

значень факторів переходимо до так званих, нормованих. Нормалізація факторів визначаються за формулою

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (13)$$

де x_i і x_{i0} – відповідно натуральне і нульове значення факторів.

Значення факторів на верхньому і нижньому рівнях будуть дорівнювати

$$x_{i\bar{i}} = x_{i0} - \Delta X_i; \quad x_{i\underline{i}} = x_{i0} + \Delta X_i.$$

Нормовані значення факторів визначаються

$$x_{i0} = \frac{X_{i0} - X_{i0}}{\Delta X_i} = 0 - \text{базовий};$$

$$x_{i\bar{i}} = \frac{X_{i\bar{i}} - X_{i0}}{\Delta X_i} = +1 - \text{верхній}; \quad x_{i\underline{i}} = \frac{X_{i\underline{i}} - X_{i0}}{\Delta X_i} = -1 - \text{нижній};$$

За допомогою формули (13) переходимо до натуральних значень факторів

$$\tilde{\sigma}_1 = \frac{Q - Q_{\text{під}}}{\Delta Q}; \quad x_2 = \frac{\dot{I} - \dot{I}_{\text{під}}}{\Delta \dot{I}}; \quad x_3 = \frac{\eta_{\text{іі}} - \eta_{\text{ііпід}}}{\Delta \eta_{\text{іі}}}.$$

Тоді рівняння прийме вигляд

$$\dot{D}_{\text{міі}} = 0,9446 - 0,0001 \cdot Q - 0,0001 \cdot H - 1,572 \cdot \eta_{\text{іі}} + 1,41 \cdot Q \cdot \dot{I}. \quad (14)$$

Аналіз багатфакторної моделі потужності, яка споживається електродвигуном, вказує, що на потужність електродвигуна норії впливають: продуктивність, висота норії, ККД норії.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Рішення задач оптимізації об'єктів дослідження методом планування математичного експерименту / Г.Н. Назар'ян, М.В. Постнікова, О.П. Карпова. – Мелітополь : "Люкс", 2012. – 68 с.
2. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко [та ін.] ; За ред. Є.Л. Жулая. – Вища освіта, 2001. – 288 с.

УДК 519.63+697.1

*Лариса Халанчук, Владислав Безкоровайний
(Мелітополь, Україна)*

МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Для аналізу теплопровідності будівельних матеріалів, а отже і дослідження на енергозбереження та енергоефективність, можна використовувати рівняння математичної фізики, наприклад, в задачі розподілення тепла у прямокутній пластині. Знайдені розв'язки нелінійних задач теплопровідності лінійно-різницевиими методами в пакеті програм Scilab дозволяють проводити якісний аналіз теплових процесів.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, теплопровідність, чисельні методи.

To analyze the thermal conductivity of building materials, and hence research on energy efficiency and energy efficiency, one can use the equation of mathematical physics, for example, in the problem of heat distribution in a rectangular plate. The solutions of nonlinear heat conduction problems by linearly difference methods in the Scilab software package allow us to conduct a qualitative analysis of thermal processes.

Key words: *energy saving, energy efficiency, thermal conductivity, numerical methods.*

До питання енергоефективності країни світу підходять комплексно. Як зазначив О. Рябчин, голова підкомітету Верховної Ради України з енергозбереження та енергоефективності:

«Енергетична трилема встає перед кожною державою. Перший її елемент – це питання безпеки поставок енергетичних ресурсів. Для нас він більш ніж насущний, оскільки у нас недостатньо ресурсів, ми намагаємося диверсифікувати і зменшити ризики залежності від третіх сторін. Друге питання цієї трилеми – це доступність ресурсів, оскільки ціна ресурсу є дуже важливим фактором і її зниження – для громадян, для промисловості є ключовим завданням для всіх урядів у всьому світі. І третє, не менш важливе – це питання скорочення споживання ресурсів, завдяки чому ми могли б впливати на глобальну проблему зміни клімату. У світі це друга проблема після тероризму, і нас вона теж стосується, хоча зараз, в умовах війни, звичайно, це далеко не пріоритет для нашої країни» [9].

Одним із напрямків скорочення споживання ресурсів в Україні є будівництво енергозберігаючих будинків.

Будинок низького енергоспоживання, або енергозберігаючий, охоплює різні види будинків енергозберігаючого типу. Пасивний будинок – це будинок, який не потребує опалення або споживає для нього дуже мало енергії – в середньому близько 10% від питомої енергії на одиницю об'єму, споживаної більшістю сучасних будівель, архітектурна концепція пасивного будинку базується на принципах компактності, якісного і максимально ефективного утеплення фундаменту, стін, даху, відсутність містків холоду в матеріалах і вузлах примикань, правильної геометрії будівлі, зонування, орієнтації по сторонах світу [8].

Найбільший вплив на енергозбереження будинку мають енергозберігаючі властивості будівельних матеріалів, що використовуються для його будівництва. Для аналізу розподілення тепла в будівельних матеріалах, а отже і дослідження на енергозбереження, можна використовувати рівняння математичної фізики, наприклад, в задачі розподілення тепла у прямокутній пластині.

В основу виведення диференційного рівняння теплопровідності покладено закон збереження енергії, який в даному випадку може бути сформульований в наступному вигляді: кількість теплоти, що введено в елементарний об'єм ззовні внаслідок теплопровідності, а також від внутрішніх джерел дорівнює зміні внутрішньої енергії або ентальпії речовини (в залежності від розгляду ізохорного або ізобарного процесу), яка міститься в цьому об'ємі.

Для розв'язку конкретної задачі теплопровідності середовища необхідно додати крайові умови, які б визначали досліджуваний процес. Таким чином, повний математичний опис тієї чи іншої задачі теплопровідності повинен містити в собі не тільки рівняння теплопровідності, але й особливості, що виступають у вигляді геометричних та фізичних характеристик, а також крайових умов, які іменуються умовами однозначності.

Проведений огляд і аналіз літератури показує, що точні аналітичні розв'язки нелінійних нестационарних крайових задач теплопровідності можна отримати для тіл, виготовлених з матеріалів з простою нелінійністю (коефіцієнт теплопровідності і об'ємна теплоємність яких залежать від температури, а коефіцієнт температуропровідності приймається за сталу величину), у випадку, коли на поверхні тіла задана температура або тепловий потік. У випадках, коли враховується конвективний, радіаційний чи конвективно-радіаційний теплообмін з поверхонь тіл, переважно використовують чисельні методи [1-7].

Безперечно цінними є аналітичні та аналітико-чисельні розв'язки таких задач, які побудовані у вигляді явних формул, що містять елементарні чи спеціальні функції. Такі розв'язки є зручними для якісного аналізу теплових режимів, оскільки явно відображають вплив на розподіл температури визначальних факторів, дозволяють оцінити їх значення і виділити головні з них. Вони також можуть слугувати критерієм оцінки достовірності чисельних розв'язків [1, 5].

Мета дослідження – розробити та експериментально перевірити методику побудови аналітико-чисельних розв'язків крайових задач теплопровідності лінійно-різницевиими методами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що вперше розроблено методику побудови аналітико-чисельних розв'язків крайових задач теплопровідності лінійно-різницевиими методами в пакеті програм Scilab.

Розроблена в роботі методика може ефективно використовуватися при розв'язуванні нелінійних крайових задач теплопровідності. Знайдені за допомогою запропонованої методики розв'язки нелінійних задач теплопровідності дозволяють проводити якісний аналіз теплових процесів. Отриманий чисельний розв'язок задачі розподілення тепла у прямокутній пластині, що зводиться до розв'язання нелінійного рівняння в частинних похідних, виконано на базі скінченних різниць та методу простих ітерацій за допомогою пакету програм Scilab.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Гарматій Г. Числове розв'язування нестационарних задач теплопровідності термочутливих тіл при складному теплообміні / Г. Гарматій, М. Кутнів, В. Попович // *Машинознавство*. – 2002. – № 1 (55). – С. 21–25.
2. Дубенець В.Г. Основи методу скінченних елементів / В.Г. Дубенець, В.В. Хильчевський, О.В. Савченко. – Чернігів, ЧДГУ. – 2003. – 346 с.
3. Дубенець В.Г. Обчислювальна механіка / В.Г. Дубенець, В.В. Хильчевський, О.В. Савченко // *Курс лекцій. Ч. 2*. – Чернігів, ЧДГУ. – 2007. – 188 с.
4. Кильчевский Н.А. Курс теоретической механики / Н.А. Кильчевский. – М., 1977. – Т.2. – 544 с.
5. Попович В.С. Аналіз методів розв'язування задач теплопровідності термочутливих тіл при конвективному теплообміні / В.С. Попович, Г.Ю. Гарматій // *Математичні методи механіки неоднорідних структур: В 2 т.* – Львів. – 2000. – Т. 1. – С. 205–211.
6. Сосницька Н.Л. Методи розв'язування задач теплопровідності / Н.Л. Сосницька, Л.В. Халанчук // *Енергоефективність: наука, технології, застосування: матер. Всеукр. наук.-практ. конф.*, Київ, 29 листопада 2017р. – Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2017. – С. 34–36.
7. Халанчук Л.В. Побудова дискретної моделі розв'язку рівняння Пуассона / С.В. Чопоров, Л.В. Халанчук // *Диференціальні рівняння та їх застосування: матер. міжнародної конф.*, 19-21 травня 2017р. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2017. – С. 116–118.
8. Энергосберегающий «трехлитровый» дом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.accbud.ua/house/energoberezenie/ekodom/energoberegajuschij-trekhlitrovyyj-dom--chast-1>
9. Энергоэффективность для Украины важна по нескольким причинам [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.accbud.ua/news/id/energoeffektivnost-dlja-ukrainy-vazhna-po-neskolkim-prichinam>