

УДК 514.18

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОЛІВ

Мостовенко О. В., к.т.н.*

a.mostovenko25@gmail.com, ORCID:0000-0002-3423-4126

Ковальов С. М., д.т.н.,

kovalov.sm@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7713-1768

Золотова А. В., к. т. н.,

zolotova.av@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8014-3834*Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)*

Вирішення задач, пов'язаних з енергозбереженням, є нагальною проблемою сьогодення. Геометричне моделювання енергетичних процесів дає можливість проектувальнику або архітектору вирішувати такі задачі, що дозволяє наперед враховувати енергозатрати проекту. Важливим для практики є ряд оптимізаційних задач, у яких з множини розв'язків можна обрати оптимальне за тими чи іншими критеріями. Шлях вирішення однієї з таких задач запропоновано у даному дослідженні.

У математичній моделі енергетичного поля, яке представлено у вигляді рівняння, частина зазначених параметрів може бути заданою, інші – вільні. Якщо число вільних змінних параметрів на одиницю перевищує число заданих, математична модель енергетичного поля є недовизначеною і з'являється можливість пошуку її оптимального розв'язання з однопараметричної множини можливих. Математична модель може бути представлена одним рівнянням, якщо заданими є параметри джерел енергії. Якщо заданими є параметри точок енергетичного поля, а невідомими – параметри джерел енергії, математична модель представляється системою рівнянь, причому, якщо невідомими є координати заданих точок поля, зазначена система рівнянь є нелінійною.

Більшість практичних задач оптимізації енергетичних полів пов'язується з енергозбереженням. Критерієм оптимізації у цьому випадку є мінімізація потужностей джерел енергії при виконанні заданих умов задачі. Залежність між параметрами цільової функції описується одним рівнянням або системою таких рівнянь. Задача оптимізації у такому випадку є однокритеріальною. Змінні параметри рівняння або системи таких рівнянь є параметрами оптимізації.

Сформульовано одну з кількох задач оптимізації параметрів енергетичних полів, пов'язуючи цю задачу з практикою архітектурного проектування інтер'єрів та екстер'єрів – мінімізація потужностей джерел енергії для забезпечення заданих потенціалів у заданих точках

* Науковий консультант – д.т.н., проф. Ковальов С.М.

поля або мінімізація потужностей заданої кількості однакових джерел енергії стосовно штучного освітлення приміщень, вирішення якої наведено у даній статті.

Ключові слова: оптимізація, енергетичне поле, вплив відстані, джерело енергії, геометрична модель, параметри оптимізації, цільова функція.

Постановка проблеми. Вирішення задач, пов'язаних з енергозбереженням, є нагальною проблемою сьогодення. Геометричне моделювання енергетичних процесів дає можливість проектувальнику або архітектору вирішувати такі задачі, що дозволяє наперед враховувати енергозатрати проекту. Важливим для практики є ряд оптимізаційних задач, у яких з множини розв'язків можна обрати оптимальне за тими чи іншими критеріями.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Аналіз літератури із загальних питань геометричного моделювання фізичних процесів та явищ [3-10] дозволив виявити чинники, які потрібно враховувати при створенні узагальненої геометричної моделі енергетичних полів. Основним з цих чинників є вплив відстані між точками енергетичного поля і джерелами енергії на параметри поля. У літературних джерелах не виявлено такого узагальненого способу, де враховуються відстані від точки енергетичного поля до заданих джерел енергії.

Ціль статті. Показати шляхи розв'язання однієї з задач оптимізації параметрів енергетичних полів.

Основна частина. Геометричною моделлю енергетичного поля є тривимірний багатовид у чотиривимірному просторі, якій аналітично описується рівнянням (1).

$$U = \sum_{i=1}^n U_i^* t_i, \quad (1)$$

де n – число точкових джерел енергії;

U_i^* – потенціали кожного точкового джерела енергії;

t_i – параметри, що враховують відстань від кожного точкового джерела до поточної точки поля [11].

Рівняння (1) пов'язує залежність параметри положення та потенціали як точкових джерел енергії, так і точок енергетичного поля $(U_i^*, U_j, x_i, y_i, z_i, x_j, y_j, z_j)$ і є математичною моделлю енергетичного поля. Частина зазначених параметрів може бути заданою, інші – вільні. Якщо число вільних змінних параметрів на одиницю перевищує число заданих, рівняння (1) є недовизначеним і з'являється можливість пошуку його оптимального розв'язання з однопараметричної множини можливих. Математична модель може бути представлена одним рівнянням (1), якщо

заданими є параметри джерел енергії. Якщо заданими є параметри точок енергетичного поля, а невідомими – параметри джерел енергії, математична модель представляється системою рівнянь, причому, якщо невідомими є координати заданих точок поля, зазначена система рівнянь є нелінійною.

Більшість практичних задач оптимізації енергетичних полів пов'язується з енергозбереженням. Критерієм оптимізації у цьому випадку є мінімізація потужностей джерел енергії при виконанні заданих умов задачі:

$$\sum_{i=1}^n U_i^* \rightarrow \min, \quad (2)$$

де n – число джерел енергії.

Залежність між параметрами цільової функції описується рівнянням (1) або системою таких рівнянь. Задача оптимізації у такому випадку є однокритеріальною. Змінні параметри рівняння або системи таких рівнянь є параметрами оптимізації [1].

Сформулюємо одну з кількох задач оптимізації параметрів енергетичних полів, пов'язуючи цю задачу з практикою архітектурного проектування інтер'єрів та екстер'єрів – мінімізація потужностей джерел енергії для забезпечення заданих потенціалів у заданих точках поля або мінімізація потужностей заданої кількості однакових джерел енергії стосовно штучного освітлення приміщень;

Першим етапом розв'язання цієї оптимізаційної задачі є визначення критерію оптимізації, відповідно до якого формується цільова функція.

На другому етапі складається математична модель енергетичного поля.

На третьому етапі визначаються параметри оптимізації і обмеження, які накладаються на зміну параметрів.

На останньому етапі визначається спосіб мінімізації цільової функції.

Приклад (рис.). Визначити положення точкового джерела U^* мінімальної потужності при забезпеченні заданих потенціалів у трьох заданих точках енергетичного поля:

I($x_1=3$; $y_1=0$; $z_1=0$; $U_1=80$); II($x_2=0$; $y_2=4$; $z_2=0$; $U_2=85$); III($x_3=0$; $y_3=0$; $z_3=5$; $U_3=90$), якщо параметр t визначається за схемою II [11], де $f(l) = l^2$ і $x_p=200$.

Відповідно до (1):

$$U_i = \frac{U^*(x_p - l_i^2)}{x_p}. \quad (4)$$

де l_i – відстані від точкового джерела енергії до точок енергетичного поля;

x_p - обмеження дії точкового джерела.

При підстановці до (4) заданих вихідних даних отримано систему трьох рівнянь:

$$\begin{aligned} 80 &= \frac{U^*[200 - (x - 3)^2 - y^2 - z^2]}{200}; \\ 85 &= \frac{U^*[200 - x^2 - (y - 4)^2 - z^2]}{200}; \\ 90 &= \frac{U^*[200 - x^2 - y^2 - (z - 5)^2]}{200}. \end{aligned} \quad (5)$$

Система (5) налічує три рівняння з чотирма невідомими (U^* , x , y , z), що дозволяє з однопараметричної множини можливих розв'язань обрати оптимальне. Цю систему (5) можна перетворити на іншу:

$$\begin{aligned} y &= 0,75x + \frac{125}{U^*} + 0,875; \\ z &= 0,6x + \frac{200}{U^*} + 1,6; \\ (x - 3)^2 + (0,75x + \frac{125}{U^*} + 0,875)^2 + (0,6x + \frac{200}{U^*} + 1,6)^2 + \frac{16000}{U^*} - 200 &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Останнє рівняння системи (6) є цільовою функцією $U^* = f(x)$ у неявному вигляді.

Критерієм пошуку оптимального розв'язання є мінімум потужності U^* джерела енергії. Змінним параметром цільової функції є абсциса (x) джерела.

Пошук параметра x при мінімальному значенні функції U^* методом дихотомії [2] дає результат:

$$x = -0,48; \quad U^* = 92,806.$$

Ординату і аплікату точкового джерела енергії отримаємо з перших двох рівнянь системи (6):

$$y = 1,862; \quad z = 3,467.$$

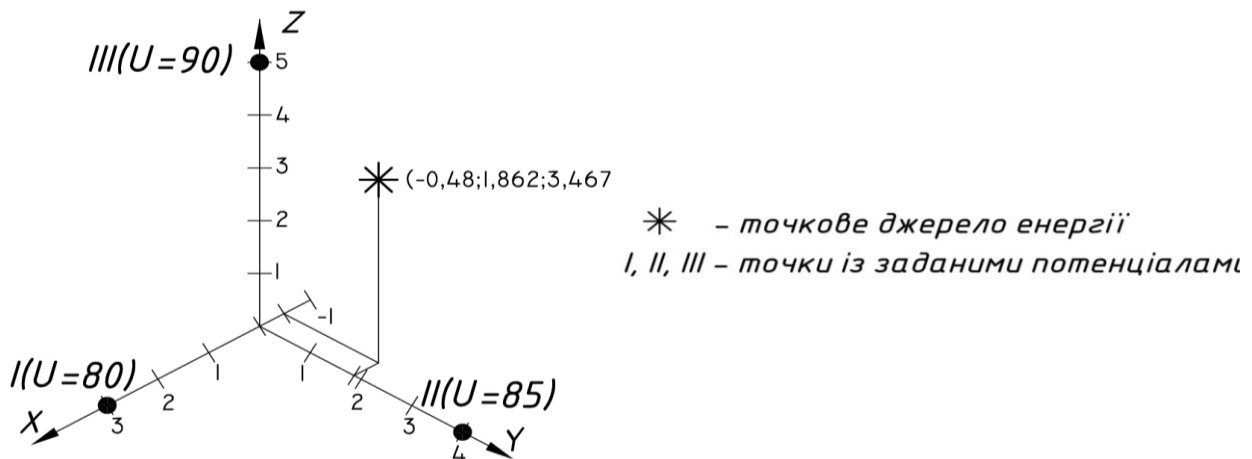


Рис.1. Положення точкового джерела мінімальної потужності

Висновки. У даному дослідженні показано шлях розв'язання однієї з задач оптимізації параметрів енергетичних полів та наведено приклад визначення положення точкового джерела енергії з мінімальною потужністю при заданих потенціалах у трьох точках енергетичного поля.

Література

1. Аоки М. Введение в методы оптимизации. М.: Наука, 1977. 344 с.
2. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. М.: Радио и связь, 1988. 128 с.
3. Аكوпова Н.Ю. Геометричне моделювання розподілу світла в просторі при точковому джерелі. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. К.:КНУБА, 2000. Вип. 68. С.163-165.
4. Подгорный А.Л., Волошина И.В. Моделирование поверхностей равного уровня звука от точечных и линейных. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. К.: КДТУБА, 1987. Вип. 43. С.8-11.
5. Попов В.М. Метод оцінки теплового потоку, що випромінюється поверхнею обертання як факелом полум'я : автореф. ... канд. техн. наук. 05.01.01. КНУБА. К., 2002. 18 с.
6. Пугачов Є.В. Дискретне геометричне моделювання скалярних і векторних полів стосовно будівельної світлотехніки : дис. ... доктора техн. наук: 05.01.01. К., 2001. 353 с.
7. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків : автореф. ... докт. техн. наук. 05.01.01. КНУБА. К., 2008. 39 с.
8. Тормосов Ю.М. Геометричне моделювання та оптимізація процесу теплової променевої обробки харчових продуктів : автореф. ... докт. техн. наук. 05.01.01. К.:КНУБА., 2004. 34 с.
9. Хомченко А.Н., Цыбуленко О.В., Колесникова Н.В. Компьютерные оценки квадратичной поправки МБУ в расчетах электростатического поля. *Геометричне та комп'ютерне моделювання*. Харків, 2004. Вип. 6. С. 9-13.
10. Шоман О.В. Загальний підхід до геометричного моделювання фізичних полів. Збірник наук. праць КНУТД (спецвипуск): Міжвідомчий науково-технічний збірник. К.: ДОП КНУТД, 2005. С. 79-83.
11. Мостовенко О.В. Узагальнення схем для визначення параметра врахування впливу відстані від точки фізичного поля до точкового джерела енергії. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 98. С. 104-109. DOI: 10.32347/0131-579x.2020.98.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Мостовенко Александр В., Ковалёв С.Н., Золотова А.В.

Решение задач, связанных с энергосбережением, является насущной проблемой современности. Геометрическое моделирование энергетических процессов дает возможность проектировщику или архитектору решать такие задачи, позволяет заранее учитывать энергозатраты проекта. Важным для практики является ряд оптимизационных задач, в которых из множества решений можно выбрать оптимальное по тем или иным критериям. Путь решения одной из таких задач предложен в данном исследовании.

В математической модели энергетического поля, которое представлено в виде уравнения, часть указанных параметров может быть задана, остальные - свободны. Если число свободных параметров на единицу превышает число заданных, математическая модель энергетического поля будет недоопределенной, и появляется возможность поиска ее оптимального решения из однопараметрического множества возможных. Математическая модель может быть представлена одним уравнением, если заданными являются параметры источников энергии. Если будут заданы параметры точек энергетического поля, а параметры источников энергии - неизвестны, то математическая модель поля представляется системой уравнений. Если неизвестными являются координаты заданных точек поля, указанная система уравнений является нелинейной.

Большинство практических задач оптимизации энергетических полей связывается с энергосбережением. Критерием оптимизации в этом случае является минимизация мощностей источников энергии при выполнении заданных условий задачи. Зависимость между параметрами целевой функции описывается одним уравнением или системой таких уравнений. Задача оптимизации в таком случае становится однокритериальной. Переменные параметры уравнения или системы таких уравнений являются параметрами оптимизации.

В данной публикации решена одна из нескольких задач оптимизации параметров энергетических полей, связанная с практикой архитектурного проектирования интерьеров и экстерьеров, - минимизация мощностей источников энергии для обеспечения заданных потенциалов в заданных точках поля или минимизация мощностей заданного количества одинаковых источников энергии относительно искусственного освещения помещений.

Ключевые слова: оптимизация, энергетическое поле, влияние расстояния, источник энергии, геометрическая модель, параметры оптимизации, целевая функция.

OPTIMIZATION OF ENERGY FIELD PARAMETERS

Olexandr Mostovenko, Sergii Kovalov, Alla Zolotova

Resolving energy saving tasks is an urgent problem of our time. Geometric modelling of energy processes makes it possible for the designer or architect to solve such problems and to consider the energy costs of a project in advance. It is important for practice to solve a number of optimization tasks, in which it is possible to choose the best solution from a set of criteria. The way of solving one of such tasks is proposed in this study.

In a mathematical model of an energy field, which is represented in the form of an equation, some of the specified parameters can be set, and the rest are free. If the number of free parameters exceeds the number of given parameters by one, the mathematical model of the energy field will be underdetermined, and it will be possible to find its optimal solution from the one-parameter set of possible parameters. A mathematical model can be represented by a single equation, if the parameters of energy sources are given. If the parameters of the energy field points are set, but the parameters of the energy sources are unknown, the mathematical model of the field is represented by a system of equations. If the unknowns are the coordinates of the given points of the field, the specified system of equations is non-linear.

Most of practical tasks of energy field optimization are connected with energy saving. Optimization criterion in this case is minimization of power of energy sources under fulfillment of given task conditions. Dependence between parameters of a target function is described by a single equation or a system of such equations. The optimization problem in this case becomes single-criteria. Variable parameters of an equation or system of such equations are optimization parameters.

In this publication one of several problems of energy field parameters optimization connected with practice of architectural design of interiors and exteriors is solved - minimization of energy source powers to provide given potentials in given points of field or minimization of power of given number of identical energy sources as for artificial illumination of rooms.

Key words: optimization, energy field, distance effect, energy source, geometrical model, optimization parameters, objective function.

Referenses

1. Aoky M. (1977) Introduced into the methods of optimization. M.: Nauka, 344. [in Russian]
2. Bandy B. (1988) Methods of optimization. Enter the course. M.: Radyo y sviaz, 128. [in Russian]
3. Akopova N.Iu. (2000) Geometric modeling of light distribution in space at a point source. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika. K.:KNUBA, 68,

- 163-165. [in Ukrainian]
4. Podhornyi A.L., Voloshyna Y.V. (1987) Modeling surfaces of equal sound level from point and linear. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*. K.: KDTUBA, 8-11. [in Russian]
 5. Popov V.M. (2002) Method of estimation of heat flow emitted by the surface of rotation as a flame torch. Extended abstract of candidate's thesis. K., KNUBA. [in Ukrainian]
 6. Puhachov Ye.V. (2001) Discrete geometric modeling of scalar and vector fields in relation to construction lighting engineering. Doctor's thesis. K., [in Ukrainian]
 7. Serheichuk O.V. (2008) Geometric modeling of physical processes in optimizing the form of energy efficient houses. Extended abstract of doctor's thesis. K., KNUBA., [in Ukrainian]
 8. Tormosov Yu.M. (2004) Geometric modeling and optimization of the process of heat radiation treatment of food products. Extended abstract of doctor's thesis. K., KNUBA. [in Ukrainian]
 9. Khomchenko A.N. Tsybulenko O.V., Kolesnykova N.V. (2004) Computer estimates of the IBU's quadratic amendment in the calculations of the electrostatic field. *Heometrychne ta kompiuterne modeliuвання*. Kharkiv, 6, 9-13. [in Russian]
 10. Shoman O.V. (2005) General approach to geometric modeling of physical fields. *Zbirnyk nauk. prats KNUTD (spetsvypusk): Mizhvidomchyi naukovy-tekhnichnyi zbirnyk*. K.: DOP KNUTD, 79-83. [in Ukrainian]
 11. Mostovenko O.V. (2020) Generalize diagrams to determine the option of taking into account the effect of distance from a physical field point to a point energy source. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*. Kyiv: KNUBA, 98, 104-109. DOI: 10.32347/0131-579x.2020.98. [in Ukrainian]