

Automation of multi-layer environments heat conduction investigation at a non-stationary heat flow

Svitlana Rundiuk

Department of Town-Planning and Architecture,
Vinnytsia State Technical University,
UKRAINE, Vinnytsia, 95, Khmelnytske shosse,
E-mail: 2svetochka2@rambler.ru

This article presents an examination of modelling of heat conduction process of multi-layer building constructions. The subject of this work is related to the necessity of energy-savings in building sphere.

Theoretical bases of design and methodology of the corresponding differential equalizations computer calculation by means of integral line method [2] are presented.

In order to determine the temperature in every layer of construction and in every place of their connection the recurrent formulas for the approximate equation coefficients (7) of the non-stationary heat conduction equalization system are used. Due to the integration of heat-conduction equations (1) there was created an approximate 1st order equation system in relation to the temperature values in the key points of corresponding construction layers. The change of integration area (8) results with application in the equation answer the straight-lines method, the improved straight lines method and method with the choice of integration area due to initial conditions.

The system of differential equalizations built in the "ТЕРЛО" (Heat) module formulated in Pascal language is formed to the linear heterogeneous system which is to be answered by 4th order Runge-Kutta method with accounting of initial conditions and limiting conditions of 1th, 2th and 3th order. After determination of temperature in the key points of layers the formula (7) is applied to determine the temperature in the environment contact areas. Obtained program module facilitates the selection of heat-insulation material, determination of the heat-conduction coefficient of new building material and determination of the point of dew. Verification of adequacy of work of the program module is realized in accordance with the K.F. Fokin tasks [3].

*Переклад виконано в Агенції перекладів PIO
www.pereklad.lviv.ua*

Автоматизація дослідження теплопередачі багатошарових середовищ при нестационарному тепловому потоці

Світлана Риндюк

Кафедра містобудування та архітектури,
Вінницький національний технічний університет,
УКРАЇНА, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
E-mail: 2svetochka2@rambler.ru

Тематика роботи пов'язана з необхідністю енергозбереження в будівельній справі.

Розглядаються теоретичні основи моделювання та задачі розрахунку теплопровідності неоднорідних багатошарових середовищ і методика розрахунку відповідних диференціальних рівнянь за допомогою інтегрального методу прямих на ПК. Для розрахунків в програмі передбачається інформація про граничні умови 1-го, 2-го та 3-го роду. Після визначення температури у вузлових точках шарів знаходиться температура у зонах контакту середовищ. Отриманні розв'язки за рахунок вибору різницевої схем дозволяють вибрати для експериментів структури, які найкращі з теплотехнічної точки зору, а також матеріали, які при цьому використовуються.

Ключові слова – теплопровідність, початкові умови, вузлові точки шарів, диференціальні рівняння, матеріали.

I. Вступ

Економія енергоресурсів потребує знаходження найбільш раціональних за ефективністю і витратами способи утеплення будівель. Загально визнано, що одношарова конструкція стін не дає потрібного теплозахисту будівлі. Підвищення термічного опору стіни за рахунок збільшення її товщини не доцільно.

Збільшення теплозахисту за допомогою обштукатурювання дають низький ефект. Для отримання потрібного термічного опору огорожуючи конструкції необхідно, щоб вона була багатошаровою. Підбір достатньої товщини шарів з метою їх ефективності, вибір матеріалів та їх компонування потребує додаткового дослідження.

Так наприклад, розміщення утеплювача з внутрішньої сторони за рахунок попадання самої стіни в зону низьких температур погіршується стан повітря в приміщенні. Внаслідок чого скупчується конденсат на внутрішній стороні стіни, що призводить до розвитку грибкових захворювань.

Розташування утеплювача в середині стіни потребує матеріальних витрат і довготривалих робіт. Така процедура вимагає додаткового дослідження.

II. Постановка задачі та програмна реалізація її розв'язку

Розглянемо розв'язок задачі нестационарної теплопровідності, коли досліджувана область

складається з чотирьох частин з різними коефіцієнтами теплопровідності.

Задача зводиться до розв'язку такого рівняння [1]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[a(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right] + f(x, t), \quad (1)$$

де коефіцієнт теплопровідності має значення:

$$a(x) = \begin{cases} a_1, x < x_1; \\ a_2, x_1 < x < x_2; \\ a_3, x_2 < x < x_3; \\ a_4, x_3 < x \end{cases} \quad (2)$$

в області:

$\{(x, t), 0 < x < 1, x \neq x_1, x_2, x_3; t > 0\}$, яке задовольняє початковій умові (3), умовам на межах границь (4):

$$u(x, 0) = j(x) \quad (3)$$

$$[b_1 u_x + g_1 u]_{x=0} = y_1(t), [b_2 u_x + g_2 u]_{x=1} = y_2(t) \quad (4)$$

і умовам спряження (5-6):

$$u \Big|_{x=x_1-0} = u \Big|_{x=x_1+0};$$

$$u \Big|_{x=x_2-0} = u \Big|_{x=x_2+0}; \quad u \Big|_{x=x_3-0} = u \Big|_{x=x_3+0}; \quad (5)$$

$$a_1 \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_1-0} = a_2 \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_1+0},$$

$$a_2 \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_2-0} = a_3 \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_2+0}, \quad (6)$$

$$a_3 \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_3-0} = a_4 \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_3+0}.$$

Для чисельного розв'язання задачі (1-6) створений на мові PASCAL програмний модуль «ТЕПЛО» на основі рівнянь нестационарної теплопровідності для кожного шару з умовами спряження між шарами, крайовими умовами третього роду та початковими умовами.

Кожний шар матеріалу по товщині розбивається відповідним кроком, який задається, містить вузлові точки. Розв'язання рівнянь теплопровідності в околі вузлових точок кожного шару шукаємо у вигляді квадратичного поліному. Наприклад, для шару А поліном має вигляд:

$$D(\delta, \delta_k, t) = \sum_{i=0}^2 A_i^k(t)(x - x_k), \quad (7)$$

де x_k – координата вузлової точки;

$A_i^k(t)$ – коефіцієнти поліному.

При $x=x_k$ отримуємо значення температури $A_0^k(t)$ у k -му вузлі. Це дозволяє знаходити температуру не тільки у вузлах в околі визначених точок, а і в межах контакту матеріалів, що дуже важливо.

Змінюючи межі інтегрування рівнянь теплопровідності (1):

$$\left[x_k - a_k h_{Ax}, x_k + a_k h_{Ax} \right], \quad (8)$$

де h_{Ax} – крок розбиття шару А,

за рахунок числового коефіцієнта a_k в автоматичному режимі програма передбачає отримання розв'язку по методу прямих та покращеному методу прямих. Для поліпшення чисельного розв'язку задачі числовий коефіцієнт a_k знаходимо з умови того, що наближені розв'язки (7) з урахуванням початкових умов (3) задовольняли б рівняння (1).

Висновок

Отже за рахунок отриманих результатів з різними різницевиими схемами можна вибрати більш достовірний розв'язок для конкретної компоновки матеріалів.

Для виконання розрахунків необхідні початкові умови, крок розбиття кожного шару, крайові умови та відповідні коефіцієнти теплопровідності матеріалів. Змінюючи товщину шарів, коефіцієнти теплопровідності матеріалів можна підібрати необхідну компоновку матеріалів для досягнення відповідної мети. А це, можливо, призведе до отримання нових теплоізолюючих матеріалів.

Література

- [1] Дейнека В.С. Модели и методы решения задач с условиями сопряжения / В.С. Дейнека, И.В. Сергиенко, В.В. Скопецкий. – К., Наукова думка, 1998 – 614 с.
- [2] Риндюк В.І. Методика теплотехнічного розрахунку багатшарового середовища / В.І. Риндюк, Т.В. Прилипко // Вісник Вінницького політехнічного інституту.– 2003. – №3. – С. 35-38. – ISSN 1997-9266
- [3] Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. – Изд. 4-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1973, с. 287.