

УДК 697.1

DOI: 10.25140/2411-5363-2020-2(20)-286-296

Євгеній Сахно, Олексій Терещук, Станіслав Федорцов, Віктор Сипливець

**ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

Актуальність теми дослідження. Загальновідомо, що більшу частину огороджувальних конструкцій будинку займають зовнішні стіни, тому їхній вплив на втрати теплоти будівлею є основними. При використанні фасадних систем утеплення забезпечується не тільки високий показник опору теплопровідності, але й нормальний вологостійкий режим конструкцій при експлуатації, а отже, комфортні умови для проживання людей. Для теплоізоляції зовнішніх огороджувальних конструкцій здебільшого застосовують теплоізоляційні матеріали, і в багатошарових огороджувальних конструкціях теплоізоляційні матеріали застосовують як теплоізоляційний шар.

Постановка проблеми. При проведенні будівельних робіт треба враховувати, що термомодернізація будівель – це цілий комплекс робіт, спрямованих на раціоналізацію теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій, показників споживання енергетичних ресурсів інженерними системами та забезпечення енергетичної ефективності будівель на рівні, не нижчому, ніж встановлено мінімальними вимогами щодо енергетичної ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі були розглянуті останні публікації з цієї теми, які представлені у відкритому доступі, включаючи чинні нормативні документи.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Значна частка наявних нині будівель характеризується дуже низьким рівнем теплозахисту та неприпустимо високими витратами тепла на підтримання необхідних параметрів мікроклімату. Серед основних причин малої енергоефективності будівель є низький рівень термоопору основних будівельних конструкцій. Тому в даній науковій роботі ставиться завдання передбачити влаштування тепловідбивної теплоізоляції між приладами опалення та зовнішньою стіною (зарадіаторного екрана), а також вибору теплоізоляційного матеріалу для огороджувальних конструкцій.

Постановка завдання. Метою цієї наукової роботи є формування заходів з модернізації огороджувальних конструкцій будівель та споруд на основі комплексного аналізу об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень, а також для планування, організації і проведення енергоаудиту існуючих будівель із розробкою рекомендацій щодо підвищення енергоефективності відповідних об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Теплоізоляційний шар залежно від типу та густини теплоізоляційних виробів, що використовують, може виконуватись різними методами. Для проведення робіт з енергозахисту будівлі було визначено геометричні параметри 22 корпусу ЧНТУ, на основі яких проводився розрахунок теплотехнічних показників будівлі з подальшим експериментальним визначенням тепловісїйних діаграм та їх обробкою в програмному комплексі.

Висновки відповідно до статті. У результаті проведених досліджень отримані характеристики будівлі, які дозволяють оцінити її енергоефективність. При цьому коли будівля має високий клас енергозбереження, це дозволяє виділяти на неї менше теплове навантаження, і як наслідок, зменшуються витрати на опалення. Запропонована методика оцінки енергоефективності будівлі та вибору теплоізоляційних матеріалів, яка включає розрахункові умови функціонування будівлі, геометричні та теплотехнічні показники, а також коефіцієнти енергоефективності та комплексні показники дозволяє раціонально підібрати схему термомодернізації огороджувальних конструкцій. Використання цієї методики для оцінювання енергоефективності навчального корпусу ЧНТУ дозволяє підвищити енергоефективність будівельного об'єкту та зменшити витрати на його опалення.

Ключові слова: енергоощадність; тепловізор; огороджувальні конструкції.

Рис.: 7. Бібл.: 5.

Актуальність теми. Загальновідомо, що більшу частину огороджувальних конструкцій будинку займають зовнішні стіни, тому їхній вплив на втрати теплоти будівлею є основними. Відомо, що фасадні системи утеплення будівель є одним із найкращих конструктивних засобів збільшення теплоізоляційних характеристик огороджувальних конструкцій. При використанні фасадних систем утеплення забезпечується не тільки високий показник опору теплопровідності, але й нормальний вологостійкий режим конструкцій при експлуатації, а звідси комфортні умови для проживання людей [1-3]. Для теплоізоляції зовнішніх огороджувальних конструкцій зазвичай застосовують теплоізоляційні матеріали, і в багатошарових огороджувальних конструкціях теплоізоляційні матеріали застосовують як теплоізоляційний шар.

Постановка проблеми. У процесі проведення будівельних робіт треба враховувати, що термомодернізація будівель – це цілий комплекс робіт, спрямованих на раціоналізацію теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій будівель, показників споживання енергетичних ресурсів інженерними системами та забезпечення енергетичної ефективності будівель на рівні, не нижчому, ніж встановлено мінімальними вимогами щодо енергетичної ефективності. Тому заходи, що здійснюються під час виконання робіт із реконструкції, капітального чи поточного ремонту будівель різними ізоляційними матеріалами, необхідно виконувати після ретельного аналізу теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1-3] наведено нормативно-правові аспекти та вимоги щодо енергозахисту, рекомендації з енергозбереження і заходи з підвищення енергоефективності, а також проаналізовано державні стандарти, державні будівельні норми та інший керівний матеріал. У [4] визначено роль моніторингу в будівництві, головною метою якого є отримання інформації про статистичні й динамічні характеристики об'єктів будівництва, технологічні процеси й засоби будівельного виробництва з питань енергозахисту. У роботі [5] розглянуто питання створення експрес-оцінки енергоефективності будівель та споруд, що набуває першочергового значення.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Значна частка наявних нині будівель характеризується дуже низьким рівнем теплозахисту, неприпустимо високими витратами тепла на підтримання необхідних параметрів мікроклімату. Серед основних причин малої енергоефективності будівель є низький рівень термоопору основних будівельних конструкцій. Тому в цій науковій роботі ставиться завдання передбачити влаштування тепловідбивної теплоізоляції між приладами опалення й зовнішньою стіною (зарадіаторного екрана), а також вибору теплоізоляційного матеріалу для огорожувальних конструкцій.

Постановка завдання (цілей статті). Метою цієї наукової роботи є формування заходів із модернізації огорожувальних конструкцій будівель та споруд на основі комплексного аналізу об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень, а також для планування, організації і проведення енергоаудиту існуючих будівель із розробкою рекомендацій щодо підвищення енергоефективності відповідних об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Теплоізоляційний шар залежно від типу та густини теплоізоляційних виробів, що використовують, може виконуватись [1; 2]:

- одношаровим – на основі теплоізоляційних виробів одного типу та густини;
- багатошаровим – на основі двох або більше теплоізоляційних виробів різної густини та типу;
- комбінованим – на основі багатошарових теплоізоляційних виробів одного типу виконаних з шарів різної густиною, що сполучені між собою за рахунок як хімічних, так і фізичних властивостей.

Вибір теплоізоляційного матеріалу здійснюють для таких типів непрозорих конструкцій будівлі:

- заглиблені конструкції будівлі, цокольні конструкції;
- підлоги по ґрунту;
- зовнішні стіни;
- перекриття (цокольні, міжповерхові, горищні);
- покриття.

Термомодернізація будівель здійснюється без розроблення проєктної документації, отримання документів, що дають право на виконання будівельних робіт, та прийняття такого об'єкта в експлуатацію лише при виконанні робіт із:

1. Існуючими заповненнями віконних, балконних та дверних блоків або інженерними системами (крім робіт із реконструкції або капітального ремонту інженерних систем).
2. Огороджувальними конструкціями об'єктів із незначними наслідками.
3. Заміни покриття покрівель будівель, які не передбачають втручання в огорожувальні та несучо-огорожувальні конструкції.
4. Приєднання та підключення індивідуальних (садибних) житлових будинків, садових, дачних будинків до інженерних мереж.

При цьому фундаментальним поняттям теплового контролю (ТК) є температурний сигнал, який визначається як різниця температур у досліджуваній точці й у зоні, прийнятої за бездефектну: $\Delta T(x, y, \tau) = T(x, y, \tau) - T_{\text{до}}(x, y, \tau)$ (в англійській літературі для позначення ΔT часто використовують некоректний термін «температурний контраст»).

При цьому теплопередача крізь стіну може розглядатись стаціонарною або нестаціонарною [4]. Стаціонарність є обов'язковою умовою якщо використовуються формули, рекомендовані зарубіжними стандартами, тоді щільність теплового потоку крізь огорожуючі конструкцію складає:

$$Q_{cur_av} = Q_{cur_ref} \frac{T_{outav}^w - T_{out}^{air}}{T_{outref}^w - T_{out}^{air}}, \tag{1}$$

де Q_{cur_ref} – це наявне значення щільності теплового потоку у вибраній еталонній точці на внутрішній поверхні стіни; $T_{outref}^w - T_{out}^{air}$ – різниця температур зовнішньої поверхні стін у еталонній точці та зовнішнього повітря; T_{outav}^w – середня температура зовнішньої стіни, розрахована шляхом усереднення результатів тепловізійної зйомки.

Приймається, що за рахунок лінійного характеру теплопередачі щільність потужності теплового потоку в різних точках пропорційна різниці температур зовнішньої стіни та зовнішнього повітря. При цих розрахунках не розглядаються тепловтрати за рахунок вентиляції. Рівняння (1) дозволяє перетворити звичайну термограму зовнішньої стіни в зображення з калібруванням потужності теплового потоку. Тоді загальні тепловтрати можливо оцінити формулою:

$$W = Q_{cur_ref} \iint_S \frac{T_{outav}^w - T_{out}^{air}}{T_{outref}^w - T_{out}^{air}} \frac{T_{air}^{in} - T_{air}^{out}}{T_{aimom}^{in} - T_{aimom}^{out}}, \tag{2}$$

де S – область, у якій здійснено усереднення результатів тепловізійних замірів.

Величина Q_{cur_ref} залежить від опору теплопередачі стіни, а інші параметри коректують тепловтрати по всій поверхні огорожувальної конструкції згідно нормативам. Розглянемо стаціонарну теплопередачу через плоску стінку (рис. 1, а), оскільки відповідні завдання виникають при тепловізійній діагностиці огорожувальних конструкцій будівель і споруд, а також димових труб.

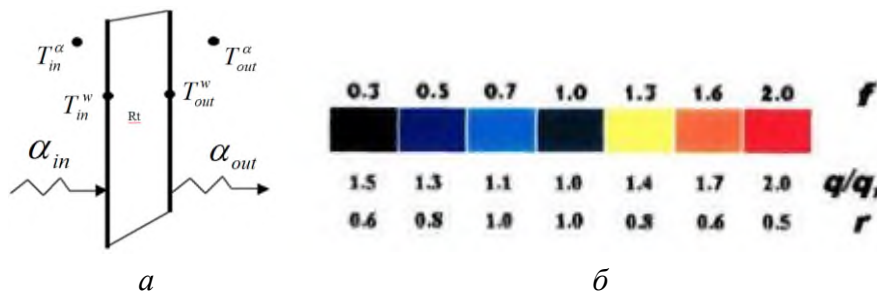


Рис. 1. Термографічні вимірювання:

а – теплопередача теплопровідністю через плоску стінку; б – шкала значень $f(t)$ та відповідних величин термічного опору r ($m^2C/Kcal$) і відносної щільності теплового потоку q/q_{norm}

Розглянемо плоску стінку, що розділяє два середовища з різною температурою T_{in}^a і T_{out}^a (рис. 1, а), теплообмін на поверхнях пластини характеризується коефіцієнтами α_{in} і α_{out} . Одношарова пластина має термічний опір $R_t = L / \lambda$, багатошарова - $R_t = \sum_{i=1}^N L_i / \lambda_i$.

Тепловий потік крізь стінку дорівнює: $Q = \frac{T_{in}^w - T_{out}^w}{R_t}$, або $Q = \frac{T_{in}^a - T_{out}^a}{R}$, де

$R = 1/\alpha_{in} + R_t + 1/\alpha_{out}$ – повний тепловий опір стінки з урахуванням опорів прикордонних шарів, що залежать від відповідних коефіцієнтів теплообміну. Це визначення відповідає

тепловізійній діагностиці якості теплоізоляції димових труб або огорожувальних конструкцій будівельних споруд. При цьому за допомогою тепловізора вимірюють температурне поле на зовнішній поверхні ствола труби (стіни будівлі) T_{out}^w і за його амплітудою або текстурі судять про наявність прихованих дефектів і оцінюють їх параметри. Визначення термічного опору стінки являє собою типову зворотну задачу технічної діагностики.

Для визначення теплотехнічних параметрів досліджуваних будівель використовується відносна характеристика теплообміну між поверхнею стіни й зовнішнім середовищем $f(t)$, яка дорівнює відношенню різниці температури поверхні конструкції і повітря для базового ділянки:

$$f(t) = [T(O,t) - T_{\theta}(t)] / [T^{\sigma}(O,t) - T_{\theta}(t)] \quad (3)$$

Це характеристика еквівалентна співвідношенню для значень термодинамічної температури за умови рівності коефіцієнтів теплового випромінювання та лінійності апаратного перетворення радіаційної температури. При рівності коефіцієнтів теплообміну (K) для обох точок поверхні характеристика $f(t)$ дорівнює відношенню густини теплових потоків у цих точках. Відповідно, при лінійному зв'язку термодинамічної температури і яскравості на тепловому знімку (J): $T(O,t) = aJ(t) + b$; $T_{\theta}(t) = a + J_{\theta}(t) + b$, і параметр $f(t)$ безпосередньо виражається через відповідні значення яскравості:

$$f(t) = [J(t) - J_{\theta}(t)] / [J^{\sigma}(t) - J_{\theta}(t)] \quad (4)$$

Теплове зображення поверхні конструкції потрібно відкоригувати на геометричні викривлення і на показники від найближчих об'єктів, які беруть участь в теплообміні випромінюванням. За тепловим зображенням розраховується «зображення» $f(t)$ (масив значень $f(t)$) окремо для всіх ділянок поверхні конструкції з різко несхожими значеннями коефіцієнта теплообміну і коефіцієнта випромінювання. Залежність температури атмосферного повітря від часу апроксимується виразом: $T_{\theta}(t) = T_{\theta}(O) + \sum_{m=1}^M \{\alpha_m \sin(m\omega t) + \beta_m \cos(m\omega t)\}$, де коефіцієнти $T_{\theta}(O)$, α_m і β_m обчислюються за значеннями $T_{\theta}(t)$. Залежність температури зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції від часу в цьому випадку буде визначатися виразом:

$$T(O,t) = T_{\theta}(t) + [T_s - T_{\theta}(t)] / (K_r + 1) + Z(t, r, K), \quad (5)$$

де $Z(t, r, K)$ – коефіцієнт залежності добутку щільності речовини оболонки будинку на його теплоємність – pC .

За даними опорних вимірів у базових точках можна визначити (оцінити) значення коефіцієнта теплообміну $K^{\sigma} = q^{\sigma} / [T^{\sigma}(O,t) - T_{\theta}(t)]$ і визначити (оцінити) термічне опір l за формулою (5), знаючи виміряне значення $T^{\sigma}(O,t)$, T_s^{σ} .

Якщо неможливо виміряти T_s^{σ} , то як базові вибираються візуально нормальні (без видимих дефектів) зони огорожувальної конструкції, які характеризуються найбільш представницькими середніми значеннями яскравості на тепловому знімку. Для таких зон величини l і pC покладаються відповідно проектним. Подальша обробка здійснюється за масивом значень (зображення) $f(t)$. Припускаємо, що відмінність $f(t)$ визначає зміну температури внутрішньої поверхні конструкції T_s , тоді: $T_s - T_s^{\sigma} = [f(t) - 1]S(t)$, $S(t) = [T^{\sigma}(O,t) - T_{\theta}(t)](K^{\sigma} r^{\sigma} + 1)$.

Побудоване «зображення» (масив) $\{Ts - Ts^{\bar{b}}\}$ характеризуватиме зміну температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, яка може бути визнана відповідним дійсності на основі апріорних (зокрема модельних) уявлень. Будемо позначати різницю температури внутрішньої поверхні захисної конструкції імовірно відповідної дійсності – ΔTs . Розрахунки й конкретна практика показують, що величина $f(t)$ слабо залежить від зміни температури внутрішньої поверхні стіни. Проте висока точність вимірювань і обчислення величини $f(t)$ у «вдалих» час дозволяють фіксувати зміну температури внутрішньої поверхні стіни порядку 1°K .

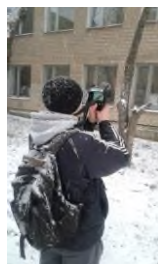
Шкала значень теплотехнічних характеристик, визначених величиною $f(t)$ має змінну характеристику (рис. 1, б). Так, наприклад, наведена шкала значень r при $f(t) > 1$ дана з урахуванням можливої зміни K у діапазоні від 10 до 20 $\text{Вт}/\text{м}^2\text{K}$, а шкала значень q_{cp}/q_{cp}^{norm} в області $f(t)\pi 1$ дана, зважаючи на те, що зменшення $f(t)$ пов'язане зі зростанням K через тріщини, пористості й вологості зовнішнього шару стіни, а також викликаним ними зменшенням термічного опору таким чином: $r = 1,0; 0,8; 0,6$ $\text{Вт}/\text{м}^2\text{K}$ для $f(t) = 0,7; 0,5; 0,3$.

Величина $f(t)$ найбільше залежить від термічного опору поверхневого шару. Відповідно зміна $f(t)$ через зміну K - в 20 разів менше. Зміна величини добутку щільності матеріалу шару на його теплоємність ρC на $1 \cdot 10^6$ $\text{Дж}/\text{м}^3\text{K}$ призводить до зміни значення $f(t)$ приблизно на 0,4. Переважно при обстеженні будівель впливом можливої зміни величини ρC можна знехтувати. Величина $f(t)$ в різних зонах оболонки будівлі може бути як більше, так і менше одиниці. Область значень $f(t)$, більше одиниці, при обліку можливого зменшення K та збільшення Ts , відповідає зменшенню термічного опору шару. Значення $f(t)$, менші одиниці, при обліку можливого зменшення Ts (і можливого збільшення r), як правило пов'язані з істотним зростанням K і зменшенням $T(O, t)$ крізь тріщини, пористості, вологості шару і пов'язаним з ними зменшенням термічного опору і збільшення відносних теплових втрат. Тому необхідно передбачити влаштування тепловідбивної теплоізоляції між приладами опалення й зовнішньою стіною (зарадіаторного екрану). Встановлення тепловідбиваючих екранів значно сприяє поліпшенню комфорту в приміщенні, оскільки енергія, яка раніше витрачалась на прогрів стіни, буде використана корисно для підняття температури в приміщенні

Об'єктом дослідження в цій науковій роботі було обрано триповерховий корпус № 22 Чернігівського національного технологічного університету, що розташований на вулиці Белова, 4 м. Чернігова. У дослідях брали участь представники підприємства «Теплопар+» та магістри ННІБ ЧНТУ (рис. 2). Було проведено заміри втрат тепла як із зовнішньої сторони будівлі, так і всередині приміщення за допомогою тепловізора Testo 875-1i, серійний номер 60470428.



а



б



в

Рис. 2. Проведення моніторингу енергоефективності будівлі магістрами ННІБ ЧНТУ: а – загальний вигляд тепловізора; б, в – проведення вимірів

Для проведення експериментальних досліджень було обрано такі теплоізоляційні матеріали [4]:

Пінополістирол – універсальний утеплювач, який завжди був лідером вітчизняного ринку теплоізоляційних матеріалів. Популярність цього утеплювача зумовлюється оптимальним співвідношенням вартості й функціональних характеристик – за цим параметром пінополістирол перевершує всі відомі матеріали для утеплення. Пінополістирол широко використовується як основний теплоізоляційний матеріал у приватному і промисловому будівництві. Основним фактором, який обумовлює затребуваність пінополістирольних утеплювачів, є їхня мінімальна вартість, яка значно менша, наприклад, від ціни мінеральної вати або інших представлених на ринку теплоізоляційних матеріалів.

Деревностружкова плита є дешевим листовим матеріалом, виробленим гарячим пресуванням деревинних частинок, переважно стружки, із введенням спеціальних добавок (6-18 % від маси стружок). Пресування виконують на одно- та багатоповерхових періодичних пресах за тиску 0,2-5 МПа та температури 100–140 °С або в безперервних стрічкових, гусеничних або екструзійних агрегатах.

Фольгоізол – фольгопергамін гідроізоляційний матеріал, виготовлений згідно з ДСТУ Б.В.2.7. 272-2011 являє собою рулонний гідроізоляційний матеріал, зроблений на основі рельєфною фольги покритої спіненою основою. Цей матеріал покликаний мінімізувати первинні втрати тепла, відбивши його від своєї поверхні назад (тепло паркан), легкий у монтажі й витримує практично будь-які температурні навантаження.

На рис. 3 представлено схему утеплення за радіаторної ділянки різними матеріалами.

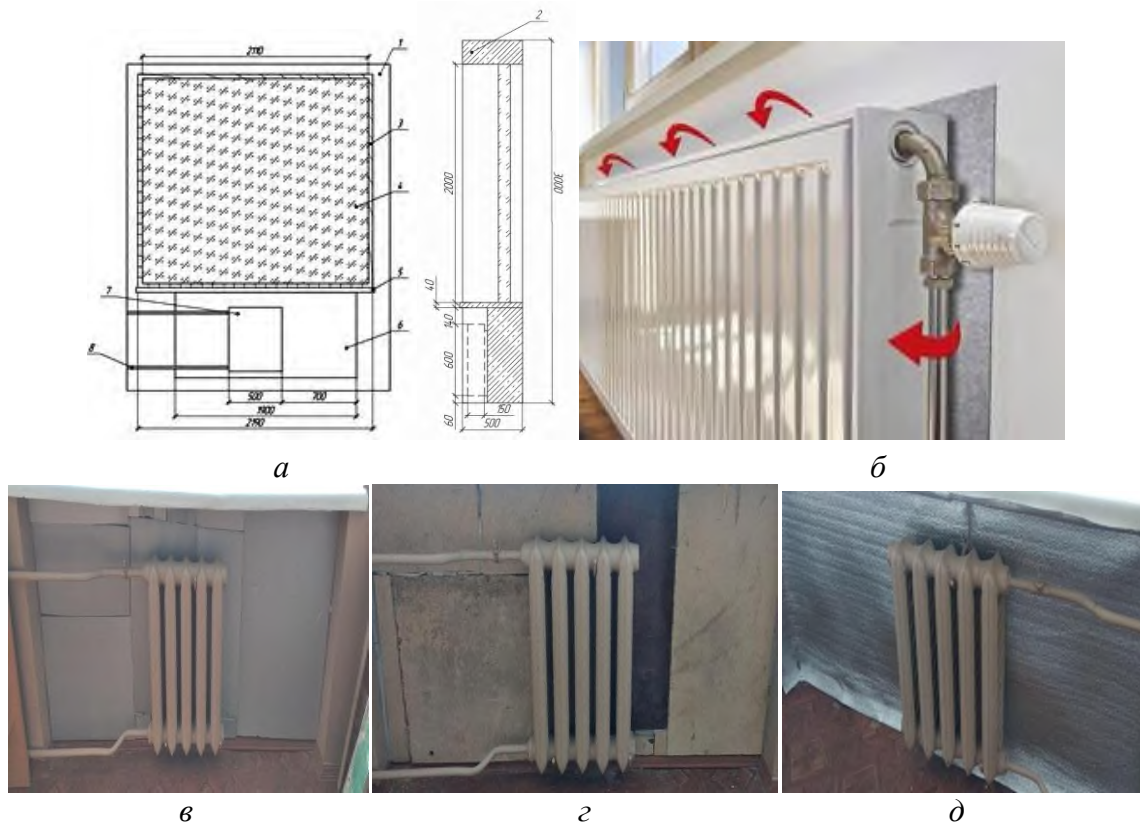
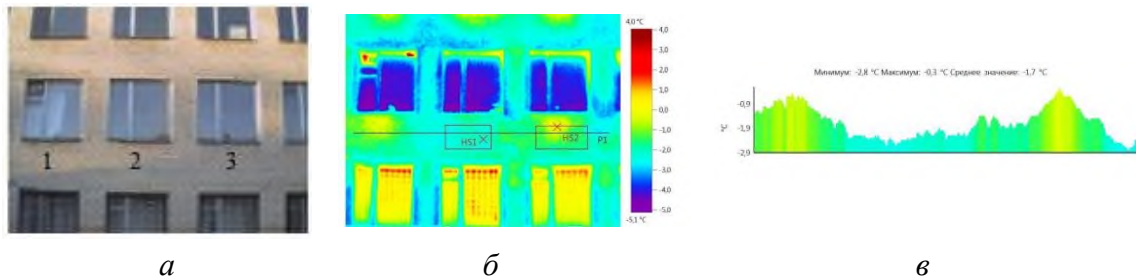


Рис. 3. Схема утеплення стіни:

- а – креслення вікна та підвіконного простору; 1 – фрагмент стіни; 2 – плита перекриття;
 3 – віконна рама; 4 – скло; 5 – підвіконня; 6 – підвіконна ніша; 7 – батарея; 8 – труби опалення;
 б – вихід тепла з радіатора; в, г, д – утеплення стіни відповідно пінополістиролом, деревностружковою плитою та фольгоізолом

На рис. 4-6 показано результати вимірів енергоефективності утеплення за радіаторного простору різними матеріалами. На рис. 4 представлено результати експериментальних досліджень з утеплення стіни екструдером товщиною 20 мм. Можемо спостерігати що ділянка стіни 2 (рис. 4, а), яка була утеплена, практично не має втрат енергії, що яскраво видно в порівнянні зі стінами 1, 3, де утеплювача немає.

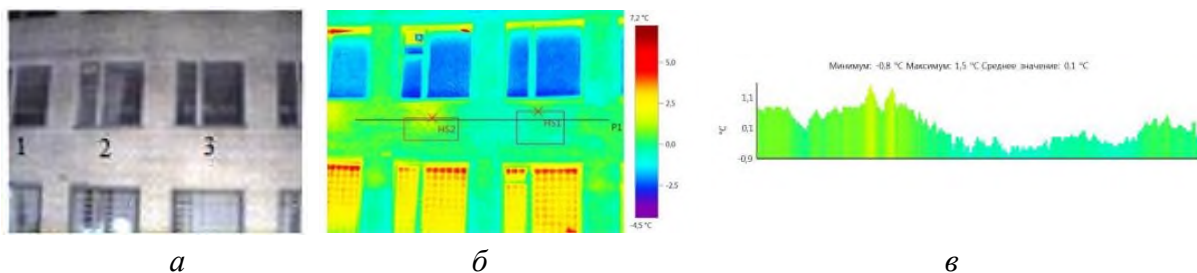


Вимірювальні об'єкти	Темп.(°C)	К, випр.	Відобр. темп.[°C]	№ вікна
Сама тепла точка 1	-1,8	0,94	14,0	1,3 - без утеплювача;
Сама тепла точка 2	-0,1	0,94	14,0	2 закрита екструдером

г

Рис. 4. Утеплення стіни корпусу № 22 ЧНТУ за допомогою екструдера:
а – фотографія стіни; б – термограма; в – зміна температури уздовж лінії профілю;
г – теплотехнічні параметри

На рис. 5 представлено результати експериментальних досліджень з утеплення стіни за допомогою ДСП товщиною 20 мм. З рис. 5 видно, що ділянка 3 стіни, яка була утеплена, має нижчі втрати тепла, ніж стіна під першим та другим вікном, де утеплювача немає.



Вимірювальні об'єкти	Темп.(°C)	Випр.	Відобр. Темп.[°C]	№ вікна
Сама тепла точка. 1	-1,4	0,94	14,0	1,2 – без утеплювача;
Сама тепла точка. 2	0,1	0,94	14,0	3 – закрита ДСП

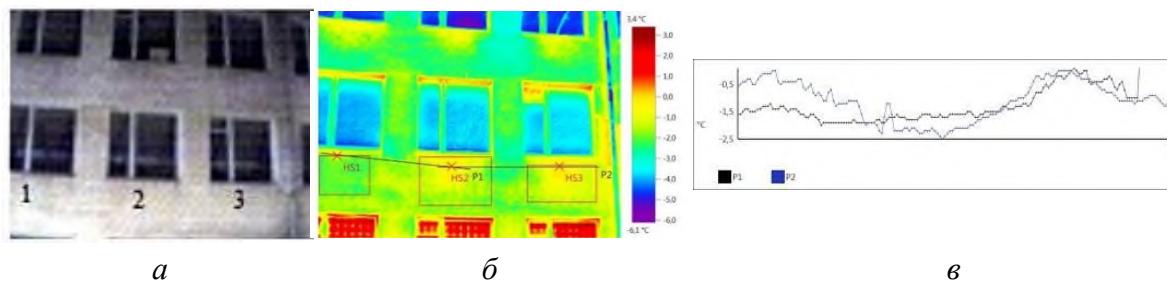
г

Рис. 5. Утеплення стіни корпусу №22 ЧНТУ за допомогою ДСП:
а – фотографія стіни; б – термограма; в – зміна температури уздовж лінії профілю;
г – теплотехнічні параметри

На рис. 6 можна спостерігати експеримент з утеплення стіни двома різними матеріалами: ДСП, і фольгаізол. З рис. 6 видно, що ділянка стіни 1 яка була утеплена ДСП, має нижчі втрати тепла, ніж стіни під другим та третім вікнами. При цьому утеплення стіни за допомогою фольгаізолу 2 практично ні дає ні якого позитивного ефекту, зміна температури практично відповідає ділянці стіни без утеплювача 3.

При цьому програмне забезпечення для термографії IR Soft дозволяє з легкістю обробляти інфрачервоні зображення та проводити їх аналіз на ПК. Функції всебічного аналізу призначені для професійної обробки термограм. Так, наприклад можлива подальша коректування коефіцієнтів випромінювання різних матеріалів для певних ділянок зображення аж до окремих пікселів. Крім того, можна задавати необмежену кількість точок вимірю-

вання, відображати гарячі і холодні точки і робити голосові коментарі до термограми. Після обробки отриманих даних за допомогою програмного забезпечення «Testo Soft ware» було виявлено основні «точки холоду» в будівлі, які показують, що основні втрати тепла припадають на стики панелей перекриття з фасадами будівлі, вікна та опалювальні батареї, які світяться яскраво червоним світлом на фасаді споруди [4].



Вимірювальні об'єкти	Темп.(°C)	К, Випр	Відобр. темп.[°C]	№ вікна
Сама тепла точка 1	-1,4	0,94	14,0	1 -закрита ДСП; 2 - закрита фольгаізолем;
Сама тепла точка 2	0,4	0,94	14,0	3 -без утеплювача

2

Рис. 6. Утеплення стіни корпусу № 22 ЧНТУ за допомогою ДСП і фольгаізола:

а – фотографія стіни; *б* – термограма; *в* – зміна температури уздовж лінії профілю;

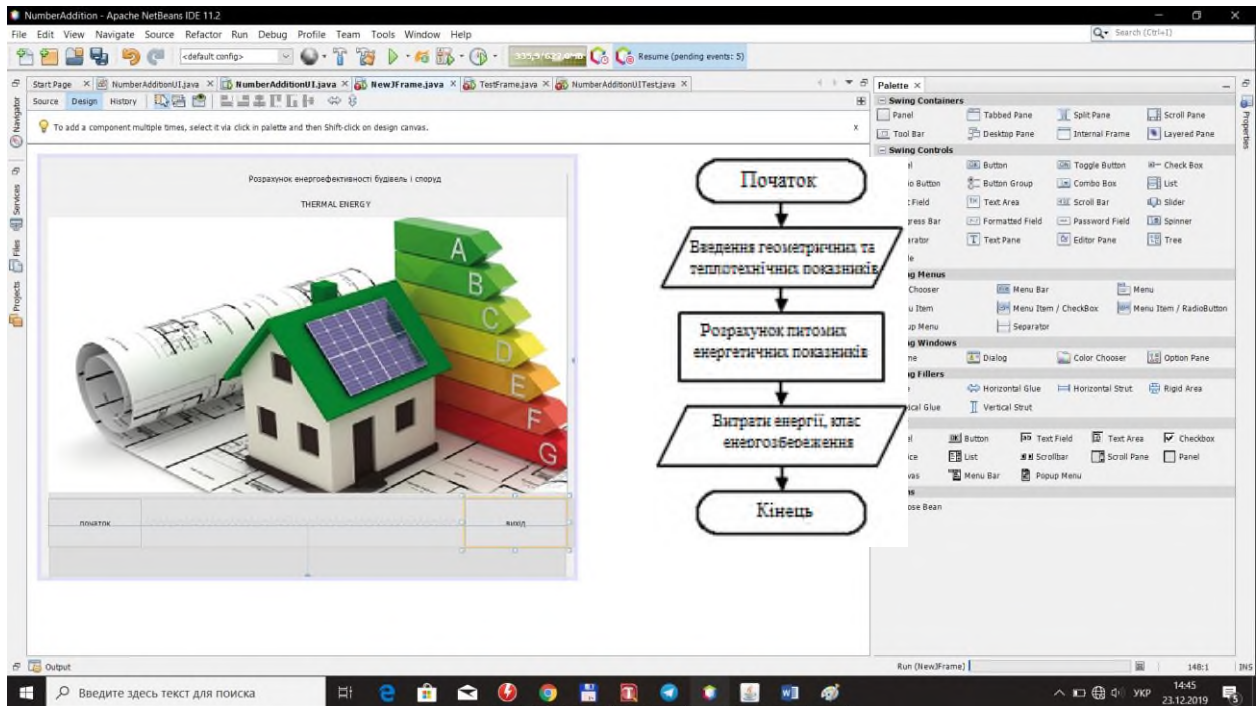
г – теплотехнічні параметри

Для визначення енергоефективності будівель та споруд за методикою, що наведена в роботі [5], було створено програмний комплекс «THERMAL ENERGY» (рис. 7), який дозволяє визначати сумарні втрати теплової енергії. Для програмування було обрано типізовану об'єктно-орієнтовану мову програмування Java, яку розроблено компанією Sun Microsystems (у подальшому придбаній компанією Oracle). Програми Java зазвичай транслюються у спеціальний байт-код, тому вони можуть працювати на будь-якій комп'ютерній архітектурі за допомогою віртуальної Java-машини. На рисунку 7, *б*, *в* представлено введення даних та результати розрахунку параметрів енергоефективності.

У результаті здійснення запропонованих заходів та проведення розрахунків у програмному комплексі «THERMAL ENERGY» інженер-енергоаудитор повинен здійснювати такі технологічні операції:

- розробляти й реалізовувати енерго- та ресурсозберігаючі заходи при проектуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання з використанням новітніх досягнень;
- інтегрувати знання з різних сфер інженерної діяльності для вирішення комплексних практичних задач;
- розробляти і впроваджувати екологічно безпечні, енерго- та ресурсозберігаючі технології;
- виконувати технічні розрахунки за проектами техніко-економічного і функціонально-вартісного аналізу ефективності проектних рішень, з використанням прикладного програмного забезпечення для розрахунку параметрів і вибору серійного та розробки нового теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання;
- приймати проектні рішення при проектуванні систем тепло- та електропостачання, обирати тип та конструкції установок, які використовують нетрадиційні джерела енергії;
- оцінювати вартість та технікоекономічну доцільність використання відновлюваних джерел енергії в системах опалення та гарячого водопостачання житлових будівель.

При цьому слід мати на увазі, що кожна будівля унікальна, тому кожен проект повинен розглядатись індивідуально, щоб визначити специфічні можливості підвищення енергоефективності.



а

б

	тепловий опір	теплові втрати	сумарні втрати
вікна	0.598	616	2415
зовнішня стіна	0.940	1034	2415
стіна сходового м.	0.783	724	2415
двері	2.123	41	2415

в

Рис. 7. Програмний комплекс «THERMAL ENERGY»:

а – інтерфейс програми; б – введення даних; в – результати розрахунку

Висновки відповідно до статті. У результаті проведених досліджень отримані характеристики будівлі, які дозволяють оцінити її енергоефективність. При цьому коли будівля має високий клас енергозбереження, це дозволяє виділяти на неї менше теплове навантаження, і як наслідок, зменшуються витрати на опалення. Запропонована методика оцінки енергоефективності будівлі та вибору теплоізоляційних матеріалів, яка включає розрахункові умови функціонування будівлі, геометричні та теплотехнічні показники, а також коефіцієнти енергоефективності та комплексні показники дозволяє раціонально підібрати схему термомодернізації огорожувальних конструкцій Використання цієї методики при оцінці енергоефективності навчального корпусу ЧНТУ дозволяє підвищити енергоефективність будівельного об'єкта та зменшити витрати на його опалення.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2006-09-09]. Київ : Мінбуд України, 2006. 65 с.
2. Цибулько А. Інформаційний посібник Новий освітній простір (енергоефективність) станом на 1 березня 2019 року. URL: <http://www.minregion.gov.ua/uncategorized/informatsiynyi-posibnik-noviy-osvitniy-prostir-energoefektivnist-stanom-na-1-bereznia-2019-roku/>.

3. Перегуда Є. В. Інноваційний потенціал енергозбереження та енергоефективності у житловому секторі: політичні аспекти. *Наукові праці МАУП*. 2017. Вип. 52(1). С. 75–84.

4. Терещук О. І., Сахно Є. Ю., Маргасов Д. В., Корзаченко М. М. Моніторинг енергоефективності малоповерхових будівель : монографія. Чернігів : ЧНТУ, 2018. 356 с.

5. Терещук О. І., Сахно Є. Ю., Щербак Ю. В., Зимовець Д. В. Проведення тепловізійного моніторингу енергоощадності будівель і споруд. *Технічні науки та технології*. 2019. № 1(15). С. 278-288.

References

1. Konstruktsii budynkiv i sporud. Teplova izoliatsiia budivel. [Structures of buildings and structures. Thermal insulation of buildings]. DBN V.2.6-31:2006. (Chynnyi vid 2006-09-09) [in Ukrainian].

2. Tsibulko, A. (2019). *Informatsiyni posibnyk. Novyi osvittii prostir (enerhoefektyvnist) stanom na 1 bereznia 2019 roku [Informatsiyni posibnyk. Novyi osvittii prostir (enerhoefektyvnist) stanom or 1 bereznia 2019 roku]*. Retrieved from <http://www.minregion.gov.ua/uncategorized/informatsiyniy-posibnik-noviy-osvittiy-prostir-energoefektyvnist-stanom-na-1-bereznia-2019-roku/>.

3. Pereguda, E. V. (2017). *Innovacijnij potencial energozberezhennya ta energoefektivnosti u zhitlovomu sektori: politichni aspekti [Innovative potential of energy saving and energy efficiency in the residential sector: political aspects]*. *Naukovi praci MAUP – Scientific works of the MAUP*, 52(1), 75-84 [in Ukrainian].

4. Tereshchuk, O. I., Sakhno, Ye. Iu., Marhasov, D. V., Korzachenko, M. M. (2018). *Monitorynh energoefektyvnosti malopoverkhovykh budivel [Monitoring energy efficiency of low-rise buildings]*. Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian].

5. Tereshchuk, O. I., Sakhno, N. Yu., Shcherbak, Yu. V., Zimovets, D. V. (2019). *Provedennia teploviziinoho monitorynhu enerhooshchadnosti budivel i sporud [Conducting thermal imaging monitoring of energy saving of buildings and structures]*. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical Sciences and technologies*, 1(15), 278-288 [in Ukrainian].

UDC 697.1

Yevgenii Sakhno, Oleksii Tereshchuk, Stanislav Fedortsov, Victor Siplevich

THERMAL MODERNIZATION OF PROTECTING CONSTRUCTIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Urgency of the research. It is well known that most of the building envelopes are occupied by external walls, so their influence on the loss of heat by the building is the main one. Therefore, when using facade insulation systems, not only a high rate of thermal conductivity is ensured, but also a normal moisture-resistant mode of structures during operation, and hence comfortable conditions for people to live. As a rule, heat-insulating materials are used for thermal insulation of exterior walling, and in multilayer walling, heat-insulating materials are used as a heat-insulating layer.

Target setting. When carrying out construction work, it should be borne in mind that the thermal modernization of buildings is a whole range of works aimed at rationalizing the heat engineering indicators of building envelopes, indicators of energy consumption by engineering systems and ensuring the energy efficiency of buildings at a level not lower than that established by the minimum requirements for energy efficiency.

Actualscientific researches and issues analysis. The work reviewed the latest publications on this topic, which are presented in the public domain, including existing regulatory documents.

Uninvestigated parts of general matters defining. A significant proportion of the currently existing buildings is characterized by an extremely low level of thermal protection and unacceptably high heat costs to maintain the necessary microclimate parameters. Among the main reasons for the low energy efficiency of buildings, there is a low level of thermal resistance of the main building structures. Therefore, in this scientific work, the task is to provide for a device of heat-reflecting thermal insulation between the heating devices and the outer wall and also the choice of heat-insulating material for building envelopes.

The research objective. The purpose of this scientific work is to formulate measures for the modernization of building envelopes of buildings and structures based on a comprehensive analysis of space-planning, structural and engineering solutions, as well as for planning, organizing and conducting energy audits of existing buildings with the development of recommendations for improving the energy efficiency of relevant facilities.

The statement of basic materials. The thermal insulation layer can be performed by various methods, depending on the type and density of the thermal insulation products. The geometrical parameters of the 22 building of the CNUT for energy protection of the building were determined, and on their basis the thermal engineering parameters of the building were calculated with the subsequent experimental determination of thermal imaging diagrams and their processing in the software package.

Conclusions. As a result of the research, the characteristics of the building were obtained, which allow to evaluate its energy efficiency. Moreover, when the building has a high energy saving class, this allows to allocate less heat load to it, and as a result, heating costs are reduced. A methodology for assessing the energy efficiency of the building and the choice of heat-insulating materials has been proposed, and it includes the estimated conditions for the functioning of the building, geometric and heat

engineering indicators, as well as energy efficiency coefficients and complex indicators that allow rational selection of the thermal modernization scheme for building envelopes. The use of this technique in assessing the energy efficiency of the educational building of CNUT allows increasing the energy efficiency of the construction site and reducing the cost of heating it.

Keywords: energysaving; thermal imager; fencing structures.

Fig.: 7. **References:** 5.

Сахно Євгеній Юрійович – доктор технічних наук, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Sakhno Evgenii – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95, Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: evsakhno@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9789-7242>

ResearcherID: M-3987-2016

Терещук Олексій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, директор навчально-наукового інституту будівництва, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Tereshchuk Oleksii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Construction, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National Technological University (4 Bielova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: olexter1957@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6433-9351>

ResearcherID: M-3987-2016

Федорцов Станіслав Олександрович – здобувач вищої освіти, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Fedortsov Stanislav – Applicant for higher education, Chernihiv National University of Technology. (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: stas19980777@gmail.com

Сипливець Віктор Володимирович – здобувач вищої освіти, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Siplevich Victor – Applicant for higher education, Chernihiv National University of Technology. (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: viktorsyp@gmail.com