

О. В. Нанка, канд. техн. наук, академік Української НАН екологічних технологій, ректор
В. А. Войтов, д-р техн. наук

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002; Україна. E-mail: nanka-1@i.ua

Б. М. Цимбал, канд. техн. наук

С. Р. Артем'єв, канд. техн. наук

Національний університет цивільного захисту України

вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, Україна. E-mail: tsembalbogdan@ukr.net

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ, КОМФОРТНОСТІ ТА МІКРОКЛІМАТУ В БУДІВЛЯХ ТА СПОРУДАХ

У роботі представлено експериментальне дослідження теплових втрат гуртожитків і навчальних корпусів. Були встановлені основні джерела теплових втрат, до яких можна віднести: негерметичність, малий показник приведенного опору вікон, теплові втрати крізь цоколь будівлі, теплові містки, які накопичують вологу та плісняву, негерметичність металевих дверей підвалу, отвори в фасаді та відсутність скла, геометричні втрати тепла крізь кут будівлі, частину стіни під вікном (в зоні встановлення кондиціонера), закриття вікон нижнього поверху металевим листом. Сформульовано основні вимоги до сучасних вікон і теплоізолюючих матеріалів. Запропоновано заходи енергозбереження такі, як заміна вікон на склопакети, використання ефективного утеплювача – конопляних плит, які слугують для зменшення теплових втрат будівель та підвищення рівня охорони праці, комфортності та мікроклімату в будівлях та спорудах.

Ключові слова: мікроклімат, тепловізор, втрати тепла, пластикові вікна, комфортні умови, енергоефективність, енергозбереження, комфортність, будівлі, споруди.

А. В. Нанка, канд. техн. наук, академик Украинской НАН экологических технологий, ректор

В. А. Войтов, д-р техн. наук

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко,
ул. Алчевских, 44, г. Харьков, 61002, Украина. E-mail: nanka-1@i.ua

Б. М. Цымбал, канд. техн. наук

С. Р. Артемьев, канд. техн. наук

Национальный университет гражданской обороны Украины

ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, 61023, Украина. E-mail: tsembalbogdan@ukr.net

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОХРАНЫ ТРУДА, КОМФОРТНОСТИ И МИКРОКЛИМАТА В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

В работе представлено экспериментальное исследование тепловых потерь общежитий и учебных корпусов. Были установлены основные источники тепловых потерь, к которым можно отнести: негерметичность, низкий показатель приведенного сопротивления окон, тепловые потери через цоколь здания, тепловые мостики, которые накапливают влагу и плесень, негерметичность металлических дверей подвала, отверстия в фасаде и отсутствие стекла, геометрические потери тепла через угол здания, часть стены под окном (в зоне установки кондиционера), закрытие окон нижнего этажа металлическим листом. Сформулированы основные требования к современным окнам и теплоизолирующим

материалам. Предложенные меры энергосбережения такие, как замена окон на стеклопакеты, использование эффективного утеплителя – конопляных плит, которые служат для уменьшения тепловых потерь зданий и повышения уровня охраны труда, комфортности и микроклимата в зданиях и сооружениях.

Ключевые слова: микроклимат, тепловизор, потери тепла, пластиковые окна, комфортные условия, энергоэффективность, энергосбережение, комфортность, здания, сооружения.

Вступ

Мікроклімат виробничих, офісних, навчальних приміщень – це комплекс фізичних факторів, що впливають на теплообмін людини і визначають самопочуття, працездатність, здоров'я і продуктивність праці. Підтримка мікроклімату робочого місця в межах гігієнічних норм – найважливіше завдання охорони праці.

Через світову енергетичну кризу, підвищення тарифів на енергоресурси, нераціональне використання і неефективну економію енергоресурсів, втрати тепла будівлями погіршується рівень мікроклімату у житлових та нежитлових приміщеннях, а також санітарно-гігієнічні умови, що призводить до погіршення умов праці, навчання, проживання та розвитку хронічних захворювань.

Проблема енергозбереження розглядається багатьма вченими [1–5] в різних галузях промисловості.

З кожним роком зростають тарифи на енергоресурси. Так, тариф на теплову енергію для потреб бюджетних установ, встановлений ліцензіатам Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг в розрізі регіонів України, за період з 1 січня 2014 року по 5 січня 2018 року збільшився в середньому по Україні майже в 3 рази, а тариф природного газу для опалення за цей же період, – у 3,33 раза [6].

Більшість вищих навчальних закладів відноситься до бюджетних установ, які є неприбутковими. Витрати на енергоресурси компенсуються з Державного бюджету України та спеціального фонду, який поповнюється за рахунок надходжень оплати за навчання та проживання у студентських гуртожитках від фізичних та юридичних осіб. Але у зв'язку із стрімким зростанням тарифів на енергоресурси вищі навчальні заклади не в змозі оплачувати вартість енергоресурсів, що призводить до зниження температури у приміщеннях до рівня нижчого ніж гранично допустимий і, як наслідок, – зниження рівня комфортності та погіршення мікроклімату у будівлях та спорудах. Температура повітря у житлових приміщеннях не повинна бути нижчою ніж 18°C, зниження температури до 16°C і нижче може сприяти збільшенню тепловтрат при диханні повітрям з низькою температурою, збільшенню тепловтрат за рахунок зниження температури огорожувальних конструкцій, що сприяє переохолодженню організму людини, загостренню хронічних захворювань, виникненню захворювань органів дихання, розповсюдженню інфекційних захворювань, погіршенню нормативного теплообміну, збільшенню вологості, ураженню огорожувальних конструкцій пліснявими грибами та виникненню алергічних захворювань [7]. Згідно із санітарними нормами та правилами,

температура повітря у приміщеннях навчального закладу має бути: у класах, навчальних кабінетах, лабораторіях, актових залах, аудиторіях – 18–20 °С, відповідно до Державних санітарних правил і норм влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів та організації навчально-виховного процесу ДСанПіН 5.5.2.008-01.

Зважаючи на те, що однією з причин погіршення рівня мікроклімату та комфортності в будівлях і спорудах є втрати ними тепла, актуальними слід вважати дослідження, спрямовані на виявлення потенційних джерел тепловтрат та розроблення заходів з енергоефективності та енергозбереження.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми

У роботі [8] автори оцінили вплив теплових втрат на ефективність експлуатації системи газопостачання будинку, встановили, що зменшення тепловтрат, зменшує об'єм спожитого газу, заміна котельного агрегату дасть можливість досягти економії 10–15 % (або 20–25 % при використанні конденсаційних котлів). Утепивши будинок, після попереднього обстеження захисних конструкцій, що включає візуальне обстеження та комплексні теплофізичні вимірювання, можна зменшити споживання природного газу в 2–2,5 рази. Однак слід зазначити, що в цій роботі не проводилось теплофізичне вимірювання та не були дослідженні джерела втрати тепла та заходи з енергозбереження.

Авторами роботи [9] проблема теплових втрат, підвищення ефективності використання теплових ресурсів та створення комфортних умов вирішується за рахунок дослідження теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій корпусів державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», шляхом проведення теплофізичного обстеження. Були запропоновані заходи з вирішення цієї проблеми за рахунок використання теплоізолюючих матеріалів, які мають низький коефіцієнт теплопровідності, але заходи, які були запропоновані, не враховують таких потенційних джерел теплових втрат як вікна, двері, дах та ін.

У роботі [10] було приведено аналіз термічних властивостей і теплових втрат у будівництві та ізоtermальні матеріали багат шарових будівних стін. Авторами розглядається вплив вертикального розділу, технології на теплоізоляцію будівлі, а також економію та тепловий комфорт мешканців. Під час моделювання теплового потоку, визначенні коефіцієнта теплопередачі, величини теплопровідності, враховується тільки теплоізоляція стін, але не були враховані втрати тепла крізь вікна, підвіконня, цоколь, фундамент, вентиляцію та ін. У роботі пропонуються три варіанти теплоізоляції стін будівлі, під час підбору яких не було враховано їх екологічність, здатність пропускати повітря.

Авторами роботи [11] було розглянуто застосування теплової візуалізації, яка є неруйнівним випробуванням історичних будівель та дала можливість здійснити перевірку конструктивних деталей, визначити розташування теплових містків, ізоляційних дефектів, місця витоку повітря, місця накопичення вологи, місця структурної, механічної і електричної деградації та

інфраструктури старіння. Але в роботі не було запропоновано заходів із зменшення втрат тепла в історичних будівлях, які є культурною спадщиною.

Під час експериментальних досліджень навчальних корпусів університетів, за допомогою тепловізора, авторами роботи [12], було встановлено, що найбільші тепловтрати спостерігаються крізь вікна, простір під вікнами, дерев'яні перекриття, кути будівель, але в цьому дослідженні не було встановлено, який конструктивний елемент вікна є найбільшим джерелом теплових втрат, не були запропоновані заходи з енергозбереження для підвищення рівня комфортності і мікроклімату будівель.

У роботі [13] було проведено аналіз методів діагностики із застосуванням тепловізорів у житлових і промислових будівлях, який не обмежується тільки енергоаудитом, завдяки чому можливо вирішувати завдання протягом року. Застосування методу діагностики не обмежується тільки холодною порою року для виявлення вологи, пошуку течії в дахах, системах теплих підлог, обстеження систем кондиціонування і вентиляції. Заходи, які були запропоновані в цій роботі, мають тільки організаційний, управлінський та нормативний характер, який не враховує технічних причин теплових втрат і задовільного рівня комфортності та мікроклімату.

Для вирішення питання підвищення комфортності та мікроклімату будівель та споруд шляхом енергоефективності та енергозбереження, автори роботи [14] запропонували комплексні заходи. Вони спрямовані на відповідність архітектурним дизайнам, контрольовану вентиляцію і високу якість теплоізоляційної оболонки, тобто оптимальну товщину ізоляції, усунення теплових мостів та забезпечення герметичності. Теплові мости не тільки призводять до втрат тепла, але також спричиняють конденсацію вологості повітря, що створює несприятливі наслідки для здоров'я через цвілі, не кажучи вже про естетичний збиток. У результаті висока вологість в матеріалах збільшує їх коефіцієнти теплопровідності і, отже, втрати тепла. Але в цій роботі не запропоновані конкретні заходи щодо вирішення цієї проблеми.

У роботі [15] представлено вирази, необхідні для обчислення температури подвійного фасаду. Ці температури є основою для представленого простого методу розрахунку для визначення його енергоефективності. Слід підкреслити, що цей метод розрахунку дає приблизну оцінку, але забезпечує достатню точність.

Мета та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету підвищити рівень енергоефективності, комфортності та мікроклімату приміщень навчальних корпусів і студентських гуртожитків.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- провести термографічне дослідження будівель, як зовні, так в середині будівлі;
- визначити теплові втрати основних елементів будівель;
- встановити найбільші джерела втрат тепла;

• розробити енергозберігаючі заходи з підвищення рівня енергоефективності, комфортності та мікроклімату приміщень навчальних корпусів і студентських гуртожитків.

Об'єкти та методи дослідження втрат тепла

1) Досліджувані об'єкти та обладнання, що використовувались в експерименті

Для дослідження теплових втрат будівель було обрано будівлі Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ ім. П. Василенка), який має сім функціонуючих навчальних корпусів, з них шість історичних, які були збудовані архітектором О. М. Бекетовим і є історичним пам'ятником архітектури, а також шість функціонуючих студентських гуртожитків.

Під час експериментального термографічного дослідження навчальних корпусів та студентських гуртожитків було обрано мобільний тепловізор марки Seek Thermal, який було приєднано до мобільного телефону Samsung J2. Цей тепловізор має переваги: містить професійний інфрачервоний сенсор, що складається з більш ніж 32 тис. (206 x 156 px) чутливих до теплового випромінювання пікселів, халькогенідні лінзи і VOx мікроболометр, який дозволяє розпізнати інфрачервоне випромінювання в діапазоні від 7,2 до 13 мікрон і дає можливість визначати температури від -40° до 330°C , термальний сенсор 320 x 240, чутливість $0,07^{\circ}(70\text{mK})$, кут огляду 32° , дальність виявлення до 550 метрів, автоматичне знаходження самої гарячої та холодної точок, кольорове підсвічування в обраному діапазоні температури, моментальна готовність і легкість в роботі та зйомка фото та відео.

Температуру можливо визначити також за допомогою термодатчиків [16, 17].

2) Методика визначення втрат тепла будівель

Теплові втрати навчальних корпусів та студентських гуртожитків університету можуть бути визначені методом температурних полів або експериментально за допомогою тепловізійного обстеження, яке дає можливість під час експериментальних досліджень виявити дефекти конструкції, тріщини і неполадки. Сканування проводиться за допомогою інфрачервоної тепловізійної зйомки. Результатом сканування є знімок, на якому при зйомці в теплі кольори спектру фарбуються зони з підвищеними тепловтратами, а в холодні – з мінімальними. Паралельно можна отримати фотографію зони обстеження, що спрощує розпізнавання місця втрат тепла.

Перевагою цього методу є можливість безконтактного (дистанційного) обстеження, а також те, що прилад має невеликі габарити і малу вагу. Обстеження триває 2–3 дні, можна обстежити як малі, так і великі об'єкти. Методика визнана екологічно безпечною. Згідно з методикою інфрачервоної діагностики [12, 18, 19], обстежити будівлі необхідно в опалювальний період. Приміщення повинно обігріватися безперервно не менше 3-х днів, різниця між температурами внутрішнього і зовнішнього повітря має становити більше 10°C . Тепловізійне обстеження дозволяє з високою точністю визначити

температуру, що випромінюється кожною точкою приміщення. Це дозволяє сформувавши термограму, яка показує ділянки, що потребують додаткового утеплення.

Результати термографічних досліджень теплових втрат навчальних корпусів та студентських гуртожитків ХНТУСГ ім. П. Василенка

Термографічне дослідження проводили при температурі повітря від -5 до -6°C , під час дослідження опади були відсутні, при вологості від 86 до 95 %. Результати термографічних досліджень представлені у вигляді термограм та фотографій будівель.

Термограми та фотографії першого, другого та третього поверху задньої частини будівлі корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Мироносицька, 92, представлені на рис. 1.

Термограма (рис. 1, а) фасаду з покриттям має спектр температур від 9 до 15°C , від темно синього до блідо-рожевого кольору та фотографія (рис. 1, б) з прицілом, який визначив температуру рами вікна другого поверху, $+12^{\circ}\text{C}$. На рис. 1, в та рис. 1, д зображені термограми фасаду з червоної цегли, без покриття, з діапазоном температур від $+14$ до $+19^{\circ}\text{C}$ та від $+11$ до $+18^{\circ}\text{C}$ відповідно, та фотографії з температурою рами третього поверху $+17^{\circ}\text{C}$ та підвіконня вікна третього поверху $+15^{\circ}\text{C}$ відповідно.

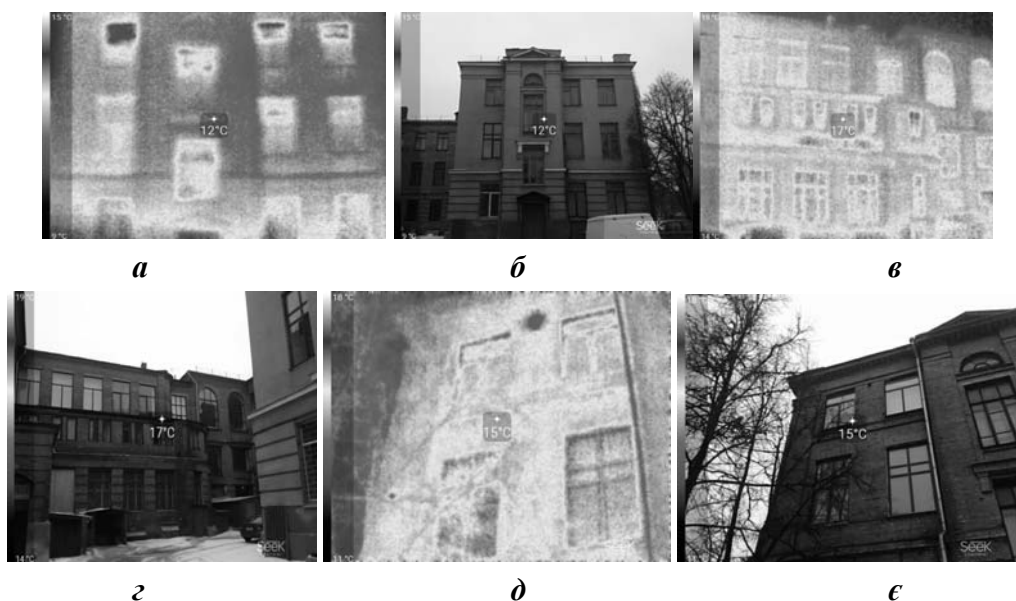


Рис. 1. Термограми та фотографії, першого, другого та третього поверху задньої частини будівлі корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Мироносицька, 92: а – термограма фасаду з першого по третій поверх з покриттям; б – фотографія фасаду з першого по третій поверх з покриттям; в – термограма фасаду збудованого з червоної цегли, без покриття, з першого по третій поверх; г – фотографія фасаду збудованого з червоної цегли, без покриття, з першого по третій поверх; д – термограма фасаду збудованого з червоної цегли, без покриття, з другого по третій поверх; е – фотографія фасаду збудованого з червоної цегли, без покриття, з другого по третій поверх

На рис. 2 зображено результати термографічних досліджень багатоповерхової будівлі студентського гуртожитку № 3 ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Цілиноградська, 52.

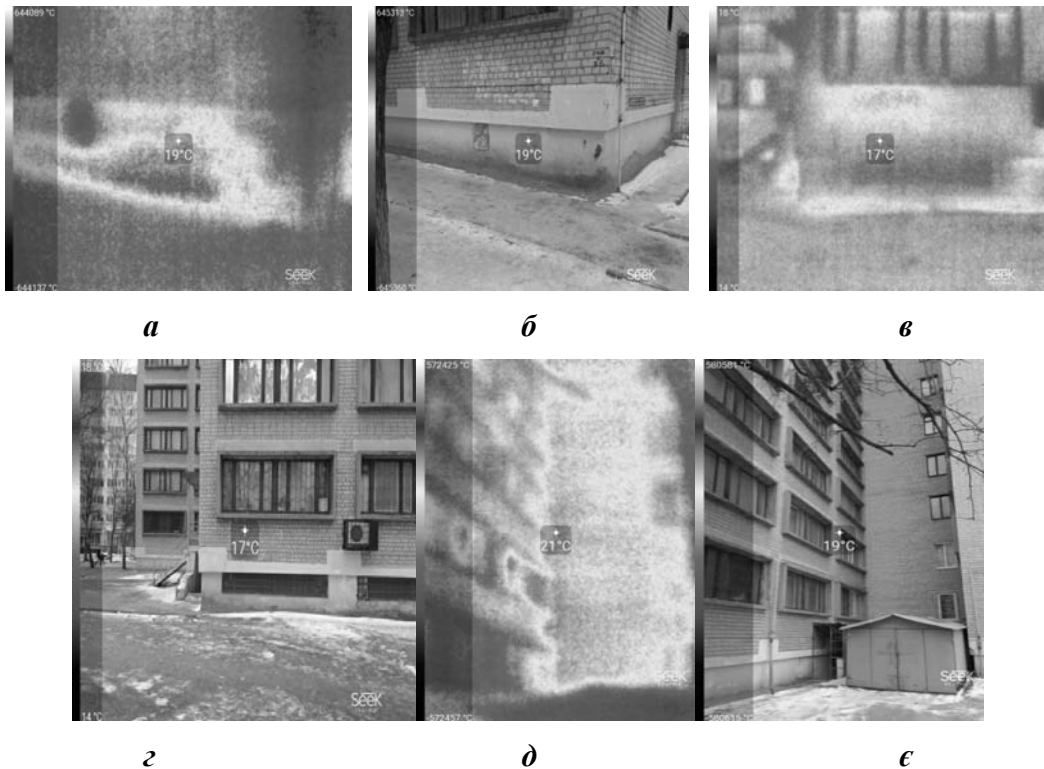


Рис. 2. Термограми та фотографії багатоповірхової будівлі студентського гуртожитку №3 ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Цілиноградська, 52: а – термограма цоколю; б – фотографія цоколю; в – термограма першого поверху; з – фотографія першого поверху; д – термограма кута фасаду з першого по шостий поверх; е – фотографія кута фасаду з першого по шостий поверх

На рис. 2, а і рис. 2, в представлено термограми, а на рис. 2, б і рис. 2, з фотографії відповідно цоколю і нижнього поверху студентського гуртожитку № 3, з температурним діапазоном від -6 до $+6^{\circ}\text{C}$ і від $+14$ до $+18^{\circ}\text{C}$ відповідно та з температурою частини цоколю $+19^{\circ}\text{C}$ і стіни під вікном першого поверху $+17^{\circ}\text{C}$. Термограма з температурним діапазоном від -5 до $+5^{\circ}\text{C}$ та фотографія кута цього будівлі, від першого до шостого поверху відповідно представлено на рис. 2, д та рис. 2, е, температура кута будівлі склала $+21^{\circ}\text{C}$, а старої рами вікна 19°C .

Було проведено термографічне дослідження (рис. 3 та рис. 4) зовнішньої та внутрішньої частини будівлі, навчального корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Різдва, 19.

Результати термографічного дослідження було наведено у вигляді термограми першого поверху (рис. 3, а), передньої частини будівлі та її фотографія (рис. 3, б), з температурним діапазоном від $+9$ до $+13^{\circ}\text{C}$ і температурою віконної рами $+12^{\circ}\text{C}$; термограма першого поверху (рис. 3, в) задньої частини будівлі; термограма другого та третього поверху (рис. 3, з) кута будівлі та її фотографія (рис. 3, д), з температурним діапазоном від $+15$ до $+19^{\circ}\text{C}$ і температурою віконного отвору $+18^{\circ}\text{C}$, термограма другого та третього поверху (рис. 3, е) задньої частини будівлі та її фотографія (рис. 3, ж), з температурним діапазоном від $+15$ до $+20^{\circ}\text{C}$ і температурою підвіконня $+18^{\circ}\text{C}$.

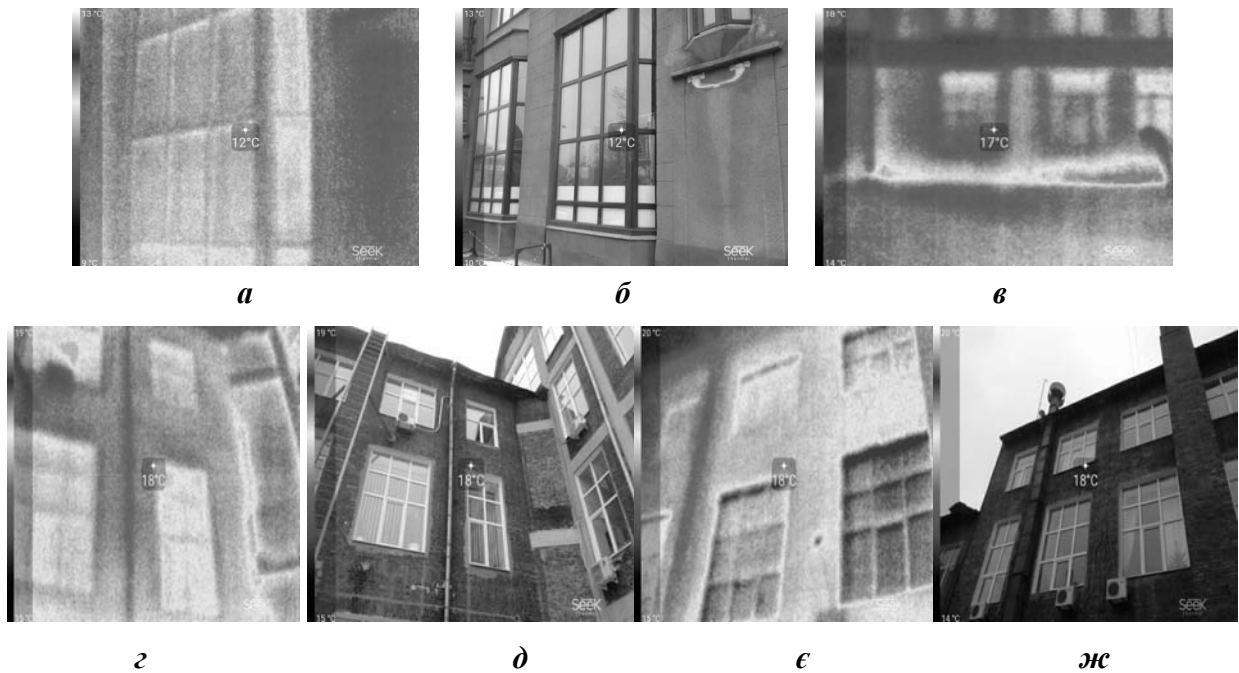


Рис. 3. Термограми та фотографії, зовнішньої частини будівлі корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Різдва, 19: а – термограма першого поверху, передньої частини будівлі; б – фотографія першого поверху, передньої частини будівлі; в – термограма першого поверху задньої частини будівлі; г – термограма другого та третього поверху кута будівлі; д – фотографія другого та третього поверху кута будівлі; е – термограма другого та третього поверху задньої частини будівлі; ж – фотографія другого та третього поверху задньої частини будівлі

На рис. 4 представлена термограма вікна першого поверху, внутрішньої частини будівлі, його фотографія, яка має температурний діапазон від +22 до +28°C і температуру скла вікна 0°C.

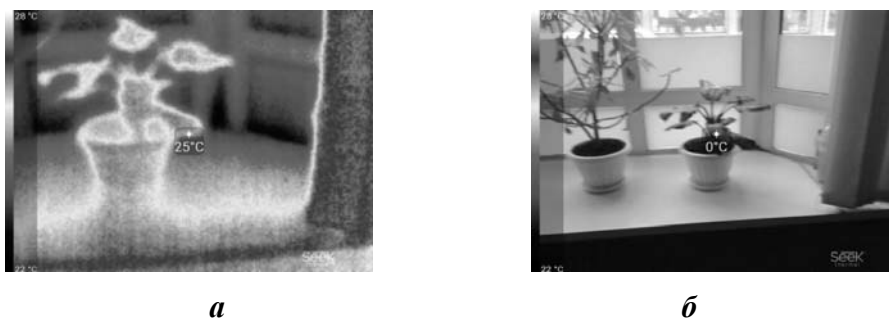


Рис. 4. Термограма та фотографія, внутрішньої частини першого поверху будівлі корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Різдва, 19: а – термограма вікна першого поверху, внутрішньої частини будівлі; б – фотографія вікна першого поверху, внутрішньої частини будівлі

На рис. 5 представлено термограми та фотографії будівлі корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, Московський проспект, 45.

Термограма (рис. 5, а) першого поверху, передньої частини будівлі та його фотографія (рис. 5, б) має діапазон температур від +8 до +13°C, з температурою передньої стіни будівлі +10°C; термограма (рис. 5, в) другого та третього поверху будівлі та їх фотографія (рис. 5, г) має температурний діапазон від +11

до $+16^{\circ}\text{C}$, з температурою віконного отвору третього поверху $+14^{\circ}\text{C}$, а також термограма (рис. 5, д) воріт та другого поверху, транспортної ділянки, задньої частини будівлі, стіна під вікном, в зоні теплообмінника має температуру $+16^{\circ}\text{C}$.

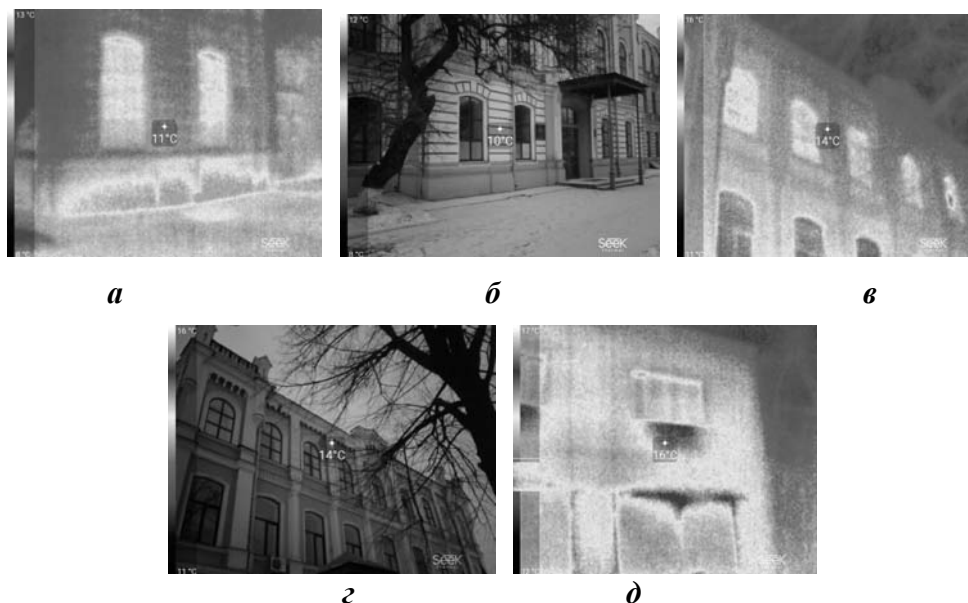


Рис. 5. Термограми та фотографії будівлі корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, Московський проспект, 45: а – термограма першого поверху, передньої частини будівлі; б – фотографія другого та третього поверху задньої частини будівлі; в – термограма другого та третього поверху будівлі; г – фотографія другого та третього поверху будівлі; д – термограма воріт та другого поверху, транспортної ділянки, задньої частини будівлі

На рис. 6 зображено термограми будівлі лабораторного корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, Московський проспект, 45. Термограма (рис. 6, а) першого поверху, передньої частини будівлі та термограма (рис. 6, б) воріт бокової частини будівлі, з температурним діапазоном від -6 до $+6^{\circ}\text{C}$ і від $+14$ до $+18^{\circ}\text{C}$ відповідно, температурою фасаду і металевих воріт $+16^{\circ}\text{C}$ і $+17^{\circ}\text{C}$ відповідно.

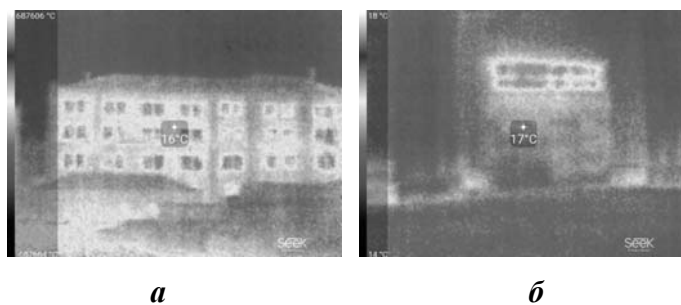


Рис. 6. Термограми будівлі лабораторного корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, Московський проспект, 45: а – термограма першого поверху, передньої частини будівлі; б – термограма воріт бокової частини будівлі

Термограми будівлі центрального корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Алчевських, 44 зображено на рис. 7. Термограма (рис. 7, а) першого поверху і кута будівлі, передньої частини будівлі, другого поверху (рис. 7, б), другого і третього поверху (рис. 7, в), першого поверху та цоколю (рис. 7, г) та другого і першого поверху і кута задньої частини будівлі (рис. 7, д) відповідно.

Перераховані частини мають температурний діапазон від +10 до +16°C, а також температури кута першого поверху, передньої частини будівлі +14°C, вікна другого поверху +13°C, вікна третього поверху +15°C, поглиблення стіни під вікном +11°C та кута задньої частини будівлі +13°C.

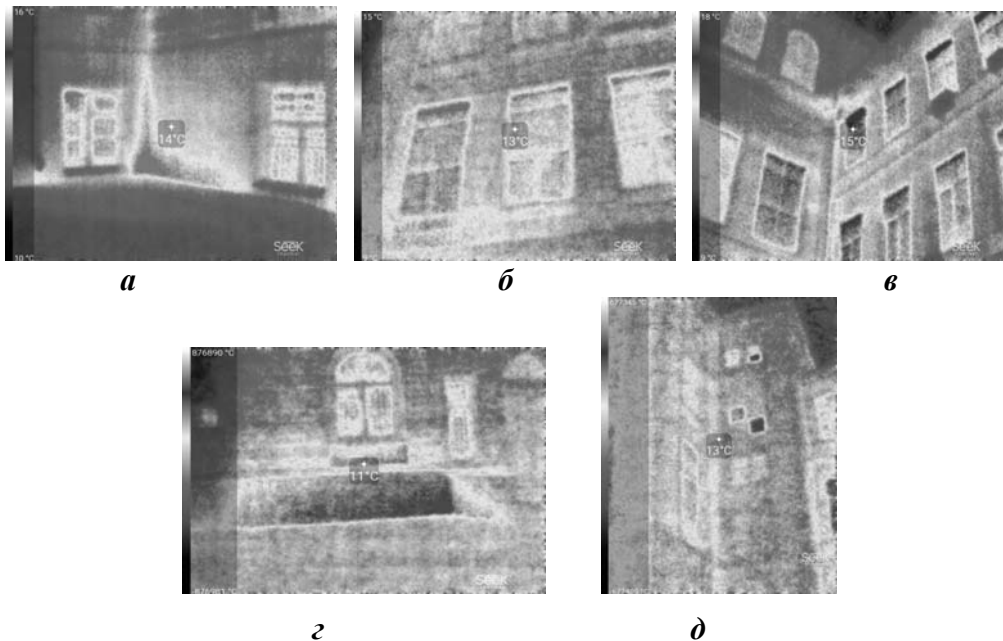


Рис. 7. Термограми будівлі центрального корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Алчевських, 44: а – термограма першого поверху та кута будівлі, передньої частини будівлі; б – термограма другого поверху; в – термограма другого та третього поверху; з – термограма першого поверху та цоколю; д – термограма другого та першого поверху та кута, задньої частини будівлі

Результати досліджень термографічних досліджень будівлі студентського гуртожитку № 4, ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Алчевських, 44 а, представлені на рис. 8. Термограма (рис. 8, а) будівлі з другого по п'ятий поверх, її передньої частини; термограма (рис. 8, б) першого поверху та кута будівлі та термограма (рис. 8, в) віконної рами п'ятого поверху, внутрішньої частини будівлі, мають відповідний температурний діапазон від +14 до +18°C. Температура віконного отвору четвертого поверху склала +17 °С, віконного отвору першого поверху +18 °С та в середині +18°C.

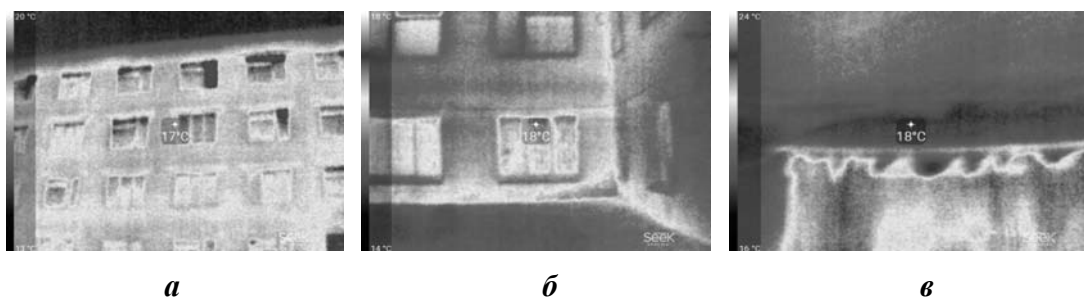


Рис. 8. Термограми будівлі студентського гуртожитку №4, ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Алчевських, 44 а: а – термограма з другого по п'ятий поверх, передньої частини будівлі; б – термограма першого поверху та кута будівлі; в – термограма віконної рами п'ятого поверху, внутрішньої частини будівлі

Під час термографічних досліджень будівлі студентського гуртожитку № 2, ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Гвардійців Широнінців, 43 Б, були отримані термограми та фотографія фасаду будівлі (рис. 9). Термограма фасаду (рис. 9, а), її фотографія (рис. 9, б) та термограма першого поверху і кута будівлі (рис. 9, в) мають відповідно температурний діапазон від +5 до +19°C і від +13 до +18°C, а також температура фасаду склала +13°C і віконного отвору першого поверху +17°C.

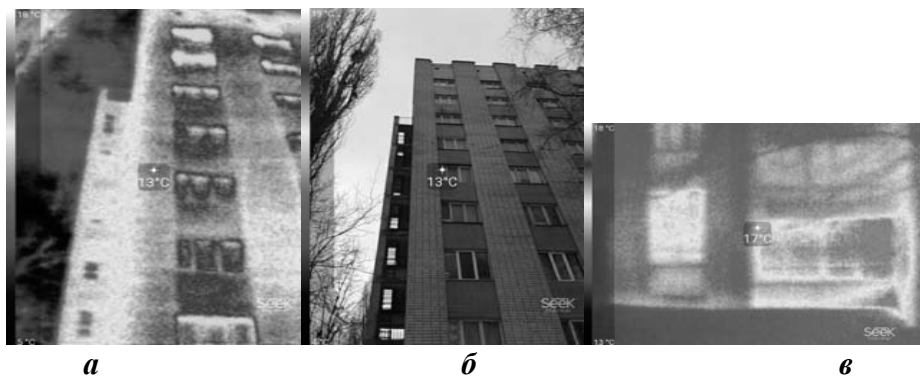


Рис. 9. Термограми та фотографія будівлі студентського гуртожитку №2, ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Гвардійців Широнінців, 43 Б: а – термограма фасаду; б – фотографія фасаду; в – термограма першого поверху та кута будівлі

На рис. 10 зображено термограми будівлі студентського гуртожитку № 1, ХНТУСГ ім. П. Василенка, пр. Ювілейний, 48/1. Термограма фасаду (рис. 10, а) та його фотографія (рис. 10, б) мають температурний діапазон від +9 до +17°C та температуру віконної рами +15°C.

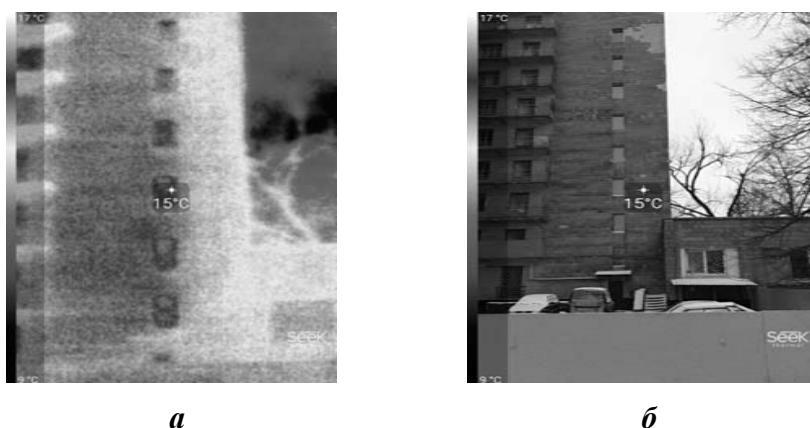


Рис. 10. Термограма та фотографія будівлі студентського гуртожитку № 1, ХНТУСГ ім. П. Василенка, пр. Ювілейний, 48/1: а – термограма фасаду; б – фотографія фасаду

Термограми та фотографія будівлі навчального корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, пр. Ювілейний, 65 Г зображено на рис.11. Термограма нижнього та першого поверху, задньої частини будівлі, її фотографія та термограма фасаду, бокової частини будівлі мають відповідні температурні діапазони від +14 до +18°C, а також температуру отвору вікна нижнього поверху +17°C та температуру фасаду +16°C.

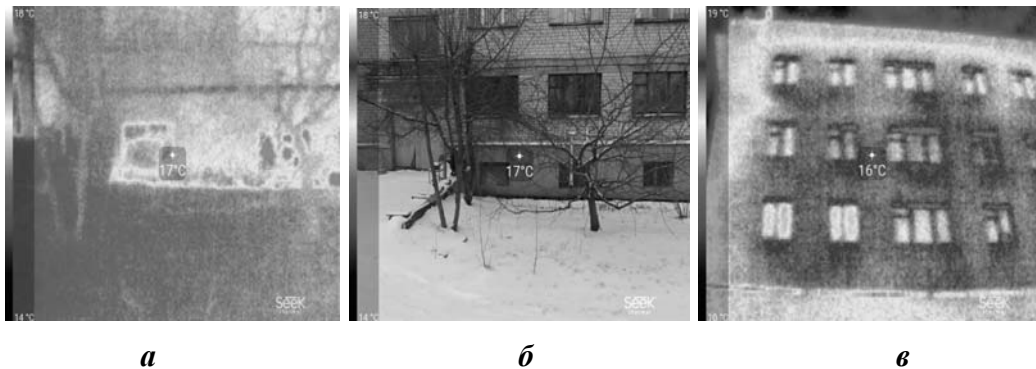


Рис. 11. Термограми та фотографія будівлі навчального корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, пр. Ювілейний, 65Г: а – термограма нижнього та першого поверху, задньої частини будівлі; б – фотографія нижнього та першого поверху, задньої частини будівлі; в – термограма фасаду, бокової частини будівлі

Обговорення результатів термографічних досліджень теплових втрат навчальних корпусів та студентських гуртожитків університету, а також заходів з підвищення рівня комфортності будівель і споруд

Підчас термографічного дослідження першого, другого та третього поверху задньої частини будівлі корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Мироносицька, 92, були виявлені основні причини та джерела теплових втрат такі, як негерметичність, малий показник приведенного опору вікон, теплові втрати крізь цоколь будівлі, теплові містки, які накопичують вологу та плісняву, негерметичність дверей підвалу, отвори в фасаді.

Термографічні дослідження багатоповерхової будівлі студентського гуртожитку № 3, ХНТУСГ ім. П. Василенка, по вул. Цілиноградській, 52 дали можливість встановити основні причини та джерела теплових втрат, які є ідентичними з попередньою будівлею, але до них можливо додати втрати тепла крізь кут будівлі, частину стіни під вікном (в зоні встановлення кондиціонера), закриття вікон нижнього поверху металевим листом.

Зовнішня та внутрішня частини будівлі навчального корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Різдва, 19 має ідентичні втрати тепла, як і перша будівля, але до них можливо додати наявність тріщин в стіні, задньої частини будівлі, отвори в стіні для трубок кондиціонерів. Методом порівняння старих дерев'яних вікон та нових пластикових було встановлено, що нові пластикові склопакети мають більшу здатність до теплових втрат.

Будівля корпусу ХНТУСГ ім. П. Василенка, Московський проспект, 45 має ідентичні джерела та причини теплових втрат, але до них можливо додати негерметичність металевих воріт та вікон дверей будівлі.

Лабораторний корпус, Московський проспект, 45, центральний корпус, вул. Алчевських, 44 мають ідентичні джерела та причини теплових втрат, як і перша досліджувана будівля.

Будівля студентського гуртожитку № 4, ХНТУСГ ім. П. Василенка, вул. Алчевських, 44 а, має такі ж самі джерела тепловтрат, але до них можливо додати тепловтрати, які спостерігаються крізь стіну душу, який знаходиться на

першому поверсі, наявність низької температури у віконному отворі в середині будівлі, на якій накопичуються волога та розповсюджується пліснява.

Під час термографічних досліджень будівлі студентського гуртожитку № 2, вул. Гвардійців Широнінців, 43 Б, студентського гуртожитку № 1, пр. Ювілейний, 48/1 та будівлі навчального корпусу, пр. Ювілейний, 65 Г були виявлені джерела тепловтрат фасаду будівлі, які є ідентичними та до яких можливо додати тепловтрати фасаду будівлі за рахунок мікротріщин, які є концентраторами напружень та в яких накопичується волога.

Аналізуючи термограми, можна визначити, що найбільшими джерелами тепловтрат є саме нові склопакети, пластикові вікна без відкосів, кути, фасади будівель з тріщинами, отвори під кондиціонери, металеві двері та цоколь будівель.

Для підвищення рівня комфортності та мікроклімату будівель і споруд, пропонуються заходи з енергозбереження, які спрямовані на зменшення теплових втрат. Для цього потрібно замінити вікна на склопакети, які повинні мати дві або більше повітряних камер; товщина профільної системи (непрозорої частини) віконної конструкції має бути не меншою ніж 70 мм (не рекомендується використовувати 3-х та 4-х камерні 58 мм та 60 мм системи); товщина непрозорого заповнення віконних конструкцій (сендвіч-панелі) повинна бути не меншою ніж 32 мм; показник приведенного опору теплопередачі повинен бути не менше ніж $0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ незалежно від температурної зони експлуатації [20].

З 2007 року ДБНВ.2.6-31: 2006 із змінами «Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель» регламентує фактичний опір теплопередачі $R=2,8 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ та ефективний утеплювач повинен мати $\lambda=0,05 \text{ Вт/(м}^\circ\text{К)}$. Рекомендується використовувати конопляні плити [21] (необхідна товщина утеплювача 10,2 см, коефіцієнт теплопровідності $0,04 \text{ Вт/(м}^\circ\text{К)}$), які є екологічними та мають шумоізоляційні властивості.

Висновки

1. Проведеними дослідженнями було встановлено, що всі будівлі та споруди ХНТУСГ ім. П. Василенка мають велику кількість джерел втрат тепла, до яких можна віднести: негерметичність, малий показник приведенного опору вікон, теплові втрати крізь цоколь будівлі, теплові містки, які накопичують вологу та плісняву, негерметичність металевих дверей підвалу, отвори в фасаді та відсутність скла, геометричні втрати тепла крізь кут будівлі, частину стіни під вікном (в зоні встановлення кондиціонера), закриття вікон нижнього поверху металевим листом.

2. Проведеними дослідженнями встановлено, що для підвищення рівня комфортності та мікроклімату будівель і споруд, необхідно впроваджувати заходи з енергозбереження, які направлені на зменшення теплових втрат. Для цього треба замінити вікна на склопакети, які відповідають сучасним вимогам, не залежно від кліматичної зони, ефективний утеплювач повинен мати

$\lambda=0,05$ Вт/(м⁰К), для цього необхідно використовувати конопляні плити, які є екологічними та мають шумоізоляційні властивості.

Список літератури

1. Guangbin, D. Y., Kuznetsova, M. M., Marakhovskii, M. B., Aleksina A. A. (2015). Determining energy costs for milling solid matter. *Technical Physics*. 60 (5). 775–777.
2. Khrypunov, G., Vambol S., Deyneko N., Suchikova Y. (2016). Increasing the efficiency of film solar cells based on cadmium telluride. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6 (5). 12–18.
3. Vambol, V. (2016). Numerical integration of the process of cooling gas formed by thermal recycling of waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6 (8–84). P. 48–53. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.85455.
4. Logvinkov, S. M., Shabanova, G. N., Korohodska, A. N., Khrystych, E. V. (2016). Modified alumina cement with high service properties. *China's Refractories*. 25 (4). 1–5.
5. Danchenko, Y., Andronov, V., Kariev, A. & Lebedev, V. (2017). Research into surface properties of disperse fillers based on plant raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5 (12-89). 20-26. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.111350.
6. Динаміка зміни тарифів на теплову енергію для потреб бюджетних установ, встановлених ліцензіатам Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг в розрізі регіонів України / Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) офіційний веб-сайт. URL : http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/teplo/dynamika_taryfy/iurydychni/Dynam_taryfy_teplo_organizatsii.pdf.
7. МОЗ: Температура повітря в житлових кімнатах не повинна бути нижчою за 18°C / Урядовий портал, Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України. 2015. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/248482570>.
8. Дорошенко Ю. І., Михалків В. Б. Оцінка впливу теплових втрат на ефективність експлуатації системи газопостачання будинку. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2013. №1(46). С. 134–142.
9. Тимошенко О. А., Сюрмакова Д. А. Підвищення ефективності використання теплових ресурсів у будівлі. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. 2016. № 87. С. 119–124.
10. Urzędowski, A., Wójcicka-Migasiuk, D., Styczeń J. (2017). Analysis of thermal properties and heat loss in construction and isothermal materials of multilayer building walls. *Advances in Science and Technology Research Journal*. № 11. 33–37.
11. Nikzad, S., Kari, B. M., Tahmasebi, F. (2011). The Application of Thermal Imaging as a Nondestructive Test in Historic Buildings. *XII International Conference on Durability of Building Materials and Components Porto* (pp. 1–9). Portugal, April 12th–15th.

12. Курякова Н. Б., Запольских Т. Ю., Пируцкая А. В., Балашов И. А., Попыванова З. Д. Определение теплотерь ограждающих конструкций корпусов вузов в городе Перми. *Современные технологии в строительстве. Теория и практика*. 2016. Т. 2. С. 36–41.
13. Джалалов М. Н., Компанієць А. О. Аналіз методів діагностики будівель і споруд за допомогою тепловізорів. *Науковий вісник будівництва*. 2016. Т. 86. С. 108–133.
14. Zbašnik-Senegačnik, M. (2009). Potential Energy Savings in Buildings. *Thesis Kosova*. 1. 105–126.
15. Andjelković, A. S., Cvjetković, T. B., Djaković, D. D., Stojanović I. H. (2012). The development of simple calculation model for energy performance of double skin façades. *Thermal science*. Vol. 12. Suppl. 1. 251–267.
16. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E. (2016). Increase of accuracy of definition of temperature by sensors of fire alarms in real conditions of fire on objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4 (5-82). 38-44. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.75063.
17. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E., Skliarov S. (2017). Examining the learning fire detectors under real conditions of application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 3 (9–87). 53–59. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.101985.
18. Sørensen, L. S. (2013). Heat Transmission Coefficient Measurements in Buildings Utilizing a Heat Loss Measuring Device. *Sustainability*. 5. 3601–3614.
19. Markowska-Kaczmar, U., Szymanska, A., Culer L. (2015.) Automatic indication of heat loss in thermograms of buildings. *International Journal of Computer Science and Applications*. Vol. 12. 2. 57–69.
20. Нові умови для категорії «Вікна». *Європейський банк реконструкції та розвитку*. URL: <http://www.iqenergy.org.ua/news/iqenergy-windows-2018-01-30>.
21. Савицький М. В., Ніколаєнко С. М., Бендерський Ю. Б., Бабенко М. М., Бондаренко О. І. Аграрні соціоекокомплекси в Україні. Дніпропетровськ : ДВНЗ «ПДАБА», 2014. 102 с.

O. Nanka, Doctor of Technical Sciences

V. Voytov, Doctor of Technical Sciences

Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko

Alchevsky str., 44, Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: nanka-1@i.ua

B. Tsymbal, PhD

S. Artemiev, PhD

National University of Civil Defence of Ukraine

Chernyshevska str., 94, Kharkov, 61023, Ukraine. E-mail: tsembalbogdan@ukr.net

IMPROVEMENT OF COMFORT AND MICROCLIMATE LEVEL IN BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

Purpose. The purpose of the study was to improve the level of labor protection, energy efficiency, energy saving, comfort and microclimate of premises of buildings and constructions (academic buildings and dormitories). **Originality.** This paper is dedicated to an experimental study of the heat loss of dormitories and academic buildings using the mobile thermographic camera Seek Thermal, which was connected to the mobile phone Samsung J2 making it possible to detect defects in structure, cracks and troubles that are sources of heat loss. **Methodology.** Using experimental method, the heat loss of academic buildings and dormitories of the university was determined by thermovision inspection, being a non-destructive way of examination. **Results.** For scanning, there was used an infrared thermal imaging. In the course of thermovision inspection and results processing, it has been found that the buildings and constructions of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petro Vasylenko have a lot of heat loss sources, which probably include: poor tightness, low index of windows resistance, heat losses through pedestal, heat bridges accumulating moisture and mold, poor tightness of the basement's metal door, holes in the facade and lack of glass, geometric heat loss through the angle of the building, part of the wall under the window (in the area of air conditioner installation), closing the lower floor window with a metal sheet. Based on the above, it can be said that in order to improve the comfort and microclimate level of buildings and construction, it is necessary to implement energy saving measures targeted at heat losses reduction. Thus, it is necessary to replace the windows with the insulating glass that meet the up-to-date requirements. In every climatic zone, an effective heater should have $\lambda = 0.05 \text{ W/ (mK)}$ and use hemp plates that are eco-friendly and sound-proofing. References 21, figures 11.

Key words: microclimate, thermographic camera, heat loss, insulating glass, comfortable conditions, energy efficiency, energy saving, thermographic camera, comfort, buildings, constructions.

REFERENCES

1. Guangbin, D. Y., Kuznetsova, M. M., Marakhovskii, M. B., Aleksina, A. A. (2015). Determining energy costs for milling solid matter. *Technical Physics*, 60 (5), 775-777.

2. Khrypunov, G., Vambol, S., Deyneko, N., Suchikova, Y. (2016). Increasing the efficiency of film solar cells based on cadmium telluride. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5), 12-18.
3. Vambol, V. (2016). Numerical integration of the process of cooling gas formed by thermal recycling of waste *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8-84), 48-53. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.85455.
4. Logvinkov, S. M., Shabanova, G. N., Korohodska, A. N., Khrystych, E. V. (2016). Modified alumina cement with high service properties. *China's Refractories*, 25 (4), 1–5.
5. Danchenko, Y., Andronov, V., Kariev, A., & Lebedev, V. (2017). Research into surface properties of disperse fillers based on plant raw materials *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12–89), 20-26. DOI : 10.15587/1729-4061.2017.111350.
6. Dynamika zminy taryfiv na teplovu enerhiiu dlia potreb biudzhetnykh ustanov, vstanovlenykh litsenziatam Natsionalnoi komisii, shcho zdiisniue derzhavne rehuliuвання u sferakh enerhetyky ta komunalnykh posluh v rozrizi rehioniv Ukrainy (2018). Natsionalna komisii, shcho zdiisniue derzhavne rehuliuвання u sferakh enerhetyky ta komunalnykh posluh (NKREKP) ofitsiinyi veb-sait. URL : http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/teplo/dynamika_taryfy/iurydychni/Dynam_taryfy_teplo_organizatsii.pdf [in Ukrainian].
7. MOZ: Temperatura povitria v zhytlovykh kimnatakh ne povynna buty nyzhchoiu za 18°S (2015). Uriadovyi portal, Yedynyi veb-portal orhaniv vykonavchoi vlady Ukrainy. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/248482570> [in Ukrainian].
8. Doroshenko, Yu. I., Mykhalkiv, V. B. (2013). Otsinka vplyvu teplovykh vtrat na efektyvnist ekspluatatsii systemy hazopostachannia budynku. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, 1(46), 134-142 [in Ukrainian].
9. Tymoshenko, O. A., Siurmakova, D. A. (2016). Pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia teplovykh resursiv u budivli. *Stroytelstvo, materialovedenye, mashynostroenye*, 87, 119-124 [in Ukrainian].
10. Urzedowski, A., Wojcicka-Migasiuk, D., Styczen, J. (2017). Analysis of thermal properties and heat loss in construction and isothermal materials of multilayer building walls. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11, 33-37.
11. Nikzad, S., Kari, B. M., Tahmasebi, F. (2011). The Application of Thermal Imaging as a Nondestructive Test in Historic Buildings. *XII International Conference on Durability of Building Materials and Components Porto* (pp.1–9). Portugal, April 12th–15th.
12. Kuriakova, N. B., Zapolskykh, T. I., Pyrutskaia, A. V., Balashov, Y. A., Popyvanova, Z. D. (2016). Opredelenye teplopoter ohrazhdaiushchykh konstruktsyi korpusov vuzov v horode Permy Sovremennye tekhnolohyy v stroytelstve. *Teoriya y praktyka*, 2, 36–41 [in Russian].

13. Dzhahalov, M. N., Kompanyets, A. A. (2016). Analiz metodiv diahnostryky budivel i sporud za dopomohoiu teplovi zoriv. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. 86, 108–133 [in Ukrainian].
14. Zbasnik-Senegacnik, M. (2009). Potential Energy Savings in Buildings. *Thesis Kosova*, 1, 105-126.
15. Andjelkovic, A. S., Cvjetkovic, T. B., Djakovic, D. D., Stojanovic, I. H. (2012). The development of simple calculation model for energy performance of double skin façades. *Thermal science*, 12, 1, 251-267.
16. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E. (2016). Increase of accuracy of definition of temperature by sensors of fire alarms in real conditions of fire on objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (5-82), 38-44. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.75063.
17. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Examining the learning fire detectors under real conditions of application *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9-87), 53-59. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.101985.
18. Sorensen, L. S. (2013). Heat Transmission Coefficient Measurements in Buildings Utilizing a Heat Loss Measuring Device, 5, 3601-3614.
19. Markowska-Kaczmar, U., Szymanska, A., Culer, L. (2015). Automatic indication of heat loss in thermograms of buildings. *International Journal of Computer Science and Applications*, 12, 2, 57-69.
20. Novi umovy dlia katehorii «Vikna» (2018). Yevropeiskyi bank rekonstruktsii ta rozvytku. URL : <http://www.iqenergy.org.ua/news/iqenergy-windows-2018-01-30>
21. Savytskyi, M. V., Nikolaienko, S. M., Benderskyi, Y. B., Babenko, M. M., Bondarenko, O. I. (2014). Ahrarni sotsioekokompleksy v Ukraini. Dnipropetrovsk : DVNZ «PDABA», 102 [in Ukrainian].

Дата подання статті до збірника – 06.08.2018