

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УТЕПЛЕННЯ
КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД*Вінницький національний технічний університет, Україна*

Дана стаття присвячена взаємозв'язку теплофізичної науки з проблемами енергозбереження. А також показана методика рішення нелінійної задачі теплопровідності з урахуванням зміни коефіцієнта температуропровідності, що дозволить більш точного розрахунку температурного поля.

Постановка проблеми. У наш час для постачання теплом промислових, цивільних і житлових об'єктів витрачається приблизно третина всіх паливно-енергетичних ресурсів країни. Тому забезпечення раціонального теплового режиму будинків, оптимальне використання теплоти теплогенеруючих установок в системах теплопостачання, опалення, вентиляції та кондиціонування має першочергове значення. Від теплотехнічних властивостей зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків залежить кількість тепла, яку втрачає будинок в холодну пору року. А це визначає: сталість температурного режиму в об'ємі приміщення при змінах температури, швидкості повітря зовні будинку, тепловіддачі системи опалення будинку; температуру на внутрішній поверхні огорожуючої конструкції і можливість утворення конденсату на ній, а також вологий режим, що впливає на теплозахисні властивості огороження і його довговічність.

Тому вивчення законів тепловологопереносу та повітропроникності дозволяє раціонально проектувати зовнішні огорожуючі конструкції будинків з урахуванням усіх факторів, які можуть вплинути на експлуатацію даних конструкцій. Це дає змогу збільшити строк експлуатації будинків, знизити витрату теплової енергії при їх теплопостачанні. Особливо велике значення має правильне застосування теплофізичних законів в умовах широкого застосування в будівництві нових матеріалів і технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання дослідження температурних полів розглядали багато вчених серед них: Бахлов Н.С., Беляєв Н.М, Богословський В.Н., Кудінов В.А., Ликов А.В., Сисоєв Е.В. та інші. В роботах вчених розглянуто:

- аналітичні методи розрахунку температурних режимів [5];
- метод кінцевих різниць для багатопарових конструкцій стін [3];
- розрахунок теплотехнічних характеристик будівельних конструкцій [1];
- фізико - математичні моделі температурних полів [7];
- математичне моделювання для вивчення процесів тепломасопереносу, як в теоретичних так і практичних дослідженнях [2].

Формування цілей та завдання статті

Дослідити основні теплофізичні характеристики матеріалів та методи розрахунку температурних полів.

Основна частина. Теплозахист будівель та споруд залежить від багатьох факторів, і його найбільш ефективно вирішення можливе при комплексному врахуванні поверховості, планувальних рішень, орієнтуванні на місцевості, виборі будівельних матеріалів, виробів і конструкцій. На сучасному етапі повинна бути гарантована можливість реалізації різних за своїм характером вимог теплозахисту будівель та споруд, тому необхідно забезпечити: стабільний тепловий режим в різні пори року; швидке нагрівання та охолодження приміщень.

Заходи з теплозахисту будівель необхідні при зведенні стін підвалів, зовнішніх стін, перекриттів і покриттів з тим, щоб вони як можна менше віддавали тепла з приміщень назовні. Зусилля, в першу чергу, слід направляти на підвищення рівня теплоізоляції будинків.

При розгляді задач підвищення рівня теплоізоляції будинків, як визначення теплового режиму багатошарових огорожувальних конструкцій будівель, їх вологісного режиму, промерзання та відтавання матеріалів, аналіз теплової стійкості будівель, необхідно визначати температуру на поверхні та всередині цих будівельних конструкцій у будь-який момент часу.

Необхідно також враховувати, що деякі теплофізичні характеристики матеріалів можуть суттєво змінюватися залежно від температури та часу. В багатьох практичних задачах з теплофізики характеристики матеріалу з часом можуть змінюватися в широкому діапазоні. Розв'язок цих задач потребує врахування змін теплофізичних характеристик матеріалів під час розрахунку їх температурного режиму, оскільки температурний режим у багатьох випадках визначає теплофізичні характеристики матеріалу.

Розрахунки температурних полів, які виконані на основі лінійних математичних моделей процесу теплопровідності, не завжди приводять до задовільних результатів, особливо у тих випадках, коли температура змінюється в значному діапазоні. Тому для побудови найбільш адекватної реальному процесу математичної моделі необхідно врахувати залежність від температури теплофізичних характеристик матеріалів, щільність поверхневих потоків і внутрішніх джерел енергії (теплоти).

В даному випадку коефіцієнт теплопровідності може залежати не тільки від змінних координати x і часу t , але і від температури U .

А це приводить до розгляду не лінійних крайових задач теплопровідності, розв'язання яких, в аналітичній формі, проблематичне.

Тому розглянемо методику розв'язання однорідного нелінійного рівняння теплопровідності, яке має вигляд:

$$U_t = [Q(U) U_x]_x ; \quad (0 < x < 1, t > 0) \quad (1)$$

Початкові умови:

$$U(x, 0) = \varphi(x) ; \quad 0 \leq x \leq 1 \quad (2)$$

Граничні умови:

$$\beta_1 U_x(0, t) + \gamma_1 U(0, t) = \psi_1(t) ; \quad (3)$$

$$\beta_2 U_x(l, t) + \gamma_2 U(l, t) = \psi_2(t);$$

де залежність коефіцієнта теплопровідності $Q(U)$ буде в наступній формі:

$$Q(U) = 1 + U \quad (4)$$

Тоді рівняння (1) буде мати вигляд:

$$U_t = U_{xx} + U \cdot U_{xx} + U^2_x \quad (5)$$

Розв'язання рівняння (5) будемо шукати у вигляді квадратичного полінома:

$$\Phi(x, x_k, t) = \sum_{i=0}^2 A_i^k(t)(x - x_k)^i \quad (6)$$

в околі k -того вузла,

де x_k - координата k -того вузла інтервалу рівномірного розбиття з кроком $k=(l+n)$, n - кількість внутрішніх вузлів.

Перепишемо початкові умови (2) і граничні умови (3) з врахуванням (6), маємо:

$$U(x_k, 0) = \Phi(x_k, x_k, 0) \quad (7)$$

$$\beta_1 \Phi_x(0, x_l, t) + \gamma_1 \Phi_x(0, x_l, t) = \psi_1(t); \quad (8)$$

$$\beta_2 \Phi_x(0, x_n, t) + \gamma_2 \Phi_x(0, x_n, t) = \psi_2(t); \quad (9)$$

Рівняння неперервності температури на суміжних межах інтервалів розбиття має вигляд:

$$\Phi(x_k \pm h, x_k, t) = \Phi(x_k \pm l, x_k \pm l, t); \quad (10)$$

В результаті за рахунок зміни меж інтегрування отримаємо різновидність диференціальних рівнянь першого порядку. Розв'язання яких для конкретних вузлових точок дозволяє вибрати оптимальний варіант рішення з врахуванням початкових умов [6].

Висновки. Проаналізувавши все вище викладене можна зробити висновок, що отримана методика розв'язання нелінійної задачі теплопровідності з врахуванням зміни коефіцієнта теплопровідності дозволить отримати розрахунок більш точної теплопровідності конструкції.

Таким чином, взаємозв'язок теплофізичної науки з проблемами енергозбереження в будівлях розкриває можливості підвищення енергоефективності. При цьому, рівень теплового опору зовнішніх огорожуючих конструкцій в значній мірі визначає потрібну потужність системи опалення.

Література

1. Бахлов Н.С. Численные методы: Учеб. Пособие / Н.С. Бахлов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.: Наука, 1978. – 600 с.
2. Беляев В.С. Расчет температуры поверхности стен / В.С. Беляев // «Жилищное строительство». – №6. – 1980. – С. 21-24.
3. Богословский В.Н. Тепловой режим здания / В.Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.
4. Кудинов В.А. Аналитические решения задач тепломассопереноса и термоупругости для многослойных конструкций: Учебное пособие для вузов

/Кудинов В.А., Карташов Э.М., Калашников В.В. – М.: Высшая школа., 2005. – 430 с.

5. Лыков А.В. Теория тепло- и масопереноса / А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. –М. – Л. Госэнергоиздат, 1963. – 536 с.

6. Рындюк В.И. Применение улучшенного интегрального метода прямых к решению краевых задач теплопроводности / В.И. Рындюк. - ИФЖ, 1987 т. 52, №2, 6с.

7. Сысоев Э.В. Методы и системы неразрушающего контроля теплозащитных свойств многослойных строительных конструкций / Э.В. Сысоев, А.В. Чернышов. - М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. - 104с.

Аннотация

Данная статья посвящена взаимосвязи теплофизической науки с проблемами энергосбережения. А также показана методика решения нелинейной задачи теплопроводности с учетом изменения коэффициента температуропроводности, что позволит более точного расчета температурного поля.

Annotation

This paper devoted the relationship of thermal physical science and energy efficiency. Also shows the method for solving nonlinear heat conduction problem with to changes in thermal diffusivity, which will allow a more accurate calculation of the temperature field.