

УДК 699.86+697.14

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ТЕПЛОВОГО ЗАХИСТУ МАЛОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ

ЮРЧЕНКО Є.Л.^{1*}, к.т.н., доц.
КОВАЛЬ О.О.², к.т.н.
САВИЦЬКИЙ М.В.³, д.т.н., проф.
ДАНИШЕВСЬКИЙ В.В.⁴, д.т.н., проф.
КОВАЛЬ А.С.⁵, здобувач

^{1*} Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

² Придніпровський науково-освітній інститут інноваційних технологій в будівництві, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: 13koval@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

³ Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

⁴ Кафедра будівельної механіки та опору матеріалів, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, тел. +38 (0562) 47-03-79, e-mail: ydanish@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3049-4721

⁵ Кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського 24а, Дніпропетровськ 49600, Україна, тел. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: Akoval@impt.bayadera.com.ua, ORCID ID: 0000-0003-4124-6966

Анотація. Актуальність. Однією з головних задач країни є забезпечення енергетичної ефективності житлового фонду на всіх стадіях життєвого циклу. В роботі запропоновано та апробовано методику контролю параметрів якості теплового захисту житлових та громадських будівель на стадії будівництва. Як приклад, розглянуто енергоефективний будинок серійного виробництва OptimaHouse у м. Київ. **Метою** даної статті є апробація методики визначення параметрів якості теплового захисту малоповерхових будинків. **Методика** базується на проведенні поетапного комплексного інструментального обстеження: Blower Door тесту із одночасним проведенням тепловізійної зйомки. Практично доведено, що саме ці заходи дозволять здійснювати ефективний контроль за дотриманням сучасних вимог енергоефективності будівель. **Результати.** Проведено тест на герметичність та тепловізійна зйомка реального будівельного об'єкту. **Наукова новизна та практична значимість.** Надано рекомендації щодо перевірки параметрів якості теплоізоляційної оболонки енергоефективних будівель. Запропонована та апробована методика визначення параметрів якості теплового захисту малоповерхових будинків дозволила отримати наукові та практичні результати, які характерні для малоповерхових житлових будівель і можуть бути використані у подальшому проектуванні енергоефективних будівель.

Ключові слова: параметри якості; герметичність; Blower Door тест; теплоізоляційна оболонка; тепловізійна зйомка; тепловий захист; енергоефективний будинок.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ МАЛОЭТАЖНОГО ДОМА

ЮРЧЕНКО Е.Л.^{1*}, к.т.н., доц.
КОВАЛЬ Е.А.², к.т.н.
САВИЦКИЙ Н.В.^{3*}, д.т.н., проф.
ДАНИШЕВСКИЙ В.В.⁴, д.т.н., проф.
КОВАЛЬ А.С.⁵, соискатель

^{1*} Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение „Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина, тел. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

² Приднепровский научно-образовательный институт инновационных технологий в строительстве, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина, тел. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: 13koval@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

³ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение „Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

⁴ Кафедра строительной механики и сопротивления материалов, Государственное высшее учебное заведение „Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина, тел. +38 (0562) 47-03-79, e-mail: vdanish@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3049-4721

⁵ Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение „Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского 24а, Днепропетровск 49600, Украина, тел. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: Akoval@impt.bayadera.com.ua, ORCID ID: 0000-0003-4124-6966

Аннотация. Актуальность. Одной из главных задач страны является обеспечение энергетической эффективности жилищного фонда на всех стадиях жизненного цикла. В работе предложена и апробирована методика контроля параметров качества тепловой защиты жилых и общественных зданий на стадии строительства. В качестве примера, рассмотрен энергоэффективный дом серийного производства OptimaHouse в г. Киев. **Целью** данной статьи является апробация методики определения параметров качества тепловой защиты малоэтажных домов. Методика базируется на проведении поэтапного комплексного инструментального обследования: Blower Door теста с одновременным проведением тепловизионной съемки. Практически доказано, что именно эти мероприятия позволят осуществлять эффективный контроль за соблюдением современных требований энергоэффективности зданий. **Результаты.** Проведен тест на герметичность и тепловизионная съемка реального строительного объекта. **Научная новизна и практическая значимость.** Даны рекомендации по проверке параметров качества теплоизоляционной оболочки энергоэффективных зданий. Предложенная и апробированная методика определения параметров качества тепловой защиты малоэтажных домов позволила получить научные и практические результаты, которые характерны для малоэтажных жилых зданий и могут быть использованы в дальнейшем проектировании энергоэффективных зданий.

Ключевые слова: параметры качества; герметичность; Blower Door тест; теплоизоляционная оболочка; тепловизионная съемка; тепловая защита; энергоэффективный дом.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF QUALITY PARAMETERS THERMAL PROTECTION LOW-RISE HOUSES

IURCHENKO Iev.L. ^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.-prof.*

KOVAL O.O. ², *Cand. Sc. (Tech.)*

SAVYTSKYI M.V. ³, *Dr. Sc., Prof.*

DANISHEVSKYY V.V. ⁴, *Dr. Sc., Prof.*

KOVAL A.S. ⁵, *Applicant*

^{1*} Department of Reinforce-Concrete and Stone Structures, State Higher Education Establishment “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-10-36, e-mail: yel@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

² Pridneprovsky Research and Educational Institute for Innovation Technology in Construction, State Higher Education Establishment “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: 13koval@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

³ Department of Reinforce-Concrete and Stone Structures, State Higher Education Establishment “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sav15@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4515-2457

⁴ Department of Structural Mechanics and Strength of Materials, State Higher Education Establishment “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-03-79, e-mail: vdanish@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3049-4721

⁵ Department of Reinforce-Concrete and Stone Structures, State Higher Education Establishment “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Chernyshevsky St. 24a, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-10-55, e-mail: Akoval@impt.bayadera.com.ua, ORCID ID: 0000-0003-4124-6966

Abstract. Relevance. One of the main problems the country is to ensure the energy efficiency of housing in all stages of the life cycle. The paper proposed and tested method of for controlling the parameters of thermal protection qualities of residential and public buildings under construction. As an example, consider the energy-efficient house series production OptimaHouse in Kyiv. **Methodology.** The purpose of this article is to research methods of testing quality parameters of the thermal protection of low-rise houses. The methodology is based on conducting a phased complex instrumental inspection: Blower Door test with simultaneous thermo graphing. In practice, it is proved that these activities will allow effective monitoring of compliance with the modern requirements of energy efficiency of buildings. **Results.** An test for leaks and thermal imaging photography of the real construction site. **Scientific novelty and practical significance.** Recommendations for checking quality parameters of thermal insulation envelope of energy efficient buildings. Offers and testing Technique of research the parameters of quality of low-rise buildings thermal protection afforded scientific and practical results that are characteristic of low-rise residential buildings and can be used in future design energy-efficient buildings.

Keywords: quality parameters; impermeability; Blower Door Test; Thermal insulation shell; thermographing; thermal protection; energy-efficient house.

Вступ

Актуальною задачею будівництва є дотримання сучасних вимог для забезпечення енергоефективності будівель та пошук технічних, технологічних та організаційних рішень, які дозволяють підвищити рівень теплового захисту будівель і зменшити витрати на їх опалення, гаряче водопостачання та освітлення [1].

Сучасна будівля являє собою складну енергетичну систему [1-5]. Саме тому для підвищення її енергетичної ефективності застосовують різні заходи, найпоширеніші з них: підвищення теплозахисних властивостей зовнішніх огорожень, використання поновлювальних джерел енергії [2, 3] та сонячних колекторів [4, 5]), утилізація вторинної енергії. На практиці, ефективність заходів енергозбереження залежить від багатьох факторів, таких як: архітектурно-конструктивні особливості теплоізоляційної оболонки будинку і відсутність в ній теплопровідних включень, сезонні зміни режиму споживання тепла, види і режим роботи системи опалення, вентиляції, освітлення тощо.

Однак незалежно від того, наскільки компактна конструктивна схема будівлі, наскільки ефективні запроєктовані технічні рішення та їх відповідність діючим нормам теплозахисту будівлі [6, 7, 8], будівля не буде енергоефективною у випадку, якщо якість будівельних робіт не буде відповідати жорстким вимогам. Забезпечення високої якості будівництва тягне за собою проведення ряду додаткових робіт.

Головна мета цих робіт полягає в проведенні перевірки реального стану всіх елементів і конструкцій, які відповідають за якість теплового захисту будівлі.

В даній роботі наведено результати комплексної експериментальної методики визначення параметрів якості теплового захисту малоповерхового будинку. Дослідження проводились на прикладі першого серійного енергоефективного будинку в Україні – OptimaHouse [14].

Постановка проблеми. Параметри якості теплового захисту будівель

Для визначення теплофізичних й енергетичних характеристик та теплових втрат конструкцій будівель і споруд, згідно з діючими нормативними документами [6, 7, 8], розробляється енергетичний паспорт будівлі.

Енергетичний паспорт реєструє і встановлює розрахунковим способом запроєктовані теплофізичні характеристики будівельних конструкцій, а також встановлює розрахунковий рівень енергоспоживання об'єкту.

Слід зауважити, що дані енергетичного паспорта є усередненими і вони важливі лише для того, щоб підтвердити правильність обраного архітектурно-конструктивного рішення теплозахисту будівлі на етапі проектування, або погодження відповідних документів.

Наскільки якісно обрана конструкція теплозахисту будівлі, вірно і коректно проведено підбір будівельних матеріалів та конструкцій, чи присутні відхилення і відступи від проектної документації, і нарешті, наскільки грамотно виконані будівельно-монтажні роботи - на всі ці питання можна відповісти за допомогою *тепловізійної зйомки*.

Крім цього, ще одним параметром якості теплового захисту будівлі є *герметичність* будівлі. Повітронепроникна оболонка будівлі є важливою передумовою для реалізації сучасних енергозберігаючих заходів. Приміром, встановлення сучасних систем опалення, вентиляції та рекуперації повністю розкривають свій потенціал тільки після усунення пошкоджень герметичної оболонки будівлі.

Не менш важлива функція герметичності будівлі полягає в попередженні пошкоджень, які виникають при проникненні теплового і вологого повітря з приміщення у середину огорожуючої конструкції. Крім того, в герметичних будівлях істотно підвищується рівень комфорту та з'являється можливість досягнення сучасного енергозберігаючого стандарту: рівня пасивного або навіть активного будинку.

Під повітронепроникністю будинку не мається на увазі абсолютна герметичність, реалізація якої можлива тільки з надмірними фінансовими витратами, а її певний рівень, що дозволяє мінімізувати небажану фільтрацію повітря. Будівля відповідає вимогам з повітропроникності, якщо кратність повітрообміну в будівлі при різниці внутрішнього і зовнішнього тиску в 50Па не вище, ніж три рази на годину за нормами DIN EN13829 [15]. При наявності системи механічної вентиляції значення кратності повітрообміну n_{50} не повинно перевищувати $1,5 \text{ ч}^{-1}$. Норми пасивного будинку [12, 13, 15] передбачають максимальне значення n_{50} не більш $0,6 \text{ ч}^{-1}$.

Існують спеціальні установки для контролю якості герметичності оболонки, визначення витоків повітря (BLOWER DOOR), які дозволяють провести тест на герметичність. Технологія Blower Door - це визнана у всьому світі методика перевірки герметичності будівлі, яка дозволяє виміряти повітропроникність та ідентифікувати місця прихованих дефектів у конструкціях.

Для проведення вимірювання, установка BlowerDoor монтується в зовнішні двері або вікно об'єкту, що перевіряється. Всі інші зовнішні двері і вікна закриваються, внутрішні двері - повинні бути

відкритими. Автоматизоване проведення Blower Door тесту регламентується нормами EN 13829 [15] та ДСТУ Б В.2.2-19:2007 [16]. Для цього за допомогою Blower Door вентилятора з будівлі викачується (або закачується) стільки повітря, скільки необхідно для утримання постійної різниці в 50 Па між внутрішнім і зовнішнім повітрям. Такий перепад тиску майже не помітний для сприйняття, тому покидати будівлю на час перевірки не обов'язково. При наявності пошкоджень повітронепроникної оболонки будівлі, потоки зовнішнього повітря прагнуть проникнути в цих місцях у всередину будівлі (див. рис. 1). Під час обходу та обстеження всіх приміщень будівлі ці потоки локалізуються при допомозі анемометра або тепловізора.

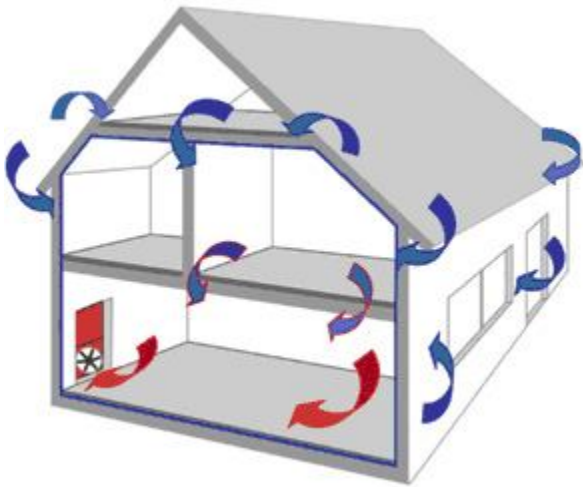


Рис. 1. Принцип Blower Door тесту /
The principle Blower Door test

Метод Blower Door застосовується для аналізу герметичності будівель в Німеччині вже більше 20 років і є сьогодні одним з найуспішніших засобів вимірювання повітропроникності в усьому світі. Використання тепловізора під час проведення Blower Door тесту оптимально доповнює перевірку зовнішньої оболонки будівлі: це дозволяє дати експертну оцінку зовнішньої оболонки будівлі і наочно її документувати.

Таким чином, основним параметром якості теплового захисту енергоефективної будівлі на стадії будівництва (та експлуатації) є **герметичність теплоізоляційної оболонки**. Цей параметр можна охарактеризувати як:

- властивість огорожувальної оболонки не пропускати інфільтраційне повітря із зовнішнього середовища в приміщення;
- властивість запобігати руйнуванню та пошкодженню будівельних конструкцій, що виникають внаслідок руху теплих повітряних потоків з водяним паром зсередини назовні;
- основна вимога до теплоізоляційної оболонки, що невід'ємно зв'язана з найважливішою вимогою енергозберігаючих будівель – надійною та якісною теплоізоляцією.

Визначення основних параметрів якості теплового захисту будинку можливо за допомогою Blower Door тесту та тепловізійної зйомки.

Мета

Метою даної статті є апробація методики визначення параметрів якості теплового захисту малоповерхових будинків.

Викладення основного матеріалу

Об'єкт дослідження – енергоефективний будинок серійного виробництва OptimaHouse, що не має аналогів у нашій країні. OptimaHouse створений на основі європейських концепцій "Мультикомфортний дім" та "Активний дім" і адаптований для українського ринку.

Проект OptimaHouse розроблений командою білоруських та українських спеціалістів на основі передового міжнародного досвіду. Архітектор проекту Олександр Кучерявий має досвід реалізації подібних проектів у Білорусі [14]. Робоча документація проекту OptimaHouse розроблена фахівцями ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури". Партнери проекту – «Сен-Гобен» ("ISOVER", "Rigips", "Weber"), "VELUX", "VEKA", "Schneider Electric", "Metrotile", "Доступне житло".

OptimaHouse являє собою компактний сучасний будинок загальною площею 128 кв. м., з мансардним поверхом та терасою, розрахований на проживання сім'ї із 3-х осіб (рис. 2). Будинок побудовано за каркасною технологією (дерев'яний каркас заводського виготовлення з теплоізоляційними матеріалами усередині). В будівництві використовуються сучасні будівельні матеріали, обладнання та конструкції - наприклад, тепло- і звукоізоляція ISOVER, гіпсокартон Rigips, композитна черепиця Metrotile, енергоефективні вікна - фасадні вікна з профілю VEKA із застосуванням скла Saint-Gobain Glass і мансардні вікна VELUX, а також система управління інженерними системами («розумний дім») Schneider Electric. Гідроізоляція фундаменту виконана матеріалами WEBER.

Аналіз результатів розрахунку енергетичного паспорту будівлі

Використані у проекті OptimaHouse новітні матеріали та інноваційні технології дозволили віднести будівлю до найвищого класу енергоефективності згідно норм [6] – класу А.

Деякі зауважень щодо енергетичної класифікації в Україні. Відповідно до діючої нормативної методики класифікації енергетичної ефективності, клас енергоефективності встановлюється в залежності від різниці в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат $q_{буд}$ та максимально допустимого значення E_{max} [6]:

$$[(q_{\text{бюд}} - E_{\text{max}}) / E_{\text{max}}] \cdot 100\% \quad (1)$$

Так згідно енергетичного паспорту будинку розрахункове значення річних питомих тепловитрат ОптімаHouse становить $q_{\text{бюд}} = 31,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Максимально допустиме значення тепловитрат на опалення такого будинку визначається відповідно до діючих норм за формулою [6]:

$$E_{\text{max}} = 470 \times F_h^{-1/4} \quad (2)$$

і становить $= 136,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

На нашу думку залежність (2) не є коректною, а значення максимально допустимих тепловитрат, розрахованих за цією формулою, є необ'єктивними та енерговитратними.

Так, будівля з опалювальною площею як у ОптімаHouse, але з більш ніж у два рази енерговитратним енергоспоживанням ($65,0 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$) за нормами відноситься до класу А. Аналогічна будівля з питомими тепловитратами більшими ніж $120,0 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ згідно норм відноситься до класу В. У той же час, за європейською класифікацією ці будівлі класифіковані як енерговитратні із річними питомими тепловитратами більш ніж $60,0 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ [8, 9, 10, 12, 13]

Проведені розрахунки свідчать про необхідність перегляду норм стосовно визначення максимально допустимого значення питомих тепловитрат на опалення малоповерхових будівель.



Рис. 2. Енергоефективний будинок ОптімаHouse / Energy-efficient house OptimaHouse

Для досягнення найвищого класу енергоефективності на практиці необхідно якісне виконання усіх будівельних та монтажних робіт. Тому співавторами проекту було заплановано декілька етапів комплексних інструментальних обстежень в процесі будівництва. Перший етап виконувався після монтажу несучих і огорожуючих будівельних конструкцій до виконання внутрішнього оздоблення; другий – після проведення робіт з внутрішнього оздоблення.

Комплексне інструментальне обстеження включало визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій - проведення Blower Door тесту (виконувалось спеціалістами ДП "Державний науково дослідний інститут будівельних конструкцій") із одночасним проведенням тепловізійної зйомки (виконувалось спеціалістами ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури").

Результати комплексного інструментального обстеження

При проведенні Blower Door тесту першого етапу кратність повітрообміну в будівлі при різниці внутрішнього і зовнішнього тиску в 50 Па перевищила нормативну. Крім того в процесі проведення випробувань, при викачуванні із будівлі повітря, потоки зовнішнього повітря, проникаючи всередину, частково "зірвали" утеплювач та пароізоляцію (див. рис.3), тим самим позначивши місця із браком монтажу - "містки холоду".

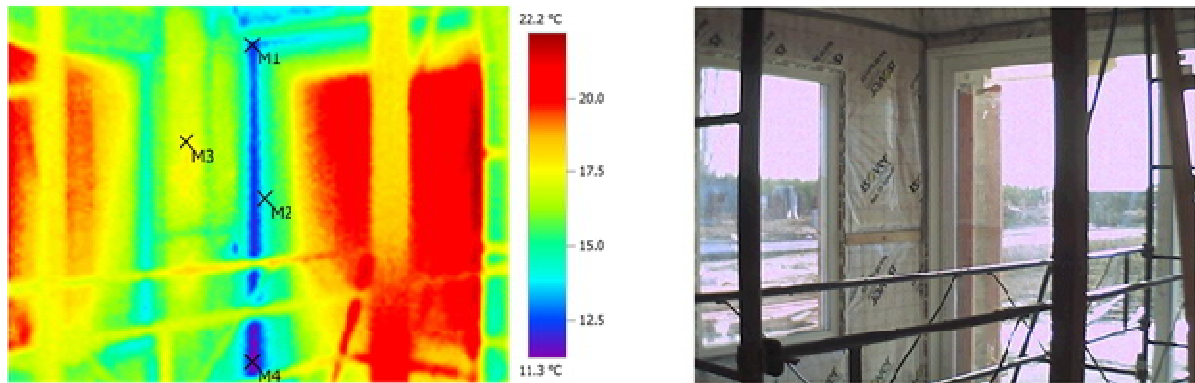


Рис. 3. Проведення Blower Door тесту / The process of Blower Door test

Цей факт підтвердила і тепловізійна зйомка, за результатами якої були виявлені характерні для цієї малоповерхової будівлі теплопровідні вclusions, такі як:

- цокольна частина будівлі;
- віконні відкоси;
- вузли з'єднання несучих елементів каркасу;
- кути будівлі.

По результатах тепловізійного обстеження першого етапу була сформована база термограм характерних вузлів (див. рис. 4 – рис. 7), яка стала основою для проведення наступного детального енергетичного обстеження, аналізу причин виникнення дефектів та розробку технічних рішень для усунення цих недоліків.

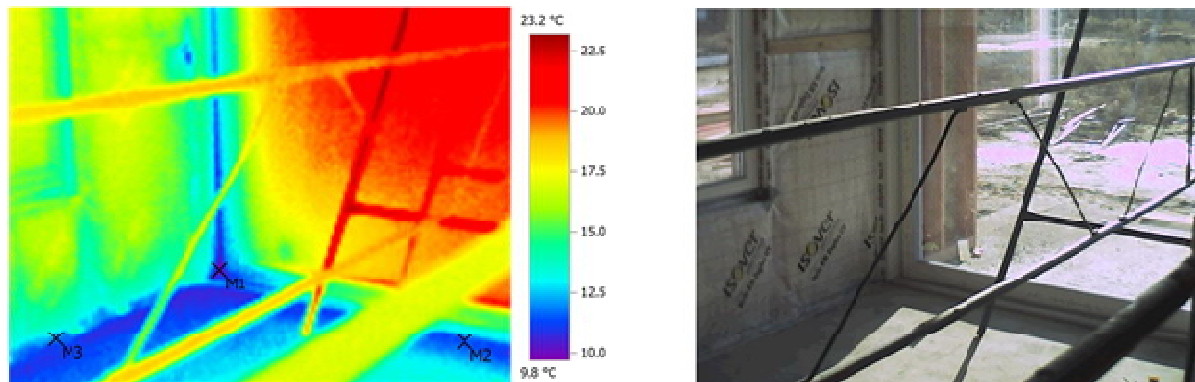


Параметры изображения:
 Коэффициент излучения: 0.94
 Отраж. темп. [°C]: 20.0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	12.3	0.94	20.0	-
Точка измерения 2	14.1	0.94	20.0	-
Точка измерения 3	17.3	0.94	20.0	-
Точка измерения 4	11.4	0.94	20.0	-

Рис. 4. Результаты тепловизионного обследования: фиксация теплопроводного включения – кут зовнішніх стін /
 The results of thermal imaging inspection: fixing heat-conductive inclusion - angle exterior walls

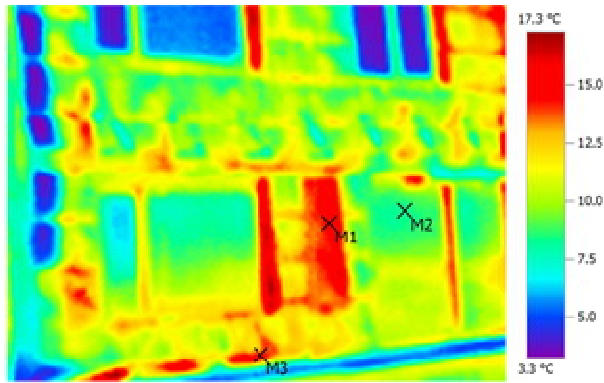


Параметры изображения:
 Коэффициент излучения: 0.94
 Отраж. темп. [°C]: 20.0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	9.8	0.94	20.0	-
Точка измерения 2	11.4	0.94	20.0	-
Точка измерения 3	12.0	0.94	20.0	-

Рис. 5. Результаты тепловизионного обследования: фиксация теплопроводного включения – кут зовнішніх стін та цоколю /
 The results of thermal imaging inspection: fixing heat-conductive inclusion - angle exterior walls and base

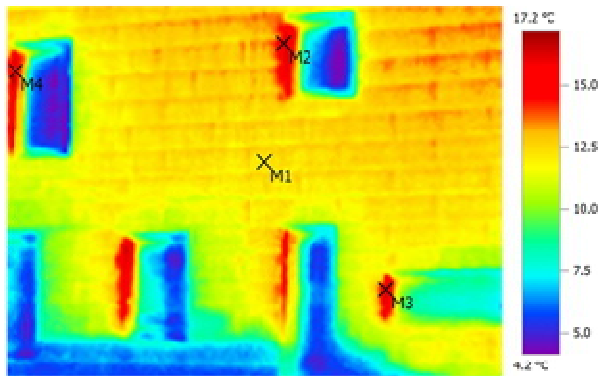


Параметры изображения:
 Коэффициент излучения: 0.94
 Отраж. темп. [°C]: 20.0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	15.1	0.94	20.0	-
Точка измерения 2	8.4	0.94	20.0	-
Точка измерения 3	14.3	0.94	20.0	-

Рис. 6. Результаты тепловизионного обследования: фиксация теплопроводного включения – отсутствие утеплителя в внешней стене / The results of thermal imaging inspection: fixing heat-conductive inclusion - lack of insulation in the exterior wall



Параметры изображения:
 Коэффициент излучения: 0.94
 Отраж. темп. [°C]: 20.0

Выделение изображений:

Измеряемые объекты	Темп. [°C]	Излуч.	Отраж. темп. [°C]	Примечания
Точка измерения 1	12.2	0.94	20.0	-
Точка измерения 2	15.7	0.94	20.0	-
Точка измерения 3	16.5	0.94	20.0	-
Точка измерения 4	16.0	0.94	20.0	-

Рис. 7. Результаты тепловизионного обследования: фиксация теплопроводного включения – некачественное утепление оконных откосов / The results of thermal imaging inspection: fixing heat-conductive inclusion - low quality insulation of window slopes

Після усунення виявлених недоліків – ліквідації теплопровідних вклучень було проведено другий етап Blower Door тесту. Випробування проводились згідно нормативного документу ДСТУ Б В.2.2-19:2007 "Методи визначення повітроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах" [16].

Дослідну установку – вентилятор було вмонтовано в зовнішні двері будинку (рис. 8 а). Перепад тиску та витрати об'єму повітря під час випробування фіксувались за допомогою манометру та витроміра (рис. 8 б)

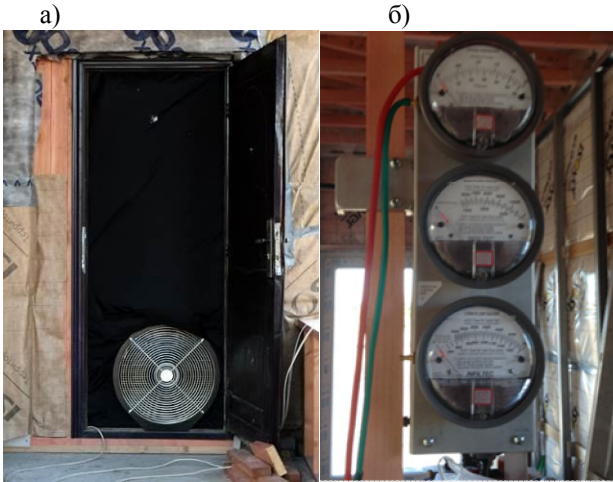


Рис. 8. Обладнання для проведення Blower Door тесту / Equipment for Blower Door test

Особливої поведінки або змін конструкцій під час випробувань другого етапу виявлено не було.

Нижче приведено аналіз результатів випробувань, проведених випробувальним відділом будівельної фізики та ресурсозбереження ДП "Державний науково дослідний інститут будівельних конструкцій" (протокол №13к/15 від 09.04.2015 р).

Результати випробувань повітропроникності приміщення будинку при різних перепадах тиску наведено в табл. 1.

Графічно визначена залежність витрат повітря при різних перепадах тиску (див. рис. 9).

Оцінка результатів випробувань кратності повітрообміну наведено в табл. 2

Таблиця 1

Результати випробувань повітропроникності приміщення будинку / Test results air permeability of house

Перепад тиску, ΔP, Па	10	20	30	40	50
Витрата повітря, G, м³/год	139	257	356	458	594

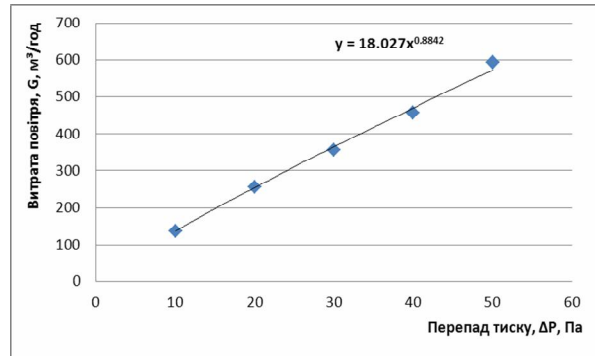


Рис. 9. Залежність витрат повітря при різних перепадах тиску / Dependence of air flow at different pressure drops

Таблиця 2

Аналіз результатів випробувань повітропроникності / Analysis of test results air permeability

Характеристика	Величина
Об'єм приміщення V, м³	450
Витрата повітря, G м³/год, при ΔP-50 Па	594
Кратність повітрообміну, n50, год ⁻¹	1,32

Таким чином, будівля OptimaHouse відповідає вимогам з повітропроникності згідно нормам DIN EN13829 [15], тобто при різниці внутрішнього і зовнішнього тиску в 50 Па і при наявності системи механічної вентиляції значення кратності повітрообміну n50 не повинно перевищувати 1,5 ч⁻¹.

Наукова новизна та практична значимість

Аналіз проведених досліджень показав що, якість проведення будівельно-монтажних робіт суттєво впливає на параметри теплового захисту будівлі. Запропонована та апробована на прикладі будинку OptimaHouse методика визначення параметрів якості теплового захисту малоповерхових будинків дозволила отримати практичні результати, які характерні для малоповерхових житлових будівель та можуть бути використані у подальшому проектуванні енергоефективних будівель.

Висновки

1. В роботі запропоновано та апробовано методику експериментального визначення параметрів якості теплового захисту малоповерхових будинків. Як приклад, розглянуто житловий будинок OptimaHouse у м. Київ.

2. Методика базується на проведенні поетапного комплексного інструментального обстеження: Blower

Доог тесту із одночасним проведенням тепловізійної зйомки.

3. Проведені в роботі енергетичні розрахунки свідчать про необхідність перегляду діючих норм стосовно визначення максимально допустимого

значення питомих тепловитрат на опалення малоповерхових будівель.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Мхитарян М.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К.: Наукова думка, 2000. – 420 с.
Mhitarjan M.M. Jenergosberegajushhie tehnologii v zhilishhnom i grazhdanskom stroitel'stve [Energy conservation technologies in Civil Engineering]. – К.: Naukova dumka, 2000. – 420 pp.
2. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1985. – 351 с.
Hajnrlih G., Najork H., Nestler V. Teplonasosnye ustanovki dlja otopenija i gorjachego vodosnabzhenija [Heat pumps for heating and water supply systems]. – М.: Strojizdat, 1985. – 351 pp.
3. Рей Д., Макмайкл Д. Тепловые насосы. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
Rej D., Makmajkl D. Teplovyje nasosy [Heat pumps]. – М.: Jenergoizdat, 1982. – 224 pp.
4. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Аvezов Р.Р., Барский-Зорин М.А., Васильева И.М. и др.; под ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
Sistemy solnechnogo teplo- i hladosnabzhenija [Solar heat and cold supply systems] / Avezov R.R., Barskij-Zorin M.A., Vasil'eva I.M. i dr.; pod red. Je.V. Sarnackogo i S.A. Chistovicha. – М.: Strojizdat, 1990. – 328 pp.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
Harchenko N.V. Individual'nye solnechnye ustanovki [Individual solar systems]. – М.: Jenergoatomizdat, 1991. – 208 pp.
6. ДБН В.2.6-31: 2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с.
DBN V.2.6-31: 2006. Teplova izoljacija budivel' [Thermal insulation of buildings]. – К.: Ukrarhbudininform, 2006. – 65 pp.
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
DSTU-N B V.1.1-27:2010. Budivel'na klimatologija [Civil Engineering Climatology]. – К.: Minregionbud Ukraïni, 2011. – 123 pp.
8. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, European Committee for Standardization, 2008.
9. Ievgenii Iurchenko, Olena Koval, Mykola Savytskyi and Karim Limam / Economic Feasibility Evaluation of Building Passive // Journal of Energy and Power Engineering Houses Volume 8, Number 6, June 2014 (Serial Number 79) 1047-1053. ISSN1934-8975 USA <http://www.davidpublishing.org>, www.davidpublishing.com.
10. Savytskyi M., Iurchenko Iev., Koval O., Babenko M. / Development of low-rise energy-efficient construction in Ukraine // ECCE-GSCE-WCCE International Conferens Seismics-2014, #59. Tbilisi, Georgia, 14 p.5-11 http://www.ecceengineers.eu/news/2014/59_Intl_Conf_Seismic_design_papers.pdf
11. Iurchenko Iev.L. Development of the energy saving projects in the buildings of budget organizations on the basis of reinvestment. – Manuscript: 05.13.22 / Iurchenko Iev.L. – Dnipropetrovsk, 2004. – 180p.
12. Koval O.O. Energy efficiency of low-rise residential buildings of architectural constructive systems. – Manuscript: 05.23.01. / Koval O.O.– Dnipropetrovsk, 2012. – 152p.
13. Iurchenko Iev. Economic feasibility of energy-efficient and passive house construction in Ukraine / Iurchenko Ie.L., Koval O.O., Savytskyi M.V. // Building, materials sciences, mechanic engineering: Collection of scientific papers Issue№68. – Dnipropetrovs'k, PSAES, 2013. - p. 462 – 468. http://pgasa.dp.ua/a/international%20conferences/eco/archive/vipusk_68_2013.pdf
14. Optimahouse [Електронний ресурс]/ Режим доступа: <http://www.optimahouse.com.ua/>
Optimahouse / [Electronic source]// Mode of access: <http://www.optimahouse.com.ua/>
15. CSN EN 13829 Thermal performance of building - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified)
16. ДСТУ Б В.2.2-19:2007 Методи визначення повітроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах, 2008. – 22 с.
DSTU B V.2.2-19:2007 Method for determination of air permeability of building envelope in field conditions – К.: Minregionbud Ukraïni, 2008. – 22 pp.

Статья поступила в редколлегию 03.08.2015