МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

ФІЛОНЕНКО ОЛЕНА ІВАНІВНА

УДК 692.23:536

ДИНАМІЧНІ ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Спеціальність 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди
Галузь знань – Архітектура та будівництво

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Полтава – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:	Доктор технічних наук, професор **Фаренюк Геннадій Григорович**, директор Державного підприємства "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій", м. Київ.
Офіційні опоненти:	Доктор технічних наук, професор **Фомін Станіслав Леонідович**, Харківський національний університет будівництва та архітектури, професор кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій.
	Доктор технічних наук, професор **Клименко Євгеній Володимирович**, Одеська державна академія будівництва та архітектури, завідувач кафедри будівельних конструкцій.
	Доктор технічних наук, професор **Нікіфорова Тетяна Дмитрівна**, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, декан будівельного факультету.

Захист дисертації відбудеться "___" _____ 2021 року, о _____, на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 44.052.02 при Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за адресою: 36011, м. Полтава, проспект Першотравневий, 24, ауд. 218.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за адресою: 36011, м. Полтава, проспект Першотравневий, 24.
https://nupp.edu.ua/page/spetsializovani-vcheni-radi-po-zakhistu-disertatsij.html

Автореферат розісланий " __" _____ 2021 р.

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради Т.А. Галінська

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. При розрахунках складних зовнішніх огороджувальних конструкцій виникають проблеми побудови їх розрахункових схем, адекватних їхньому реальному, температуро-вологісному режимові. Невизначеними бувають характеристики зв'язків між елементами конструкцій, наявність теплопровідних включень, вплив неоднорідної структури конструкцій, динамічні характеристики параметрів внутрішнього та зовнішнього середовищ. Зазвичай у таких випадках при побудові розрахункових схем приймають рішення, які йдуть у запас підвищення термічних характеристик конструкцій. При динамічних теплових розрахунках неадекватність розрахункових передумов може призвести до істотних відмінностей їх результатів від реальної роботи конструкцій, а отже, і до теплових відмов.

Динамічні теплові характеристики визначають фізичні процеси та закономірності у будівлі при змінних теплових умовах навколишнього середовища. Зіставлення натурних динамічних і розрахункових характеристик є найбільш зручним та достовірним способом верифікації адекватності тієї чи іншої розрахункової схеми конструкцій і будівлі в цілому. Тому коректно проведене дослідження динамічних теплових характеристик і подальше уточнення розрахункових схем та методів розрахунку є важливим завданнями будівельної теплофізики.

Енергоспоживання будівель значно залежить від критеріїв мікроклімату приміщень (температура, вентиляція й освітлення) та будівель (включаючи системи), що використовуються при проектуванні та експлуатації. Мікроклімат приміщення також має вплив на здоров’я, продуктивність та комфорт людей, що перебувають у приміщенні. Недостатня теплоізоляція елементів огороджувальних конструкцій призводить до теплового дискомфорту, викликаного небажаним місцевим охолодженням або нагріванням тіла. Найбільш поширеними місцевими факторами дискомфорту є асиметрія температури випромінювання (холодної або теплої поверхні), протяг (який визначається як місцеве охолодження тіла, викликане рухом повітря), вертикальний перепад температури повітря і холодні або теплі підлоги.

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку за ДБН В.2.6-31:2016 не використовуються методи для прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту з використанням розрахунків PMV (прогнозована середня оцінка якості повітряного середовища) і PPD (прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища), а також критеріїв місцевого теплового комфорту допоможе оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини.

Параметри комфорту у будинку значною мірою визначаються його теплоізоляційною оболонкою, від конструктивного рішення якої залежить і загальна енергоефективність. При утепленні суміщених покриттів не приділяється увага попередженню утворення містків холоду в місцях примикання до надбудов даху,

вентиляційних каналів та парапетів. І саме в цих місцях при експлуатації будівель спостерігаються теплові відмови.

Більшість горищних дахів експлуатуються з порушенням вентиляційного режиму. Наслідками є гниття та ураження грибком дерев'яної кроквяної системи скатних дахів, а також руйнування карнизів. У залізобетонних горищних дахах з малим ухилом спостерігається утворення чорної плісняви на внутрішніх поверхнях. Заходи по ремонту часто передбачають усунення наслідків порушення вентиляційного режиму, а не його відновлення, тому дослідження у цьому напрямі є актуальними. В українських нормативних документах не наведено методику визначення тепловтрат крізь дахи з урахуванням конструктивних особливостей та значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі.

Тепловтрати крізь зовнішні стіни досягають до 50% від загальних тепловтрат будинком. При новому будівництві та термомодернізації будівель спостерігаються порушення технології виконання робіт і нехтування впливом містків холоду. Це зменшує загальний опір теплопередачі огороджувальних конструкцій, збільшує витрати на опалення будівель та призводить до теплових відмов.

Недоліки у прогнозуванні тепловологісного стану огороджувальних конструкцій при проектуванні, монтажу й експлуатації ведуть до зниження загальної енергоефективності будівель і до погіршення комфортності перебування у них людей. Економія паливно-енергетичних ресурсів України стала загальнонаціональною проблемою, а зниження енергомісткості експлуатації будівель – однією з першочергових задач народного господарства України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Тема дисертації відповідає сучасним напрямам науково-технічної політики держави з питань енергозбереження, визначеними такими основними документами: Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» (із змінами, внесеними згідно із Законом № 199-IX від 17.10.2019); Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р), а також Стратегія регіонального розвитку Полтавської області на 2021–2027 роки та План заходів з її реалізації на 2021 – 2023 роки. З науковою роботою пов'язана грантова програма «Особливості термографічного обстеження громадських будівель» у межах реалізації проекту «Енергоефективність у громадах II» Німецького товариства міжнародного співробітництва (GIZ) GmbH (Німеччина).

Робота виконувалась на кафедрі будівництва та цивільної інженерії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» у рамках держбюджетних тем «Комплексні конструктивні рішення забезпечення енергоефективності громадських будівель в умовах євроінтеграції» (державний реєстраційний номер 0118U001097), «Ресурсоекономні технології відновлення й реконструкції житлових, громадських і виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (державний реєстраційний номер 0116U002567).

Мета роботи – вирішення проблеми впливу динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень.

Завдання дослідження:

1. Визначити напрям дослідження конструктивних і планувальних рішень будівель на основі теплових динамічних характеристик за аналізом основних напрямів розрахунку та нормування нестаціонарного режиму теплопередачі огороджувальних конструкцій.
2. Розробити параметризацію внутрішнього середовища приміщень на основі прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту.
3. Розробити методику дослідження теплостійкості огороджувальних конструкцій і будівель на основі дослідження їх динамічних теплових характеристик та гармонізувати національні будівельні норми з відповідною нормативною базою ЄС.
4. Розробити методику оцінювання проектних пропозицій будівель для порівняння енергоефективності їх конструктивних і планувальних рішень.
5. Провести верифікацію теоретичних досліджень особливостей формування температурного поля огороджувальних конструкцій у нестаціонарних умовах теплопередачі з експериментальними даними.
6. Розробити енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару.
7. Удосконалити методику визначення приведеного опору теплопередачі за рахунок визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі складних конструктивних вузлів на підставі розрахунків двомірних температурних полів.
8. Розробити рекомендації з ремонту й експлуатації зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних і натурних досліджень та забезпечити їх широке впровадження у будівництво.

Об’єкт дослідження – керування тепловим режимом приміщень.

Предмет дослідження – вплив динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень.

Методи дослідження: стандартні методи будівельної фізики, метод скінченних елементів для розв’язання задач будівельної фізики, метод тепловізійного контролю якості огороджувальних конструкцій будівель, методи експериментальних досліджень температурного режиму огороджувальних конструкцій.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Уперше розроблено методику визначення розрахункових параметрів мікроклімату за критеріями місцевого теплового комфорту, яка дозволяє запроектувати приміщення з високою якістю повітряного середовища відповідно до категорій приміщень.
2. Уперше розроблено методику оцінювання теплостійкості приміщення/будівлі в зимовий період, які відповідають методиці визначення енергоефективності будинків та враховують всі теплові впливи, яким піддається будівля. Набула подальшого розвитку гармонізація національних будівельних норм щодо енергоефективності з відповідною нормативною базою ЄС.

3. Уперше розроблено методику оцінювання теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період та визначення коефіцієнта теплозасвоєння поверхні підлоги з урахуванням динамічних теплових параметрів.

4. Уперше розроблено методичні положення оцінювання проектних пропозицій будівель на основі дослідження їх внутрішньої теплоємності для порівняння енергоефективності різних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень.

5. Набули подальшого розвитку експериментальні дослідження особливостей формування температурного поля огороджувальних конструкцій у нестаціонарних умовах теплопередачі.

6. Удосконалено енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару.

7. Набула подальшого розвитку номенклатура лінійних коефіцієнтів теплопередачі складних конструктивних вузлів на підставі розрахунків двомірних температурних полів для визначення приведеного опору теплопередачі та методика теплотехнічного розрахунку суміщеного покриття з шарами змінної товщини.

8. Набули подальшого розвитку рекомендації з ремонту й експлуатації зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних та натурних теплових досліджень для впровадження їх у будівництво.

Достовірність та обґрунтованість результатів забезпечені розв'язанням поставлених задач з використанням результатів експериментальних досліджень, застосуванням при теоретичних дослідженнях фундаментальних закономірностей будівельної фізики, методів моделювання двомірних температурних полів, співставленням отриманих даних з експериментальними результатами, як власними, так і інших дослідників, у тому числі закордонних, статистичною обробкою результатів, використанням нормованих показників енергоефективності.

Практичне значення отриманих результатів підтверджується впровадженням результатів роботи при розробці держбюджетних тем «Конструктивна і теплова надійність несучих і огороджувальних комплексних конструкцій» (державний реєстраційний номер 0115U002417), «Комплексні конструктивні рішення забезпечення енергоефективності громадських будівель в умовах євроінтеграції» (державний реєстраційний номер 0118U001097), «Ресурсоекономні технології відновлення й реконструкції житлових, громадських і виробничих будівель та захисних споруд цивільної оборони» (державний реєстраційний номер 0116U002567), «Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель» (державний реєстраційний номер 0121U109497) Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»; нормативних документів ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель» і ДСТУ Б ISO 13786: 202X «Теплові характеристики будівельних конструкцій. Динамічні теплові характеристики. Методи розрахунку»; нової редакції ДСТУ Б В.2.6-189 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель», ДСТУ-Н Б В.2.6-190 «Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій», ДСТУ-Н Б А.2.2-12 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку

енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні». У ці документи увійдуть результати теоретичних й експериментальних розробок автора.

Результати роботи були використані під час розроблення проектно-кошторисної документації щодо максимальної енергоефективності запропонованих рішень та запобігання теплових відмов на об'єктах будівництва: «Реконструкція магазину будматеріалів ТОВ Вентиляторний завод «Горизонт» за адресою: м. Гадяч, вул. Чапаєва, 15а» (2020 р); «Реконструкція Ковалівського дошкільного навчального закладу «Зірочка» по вул. Садова, 46а у с. Ковалівка Полтавського району Полтавської області» (2019 р); «Реконструкція даху громадської будівлі по вул. М. Гаврилка, 2в, с. Ковалівка, Полтавський район, Полтавська область» (2019 р); «Термомодернізація (реконструкція) будівлі спортивної школи по вул. Миру, 11 смт Семенівка Семенівського району Полтавської області» (2018 р); «Капітальний ремонт навчальних корпусів «А», «В», «Ф» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою: м. Полтава, Першотравневий проспект, 24» (2018 р); «Капітальний ремонт гуртожитку №4 Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою м. Полтава, Першотравневий проспект, 27» (2018 р); «Будівництво (спорудження) Центру соціальної підтримки талановитих дітей по проспекту Першотравневий, 21 в м. Полтава» (2018 р).

Результати роботи були використані під час розробки рекомендацій з подальшої експлуатації будівель для запобігання теплових відмов при технічних обстеженнях на об'єктах: «Технічне обстеження горищного даху будівлі виконавчого комітету Полтавської міської ради по вул. Соборності, 36 у м. Полтава» (2019 р); «Технічне обстеження несучих конструкцій над підвалом та першим поверхом травматологічного відділення Комунального підприємства «3-я міська клінічна лікарня Полтавської міської ради» за адресою: м. Полтава, пл. Слави, 2» (2019 р); «Технічне обстеження Полтавської спеціалізованої школи I–III ступенів № 3 за адресою: м. Полтава, вул. Чорновола, 4» (2018 р); «Технічне обстеження Комунального закладу Полтавська загальноосвітня школа I–III ступенів № 38 Полтавської міської ради за адресою: м. Полтава, вул. Пушкіна, 74» (2017 р); «Технічне обстеження Комунального закладу «Полтавський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) компенсуючого типу №42 «Зайчатко» за адресою: м. Полтава, вул. Короленка, 17б» (2017 р); «Технічне обстеження Полтавської загальноосвітньої школи I–III ступенів № 4 за адресою: м. Полтава, вул. Шевченка, 19» (2017 р).

Також результати роботи було впроваджено у навчальний процес Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», зокрема у навчальні дисципліни спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та курси з підготовки до атестації осіб, які мають намір провадити діяльність з енергетичного аудиту будівель.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні робочої гіпотези, мети і постановці завдань дослідження явища збереження енергії при зміні теплових умов навколишнього середовища – фізичні процеси, фізичні закономірності у будівлі при змінних теплових умовах навколишнього середовища, інтерпретації отриманих теоретичних та експериментальних даних, у розробці конструктивних рішень

складних вузлів огороджувальних конструкцій. Пропозиції щодо внесення змін та доповнень у нормативні документи розроблено під керівництвом наукового консультанта Г.Г. Фаренюка.

Наукові положення дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані самостійно. В одноосібних роботах авторові належать: розробка методик визначення параметрів мікроклімату за критеріями місцевого теплового комфорту й теплостійкості огороджувальних конструкцій та будівель на основі дослідження їх динамічних теплових характеристик [1]; розрахунок складних конструктивних вузлів на підставі розрахунків двомірних температурних полів для визначення приведеного опору теплопередачі [1, 4]; дослідження впливу повітропроникності конструкції на її теплозахисні властивості [13]; дослідження енергозберігаючих конструктивних рішень зовнішніх огороджувальних конструкцій [15, 16, 17, 18, 22, 29, 30, 48]; методика теплотехнічного розрахунку суміщеного покриття з шарами змінної товщини [33]; оцінка теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період року [43].

У публікаціях у співавторстві авторові особисто належать: аналіз енергоефективності громадських будівель з урахуванням ергономіки теплового середовища [8, 9, 46, 49] та енергоефективних характеристик огороджувальних конструкцій в умовах експлуатації [6, 10, 25, 27, 35, 49, 50]; дослідження впливу тепловологісного режиму на конструкції [5, 36, 39] та визначення теплових динамічних параметрів огороджувальних конструкцій [26, 32, 40]; рекомендації з ремонту та експлуатації зовнішніх огороджувальних конструкцій [7, 23, 24, 37, 47]; оцінка об’ємно-планувальних та конструктивних рішень будівель щодо їх енергоефективністі [11, 12, 14, 28, 38, 44, 45]; уточнення методики розрахунку тепловтрат суміщеної покрівлі [41, 51]; рекомендації з утеплення складних вузлів огороджувальних конструкцій [3, 31, 42, 49]; розробка загальних рекомендацій з енергоаудиту будівель [2, 34]; визначення впливу огороджувальних конструкцій на механічні та фізичні параметри будівель [19, 20, 21, 52].

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення і результати дисертації представлено для обговорення на конференціях та конгресах: 63–72 наукові конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, ПолтНТУ, Полтава, 2011–2020 р., очна форма участі; XI Міжнародний конгрес «Інституційні та технічні аспекти реформування житлово-комунального господарства» та Круглий стіл «Термомодернізація будівель. Сучасний стан, проблеми та перспективи», 12 листопада 2015 р., очна форма участі; Круглий стіл «Консолідація зусиль щодо формування прозорих механізмів системи управління нерухомістю» Експертної Міжгалузевої Асоціації України та Київської міської організації роботодавців житлово-комунальної галузі «Федерація роботодавців ЖКГ міста Києва», м. Київ, 09 жовтня 2015 р., очна форма участі; Круглий стіл «Формування прозорих відносин Споживача та Надавача послуг на ринку ЖКГ: роль управляючих компаній», м. Полтава, 27 квітня 2016 р., очна форма участі; III Міжнародна конференція «ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ФАСАДИ – 2017» у рамках Будівельного конгресу України – 2017, Міжнародний виставковий центр, м. Київ, 01–03 березня 2017 р., очна форма участі; Міжнародна науково-практична конференція «Kondratyuk Innovations XX-XXI» (до 120-ї річниці з дня народження

Юрія Кондратюка (Олександра Шергея)), ПолтНТУ, м. Полтава, 23–26 травня 2017 р., очна форма участі; X Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки», м. Полтава, ПолтНТУ, 6–8 грудня 2017 р., очна форма участі; VI Міжнародна науково-технічна конференція «ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТА БУДІВЕЛЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ», м. Харків, 19–21 квітня 2017 р., заочна форма участі; I Міжнародна азербайджансько-українська конференція «BUILDING INNOVATIONS – 2018», м. Баку, Азербайджан, 24–25 травня 2018 р., заочна форма участі; III Міжнародна науково-практична конференція «Архітектура: естетика + екологія + економіка», м. Полтава, 2018 р., очна форма участі; XI Міжнародний конгрес «Інституційні та технічні аспекти реформування житлово-комунального господарства», м. Київ, 2018 р, очна форма участі; I–III Міжнародні науково-практичні конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE», 2018–2020 р., очна форма участі; III міжнародна конференція «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд», м. Одеса, ОДАБА, 26–28 вересня 2019 р., заочна форма участі.

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась у Державному підприємстві «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (2021 рік); Одеській державній академії будівництва та архітектури (2021 рік); Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (2021 рік), Центральноукраїнському національному технічному університеті (2021 рік).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 52 наукові праці, у тому числі 1 монографія, 36 публікацій у наукових виданнях України, 10 – у виданнях інших держав (4 з яких НМБД Scopus).

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 8-ми розділів, висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Дисертацію викладено на 406 сторінках, з яких 289 сторінок основного тексту, в тому числі 85 таблиць, 180 рисунків, 280 найменувань літератури та 4 додатки на 55 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми, що розв’язується, сформульовано мету та задачі досліджень, наукову новизну та практичну цінність результатів роботи, а також наведено її загальну характеристику.

У **першому розділі** дисертації висвітлено критичний аналіз проблеми дослідження динамічних теплових характеристик конструкцій та будівель.

Під дією різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря та сонячної радіації приміщення через огороджувальні конструкції в зимовий період втрачає, а в літній – отримує тепло. Зовнішні огороджувальні конструкції захищають приміщення від несприятливих дій клімату.

Вплив параметрів навколишнього середовища на проектування енергоефективних будівель розглянуто в роботах О.Н. Могилата, В.А. Пашинського, Є.В. Клименка, А.М. Карюк, Л.Є. Анапольської, A. Moazamia, M.C. Swinton, S.O. Eromobor, D.K. Das, K. Nagano, Stephen O. Eromobor. Уточнення методики

динамічних розрахунків на конкретних моделях дозволяє точно прогнозувати тепловологісний режим на стадії проектування. Цим напрямом займаються О.Ю. Анісімова, K. Martín. Динамічні теплові навантаження представлені у роботах Е.Г. Малявіної, Ю.А. Табунщикова, В.В. Тарасова, K. Landerheinecke, Fayçal El Fgaier, D. Fiala, M. R. Garay, J. Yuan, D. Mazzeo. Роботу конструкцій в умовах екстремальних температур вивчали С.Л. Фомін, І.А. Плахотнікова.

На початку 2000-х було запроваджено поняття «пасивне будівництво». Завдяки світовій актуальності воно швидко поширилося у всьому світі як з точки зору концепції, так і з точки зору реальних застосувань (M. Bojić, K. Johannes, C. Baglivo, P. M. Congedo, F. Barbolinia, P. Cappellaccib, M. Ferraraab). Новим викликом наведеного напряму є цілісний огляд, в якому будівля розглядається з енергетичної, екологічної та економічної точки зору (G.Evola, G.Marganib, J.Kurnitski) у тісному зв'язку з побудованим і природним середовищем та кінцевими споживачами (K. Kuusk, L. Belussi, N. Alkaabi).

Концептуальні основи пасивного будівництва й інтегрування будинків у природне середовище розглянуто у роботах М.В Савицького, Т.Д. Нікіфорової, S.B. Sadineni, G.Tiwari, Y. Sun та інших.

На енергоефективність будівлі в цілому впливають енергоефективні конструктивні рішення огороджувальних конструкцій. Експериментальні та чисельні їх характеристики, зокрема з урахуванням теплових містків, висвітлені в роботах О.І. Юріна, F. Aguilar, A. Capozzoli, B. Berggren, B. Berggren, M. Wall, F. Ascione, N. Bianco, F. Cappelletti, H. Ge, R. Garay.

Конструктивні заходи з підвищення енергоефективності та їх оптимізація розглянуто в роботах Г.Г. Фаренюка, М.В. Тимофеєва. Дослідження залежності енергоефективності будівель від їх архітектурно-конструктивних рішень розглянуто у роботах A. Aldawoud, S.M. Bambrook, A.B. Sproul, M. DeKay, P. Ihm та інших.

Науковою основою досліджень процесу теплообміну та вологісного режиму стали праці В.М. Богословського, О.В. Ликова, К.Ф. Фокіна та інших.

Власов О.Є. ввів поняття коефіцієнта теплозасвоєння внутрішньої поверхні огородження. Його теорія теплостійкості ввійшла до сучасних нормативних документів. Результати розрахунку за існуючими національними методиками дають величини, які характеризують фізичні явища у конструкції, які не використовуються в сучасній оцінці тепловологісного стану огороджувальних конструкцій та енергоефективності будівель у цілому. В той же час українська методика розрахунку дозволяє лише перевірити відповідність теплостійкості в літніх умовах експлуатації огороджувальних конструкцій вимогам ДБН В.2.6-31. Нормування теплостійкості, як показало дослідження, проведене в цьому розділі, практично не змінилося із середини минулого століття. Воно не відповідає сучасним вимогам комфорту, не враховує прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ.

У стандарт ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015 та «Методику визначення енергетичної ефективності будівель» включено місячний і сезонний методи, у яких динамічні впливи враховують шляхом введення коефіцієнта використання надходжень для опалення та коефіцієнта використання втрат для охолодження. У цих методах внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі визначають за

замовчуванням як функцію типу конструкції. Але ці величини є наближеними, і відносна невизначеність величини внутрішньої теплоємності може бути у десять разів більша, ніж прийнята при розрахунку енергопотреби.

Аналіз існуючих методик дослідження динамічних характеристик будівлі не дозволяє оцінити проектні пропозиції будівель за енергоефективними показниками їх конструктивних і планувальних рішень.

Теплове відчуття людини в основному пов'язане з тепловим балансом її тіла в цілому. Цей баланс залежить від фізичної активності та одягу, а також параметрів навколишнього середовища: температури повітря, середньої температури випромінювання, швидкості руху і вологості повітря. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 встановлює методи для прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту (теплова незадоволеність) людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Це дозволяє провести аналітичне визначення та інтерпретацію теплового комфорту з використанням розрахунків PMV (прогнозована середня оцінка якості повітряного середовища) і PPD (прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища), а також критеріїв місцевого теплового комфорту, й допомагає оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини.

Розробленням моделі теплового комфорту, яка передбачає місцевий комфорт для різних частин тіла та інтегрує місцеві рівні комфорту для забезпечення теплового комфорту всього тіла**,** займаються з кінця минулого сторіччя**.** Дослідження умов фізіологічного комфорту є науковим напрямом роботи P.O. Fanger, B.W. Olesen, D. McIntyre. Визначення теплового комфорту та застосування його параметрів при проектуванні представлено у роботах A. Omidvar, A. Figueiredo , S. B. Sadineni, T. Goto, T. Hausler, U. Beregr, G. Havenith, P. Höppe, C. Huizenga, H.O. Nilsson, K.C. Parsons, N. Pellerin.

Аналіз світового досвіду визначення параметрів теплового комфорту довів необхідність уведення в українські норми методики, яка більш точно дозволяє дослідити динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій та врахувати ергономіку теплового середовища. Наведені параметри необхідно використовувати у розрахунку енергоефективності будівлі, сертифікації теплового середовища приміщення та при порівняльній оцінці проектних пропозицій конструктивних і планувальних рішень будівель за енергоефективністю.

На основі проведеного аналізу сучасного стану проблеми впливу динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень сформульовано задачі та розроблено структурно-логічну схему досліджень (рис. 1).

Другий розділ роботи присвячено дослідженню й інтерпретації теплового комфорту. Обґрунтовано дослідження аспектів сертифікації теплового середовища приміщень, яка базується на індексах теплового комфорту як один з параметрів оцінювання загальної енергоефективності будівлі. Проаналізовано параметри локального температурного дискомфорту та методику його визначення.

Розроблено методику визначення розрахункових параметрів мікроклімату за критеріями місцевого теплового комфорту, яка дозволяє запроектувати приміщення з високою якістю повітряного середовища відповідно до категорій.

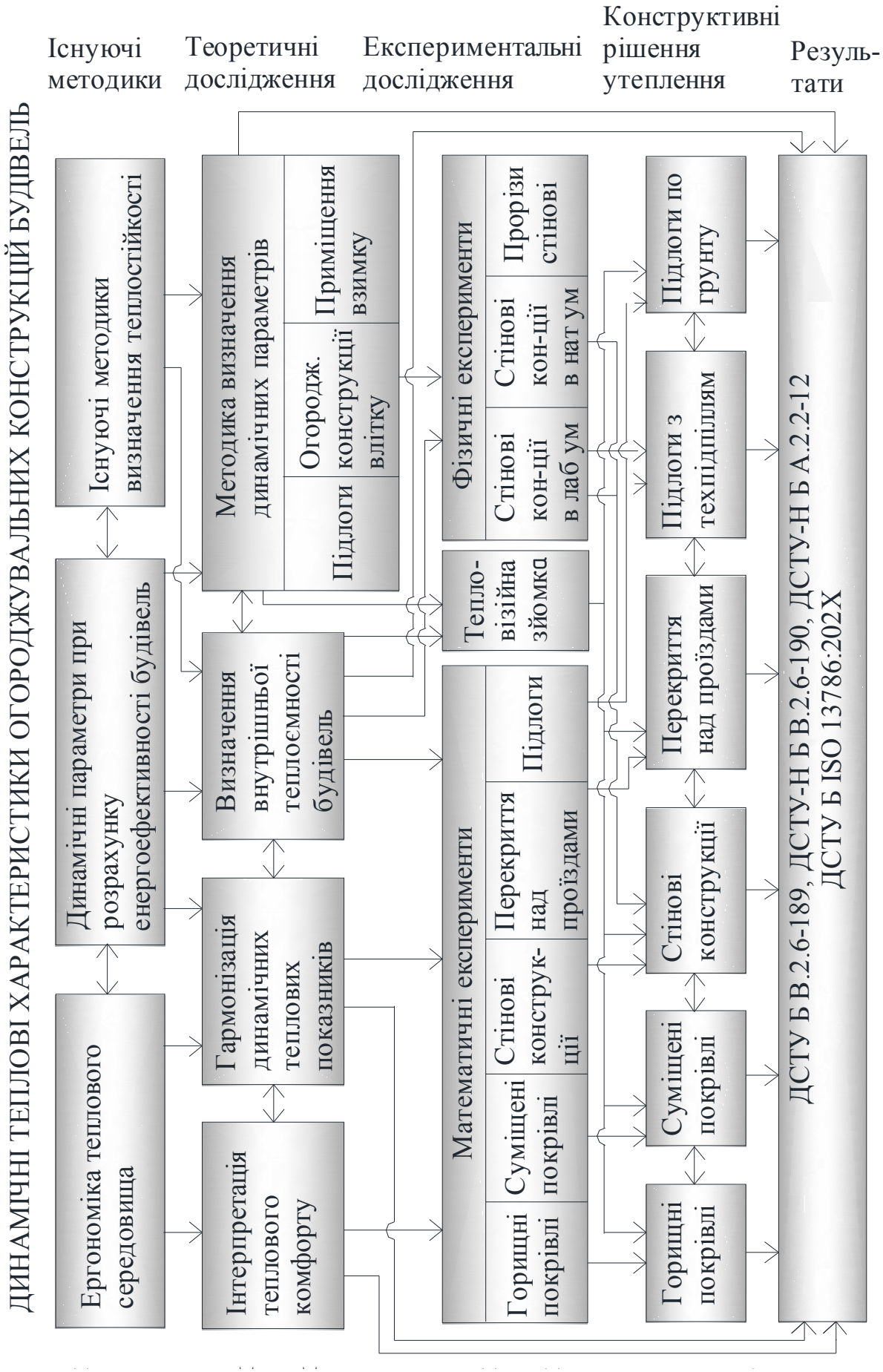


Рис. 1. Структурно-логічна схема дисертації

На стадії проектування перевірку параметрів мікроклімату можна здійснювати за індексами теплового комфорту, визначивши категорію внутрішнього середовища на етапі вхідних даних за наступними рекомендаціями (таблиця 1).

Таблиця 1

Опис сфери застосування категорій приміщень, що використовуються

Вимоги до теплового середовища приміщень	Категорія
Високий рівень очікувань, рекомендований для приміщень, що займають люди з особливими потребами, такі як інваліди, хворі, маленькі діти та люди похилого віку	A
Нормальний рівень очікувань: має використовуватися для нових будівель та при реконструкції	B
Допустимий середній рівень очікувань: може бути використаний для існуючих будівель	C
Значення поза межами критеріїв вищезгаданих категорій. Ця категорія має прийматися для обмеженого періоду року	-

Вибір категорії будівлі є важливим для особливих груп мешканців, наприклад людей похилого віку.

Після визначення категорії теплового середовища приміщень необхідно визначити характеристики категорій теплового середовища відповідно до табл. 2 (за ДСТУ Б EN ISO 7730:2011). Усі критерії повинні бути виконані одночасно для кожної категорії.

Таблиця 2

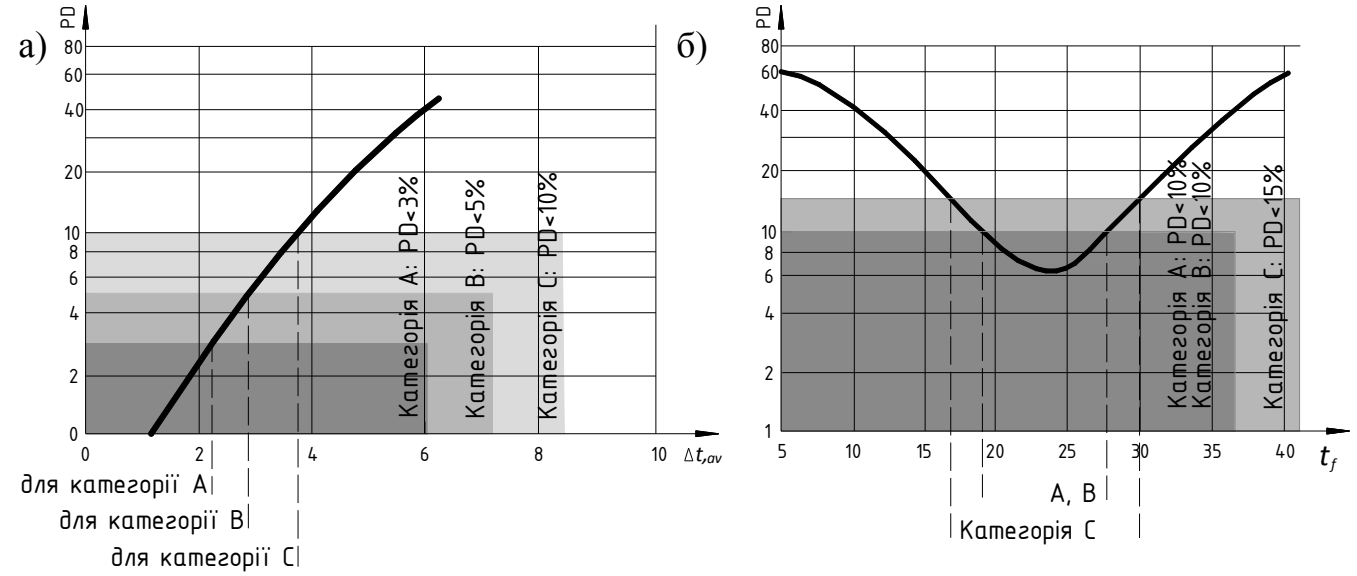
Характеристики категорій теплового середовища

Категорії	Температурні відчуття тіла в цілому		Місцевий (локальний) дискомфорт			
				PD, % обумовлений		
	PPD, %	PMV	DR, %	різницею температур повітря по вертикалі	теплою або холодною підлогою	асиметрією радіаційного теплового випромінювання
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	<10

Кожна категорія приписує максимальний відсоток незадоволених для організму в цілому PPD і PD для кожного з чотирьох видів місцевого дискомфорту.

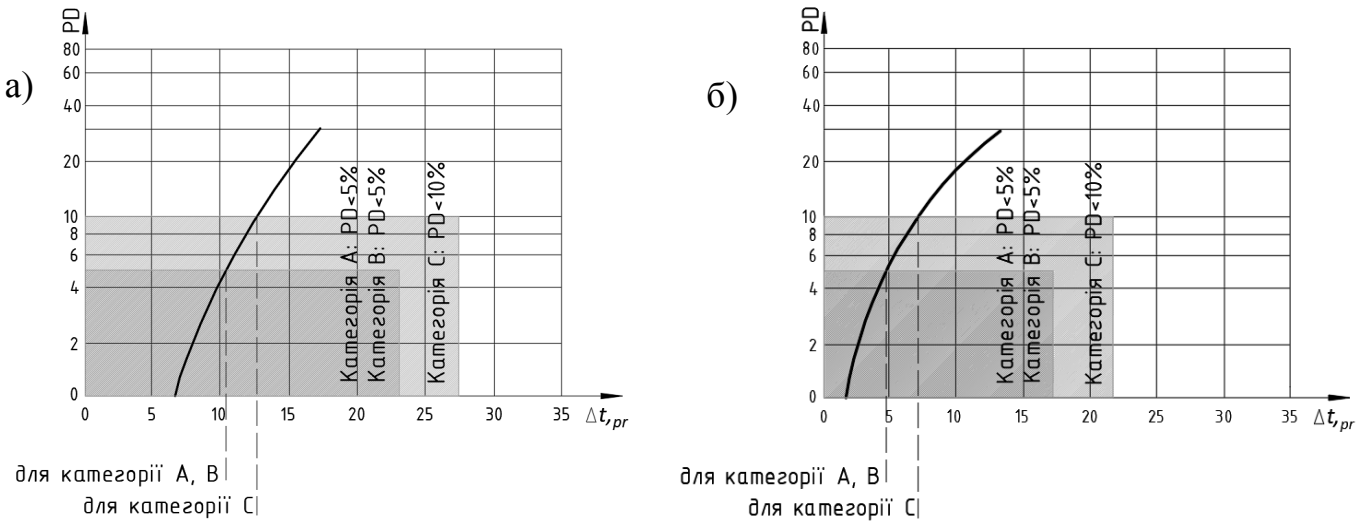
На наступному етапі потрібно визначити характеристики одягу для відповідного сезону (зима/літо) та рухливу активність за призначенням будинку для вибраної категорії. За наведеними вихідними даними можна визначити допустиму різницю в температурі повітря по вертикалі або допустимий діапазон температури поверхні підлоги за відсотком незадоволених (рис. 2).

Асиметрія радіаційного випромінювання також може викликати дискомфорт. Рисунок 3 показує допустимий діапазон асиметрії радіаційного випромінювання холодною стіною та теплою стелею за відсотком незадоволених, який визначено за вибраною категорією внутрішнього середовища.



Позначення: PD – відсоток незадоволених; $\Delta t_{a,v}$ – різниця температур повітря по вертикалі між головою і ногами, °C; t_f – температура підлоги, °C.

Рис. 2. Запропоновані області визначення допустимої вертикальної різниці температур повітря (а) та допустимого діапазону температури поверхні підлоги (б) за відсотком незадоволених



Позначення: PD – відсоток незадоволених; Δt_{pr} – асиметрія теплового випромінювання, °C; Δt_{pr} – асиметрія теплового випромінювання, °C;

Рис. 3 Запропоновані області визначення допустимого діапазону асиметрії радіаційного випромінювання холодною стіною (а) та теплою стелею (б)

Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту з використанням розрахунків PMV (прогнозована середня оцінка якості повітряного середовища) і PPD (прогнозований відсоток незадоволених температурою середовища), а також критеріїв місцевого теплового комфорту, допомагає оцінити прийнятність умов навколишнього середовища для забезпечення теплового комфорту людини.

Доведено необхідність оцінювання довгострокової характеристики будівлі відносно внутрішнього середовища. Ця оцінка є обов'язковою для відображення мікроклімату (внутрішнього середовища) в енергетичному сертифікаті.

У **третьому розділі** досліджено динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій. Визначено передумови розрахунку та теплові динамічні показники будівельних конструкцій. Зміна кліматичних параметрів є нестаціонарним випадковим процесом. Добову зміну можна описати синусоїдальними граничними умовами. Динамічний метод моделює тепловий опір, теплоємності, теплонадходження від Сонця та внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі. У національних методиках розрахунку теплостійкості огороджувальних конструкцій будівель не застосовується зв'язок циклічної витрати тепла з циклічним коливанням температури. Необхідна гармонізація національних будівельних норм щодо енергоефективності з відповідною нормативною базою ЄС. З цією метою проведено дослідження теплових динамічних показників будівельних конструкцій, на основі яких запропоновано ряд методик по прогнозуванню теплового режиму конструкцій та будівель (рис. 4).

Розроблено методику визначення внутрішньої теплоємності будівель, яка включає визначення вихідних даних згідно рис. 4 та розрахунок наступних теплових динамічних параметрів будівельних конструкцій:

– глибини проникнення для матеріалу кожного шару, м:

$$\delta = \sqrt{\frac{\lambda T}{\pi \rho c}}, \tag{1}$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К); T – період коливання температури, с; ρ – густина, кг/м^3; с – питома теплоємність, кДж/(кг·К);

– відношення товщини шару до глибини проникнення:

$$\xi = \frac{d}{\delta}, \tag{2}$$

де d – товщина шару матеріалу огороджувальної конструкції, м;

– елементів матриці теплопередачі , Z_{mn}, для кожного шару:

$$\begin{aligned} Z_{11} &= Z_{22} = \cosh(\xi)\cos(\xi) + j\sinh(\xi)\sin(\xi); \\ Z_{12} &= -\frac{\delta}{2\lambda}\left\{\sinh(\xi)\cos(\xi) + \cosh(\xi)\sin(\xi) + j\left[\cosh(\xi)\sin(\xi) - \sinh(\xi)\cos(\xi)\right]\right\}; \\ Z_{21} &= -\frac{\lambda}{\delta}\left\{\sinh(\xi)\cos(\xi) - \cosh(\xi)\sin(\xi) + j\left[\sinh(\xi)\cos(\xi) + \cosh(\xi)\sin(\xi)\right]\right\}. \end{aligned} \tag{3}$$

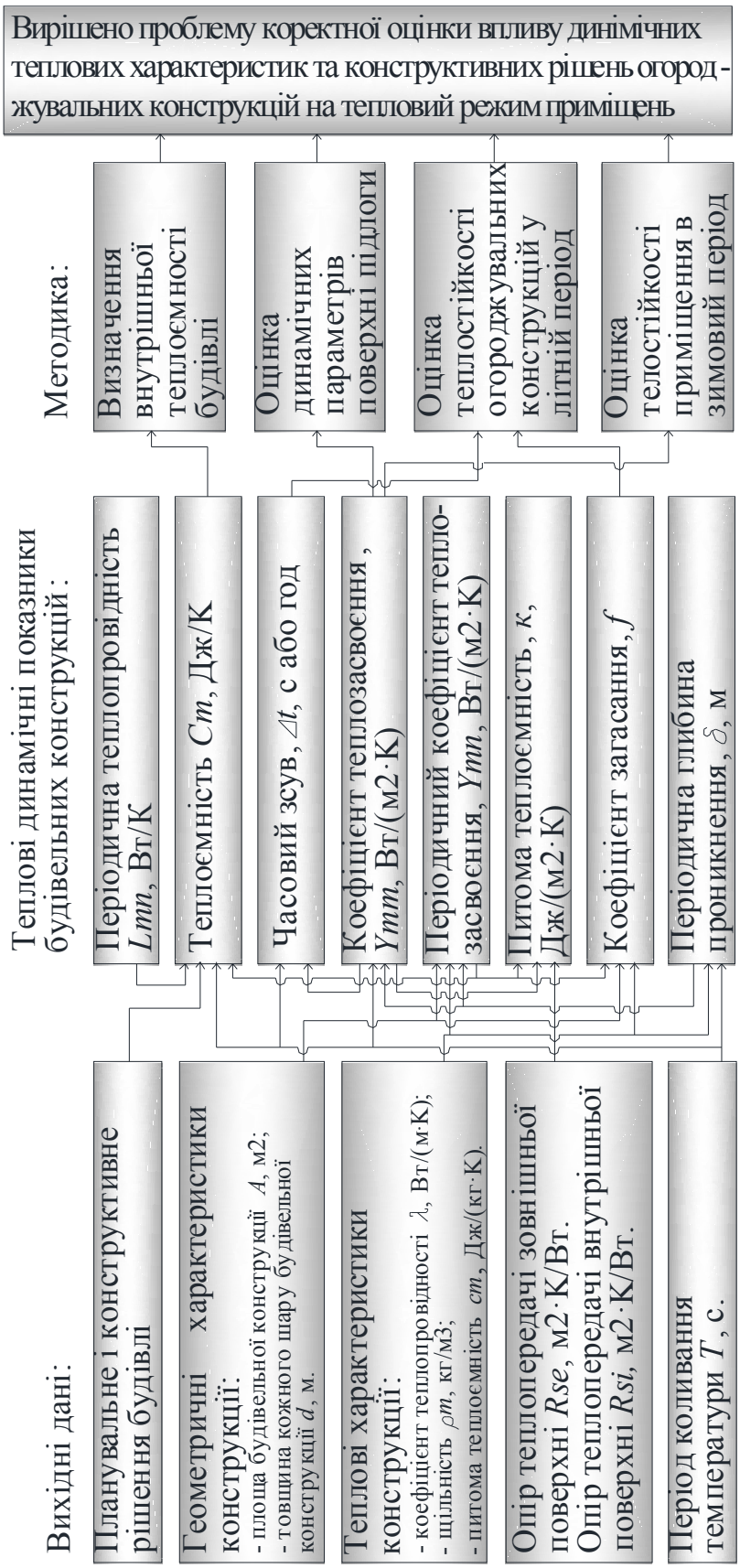


Рис. 4. Структурно-логічна схема теоретичного дослідження динамічних теплових параметрів

– коефіцієнта теплозасвоєння внутрішніми поверхнями, Вт/(м^2·К), та періодичного коефіцієнта теплозасвоєння, Вт/(м^2·К), зовнішніх огороджувальних конструкцій:

$$Y_{mm} = -\frac{Z_{mm}}{Z_{mn}}, \quad Y_{mn} = -\frac{1}{Z_{mn}}, \tag{4}$$

– питомої теплоємності, Дж/(м^2·К), зовнішніх огороджувальних конструкцій:

$$\kappa_m = \frac{T}{2\pi}\left|Y_{mm} - Y_{mn}\right|; \tag{5}$$

– модифікованого теплозасвоєння, Вт/(м^2·К), для внутрішніх конструкцій:

$$Y^*_{mm} = Y_{mm} - Y_{mn}, \tag{6}$$

де Y_{mn} та Y_{mm} – коефіцієнт теплозасвоєння та періодичний коефіцієнт теплозасвоєння за формулами (4);

– питомої теплоємності, Дж/(м^2·К) внутрішніх конструкцій:

$$\kappa_m = \frac{T}{2\pi}\left|Y^*_{\mathrm{mn}}\right|. \tag{7}$$

Для щомісячного та сезонного методів внутрішню теплоємність будівельної зони, C_m, Вт·год/К, обчислюють шляхом підсумовування теплоємності всіх елементів будівлі при безпосередньому тепловому контакті з внутрішнім повітрям зони, що розглядається, за рівнянням

$$C_m = \sum \frac{\kappa_j}{3600} A_j, \tag{8}$$

де κ_j – внутрішня питома теплоємність будівельного елемента j, Дж/(м^2 К); A_j – площа елемента j, м^2.

Для забезпечення комфортного мікроклімату приміщення в зимовий період року необхідно розраховувати його теплостійкість. Розроблено методичні положення оцінювання теплостійкості приміщення в зимовий період, які відповідають методиці визначення енергоефективності будинків та враховують усі теплові впливи, яким піддається будівля. Визначення вихідних даних виконується згідно з рис. 4. Розрахунок динамічних параметрів здійснюється відповідно до попередньої методики за формулами (1)–(5). Амплітуда коливань температури приміщень визначається за формулою

$$A_{твн} = \frac{Q_{H,ndcont}}{t \cdot \sum A_j \cdot Y_{11j}}, \tag{9}$$

де $Q_{\mathrm{H,nd,cont}}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, Вт·год, за формулою (3) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 для січня як найбільш холодного місяця; A_j – площа елемента j, м^2; $Y_{11\ j}$ – коефіцієнт теплозасвоєння внутрішньою поверхнею огороджувальної конструкції елемента j, Вт/м^{2}К.

Розроблено методику оцінювання теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період, яка більш детально досліджує теплові процеси у конструкції (рис.5). На відміну від існуючої методики, де основним показником є амплітуда коливання

температури внутрішньої поверхні огородження, запропонована методика перевіряє коефіцієнт загасання та часовий зсув теплових коливань. Визначення вихідних даних та динамічних параметрів показані на рис. 4 та відповідають формулам (1)–(4). Далі методика передбачає визначення:

– коефіцієнта загасання за формулою:

$$f = \frac{|Y_{12}|}{U_0}, \tag{10}$$

де U_0 – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м^2·К).

– часового зсуву коефіцієнта періодичного теплозасвоєння за формулою

$$\Delta t_f = \frac{T}{2\pi} \arg(Z_{12}), \tag{11}$$

для аргументу в діапазоні від -2π до 0.

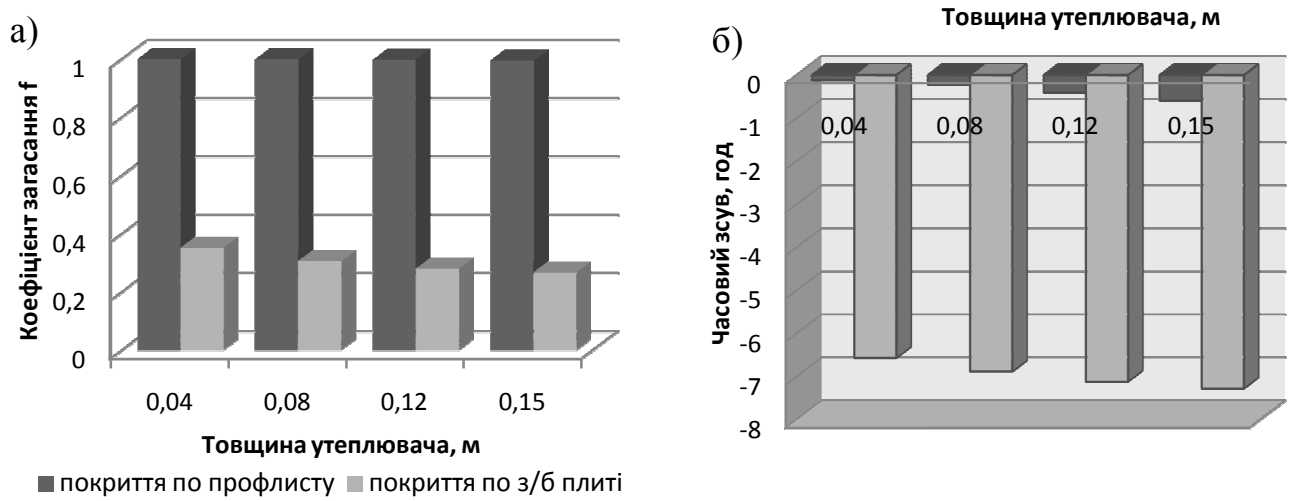


Рис. 5. Порівняння коефіцієнтів загасання (а) та величини часового зсуву (б) масивної і легкої конструкції покриття

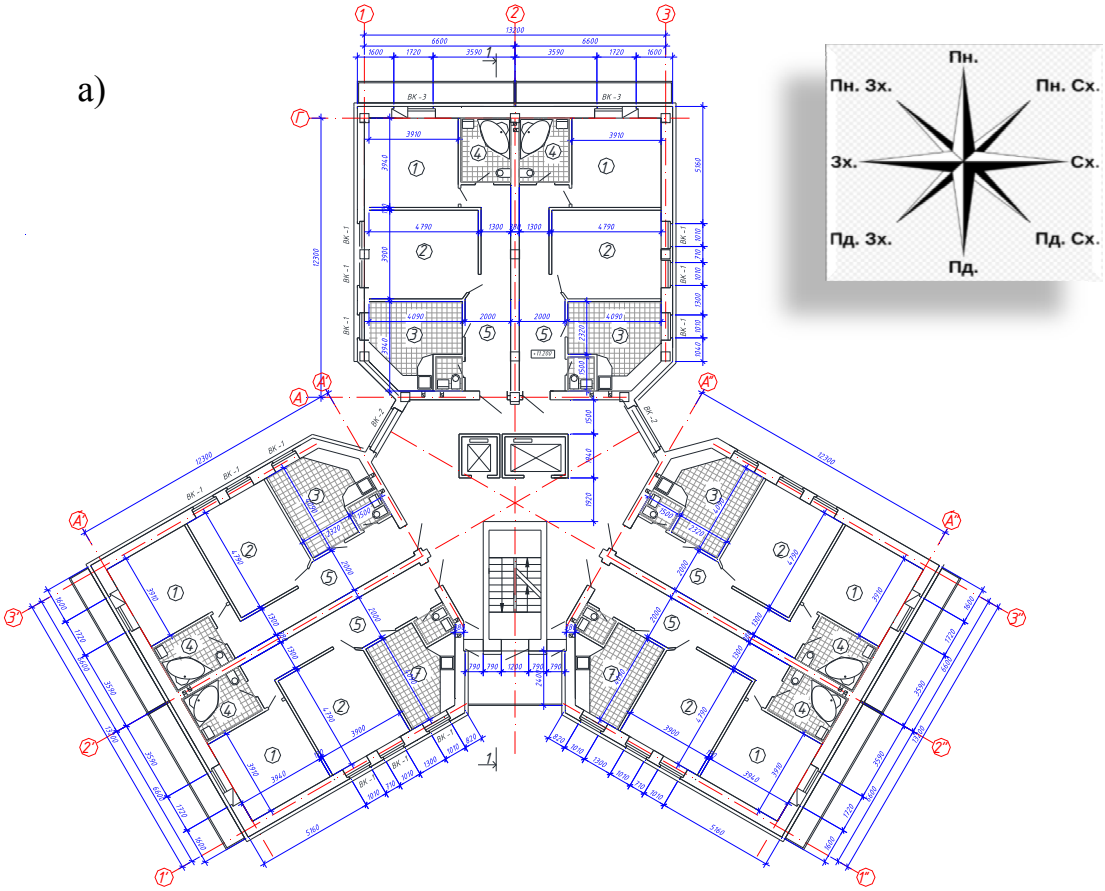
Розроблено методику розрахункового оцінювання динамічних параметрів поверхні підлоги, яка передбачає визначення коефіцієнта теплозасвоєння внутрішньої поверхні підлоги за формулами (1)–(4) та перевірку його на відповідність нормативним вимогам.

Удосконалення методів дослідження динамічних теплових характеристик огороджувальних конструкцій та будівель наблизило опис фізичних явищ у них до реального температурного режиму експлуатації.

У **четвертому розділі** проведено порівняння динамічних параметрів на двох моделях дев’ятиповерхових житлових будинків, які мають однакові кондиціоновані площу й об’єм та однакові вхідні параметри (кліматичні умови, теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій, інженерне обладнання) до визначення енергопотреби та енергоспоживання (рис. 6).

Мета розділу – дослідження оцінки енергоефективності проектних рішень теплоізоляційної оболонки будівлі та її планувального рішення за внутрішньою теплоємністю будівлі.

а)



б)

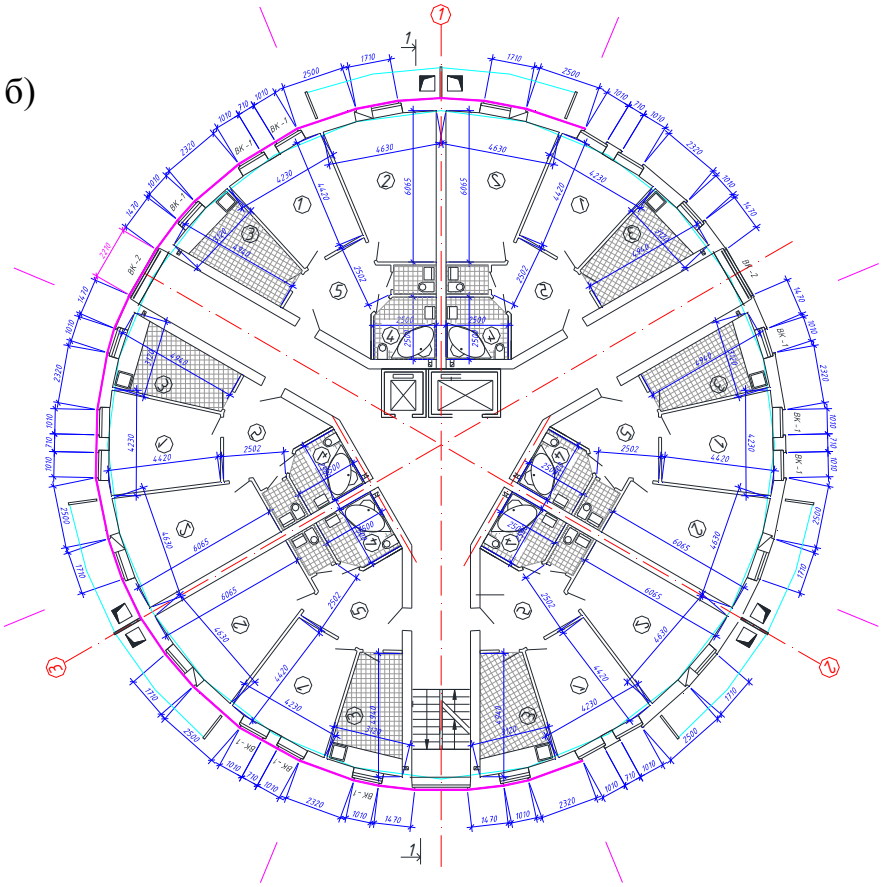


Рис. 6. План типових поверхів багатокутного (а – модель1) та циліндричного (б – модель 2) будинку.

Проведено розрахунок енергетичної ефективності за двома планувальними рішеннями (модель 1 та 2) з урахуванням внутрішньої теплостійкості за ДСТУ Б А.2.2-12 та з урахуванням рекомендацій попереднього розділу. Зовнішні огороджувальні конструкції мають однаковий склад і відповідні теплотехнічні характеристики (табл. 3).

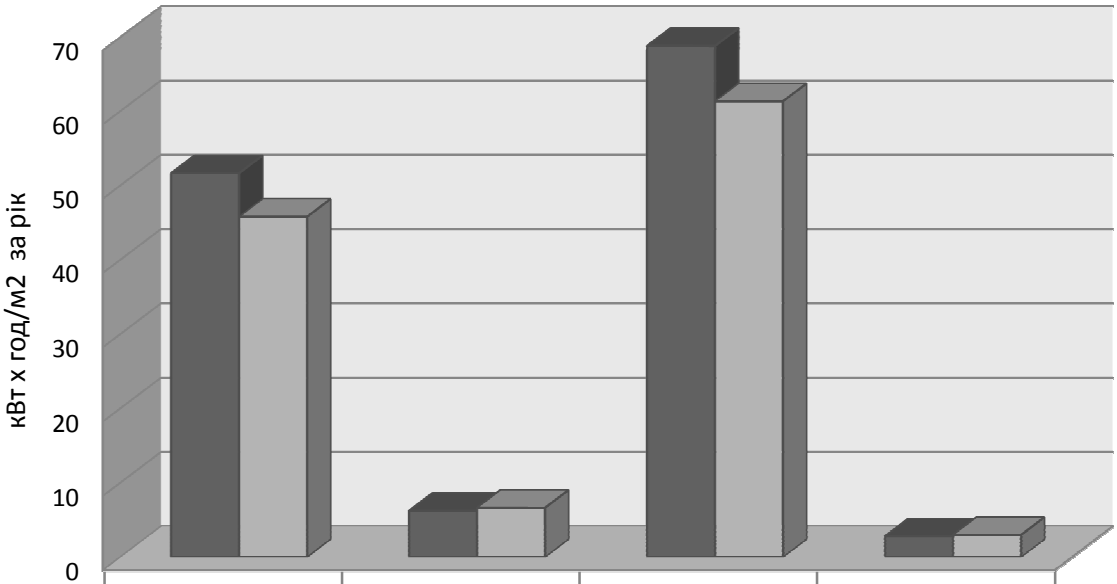
Таблиця 3

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій:	$R_{\Sigma пр}$, м^2·К/Вт	Величина
- зовнішні стін	$R_{\Sigma пр\ i}$	3,41
- горищні перекриттів неопалювальних горищ	$R_{\Sigma пр\ acu}$	4,71
- суміщене перекриття	$R_{\Sigma пр\ gfl}$	6,43
- перекриття над холодним підвалом	$R_{\Sigma пр\ cubiu}$	4,07
- зовнішні двері	$R_{\Sigma пр\ fdi}$	0,6
- світлопрозорих конструкцій	$R_{\Sigma пр\ wi}$	0,75

Порівняння енергетичних показників, розрахованих за ДСТУ та запропонованих рекомендаціями окремо для моделі 1 та 2, визначило, що останні збільшують величину питомих показників: питома енергопотреба на опалення – до 5%; питома енергопотреба на охолодження – до 10%. Тобто уточнення розрахунку при визначенні внутрішньої теплоємності дозволяє порівнювати різні конструктивні та планувальні рішення будинків за їх енергоефективністю.

Результати розрахунку за двома планувальними рішеннями показали зменшення питомих показників енергоефективності для моделі 2 на 10-15% (рис. 7).



	Питома енергопотреба на опалення	Питома енергопотреба на охолодження	Питоме енергоспоживання опалення	Питоме енергоспоживання охолодження
Модель 1	51,66	6,23	68,79	2,79
Модель 2	45,8	6,63	61,33	2,97

Рис. 7. Порівняння питомих показників моделі 1 та 2

Наведені результати доводять, що запропонована методика дозволяє врахувати планувальне рішення будинку при оцінюванні його теплостійкості в зимовий період.

Визначено значний вплив коефіцієнта компактності будівлі на її енергоефективність. Зовнішні огороджувальні стінові конструкції, які у плані наближені до кола, знижують коефіцієнт теплопередачі трансмісією до 20%. За певних умов це підвищує клас енергетичної ефективності на позицію.

У **п'ятому розділі** наведено результати дослідження динаміки зміни температурного режиму огороджувальних конструкцій у натурно-експериментальних та лабораторних умовах, проведених для верифікації теоретичних результатів.

Для визначення показників теплостійкості огороджувальної конструкції у натурних умовах експлуатації будинку використовувався температурний режим зовнішнього середовища, що існує в літній період року в сонячний день при ясному небі. Об'єкт дослідження – зовнішня цегляна суцільна стіна товщиною 510 мм із внутрішнім оздобленням вапняно-піщаною штукатуркою товщиною 20 мм.

При дослідженні вимірювались: температури внутрішньої та зовнішньої поверхонь огородження; температури внутрішнього та зовнішнього повітря; вологість внутрішнього та зовнішнього повітря; тепловий потік крізь стіну. Реєстрація та відображення контрольованих параметрів (теплових потоків, температур і вологості) з прив'язкою до часу і датою виконувались вимірювачем щільності теплових потоків і температури.

Для порівняння теоретичного й експериментального дослідження було проведено розрахунок динамічних параметрів протягом доби за методикою розділу 3 за відповідною розрахунковою схемою. Результат представлено на рис. 8.

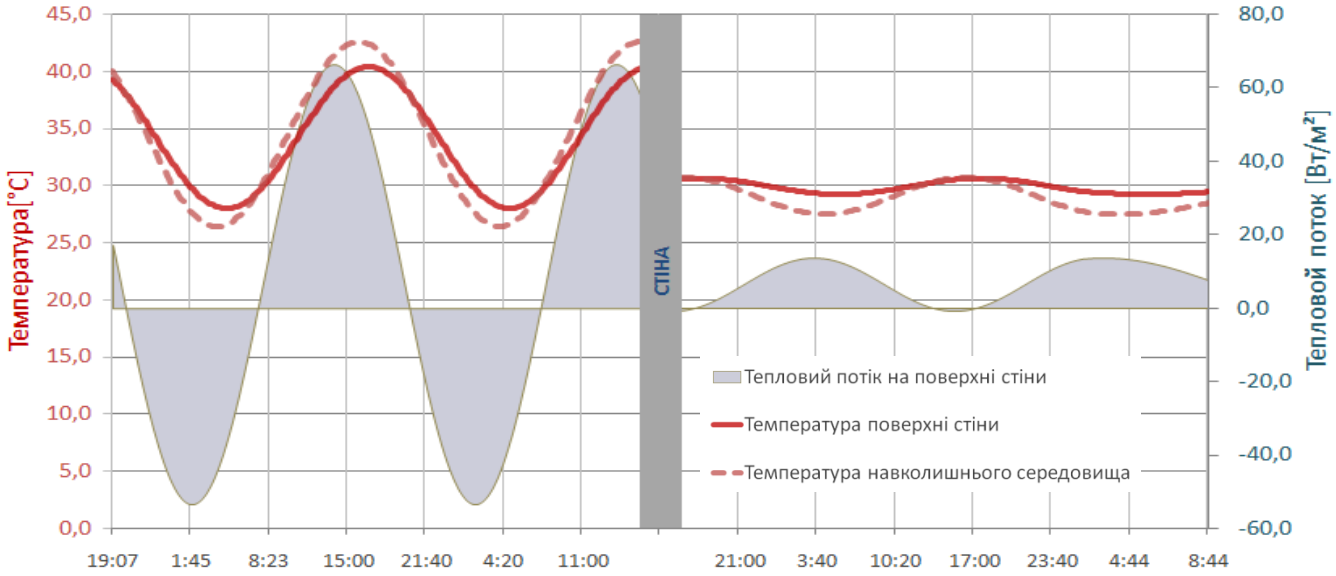


Рис. 8. Теоретично визначені графіки зміни теплових потоків на поверхні стіни та температур середовища при розрахунку динамічних теплових параметрів

Результат статистичної обробки виміряних величин (рис. 9) дозволяє прийняти їх для подальшого порівняння з розрахованими даними.

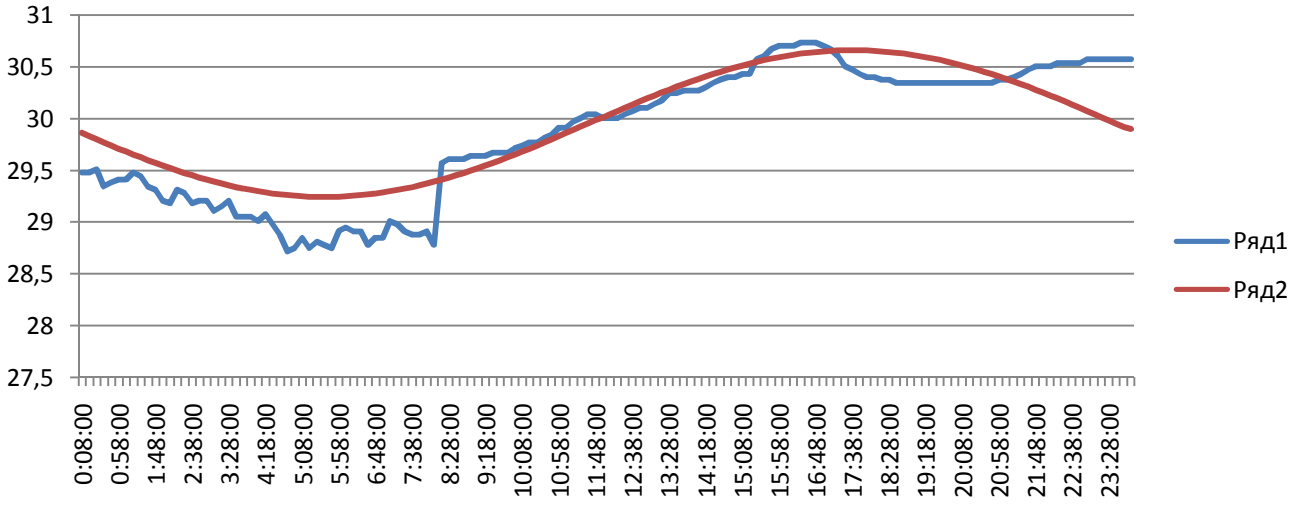


Рис. 9. Зміна температури внутрішньої поверхні стіни (розрахованої (ряд 2) та вимірюваної (ряд 1)) протягом доби 11.08.2015

Натурні виміри теплових параметрів проведено на віконному блоці з металопластику та двокамерним склопакетом зі скла без енергоефективного покриття. Аналіз виміряних величин теплового потоку (рис. 10) та температури на поверхнях скла і рами конструкції показав нестаціонарний випадковий процес, для якого застосування запропонованих методик дослідження динамічних теплових параметрів не є коректним.

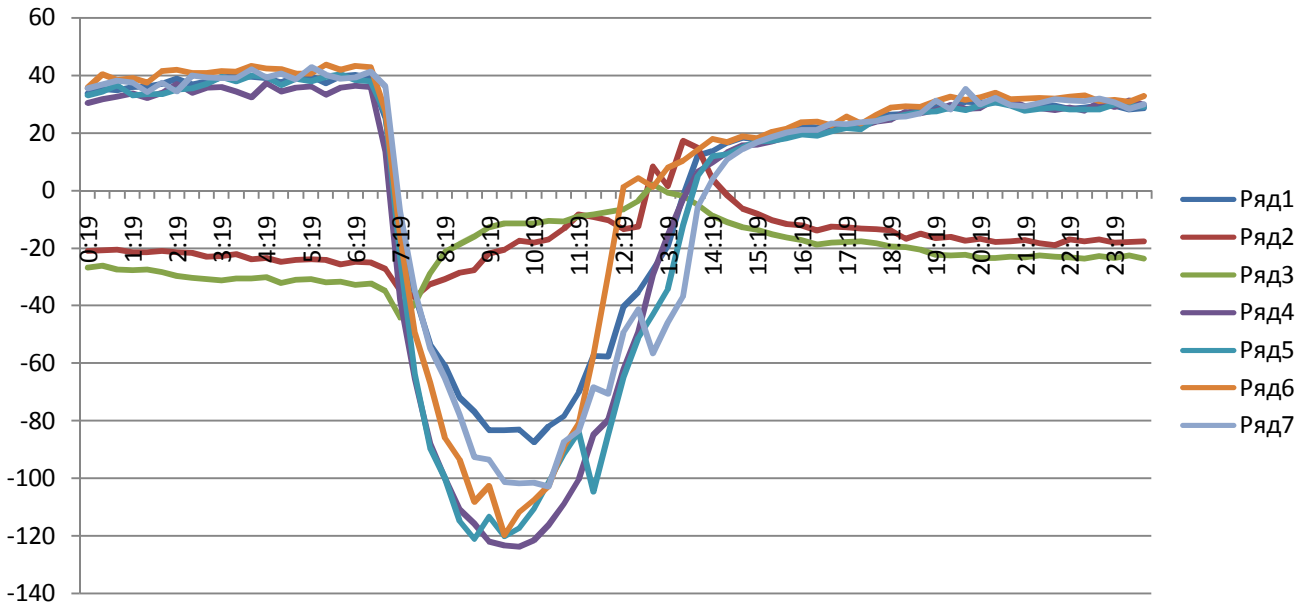


Рис. 10. Зміна теплового потоку у розрахункових точках (ряди 2, 3 – на рамі, ряди 1, 4–7 на склопакеті) віконного блоку протягом доби 7.03.2019

Лабораторне дослідження проведено у листопаді 2020 року у лабораторії будівельної фізики ДП НДІБК. Об’єкт дослідження – збірні системи фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками двох типів виробництва ТМ «Polimin»

за технологією THERMO FACADE. Загальний вид зразків № 05-1/20 та № 05-2/20 зображено на рис. 11. Результати вимірювань температур фіксувалися із застосуванням програмно-технічних комплексів засобів автоматизації. Фрагмент результатів замірів наведено на рис. 12.

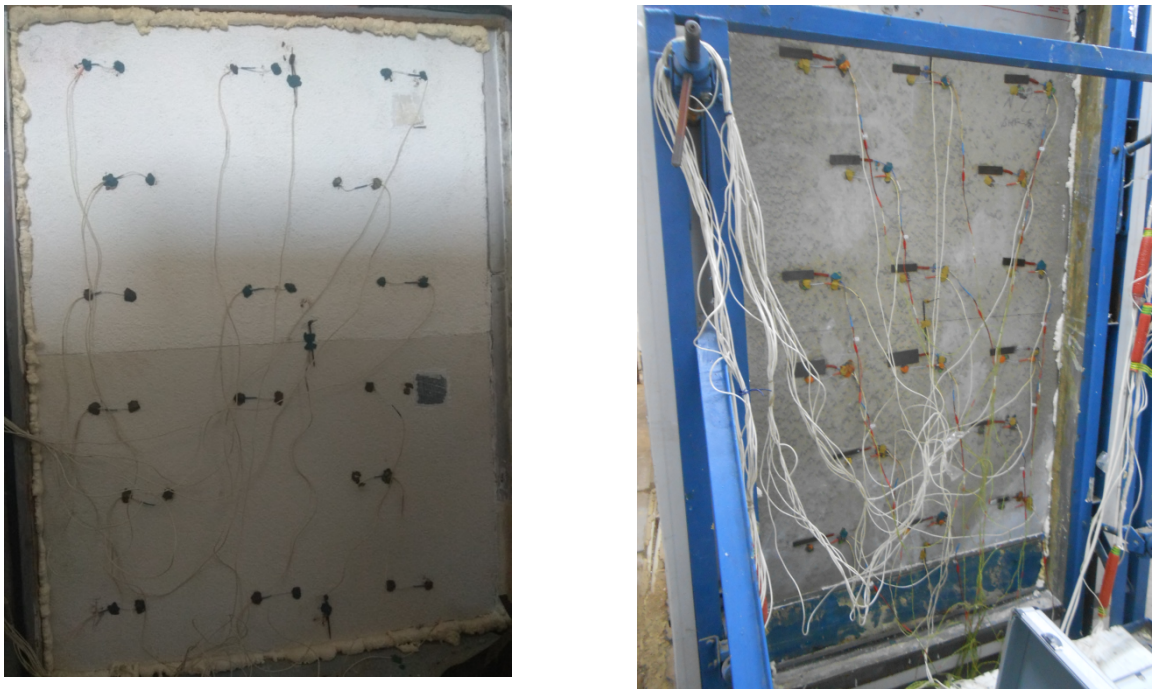


Рис. 11 Загальний вигляд дослідного фрагмента під час випробування

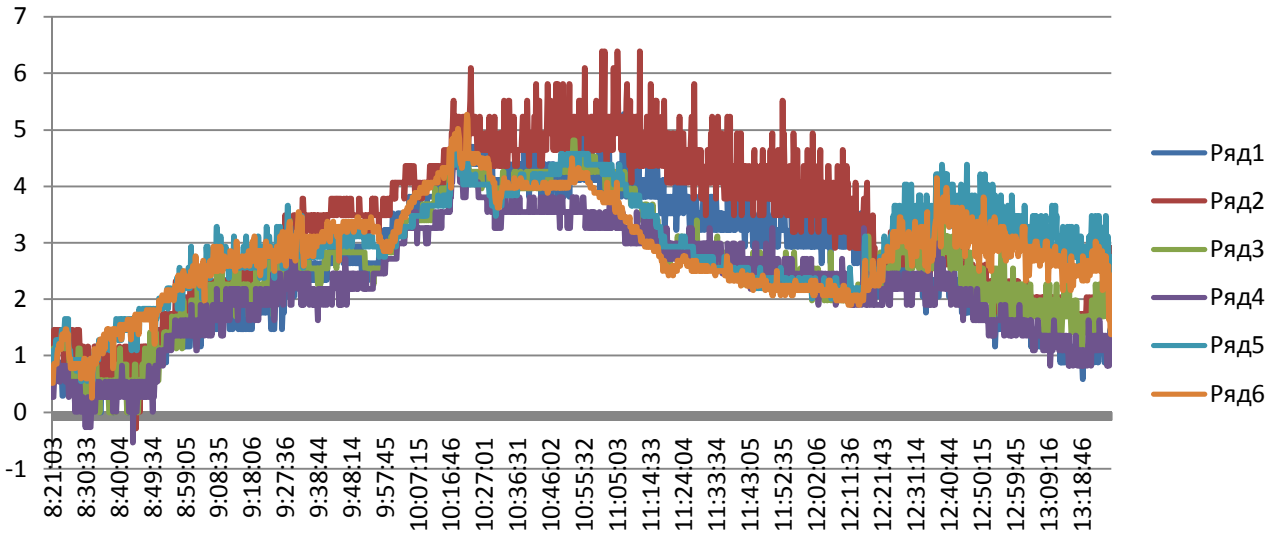


Рис. 12. Зміна виміряного теплового потоку багатошарової огороджувальної конструкції № 05-2/20 при змінних температурах середовища

Натурно-експериментальні дослідження особливостей формування температурного поля огороджувальних конструкцій у нестаціонарних умовах теплопередачі відповідають тепловому режиму, розрахованому за запропонованою методикою розділу з вихідними параметрами, які відповідають реальним кліматичним умовам.

У **шостому розділі** досліджено особливості теплового режиму покриттів при експлуатації та проектуванні. При обстеженні суміщених покриттів спостерігаються основні теплові відмови – конденсація вологи на поверхні стелі, промерзання (рис. 13) та утворення плісняви.

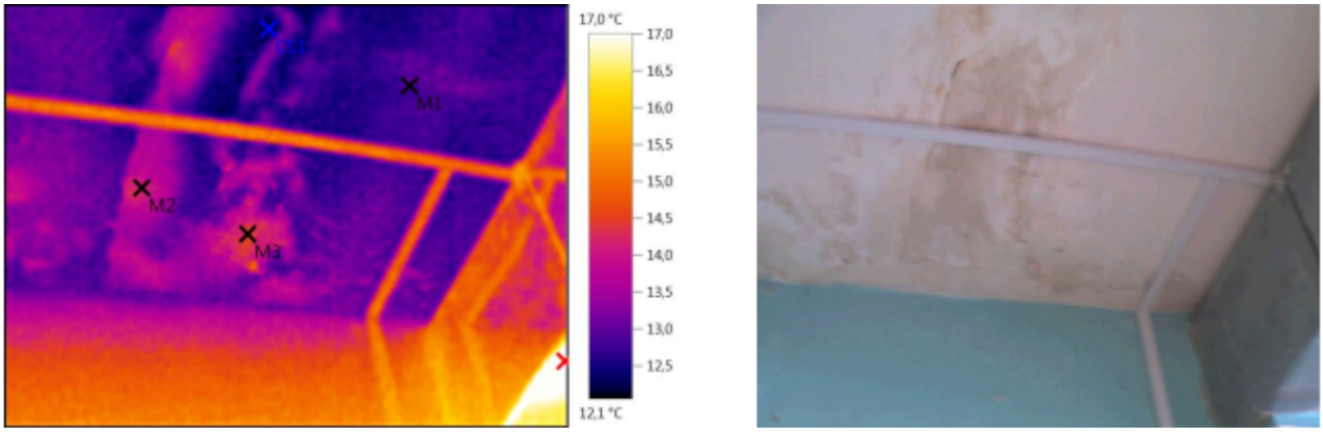


Рис. 13. Значні тепловтрати крізь суміщене покриття у місці примикання до зовнішньої стіни (фрагмент тепловізійної зйомки будівлі лабораторії лікарні, 14.02.2020)

При утепленні суміщених покриттів не приділяється увага попередженню утворення містків холоду в місцях примикання до надбудов даху, вентиляційних каналів та парапетів. І саме в цих місцях при експлуатації будівель спостерігаються теплові відмови. Моделювання температурного поля суміщеного покриття доводить, що наявність теплових містків може зменшувати приведене значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції до 60% від величини, визначеної за основним полем.

За положеннями PN-EN ISO 6946 запропоновано уточнення до теплотехнічного розрахунку суміщеного покриття з шарами змінної товщини. Коефіцієнт теплопередачі визначається шляхом інтегрування площі відповідного елемента. Розрахунки повинні виконуватися окремо для кожного простого елемента, на які поділено дах (рис. 14).

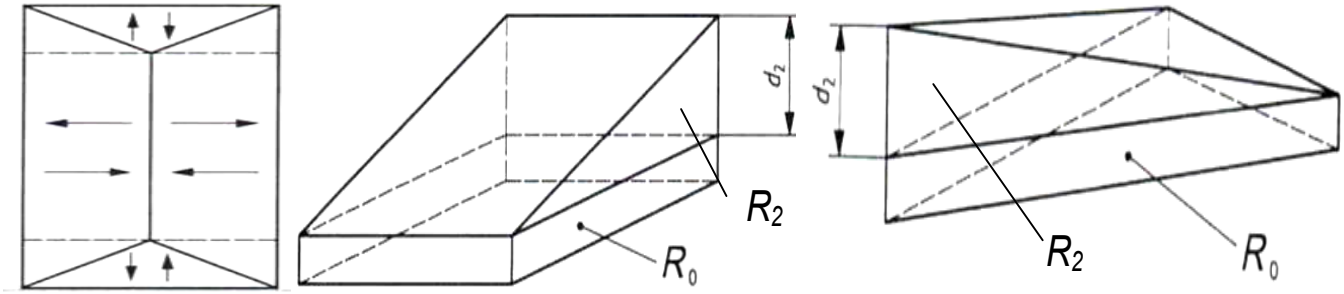


Рис. 14. Приклад поділу складної поверхні суміщеної покрівлі на прості елементи.

Для зручності виконання інженерних розрахунків рекомендовано визначати коефіцієнт теплопередачі окремих елементів за таблицями, які проілюстровано

відповідними поверхнями (наприклад для трикутних поверхонь з максимальною товщиною у вершині на рис. 15).

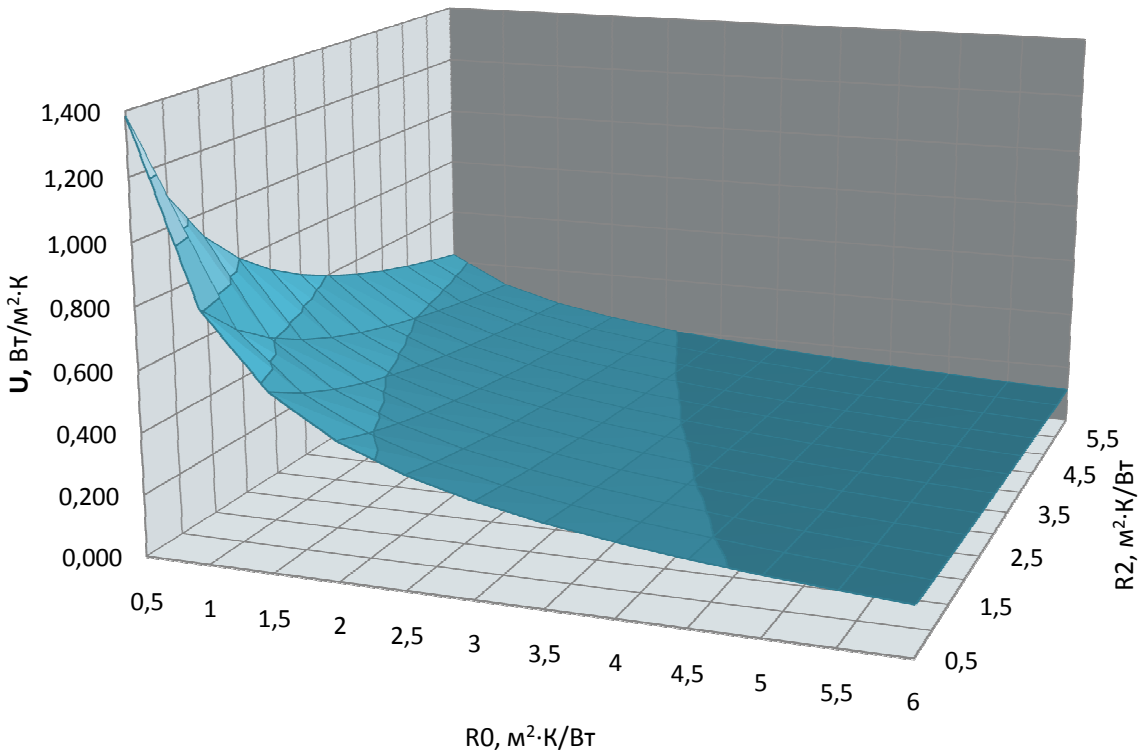


Рис. 15. Залежність коефіцієнта теплопередачі трикутних поверхонь з максимальною товщиною у вершині від термічного опору шарів конструкції

Обчислення загального коефіцієнта теплопередачі всієї площі суміщеної покрівлі виконується за формулою

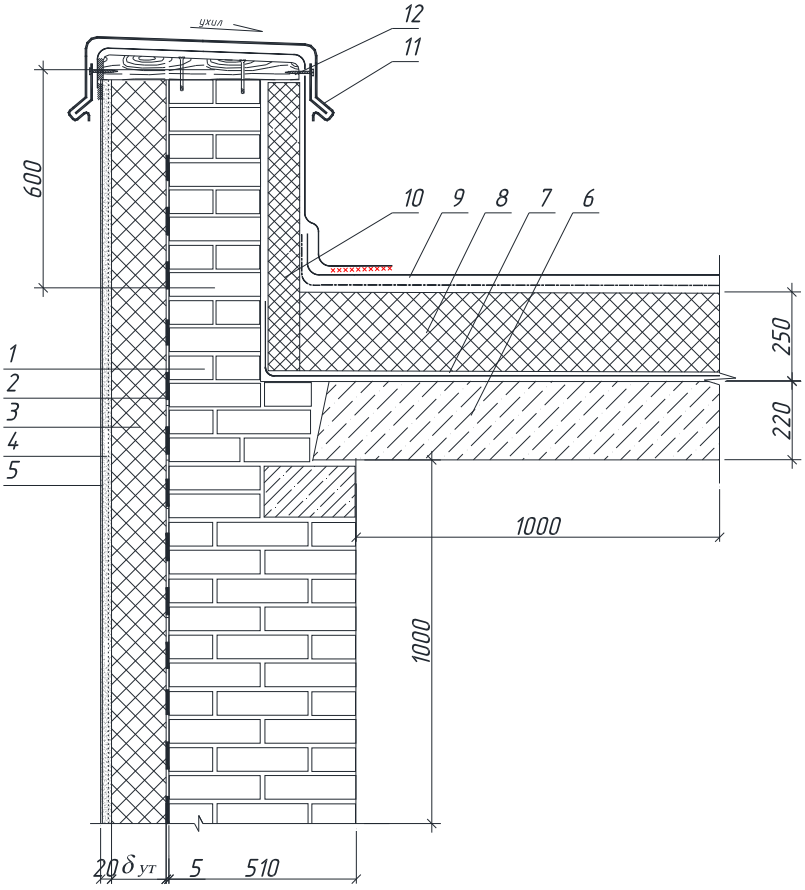
$$U = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}, \tag{12}$$

де U_i – приведений коефіцієнт теплопередачі i-го елемента покрівлі, Вт/(м^2·К); A_i – площа горизонтальної проекції i-го елемента покрівлі, м^2.

Порівнянням існуючої та запропонованої методик розрахунку тепловтрат суміщеного покриття доведено, що урахування конструктивних особливостей даху зменшує розрахунковий коефіцієнт теплопередачі до 50% відносно величини, яка розрахована з використанням коригуючих поправок.

Запропоновано для впровадження у практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли суміщених дахів. За результатами моделювання температурного поля цих вузлів визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі, які можна застосовувати в інженерних розрахунках опору теплопередачі відповідних конструкцій. Для розрахунку двомірних температурних полів визначено розміри області моделювання та граничні умови. Розрахунок проведено методом скінченних елементів, який реалізовано програмою ELCUT (рис. 17).

Наприклад, парапет суміщеної утепленої покрівлі необхідно теплоізолювати за схемою (рис. 16) для уникнення промерзання кута примикання плити покриття та зовнішньої стіни. Лінійні коефіцієнти теплопередачі такого рішення наведені у таблиці 4.



1 – цегляна стіна;
2 – клейовий шар для приклеювання плит утеплювача до основи, а також для вирівнювання поверхні основи;
3 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата;
4 – армуюча склосітка;
5 – багатошарова штукатурка;
6 – залізобетонна плита перекриття;
7 – рулонна пароізоляція;
8 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 250 мм;
9 – два шари руберойду;
10 – теплоізоляційний шар – мінеральна вата, 100 мм;
11 – листова сталь;
12 – антисептована дошка.

Рис. 16. Рекомендована схема утеплення парапету суміщеної утепленої покрівлі

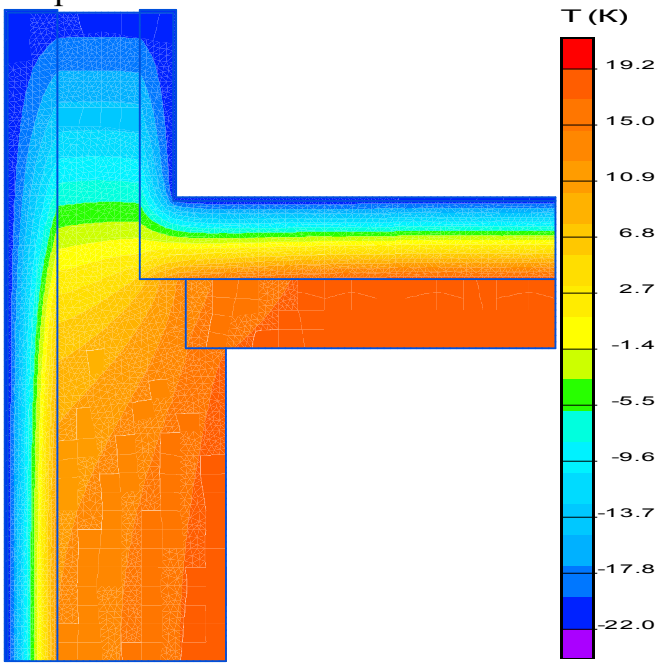


Рис. 17. Картина температурного поля – парапет суміщеної покрівлі

Таблиця 4

Парапет суміщеної покрівлі

Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару			
Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К)	товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, $\delta_{ут}$		
	120 мм	150 мм	180 мм
0,035	0,245	0,241	0,237
0,040	0,252	0,248	0,243
0,045	0,259	0,254	0,249

Значна частина горищних дахів експлуатується з порушенням вентиляційного режиму. Наслідками є гниття та ураження грибком дерев'яної кроквяної системи скатних дахів, а також руйнування карнизів. Розроблено рекомендації з експлуатації та проектування, які унеможливлюють виникнення теплових відмов.

Упроваджено в практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли горищних дахів. За результатами моделювання температурного поля цих вузлів визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі, які можна застосовувати в інженерних розрахунках опору теплопередачі відповідних конструкцій та доповнити ДСТУ Б В.2.6-189.

У **сьомому розділі** на основі дослідження теплового режиму зовнішніх стін виявлено основні дефекти: конденсація вологи на поверхні стін, промерзання та утворення плісняви (рис.18).

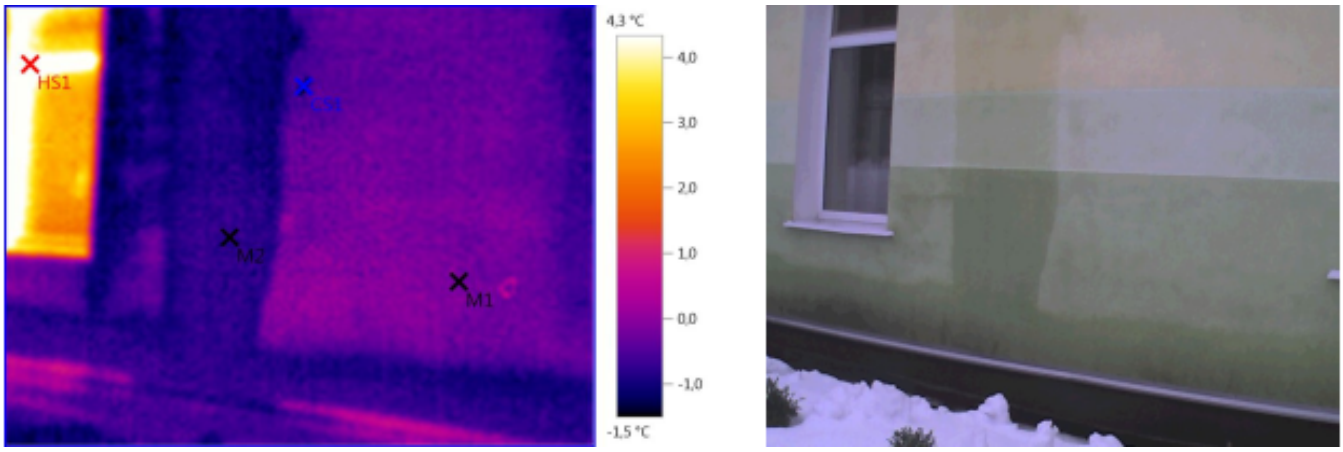


Рис. 18. Промерзання фасадної системи із штукатурним шаром унаслідок замокання (фрагмент звіту з термографічного обстеження комплексу будівель лікарні, 2020 р.)

Розроблено рекомендації з ремонту й експлуатації зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних та натурних досліджень.

Запропоновано енергозберігаючі нові конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару. За результатами моделювання температурного поля визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі. При зведенні та термомодернізації будівель застосування таких конструкцій дозволить мінімізувати вплив містка холоду, збільшивши при цьому загальний приведений опір теплопередачі огороджувальних конструкцій, та зменшити витрати на опалення будівель (рис. 19).

У ході проведених досліджень установлено, що наявність безрозривного теплоізоляційного шару в огороджувальній конструкції збільшує величину приведеного опору теплопередачі до 10–20 %.

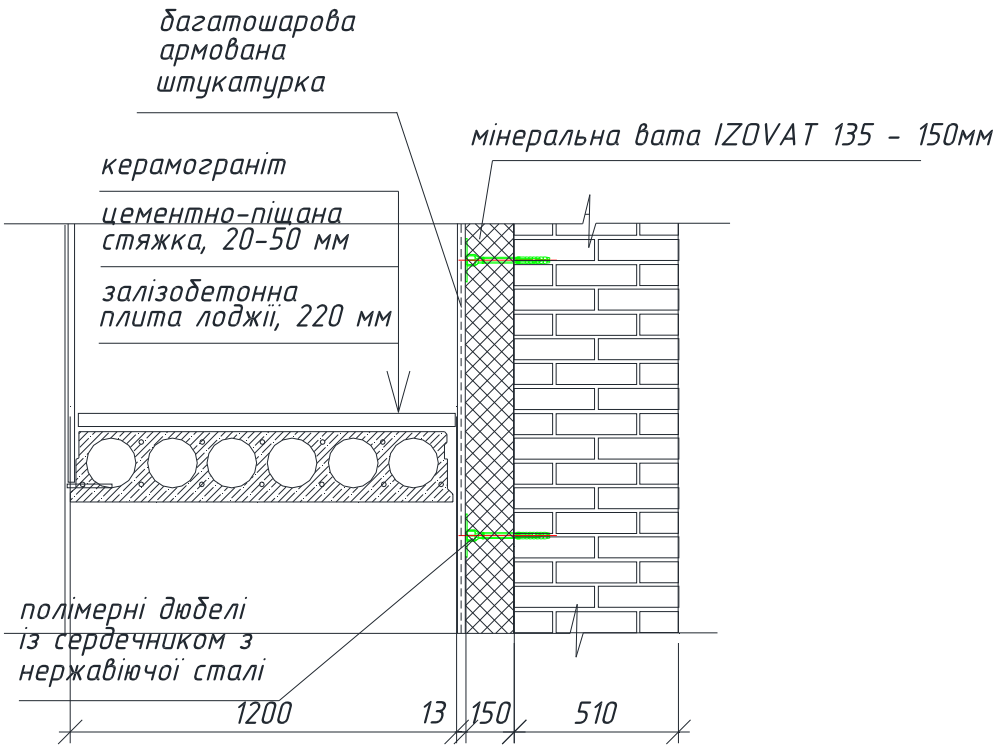


Рис. 19. Рекомендована схема примикання плити лоджії до цегляної стіни

Для контролю відповідності виконання робіт по монтажу фасадних систем необхідно вимагати проведення тепловізійного контролю якості при прийнятті об’єкта в експлуатацію, який фіксує всі наявні ділянки з тепловтратами.

У **восьмому розділі** досліджено тепловий режим підлоги при експлуатації та проектуванні. Наведено результати обстеження підлог по ґрунту, перекриттів над холодними підвалами та проїздами, дерев’яних підлог з технічним підпіллям. Розроблено ряд конструктивних рішень з утеплення на основі безперервності теплоізоляційного шару та рекомендації з експлуатації, які попереджують теплові відмови. Наприклад, на рисунку 20 представлена схема утеплення перекриття над проїздом. Визначено лінійні коефіцієнти теплопередачі на підставі розрахунків двомірних температурних полів, які можна застосовувати в інженерних розрахунках опору теплопередачі відповідних конструкцій (табл. 5).

Таблиця 5

Утеплення перекриття над проїздом

Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару			
Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К)	товщина теплоізоляції зовнішньої стіни, $\delta_{ут}$		
	120 мм	150 мм	180 мм
0,035	0,289	0,264	0,235
0,040	0,299	0,277	0,251
0,045	0,308	0,290	0,268
0,050	0,319	0,302	0,284

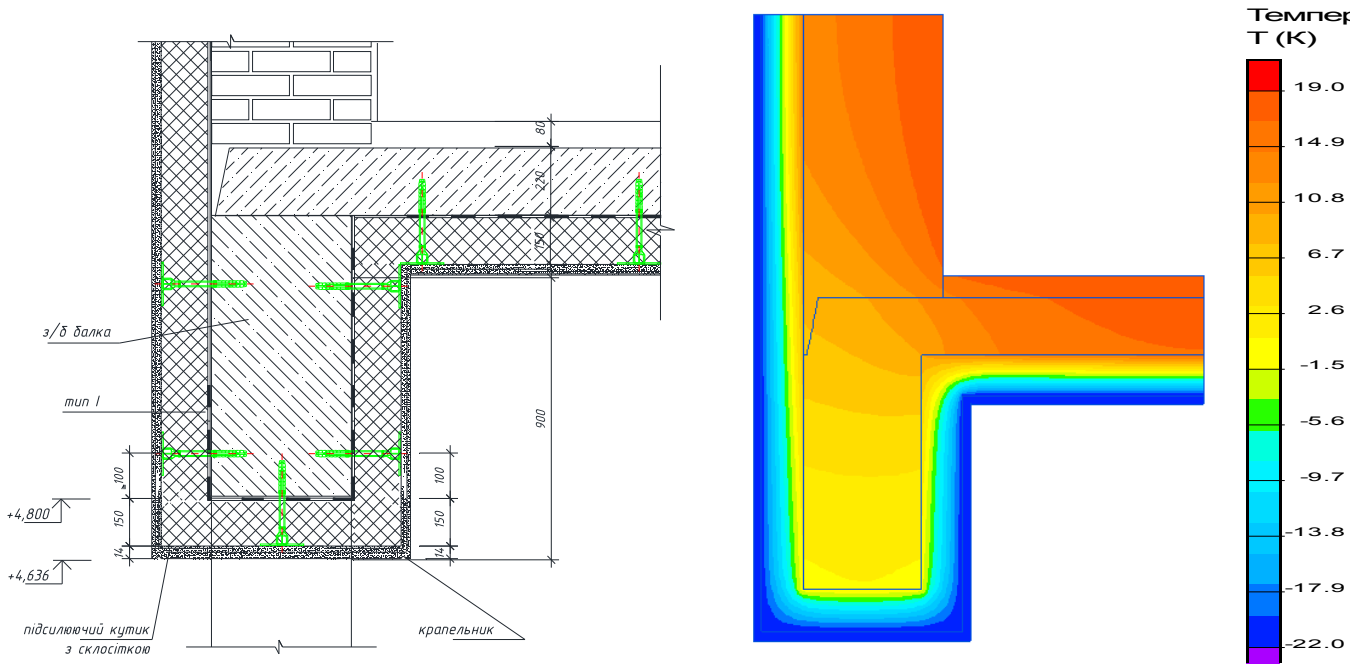
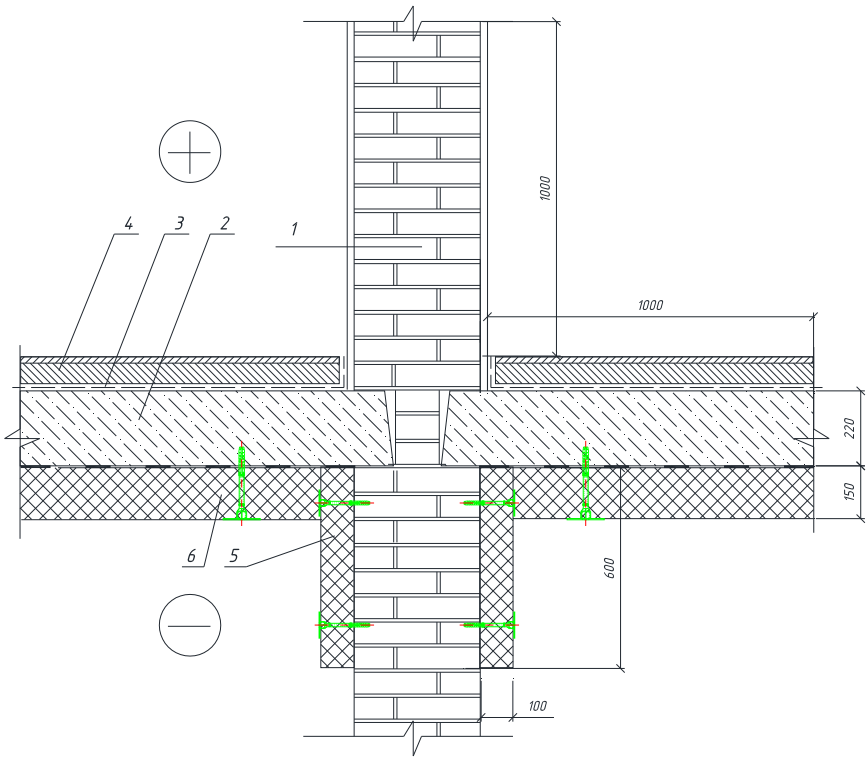


Рис. 20. Рекомендована схема утеплення та картина температурного поля перекриття над проїздом

Перекриття над холодними підвалами рекомендовано утеплювати з боку від'ємної температури вологостійким утеплювачем з улаштовуванням вертикального утеплення по периметру внутрішніх несучих стін за схемою рис. 21 для зменшення їх впливу на приведений опір теплопередачі огороджувальної конструкції перекриття.



1 – цегляна кладка;
2 – залізобетонна плита перекриття;
3 – гідро/пароізоляційна мембрана;
4 – бетонний шар та покриття підлоги;
5 – вертикальне утеплення – плити пінополістиролу;
6 – горизонтальне утеплення – плити пінополістиролу

Рис. 21. Рекомендована схема утеплення перекриття над холодним підвалом

Розрахунок температурного поля та теплового потоку наведеного вузла показано на рис. 22. Величина лінійного коефіцієнта теплопередачі при різних товщинах утеплювача наведена у табл. 6.

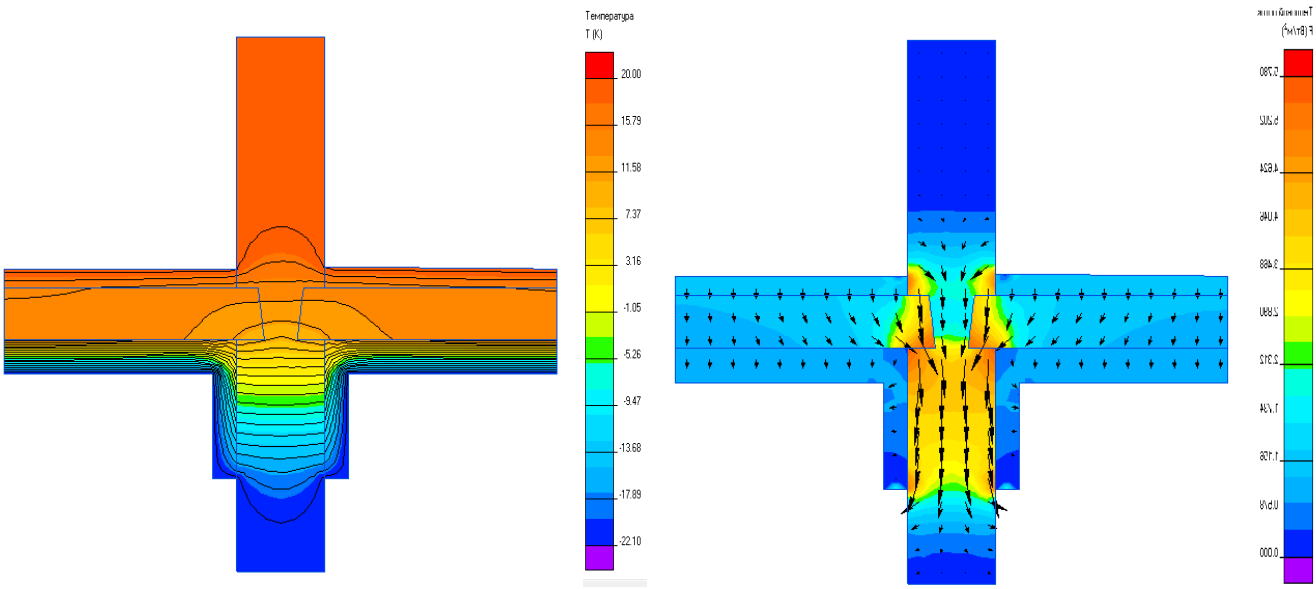


Рис. 22. Картина температурного поля вузла примикання плити перекриття над підвалом та внутрішньої стіни

Таблиця 6

Утеплення перекриття над холодним підвалом

Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К), залежно від параметрів теплоізоляційного шару			
Розрахункова теплопровідність, Вт/(м·К)	товщина теплоізоляції, $\delta_{ут}$		
	120 мм	150 мм	180 мм
0,035	0,232	0,247	0,258
0,040	0,224	0,239	0,251
0,045	0,216	0,231	0,243
0,050	0,208	0,223	0,236

Визначені лінійні коефіцієнти теплопередачі вузлів перекриття над холодними підвалами та проїздами, підлог по ґрунту доповнять існуючу базу у новій редакції ДСТУ Б В.2.6-189.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ І ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв’язано проблему коректного оцінювання впливу динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень, а також розроблено енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних і натурних досліджень їх експлуатаційних якостей та впроваджено в будівництво.

1. За результатами виконаного аналізу напрямів розрахунку та нормування нестаціонарного режиму теплопередачі огороджувальних конструкцій виявлено

невідповідність вітчизняних методик сучасній оцінці теплового стану огороджувальних конструкцій за змінних кліматичних умов та енергоефективності будівель у цілому. Нормування теплостійкості не відповідає сучасним вимогам комфорту, не враховує прогнозування загального теплового відчуття і ступеня дискомфорту людей, що піддаються дії помірних термальних середовищ. Аналіз існуючих методик не дозволяє оцінити проектні пропозиції будівель за енергоефективними показниками їх конструктивних і планувальних рішень.

2. Розроблено методику визначення розрахункових параметрів мікроклімату теплового середовища приміщень за критеріями місцевого теплового комфорту, яка дозволяє запроектувати приміщення з високою якістю повітряного середовища відповідно до призначених категорій приміщень. Параметри внутрішнього середовища будівлі, визначені за індексами теплового комфорту, рекомендовані до урахування при перегляді нормативних вимог щодо визначення комфортності умов експлуатації у державних будівельних нормах як один з етапів оцінювання загальної енергоефективності будівель.

3. Розроблено методику оцінювання теплостійкості приміщення в зимовий період, яка враховує всі теплові впливи, яким піддається будівля. На відміну від існуючої методики, де на теплостійкість перевіряється лише одне приміщення з врахуванням трансмісійних тепловтрат та тепловтрат за рахунок вентиляції, запропонована методика дозволяє визначити теплостійкість всього будинку або будь якої його частини з урахуванням усіх впливів згідно з положенням по визначенню енергоефективності. Порівняння планувального рішення будівель за енергоефективністю рекомендовано проводити за визначенням дійсного значення внутрішньої теплоємності, яка відрізнятися від величини, прийнятою за типом будинку, до 50%. Розроблено методику оцінювання теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період та показника теплозасвоєння поверхнею підлоги, які більш детально досліджує теплові процеси у конструкції. Запропоновані методики рекомендовані до включення у нову редакцію ДСТУ-Н Б В.2.6-190 «Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огороджувальних конструкцій». Результат дослідження теплових динамічних показників буде враховано у ДСТУ Б ISO 13786:202Х «Теплові характеристики будівельних конструкцій. Динамічні теплові характеристики. Методи розрахунку».

4. Проведений розрахунок теплових динамічних параметрів на двох моделях дев’ятиповерхових житлових будинків, які мають однакові вхідні параметри та різне об’ємно-планувальне рішення, довів, що уточнення методики визначення внутрішньої теплоємності будинку призводить до збільшення розрахункової питомої енергопотреби на опалення й охолодження в межах 10 % та дозволяє порівнювати планувальні рішення будівель за енергоефективністю. Результати дослідження довели значний вплив коефіцієнта компактності будівлі на її енергоефективність. Огороджувальні стінові конструкції, наближені в плані до кола, знижують коефіцієнт теплопередачі трансмісією до 20%. За певних умов це підвищує клас енергетичної ефективності на позицію.

5. Натурно-експериментальні дослідження особливостей формування температурного поля огороджувальних конструкцій у нестаціонарних умовах

теплопередачі, які проведено у межах роботи, відповідають тепловому режиму, розрахованому за запропонованою методикою з вихідними параметрами, які відповідають реальним кліматичним умовам. Результат статистичної обробки виміряних у натурних умовах величин дозволяє прийняти їх для подальшого порівняння з розрахованими даними – коефіцієнт варіацій склав до 5–10%.

6 Розроблено енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій – стін, суміщеної покрівлі, горищного даху, перекриття над холодними підвалами та проїздами, підлоги по ґрунту – за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару. Моделювання температурного поля довело, що врахування теплових містків може змінювати приведене значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції до 60% від величини, визначеної за основним полем.

7. Упроваджено в практику утеплення типові енергоефективні конструктивні вузли складних огороджувальних елементів будівель. Визначено відповідні лінійні коефіцієнти теплопередачі, які доповнюють існуючу базу ДСТУ Б В.2.6-189 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». Рекомендації щодо уточнення методики розрахунку коефіцієнта теплопередачі суміщеної покрівлі з шарами змінної товщини при визначенні теплопередачі трансмісією та уточнення розрахунку динамічних параметрів буде враховано у новій редакції ДСТУ-Н Б А.2.2-12 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»

8. За результатами обстеження реальних об’єктів виявлені теплові відмови таких видів: конденсація вологи на поверхні, промерзання й утворення плісняви, замокання утеплювача, промерзання віконних укосів, порушення вологісного режиму горищного простору та технічного підпілля дерев’яної підлоги. Розроблено рекомендації із забезпечення оптимальних тепловологісних умов експлуатації конструкцій, які впроваджуються при проектуванні об’єктів будівництва та їх обстеженні.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Філоненко О.І. Енергоефективні конструктивні рішення елементів будівель в умовах змінних теплових впливів: Монографія. – Полтава: ПП «Астрая», 2021. – 303 с.

2. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. Мінрегіон України. Київ, 2016. – 67 с.

3. Filonenko O. Considering the availability of cold bridges in the design of thermal insulation shell of sandwich panels element-by-element assembly / O. Filonenko, L. Hasenko, N. Mahas, N. Mammadov // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering – 2 (55), 2020. С. 102 – 110.

4. Filonenko Olena. Linear heat transfer coefficients of combined roof structural units / Olena Filonenko // Науково-технічний, виробничий та інформаційно-аналітичний журнал «Наука та будівництво», ДП ДНДІБК – 23 (2), 2020.

5. Filonenko O.I. Improving waterproofing properties In the wall basement area by injection method / O.I. Filonenko, M.V. Leshchenko, O.M. Rozdabara, O.M. Duka, V.V. Pashchenko, D.A. Filonenko // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво/Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering − 2 (53), 2019. С. 122 – 127.

6. Filonenko O.I. Energy performance of residential buildings / O.I Filonenko, O.I. Yurin, O.A. Kodak // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. − ПолтНТУ, 2018. − Вип. 1 (50). − С. 189 – 196.

7. Філоненко О.І. Вплив вентиляційного режиму холодного горища на конструкції даху / О.І. Філоненко, О.І. Юрін, О.А. Кодак // Комунальне господарство міст. Серія Технічні науки та архітектура. – Київ, 2017. – Вип. 134. – С. 15 – 20.

8. Фаренюк Г.Г. Енергоефективність громадських будівель з врахуванням ергономіки теплового середовища / Г.Г.Фаренюк, О.І. Філоненко, М.В. Тимофєєв // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – Вип. 135. – Х.: ХНУМГ, 2017. – С. 119 – 124.

9. Фаренюк Г.Г. Теплові впливи на огороджувальні конструкції за нестаціонарних умов. / Г.Г. Фаренюк, О.І. Філоненко // Збірник наукових пр. аць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 2 (44). – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 234 – 238.

10. Філоненко О.І. Дослідження теплозахисних властивостей огороджувальних конструкцій при термомодернізації будівель // О.І. Філоненко, О.Б. Олексієнко, О.О. Геращенко // Науковий вісник будівництва: збірник наукових праць. – Вип. № 2(76). – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 147 – 151.

11. Філоненко О.І. Особливості формування екопоселень в Україні / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.М. Синянська // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 116. – Харків: ХНАГХ, 2014 – С. 72 – 74.

12. Філоненко О.І. Аналіз енергоефективності стінових конструкцій залежно від їх архітектурно-конструктивних особливостей / О.І. Філоненко, М.А Вельбой // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 4 (39). Том 2. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 233 – 240.

13. Філоненко О.І. Вплив повітропроникності конструкції на її теплозахисні властивості / О.І. Філоненко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 4 (39). Том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С. 261 – 266.

14. Філоненко О.І. Спорудження малоповерхових житлових будинків з солом’яних блоків та визначення їх теплотехнічних характеристик / О. В. Семко, О. І. Філоненко, С. П. Панченко,Є. І. М’який // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПДАБА, 2013. – № 8. – С. 47 – 52.

15. Філоненко О.І. Геометричні параметри зовнішньої теплоізоляції фундаментної зони для кліматичних умов ІІІ температурної зони / О.І. Філоненко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полт. нац. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка. – Вип. 1 (29). – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С.185 – 188.

16. Філоненко О.І. Вплив глибини закладання зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою для кліматичних умов І температурної зони / О.І. Філоненко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наук. праць. – Вип. 21. – Рівне: Національний університет господарства та природокористування, 2011. – С. 539 – 542.

17. Філоненко О.І. Аналіз внутрішнього утеплення фундаментної зони цивільних будинків для зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті / О.І. Філоненко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 97. – Харків: ХНАГХ, 2011. – С. 73 – 77.

18. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони за її зовнішнього утеплення / О.І. Філоненко // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. – Вип. № 697. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2011. – С. 229 – 233.

19. Філоненко О.І. Дослідження акустичного забруднення центральної частини міста Полтави від транспортних потоків / О.І. Філоненко, Є.Г. Петренко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. – Вип. № 109. – Харків: ХНАГХ, 2013. – С. 213 – 218.

20. Філоненко О.І. Дослідження акустичних якостей великого актового залу ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка / О.І. Філоненко, Т.С. Крепка // Збірник наукових праць студентів будівельного факультету ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка.. – Полтава, 2013. – С. 56 – 60.

21. Semko O. Civil building frame-struts steel carcass optimization by efforts regulation. / O.Semko, A. Hasenko, O. Filonenko, N. Mahas // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering – 1 (54), 2020. С. 48 – 54.

22. Філоненко О.І. Сади на дахах та їх соціально-економічний вплив / М.А. Міняйло, О.І. Філоненко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Вып. 81. – Д.: ГВУЗ «ПГАСА», 2015. – С. 111 – 118.

23. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони при термомодернізації забудови / О.І. Філоненко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – Вип. 39. – Київ: КНУБА, 2011. – С. 402 – 407.

24. Філоненко О.І. Геометричні параметри зовнішньої теплоізоляції фундаментної зони для кліматичних умов ІІ температурної зони / О.І. Філоненко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – Вип. 40. – Київ: КНУБА, 2011. – С.492 – 497.

25. Філоненко О.І. Використання термоефективних фундаментних блоків для опалювальних підвальних та цокольних приміщень / О.В. Семко, О.І. Філоненко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 39. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад.В. Лазаряна, 2011. – С. 195 – 197

26. Filonenko Olena. Definition of Parameters of Thermal Insulation in the Zone of Building Foundation According to the Ground Freezing Depth / Olena Filonenko // Energy Efficiency (Netherland) – Vol. 11, Issue 3, 2017, pp.603-626.DOI: 10.1007 / s12053-017-9600-x (НМБД Scopus).

27. Semko O.V. Investigation of the Temperature–Humidity State of a Tent-Covered Attic. / O.V. Semko, O.I. Yurin, O.I. Filonenko, N.M. Mahas / Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-42939-3_26 (НМБД Scopus).

28. Filonenko Olena. Design Features of Thermomodernization of Combined Roofs / Olena Filonenko, Oleksandr Maliushytskyi, Nataliia Mahas // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 7, № 3.2, (2018), pp. 111–115. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14385 (НМБД Scopus).

29. Filonenko Olena. Thermal Modernization of the Panel Buildings External Walls / Olena Filonenko, Oleg Yurin, Olga Kodak // *International Journal of Engineering & Technology*. Vol. 7, № 3.2, (2018), pp. 116–122. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14386 (НМБД Scopus).

30. Farenyuk Gennadiy. Research on Calculation Methods of Building Envelope Thermal Characteristics / Gennadiy Farenyuk, Olena Filonenko, Volodymyr Datsenko // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 8, № 4.8, (2018), pp. 97–102. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.8.27221.

31. Leshchenko Maryna. Insulation of Building Envelope Complicated Node Points / Maryna Leshchenko, Oleksandr Semko, Liubov Shumska, Olena Filonenko // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 8, № 4.8, (2018), pp. 190–195. DOI:10.14419/ijet.v7i4.8.27239.

32. Фаренюк Г.Г. Дослідження методів розрахунку теплових характеристик огороджувальних конструкцій в літніх умовах експлуатації / Г.Г. Фаренюк, О.В. Семко, О.І. Філоненко, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами III Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2020». – Полтава, 2020. – С. 176 – 178.

33. Filonenko Olena. Thermo-technical calculation of combined roof structure with variable thickness layers/ Olena Filonenko // Збірник наукових праць за матеріалами III Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2020». – Полтава, 2020. – С. 179 – 181.

34. Філоненко О. І. Про методику обстеження огороджувальних конструкцій будівель інфрачервоним методом / О.І.Філоненко, В.І. Кіденко // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачі , наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 110 – 111.

35. Філоненко О. І. Аналіз кошторисної вартості утеплення стін / О.І. Філоненко, О.О. Циганок // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 114 – 115.

36. Семко О.В. Аналіз пошкоджень залізобетонних конструкцій покриття під впливом вологи/ О.В. Семко, Філоненко О.І., Магас Н.М., Максимович О.А. // Тези 72-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету, присвяченої 90-річчю Національного

університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1. (Полтава, 21 квітня – 15 травня 2020 р) – Полтава: ПолтНТУ, 2020. – С. 124 – 125.

37. Семко О.В. Особливості експлуатації огороджувальних конструкцій карнизних вузлів / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.І. Юрін, Ю.О. Авраменко, Н.М. Магас // Експлуатація та реконструкція будівель і споруд : тези доп. III між нар. конф. – Одеса : ОДАБА, 2019. – с. 138.

38. Філоненко О.І. Особливості застосування системи КУБ 2.5 / О.І. Філоненко, В.К. Городчанин // Тези 71-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 22 квітня – 17 травня 2019 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – С. 94 – 95.

39. Типові дефекти сталевого покриття шатрових покрівель цивільних будівель / О.В. Семко, О.І. Філоненко, О.І. Юрін, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами II Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2019». – Полтава, 2019. – С. 182 – 183.

40. Farenyuk G. Research on calculation methods of building envelope thermal characteristics / G. Farenyuk, O. Filonenko // Збірник наукових праць за матеріалами I Міжнародної науково-практичної конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE – 2018». – Лондон, 2018. – С. 67 – 69.

41. Філоненко О.І. Конструктивні особливості термомодернізації суміщених покрівель / О.І. Філоненко, О.В. Малюшицький, Н.М. Магас // Збірник наукових праць за матеріалами I Міжнародної азербайджансько-української конференції «BUILDING INNOVATIONS – 2018». – Баку, 2018. – С. 210 – 212.

42. Лещенко М.В. Утеплення складних вузлів зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель / М.В. Лещенко, О.В. Семко, О.І. Філоненко, Л.П. Шумська // Збірник наукових праць за матеріалами I Міжнародної науково-практичної конференції «TECHNOLOGY, ENGINEERING AND SCIENCE – 2018». – Лондон, 2018. – С. 61 – 63.

43. Філоненко О.І. До питання нормування теплостійкості огороджувальних конструкцій в літній період року / О.І. Філоненко // Тези 68-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 19 квітня – 13 травня 2016 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 117 – 119.

44. Філоненко О.І. Сади на дахах та їх соціально-економічний вплив / О.І. Філоненко, М.А. Міняйло // Тези 67-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 2 квітня – 22 травня 2015 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 78 – 79.

45. Филоненко Е.И. Исследование принципов интеграции экопоселений на территории Украины /А.В. Семко, Е.И. Филоненко // Materi á ly X mezinárodní vědecko-praktick á konference „Aktu á lni vymoźenosti vědy – 2014” . – Díl 15. Zemědělství. Výstavba a architektura.: Praha. Publishing House „Educałion and Science” s.r.o, 2014 – S. 34 – 38.

46. Фаренюк Г. Г., Особливості термомодернізації громадських будівель / Г. Г. Фаренюк, О. І. Філоненко, О. Б. Борисенко, М. В. Лещенко // Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки: збірник наукових

праць за матеріалами V Всеукраїнського науково-практичного форуму установ НАН України. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 215 – 216.

47. Філоненко О.І.. Відновлення експлуатаційних властивостей зовнішніх огороджувальних конструкцій центрального корпусу ПНТУ ім. Юрія Кондратюка / О.І. Філоненко, Ю.Г. Тобольченко // Тези 64-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 17 квітня по 11 травня 2012 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 86 – 87.

48. Філоненко О.І. Вплив глибини закладання зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою / О.І. Філоненко // Тези 63-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників та студентів університету. Том 1. (Полтава, 10 – 19 травня 2011 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – С. 89 – 91.

49. Філоненко О. І., Юрін О. І. Енергетична ефективність будинків – Полтава: ПП «Астрая», 2018. – 484 с.

50. Будівельна теплофізика огороджувальних конструкцій будівель / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. – Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. – 226 с

51. Утеплення, ремонт та реконструкція плоских покрівель цивільних будівель / Авраменко Ю.А., Філоненко О.І. (та інш.); за ред.. О.В. Семко. – Полтава: ПП «Астрая», 2018. – 238 с.

52. Будівельна фізика: Захист від шуму / О.І. Філоненко, Н.М. Магас. – Полтава: ПП «Астрая», 2019. – 322 с.

АНОТАЦІЯ

Філоненко О.І. Динамічні теплові характеристики огороджувальних конструкцій будівель. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди (19 – Архітектура та будівництво). – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – Полтава, 2021.

Дисертаційна робота присвячена розв’язанню проблеми коректного оцінювання впливу динамічних теплових характеристик та конструктивних рішень огороджувальних конструкцій на тепловий режим приміщень, а також розроблено енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій на основі теоретичних і натурних досліджень їх експлуатаційних якостей. Запропоновано методику визначення розрахункових параметрів мікроклімату за критеріями місцевого теплового комфорту. Розроблено методики оцінювання теплостійкості приміщення/будівлі в зимовий період, теплостійкості огороджувальних конструкцій у літній період та визначення коефіцієнта теплозасвоєння поверхні підлоги. Для порівняння енергоефективності різних конструктивних й об’ємно-планувальних рішень запропоновано оцінку на основі дослідження внутрішньої теплоємності будівель. Проведено експериментальні дослідження особливостей формування температурного поля огороджувальних

конструкцій у нестаціонарних умовах теплопередачі. Запропоновано енергозберігаючі конструктивні рішення зовнішніх огороджувальних конструкцій за рахунок досягнення безперервності теплоізоляційного шару. Доповнено номенклатуру лінійних коефіцієнтів теплопередачі складних конструктивних вузлів. Розроблено рекомендації з ремонту та експлуатації зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель.

Ключові слова: динамічні теплові характеристики, огороджувальна конструкція, питома теплоємність, коефіцієнт теплозасвоєння, опір теплопередачі, лінійний коефіцієнт теплопередачі, тепловий комфорт.

АННОТАЦИЯ

Филоненко Е.И. Динамические тепловые характеристики ограждающих конструкций зданий. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения (19 – Архитектура и строительство). – Национальный университет «Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка». – Полтава, 2021.

Диссертация посвящена решению проблемы корректной оценки влияния динамических тепловых характеристик и конструктивных решений ограждающих конструкций на тепловой режим помещений, а также разработаны энергосберегающие конструктивные решения наружных ограждающих конструкций на основе теоретических и натурных исследований их эксплуатационных качеств. Предложена методика определения расчетных параметров микроклимата по критериям местного теплового комфорта. Разработаны методики по оценке теплостойкости помещения / здания в зимний период, теплостойкости ограждающих конструкций в летний период и коэффициента теплоусвоения поверхности пола. Для сравнения энергоэффективности различных конструктивных и объемно-планировочных решений предложено оценку на основе исследования внутренней теплоемкости зданий. Проведены экспериментальные исследования особенностей формирования температурного поля ограждающих конструкций в нестационарных условиях теплопередачи. Предложено энергосберегающие конструктивные решения наружных ограждающих конструкций за счет достижения непрерывности теплоизоляционного слоя. Дополнена номенклатура линейных коэффициентов теплопередачи сложных конструктивных узлов. Разработаны рекомендации по ремонту и эксплуатации наружных ограждающих конструкций зданий.

Ключевые слова: динамические тепловые характеристики, ограждающая конструкция, удельная теплоемкость, коэффициент теплоусвоения, сопротивление теплопередаче, линейный коэффициент теплопередачи, тепловой комфорт.

ABSTRACT

Filonenko Olena. Dynamic thermal characteristics of a building envelope. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Doctoral dissertation for obtaining a doctor's degree in the subject area 05.23.01 – Building structures, buildings and constructions (19 – Architecture and construction). – National University «Yuri Kondratuyk Poltava Polythechnic». – Poltava, 2021.

The dissertation is devoted to solving the problem of correct assessment of the impact of dynamic thermal characteristics and construction solutions of a building envelope on thermal behavior of buildings. The research develops energy-saving constructive solutions of external envelope based on theoretical and full-scale investigations of their functional performance characteristics.

Chapter 1 of the dissertation covers the critical analysis of the problem of researching dynamic thermal characteristics of constructions and buildings. The calculation results by existing methodologies provide values which are not used in modern evaluation of heat and humidity conditions of a building envelope and the energy-efficiency of buildings in general. They do not take into account thermal environment ergonomics. Moreover, the given requirements need revising in the context of climatic parameters change and increased requirements of thermal protection of buildings.

Chapter 2 of the dissertation is devoted to investigating and interpreting thermal comfort. The chapter justifies the study of aspects of buildings thermal environment certification, which is based on thermal comfort indexes one of the assessment parameters for the overall building energy efficiency. We analyzed local thermal discomfort parameters and methods for its calculation.

The paper develops a methodology for determining microclimate calculation parameters by the criteria of local thermal comfort which allows to design a building with high quality of air environment in accordance with room categories.

The need for assessing long-term characteristics of a building with regard to the indoor environment is proved. This assessment is required for the representation of microclimate (indoor environment) in an energy performance certificate.

Chapter 3 investigates dynamic thermal characteristics of a building envelope. It determines preconditions for calculating and dynamic thermal properties of building structures. The dynamic method models a change of heat flow through the enclosure and building zone environment temperature. In this chapter a methodology for assessing thermal capacity of a building during winter is developed, which complies with the methodology for assessing the energy efficiency of buildings and takes into account all thermal impacts that affect a building. A methodology for determining thermal capacity of a building envelope in the summer season is developed. It checks the damping coefficient and time shift of thermal vibrations, as well as the thermal absorption index of the floor surface, which examines thermal processes in the structure in greater detail. The proposed methodology will be included in the new version of State Standards of Ukraine ДСТУ-Н Б В.2.6-190.

Improvement of the study method of dynamic thermal characteristics of a building envelope drew the description of physical phenomena in it closer to the real thermal

behavior and facilitated harmonization of national construction norms with the according legal framework of the EU. The research results on dynamic thermal properties are to be taken into account in State Standards of Ukraine ДСТУ Б ISO 13786:202X

In Chapter 4, we conducted a comparative study of dynamic thermal parameters of two models of 9-storey residential buildings which have identical conditioned area and cubic capacity, and identical input parameters for determining energy consumption. It was proved that improvement of corresponding methodologies allows for more accurate predictions for thermal stability of structures and buildings. Given results prove that the proposed methodology allows taking into account the design concept of a house when assessing its thermal stability during the winter season.

We determined a considerable impact of the surface-area-to-volume ratio of a building on its energy efficiency. Building envelope that does not have exterior angles, that is, the building is near circular in shape, decreases heat transfer coefficient by transmission by up to 20%. In certain conditions it moves the energy efficiency class one level higher.

Chapter 5 presents the research results of change dynamics of a building envelope thermal behavior in full-scale experimental and laboratory conditions. The result of statistical processing of the measured values allows to take them into consideration for further comparison with the calculated data. Full-scale and experimental research on aspects of building envelope temperature field formation in unsteady heat transfer conditions correspond to the thermal behaviour calculated by the methodology under study with parameters, corresponding to real climatic conditions: variation coefficient is up to 5-10%.

Chapter 6 describes the research of thermal behavior peculiarities of floor slabs in operation and designing. In survey of built-up roofing, main thermal failures are observed: condensation of moisture on the ceiling surface, frost action and mold formation. Most attic roofs are used with violation of ventilation conditions. The consequences of this are rotting and mold damage of wooden bridle system of sloped roofing, as well as decay of cornices. We developed recommendations for use and design which will make thermal failures impossible.

Modelling of a build-up roofing temperature field proves that existence of heat bridges can decrease the reduced value of heat transfer resistance of a building envelope by up to 60% of the value measured by the base field. The effectiveness of the methodology for heat loss estimation through roofing is proved, with consideration of constructional features and values of heat transfer linear coefficients. The new version of State Standards of Ukraine ДСТУ-Н Б А.2.2-12 will take into account the recommendations for specifying the methodology of calculating the heat transfer coefficient of built-up roofing with layers of varying thickness when calculating heat transfer by transmission and clarifying dynamic parameters. We introduced the typical energy efficient units of built-up and attic roofs to insulation practice. Based on results of temperature field modeling of those units, we determined heat transfer linear coefficients.

Chapter 7 defines main faults and mistakes in use and designing based on the investigation of outwalls thermal behavior. We improved energy-saving constructive solutions of external building envelope structures based on achieving continuity of the thermal insulation layer. Based on the results of temperature field modeling, we

determined heat transfer linear coefficients, which will be added to the existing framework in the new version of State Standards of Ukraine ДСТУ Б В.2.6-189. Applying such structures in construction and thermal modernization of buildings will allow to minimize cold bridges impact, at the same time increasing total heat transfer resistance of a building envelope and reducing expenditures on building heating.

Chapter 8 looks at the thermal behavior of the flooring during operation and designing. It presents the investigation results of floors on grade, cold basement slabs and slabs over passages, wood flooring with crawl space. Insulation constructive solutions were developed based on continuity of the thermal insulation layer and recommendations on use which prevent thermal failures. We determined heat transfer linear coefficients based on the calculations of two-dimensional temperature fields, which can be applied in engineering calculations of heat transfer resistance of corresponding structures.

Keywords: dynamic thermal characteristics, building envelope, specific heat capacity, heat absorption coefficient, heat transfer resistance, heat transfer linear coefficient, thermal comfort.

Підписано до друку 25.03.2021 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк різографічний. Умовн. друк. арк. 2,33.
Наклад 120 шт. Замовлення 2021-16

Друк ПП «Астрая»
36014, м. Полтава, вул. Шведська, 20, кв. 4.
Тел.: +38(0532) 509-167, 611-694.
Дата державної реєстрації та номер запису в ЄДР
14.12.1999 р. № 1 588 120 0000 010089