

Міністерство освіти і науки України
Національний авіаційний університет

СКРЕБНЄВА СВІТЛАНА МИКОЛАЇВНА

УДК 692.23:728(043.5)

**ЕФЕКТИВНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ
КОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ І СПОРУД**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Лапенко Олександр Іванович,
Національний авіаційний університет Міністерства
освіти і науки України, завідувач кафедри
комп'ютерних технологій будівництва

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Семко Олександр Володимирович,
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, завідувач кафедри архітектури і
міського будівництва;

кандидат технічних наук,
Коваль Олена Олександрівна, ДВНЗ «Придніпровська
державна академія будівництва і архітектури», заступник
директора науково-освітнього інституту інноваційних
технологій в будівництві

Захист відбудеться «4» липня 2013 р. о 15:30 на засіданні спеціалізованої
вченої ради К 26.062.12 в Національному авіаційному університеті за адресою:
03680, Україна, м. Київ, просп. Космонавта Комарова , 1, корп. 5, ауд. 303.

З дисертацією можна ознайомитись у Науково-технічній бібліотеці
Національного авіаційного університету за адресою: 03680, Україна, м. Київ,
просп. Космонавта Комарова , 1.

Автореферат розісланий « 3 » червня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, с. н. с., доцент

Д. Е. Прусов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема раціонального використання та економії паливно-енергетичних ресурсів вирішується світовою спільнотою одночасно за кількома напрямками. Найперспективніше з них пов'язано з енергозбереженням в різних галузях економічної діяльності. Понад чверть цього потенціалу зосереджена в житлово-комунальному господарстві, в будівництві та промисловості - понад однієї третини. Резерви енерго- та ресурсозбереження в експлуатованому фонді житлових, цивільних і промислових будівель достатньо великі.

У нашій країні і за кордоном проводяться численні й інтенсивні дослідження, спрямовані в основному на вишукування легких і енергоекономічних огорожувальних конструкцій, що відрізняються малою трудомісткістю зведення, довговічністю і ремонтпридатністю. Така пильна увага провідних наукових, навчальних і проектних інститутів до проектування ефективних огорожуючих конструкцій пояснюється, з одного боку, тим важливим місцем, яке вони займають у структурі будівлі, а з іншого боку - тією роллю, яку вони відіграють у вирішенні проблеми економії паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР).

Перераховане підтверджує актуальність досліджень по вирішенню проблем енерго- та ресурсозбереження в будівництві, в першу чергу пов'язане з розробкою і використанням прогресивних енергозберігаючих і ресурсоекономічних будівельних матеріалів і виробів. У багатьох випадках розробка нових будівельних виробів і споруд вимагає залучення більш досконалих технологій або адаптації вже існуючих технологічних процесів і обладнання, освоєних в інших галузях промисловості, для застосування в будівництві.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота пов'язана з виконанням завдань, визначених зокрема: Указом Президента України від 28.02.2008 № 174/2008 “Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів; розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16.10.2008 № 1334-р «Про схвалення пріоритетних напрямів діяльності у сфері енергоефективності та енергозбереження на 2008-2009 роки», розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17.12.2008 № 1567-р «Про програми підвищення енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів»,” Закону України “Про енергозбереження”; Енергетичної стратегії України на період до 2030 р, що затверджена Кабінетом Міністрів України 15.03.2006 р.; наукових досліджень кафедри комп'ютерних технологій будівництва НАУ по держбюджетній темі №6/10.01.02 “Новітні технології реконструкції промислових та цивільних будівель і споруд аеропортів” (2009-2010рр.);

Мета и задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є створення раціональних типів конструкцій, які дадуть змогу мінімізувати теплові втрати і створять комфортні умови мікроклімату в приміщеннях житлових будинків та спорудах у кліматичних умовах України.

У відповідності з поставленою метою необхідно було вирішити наступні задачі:

- проаналізувати сучасний стан питання щодо енергозберігаючих огорожувальних конструкцій та технології ефективної теплоізоляції в Україні і за кордоном;
- визначити нові напрямки енергозбереження в житлових будинках та спорудах;
- дослідити теплотехнічні властивості зовнішніх огорожень, виготовлених з використанням розроблених будівельних матеріалів, з метою підвищення енергоефективності будівель;
- удосконалити наявні конструктивні схеми утеплення та реалізувати їх у нових раціональних типах огорожувальних конструкцій;
- впровадити у проектування утеплення огорожувальних конструкцій житлових будинків і споруд.

Об'єкт дослідження – енергозбереження в житлових будинках та спорудах.

Предмет дослідження – огорожувальні конструкції житлових будинків і споруд.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувалися методами натурних, експериментальних і теоретичних досліджень, заснованими на сучасних досягненнях в області теорії і практики створення нових будівельних конструкцій підвищеної теплової ефективності, фізико-математичного моделювання з використанням системного аналізу, що забезпечують достовірність отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше створено раціональні типи конструкцій, які забезпечують мінімізацію теплових втрат і формування комфортних умов мікроклімату в приміщеннях житлових будинків та спорудах з використанням ефективного теплоізоляційного матеріалу «ПЕРВОЛІН».

2. Вперше теоретично та експериментально обґрунтовано і доведено енергоефективність огорожувальних конструкцій житлових будинків та споруд з використанням «ПЕРВОЛІНУ».

3. Удосконалено конструктивні рішення утеплення фасадів.

4. Подальшого розвитку набули заходи щодо енергозбереження в житлових будинках та спорудах з використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів та математичний апарат обчислення оптимальної товщини утеплювача.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості використання в проектній практиці для підвищення теплової ефективності будівель для зовнішніх енергоефективних огорожувальних конструкцій житлових будинків і споруд, а також для споруджуваних і реконструйованих будівель з метою підвищення їх енергоефективності.

Результати досліджень використані:

- при розробці проекту реконструкції будівлі корпусу заводу «Атем» у м. Києві сумісно з ТОВ «Проектне бюро «ІНТЕРСТАЛЬ»;
- при проектуванні складського приміщення в Київській області разом ТОВ «Будівельна компанія «Зодчий»;
- при розробці робочого проекту промислової будівлі в м. Бровари ТОВ «ТЕНДЕР»;

- в навчальному процесі, зокрема в навчальній програмі з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» Національного авіаційного університету для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»;
- для виготовлення суміші водостійкого теплозвукоізоляційного матеріалу (Патент на корисну модель № 48181, Україна від 10.03.2010 р.);
- при розробці проекту технологічного регламенту і технічних умов промислового виробництва теплоізоляційного матеріалу з підвищеною водостійкістю.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні та експериментальні дослідження, що ввійшли в дисертаційну роботу, виконані безпосередньо автором, натурні дослідження - при активній участі і під керівництвом автора спільно з викладачами кафедри комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету, дослідження фізико-технічних, теплофізичних властивостей місцевих будівельних матеріалів та виробів – визначалися за участю автора в лабораторії Кострижівського КБМ, в ДП Український науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів (м. Київ) та в експериментально-дослідній лабораторії Державного підприємства Науково-дослідний центр “Базальтоволокнисті матеріали”.

Основні результати роботи отримані автором самостійно. Авторські розробки та основні положення дисертації відображені в публікаціях автора. Особистий вклад здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві:[5] – експериментально досліджено характеристики композицій теплоізоляційного матеріалу на основі екологічного чистої сировини; [2] – розраховано раціональні склади суміші для виготовлення ефективного утеплювача; [3] – проведена оцінка ефективності застосування системи зовнішнього утеплення стін будівель з системою з повітряним прошарком і системою без повітряного прошарку з використання нового теплоізоляційного матеріалу «ПЕРВОЛІН»; [4] – розроблена удосконалена система теплозахисту огорожувальних конструкцій; [6] – визначено фізико-технічні властивості теплозвукоізоляційного матеріалу; [7] – проведено порівняльний аналіз існуючої теплоізоляції.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідались на I Міжнародній науково-практичній конференції «Аеропорти – вікно в майбутнє» (Київ, НАУ, 2009), на IX Міжнародній науково-технічній конференції “АВІА–2009” (Київ, НАУ, 2009), на XII Всеукраїнській науковій конференції «Екологічні проблеми регіонів України» (Одеса, ОДЕУ, 2010), на Всеукраїнському науково-практичному семінарі «Екологічні проблеми України: шляхи вирішення» (Київ, ІЕЕіП, 2010), на II Міжнародній науковій конференції «Архітектура та екологія. Проблеми міського середовища» (Київ, НАУ, 2010), на Науково-практичному форумі «Стратегія розвитку екологічної освіти в Україні» (Київ, ІЕЕіП, 2011), на III Міжнародній науково-практичній конференції «Аеропорти – вікно в майбутнє» (Київ, НАУ, 2012), на XII Міжнародній науково-технічній конференції “АВІА–2013” (Київ, НАУ, 2013).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано автором самостійно й у співавторстві у 9 роботах, з них: 5 наукових працях, у тому числі в 4

наукових статтях у спеціалізованих фахових виданнях, що затверджені переліком ВАК України, 1 патенті України на корисну модель, 3 тезах.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел і 3 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 167 стор., у тому числі 37 рисунків, 23 таблиці. Список використаних джерел становить 146 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується вибір теми дисертації, викладена загальна характеристика роботи, яка включає актуальність, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, мету, задачі, характеристики об'єкта і предмета дослідження, методи дослідження, наукову та практичну цінність результатів роботи, відомості про впровадження й апробацію результатів досліджень, особистий внесок здобувача, характеристику публікацій і обсяг дисертації.

У першому розділі проведений аналіз питань пов'язаних з вивченням енергоефективних будівель і їх конструкціях на базі фундаментальних робіт таких видатних в області будівельної теплофізики вчених, як С.В.Александровського, В.М.Богословського, О.Є.Власова, Е.Л.Дешко, В.М.Ільїнського, А.В.Ликова, В.І.Лук'янова, Ю.О.Матросова, О.Н.Могилата, М.В.Савицького, О.В.Семка, А.Ф.Строя, Ю.О.Табунщикова, Ф.В.Ушкова, Г.Г.Фаренюка, К.Ф.Фокина, О.У.Франчука, С.Ф.Фомина, В.Р.Хлевчука, Ю.Д.Ясина та інших, що забезпечує можливість еволюційного удосконалення принципів регламентування правил проектування з урахуванням сучасних особливостей розвитку будівельної науки і практики.

Виконаний аналіз опублікованих результатів досліджень за темою дисертації дозволив встановити наступне:

1. Широко застосовуються в будівництві полімерні теплоізоляційні матеріали, що відрізняються недостатньою довговічністю і пожежобезпекою, а також більш низькою екологічністю в порівнянні з бетонами і стіновою керамікою, що використовується в якості основних конструкційних матеріалів при зведенні будинків. Однак для теплоізоляційних матеріалів на мінеральній основі, характерні підвищена середня щільність і теплопровідність.

2. Існує необхідність у більш точній оцінці рівня енергоефективності експлуатованих будівель і зовнішніх огорожень з метою вибору раціональних варіантів підвищення їх теплового захисту і проведення цілеспрямованих енергозберігаючих заходів.

3. Залишається ряд недосліджених питань проектування ефективних енергозберігаючих огорожувальних конструкцій житлових будинків і споруд виконаних із місцевих матеріалів.

4. Потребують подальшого вивчення процеси, що протікають в зовнішніх огороженнях: процеси поглинання, акумулювання і передачі в приміщення теплової енергії, яка виникає з теплових потоків навколишнього середовища.

Недостатня розробленість науково-технічних основ створення енергоефективних житлових будинків і споруд, та їх конструкцій, виготовлених із

застосуванням місцевих матеріалів, зумовили необхідність проведення запланованих досліджень і виконання комплексу розробок ефективних енергозберігаючих огорожувальних конструкцій житлових будинків і споруд.

У зв'язку з цим було сформульовано мету і задачі дослідження.

У другому розділі розглянуті напрями енергозбереження в огорожувальних конструкціях житлових будинків і споруд (рис.1).

Підвищення теплозахисних якостей зовнішніх стін існуючих житлових будинків здійснюється з використанням різних конструктивно-технологічних рішень і матеріалів.

Ефект від енергозберігаючих заходів у житловому секторі характеризується проектними показниками, які містять інформацію про певні властивості створюваного об'єкту.

Серед техніко-економічних показників можна виділити:

- капіталовкладення в енергозберігаючі заходи (K^{TM} , грн.);
- сумарні витрати на експлуатацію будівлі протягом розрахункового періоду ($Z_{пр.}$, грн./ m^2);
- економію приведених витрат, отриману в результаті термомодернізації за розрахунковий період ($E_{пр.}$, грн./ m^2);
- термін окупності (ТО);
- питому теплову характеристику будівлі (q_m , Вт / ($m^3 \cdot K$));
- питома витрата теплової енергії йде на опалювання будівлі в холодний і перехідний періоди року (q_h^{des} , кВт·год/ m^2).

Капіталовкладення в енергозберігаючі заходи (K^{TM} , грн.) складаються з вартості технічних засобів, будівельних матеріалів і виробів, витрат на монтаж, транспортування, наладку і послуги. Вартість енергозберігаючих заходів встановлюється згідно кошторисів і калькуляцій.

Сумарні витрати на експлуатацію будівлі ($Z_{пр.}$, грн./ m^2) дисконтовані до початку розрахункового горизонту можна знайти за залежністю:

$$Z_{пр.} = \frac{\sum_{t=1}^T (Z_{от} + K^{TM})}{(1+E)^{t-1}}, \quad (1)$$

де $Z_{от}$ – річні витрати на теплопостачання, грн./($m^2 \cdot \text{рік}$); K^{TM} – річні капіталовкладення в термомодернізацію, капітальний і поточний ремонт, грн./($m^2 \cdot \text{рік}$).

Для знаходження економії приведених витрат, отриманих в результаті термомодернізації ($E_{пр.}$, грн./ m^2), і дисконтованих до початку розрахункового горизонту використовується наступна залежність:

$$E_{пр.} = \frac{\sum_{t=1}^T ((Z_{от}^{баз} - Z_{от}^{TM}) - (K^{баз} - K^{TM}))}{(1+E)^{t-1}}, \quad (2)$$

де T – горизонт розрахунку, рік; t – номер кроку розрахунку, рік; $Z_{от}^{баз}$ і $Z_{от}^{TM}$ – річні витрати на теплопостачання будинку, відповідно, до і після його термомодернізації, грн./($m^2 \cdot \text{рік}$); $K^{баз}$ – річні капіталовкладення в поточний і капітальний ремонт будинку за умови, що його термомодернізація проводиться не буде, грн./($m^2 \cdot \text{рік}$);

K^{TM} – річні капіталовкладення в термомодернізацію, капітальний і поточний ремонт термомодернізованого будинку грн./($m^2 \cdot$ рік); E – норма дисконту.

Під строком окупності (ТО) розуміємо тимчасовий період (від початку здійснення проекту), який вимірюється в місяцях, кварталах або роках, за межами

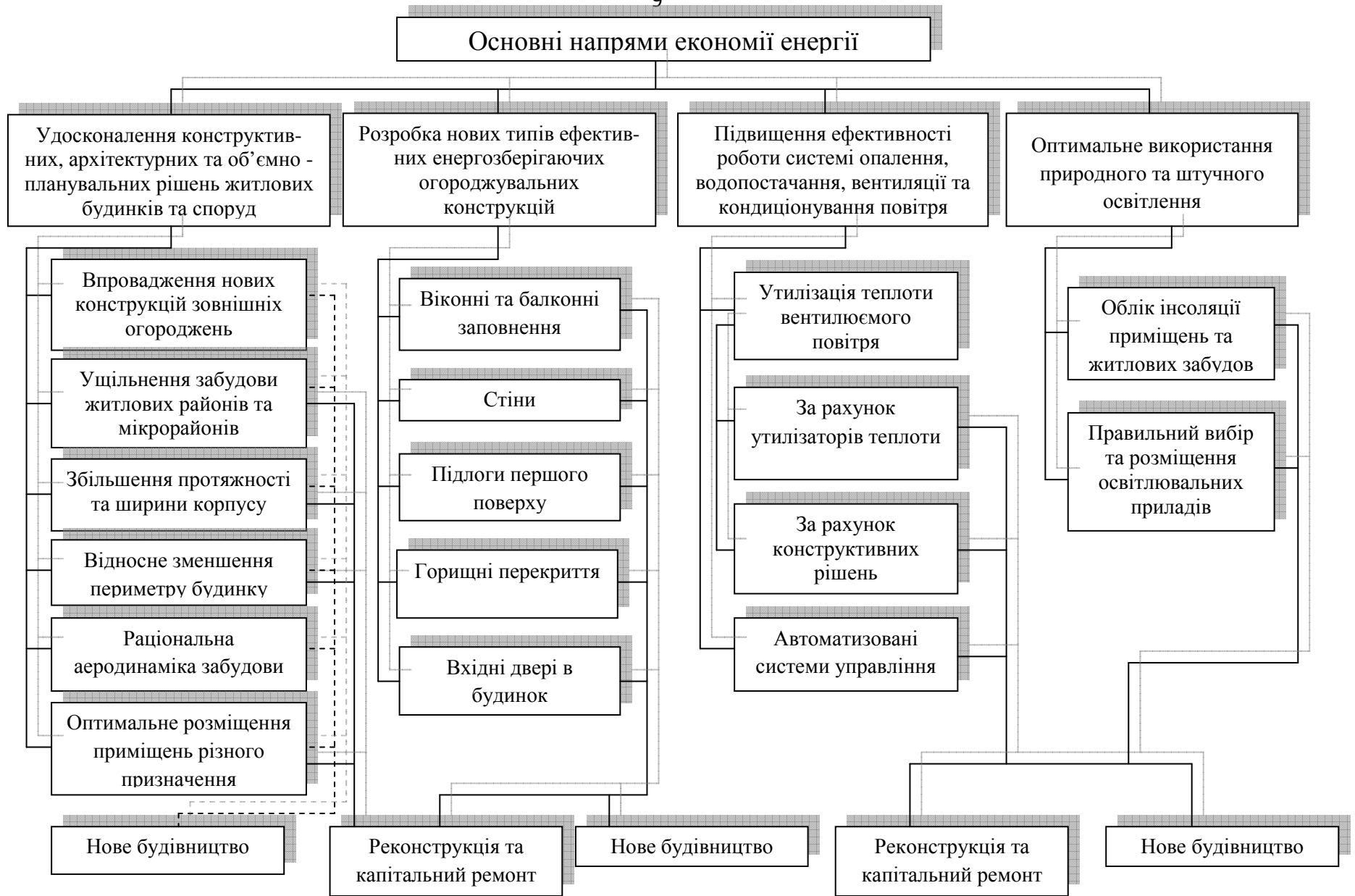


Рисунок 1 – Класифікація основних напрямів економії паливно-енергетичних ресурсів у житлових будинках

якого інтегральний ефект стає невід’ємним. Строк окупності рекомендується визначати з використанням дисконтування.

Питому теплову характеристику будівлі (q_m , Вт / (м³·К)) можна визначити за залежністю:

$$q_m = Q_h \cdot 10^3 / (V_h \cdot \Delta t), \quad (3)$$

де Q_h – розрахунковий погодинний розхід теплової енергії на опалення будинку, кВт; V_h – опалювальний об’єм будинку, м³; Δt – різниця розрахунковий температур внутрішнього t_{int}^h і зовнішнього t_{ext} повітря, °С.

Питомі витрати теплової енергії, які йдуть на опалення будинку в холодний і перехідний періоди року (q_h^{des} , кВт·год/м²), визначається за залежністю:

$$q_h^{des} = Q_h^y / A_h, \quad (4)$$

де Q_h^y – необхідність в тепловій енергії на опалення будинку за опалювальний період, кВт·год; A_h – корисна площа будинку; для житлових будинків – загальна площа квартир.

Основними організаційно-технологічними показниками є: питомі витрати праці робітників на 1 м² загальної площі будівлі при проведенні енергозберігаючих заходів ($T_{пр.тр}$, люд.-год./м²) і термін проведення енергозберігаючих заходів.

При проектуванні зовнішніх стін дотримувалися двох умов:

- опір теплопередачі R_o у всіх випадках слід було б приймати не менше необхідного по санітарно-гігієнічним умовам опору теплопередачі R_{req} ;
- опір теплопередачі огороження R_o приймалося рівним економічно доцільному опору $R_o^{ек}$, який визначається з умови забезпечення найменших приведених витрат.

Слід зазначити, що нормування опору теплопередачі зовнішніх стін по санітарно-гігієнічним вимогам було засноване на принципі забезпечення мінімально допустимих комфортних умов усередині приміщень і вироблялося з урахуванням теплової інерції D огорожувальних конструкцій, а також розрахункової зимової температури зовнішнього повітря, яка приймалася у відповідності зі ДБН В.2.6-31:2006.

Як показала практика, навіть невеликі помилки, що допускаються при конструюванні, виготовленні, монтажі та експлуатації огорожувальних конструкцій, вели до зниження температури на внутрішній поверхні стін нижче допустимої, що часто призводило до випадіння конденсату.

З метою зниження невиправданих тепловтрат через огорожувальні конструкції в Україні з 1995 року вийшов ряд нормативних документів по елементним підходом до нормування теплозахисних якостей, в якому опір теплопередачі огорожувальних конструкцій приймається з умов енергозбереження в 2 ... 3,5 рази більше, ніж раніше нормоване. Вважається, що таке збільшення теплозахисних якостей огорожуючих конструкцій знижує тепловтрати будівель на 20 ... 40%. Однак жорстке по елементне нормування теплозахисних якостей окремих огорожувальних конструкцій без урахування всієї сукупності огорожі будівлі, неможливість варіювання теплозахисними якостями окремих елементів оболонки будівлі та відсутність критеріїв, що дозволяють хоча б побічно оцінити кінцевий

результат призвели до виходу в 2006 році ДБН В.2.6.-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель».

З позиції термомодернізації зовнішніх стін житлових будівель великий інтерес представляє зміна товщини додаткового теплоізоляційного шару, що доводить опір теплопередачі стін до нормативних значень. Тому були проведені розрахунки і побудовані ізолінії товщини додаткової теплоізоляції як по елементно, так і для будівлі загалом.

Існує багато конструктивно-технологічних рішень термомодернізації зовнішніх стін, класифікація яких пов'язана з розміщення утеплювача на стіні, наявності повітряного прошарку, матеріалу утеплювача, способів кріплення утеплювача і його захисного шару.

Однак перш ніж приступати до вибору конструктивно-технологічного рішення додаткового утеплення зовнішніх стін, необхідно визначитися з вибором внутрішнього або зовнішнього розміщення теплоізоляційного матеріалу по відношенню до утеплювальної стіни. Вибір теплоізоляційного матеріалу виконується на основі аналізу переваг і недоліків.

Системи зовнішнього утеплення стін будівель розділяються на дві групи: системи без повітряного прошарку і системи з повітряним прошарком. Найбільш широкими представниками першої групи є системи утеплення з оштукатурюванням фасадів, а другий - системи утеплення із захисно-декоративними панелями, які розташовуються на віднесенні від утеплювача (вентильований фасад).

Термомодернізація зовнішніх стін із захистом теплоізоляційного матеріалу від зовнішніх дій захисно-декоративним штукатурним шаром має наступні недоліки:

- сезонність виконання робіт;
- неприпустимо наносити штукатурку під прямими сонячними променями, дощем і при сильному вітрі;
- недовговічність системи;
- необхідність влаштування деформаційних швів шириною 6 мм, які компенсують деформації штукатурних шарів від коливань температури і вологості;
- підвищені вимоги до паропроникності зовнішніх шарів додаткового утеплення при збереженні їх здатності забезпечення захисних функцій;
- швидке забруднення фасаду;
- підвищені вимоги до жорсткості теплоізоляційних дюбелів, що приводить до утворення тріщин і руйнування зовнішнього декоративно-захисного шару;
- неможливість вести оперативний контроль за станом теплоізоляційного матеріалу;
- велика експлуатаційна вартість системи.

Вище перераховані недоліки системи додаткового утеплення з використанням для захисту теплоізоляційного матеріалу штукатурними складами роблять цю технологію в кліматичних умовах України малоефективною. Тому для термомодернізації зовнішніх стін житлових будівель в умовах України доцільно використовувати вентильовані фасади, які позбавлені вище перелічених недоліків.

Утеплювач, вживаний в конструкціях зовнішнього утеплення стін будівель, піддається таким експлуатаційним чинникам, як знакозмінному температуро-вологісному режиму; можливості капілярного і дифузійного зволоження; дії вітрових навантажень, механічному навантаженню від власної ваги і т. д.

З урахуванням вказаних чинників, утеплювач повинен відповідати наступним вимогам: бути довговічним, стійким до старіння матеріалів, зберігати стабільну форму протягом всього терміну експлуатації, володіти високими теплоізолюючими характеристиками ($\lambda = 0,035 \dots 0,08$ Вт/(м·К) при щільності не більше 250 кг/м^3); мати значення паропроникності, що унеможливають накопичення вологи в конструкції в процесі її експлуатації; бути стійким до дії вітрового потоку; володіти необхідною морозостійкістю (не менше 50 циклів) і біостійкістю; бути неагресивним до металу кріпильного каркаса. Крім того, теплоізоляційний матеріал повинен відповідати вимогам пожежної безпеки для будівель заданого ступеня вогнестійкості.

У третьому розділі викладені експериментально-теоретичні дослідження теплоізоляційного матеріалу «ПЕРВОЛІН».

Для проведення досліджень були використані матеріали: пісок перлітовий спучений, базальтове супертонке волокно, бентонітова глина, кальцинована сода.

Основні методи проведення досліджень сировинних матеріалів проводилися на стадіях утворення перлітоволоконистої суспензії, формування свіжосформованого і термообробленого матеріалу. Процеси формування структури композиційних перлітоволоконистих матеріалів, виявлення залежностей між основними параметрами виготовлення і фізико-технічними характеристиками, визначення основних експлуатаційних властивостей досліджувалися із застосуванням стандартних методик і використанням комплексу методів термографічних і хімічних аналізів.

Основні властивості сировинних матеріалів визначалися згідно методик ДСТУ Б В.2.7-157:2011 – "Будівельні матеріали. Пісок і щебінь перлітові спучені. Технічні умови"; ДСТУ Б.В.2.7.-94-2000 – Гранульована мінеральна вата (базальтове волокно); ТУ У 88.023.018-95 "Картони тепло-, теплозвукоизоляционные на основе стеклянных штапельных волокон из горных пород. Технические условия".

Проведеними дослідженнями встановлена можливість переведу бентонітового в'язучого у водостійкий стан шляхом термообробки свіжосформованого матеріалу при підвищених температурах. Дослідження фізико-хімічних процесів глинистих матеріалів доводять, що їх водостійкість виникає при температурах в інтервалі від 500°C до 600°C (для бентоніту), тобто під час переходу глинистого компоненту в напівдегідратований стан. Проведена науково-дослідна робота по встановленню залежності міцності базальтового волокна від температури термічної обробки.

Для встановлення можливого температурного інтервалу термообробки формувались зразки матеріалу мокрим способом при співвідношенні перліт : волокно 50:50 (% мас.) і незмінній концентрації в'язучого - 6 %, які досліджувались в тих температурних інтервалах, що і пасма базальтового волокна (табл. 1).

Залежність міцності матеріалу від температурного інтервалу

Температура прожарення, °С	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Границя міцності при розтягу, МПа	3,0	3,7	1,45	2,0	7,0	6,8	5,5	7,0	7,5

В результаті досліджень встановлено, при підвищенні температури більше 500°С міцність волокна значно знижується і одночасно збільшується міцність перлітоволокнистого матеріалу за рахунок переходу бентонітового в'язучого в евтектичний стан. Результати експерименту наведені на рис. 2.

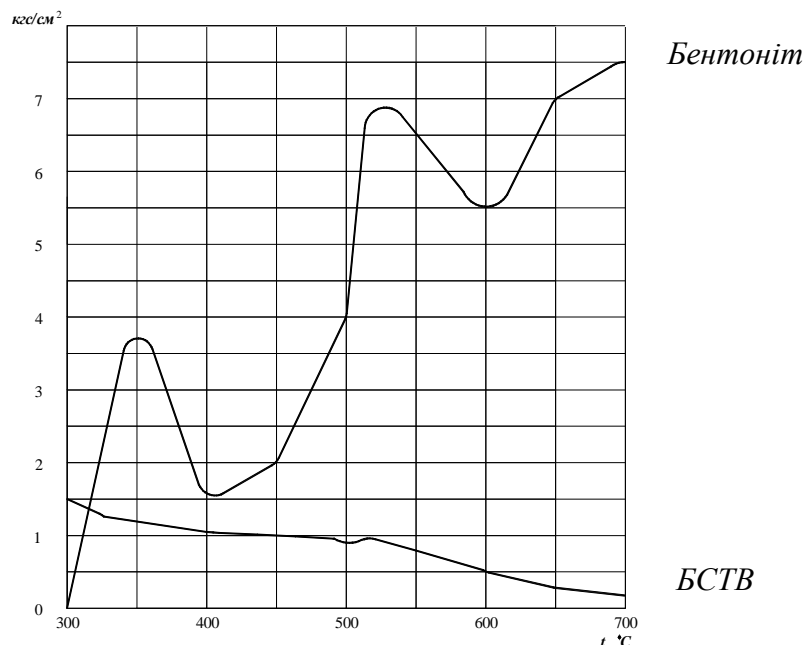


Рисунок 2 – Зведені графіки залежності міцності БСТВ та бентоніту від температурного інтервалу

В основу фізико-математичного опису процесів фільтрування покладено вивчення руху фільтрату в порах шару. Замість істинної швидкості руху рідини в порах, користуються умовною величиною – швидкістю фільтрації (U_ϕ)

$$U_\phi = \frac{V_n}{t \cdot F} = QF \quad (5)$$

де V_n – об'єм рідини, що фільтрується за час t через перетин шару площею F ;

$Q = \frac{V_n}{t}$ – витрата рідини, що фільтрується через перетин шару площею F в одиницю часу.

Вивчаючи рух рідини в середовищі з тонкодисперсних частинок А. Дарсі довів, що швидкість фільтрації підкоряється рівнянню

$$U_{\phi} = K \frac{P}{L} = KI \quad (6)$$

де K – коефіцієнт фільтрації Дарсі; P – різниця тиску рідини, що фільтрується, на початку і кінці шляху завдовжки, МПа; $I = \frac{P}{L}$ – градієнт тиску.

Кількісне визначення проникності засноване на лінійному законі фільтрації рідини. Кількість рідини що проходить через пористе середовище прямо пропорційно в'язкості рідини і товщині шару

$$Q = K \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\Delta PF}{L} \quad (7)$$

де μ – в'язкість рідини, МПа; ΔP – перепад тиску, МПа; L – довжина пористого середовища, см; F – площа поперечного перетину середовища, см²; K – коефіцієнт проникності Дарсі.

Коефіцієнт проникності може бути представлений наступним виразом:

$$K = \frac{Q\mu L}{\Delta PF} \quad (8)$$

Оскільки в'язкість води рівна 1,0, вираз приймає наступний вигляд:

$$K = \frac{QL}{\Delta PF} \quad (9)$$

Таблиця 2

Методи визначення фізико-механічних властивостей перлітоволоконистих виробів

Найменування визначальних показників	Одиниці вимірювання	Номер і назва ДСТУ	Розмір зразка, см	Формула для розрахунку показника	Примітка
1	2	3	4	6	7
Щільність	кг/м ³	ДСТУ Б В.2.7-38-95 “Будівельні матеріали. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробувань”	4x4x16 або 7,07x7,07x7,07	$\gamma_0 = \frac{100}{w + 100}$	γ_0 – щільність в сухому стані, кг/м ³ w – масова вологість зразка, %
				$\gamma = \frac{G}{V} \cdot 100$	γ – щільність при природній вологості, кг/м ³ G – маса зразка, кг V – об'єм зразка, м ³
Вологість	%	ДСТУ Б В.2.7-38-95 “Будівельні матеріали. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробувань”	10x10x2	$w = \frac{m - m_1}{m_1} \cdot 100$	m – маса проби до висушування, кг m_1 – маса проби, висушена до постійної маси, кг
Границя міцності при розтягу	МПа	ДСТУ Б В.2.7-38-95 “Будівельні матеріали. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробувань”	4x4x16	$R_p = \frac{P}{F}$	F – площа перерізу зразка в найтоншому місці до випробування, м P – руйнівне навантаження, кгс

Горючість	Секунда, втрата маси, %	ДСТУ Б В.2.7-19-95 “Будівельні матеріали. Методи випробувань на горючість”	4x4x16	$G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100$	G – втрата маси при горінні % G ₁ – маса зразка до горіння, кг G ₂ – маса зразка після горіння, кг
Сорбційна вологість	за масою	ДСТУ Б В.2.7-38-95 “Будівельні матеріали. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробувань”	10x10x2	$w = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100$	m ₁ – маса зразка, висушеного до постійної маси, кг m ₂ – маса зразка, насиченого водою, кг

Для визначення коефіцієнта теплопровідності плит застосовували прилад д-ра Бік фірми “Фойтрон” (метод стаціонарного теплового потоку). Принципова схема приладу представлена на рис.4.

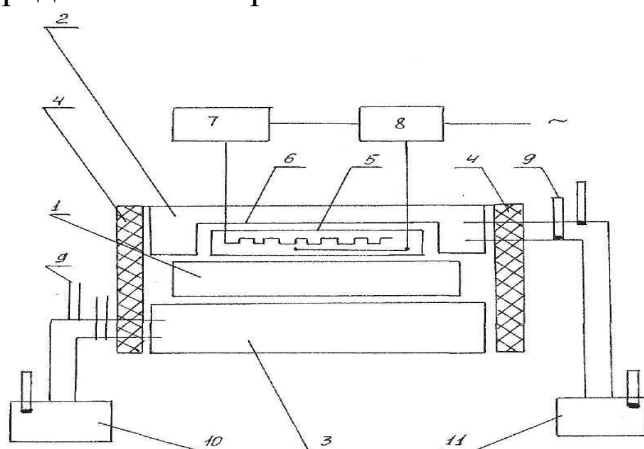


Рисунок 3 – Принципова схема приладу стаціонарного теплового потоку

1 – зразок, що досліджується; 2 – тепловіддаюча пластина; 3 – теплопоглинаюча пластина;
4 – теплоізоляція; 5 – електронагрівач; 6 – батарея термопар; 7 – лічильник; 8 – система регулювання; 9 – термопари; 10, 11 – термостати

Випробування фрагментів зовнішніх огорожувальних конструкцій (кладка з керамічних панелей з 18-ю порожнечами) проводилось в кліматичній камері «Нема», температури вимірювались згідно схемі. Отримані в результаті випробування дані наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Теплофізичні характеристики фрагментів

Номери фрагментів	Опір теплопередачі фрагмента, м ² × К/Вт	Перепад температури внутрішнього повітря і температури внутрішньої поверхні фрагмента °С
1	4,09	4,1
2	3,92	4,3
3	3,78	4,4
4	2,99	5,9

Необхідний опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкції для житлових приміщень в кліматичних умовах Києва та Київської області (для

зовнішньої стіни становить $2,8 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ (табл. 1 ДБН В.2.6-31:2006). З табл. 3 видно, що у всіх фрагментів величина опору теплопередачі вище необхідного значення.

Розрахунок ефективних огорожувальних конструкцій житлових будинків і споруд слід розпочинати з вибору типу конструкції в залежності від фізико-технічних показників огорожуючої конструкції та теплоізоляційного матеріалу.

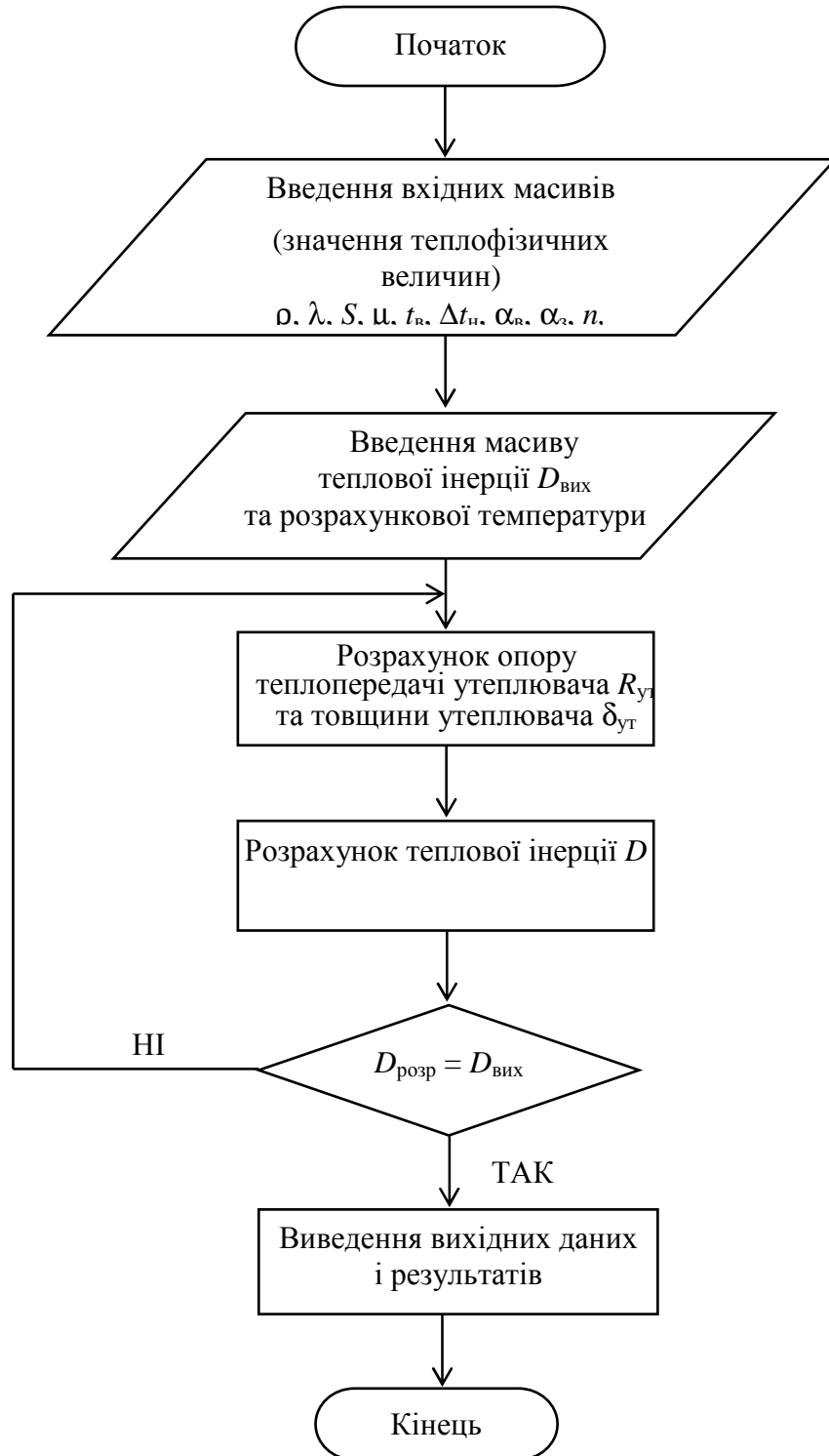
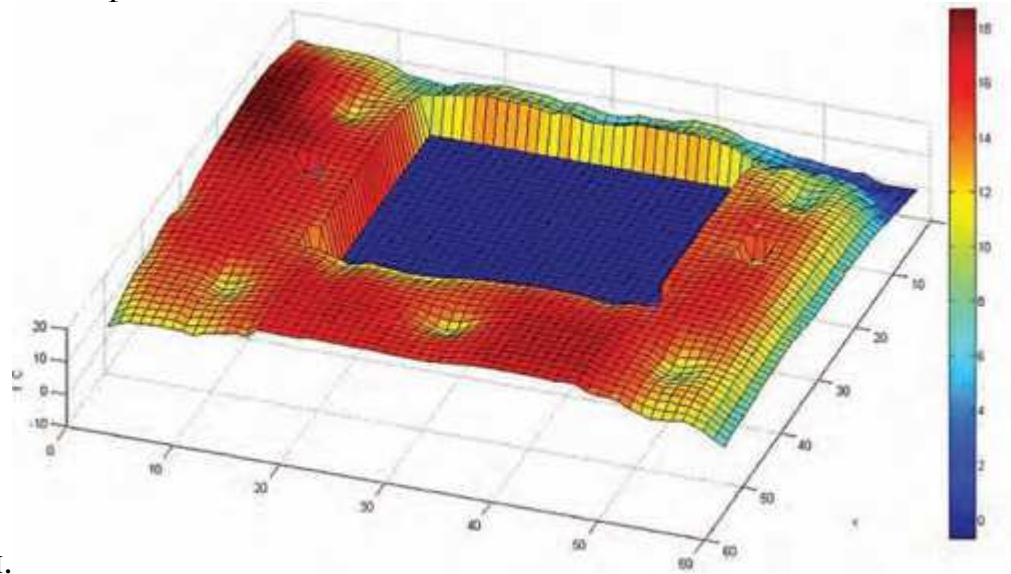


Рисунок 4 – Алгоритм обчислення товщини утеплювача

Виконання даного алгоритму дає можливість здійснювати моделювання зовнішньої огорожувальної конструкції і розв'язання питань з точки зору будівельної теплофізики, а також з точки зору



енергозбереження.

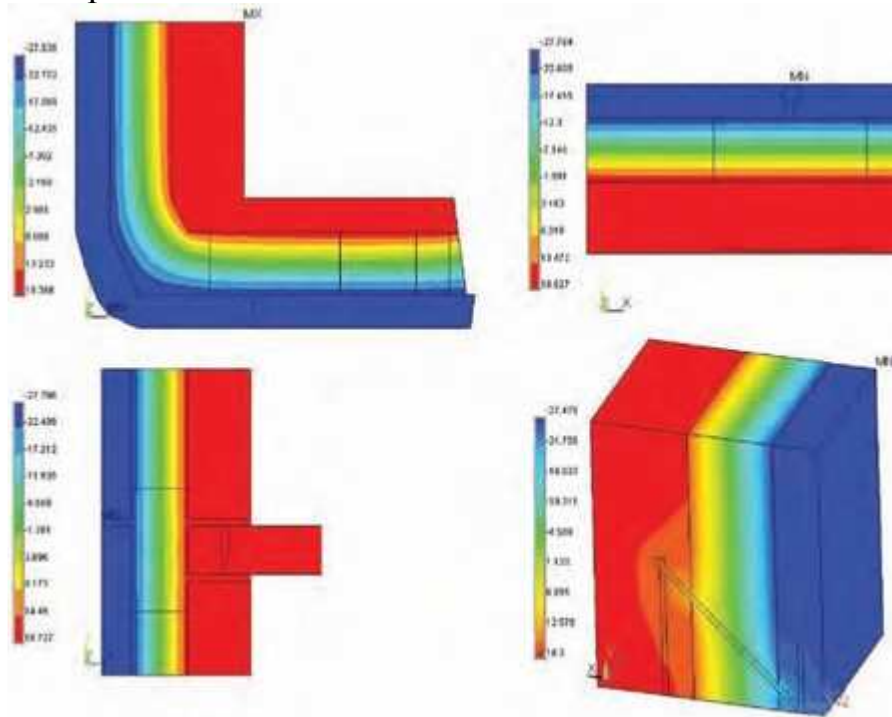


Рисунок 5 – Результати розрахунків товщі утеплювача

Промислове впровадження «ПЕРВОЛІНУ» полягало в розробці технології та технічної документації на дослідне, дослідно-промислове і промислове виробництво, освоєння дослідного та промислового виробництва.

Технологічні схеми виробництва передбачали організацію ділянок дозування сировинних компонентів, приготування перлітоволоконистої суспензії, формування і термообробки, з урахуванням максимального використання, що випускається в Україні. Як основа для відкриття технологічних ліній по виробництву «ПЕРВОЛІНУ» використовували існуючу технологічну лінію з виробництва базальтового теплоізоляційного картону на Кострижевському КБМ. При підборі

складу маси ставили мету отримати вироби щільністю до 250 кг/м^3 на бентонітовому в'язучому. Фізико-технічні властивості «ПЕРВОЛІНУ» визначалися в лабораторії Кострижівського КСМ. В результаті отримані наступні показники (табл.4).

Таблиця 4

Фізико-технічні показники водостійкого «ПЕРВОЛІНУ»

Показник	Одиниця вимірювання	Номер складу		
		1	2	3
Щільність	кг/м^3	162	221	224
Міцність при розтязі	МПа	0,25	0,30	0,32
Теплопровідність	$\text{Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{К)}$	0,037	0,039	0,04
Сорбційне зволоження	%	3,0	3,0	3,0
Вологість	%	0	0	0
Відхилення розмірів:				
по довжині	мм	5,0	6,0	5,0
по ширині	мм	3,0	4,0	2,0
по товщині	мм	1,0	0,9	1,0
Горючість (час тління)	сек.	0	0	0

Виготовлення партій «ПЕРВОЛІНУ» виконували відповідно до розробленого технологічного регламенту дослідно-промислового виробництва.

Розділ 4 присвячений проектуванню, будівництву та техніко-економічній ефективності огорожувальних конструкцій з використанням «ПЕРВОЛІНУ».

Запроектовано будівлю каркасного типу з вентиляльованим фасадом (рис.6) в Київській області. Для даної промислової будівлі запроектовано наступну конструктивну схему.

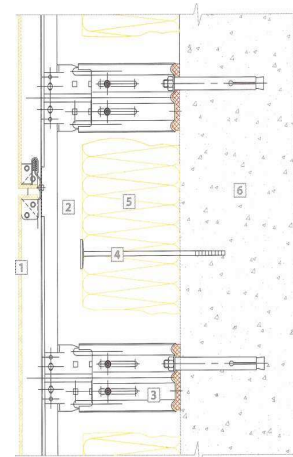
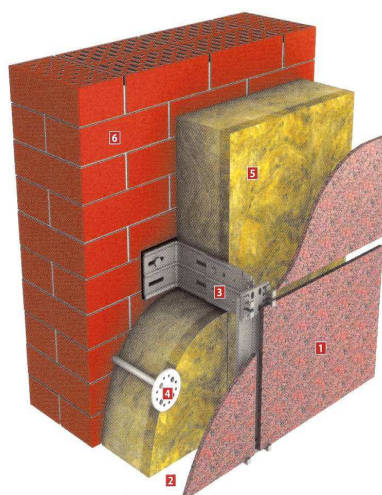
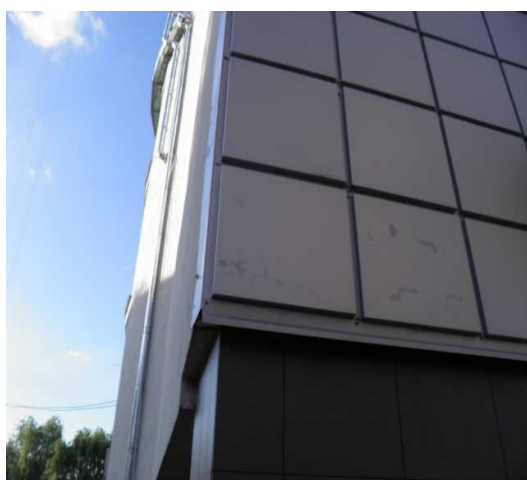


Рисунок 6 –Фото та конструкція будівлі з вентиляльованим фасадом

Відмінна особливість запроєктованої системи вентилязованого фасаду полягає в тому, що конструкція має захисний екран від атмосферних опадів, відокремлений від системи вентиляваним зазором. За рахунок цього теплоізоляційний шар завжди підтримується в сухому стані і фасад в цілому не піддається руйнівній дії заморожування-відтаювання.

Для теплоізоляції фасаду використовуються теплоізоляційні плити «ПЕРВОЛІН». Даний вид теплоізоляції екологічно чистий, негорючий (НГ), не має усадки, має високу звукоізоляційну здатність.

У зонах підвищеного вітрового навантаження (кути будівлі, парапети) теплоізоляційний шар можливо додатково захистити паронепроникною вітрозахисною плівкою. Завдяки високій щільності плит «ПЕРВОЛІН», немає необхідності в застосуванні вітрозахисних плівок по всій площі фасаду.

Запроєктовано будівлю логістичного центру з фасадною системою зі збірних «сендвіч»-панелей:

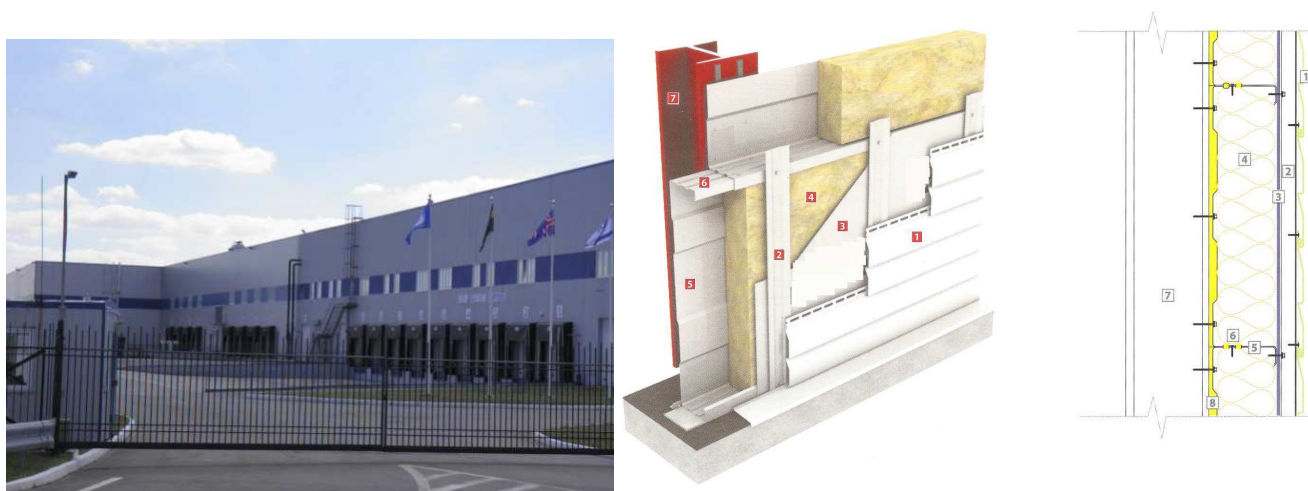


Рисунок 7 – Фото логістичного центру і конструкція з фасадною системою зі збірних «сендвіч»-панелей

Основним елементом системи «сендвіч»-панелей є спеціальний «сендвіч»-профіль. Можливість використання в системі «сендвіч» теплоізоляційних плит «ПЕРВОЛІН» обумовлена не навантажуваною схемою застосування теплоізоляції.

Система не обмежена в застосуванні з погляду пожежної безпеки.

На основі проведеного аналізу теплоізоляційних матеріалів, які використовують в огорожуючих конструкціях житлових будинків та споруд, зроблено техніко-економічне порівняння використання в конструкціях «ПЕРВОЛІНУ».

В якості головного показника, що характеризує економічну ефективність конструкцій з «ПЕРВОЛІНОМ», прийняті приведені затрати на одиницю продукції.

За результатами розрахунку собівартість плити «ПЕРВОЛІНУ» розміром 1x1x0.05 м становить 6,49 USD.

Зроблено техніко-економічний порівняльний аналіз теплоізоляційних матеріалів, які використовують в вентиляваних системах та «сендвіч»-панелях (табл.5).

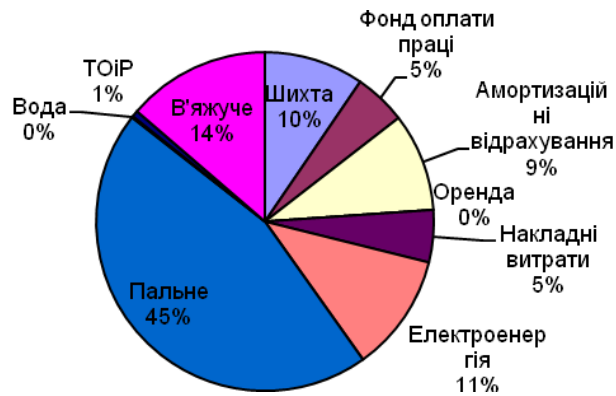


Рисунок 11- Структура собівартості одиниці продукції

Таблиця 5

Техніко-економічне порівняння варіантів теплоізоляції

№	Назва теплоізоляційного матеріалу	Коефіцієнт теплопровідності, λ р, Вт/(м·К)	Щільність матеріалу, $кг/м^3$	Розміри, м	Вартість виробу (плита), USD
1.	Мінеральна вата на полімерному в'язучему	0,036-0,04	100	1x1x0,5	3,283
2.	Пінопласт	0,04-0,05	40	1x1x0,5	4,862
3.	«ПЕРВОЛІН»	0,042-0,045	250	1x1x0,5	6,494

Із приведеної таблиці слідує, що мінеральна вата за собівартістю є найдешевшою, але використання нестійких фенолформальдегідних смол, що мають обмежене використання і підлягають постійній деструкції з виділенням шкідливих компонентів у довкілля, робить її токсичною, також є горючою. Пінопласти, як утеплювачі, мають найменшу щільність, але, самий великий їх недолік, як показала практика будівництва, – це горючість. При підвищенні температури виділяються високотоксичні компоненти в довкілля. Використання «ПЕРВОЛІНУ» при будівництві ефективних енергозберігаючих огорожувальних конструкцій житлових будинків і споруд є конкурентоспроможним і перспективним, так як не має вище перелічених недоліків.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі викладені результати науково обґрунтованих досліджень, спрямованих на вирішення актуальної задачі: підвищення ефективності енергозберігаючих огорожувальних конструкцій житлових будинків і споруд.

1. Проаналізовано сучасний стан питання щодо енергозберігаючих огорожувальних конструкцій та технології ефективної теплоізоляції в Україні і за кордоном. В будівельних конструкціях широко застосовуються теплоізоляційні матеріали, які відрізняються недостатньою довговічністю і пожежобезпекою, а також низькою екологічністю. Необхідно більш точно оцінювати рівень

енергоефективності експлуатованих будівель і зовнішніх огорожень з метою вибору раціональних варіантів підвищення їх теплового захисту і проведення цілеспрямованих енергозберігаючих заходів. Потребують подальшого вивчення процеси, що протікають в зовнішніх огороженнях.

2. Визначено нові напрями енергозбереження в житлових будинках та спорудах. Розроблено класифікацію основних напрямів економії паливно-енергетичних ресурсів у житлових будинках. Однак перш ніж приступати до вибору конструктивно-технологічного рішення додаткового утеплення зовнішніх стін, необхідно визначитися з вибором внутрішнього або зовнішнього розміщення теплоізоляційного матеріалу по відношенню до утеплювальної стіни. Вибір теплоізоляційного матеріалу виконується на основі аналізу переваг і недоліків.

3. Експериментально-теоретично досліджено теплоізоляційний матеріал «ПЕРВОЛІН». Досліджено теплотехнічні властивості зовнішніх огорожень, виготовлених з використанням розроблених будівельних матеріалів з метою підвищення енергоефективності будівель. Розроблено алгоритм обчислення товщини утеплювача. Виконання даного алгоритму дає можливість здійснювати моделювання зовнішньої огорожувальної конструкції з точки зору будівельної теплофізики, а також з точки зору енергозбереження.

4. Удосконалено наявні конструктивні схеми утеплення та реалізовано їх у нових раціональних типах огорожувальних конструкцій.

5. Впроваджено у проектування утеплення огорожувальних конструкцій житлових будинків і споруд.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Скребнєва С.М. Екологічний захист навколишнього середовища від теплового забруднення з використанням композиційних теплоізоляційних матеріалів на основі гірських порід / Скребнєва С.М. // II Міжнародна наукова конференція “Архітектура та екологія. Проблеми міського середовища”: Сб. докладов. – Київ, 2011. – С. 219–224.

2. Скребнєва С.М. Особливості формування структури перлітоволоконистих матеріалів та дослідження характеристик композицій на основі волокон із гірських порід/ Скребнєва С.М., Нікандров О.В. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Дн-вск: ГВУЗ “ТГАСА”, 2012. – Вып. №65 – С. 426-429.

3. Скребнєва С.М. Розробка і впровадження «ПЕРВОЛІНУ» в системи теплозахисту будівель / Лапенко О.І., Скребнєва С.М. // Вісник Інженерної Академії України: наук.-практ. журнал – К., НАУ, 2013. – Вип. № 2. – С. 270-273.

4. Скребнєва С.М. Напрямки енергозбереження в житлових будинках та удосконалення сучасних систем теплозахисту будівель / Лапенко О.І., Скребнєва С.М. // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник – К., КНУБА, 2013. – Вип.47. – С. 374-380.

Додаткові публікації

5. Скребнєва С.М. Дослідження характеристик композицій на основі волокон із гірських порід від режимів попередньої механіко-термічної обробки /

О.В.Нікандров, С.М.Скребнева // IX Міжнародна науково-технічна конференція «Авіа–2009». – Сб. доповідей. – Київ, 2009. – С. 98–102.

6. Скребнева С.М. «Сендвіч»-панелі з використанням композиційних водостійких теплоізоляційних матеріалів на основі гірських порід у промисловому і цивільному будівництві / Аеропорти – вікно в майбутнє – 2009: I міжнар. наук.-практ. конф., 4-5 червня 2009 р.: тези доп. – К., 2009. – Т. 1. – С. 20.

7. Скребнева С.М. Композиційні водостійкі теплоізоляційні матеріали на основі гірських порід для захисту довкілля від теплового забруднення / Скребнева С.М., Нікандров О.В. // XII Всеукраїнська наукова конференція «Екологічні проблеми регіонів України». Сб. тезисів докладів. – Одеса, 24-26 березня 2010 р.– С. 234.

8. Скребнева С.М. Фізико-хімічні процеси взаємодії компонентів і особливості формування структури перлітоволоконистих матеріалів / Аеропорти – вікно в майбутнє – 2012: III міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 червня 2012 р.: тези доп. – К., 2012. – Т. 1. – С. 17-18.

Патент на корисну модель

9. Патент на корисну модель № 48181 Україна, МПК⁵¹ С04В 111/00, С04В 111/52, С04В 111/27. Суміш для виготовлення водостійкого теплозвукоізоляційного матеріалу / Нікандров О.В., Скребнева С.М., Дідук І.І.; заявник і власник Національний авіаційний університет. – № 200909339; заявл. 11.09.09; опубл. 10.03.10. Бюл. №5 – 4с.

АНОТАЦІЯ

Скребнева С.М. Ефективні енергозберігаючі огороджувальні конструкції житлових будинків і споруд. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. – Національний авіаційний університет, Київ, 2013.

Робота спрямована на розробку раціональних типів конструкцій, що забезпечують мінімізацію теплових втрат і формування комфортних умов мікроклімату в приміщеннях житлових будинків та споруд, прогресивних енергозберігаючих і ресурсоекономних будівельних матеріалів і виробів.

Розроблені та удосконалені в роботі конструктивні рішення утеплення фасадів.

Удосконалено і випробувано енергоактивну конструкцію (модуль), що забезпечує комфортний мікроклімат приміщень.

Запропоновано алгоритм визначення товщини утеплювача «ПЕРВОЛІН».

Визначено напрями енергозбереження в житлових будинках та спорудах з використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів.

Результати проведених досліджень можуть бути використані при проектуванні енергоефективних будівель.

Ключові слова: енергозберігаючі огороджувальні конструкції, системи теплозахисту будівель, «ПЕРВОЛІН».

АННОТАЦИЯ

Скребнева С.М. Эффективные энергосберегающие ограждающие конструкции жилых зданий и сооружений. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. - Национальный авиационный университет, Киев, 2013.

Работа направлена на разработку рациональных типов конструкций, обеспечивающих минимизацию тепловых потерь и формирования комфортных условий микроклимата в помещениях жилых зданий и сооружений, прогрессивных энергосберегающих и ресурсосберегающих строительных материалов и изделий.

Во **введении** обосновывается выбор темы диссертации, изложена общая характеристика работы, которая включает актуальность, связь работы с научными программами, планами, темами, цели, задачи, характеристики объекта и предмета исследования, методы исследования, научную и практическую ценность результатов работы, сведения о внедрении и апробации результатов исследований, личный вклад соискателя, характеристику публикаций и объем диссертации.

В **первом** разделе проведен анализ вопросов, связанных с изучением энергоэффективных зданий и их конструкциях. Недостаточная разработанность научно-технических основ создания энергоэффективных жилых зданий и сооружений и их конструкций, изготовленных с применением местных материалов, обусловили необходимость проведения запланированных исследований и выполнения комплекса разработок эффективных энергосберегающих ограждающих конструкций жилых зданий и сооружений.

Во **втором** разделе рассмотрены направления энергосбережения в ограждающих конструкциях жилых домов и сооружений. Повышение теплозащитных качеств наружных стен существующих жилых домов осуществляется с использованием различных конструктивно-технологических решений и материалов.

В **третьем** разделе изложены экспериментально-теоретические исследования теплоизоляционного материала «ПЕРВОЛИН». Расчет эффективных ограждающих конструкций жилых зданий и сооружений выполняется по разработанному алгоритму с выбором типа конструкции в зависимости от физико-технических показателей ограждающей конструкции и теплоизоляционного материала.

Раздел 4 посвящен проектированию, строительству и технико-экономической эффективности ограждающих конструкций с использованием «ПЕРВОЛИНА». Результаты проведенных исследований могут быть использованы при проектировании энергоэффективных зданий.

Ключевые слова: энергосберегающие ограждающие конструкции, системы теплозащиты зданий, «ПЕРВОЛИН».

ANNOTATION

Screbnieva S.M. Efficient energy saving non-load-bearing constructions for residential buildings and structures. – Manuscript.

Thesis for the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.23.01 – building constructions, building and structures. – National Aviation University, Kyiv, 2013.

The thesis directs on research of rational construction types which provide minimization of heat losses and formation of a microclimate comfortable conditions in the rooms of residential buildings and structures, progressive energy saving building materials providing economy of resources.

Constructive solutions of facades warming were developed and improved at the thesis.

Energy active construction (module) was improved and tested. It provides comfortable room microclimate.

Algorithm was suggested for heater «PERVOLIN» thickness design.

Energy-saving directions were determined in the residential buildings and structures with use modern heat-insulating materials.

Research results can be used for energy efficient building design.

Key words: energy saving non-load-bearing constructions, systems of a heat-shielding for buildings, «PERVOLIN».