. 6), з обов'язковим створенням відмостку для

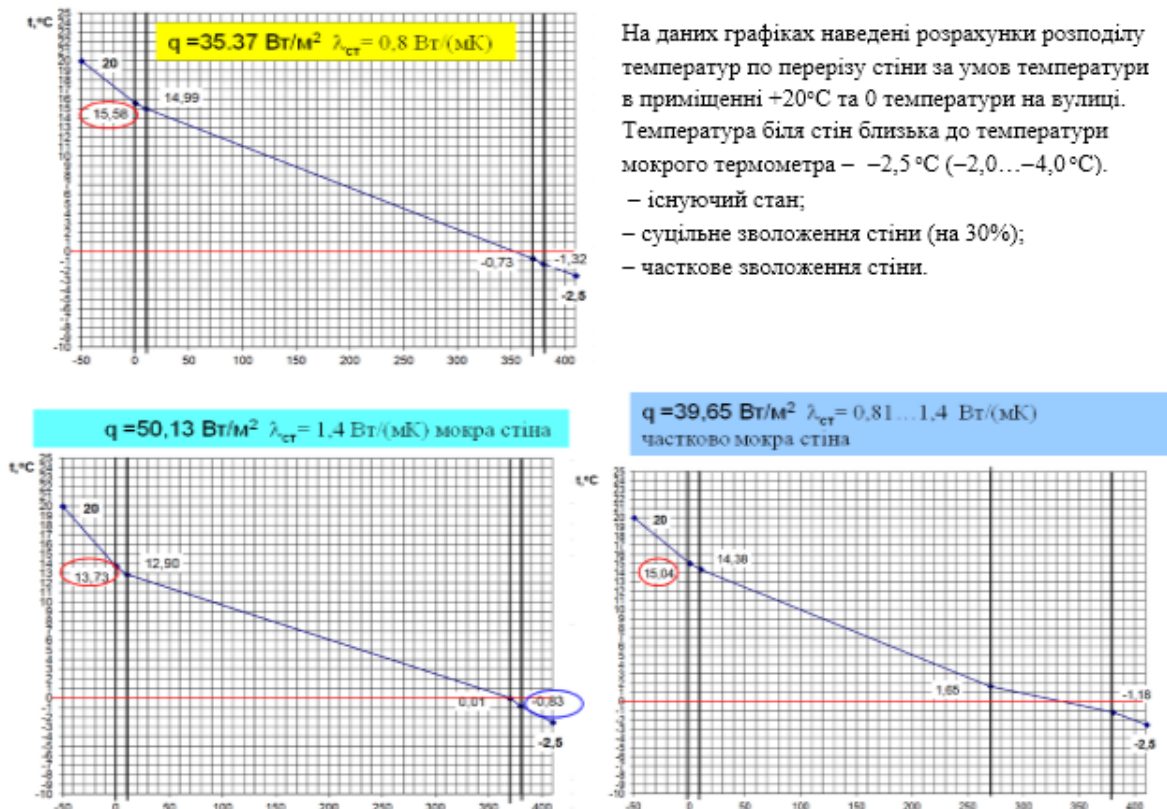


Рис. 3. Розподіл температур по перерізу стіни

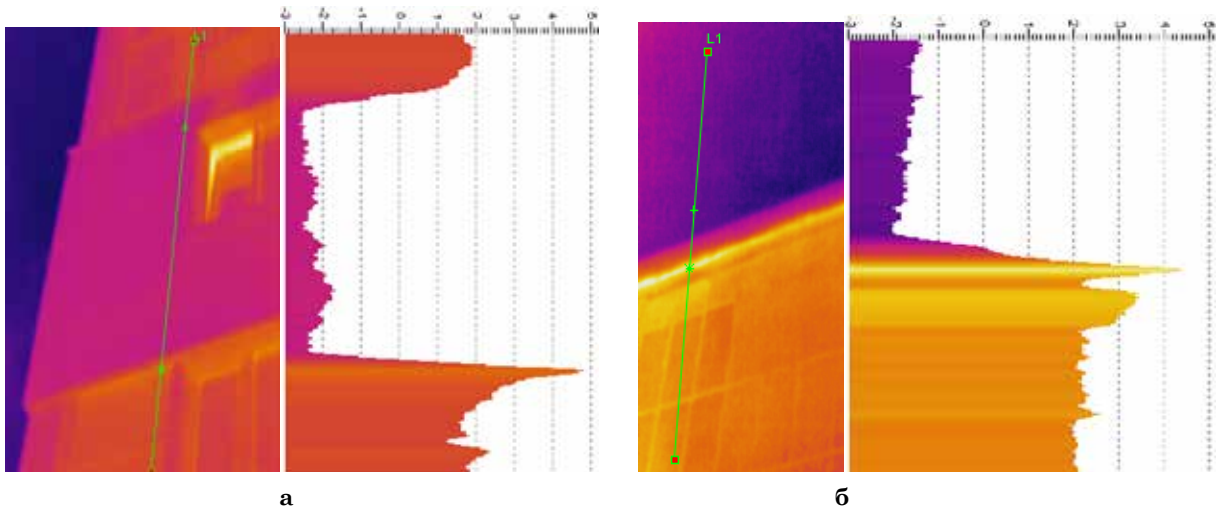


Рис. 4. Розподіл температур часткового утеплення квартир та утеплення даху

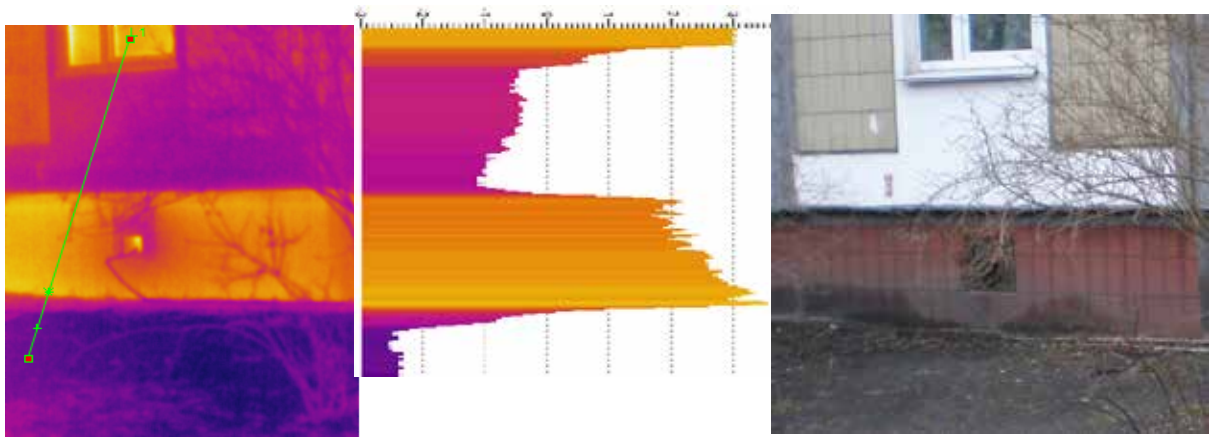


Рис. 5. Тепловізійна зйомка цокольного поверху

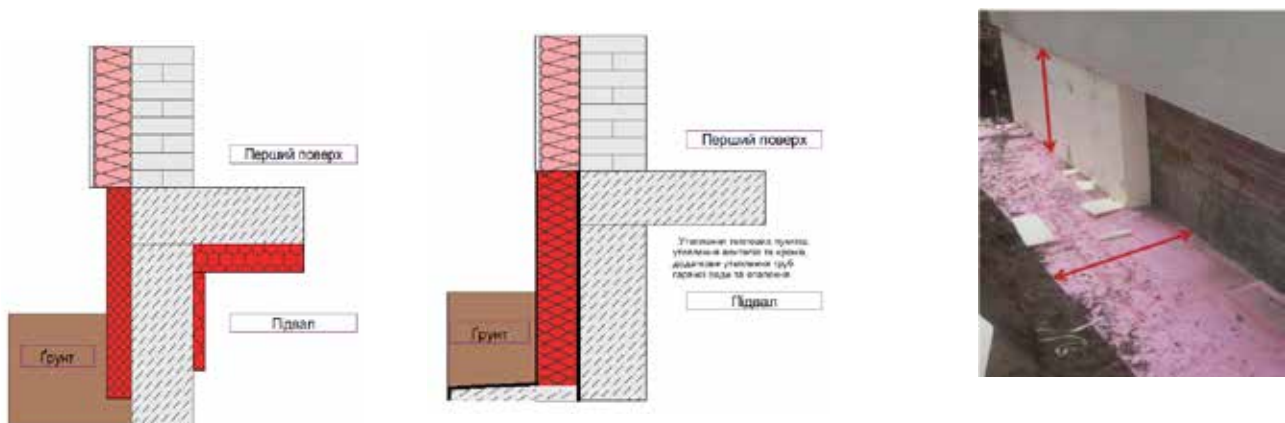


Рис. 6. Приклади утеплення напівпідвального приміщення

уникнення намокання полу підвального приміщення та фундаменту.

Система опалення та теплові пункти

Система опалення (СО) будинку побудована по однотрубній схемі з верхньою роздачею теплоносія (на технічному поверсі) [4]. Недоліками існуючої СО, які призводять до її неякісної роботи є: застосування опускних труб діаметром 1/2 дюйма, що свідчить або про проектну помилку, або будівельно-монтажну; розбалансованість гідравлічна

і тепла внаслідок неконтрольованого втручання в конструкцію системи (зміна типу радіаторів та кількості секцій в них, забрудненість проточної частини приладів, «модернізація» внутрішньої квартирної система роздачі теплоносія); відсутність сучасних компонентів, які необхідні для стабільної та ефективної роботи СО (балансувальні клапани і т.п.); теплоізоляція подавальних стояків (знизу наверх) і роздаточних (на горіщі) трубопроводів виконана не в повній мірі.

За вказаних обставин наслідки є такими: зниження рівня теплового комфорту в квартирах від верхнього поверху до нижнього; «перетопи» в квартирах верхнього поверху і «недотопи» в квартирах нижніх поверхів; фінансова «несправедливість» в оплаті за опалення – мешканці в квартирах нижніх поверхів при однаковій квадратурі за менший тепловий комфорт платять стільки ж скільки платять мешканці «нагорі».

Індивідуальні теплові пункти (вводи 1 і 2) будинку мають залежну схему приєднання до тепломережі від ЦТП розміщеного неподалік.

Основним конструктивним елементом є струменевий насос (елеватор), за допомогою якого теплоносії подачі змішується із зворотним теплоносієм. Дана схема приєднання СО будинку до тепломережі була розповсюджена і типовою в забудовах минулого століття і на теперішній час вважається застарілою (морально і фізично) внаслідок відсутності елементів автоматичного регулювання теплового навантаження (погодозалежний контролер, автоматичний регулятор витрати з електроприводом і т.д.); відсутності можливості регулювання коефіцієнта змішування елеватора, а відтак і температури подачі теплоносія в будинкову СО; відсутності насосного блоку (частотно-регульованого) разом з блоком управління насосами.

Незважаючи на виконану модернізацію теплових пунктів (вузол обліку теплової енергії, регулятор тиску) їм потрібна суттєва реконструкція, яка дозволить оптимізувати теплоспоживання разом із забезпеченням необхідних параметрів мікроклімату житлових приміщень.

Запропонована модернізація теплопункту з елементами автоматизації і сучасними схемними рішеннями стосовно вузла змішування дають можливість при їх реалізації зменшити витрату теплової енергії на опалення щонайменше на 20%.

Ефективність приладового обліку та рівень теплоспоживання безпосередньо залежить від системи автоматичного регулювання (САР) теплопостачання. Для автоматизації теплового пункту пропонується використовувати наступні варіанти:

1. Залежна система опалення з запірною-регулюючим клапаном і циркуляційним насосом.

2. Залежна система опалення з регулюючим гідроелеватором.

Крім лічильника теплової енергії тепловий вузол з САР обладнаний регулюючим клапаном, циркуляційними насосами і контролером для ре-

гулювання температури в системі опалення, на якій підключені контрольні датчики температури зовнішнього повітря і температури теплоносія. Регулювання здійснюється шляхом зміни коефіцієнта змішування за допомогою клапана з електроприводом встановленого на подаючому трубопроводі. Регулюючий клапан приймає сигнали від контролера на відкриття або закриття. При підвищенні температури зовнішнього повітря регулюючий клапан відпрацьовує на прикриття засувки і витрата теплоносія з тепломережі зменшується, що призводить до скорочення теплоспоживання будівлі. При похолоданні відбувається зворотний процес. Циркуляційні насоси підтримують необхідну витрату у внутрішньому, контурі системи опалення навіть при повному закритті регулюючого клапана. Контролер здійснює управління процесом і підтримує температуру в системі опалення після вузла змішування відповідно до температури зовнішнього повітря яка задана температурним графіком. Налаштування температурного графіка і коефіцієнтів регулювання здійснюється індивідуально для кожного об'єкта теплопостачання. Оптиміальне налаштування системи автоматичного регулювання дозволяє отримати найкращий ефект і забезпечити комфортний для мешканців тепловий режим при максимальному енергозбереженні.

Висновки і пропозиції. Для досягнення економії енергоресурсів був розрахований пакет заходів з термомодернізації будівлі. А саме утеплення зовнішніх стін, заміна старих дерев'яних вікон, утеплення даху та підлоги, а також модернізація теплопункту. Сумарна середня вартість даних заходів близько 20 млн. грн. Середній термін окупності всіх заходів разом складає близько 5 років. Але враховуючи те що в нашій державі залучаються кошти на реалізацію таких заходів по програмі наприклад 70/30 ця сума стає реальною для ОСББ в цілому використовуючи різні проекти по залученню інвестиційних коштів.

Результативність термомодернізації може бути забезпечена лише при використанні сучасних екобезпечних матеріалів з необхідним рівнем теплофізичних характеристик. Для підтримання досягнутого внаслідок впровадження енергозберігаючих заходів рівня енергоефективності під час послідуєчої експлуатації має бути забезпечений контроль та керування енергоспоживанням (система енергомоніторингу).

Список літератури:

1. Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома. Санкт-Петербург : «БХВ-Петербург», 2011. 470 с.
2. Мхитарян Н.М. Энергозберігаючі технології в житловому та цивільному будівництві. Київ : Наукова думка, 2000. 400 с.
3. ДСТУ-Н В В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ, 2011. 142 с.
4. ДСТУ-Н В А.2.2-13:2015. Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. Київ, 2015. 25 с.

References:

1. Habryel Y., Ladener Kh. (2011). Rekonstruktsiya zdanyi po standartam enerhoeffektyvnoho doma [Reconstruction of buildings according to the standards of an energy efficient house]. Sankt-Peterburh : «BKHV-Peterburh», 470 p.
2. Mkhitarian N.M. (2000). Enerhozberihaiuchi tekhnologii v zhytlovomu ta tsyvilnomu budivnytstvi [Energy-saving technologies in residential and civil engineering]. Kyiv : Naukova dumka, 400 p.
3. DSTU-N B V.1.1-27:2010 (2011). Budivselna klimatolohiia [Construction Climatology]. Kyiv, 142 p.
4. DSTU-N B A.2.2-13:2015 (2015). Enerhetychna efektyvnist budivel. Nastanova z provedennia enerhetychnoi otsinky budivel [Energy efficiency of buildings. Guide of the energy assessment of buildings]. Kyiv, 25 p.