

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Фаренюк Єгор Геннадійович



УДК 699.865:692.82

**ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ СВІТЛОПРОЗОРИХ
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ СУЧАСНИХ
БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на Державному підприємстві «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор

Калюх Юрій Іванович,

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м.Київ, зав.лабораторії моніторингу та системних досліджень будівель і споруд.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Пашинський Віктор Антонович,

Кіровоградський національний технічний університет Міністерства освіти і науки України, м. Кіровоград, професор кафедри будівельних дорожніх машин і будівництва;

кандидат технічних наук, доцент

Григорчук Андрій Борисович,

Національний університет водного господарства та природокористування Міністерства освіти і науки України, м. Рівне, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Захист відбудеться “16” жовтня 2015 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 47.104.06 при Національному університеті водного господарства та природокористування за адресою: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, навч. корп.№ 6, ауд. 673

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці при Національному університеті водного господарства та природокористування за адресою: 33014, м. Рівне, вул. Приходька, 75

Автореферат розісланий “11” вересня 2015 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради К 47.104.06,
к.т.н., доцент



О.М. Бордюженко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Конструктивно-архітектурні рішення сучасних громадських будівель все більше реалізуються з використанням скла в оздобленні фасаду. У традиційних будівлях житлового та громадського призначення площа вікон у 3-5 разів менша від площі глухих стінових огорожувальних конструкцій, а тепловтрати крізь вікна перевищують тепловтрати крізь глухі стінові конструкції. Для сучасних багатоповерхових будівель площа світлопрозорих конструкцій (СК) має набагато більшу питому вагу, що зумовлює необхідність спеціального аналізу впливу світлопрозорих огорожувальних конструкцій (СОК) на формування енергетичних показників будівель у цілому. Тому пріоритетними є проблеми розробки раціональних інженерних методів оцінювання та проектування стінових огорожувальних конструкцій з великими коефіцієнтами скління фасадів багатоповерхових будівель.

До важливих функцій, які виконують СОК, належать освітлення приміщень і забезпечення прямого зорового контакту між інтер'єром і зовнішнім середовищем. Велике значення для формування нормального середовища за вимогами гігієнічних показників має провітрювання приміщень, зниження можливості конденсації вологи на огорожувальних конструкціях. Це зумовлює потребу в розгляді комплексу показників, що визначають характеристики теплоізоляції та повітропроникнення СОК. Особливість СК полягає в тому, що вони є не тільки елементом тепловтрат, а й джерелом теплонадходжень у приміщення в зимовий період року. Тому ці питання є актуальними та потребують аналізу при виборі конструктивних рішень світлопрозорих елементів теплоізоляційної оболонки будинків для забезпечення їх енергоефективності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота пов'язана з виконанням завдань, визначених Енергетичною стратегією України на період до 2030 року, що затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1071 від 27 липня 2013 р.; Галузевою програмою підвищення енергоефективності у будівництві на 2010–2014 роки, яка затверджена наказом Мінрегіонбуду України № 257 від 30 червня 2009 р., положеннями Директиви Європейського Парламенту і Ради 2010/31/ЄС від 19 травня 2010 р. щодо енергетичної ефективності будівель.

Окремі дослідження виконувались в рамках науково-дослідних робіт:

- Розроблення проекту зміни № 1 ДБН Б В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» (договір № 2060/Н-10/123-2012, державний реєстраційний номер 0112U003611);

- «Дослідження сучасних теплоізоляційних систем та розробка принципів будівельно-технічних рішень термореконструкції фасадів житлових будинків 1960–1995 років забудови з метою підвищення їх енергоефективності та зниження рівня споживання енергоресурсів будівель житлового фонду» (договір № 2398/Н-14/276-2012, державний реєстраційний номер 0112U005721);

- Розроблення проекту ДСТУ «Навісні фасади» (відповідно до EN 13830:2003) (договір № 3303/Н-12/319-2013, державний реєстраційний номер 0113U007972).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення енергетичних параметрів будинків за рахунок установлення закономірностей формування теплового режиму сучасних світлопрозорих огорожувальних конструкцій, удосконалення методів розрахункового та експериментального визначення їх теплотехнічних показників.

Для досягнення мети було поставлено такі наукові завдання:

- удосконалити інженерну методику розрахунку теплового балансу СОК на основі аналітичних досліджень параметрів, що визначають загальне перенесення теплоти у світлопрозорих огорожувальних конструкціях;

- здійснити аналітичні дослідження та виявити особливості формування температурного режиму вузлів примикання елементів СОК до непрозорих конструкцій фасаду будівель;

провести експериментальні дослідження:

- теплотехнічних показників конструкцій з різними типами скла за ступенем їх чорноти, світлопрозорістю, товщиною, типом газового прошарку, різними температурними умовами навколишнього середовища;

- показників довговічності газонаповнених склопакетів;

- теплотехнічних показників вентиляційних провітрювачів та їх впливу на повітрообмін приміщень багатопверхових будівель;

- світлопрозорих пасивних геліоконструкцій для визначення їх ефективності у холодний період року в кліматичних умовах України;

- розробити рекомендації з проектування сучасних конструктивних рішень світлопрозорих конструкцій багатопверхових будинків.

Об'єкт дослідження – сучасні світлопрозорі огорожувальні конструкції.

Предмет дослідження – фізичні явища та процеси, що впливають на теплотехнічні параметри СОК та показники їх енергоефективності.

Методи дослідження. У процесі дисертаційного дослідження використовувалися аналітичні та експериментальні наукові методи визначення процесів перенесення теплоти в СОК, фізичне моделювання шляхом камерних випробувань, кореляційно-регресійний аналіз експериментальних результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

уперше

- проведено аналітично-експериментальні дослідження впливу температур навколишнього середовища на опір теплопередачі склопакетів;

- виявлено емпіричні залежності опору теплопередачі склопакетів від молярної маси газової суміші;

- експериментально отримано результати визначення показників довговічності газонаповнених склопакетів;

- експериментально визначено теплотехнічні показники СОК з вентиляційними провітрювачами та встановлено умови повітрообміну приміщень залежно від конструктивних модифікацій провітрювачів;

набули подальшого розвитку

- особливості формування температурного режиму сучасних СОК виходячи з урахуванням яких розроблено рекомендації з підвищення їх теплотехнічних показників;

– рекомендації щодо забезпечення необхідного рівня енерговитрат будівель за рахунок раціонального проектування світлопрозорих елементів теплоізоляційної оболонки;

– *удосконалено* інженерну методику розрахунку енергоефективності СОК.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень використані:

– при розроблені таких нормативних документів: ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель”; ДБН В.2.6-33:2008 “Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації”; ДСТУ Б В.2.2-19:2007 «Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах»; ДСТУ Б В.2.6-101:2010 «Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій»; ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 “Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції»; ДСТУ Б А.2.2-8:2010 «Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об’єктів»; ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»; ДСТУ Б EN 13830:2014 (EN 13830:2003, IDT) «Фасади навісні. Технічні умови»;

– у процесі розроблення відповідних рекомендацій щодо підвищення температур внутрішніх поверхонь СОК за результатами аналітичних розрахунків три- та двовимірних температурних полів вузлів світлопрозорої покрівлі ТРЦ «Ocean Plaza» (м. Київ, вул. Антоновича, 176);

– під час підготовки відповідних рекомендацій щодо забезпечення нормального тепловологісного режиму світлопрозорого фасаду за результатами натурних обстежень та аналітичних розрахунків двовимірних температурних полів і вологісного режиму вузлів світлопрозорого фасаду і його примикання до відкритої тераси офісного центру IQ (м. Київ, вул. С.Струтинського, 13-15);

– у процесі виконання роботи «Дослідження сучасних теплоізоляційних систем та розробка принципів будівельно-технічних рішень термореконструкції фасадів житлових будинків 1960–1995 років забудови з метою підвищення їх енергоефективності та зниження рівня споживання енергоресурсів будівель житлового фонду» на замовлення Мінрегіону України..

Результати дисертації впроваджено в Державному підприємстві "Український науково-дослідний і проектний інститут цивільного будівництва "УКРНДПЦивільбуд" (м. Київ) і враховані під час виконання відповідних проектувальних робіт.

Особистий внесок автора. Основні положення дисертаційної роботи розроблені автором самостійно. В опублікованих роботах із співавторами здобувач у статтях: [1] – здійснив розрахунки, аналіз впливу перепаду температур на теплотехнічні характеристики склопакетів; [2] – встановив необхідні характеристики теплоізоляції світлопрозорих ділянок стін для забезпечення умов комфортності приміщень; [6; 8; 9] – провів експериментальні дослідження та здійснив аналіз конструктивних рішень сучасних СК; [10; 14] – виконав розрахунки двовимірних температурних полів конструкцій та взяв участь у підготовці аналітичних висновків; [11] – здійснив аналіз процесів теплопередачі через

світлопрозору частину конструкцій; [13] – виконав розрахунки розподілу сонячного випромінювання по поверхні конструкцій в різних кліматичних регіонах країни; у патенті [15] – провів випробування теплового режиму конструкції, що підтвердило ефективність винаходу; у ДБН [16] – узагальнив результати експериментальних досліджень склопакетів та визначив доцільний нормативний опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій для двох кліматичних зон України; у ДБН [17] та ДСТУ [23] – взяв участь у підготовці вимог до теплоізоляції збірних систем з комбінованим світлопрозорим фасадом; у ДСТУ: [18; 19] – взяв участь у розробці методики проведення досліджень теплотехнічних показників конструкцій; [20; 21] – взяв участь у розробці розрахункової методики теплонадходжень від сонячної радіації через світлопрозорі конструкції при оцінці енергоефективності будівель; [22] – узагальнив розрахункові дані впливу розміщення СОК на приведений опір теплопередачі стін.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації апробовані та схвалені на міжнародних конференціях та конференціях за міжнародною участю: «Економія теплоти та енергії в проектуванні та будівництві» (Полтава, 1996); «Енергозбереження в будинках та спорудах » (Чернігів, 1998); «Підвищення енергоефективності будівель і споруд – методологія, конструктивні принципи, ефективні конструкції, матеріали та інженерне обладнання» (Яремче, 2012); «Современные технологии энергосбережения» (Мінськ, Республіка Белорусь, 2013); «Енергозбереження у будівництві. Сучасні конструктивні системи, ефективні матеріали та інженерне обладнання» (Київ, 2013); 4 Global Green Economy Prosperity Forum (Пекін, Китай, 2013); «Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения» (Гаспра, 2013); «Підвищення енергоефективності будівель і споруд – методологія, конструктивні принципи, ефективні конструкції, матеріали та інженерне обладнання» (Закопане, Польща, 2014); «Енергоефективність у будівництві. Сучасні конструктивні системи, ефективні матеріали та інженерне обладнання» (Київ, 2014).

Публікації. Основний зміст дисертації викладено у 23 наукових працях (з них 5 одноосібні), з яких 5 опубліковані у наукових фахових виданнях, включених до переліку ВАК України, одній зарубіжній публікації в періодичному виданні, восьми нормативних документах та одному патенті на винахід.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 178 сторінок, обсяг основного тексту – 152 сторінки. Робота містить 78 рисунків, 16 таблиць, 3 додатки на 8 сторінках. Список використаних джерел складається із 167 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, вказано на її зв'язок з науковими програмами і темами, визначено мету, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, розкрито наукову новизну, практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації, структури та обсягу дисертації, охарактеризовано особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** дисертації розглянуто конструктивні рішення сучасних СОК, що застосовуються у вітчизняній та світовій практиці спорудження багатоповерхових будівель. У процесі аналізу конструктивних заходів щодо підвищення термічних властивостей СК проведено порівняння теплотехнічних показників різних типів: вакуумування, нанесення селективних покриттів, газонаповнення. Досліджено вплив непрозорих частин СК на їх тепловий режим та встановлення конструктивних обмежень і недоліків, що стримує застосування відповідних конструктивних рішень.

Здійснено огляд праць за темою досліджень. Комплекс робіт з вивчення процесів тепломасообміну в огорожувальних конструкціях, у тому числі світлопрозорих, було виконано В.Н.Богословським, Р.Є.Брилінгом, І.В.Борисиною, В.А.Дроздовим, В.К.Савіним, В.М.Ільїнським, А.Д.Кривошеїним, Г.А.Пахотиним, Ю.О.Матросовим, О.В.Спиридоновим, А.С.Сергієнко, О.В.Сергейчуком, Ф.В.Ушковим, Г.Г.Фаренюком, К.Ф.Фокіним, Л.Ф.Чорних, Ю.О.Табунщиковим, Є.В. Петровим, М.А.Айзеним та ін. Питання проектування енергоефективних будівель з використанням пасивних геліосистем досліджували Б.Андерсон, Є.В.Пугачов, О.В.Сергейчук, В.Л.Мартинов, Ю.А.Табунщиков, А.Р.Ферт, М.А. Айзен, В.С. Буравченко, та ін.

До основних архітектурних принципів кінця ХХ–ХХІ ст. слід віднести широке застосування конструкцій будинків зі скляними фасадами. У практиці будівництва стало використовуватися нове конструктивне рішення – світлопрозорі фасадні системи. При цьому система могла бути і не повністю світлопрозорою, а складатися з комбінації світлопрозорих і непрозорих елементів утеплення, хоча ззовні опорядження будинку має вигляд повністю виробленого зі скла.

Особливістю конструкцій фасадної теплоізоляції зі світлопрозорим зовнішнім шаром є те, що ці огорожувальні конструкції визначають як тепловтрати приміщення, так і теплонадходження. За тепловим принципом роботи стіни зі світлопрозорим зовнішнім шаром є пасивними геліоконструкціями, які можливо використовувати як елементи теплопостачання.

Повітропроникність огорожувальних конструкцій є причиною підвищення витрат теплоти на опалення приміщень. Водночас інфільтрація зовнішнього повітря певною мірою забезпечує необхідну вентиляцію приміщень. При цьому сучасні СК зі склопакетами мають значно меншу повітропроникність, ніж традиційні у дерев'яному плетінні. При їх застосуванні, особливо під час термомодернізації будівель, ця відмінність справляє і негативний вплив на формування якості повітря в приміщеннях унаслідок суттєвого зниження його природного обміну. Для забезпечення припливу повітря в сучасних СК застосовують додаткові вентиляційні прилади, що є складовою частиною конструкції в цілому. Але їх вплив на

формування теплового режиму конструкцій та методичні правила визначення конструктивних параметрів цих елементів досліджені недостатньо.

У результаті аналізу процесів тепломасопереносу в СК установлено, що їх основні функції полягають у забезпеченні необхідних ізоляційних властивостей теплоізоляційної оболонки будинків, відповідного режиму освітлення приміщень та нормативних енергетичних показників будинків. Виконання різних за фізичним змістом функцій в одній конструкції потребує спеціального аналізу процесів перенесення енергії, які вивчаються шляхом експериментальних досліджень методами фізичного моделювання процесів тепломасопереносу у СОК в кліматичних камерах і визначення їх фактичних показників в умовах експлуатації, а також шляхом математичного моделювання цих фізичних процесів.

У **другому розділі** сформульовано методичні положення за результатами аналітичних та експериментальних досліджень для вирішення поставлених наукових завдань.

В основу досліджень покладена системна оцінка теплових показників СОК, яка передбачала аналіз процесів теплопередачі крізь світлопрозорі елементи ізоляційної оболонки будинків та експериментальні дослідження таких експлуатаційних показників: опору теплопередачі, температурного режиму внутрішньої поверхні конструкцій, повітропроникності, показників довговічності.

Визначалися показники енергоефективності СК за результатами узагальненого опису таких теплових потоків:

– теплові надходження за рахунок дії сонячної радіації, яка поглинається заповненням,

$$Q_{\text{погл}} = (I_{\text{пр}}K_{2\text{пр}} + I_{\text{р}}K_{2\text{р}})(F_3 - F_{\text{нпр}}), \quad (1)$$

і безпосередньо проникають у приміщення

$$Q_{\text{нагр}} = (I_{\text{пр}}K_{1\text{пр}} + I_{\text{р}}K_{1\text{р}})(F_3 - F_{\text{нпр}}), \quad (2)$$

де $I_{\text{пр}}$, $I_{\text{р}}$ – відповідно інтенсивність прямої та розсіяної сонячної радіації, що падає на СОК, Вт/м²; $K_{1\text{пр}}$, $K_{1\text{р}}$ – відповідно коефіцієнт наскрізних теплонадходжень від прямої та розсіяної сонячної радіації; $K_{2\text{пр}}$, $K_{2\text{р}}$ – коефіцієнт поглинутих теплонадходжень відповідно від прямої та розсіяної сонячної радіації., F_3 , $F_{\text{нпр}}$ – відповідно загальна площа світлопрозорої конструкції та площа її непрозорої частини, м²;

– теплові надходження або тепловтрати внаслідок різниці температур внутрішнього і зовнішнього повітря Q_m за рахунок теплопровідності, конвекції та променевого теплообміну крізь СК загальною площею F_3 , які визначалися згідно законів Фур'є, Ньютона-Ріхмана та Стефана-Больцмана з урахуванням особливостей теплопередачі крізь непрозорі та прозорі частини конструкцій;

– теплові надходження або тепловтрати внаслідок фільтрації повітря через стики і по контуру примикань світлопрозорої конструкції до глухих частин стіни, що зумовлені різницею тиску і температури всередині і зовні будівлі

$$Q_{\text{ф}} = A_{\text{СК}}c_{\text{п}}GF_3(t_{\text{в}} - t_3), \quad (3)$$

де $A_{ск}$ – коефіцієнт, що показує частку від повних витрат теплоти на нагрівання повітря, яке витрачається на додаткові втрати теплоти при повітропроникності СК; G – кількість повітря, що проходить через одиницю площі конструкції в одиницю часу, $кг/(м^2 \cdot год)$; $t_{в}$, $t_{з}$ – температура відповідно внутрішнього і зовнішнього середовища, $^{\circ}C$; $c_{п}$ – питома теплоємність повітря, $кДж/(кг \cdot K)$.

Експериментальні дослідження СК включали визначення їх експлуатаційних характеристик, що зумовлюють енергетичні властивості будівель. До таких характеристик належать показники перенесення теплоти крізь СК, особливості формування температурного режиму, приведені (інтегральні) теплотехнічні показники огорожувальних конструкцій зі світлопрозорими елементами; показники повітропроникності конструкцій та їх світлопроникнення; довговічність конструкцій.

Дослідження проводилися в натурних умовах експлуатації та в умовах фізичного моделювання процесів теплоперенесення в кліматичних камерах та експериментальних установках.

Зовнішній вигляд дослідної конструкції під час випробувань у кліматичних камерах наведено на рис. 1, експериментальну установку з визначення повітропроникності СОК зображено на рис. 2



Рис. 1. Зовнішній вигляд дослідної конструкції під час проведення досліджень опору теплопередачі в кліматичній камері



Рис.2. Експериментальні дослідження світлопрозорих конструкцій на повітропроникність

При оцінюванні довговічності світлопрозорих конструкцій особлива увага приділялася дослідженням властивостей склопакетів як найбільш слабкого з точки зору довговічності елемента загальної конструктивної системи. Це стосується склопакетів з газонаповненням, у яких втрата певної кількості важкого газу призводить до значного зниження опору теплопередачі конструкції в цілому. Суть досліджень полягала в експериментальному оцінюванні здатності склопакетів зберігати свої експлуатаційні характеристики під впливом кліматичних дій у

вигляді циклічної зміни додатних і від'ємних температур, вологості повітря, ультрафіолетового опромінювання та дощування.

Дослідження проводилися на зразках склопакетів у кліматичній камері, в якій задавалися такі кліматичні впливи: заморожування – вирівнювання в умовах високої вологості – нагрівання – опромінювання – дощування.

Через кожні 20 циклів відбиралися по 3 зразки, які піддавалися випробуванням на точку роси. Після проведення 30 та 60 циклів визначалася зміна складу газу в склопакетах з використанням хроматографу типу "Газохром - 3101".

У **третьому розділі** наведено результати аналітичних досліджень теплової ефективності СК.

Запропонована така послідовність інженерних розрахунків енерго-ефективності СК:

1) залежно від місця розташування будинку (географічна широта й довгота) і орієнтації вікна по сторонах світу визначаються теплові параметри зовнішнього середовища; температура зовнішнього повітря, температура на зовнішній поверхні СК з урахуванням сонячного опромінення, що надходить до вікна, у світловий період дня;

2) розраховуються теплонадходження від сонячної радіації через віконну конструкцію протягом заданого часу;

3) обчислюються тепловтрати крізь вікно протягом заданого періоду з урахуванням впливу проникаючої сонячної радіації за наявності інсоляційних потоків на формування температури внутрішньої поверхні скління СК;

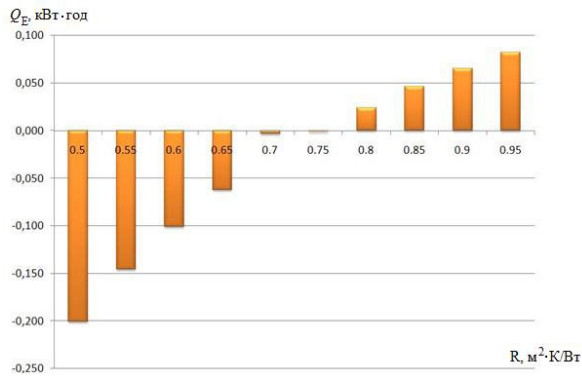
4) розраховуються тепловтрати через віконну конструкцію, зумовлені інфільтрацією повітря, за формулою (3);

5) складається рівняння теплового балансу віконної конструкції для заданого періоду часу.

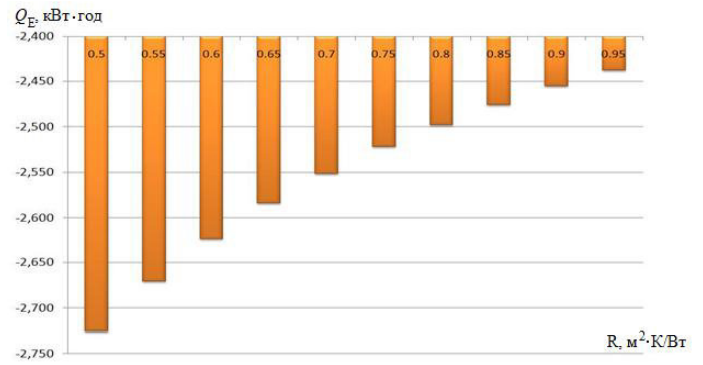
Показником енергоефективності СК є запропонована узагальнена характеристика у вигляді усереднених (середньо-інтегральних) для розглянутого періоду складових теплового балансу для вікна, кВт·год, за досліджений період Z :

$$Q_E = \frac{1}{Z} \int_0^Z Q(z) dz. \quad (4)$$

На рис. 3 наведений графік теплового балансу СК за 1 добу із сонячним днем у лютому залежно від приведенного опору теплопередачі R_Σ та орієнтації стіни при фіксованому значенні коефіцієнта спрямованого пропускання світла b . Отримані дані показали, що при опорі теплопередачі $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ і вище для стін південної орієнтації тепловий баланс є додатним. Для стін західної орієнтації і, відповідно, інших орієнтацій за сторонами світу тепловий баланс є від'ємним. Таким чином, в умовах 1-ї температурної зони України максимальний коефіцієнт скління фасаду є доцільним тільки для стін південної орієнтації.



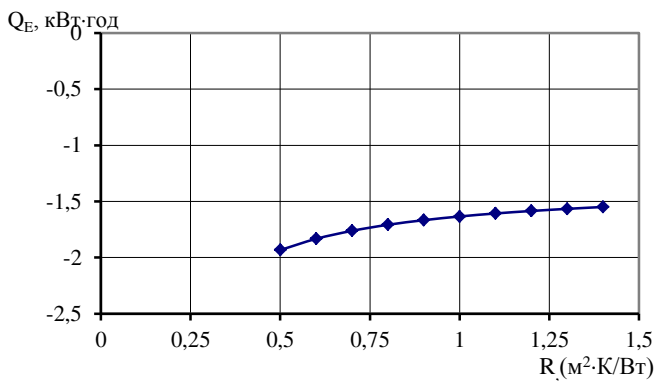
а



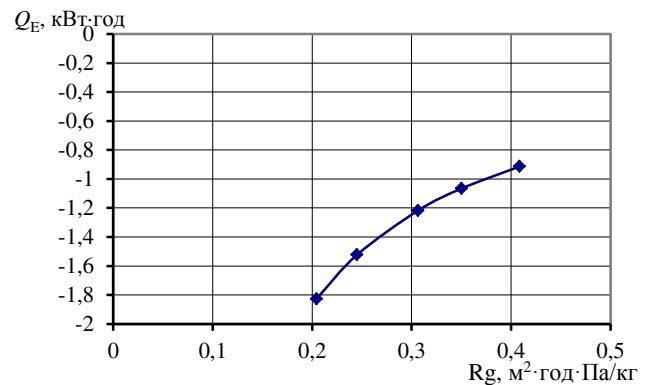
б

Рис. 3. Залежність теплового балансу віконної конструкції від опору теплопередачі, якщо при $b=0,76$, при орієнтації стіни: а – південній; б – західній

На рис. 4,а наведені результати розрахунків тепловтрат СОК залежно від приведенного опору теплопередачі світлопрозорої конструкції. При підвищенні опору теплопередачі від $0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ до $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, тобто на 50%, тепловтрати знижуються на 20%. Подальше підвищення опору ще на 100% - від $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ до $1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ – знижує тепловтрати всього на 7%. Залежність тепловтрат крізь СК від повітропроникності має більш різкий характер (рис.4,б): при підвищенні опору повітропроникності на 100% тепловтрати знижуються на 90%.



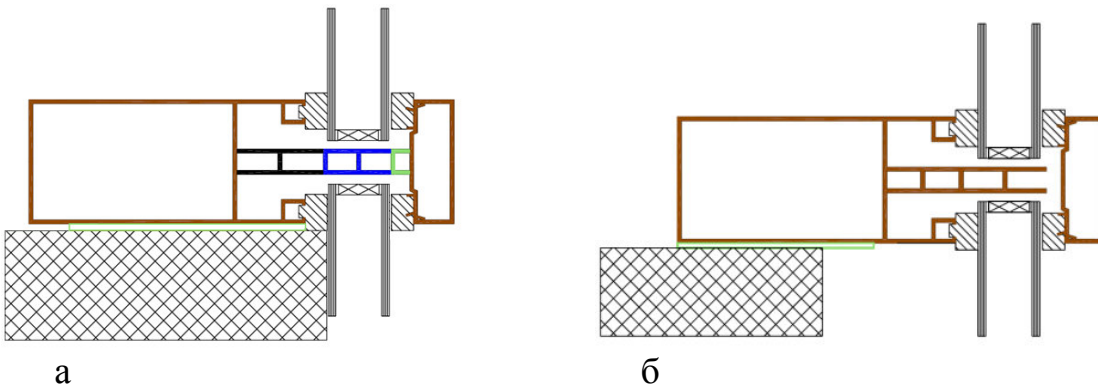
а



б

Рис. 4. Залежність тепловтрат СОК від: а – приведенного опору теплопередачі; б – опору повітропроникності

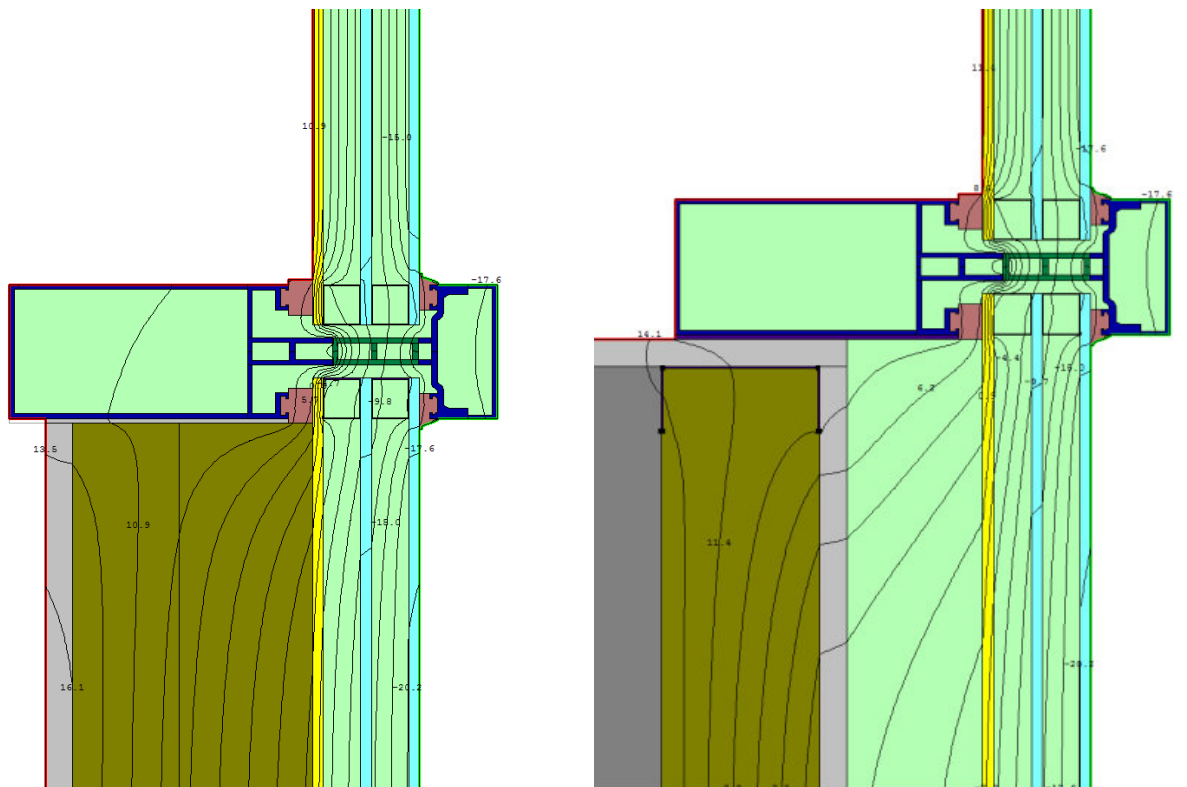
На підставі аналізу конструктивних рішень багатоповерхових будівель з коефіцієнтами скління фасаду понад 0,6 встановлено кілька **типових** конструктивних вузлів стійко-рігельних фасадних систем (деякі з них наведені на рис.5), визначені особливості формування їх температурного режиму (рис.6). За результатами розрахунків розроблені технічні рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів елементів залежно від типу конструктивного вузла.



а

б

Рис. 5. Типові конструктивні вузли комбінованих світлопрозорих фасадів: а - вузол типу 2 з примиканням стояка до колон будівлі чи до стіни; б - вузол типу 3 з теплоізоляційними шарами, що розміщені через повітряний прошарок з внутрішнього боку склопакетів



а

б

Рис. 6. Температурні поля типових конструктивних вузлів світлопрозорих фасадів: а - вузол типу 2; б - вузол типу 3

Для вузлів складної геометрії результати розрахунків двовимірного поля інколи не відображають реальний розподіл температур, оскільки тепловий потік проходить одночасно через їх різні елементи, теплопровідності елементів також відрізняються між собою на декілька порядків. Застосування тривимірної моделі дає змогу враховувати особливості умов теплообміну складних конструкцій і більш коректно визначати їх температурні поля (рис.7).

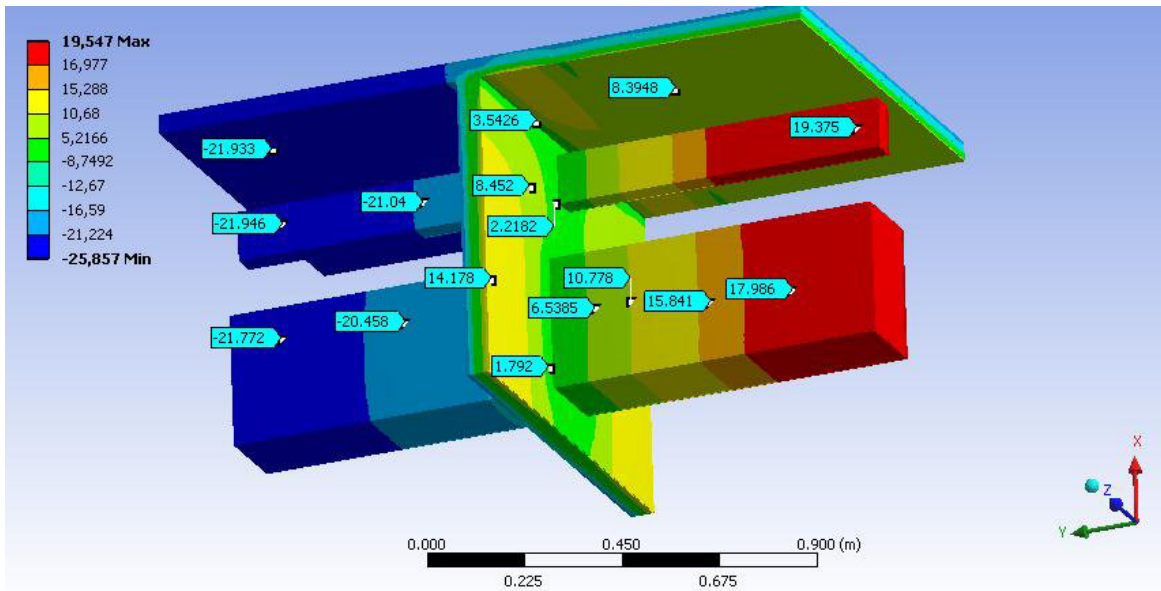


Рис. 7. Тривимірне температурне поле моделі СОК

Значне поширення розрахункових методів, що регламентуються в європейських стандартах, імплементація яких в ідентичному форматі здійснюється в нашій країні, зумовлює важливість визначення впливу температури навколишнього середовища на термічний опір склопакетів у різних кліматичних умовах експлуатації. На підставі оцінки процесу конвективного теплообміну в газовому середовищі, що перебуває в міжскляному прошарку склопакетів, установлені залежності опору теплопередачі від температурного перепаду на поверхні склопакетів та розмірів прошарків (рис.8).

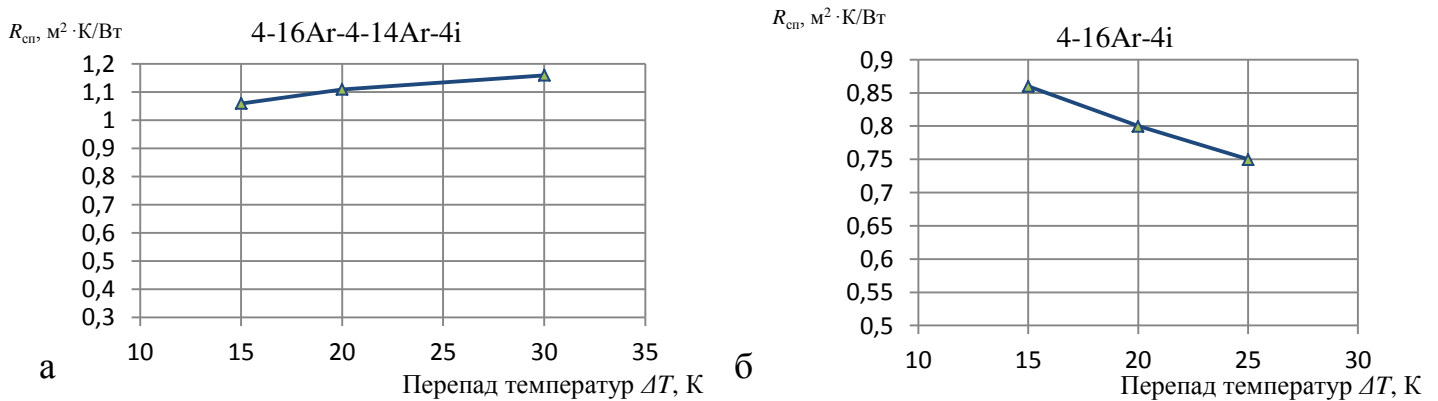


Рис. 8. Вплив перепаду температур ΔT на опір теплопередачі склопакету:
а - 4-16Ar-4-16Ar-4i; б - 4-16Ar-4i

Зі збільшенням перепаду температур спостерігається лінійне зростання опору теплопередачі R_{sp} . Особливо це характерно для однокамерних склопакетів (рис.8, б), у яких зміна опору теплопередачі досягає 18%.

У **четвертому розділі** дисертації наведено результати експериментальних досліджень теплотехнічних показників енергоефективності та довговічності світлопрозорих конструкцій.

У процесі експериментальних досліджень теплотехнічних показників склопакетів із заповненням міжскляного прошарку повітрям, аргоном, криптоном, ксеноном та сумішами цих газів встановлено такі залежності опору теплопередачі склопакетів від молярної маси газу,:

- для склопакетів 4-16-4i

$$R_{\Sigma} = 0,2225 M^{0,2775}; \quad (5)$$

- для склопакетів 4M1-10-4M1-10-4K

$$R_{\Sigma} = 0,1487 M^{0,415}; \quad (6)$$

- для склопакетів 4M1-10-4M1-10-4i

$$R_{\Sigma} = 0,1119 M^{0,497}. \quad (7)$$

Емпіричні формули (5)–(7) дають змогу зробити оптимальний вибір газонаповнення склопакету залежно від призначення світлопрозорої конструкції. З рівнянь (5)–(7) випливає, що зі зниженням ступеня чорноти стекол підвищується вплив молярної маси газу в міжскляному просторі на опір теплопередачі склопакетів.

Таким чином, одночасне застосування низькоемісійних стекол з наповненням склопакетів важкими газами дає змогу забезпечити опір теплопередачі склопакетів на рівні $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ і вище та отримати СК з опором теплопередачі, значення якого вже можна порівнювати з характеристиками непрозорих конструкцій.

Довговічність склопакетів встановлювалася за відсутністю відмов, за які були взяті такі стани після справляння відповідної кількості циклічних температурно-вологісних впливів: 1-й - поява тріщин у шарі скла; 2-й - погіршення стану шару герметика склопакету і, як наслідок, – адсорбуючого матеріалу молекулярного сита; 3-й - зміна газового складу міжскляного простору.

Відмови першого та другого станів під час випробувань не зафіксовані.

Третій вид відмови зумовлений дифузією важких газів з міжскляного простору склопакетів через шари герметизації і відповідною інфільтрацією повітря. Відмовою вважався такий стан склопакету, коли склад газу змінився більш ніж на 10% після проходження циклічних випробувань і при цьому заданий склад газу становив менше від 90% обсягу міжскляного простору. Склад газу визначався за вищенаведеною методикою через 30 та 60 циклів випробувань.

Результати досліджень свідчать про те, що при проміжній кількості циклів випробувань, яка дорівнює 30, склад газу в міжскляному просторі залишався практично незмінним. Через 60 циклів випробувань склад газу змінювався, але ця зміна перебувала в допустимому діапазоні - не більше ніж на 5%, що доводить надійність газонаповнених склопакетів при якісній герметизації їх контуру.

Експериментальні дослідження впливу температури зовнішнього середовища на теплотехнічні показники склопакетів проводилися в кліматичній камері при температурах зовнішнього повітря $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ та при $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Було встановлено, що опір теплопередачі двокамерного склопакету 4-16Ar-4-14Ar-4i (ступінь чорноти скла 0,03–0,04) змінюється при різних температурах зовнішнього повітря в межах 7% (табл.1), натомість для однокамерного склопакету з товщиною міжскляного простору 16 мм вплив температури більш суттєвий – при температурі $-22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ опір дорівнює $0,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, тоді як при температурі зовнішнього повітря $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – на 20%

більше. Для однокамерного склопакету з відстанню між шарами скла 10 мм та заповненням повітрям опір теплопередачі взагалі не змінюється. Отримані експериментальні дані збігаються з результатами аналітичних розрахунків (див рис.8) з точністю до 12%.

Таблиця 1

Залежність впливу температури зовнішнього повітря на опір теплопередачі склопакета, отримана експериментальним шляхом

Температура зовнішнього повітря, °С	Перепад температур, °С	Опір теплопередачі склопакету R , м ² ·К/Вт		
		16Ar-4-14Ar-4i	4-16Ar-4i	4-10-4
-22	25/30	1,03	0,71	0,29
-10	20	0,99	0,75	0,29
0	15	0,96	0,83	0,29

Експериментальна оцінка ефективності СК з ПВХ-профілів із застосуванням вентиляційних провітрювачів здійснювалася за показниками об'ємної витрати повітря крізь провітрювач та зміни приведенного опору теплопередачі вікна з вмонтованим провітрювачем, яка була незначною.

Результати експериментальних досліджень дали змогу визначити кількість провітрювачів, які слід встановлювати на віконних блоках типових приміщень площею 18 м², для забезпечення необхідної кратності повітрообміну в багатоповерхових будівлях (табл.2).

Таблиця 2

Необхідна кількість провітрювачів для забезпечення кратності повітрообміну приміщень $n = 0,8$ (1/год)

Поверх будівлі	Перепад тиску Δp , Па	Кількість провітрювачів модифікацій			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1-й	50	1	1	1	1
2-й					
3-й					
4-й	30	1	2	2	2
5-й					
6-й	20	2	2	2	2
7-й					
8-й	10	2	2	3	3
9-й					

Енергетична ефективність світлопрозорих фасадних конструкцій досліджувалася на експериментальній установці з імітацією кліматичних умов похмурого зимового дня, сонячного зимового дня та двох підряд сонячних зимових днів. Причому при другій сонячній добі тепловий потік був спрямований вже не з приміщення назовні, а з боку «вулиці» в приміщення, тобто відбувався обігрів приміщення сонячною енергією при температурі зовнішнього повітря -17°C .

У **п'ятому розділі** дисертації здійснено оцінювання економічної ефективності застосування СК з підвищеними теплоізоляційними властивостями.

Проаналізовано співвідношення початкових витрат на встановлення сучасних СОК з опором теплопередачі $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, залежність цих витрат та економії енергії від їх застосування для різних сценаріїв розвитку енергетичного ринку, а також від коефіцієнта скління фасаду, ступеня скління фасаду. Виходячи з цього встановлені терміни окупності застосування енергоефективних світлопрозорих конструкцій (рис.9).

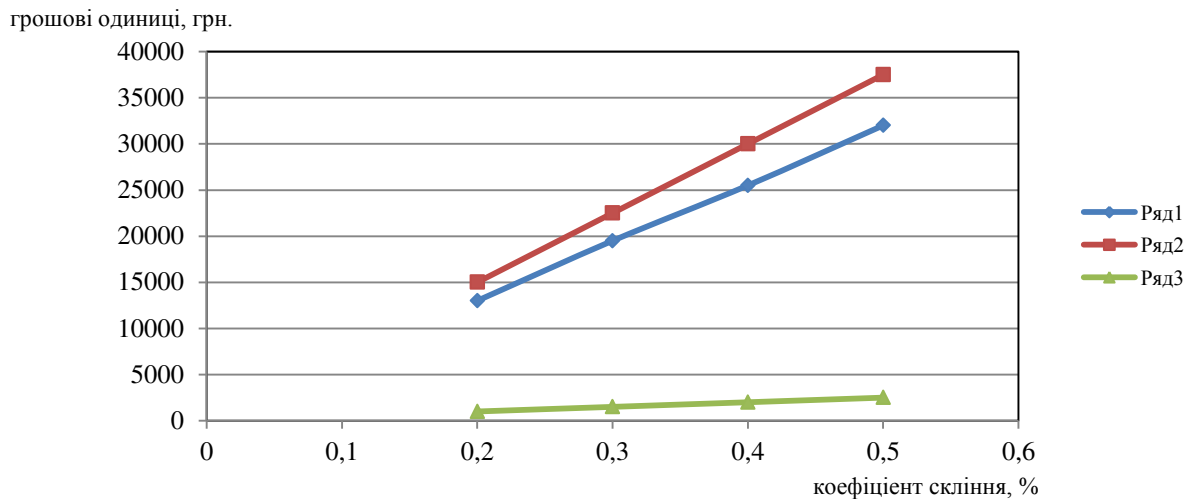


Рис. 9. Залежність інвестиційних витрат та економії енергії від коефіцієнта скління фасаду при застосуванні сучасних СОК: ряд 1 – початкові витрати; ряд 2 – економія енергії за 7 років експлуатації; ряд 3 – річна економія енергії

Установлено, що застосування сучасних СОК з високим рівнем теплоізоляційних властивостей є економічно доцільним у сучасних багатоповерхових будівлях, у яких є відокремлені частини з різним функціональним призначенням. Ураховуючи об'єктивні вимоги з підвищення вартості енергії для житлово-комунального сектору і підприємств як державної, так і приватної форми власності, термін окупності застосування сучасних енергоефективних світлопрозорих конструкцій зменшується і може становити близько семи років, що є інвестиційно привабливим для численних користувачів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено наукове завдання з підвищення енергетичних параметрів будинків за рахунок раціонального вибору конструктивних рішень енергоефективних світлопрозорих огорожень громадських багатоповерхових будівель з великим коефіцієнтом скління фасаду.

Отримані в процесі дисертаційного дослідження результати, реалізовані мета і завдання дають підстави сформулювати такі висновки:

1. На основі аналітичних досліджень закономірностей тепломасопереносу у світлопрозорих огорожувальних конструкціях удосконалено інженерний метод розрахунку теплової ефективності світлопрозорих огорожувальних конструкцій та встановлено основні показники оцінки: повітропроникність конструкцій, опір теплопередачі, світлопрозорість, орієнтація фасадів за сторонами світу. Визначено доцільне значення опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій – $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Установлено, що підвищення опору повітропроникності на 100% знижує тепловтрати на 90%, і що в умовах 1-ї температурної зони України максимальний коефіцієнт скління фасаду є доцільним тільки для стін південної орієнтації.

2. У процесі аналітично-експериментальних досліджень сучасних стійкоригельних світлопрозорих конструктивних систем, що поєднують світлопрозорі та непрозорі елементи в площині фасаду, визначено закономірності формування їх температурного режиму та розроблено технічні рішення, що дають змогу підвищувати мінімальну температуру внутрішньої поверхні непрозорої частини конструкції на 2–3 °С.

3. Уперше проведено аналітично-експериментальні дослідження впливу температур навколишнього середовища на опір теплопередачі склопакетів та з'ясовано, що для двокамерних склопакетів залежність опору теплопередачі склопакетів від температурного перепаду становить менше ніж 10% і може не враховуватися, в той час як для однокамерних склопакетів з товщиною газового прошарку понад 14 мм опір теплопередачі змінюється на 20% при зміні температурного перепаду на 10–15 °С, що потребує обов'язкового урахування при оцінках теплотехнічних показників світлопрозорих конструкцій у різних температурних зонах їх експлуатації.

4. Експериментальні дослідження дали змогу вивести емпіричні формули, за якими можна підбирати склад газової суміші для забезпечення необхідного значення опору теплопередачі. Експериментально доведено можливість отримання склопакетів з опором теплопередачі до $1,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що може використовуватися при проектуванні пасивних будівель.

5. У результаті експериментальних досліджень доведено, що склад газу газонаповнених склопакетів змінюється не більш ніж на 5 % після 60 циклів кліматичних впливів, що дає змогу прогнозувати необхідну довговічність при їх виготовленні з двошаровою герметизацією та забезпечувати необхідні значення опору теплопередачі під час їх експлуатації у складі світлопрозорих огорожувальних конструкцій.

6. На підставі результатів, отриманих у процесі експериментальних досліджень віконних конструкцій з провітрювачами, виявлено можливість забезпечення нормативного повітрообміну приміщень згідно із санітарно-гігієнічними вимогами при застосуванні сучасних герметичних вікон з ПВХ-профілів та розраховано, що 1–3 провітрювачі залежно від поверху, де вони розташовані, забезпечують нормативний повітрообмін приміщень $n = 0,8$ (1/год) для типового приміщення площею 18 м^2 .

7. Доведено, що комбіновані світлопрозорі фасадні конструкції мають властивість пасивних геліоконструкцій в кліматичних умовах України в сонячні дні зимових місяців у часи прямої інсоляції їх поверхневі теплові витрати близькі до нуля при температурах зовнішнього повітря до $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, що приводить до підвищення загальних показників енергоефективності будівель.

8. На підставі проведених досліджень розроблені рекомендації для проектування сучасних світлопрозорих конструкцій, що дозволяють підвищувати енергетичні властивості багатоповерхових будівель. Аналіз економічних характеристик конструктивних систем сучасних будівель та конструкцій фасадної теплоізоляції дав змогу встановити, що термін окупності світлопрозорих конструкцій з опором теплопередачі $0,75\text{ м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$ дорівнює 7–13 років, що свідчить про інвестиційну привабливість сучасних світлопрозорих конструкцій та економічну доцільність їх застосування в сучасних багатоповерхових будівлях.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті за кордоном та у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Фаренюк Е.Г. К анализу расчетных методов для определения теплотехнических характеристик светопрозрачных конструкций / Е. Г. Фаренюк, Ю. И. Калюх // Архитектура и стр-во в Азербайджане. – 2014. – № 3. – С. 18–24.

Статті у наукових фахових виданнях:

2. Фаренюк Є.Г. Вплив на тепловий режим приміщення різних конструктивних рішень віконних систем / А. А. Худенко, Є. Г. Фаренюк // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – К. : КНУБА, 2002. – Вип. 4.– С. 34–41.

3. Фаренюк Є.Г. Методика експериментальних досліджень довговічності сучасних світлопрозорих конструкцій / Є. Г. Фаренюк // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск : ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – Вып. 65. – С. 618–624.

4. Фаренюк Є.Г. Вплив вентиляційних провітрювачів на теплотехнічні показники світлопрозорих огорожуючих конструкцій та нормативний повітрообмін у приміщенні / Є. Г. Фаренюк // Будівельні конструкції : зб. наук. пр. – К. :ДП НДІБК, 2013. – Вип. 77. – С. 31–38.

5. Фаренюк Є.Г. Особливості формування теплових показників конструктивних рішень вузлів примикання світлопрозорих фасадних систем / Є. Г. Фаренюк // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2013. – Вып. 69. – С. 554–564.

6. Фаренюк Е.Г. Определение теплового состояния и оценка качества строительных объектов в условиях эксплуатации / Г. Ф. Синер, Е. Г. Фаренюк // Экономия теплоты та енергії в проектуванні та будівництві: зб. доп. 1–ї всеукр. наук.-практ. конф. (Полтава, 1996 р.). – К. : КиївЗНДІЕП, 1996. – 82 с.

7. Фаренюк Е.Г. Теплозащитное окно как элемент пассивного солнечного

отопления / Е. Г. Фаренюк // Энергобережения в будинках і спорудах: зб. доп. 2-ї всеукр. наук.-практ. конф. (Чернігів, 1998 р.). – К. : КиївЗНДІЕП, 1998. – 95 с.

8. Фаренюк Е.Г. Конструктивные принципы повышения теплозащитных качеств оконных систем / Г. Г. Фаренюк, Е. Г. Фаренюк // Окон. технологии. – 1999. – № 1. – С. 46–49.

9. Фаренюк Е.Г. Теплотехнические характеристики фасадных комбинированных систем / Г. Г. Фаренюк, Е. Г. Фаренюк // Окон. технологии. – 2001. – № 6. – С. 35–45.

10. Фаренюк Е.Г. О закономерностях теплопередачи через светопрозрачные конструкции / Г. Г. Фаренюк, Е. Г. Фаренюк // Окон. технологии. – 2001. – № 7. – С. 38–40.

11. Фаренюк Е.Г. О сбережении тепла помещений энергоэффективными покрытиями стекол / Г.Г. Фаренюк, В.В. Горин, Е. Г. Фаренюк // Окон. технологии. – 2001. – № 8. – С. 50–51.

12. Фаренюк Е. Г. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций / Е.Г.Фаренюк // Окон. технологии. – 2002. – № 9. – С. 50–53.

13. Фаренюк Е.Г. Метод расчета солнечной радиации при проектировании теплоизоляции светопрозрачных конструкций зданий и сооружений / Г. Г. Фаренюк, В. В. Горин, Е. Г. Фаренюк // Окон. технологии. – 2002. – № 11. – С. 38–47.

14. Фаренюк Е.Г. Температурный режим алюминиевых стоечно-ригельных узлов фасадных систем / Г. Г. Фаренюк, Е. Г. Фаренюк // Окон. технологии. – 2002. – № 13. – С. 66–70.

15. Патент 18147 А, Україна, Е04В 1/74, F24P 5/10. Теплоакмулюючий пристрій / [Фаренюк Г. Г., Садовий В. С., Ткаченко І. М., Фаренюк Є. Г. та ін.]; заявник та патентовласник Наук.-дослід. ін-т буд. конструкцій. – Зареєстр. 27.04.1995, № 3769-ХІІ. оприлюдн.01.07.97. Бюл. № 3. – С. 7

16. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний від 01.04.2007] . – К. : Мінбуд України, 2006. – 64 с.

17. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації: ДБН В.2.6-33:2008. – [Чинний від 01.12.2008]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 43 с. – (Нац. стандарт України).

18. Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах : ДСТУ Б В.2.2-19:2007. – [Чинний від 01.07.2008]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с. – (Нац. стандарт України).

19. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій : ДСТУ Б В.2.6-101:2010. – [Чинний від 2010.20.01]. – К. : М-во регіон. розвитку та буд-ва України, 2010. – 84 с. – (Нац. стандарт України).

20. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорту будинків при новому будівництві та реконструкції: ДСТУ-Н Б А.2.2-

5:2007. – [Чинний від 01.07.2008]. – К. : М–во регіон. розвитку та буд–ва України, 2008. – 43 с. – (Нац. стандарт України).

21. Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів: ДСТУ Б А.2.2-8:2010. – [Чинний від 20.01.2010]. – К. : М–во регіон. розвитку та буд–ва України, 2010. – 47 с. – (Нац. стандарт України).

22. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013. – [Чинний від 01.01.2014]. – К. : М–во регіон. розвитку та буд–ва України, 2013. – 51 с. – (Нац. стандарт України).

23. Фасади навісні. Технічні умови (EN 13830:2003, IDT): ДСТУ Б EN 13830:2014. – [Чинні від 01.10.2015]. – К. : М–во регіон. розвитку та буд–ва України, 2014. – 53 с. – (Нац. стандарт України).

АНОТАЦІЯ

Фаренюк Є.Г. Тепловий режим світлопрозорих огорожувальних конструкцій сучасних багатоповерхових будівель. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі і споруди. - Національний університет водного господарства та природокористування МОН України. – Рівне, 2015.

У дисертаційній роботі здійснено аналітичне та експериментальне дослідження теплового режиму СОК сучасних багатоповерхових будівель.

Теоретично досліджено особливості формування температурного режиму і теплотехнічних показників світлопрозорих конструкцій та склопакетів. Удосконалено методику розрахунку енергетичного балансу та проаналізовано вплив теплових характеристик світлопрозорих конструкцій на показники енергоефективності світлопрозорих конструкцій у холодний період року.

Проведено експериментальні дослідження впливу газонаповнення склопакетів, ступеня чорноти скла, кількості шарів скла, а також температури навколишнього середовища на опір теплопередачі світлопрозорої частини конструкції. Досліджено довговічність газонаповнених склопакетів, встановлено залежність теплотехнічних показників склопакетів від молярної маси газового заповнення міжскляного простору. Експериментально досліджено теплову ефективність світлопрозорих огорожувальних конструкцій з вентиляційними провітрювачами та пасивних геліоконструкцій зі світлопрозорим фасадом.

Розроблено інженерні рекомендації для покращення теплозахисних характеристик комбінованих фасадних систем та їх примикання до непрозорих ділянок стін, а також їх раціональної орієнтації за сторонами світу.

Визначено економічну доцільність застосування світлопрозорих конструкцій з високим рівнем опору теплопередачі, що було впроваджено до зміни № 1 ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Ключові слова: світлопрозорі огорожувальні конструкції, приведений опір теплопередачі, опір повітропроникності, теплотехнічні показники, склопакети, енергоефективність, довговічність.

АННОТАЦІЯ

Фаренюк Е.Г. Тепловой режим светопрозрачных ограждающих конструкций современных многоэтажных зданий. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. - Национальный университет водного хозяйства и природопользования МОН Украины. - Ровно, 2015.

Диссертация посвящена аналитическим и экспериментальным исследованиям теплового режима СОК современных многоэтажных зданий.

В *первом разделе* диссертации рассмотрены конструктивные решения современных СОК, применяемых в отечественной и мировой практике сооружения многоэтажных зданий, проведено сравнение теплотехнических показателей для разных типов конструкций.

Во *втором разделе* сформулированы методические положения для аналитических и экспериментальных исследований для решения поставленных научных задач. Экспериментальные исследования СК включали определение их эксплуатационных характеристик, таких как показатели переноса теплоты через светопрозрачные конструкции, особенности формирования температурного режима, показатели воздухопроницаемости конструкций и их светопропускания, долговечность конструкций.

Третий раздел содержит результаты аналитических исследований тепловой эффективности светопрозрачных конструкций - особенности формирования температурного режима и теплотехнических показателей СК и стеклопакетов. Усовершенствована методика расчета энергетического баланса и проанализировано влияние тепловых характеристик светопрозрачных конструкций на показатели энергоэффективности в холодный период года.

В *четвертом разделе* приведены результаты экспериментальных исследований влияния газонаполнения стеклопакетов, степени черноты стекла, количества стекол, а также температуры окружающей среды на сопротивление теплопередаче светопрозрачной части конструкции. Исследована долговечность газонаполненных стеклопакетов, установлена зависимость теплотехнических показателей стеклопакетов от молярной массы газового заполнения межстекольного пространства. Проведены исследования тепловой эффективности СОК с вентиляционными проветривателями и пассивных гелиоконструкций со светопрозрачным фасадом.

В *пятом разделе* проведена оценка экономической эффективности применения светопрозрачных конструкций с повышенными теплоизоляционными свойствами. Проанализировано соотношение начальных затрат на установку современных СОК с сопротивлением теплопередаче $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, зависимость этих расходов и

экономии энергии от их применения для различных сценариев развития энергетического рынка, а также от коэффициента остекления фасада. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации для проектирования современных СК, позволяющих повышать энергетические характеристики многоэтажных зданий.

ABSTRACT

Ie.G.Fareniuk. Thermal behavior of window constructions of modern multistoried buildings. – Manuscript.

Thesis for the Candidate's degree in Technical Science. Specialty 05.23.01 – building structures, buildings and construction. – National University of Water Management and Nature Resources Use of Ministry of Education and Science of Ukraine. – Rivne, 2015.

Thesis research presents the analytical and experimental study of thermal behavior of window constructions in modern multistoried buildings.

The peculiarities of the formation of thermal behavior and the thermo-technical characteristics of window constructions and multiple glass units are theoretically investigated. The energy balance calculation procedure is improved and the influence of window constructions heat characteristics of the window constructions energy performance during cold seasons is analyzed.

The experimental investigation of the influence of multiple glass unit gas filling, glass emissivity, glass layers number and environmental temperature on the heat transmission resistance of structure transparent parts is carried out. The durability of gas-filled multiple glass units is examined, as well as the dependence of the multiple glass unit thermo-technical indices on the molar mass of gas filling a glass inter-layer space is established. The thermal effectiveness of window constructions with ventilators and of passive solar structures with glass façade is studied.

The engineering recommendations are developed for the improvement of the thermal protection characteristics of complex façade systems and their abutment on opaque wall areas, as well as their rational orientation in cardinal directions.

The economic expediency of the application of window constructions with high thermal resistance is defined, which is implemented in improvement № 1 to DBN V.2.6-31:2006 «Thermal Insulation of Buildings».

Key words: window constructions, thermal resistance, air permeability resistance, thermo-technical indices, multiple glass units, energy performance, durability.

Підписано до друку 08.09.2015 р. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк трафаретний (різографія).
Ум. друк. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. № 11.

Надруковано в ДП “НДІБК”
вул. Преображенська (І. Клименка), 5/2, м. Київ – 37, 03680