

ВИБІР ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ ЗА ЇХ ТЕПЛОТЕХНІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

SELECTION OF INSULATION MATERIALS FOR THE RECONSTRUCTION OF HISTORICAL BUILDINGS ACCORDING TO THEIR THERMAL CHARACTERISTICS

© Данчак О.І., 2025

DOI

Поліпшення теплових характеристик історичних будівель може сприяти зменшенню енергоспоживання будівель та пов'язаного з цим негативного впливу на навколишнє середовище. У цій статті досліджуються теплові характеристики семи варіантів внутрішньої ізоляції на історичній цегляній стіні за допомогою датчиків теплового потоку (вимірювання коефіцієнта теплопровідності), тепловізійного обстеження та вимірювання температури внутрішньої стіни. Ізоляційні матеріали включають термофарбу, аерогель, коркове вапно, конопляне вапно, силікатно-кальцієву плиту, деревоволокнисту плиту та PIR плиту. Їхні характеристики порівнюються з традиційною вапняною штукатуркою. Крім того, в лабораторії вимірюються їхня щільність та питома теплоємність.

Ключові слова: енергоефективність, теплоізоляційні матеріали, енергоощадна архітектура, житлові будинки, історичні житлові будинки, реконструкція.

Постановка проблеми

Збереження історичної спадщини є одним із найскладніших викликів для сучасності. Питання інтеграції новітніх технологій для створення енергетичного балансу межує на стику архітектури, будівельної фізики та культурної спадщини. З кожним роком проблема пошуку балансу між автентичністю та термомодернізацією стає гострішою чим формує наукове поле досліджень, в якому спостерігається все більше підвищення активності пошуків міждисциплінарних підходів.

Проблема енергоефективності в архітектурі та містобудуванні охоплює широкий спектр наукових дисциплін та практичних напрямків, включаючи законодавчі аспекти, методики проектування, історію архітектури, екологію, економіку будівництва, будівельну фізику та урбаністику. Оскільки сучасні тенденції розвитку міст зосереджені на підвищенні енергоефективності як одного з ключових аспектів стійкого розвитку, значна увага приділяється аналізу можливостей інтеграції енергоощадних технологій у реновацію історичних та житлових будівель.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проаналізовані наукові роботи, присвячені енергоефективності історичних будівель, зосереджуються на балансі між збереженням архітектурної автентичності та впровадженням сучасних технологій.

Одними з таких авторів є Шербан С.Е. та ін. (2024), Федорчак-Цісак М. та ін. (2024), Гупта Дж. (2024), головною метою яких було визначення компромісів між збереженням автентичності та модернізації існуючої тканини, враховуючи архітектурну цінність кожного елементу об'єкта. Зокрема, у статті «The intersection of Architectural Conservation and Energy Efficiency: A Case Study of Romanian Heritage Buildings» Шербан С.Е. та ін. (2024) досліджується спосіб поєднання новітніх енергоефективних заходів із збереженням автентики на прикладі румунських історичних будівель.

Окремою сферою досліджень варто виділити дослідження власне матеріалів які використовуються при термомодернізації будівель та споруд. Такі роботи зосереджуються на аналізі сучасних утеплювальних матеріалів та порівнянні традиційних й інноваційних рішень. Зокрема Сердюк В.Р., Рудик С.В., Гоголь С.В. (2024) у статті “Використання традиційних та інноваційних теплоізоляційних матеріалів для утеплення стін житлових та громадських будівель” досліджують експлуатаційні властивості пінополістиролу, мінеральної вати та аерогелю. Стаття аналізує сучасний стан енергозабезпечення житлового фонду України в умовах значного споживання енергетичних ресурсів та переходу до електроопалення через відмову від імпорту природного газу. Досліджено експлуатаційні властивості традиційних утеплювачів, таких як пінополістирол і мінеральна вата, а також перспективи використання негорючого газобетону та аерогелю. Стаття розглядає традиційні та інноваційні теплоізоляційні матеріали.

Загалом, аналіз літератури показав, що проблема енергоефективності містобудування та архітектури має комплексний характер, залучаючи широке коло наукових дисциплін. Науковці досліджують як теоретичні основи формування енергоефективних будівель, так і практичні методи їхньої реконструкції. Важливими аспектами є фінансування модернізаційних програм, гармонізація законодавчих вимог із європейськими стандартами та інтеграція альтернативних джерел енергії у реноваційні процеси.

Мета статті

Метою дослідження є аналіз та обґрунтування вибору інноваційних теплоізоляційних матеріалів для утеплення історичних житлових будинків.

Виклад основного матеріалу

Зміна клімату вважається найсерйознішою екологічною проблемою XXI століття. Будівельний сектор несе відповідальність за погіршення стану навколишнього середовища через вичерпання ресурсів, споживання енергії, викиди газів та утворення відходів. Однак державна політика, технологічний прогрес та підвищення обізнаності громадськості сприяють зусиллям щодо зменшення цього впливу. Енергія, що витрачається на експлуатацію будівель, значна частина якої використовується для опалення, є одним із основних факторів споживання енергії та утворення викидів. В Ірландії 44 % існуючого будівельного фонду було збудовано до введення спеціальних енергетичних вимог до будівель. Отже, модернізація існуючих будівель з метою зменшення непотрібних втрат тепла може сприяти мінімізації їх негативного впливу на навколишнє середовище.

Це дослідження вивчає теплові характеристики на місці застосування різних видів внутрішньої ізоляції, що застосовуються до історичних цегляних стін. Воно враховує лабораторні вимірювання, дані виробників та вимірювання на місці. Особлива увага

приділяється естетичним та будівельним характеристикам історичних будівель. Досліджуються тонкі ізоляційні матеріали (<45 мм) з метою мінімізації їх негативного візуального впливу на пропорції приміщень та історичні особливості. Це дослідження є частиною більш широкого проекту, в рамках якого також досліджуються гігроскопічні властивості та постійно контролюється поведінка вологи в історичній цегляній стіні після застосування ряду внутрішніх ізоляційних матеріалів, щоб переконатися, що ізоляція не підриває довговічність будівельної конструкції.

Кількість тепловтрат через стіни часто є предметом спекуляцій, і зазвичай наводяться цифри в діапазоні від 10 до 45%. Середнього значення не існує, і фактичні тепловтрати залежать від безлічі змінних, включаючи площу поверхні стіни, вік, склад, стан і технологію будівництва. Однак застосування ізоляції на стінах і пов'язане з цим зниження теплопровідності повинно значно сприяти загальному поліпшенню енергоефективності будівлі. Величина цього поліпшення буде залежати від декількох змінних, таких як тип будівлі, кліматичні умови і характеристики ізоляційних матеріалів (Aksoezen M.et al., 2015).

Історичні будівлі (побудовані до 1944 року) становлять значну частину існуючого будівельного фонду більшості європейських міст і є складною категорією будівель для пошуку відповідних рішень з енергоефективної модернізації. Ці будівлі, як правило, мають архітектурну та історичну цінність, тому дуже важливо, щоб будь-яка тепла модернізація не підривала їх особливий характер. У більшості випадків можна знайти баланс між захистом історичної цінності будівлі та відповідними заходами з енергозбереження, які зменшують їхній негативний вплив на навколишнє середовище, знижують енерговитрати будівлі та покращують комфорт мешканців, забезпечуючи довгострокову життєздатність таких будівель.

Існує поширена думка про погані теплові характеристики історичних будівель у порівнянні з більш сучасними будівлями, хоча дослідники довели, що це не відповідає дійсності (Asdrubali F., et al., 2014). Walker R., Pavía, S. (2015) зауважили, що загальновідомі дані можуть переоцінювати енергоспоживання в традиційних будівлях на 40 %. Отже, існує великий простір для подальших досліджень теплових характеристик історичних будівель та відповідних методів модернізації.

Архітектурна та історична цінність зовнішніх фасадів історичних будівель унеможливорює використання зовнішньої ізоляції для більшості споруд. Внутрішня ізоляція вважається більш прийнятною альтернативою, хоча вона все одно може бути досить інвазивною: вимагає використання нових матеріалів, заміни історичних облицювань, порушення внутрішніх елементів, таких як столярні вироби, та спотворення оригінальних пропорцій приміщень, а отже, підходить лише для певних будівель.

Ще однією проблемою внутрішньої ізоляції є її фізична сумісність з традиційним будівництвом. Зміна балансу між рухом тепла, повітря та вологи в стіні може вплинути на цілісність будівлі (Walker, Pavía, 2015). Застосування внутрішньої ізоляції на внутрішній стороні традиційної стіни може призвести до накопичення вологи всередині стіни та потенційної міжклітинної конденсації, пошкодження морозом, гниття деревини та росту цвілі. Накопичення вологи в стіні відбувається з двох основних причин: знижена проникність ізоляції перешкоджає висиханню в напрямку до внутрішньої частини, а ізоляція знижує температуру стіни, що призводить до зниження її висихальної здатності та збільшення ймовірності конденсації вологи всередині стіни.

У будівельній галузі для вимірювання теплопередачі за допомогою кондукції, конвекції та випромінювання через стіни зазвичай використовується коефіцієнт теплопередачі (U-значення – Вт/м²К). Методи вимірювання теплопровідності стіни на місці – це датчики теплового потоку та термографічні дослідження (A.A. Azemati et al., 2013), і обидва ці методи використовуються в даному дослідженні. Тут вимірювання U-значення за допомогою датчиків теплового потоку

якісно підкріплюються тепловізійним зображенням. Інфрачервона термографія зазвичай не використовується кількісно через кілька параметрів, що впливають на вимірювання, включаючи випромінюваність, відбивну здатність, умови навколишнього середовища та колір.

Типове, широко прийняте стандартне значення U для 220-міліметрової цегляної стіни з 13-міліметровою внутрішньою штукатуркою становить 2,09 Вт/м²К (Р. Baker, 2011), хоча автори, які досліджують значення U цегляних стін на місці, вимірюють нижчі значення із середнім показником 1,3–1,4 Вт/м²К (R. Černý et al., 2006). Переоцінка значень U стін може призвести до помилкової оцінки варіантів енергозбереження, завищення вимог до ізоляції, нижчих, ніж очікувалися, поліпшень теплових характеристик та неправильної оцінки енергозбереження.

Вимірювання на місці є важливим, оскільки існує значна розбіжність між фактичними та розрахунковим/модельованими значеннями U -коефіцієнта стін. Як зазначалося вище, фактичний U -коефіцієнт цегляних стін часто є нижчим за розрахований. Крім того, з попередніх досліджень, відомо, що програмне забезпечення переоцінювало U -коефіцієнти традиційних стін порівняно з фактичними показниками у 77% випадків. Відсутність правильних даних про теплопровідність традиційних будівельних матеріалів сприяє отриманню таких помилкових результатів (Shen H. et al, 2011). Walker R., Pavía S. (2015) зазначають, що використання програмного забезпечення для розрахунку значень U може бути в розумній згоді з результатами на місці, за умови використання точних даних. Крім того, фактичне значення U стіни залежить від декількох параметрів, які важко точно виміряти, включаючи вміст вологи, фізичні властивості цегли, такі як щільність і склад, пропорції розчину, товщина і наявність повітряних порожнин.

Однак, навпаки, для нових будівель (S.H. Hong et al., 2009) виміряні значення U зазвичай на 20% вищі, ніж передбачалося (G.A. Sheikhzadeh et al., 2014); це призводить до недооцінки реальних втрат енергії. Аналогічно (A.A. Azemati et al., 2013) виявив, що виміряні значення U вищі за розраховані. Він пояснює це завищеними характеристиками будівельних матеріалів, що заявляються з метою маркетингу, відмінностями між ідеальними лабораторними умовами та реальними умовами на місці та якістю виконання робіт. Ці розбіжності підкреслюють важливість вимірювання теплових характеристик на місці для отримання точної оцінки реальних теплових характеристик стіни. Ця інформація може бути введена назад у моделі для підвищення їх точності (H. Shen et al., 2011).

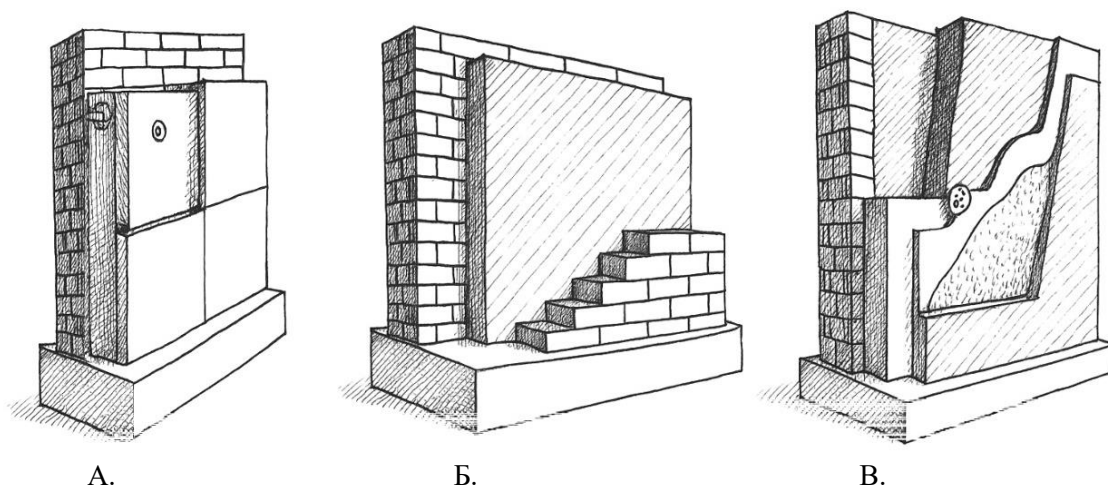


Рис. 1. Теплоізоляція стін: А. Влаштування теплоізоляційних панелей на зовнішній стороні стіни;
Б., В. Утеплення стін всередині конструкції

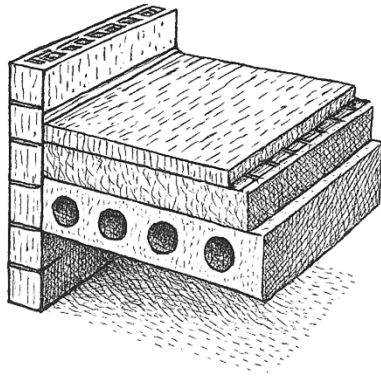


Рис. 2. Теплоізоляція міжповерхового перекриття

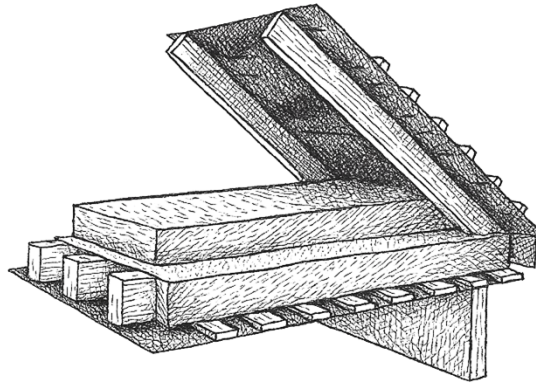


Рис. 3. Теплоізоляція дахових конструкцій

Теплоізоляція — це матеріал, який уповільнює швидкість теплового потоку за рахунок теплопровідності, конвекції та випромінювання (Aksoezen M. et al., 2015). Ізоляція зменшує втрати тепла через стіну, знижуючи теплопровідність (коефіцієнт U), а також забезпечує додаткові теплові переваги, включаючи більш високу температуру поверхні та зменшену повітропроникність стіни.

Останніми роками зростає інтерес до паропроникних ізоляційних матеріалів замість традиційних паронепроникних систем. Популярність також зростає у стійких ізоляційних матеріалів з меншою енергією та меншими викидами в навколишнє середовище, і на ринок постійно виходить велика кількість інноваційних ізоляційних матеріалів. У цьому дослідженні вивчається ряд ізоляційних матеріалів і порівнюється з традиційною вапняною штукатуркою. До них належать теплоізоляційна фарба, аерогель, коркова вапно, конопляне вапно, силікатна плита, деревоволокниста плита та PIR-плита.

Традиційна вапняна штукатурка використовувалася як контрольний зразок для порівняння характеристик інших ізоляційних матеріалів. Вапняна штукатурка не вважається ізоляційним матеріалом, хоча вона має хороші теплові властивості. Шар вапняної штукатурки, відомий як торшер або парж, традиційно наносився на нижню сторону дахової черепиці для створення додаткового бар'єру проти дощу, що наганяється вітром, а також сприяв поліпшенню ізоляції даху. Дослідники виміряли теплопровідність і питому теплоємність $0,73 \text{ Вт/мК}$ і 970 Дж/кгК (12) та $0,836 \text{ Вт/мК}$ і 867 Дж/кгК для сумішей гідратованого вапна і заповнювача у співвідношенні 1:3.

Теплова фарба в цьому дослідженні містить порожнисті мікросфери з керамічного матеріалу. Заявлена передумова полягає в тому, що ці частинки відбивають радіаційну енергію від нагрітих об'єктів і тим самим зменшують передачу енергії через стіни. Однак існує велика розбіжність думок щодо ефективності теплових фарб. Деякі дослідники повідомляють, що фарбові покриття можуть зменшувати передачу тепла (Brás et al., 2014), але інші дійшли висновку, що вони в основному неефективні і не рекомендуються (BS ISO 9869–1, 2014) (програма US EPA) через відсутність стандартів випробувань щодо їх енергетичної ефективності.

Аерогель — це інноваційний матеріал для будівельної ізоляційної промисловості, який має дуже низьку теплопровідність. Це гель на основі кремнезему, в якому рідкий компонент замінений газом (Сердюк, Рудик, Гоголь, 2024). Зазвичай він прикріплюється до облицювання, такого як гіпсокартон, коли використовується як ізоляція стін. З огляду на його новизну, на сьогоднішній день проведено лише невелику кількість досліджень щодо його характеристик.

Корк-вапно — це екологічний будівельний утеплювач, який виготовляється шляхом додавання коркового заповнювача до гідралічного вапна та цементного розчину. Його теплові властивості залежать від складу, типу в'язучого та щільності (E. Cuce et al., 2014). Виміряна теплопровідність становить 0,4–0,8 Вт/мК при щільності від 1600 до 2100 кг/м³.

Конопляний вапно — це екологічний будівельний утеплювач, що містить в'язучий матеріал на основі вапна, конопляну соломку та воду. Подібно до коркового вапна, його теплові властивості варіюються залежно від складу, типу в'язучого та щільності. Значення теплопровідності коливаються в діапазоні від 0,05 до 0,12 Вт/мК (BS EN ISO 6946, 2007), а питома теплоємність — від 1000 Дж/кгК (згідно з посиланням (BRE Report, 2000)) до 1560 ± 30 Дж/кгК (BS ISO 9869–1, 2014).

Силікатна плита кальцію є популярним утеплювачем, що використовується для реконструкції історичних будівель. Її теплопровідність дещо вища, ніж у інших утеплювальних матеріалів, але її придатність для історичних будівель значною мірою базується на її гігроскопічних властивостях як капілярно-активного матеріалу, що відводить накопичення рідкої води в стінах (Сердюк, Рудик, Гоголь, 2024).

Ізоляційні панелі з деревинного волокна зазвичай виготовляються з розволокненої м'якої деревини. (O. Vololonirina et al., 2014) Дослідники провели огляд гіротермічних властивостей плити і спостерігали середню теплопровідність 0,0045 Вт/мК для сухого матеріалу, яка лінійно зростає із вмістом вологи.

Плити з поліізоціанурату (PIR) є традиційним і широко доступним ізоляційним матеріалом. Вони мають хороші теплоізоляційні властивості і зазвичай використовуються для модернізації стін будівель. У галузі збереження будівель висловлюються побоювання щодо їх паронепроникності та можливості накопичення вологи в традиційних стінах.

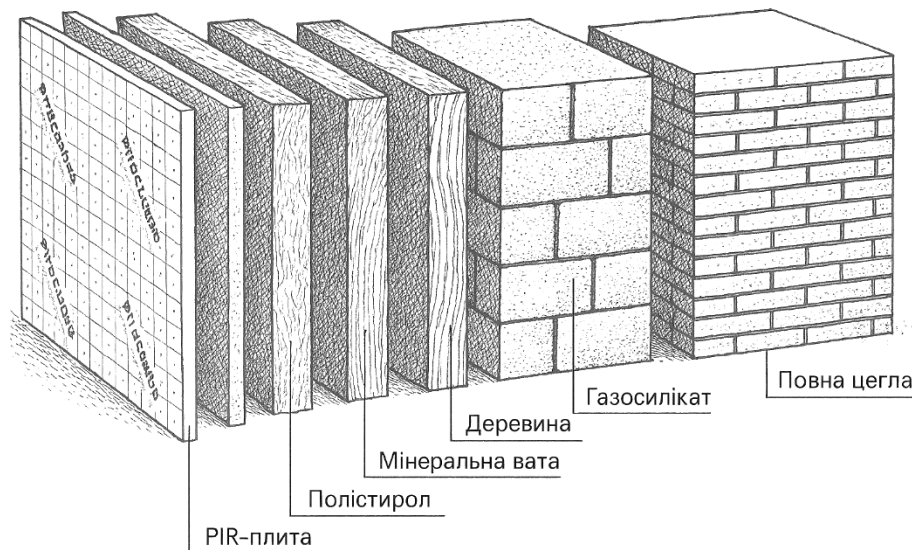


Рис. 4. Порівняння кількості різноманітних матеріалів для утеплення

Висновки

У цій статті проаналізовано теплові характеристики семи варіантів внутрішньої ізоляції в історичних цегляних будинках. І хоча, в Україні, найбільш поширеними теплоізоляційними матеріалами є мінеральна вата та пінополістирол, останній характеризується високою горючістю, а мінеральна вата є негорючим матеріалом але характеризується високою енергоємністю виробництва. На світовому рівні інноваційним теплоізоляційним матеріалом являється аерогель, коефіцієнт теплопровідності якого більше ніж в 2 рази нижчий ніж в

найбільш поширених теплоізоляційних матеріалів – пінополістиролу і мінеральної вати. Крім того, аерогель володіє низкою інших переваг. За свої унікальні властивості аерогель удостоєний 15 позиціями в книзі рекордів Гіннеса. Недоліком аерогеля є його висока вартість, але за рахунок вдосконалення технології виробництва та сировинних компонентів вона постійно зменшується.

Бібліографія

Сердюк В. Р., Рудик С. В., Гоголь С. В. (2024). *Використання традиційних та іноваційних теплоізоляційних матеріалів для утеплення стін житлових та громадських будівель, сучтехнбудів*, вип. 36, вип. 1, с. 41–51.

Сердюк В.Р., Франишина С.Ю., Сердюк Т.В., Христич О.В. (2022). Організаційно-технологічні заходи термомодернізації застарілого фонду. *Вісник ВПІ*. No 2. –С.6-17.

Урядовий портал: Термомодернізація житлових будівель та бюджетних установ - одне з пріоритетних питань політики України у сфері енергоефективності. www.kmu.gov.ua.

Aksoezen M.et al. (2015). Building age as an indicator for energy consumption. *Energy Build*.

Asdrubali F. et al. (2014). Evaluating in situ thermal transmittance of green buildings masonries – A case study *Case Stud. Constr. Mater*.

Azemati A.A. et al. (2013). Thermal modeling of mineral insulator in paints for energy saving. *Energy Build*.

Baker P. (2011). U-values and Traditional Buildings. In *Situ Measurements and Their Comparisons to Calculated Values*

BRE Report (2000). Field Investigations of the Thermal Performance of Construction Elements as Built 36/8/79 cc1637. Final Report

Brás et al. (2014). Cork-based mortars for thermal bridges correction in a dwelling: thermal performance and cost evaluation. *Energy Build*.

BS EN ISO 6946 (2007). Building Components and Building Elements. Thermal Resistance and Thermal Transmittance. Calculation Method

BS ISO 9869–1 (2014). Thermal Insulation. Building Elements. In-situ Measurement of Thermal Resistance and Thermal Transmittance. Heat Flow Meter Method

Černý R.et al. (2006). Effect of pozzolanic admixtures on mechanical, thermal and hygric properties of lime plasters. *Constr. Build. Mater*.

Cuce E.et al. (2014). Toward aerogel based thermal super insulation in buildings: a comprehensive review. *Renew. Sustain. Energy Rev*.

Hong S.H. et al. (2009). A field study of thermal comfort in low-income dwellings in England before and after energy efficient refurbishment. *Build. Environ*.

Shen H. et al. (2011). The effect of reflective coatings on building surface temperatures, indoor environment and energy consumption – an experimental study. *Energy Build*.

Sheikhzadeh G.A. et al. (2014). The effect of mineral micro particle in coating on energy consumption reduction and thermal comfort in a room with a radiation cooling panel in different climates. *Energy Build*.

Vololonirina O. et al. (2014). Characterization of hygrothermal properties of wood-based products – impact of moisture content and temperature. *Constr. Build. Mater*.

Walker, R., & Pavia, S. (2015). Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings. *Building and environment*, 94, 155-165.

Reference

- Serdyuk V. R., Rudyk S. V., Gogol S. V. (2024). *Use of traditional and innovative thermal insulation materials for insulating walls of residential and public buildings*, *suchteknobudiv*, vol. 36, issue 1, pp. 41–51.
- Serdyuk V.R., Franishyna S. Y., Serdyuk T.V., Hristych O.V., (2022). Organizational and technological measures of thermal modernization of the outdated fund. VPI Bulletin. No. 2. – P.6-17.
- Government portal: Thermal modernization of residential buildings and budget institutions is one of the priority issues of Ukraine's policy in the field of energy efficiency. www.kmu.gov.ua.
- Aksoezen M.et al. (2015). Building age as an indicator for energy consumption. *Energy Build.*
- Asdrubali F. et al. (2014). Evaluating in situ thermal transmittance of green buildings masonries – A case study *Case Stud. Constr. Mater.*
- Azemati A.A. et al. (2013). Thermal modeling of mineral insulator in paints for energy saving. *Energy Build.*
- Baker P. (2011). U-values and Traditional Buildings. In *Situ Measurements and Their Comparisons to Calculated Values*
- BRE Report(2000). *Field Investigations of the Thermal Performance of Construction Elements as Built 36/8/79 cc1637 Final Report*
- Brás et al. (2014). Cork-based mortars for thermal bridges correction in a dwelling: thermal performance and cost evaluation. *Energy Build.*
- BS EN ISO 6946 (2007). *Building Components and Building Elements. Thermal Resistance and Thermal Transmittance. Calculation Method*
- BS ISO 9869–1 (2014). *Thermal Insulation. Building Elements. In-situ Measurement of Thermal Resistance and Thermal Transmittance. Heat Flow Meter Method*
- Černý R.et al. (2006). Effect of pozzolanic admixtures on mechanical, thermal and hygric properties of lime plasters. *Constr. Build. Mater.*
- Cuce E.et al. (2014) Toward aerogel based thermal super insulation in buildings: a comprehensive review. *Renew. Sustain. Energy Rev.*
- Hong S.H. et al. (2009). A field study of thermal comfort in low-income dwellings in England before and after energy efficient refurbishment. *Build. Environ.*
- Shen H. et al. (2011). The effect of reflective coatings on building surface temperatures, indoor environment and energy consumption – an experimental study. *Energy Build.*
- Sheikhzadeh G.A. et al. (2014). The effect of mineral micro particle in coating on energy consumption reduction and thermal comfort in a room with a radiation cooling panel in different climates. *Energy Build.*
- Vololonirina O. et al. (2014). Characterization of hygrothermal properties of wood-based products – impact of moisture content and temperature. *Constr. Build. Mater.*
- Walker, R., & Pavia, S. (2015). Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings. *Building and environment*, 94, 155-165.

SELECTION OF INSULATION MATERIALS FOR THE RECONSTRUCTION OF HISTORICAL BUILDINGS ACCORDING TO THEIR THERMAL CHARACTERISTICS

© Danchak O. I., 2025

Preserving historical heritage is one of the most difficult challenges of our time. The issue of integrating the latest technologies to achieve energy balance lies at the intersection of architecture, building physics, and cultural heritage. Every year, the problem of finding a balance between authenticity and thermal modernization becomes more acute, shaping a field of scientific research in which there is an increasing search for interdisciplinary approaches.

The issue of energy efficiency in architecture and urban planning covers a wide range of scientific disciplines and practical areas, including legislative aspects, design methods, architectural history, ecology, construction economics, building physics, and urban planning. As current trends in urban development focus on improving energy efficiency as one of the key aspects of sustainable development, considerable attention is paid to analyzing the possibilities of integrating energy-saving technologies into the renovation of historic and residential buildings.

This article highlights the thermal characteristics of seven options for internal insulation on a historic brick wall using heat flux sensors (measuring the thermal conductivity coefficient), thermal imaging surveys, and internal wall temperature measurements. The insulation materials include thermal paint, aerogel, cork lime, hemp lime, calcium silicate board, wood fiber board, and PIR board. Their characteristics are compared with traditional lime plaster. In addition, their density and specific heat capacity are measured in the laboratory.

Keywords: energy efficiency, thermal insulation materials, energy-efficient architecture, residential buildings, historic residential buildings, renovation.