

УДК 514.18

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ У ДОСЛІДЖЕННЯХ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Шоман О.В., д.т.н.,

Національний технічний університет

"Харківський політехнічний інститут",

Даниленко В.Я.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Тел. (057) 707-64-31

Анотація – виконано огляд складових процесу теплообміну з позицій визначення геометричного характеру розподілу значень фізичних величин у просторі. Приділено увагу перспективності впроваджень розробок прикладної геометрії в галузь альтернативної енергетики. Наведено приклади використання алгоритмів і програм комп'ютерної графіки в інженерній практиці визначення температурних полів.

Ключові слова – геометричне моделювання, альтернативна енергетика, процес теплообміну, криві лінії та поверхні, розподіл температурного поля.

Постановка проблеми. Сучасний стан виробничих потужностей вимагає розробки ефективних та гнучких підходів до розв'язання задач альтернативної (більшою мірою – сонячної) енергетики. Тому багато задач мають супроводжуватися не тільки точними фізичними і математичними моделями, але й відповідною геометричною та графічною інформацією. Ця інформація характеризується передусім наочністю, що дозволяє як на якісному, так і на кількісному рівнях прослідкувати за зміною тих чи інших параметрів.

Аналіз останніх досліджень. Традиційний розвиток промислового виробництва, одержання та використання енергії, розвиток транспорту [1], зокрема автомобільного [2], передбачають лише розробку нових технологій. Разом з цим в наші дні об'єктом дослідження альтернативної енергетики [3] стають системи, що активно використовують досягнення прикладної геометрії та геометричного моделювання [4]. Останнім часом визначився оптимальний погляд на процес формування геометричних моделей засобами комп'ютерної графіки [5, 6].

Формулювання цілей статті. Провести аналіз проблем альтернативної енергетики, де є доцільною реалізація алгоритмів

геометричного моделювання.

Основна частина. Існуюча тенденція виснаження паливно-енергетичних ресурсів, зростання цін на виробництво енергії та глобальні екологічні проблеми стимулюють необхідність впровадження альтернативних енергозберігаючих технологій на основі екологічно чистих джерел енергії. Одним з пріоритетних напрямків розвитку альтернативної енергетики є сонячна енергетика. Її розвиток іде в напрямках [3]:

- перетворення сонячної енергії в теплову для систем гарячого водопостачання та опалення;
- перетворення сонячної енергії в електричну (фотовольтажні перетворювачі);
- створення на основі сонячної енергії комбінованих тепло-холодосистем;
- створення на основі сонячної енергії систем охолодження та кондиціонування повітря.

Розробка систем альтернативної енергетики сприяє реалізації законів про енергозбереження та Кіотського (Японія, 1997 р.) протоколу [3], спрямованого на зниження емісії парникових газів.

Збалансоване суміщення традиційних і альтернативних джерел енергії надає можливість розробляти системи теплозабезпечення з використанням плоских сонячних колекторів (рис. 1) [3], а також створювати сонячні висушувально-випарювальні холодильні системи та системи кондиціонування.

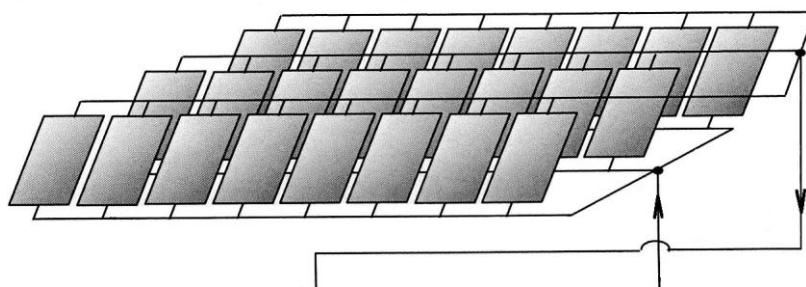


Рис. 1. Схема елементів сонячної системи тепло-холодозабезпечення.

Процес теплообміну (переносу теплоти) може відбуватися тільки за умови, що в різних точках системи температура неоднакова. У загальному випадку температура залежить від координат x, y, z розглянутої точки і часу τ , тобто

$$t = f(x, y, z, \tau). \quad (1)$$

Якщо температура тіла (системи тіл) змінюється в напрямі однієї координати, то температурне поле називають одновимірним ($t = t(x)$), якщо вздовж двох координат ($t = t(x, y)$) – двовимірним, у напрямі трьох координат ($t = t(x, y, z)$) – тривимірним.

Процеси теплообміну [7], в тому числі теплопровідність (рис. 2, а), часто мають виражений нестационарний характер. Нестационарні процеси описуються рівняннями в диференціальній формі, яка характеризує протікання явища в часі і просторі.

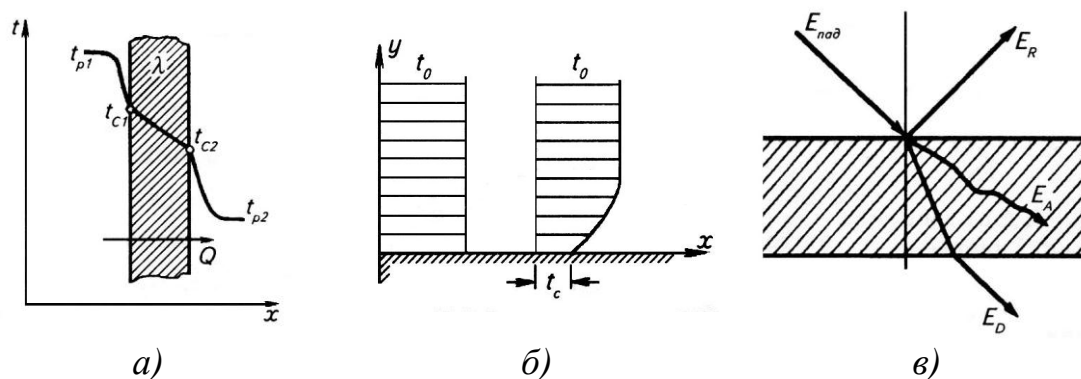


Рис. 2. Розподіл теплового потоку при: а – теплопередачі (Q – потік теплоти; t_p , t_c – температури рідини і стінки); б – конвективному теплообміні (t_0 – температура потоку рідини); в – променистому теплообміні (E – енергія випромінювання).

У прямокутних координатах диференціальне рівняння теплопровідності записується так [7]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{c\rho}, \quad (2)$$

де $a = \frac{\lambda}{c\rho}$ – коефіцієнт температуропровідності; λ – теплопровідність; c – теплоємність; ρ – густина рідини; q_v – об'ємна щільність внутрішніх джерел теплоти.

Коефіцієнт температуропровідності є фізичним параметром речовини і характеризує швидкість зміни температури.

В конвективному теплообміні (рис. 2, б) процес переносу тепла пов'язується з переносом самого середовища. Рівняння руху для нестисливої рідини ($\rho = \text{const}$) в проекціях на осі декартових координат записується у формі [7]:

$$\begin{aligned} \rho \frac{Dw_x}{d\tau} &= \rho g_x - \frac{dp}{dx} + \mu \left(\frac{d^2 w_x}{dx^2} + \frac{d^2 w_x}{dy^2} + \frac{d^2 w_x}{dz^2} \right); \\ \rho \frac{Dw_y}{d\tau} &= \rho g_y - \frac{dp}{dy} + \mu \left(\frac{d^2 w_y}{dx^2} + \frac{d^2 w_y}{dy^2} + \frac{d^2 w_y}{dz^2} \right); \\ \rho \frac{Dw_z}{d\tau} &= \rho g_z - \frac{dp}{dz} + \mu \left(\frac{d^2 w_z}{dx^2} + \frac{d^2 w_z}{dy^2} + \frac{d^2 w_z}{dz^2} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

де w_x , w_y , w_z – компоненти швидкості в напрямку координат x , y , z ;

$\frac{D}{d\tau}$ – субстанціальна похідна; g_x, g_y, g_z – проекції прискорення зовнішніх масових сил на осі x, y, z ; p – тиск; μ – динамічна в'язкість.

Рівняння (3) називають рівняннями Нав'є – Стокса, де враховано приріст (на одиницю об'єму) маси, сили гравітації, сили тиску та сили тертя від в'язкості.

Променистий теплообмін (рис. 2, в) являє собою процес перетворення внутрішньої енергії випромінюючого тіла в енергію електромагнітних коливань. При потраплянні променистої енергії на інше тіло вона частково поглинається, перетворюючись у внутрішню енергію. Особливість теплообміну випромінюванням [7] полягає в тому, що відпадає необхідність у безпосередньому контакті тіл. Випромінювання електромагнітних хвиль властиве всім тілам.

Потік випромінювання від поверхні 1 до поверхні 2 визначають за рівнянням [7]:

$$Q_{1-2} = \varepsilon_{\text{пр}} C_0 \varphi_{1,2} F_1 \left[(T_1 / 100)^4 - (T_2 / 100)^4 \right], \quad (4)$$

де $\varphi_{1,2} = \frac{1}{F_1} \iint_{F_1 F_2} \frac{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{\pi r^2} dF_1 dF_2$ – коефіцієнт опромінювання; $\varepsilon_{\text{пр}}$ –

приведена ступінь чорноти системи тіл; C_0 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла; T_1, T_2 – абсолютна температура поверхонь 1 і 2; φ_1, φ_2 – кути між напрямом потоку випромінювання і нормаллями до поверхонь 1 і 2; F_1, F_2 – площі поверхонь 1 і 2; r – відстань між ділянками поверхонь.

Під час опису складових процесу теплообміну оцінюються теплові потоки, для чого необхідно знати розподіл температури в просторі або по поверхнях тіл. Прикладні задачі зазвичай пов'язуються з описом поверхонь та кривих ліній, що у геометричних термінах інтерпретують реальний простір та характер розподілу в ньому фізичних величин (температура, тиск, напір, швидкість руху речовини тощо). Під час впровадження результатів геометричного моделювання у вигляді методик розрахунку, алгоритмів і програм доводиться узгоджувати чисельні розрахунки з інженерними даними. Прикладами є здійснені впровадження щодо розрахунків гідродинамічних споруд [6,8], тепложивильників для виробництва скла [9,10], джерел світла [8,11].

Так, в реальних лампах [12,13] завжди спостерігається нерівномірність розподілу температури по поверхні колби, тобто нерівномірність розподілу енергії випромінювання. Точне розв'язання загального рівняння балансу енергії за таких умов є досить складним і потребує спеціального програмного забезпечення. Тому в інженерній практиці проводять наближені розрахунки в кожному конкретному

випадку. Одержання результатів полегшується, якщо при складанні алгоритмів і програм використовувати засоби комп'ютерної графіки [8, 11].

У класичних задачах визначення розподілу температури в об'ємі просторового тіла нестационарне температурне поле, зокрема, в об'ємі, обмеженому циліндром, описують функціональним рядом [14, 15], до складових якого входять функції Бесселя. При цьому дані залежать від значення радіального кута циліндричних координат. Щодо визначення стаціонарного температурного поля у циліндричному об'ємі, то розподіл температури є функцією висоти і радіуса основи циліндра. На рис. 3 наведено приклад реалізації програми [9–11] для визначення стаціонарного поля температур на прямокутній ділянці (рис. 3, а, в) та в об'ємі циліндра з термоізолюваною основою (рис. 3, б, г).

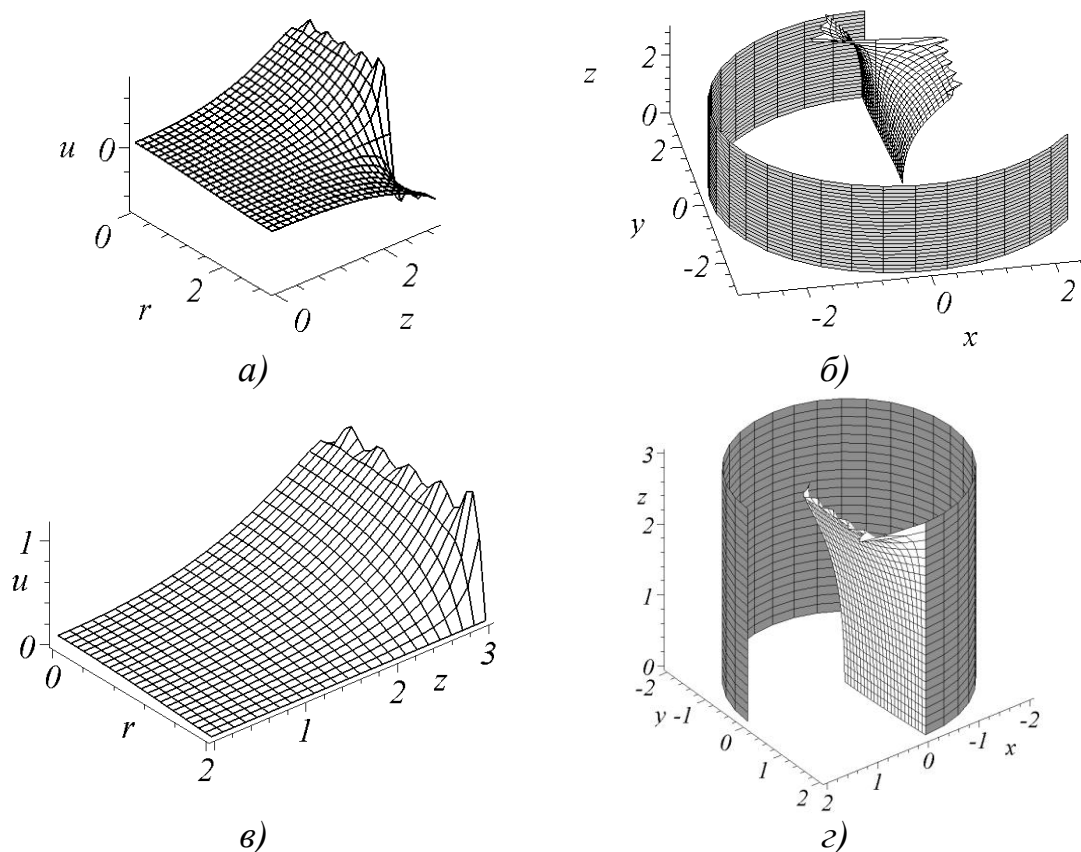


Рис. 3. Визначення поля температур: а, б – в межах $\{0 \leq r \leq 3, 0 \leq z \leq 3\}$; в, г – в межах $\{0 \leq r \leq 2, 0 \leq z \leq 3\}$.

Завдяки наочності розв'язків було полегшено процес прийняття інженерних рішень щодо варіативності геометричних параметрів температурних полів.

Висновки. Кожна з проблем альтернативної енергетики пов'язана з процесами видобутку енергії, зростання виробництва, розвитку транспорту, охорони довкілля тощо. Визначені процеси

змушують користуватися знаковою системою у вигляді наочних зображень, які несуть унікальне інформаційне навантаження. Тому є актуальним створення умов для впровадження геометричних методів у дослідження об'єктів альтернативної енергетики.

Література

1. *Павлова Е.И.* Экология транспорта / Е.И. Павлова. – М. : Высш. шк., 2006. – 344 с.
2. *Антошків О.В.* Менеджмент енергопотоків автомобіля: [монографія] / О.В. Антошків. – Львів: Світ, 2014. – 168 с.
3. *Дорошенко А.В.* Испарительные охладители в альтернативной энергетике / А.В. Дорошенко, С.Ю. Васютинский, С.О. Филин, Б. Закшевский. – ЗАРОЛ, Щецин, 2011. – 440 с.
4. *Даниленко В.Я.* Огляд напрямків використання геометричної інформації в енергозбереженні, екології та дизайні / В.Я. Даниленко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К., 2009. – Вип. 82. – С. 142–147.
5. *Куценко Л.М.* Визначення паралельних кривих як розв'язку диференціального рівняння ейконала / Л.М. Куценко // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К., 2003. – Вип. 72. – С. 37–42.
6. *Шоман О.В.* Паралельні множини в геометричному моделюванні явищ і процесів [монографія] / О.В. Шоман. – Харків: НТУ "ХП", 2007. – 288 с.
7. *Драганов Б.Х.* Теплотехніка / Б.Х. Драганов, А.А. Долинський, А.В. Міщенко, Є.М. Письменний – К. : ІНКОС, 2005. – 504 с.
8. *Шоман О.В.* Досвід застосування моделей паралельних і квазіпаралельних множин у практичній діяльності / О.В. Шоман // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К., 2007. – Вип. 77. – С. 109–114.
9. *Кукуруза Д.В.* Геометричне моделювання розподілу значень локальних кутових коефіцієнтів випромінювання на множині точок площини: дис. ... кандидата техн. наук : 05.01.01 / Кукуруза Дмитро Володимирович. – К., 2005. – 185 с.
10. *Шоман О.В.* Визначення розподілу температур в об'ємі тіла циліндричної форми / О.В. Шоман, Д.В. Кукуруза // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К., 2008. – Вип. 80. – С. 236–241.
11. *Кожушко Г.М.* Геометричне моделювання розподілу температури в об'ємі трубчастої газорозрядної лампи / Г.М. Кожушко, О.В. Шоман // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Х., 2005. – Вип. 11. – С. 51–57.
12. *Рохлин Г.Н.* Разрядные источники света / Г.Н. Рохлин. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 720 с.

13. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – [3-е изд., перераб. и доп.] – М. : Знак, 2006. – 972 с.
14. *Курант Р.* Курс дифференциального и интегрального исчисления : в 2 т. / Р. Курант ; пер. с англ. – М. : Наука, 1967. – Т. 1. – 1967. – 704 с.; Т. 2. – 1970. – 260 с.
15. *Фихтенгольц Г.М.* Курс дифференциального и интегрального исчисления / Г.М. Фихтенгольц. – М. : Наука, 1966. – Т. 3. – 656 с.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

О.В. Шоман, В.Я. Даниленко

Аннотация – выполнен обзор составляющих процесса теплообмена с позиций определения геометрического характера распределения значений физических величин в пространстве. Уделено внимание перспективности внедрений разработок прикладной геометрии в отрасль альтернативной энергетики. Приведены примеры использования алгоритмов и программ компьютерной графики в инженерной практике определения температурных полей.

PROBLEMS OF USE OF GEOMETRICAL METHODS IN RESEARCHES OF ALTERNATIVE POWER ENGINEERING

O. Shoman, V. Danylenko

Summary

The review of components of process of heat exchange from positions of determination of geometrical nature of distribution of values of physical quantities in space is executed. The attention of prospects of introductions of development of applied geometry in branch of alternative power engineering is paid. Examples of use of algorithms and programs of computer graphics in engineering practice of definition of temperature fields are given.