

**ОПРАЦЬОВУВАННЯ МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОЛОГИХ МАТЕРІАЛІВ У КЛІМАТИЧНІЙ КАМЕРІ НА
ПРИКЛАДІ ПІНОБЕТОНУ**

У статті представлені результати опрацювання методу досліджень теплотехнічних властивостей вологих матеріалів у кліматичній камері на прикладі пінобетону.

Ключові слова: *теплотехнічні властивості, пінобетон, експеримент.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Відомо, що коефіцієнт теплопровідності матеріалу залежить, зокрема, від його вологості та температури ([7]...[11] та інш.). „Повышение коэффициента теплопроводности с увеличением влажности материала происходит из-за того, что вода, находящаяся в порах материала, имеет коэффициент теплопроводности около 0,58 Вт/(м⁰С), что в 22 раза больше, чем у воздуха, находящегося в порах...Ещё более резко возрастает коэффициент теплопроводности, если влажный материал промерзает, т.к. лёд имеет коэффициент теплопроводности 2,3 Вт/(м⁰С), что в 80 раз больше, чем у воздуха” [7].

Наявність експериментальних даних стосовно зміни значень коефіцієнту теплопровідності того чи іншого матеріалу залежно від вищеназваних факторів допомагає точніше визначати втрати теплоти крізь зовнішні огорожувальні конструкції будівель.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. У ДБН В.2.6-31:2006 [1] представлений розділ „Проектування теплоізоляційної оболонки будинків за теплотехнічними показниками її елементів”. У цьому розділі наголошується, що „розрахункові значення теплофізичних характеристик матеріалів приймаються згідно з таблицею Л.1 додатка Л або встановлюються згідно з Л.2”.

Відповідно до даних таблиці Л.1 ДБН В.2.6-31:2006 бетони ніздрюваті мають розрахунковий вміст води за масою:

- при $\rho_0 = 200 \dots 900 \text{ кг/м}^3$: $w = 4 \%$ (вологісні умови експлуатації А), $w = 6 \%$ (вологісні умови експлуатації Б);
- при $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$: $w = 8 \%$ (вологісні умови експлуатації А), $w = 12 \%$ (вологісні умови експлуатації Б);
- при $\rho_0 = 1100 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$: $w = 10 \%$ (вологісні умови експлуатації А), $w = 15 \%$ (вологісні умови експлуатації Б).

У ДСТУ Б В.2.7-45:2010 [4] наголошується, що „відпускна вологість бетону виробів не повинна перевищувати за масою, % :

- 35 - бетонів марок від D200 до D400;
 - 30 - бетону марки D500, виготовленому на піску;
 - 25 - бетонів марок D600 - D1100, виготовленому на піску;
 - 35 - бетонів марок D500 - D1100, виготовленому на інших кремнеземистих компонентах”.
- (D200... D1100 – марки бетонів за середньою густиною в сухому стані).

Різниця між відпускною вологістю пінобетону та вологістю, при якій в ДБН В.2.6-31:2006 [1] наведені значення коефіцієнта теплопровідності пінобетону, є суттєвою.

(У джерелах [1], [3] використовується термін „теплопровідність”, у джерелі [2] – „ефективна теплопровідність”, у джерелах [6...11] – „коефіцієнт теплопровідності”).

Розглянемо, при яких температурах встановлені наведені в джерелі [1] значення теплопровідності будівельних матеріалів, у тому числі – пінобетону.

У пункті Л.2.1 ДБН В.2.6-31:2006 [1] наголошується, що:

– „визначення теплопровідності матеріалу виконують на зразках в сухому їх стані за ДСТУ Б В.2.7-105. Випробовування виконують при середній температурі зразка (25-30) °С”;

– „теплопровідність матеріалу у зволоженому стані при значеннях вологості зразків, близьких до розрахункових, визначають за ДСТУ Б В.2.7-105 при розрахунковій температурі матеріалу в конструкції за опалювальний період року (+10 °С). Градієнт температури в зразку під час випробувань не повинен перевищувати 1 °С/см. Допускається проведення випробувань при середній температурі зразка +25 °С”.

Очевидно, що температура певних частин зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель в холодний період року буде нижче, ніж +10 °С. Тому виникає необхідність експериментального визначення теплотехнічних властивостей вологих будівельних матеріалів і виробів при низьких температурах.

Виділення не розв’язаних раніше частин проблеми. У нормативній літературі не наведені значення теплотехнічних властивостей вологих матеріалів та виробів при низьких температурах та не представлений метод експериментального встановлення цих величин.

Постановка завдання. Опрацювання на прикладі пінобетону методу досліджень теплотехнічних властивостей вологих матеріалів у кліматичній камері.

Виклад основного матеріалу дослідження. Теплотехнічні дослідження пінобетону в кліматичній камері здійснювались на зразках, розміри яких дорівнювали 250 мм × 250 мм × 50 мм. При виборі цих розмірів враховувались положення джерел [1] та [2]. Різниця між температурами середовищ кліматичної камери становила 10...30 °С.

Термічний опір зразка з пінобетону, м²·°С/Вт, обчислюється за формулою

$$R = \frac{\tau_6 - \tau_3}{q} - R_T, \quad (1)$$

де q – щільність теплового потоку, Вт/м²; τ_6, τ_3 – температури поверхонь зразка, °С; (у випадку, коли на поверхнях зразків розташовано кілька термодіодів, τ_6, τ_3 – середні значення вказаних температур); R_T – термічний опір тепломіру, м²·°С/Вт.

Коефіцієнт теплопровідності пінобетону, Вт/(м·°С), розраховується за формулою

$$\lambda = \frac{\delta}{R}, \quad (2)$$

де δ – товщина зразка, м.

Випробовувався пінобетон із середньою густиною 863 кг/м³ та вмістом води за масою 5,1 %, 14,9 % та 24,8 %. Однією з складностей проведення експерименту в кліматичній камері є зміна вологості зразків під час проведення дослідів. Обумовлюється це тим, що пінобетон має великий об’єм відкритої пористості.

Експериментальні дослідження дозволили встановити зміну коефіцієнта теплопровідності пінобетону середньою густиною $\rho_0 = 863$ кг/м³ залежно від зміни в певних інтервалах його середньої температури та вологості (табл. 1).

Середня температура зразка з пінобетону обчислюється за залежністю

$$t = 0,5 \cdot (\tau_6 + \tau_3), \quad (3)$$

де τ_6, τ_3 – температури поверхонь зразка, $^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 1 – Коефіцієнти теплопровідності пінобетону середньою густиною
 $\rho_0 = 863 \text{ кг/м}^3$

Середні температури зразків з пінобетону $t, ^{\circ}\text{C}$	Коефіцієнти теплопровідності пінобетону $\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$, при вологості за масою		
	$w = 5,1 \%$	$w = 14,9 \%$	$w = 24,8 \%$
0,7	-	0,569	-
1,5	-	-	0,653
2,1	0,539	-	-
8,2	-	-	0,592
8,6	0,529	-	-
8,9	-	0,548	-
11,9	-	-	0,566
12,7	0,388	0,445	-

Для зразків вологістю 5,1 % при зниженні їх середньої температури від $12,7 ^{\circ}\text{C}$ до $2,1 ^{\circ}\text{C}$ коефіцієнт теплопровідності пінобетону збільшується з $0,388 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ до $0,539 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$, тобто – на 28,0 %; для зразків вологістю 14,9 % при зниженні їх середньої температури від $12,7 ^{\circ}\text{C}$ до $0,7 ^{\circ}\text{C}$ коефіцієнт теплопровідності пінобетону збільшується з $0,445 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ до $0,569 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$, тобто – на 21,8 %; для зразків вологістю 24,8 % при зниженні їх середньої температури від $11,9 ^{\circ}\text{C}$ до $1,5 ^{\circ}\text{C}$ коефіцієнт теплопровідності пінобетону збільшується з $0,566 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ до $0,653 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$, тобто – на 13,3%.

Таким чином, проведені дослідження підтвердили, що при зниженні температури вологого пінобетону його теплотехнічні властивості погіршуються. Суттєвою є зміна теплотехнічних властивостей пінобетону при збільшенні його вологості за масою з 5,1 % до 24,8 %.

Слід підкреслити, що частина об'єму зразків знаходилась у зоні від'ємних температур, а частина – у зоні позитивних температур, тому вищезазначені коефіцієнти теплопровідності вологого пінобетону є середніми для певного інтервалу температур.

Висновки

1. Започатковане розроблення методу досліджень теплотехнічних властивостей вологих будівельних матеріалів у кліматичній камері.
2. На прикладі пінобетону експериментально підтверджена доцільність визначення коефіцієнтів теплопровідності будівельних матеріалів при низьких температурах та при їх масовій вологості, яка відповідає початковому періоду експлуатації конструкцій.
3. Для збільшення точності встановлення коефіцієнтів теплопровідності вологих матеріалів у кліматичній камері необхідно використовувати заходи, які б дозволили запобігти висиханню зразків під час проведення дослідів.

Література

1. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006. – 66 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99). Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі. – К.: Держбуд України, 2001. – 21 с.

3. ДСТУ Б В.2.7-45:2010. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 41 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-164:2008. Будівельні матеріали. Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 11 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-137:2008. Будівельні матеріали. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови.. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 18 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 84 с.
7. Малявина, Е.Г. Теплопотери здания. Справочное пособие / Е.Г. Малявина.– М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 265 с.
8. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А. Табунищикова, В.Г Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
9. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.
10. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов / В.Н. Богословский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1982.– 425 с.
11. Франчук, А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов / А.У. Франчук. – 2-е изд. – М. – 1969. – 144 с.

Надійшло до редакції 21.03.2012

© В.В. Шульгін, Т.С. Кугаєвська, М.В. Смілянець, В.С. Гур'янов

**В.В. Шульгін, к.т.н., доц., Т.С. Кугаєвська, к.т.н., доц.,
М.В. Смілянець, магістрант, В.С. Гур'янов, студент**

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЛАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ НА ПРИМЕРЕ ПЕНОБЕТОНА

В статье представлены результаты разработки метода исследований теплотехнических свойств влажных материалов в климатической камере на примере пенобетона.

Ключевые слова: теплотехнические свойства, пенобетон, эксперимент.

**V.V. Shulgin, Ph.D., T.S. Kugayevskaya, Ph.D., M.V. Smilyanets, Graduate,
V.S. Guryanov, student**

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk

DEVELOPMENT OF MOIST MATERIALS THERMAL PROPERTIES RESEARCH METHOD IN THE CLIMATIC CHAMBER ON THE EXAMPLE OF FOAM CONCRETE

This paper presents the results of the development of moist materials thermal properties research method in the climatic chamber on the example of foam concrete.

Key words: thermal properties, foam concrete, experiment