

можливе лише при умові, що звукоізоляція екрана на 10 дБ більша ніж його розрахункова (проектна) ефективність.

ЛІТЕРАТУРА

1. СН 3077-84 Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки
2. СНиП II-12-77 Нормы проектирования. Защита от шума.
3. Пособие к МГСН 2.04-97 Проектирование защиты от транспортного шума и вибраций жилых и общественных зданий, М. ГУП «НИИЦ», 1999 – 42 с.
4. DIN 18005-1-2002 Noise abatement in town planning - Part 1: Fundamentals and directions for planning
5. User's Manual, SoundPLAN (<http://www.soundplan.com>).
6. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Г.Л. Осипов, Е.Я. Юдин, Г.Хюбнер и др.; Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина, 1987. – 558 с.: ил.

УДК 699.86:317.11

*Фаренюк Г.Г., доктор техн. наук, зав. відділу
будівельної фізики, керівник Науково-технічного
центру з питань енергоефективності в
будівництві
ДП “НДІБК”, м. Київ, Україна*

МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ

Основною особливістю сучасних вимог до цивільних будинків є необхідність їх оцінювання за показниками енергоефективності. Обов'язковою умовою енергоефективності є умова **теплової надійності** – не може бути будинок енергоефективним, якщо його теплоізоляційна оболонка не є надійною за теплотехнічними показниками. Зміна конструктивних принципів теплоізоляційної оболонки – перехід від одношарових цегляних або бетонних стін до багатошарових стін [1,2], що обумовлено саме вимогами енергоефективності, потребує і **принципової зміни** оцінювання експлуатаційної придатності сучасних огорожувальних конструкцій.

Категорія надійності при порівнянні або характеристиці конструкції кількісно визначається такими показниками, як **ймовірність безвідмовної роботи** - ймовірністю того, що в заданому інтервалі часу не відбудеться відмови конструкції (виробу), **коефіцієнтом готовності** - ймовірністю того, що виріб виявиться працездатним у задані й випадкові моменти, **коефіцієнтом використання часу** - характеристика працездатності, віднесена до часу його функціонування [3], **довговічністю** – зберіганням необхідних експлуатаційних властивостей на протязі заданого часу, **ремонтпридатністю**, тощо. Надійність визначає не тільки частотні характеристики виникнення поломок елементів, але і зміну споживчих властивостей конструкцій і системи конструкцій - теплоізоляційної оболонки будинку,

тобто можливу зміну її теплових характеристик.

Для цегляних та бетонних огорожувальних конструкцій довговічність була апіорі високою, тому для них показники теплової надійності не розглядалися та не оцінювалися. **Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією** є складними інженерними системами, які потребують **обов'язкової оцінки за показниками їх теплової надійності** [4-6]. Тому розвитку положень щодо експериментального визначення цих показників приділяється особлива увага в загальній системі нормативних документів із забезпечення енергоефективності будівель [7].

Включення вимог до довговічності будівельних виробів у відповідні нормативні документи встановлено в ДБН В.1.2.-11-2008 [8]. Реалізація цих вимог здійснена у системних нормах ДБН В.2.6-31:2006 [9], у ДБН В.2.6-33:2008 [10], та у ДСТУ Б.В.2.6-34:2008 [11], ДСТУ Б.В.2.6-35:2008 [12], ДСТУ Б.В.2.6-36:2008 [13].

ДБН В.2.6-31:2006 [9] встановлюють вимоги до показника довговічності – терміну ефективної експлуатації теплоізоляційних матеріалів, який повинен бути **не менш ніж 25 умовних років експлуатації**. Вимоги стосовно довговічності не слід інтерпретувати як гарантії виробника. Їх слід розцінювати як допоміжний засіб для вибору будівельного виробу відповідно до економічно обґрунтованого терміну служби будівельних об'єктів. Крім того, гарантії виробника стосуються терміну фактичної експлуатації виробу, а характеристика довговічності прив'язана до умовних років експлуатації і залежить від методики експериментального її визначення.

Термін ефективної експлуатації або розрахункова довговічність теплоізоляційних виробів це характеристика виробів, яка визначає їх здатність зберігати теплоізоляційні властивості на рівні проектних характеристик протягом заданого терміну експлуатації будівлі, яка підтверджена результатами лабораторних випробувань і виражена в умовних роках експлуатації (терміну служби). Методика експериментального визначення цього показника встановлена в ДСТУ Б В.2.7-182:2010 [14]. Методи, що встановлені у цьому стандарті, поширюються на всі будівельні матеріали, які застосовуються в якості ізоляції (термічної, вологісної) огорожувальних конструкцій від кліматичних впливів зовнішнього середовища.

Суть методу полягає в тому, що матеріал, який випробовується, піддають циклічним кліматичним впливам, що імітують умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях, та визначають зміни теплофізичних характеристик матеріалу. За результатами вимірювань теплофізичних характеристик оцінюють термін ефективної експлуатації матеріалу в залежності від конструктивного рішення теплоізоляції огорожувальних конструкцій.

Для теплоізоляційних матеріалів термін ефективної експлуатації оцінюють за зміною теплопровідності в стандартних умовах випробувань. Для повітроізоляційних матеріалів термін ефективної експлуатації оцінюють за зміною коефіцієнту паропроникності та повітропроникності матеріалу. Для теплоізоляційних матеріалів конструкцій фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком термін ефективної експлуатації оцінюють за зміною теплопровідності в стандартних умовах випробувань та зміною лінійних розмірів.

Об'єктами випробувань є будівельні ізоляційні матеріали та вироби, що використовуються при влаштуванні конструкцій теплоізоляційної оболонки будинку. Випробування проводять на зразках продукції, що виготовлена відповідно до вимог нормативних документів на ці матеріали та вироби. Під час випробувань на дослідні зразки здійснюють температурні впливи, що є характерними для умов експлуатації виробів під час їх експлуатації в складі огорожувальних конструкцій (рис.1).

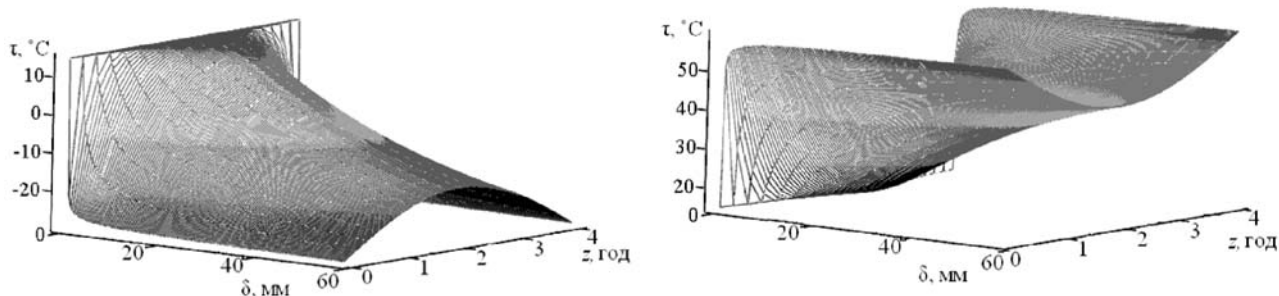


Рисунок 1 – Зміна температурних полів дослідних зразків під час проведення випробувань терміну ефективної експлуатації теплоізоляційних матеріалів

Інтенсивність кліматичної деструкції в процесі експлуатації теплоізоляційного матеріалу залежить не тільки від його властивостей – хімічного, мінералогічного складу, структури, форми пор, їх розмірів, сорбційних властивостей тощо, але і від того де цей матеріал знаходиться у складі огорожувальної конструкції [15]. Тому в залежності від конструктивного типу огорожувальної конструкції [2] в [14] наведені різні коефіцієнти масштабності, що враховують відповідність умов лабораторних випробувань зразків умовам експлуатації теплоізоляційних виробів.

Таким чином, випробування за методикою [14] дозволяють оцінити властивості теплоізоляційного матеріалу за характеристикою його довговічності.

В [13] встановлено метод визначення показників надійності конструкцій фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою. Суть методу полягає в тому, що конструкцію фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками або дрібноштучними виробами, яку випробовують, піддають циклічним кліматичним впливам, що імітують умови експлуатації виробів у складі збірної системи, та визначають зміни експлуатаційних характеристик виробів. Випробування проводять на зразках збірної системи з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками або дрібноштучними виробами, що виготовлені відповідно до технічної документації та технологічного регламенту на ці вироби з усіма елементами кріплення, включаючи механічні засоби. Дослідний зразок (рис.3) виготовляють із нанесенням конструкцій фасадної теплоізоляції на основу у вигляді плоских листових матеріалів завтовшки від 8 мм до 20 мм з теплопровідністю від 0,4 Вт/(м·К) до 0,5 Вт/(м·К). Механічні елементи кріплення повинні проходити всю товщину теплоізоляційного шару та мати тепловий контакт з основою. Мінімальні розміри дослідного зразка повинні складати не менше ніж 1,0 м × 1,0 м × 0,08 м. Поверхня основи є внутрішньою поверхнею дослідного зразка, поверхня опоряджувального шару є зовнішньою поверхнею дослідного зразка.



Рисунок 2 - Загальний вид дослідного зразка конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками при проведенні випробувань

Методично при проведенні випробувань враховується, що зміна теплового стану конструкції відповідно до приведенного коефіцієнту температуропровідності системи (рис.3), визначається двома її складовими елементами – теплоізоляційним шаром та основою. Це визначає характер формування температурного поля по товщині дослідного зразка та на його поверхнях (рис.4).

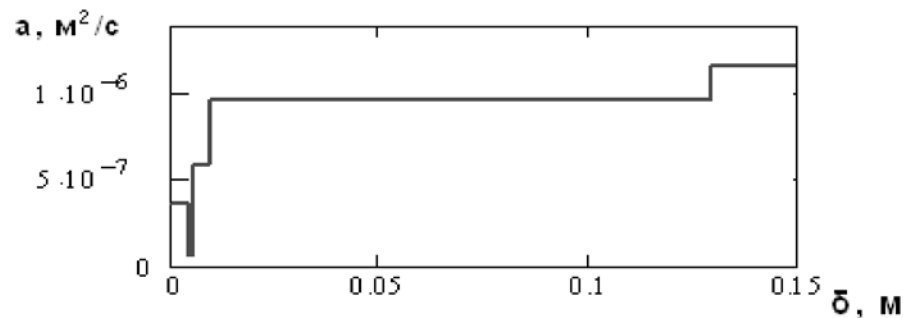


Рисунок 3 - Приведений коефіцієнт температуропровідності дослідної конструкції

Властивість системи утеплення зберігати свої теплоізоляційні показники залежить від захисного шару конструкції. Тому зразки піддають однобічним циклічним кліматичним впливам, що складаються з дощування - заморожування - відтавання - нагрівання.

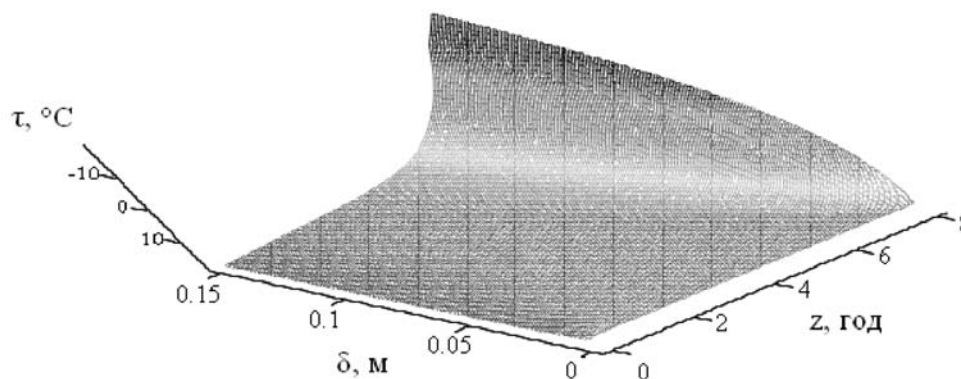


Рисунок 4 - Формування температурного поля при заморожуванні дослідного зразка

Температуру заморожування зразків встановлюють залежно від температурної зони експлуатації виробів відповідно до значень розрахункової температури зовнішнього повітря, $t_{\text{зр}}$, згідно з додатком Ж ДБН В.2.6-31 [9]. Із зовнішнього боку дослідного зразка забезпечують умови примусової конвекції з коефіцієнтом тепловіддачі $(23 \pm 5) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Тривалість заморожування дорівнює 6 год. З внутрішнього боку дослідного зразка забезпечують температуру внутрішнього повітря $(16 \div 22) ^{\circ}\text{C}$ з коефіцієнтом тепловіддачі $(8,7 \pm 1,5) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Відтавання зразка здійснюють на повітрі за температури від $18 ^{\circ}\text{C}$ до $22 ^{\circ}\text{C}$ в умовах природної конвекції з коефіцієнтом тепловіддачі $(5 \pm 1,5) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Тривалість часу відтавання дорівнює 4 год.

Нагрівання зразків здійснюється в кліматичній камері в умовах примусової конвекції за температури повітря з боку зовнішньої поверхні $t_{\text{н}} = (60 \pm 1) ^{\circ}\text{C}$ з коефіцієнтом тепловіддачі $(18 \pm 5) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ та температури повітря з боку внутрішньої поверхні від $16 ^{\circ}\text{C}$ до $22 ^{\circ}\text{C}$ з коефіцієнтом тепловіддачі $(8 \pm 1,5) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Тривалість часу нагрівання складає 8 год.

Опромінювання зовнішньої поверхні зразка здійснюють при температурі повітря від $16 ^{\circ}\text{C}$ до $22 ^{\circ}\text{C}$.

Дошування зразка здійснюють за температури повітря від 16 °С до 22 °С. При цьому потік води спрямовують зверху вниз на поверхню опоряджувального шару так, щоб створювалася безперервна водяна плівка по всій зовнішній поверхні зразка. Тривалість замочування – 3 год. При цьому замочування здійснюється як водою, так і слабо агресивними лужними і кислотним розчинами.

Один цикл випробувань складається з замочування - заморожування - відтавання - нагрівання. Нагрівання зразків здійснюють за графіком: непарні цикли – обігрів у кліматичній камері в умовах змущеної вільної конвекції за температури повітря 60 °С, парні цикли – опромінення зовнішньої поверхні зразка. Замочування за графіком: два цикли замочування водою, кожний третій цикл – лужним розчином, кожен шостий – кислотним розчином.

Таким чином, випробування дозволяють оцінити властивість зовнішнього штукатурного шару захищати конструкцію фасадної теплоізоляції від кліматичних впливів і відповідно зберігати теплотехнічні показники конструкції.

Основна конструктивна особливість конструкцій фасадної теплоізоляції, класу В за класифікацією [11] - це наявність вентиляованого повітряного прошарку в товщі системи утеплення, що обумовлює необхідність захисту конструкції від наслідку цієї вентиляції. Для забезпечення необхідних теплоізоляційних властивостей стінової конструкції при застосуванні волокнистих теплоізоляційних матеріалів, що мають високі характеристики повітропроникності, необхідно вводити конструктивні елементи, які обмежують можливість проникнення холодного повітря в товщу теплоізоляції. Ця задача вирішується встановленням захисних повітронепроникних матеріалів на зовнішній поверхні теплоізоляційного шару системи, які при цьому повинні не перешкоджати виділенню пароподібної вологи із утеплювача у повітряний прошарок, тобто мати достатню паропроникність, або за рахунок використання шару утеплювача з більшою густиною.

Наявність вентиляованого повітряного прошарку суттєво впливає на показники теплової надійності конструкцій. Зміна експлуатаційних показників обумовлюється не тільки кліматичною деструкцією теплоізоляційного шару, але і пошкодженням цього шару внаслідок повітряних потоків, які постійно циркулюють вздовж поверхні теплоізоляційного матеріалу по висоті конструкції. Волокнистий склад утеплювача обумовлює його суттєву схильність до аеродинамічної деструкції цього конструктивного шару. Напруги розтягу в перетині волокон та дотичні напруги в крапельках зв'язуючого, що закріплює волокна в матеріалі, пропорційні середній силі аеродинамічного впливу. При порушенні цілісності зв'язуючого знижуються сили зчеплення волокон в матеріалі, які пропорційні пружній силі контакту перекручених волокон в шарі матеріалу та коефіцієнтам тертя (сухого та в'язкого). Аеродинамічна сила складається з квазістаціонарної складової, яка пропорційна середній швидкості руху повітря, та пульсаційної складової, яка обумовлена хаотичними турбулентними пульсаціями, що завжди присутні в потоці повітря біля шорсткуватої поверхні.

Методика визначення показників теплової надійності конструкцій фасадної теплоізоляції з вентиляованим прошарком [12] передбачає експериментальну оцінку впливу фільтрації на теплові показники стінової огорожувальної конструкції із системою утеплення в цілому в розрахункових теплових умовах – оцінку фільтраційно-теплого ефекту, та оцінку змін в часі теплових показників огорожувальної конструкції внаслідок емісії волокон у вентиляційний потік повітряного прошарку системи утеплення – ресурсно-ізоляційного ефекту, з урахуванням тепло- аеродинамічних особливостей експлуатації цих систем утеплення.

Основним призначенням повітряного прошарку є виділення вологості з товщі теплоізоляційного шару, що обумовлює обов'язковість руху повітря у прошарку, швидкість якого залежить від конструктивних рішень припливних та витяжних отворів, висоти будівлі, характеру обтікання будівлі вітровими потоками та, відповідно, швидкістю цих потоків.

Для забезпечення в експерименті імітації умов експлуатації багатопверхових будинків крім вітрового потоку зовнішнього середовища в дослідних фрагментах

здійснювалася примусова вентиляція їх повітряних прошарків з відповідним значенням необхідної витрати повітря через прошарок ($Q = 3600 \cdot F \cdot v_{пр}$, де F – площа вентиляційного каналу (повітряного прошарку) у горизонтальному перетині). Таким чином, в умовах експерименту встановлюється не різниця тиску, яка залежить від багатьох параметрів і внаслідок чого є не чітким експериментальним параметром, а витрати повітря в розрахункових умовах, які забезпечувалися роботою вентилятора через витяжні коробки, що встановлювалися у верхній частині дослідних конструкцій, та здійснювався примусовий рух повітря по висоті прошарку знизу вгору (рис.5) з швидкістю руху повітря у прошарку систем утеплення від робочих експлуатаційних значень до максимально можливих значень.

Ресурсно-ізоляційні показники визначаються в результаті довготермінового створення перепадів тиску по висоті дослідного фрагменту з забезпеченням постійного руху повітря у прошарку конструкції зі швидкістю від 0,3 до 1,5 м/с, тобто ті значення перепадів тиску і, відповідно, швидкості руху повітря у прошарках, які відповідають умовам теплоаеродинамічного режиму у повітряному прошарку систем утеплення для багатоповерхових будинків. В такому режимі аеродинамічного навантаження конструкції працюють на протязі не менше ніж 1000 годин. Підготовка конструкцій до випробувань та вид дослідних конструкцій під час випробувань у кліматичній камері наведено на рис.6-8.



Рисунок 5 – Система забезпечення необхідних витрат повітря в прошарку конструкцій під час випробувань в кліматичній камері



Рисунок 6 – Випробування конструкцій у кліматичній камері

Таким чином, випробування за вимогами [12] дозволяють встановити характеристики довговічності конструкцій фасадної теплоізоляції з вентиляльованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами за показниками стійкості ізоляційних шарів та конструктивних засобів їх кріплення до аеродинамічної деструкції.

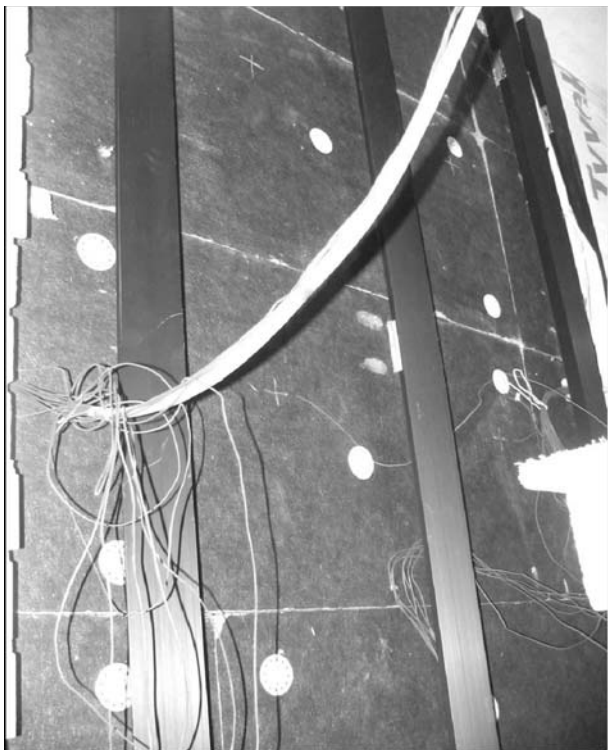


Рисунок 7 - Монтаж системи утеплення дослідного з повітрозахисною мембраною
Висновки



Рисунок 8 – Монтаж системи утеплення дослідного зразка

Розроблені методичні положення дозволяють здійснювати оцінку показників довговічності сучасних теплоізоляційних виробів та конструктивних принципів на їх основі. При цьому методичні положення, що покладені в основу нормативних документів, є взаємодоповнюючими і в комплексі можуть забезпечити підвищення теплової надійності теплоізоляційної оболонки та, як кінцевий результат, енергоефективності будинків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Функціональне проектування сучасних огорожувальних конструкцій / Фаренюк Г.Г. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка – 2007, №25, с.109-113.
2. Класифікація систем утеплення за експлуатаційними та конструктивними ознаками та порівняльний аналіз їх теплотехнічних властивостей / Фаренюк Г.Г.// Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2008, №1(28) – с.45-53
3. Рыжаков В.В. Надежность технических систем и её прогнозирование. Пенза / Рыжаков В.В.- Изд-во ПТИ. ч 1, 2001 г. – 94с; ч 2 , 2002 г. – 86с.
4. Фаренюк Г.Г. Енергетичні аспекти безпеки експлуатації будівель / Фаренюк Г.Г. // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2009. – Вип.54. – С.5-14.
5. Фаренюк Г.Г. Метод посередньої оцінки показників теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк // Реконструкція житла – 2009. – Вип.11. – С.187-192.
6. Імітаційний метод статистичного моделювання теплової роботи конструкцій фасадної теплоізоляції / Фаренюк Г.Г., Соколов О.М. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2009. - № 1 (31).- С.114-118.
7. Фаренюк Г.Г. Нормативне забезпечення при застосуванні конструкцій фасадної теплоізоляції житлових та громадських будинків / Фаренюк Г.Г. // Будівництво України. – 2009. - № 1-2. – С.12-16.
8. ДБН В.1.2-11:2008 “Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Основні вимоги до будівель та споруд. Економія енергії”
9. ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель”
10. ДБН В.2.6-33:2008 “Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з

фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації

11. ДСТУ Б В.2.6-34 "Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги";

12. ДСТУ Б В.2.6-35 "Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови";

13. ДСТУ Б В.2.6-36 "Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови";

14. ДСТУ Б В.2.7-182:2010 "Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах".

15. Соколов А.М. Метод оценки перехода температуры через ноль в разных слоях стены за время отопительного периода / Соколов А.М., Фаренюк Г.Г. // Будівельні конструкції. - 2008. - Вип.68, -С.102-108.

УДК 697.353:691

*Черных Л.Ф., доктор техн. наук, с.н.с.,
рук. отдела строительной теплофизики и
инженерного оборудования КиевЗНИИЭП,
г. Киев, Украина*

ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕМ ТЕПЛОАККУМУЛЯЦИОННОМ НАПОЛЬНОМ ЭЛЕКТРООТОПЛЕНИИ

В настоящее время теплоаккумуляционная напольная система электрического отопления жилых и общественных зданий является одной из энергоэффективных систем отопления, широко применяемых в мировой энергетической практике. Доля электроотопления зданий в ряде развитых стран мира составляет, в среднем, 30...40 %, а во Франции, Норвегии достигает 80 %. В Украине же доля электроотопления не превышает 1% [1,2].

Перспективность применения в Украине теплоаккумуляционного электроотопления связана с его высокой энергоэффективностью, основанной на использовании «излишков» ночной электроэнергии, отпускаемой по льготным тарифам, которые в 3 раза меньше дневных. Кроме того, перспективность применения напольного отопления в жилых и общественных зданиях связана с тем, что только при напольном отоплении создаются комфортные тепловые условия для человека, когда температура на уровне ног составляет 26...28°C, а на уровне головы 18...20°C. Перспективность широкого применения указанного отопления обуславливает необходимость проведения углубленных исследований сложных нестационарных процессов теплообмена в отапливаемых помещениях.

Рассмотрим типовое конструктивное решение исследуемого электропола, рис. 1, который состоит из 2-х ярусов: нижний представляет собой 3 изолированных электрокабеля, равномерно с шагом 6 см уложенных на панель междуэтажного перекрытия и покрытых слоем бетона 90 мм.