

УДК 515.2+563.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПО ЗАДАНЫМ ПАРАМЕТРАМ НЕСКОЛЬКИХ ТОЧЕК ФИЗИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Ковалёв С.Н. д.т.н.,

Мостовенко Ал-др В., докторант *

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
(Украина)

Многие инженерные задачи, связанные с архитектурным проектированием, требуют также учёта энергетических составляющих проекта. Особый интерес для практики среди других задач представляет ряд задач, связанных с моделированием физических полей от разного вида источников энергии. Важное место занимает ряд обратных задач, таких как определение положений и мощностей источников энергии при заданных потенциалах в заданных отдельных точках физического поля.

Решение такой задачи возникает, например, при проектировании искусственного освещения в интерьерах.

В данном исследовании в качестве источников энергии, создающих физическое поле, рассмотрены точечные источники энергии[1].

С увеличением расстояния от точки физического поля до источника энергии потенциал энергии в этой точке уменьшается. При бесконечно большом расстоянии этот потенциал равен нулю, а при бесконечно малом – он принимает максимальное значение. В работе [2] было принято считать, что параметр t влияния источника энергии на потенциал точки физического поля может изменяться от нуля до единицы. При этом основным требованием являлась монотонность увеличения параметра t при монотонном уменьшении расстояния l .

В данной работе гиперболическая зависимость между рядами точек t и l упрощена, за счёт ограничения максимального расстояния действия точечного источника величиной l_{max} [2]. Однако недостатком этой зависимости является то, что геометрическая модель становится ограниченной расстоянием l_{max} .

При определении параметра t удаленность точки физического поля от источника энергии в зависимости от вида энергии и физических характеристик среды можно учитывать, как функцию от расстояния, вид которой зависит от параметров вида энергии и

* Научный консультант – д.т.н., профессор Ковалёв С.Н.

параметров среды.

Зависимость параметра t от расстояния l может быть заранее известна для конкретного вида энергии и конкретной среды или может определяться по данным, полученным при помощи эксперимента.

При увеличении числа точечных источников энергии и заданных точек поля задача становится многопараметрической и поэтому необходимо проводить параметрический анализ условия для обеспечения равенства числа уравнений и числа неизвестных в системе уравнений.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, физическое поле, энергия, заданная точка, расстояние, влияние, потенциал энергии, точечный источник энергии.

Постановка проблемы. Многие инженерные задачи, связанные с архитектурным проектированием, требуют также учёта энергетических составляющих проекта. Особый интерес для практики среди других задач представляет ряд задач, связанных с моделированием физических полей от разного вида источников энергии. Важное место занимает ряд обратных задач, таких как определение положения и мощности источников энергии при заданных потенциалах в заданных отдельных точках физического поля.

Анализ последних исследований и публикаций. Авторами работ [3] и [4] решались задачи подобного типа известными методами непрерывной или дискретной интерполяции, но без учета влияния расстояний от точки поля до источников энергии. Не учитывалось также то, что при наличии нескольких источников энергии потенциал энергии в точке, совпадающей с точечным источником энергии, должен быть больше, чем потенциал самого источника, т.к. к потенциалу источника добавляются потенциалы энергии от других источников.

В работе [5] авторами предложен метод определения потенциала энергии в виде количества тепла от источника в виде эллипсоида, напоминающего факел.

Формулирование целей статьи. Предложить способ определения параметров точечных источников энергии по заданным параметрам нескольких точек физического поля.

Основная часть. Среди практических задач, связанных с моделированием физических полей, важное место занимают задачи определения положения и мощности точечных источников энергии при заданных потенциалах в заданных отдельных точках физического поля.

Решение такой задачи возникает, например, при проектировании искусственного освещения в интерьерах. Аналитически такая задача описывается системой уравнений:

$$U_j = \sum_{i=1}^n (U_i^* \cdot t_{i,j}), \quad (1)$$

где i – номер источника энергии;

i – номер заданной точки физического поля;

U_j – потенциал заданной точки поля;

U_i^* – мощность источника;

$t_{i,j}$ – параметр учёта расстояния от точки поля до источника энергии.

Зависимость параметра $t_{i,j}$ от расстояния $l_{i,j}$ может быть заранее известна для конкретного вида энергии и конкретной среды или может определяться по данным, полученным при помощи эксперимента.

При увеличении числа точечных источников энергии и заданных точек поля задача становится многопараметрической и поэтому необходимо проводить параметрический анализ условия для обеспечения равенства числа уравнений и числа неизвестных.

Обозначим число заданных точек с заданными потенциалами буквой m ; число заданных точечных источников энергии – n ; число заданных координат точечных источников – s ; число заданных потенциалов точечных источников – r . Тогда в трёхмерном пространстве имеет место равенство:

$$m = 4n - s - r; \quad (2)$$

на плоскости:

$$m = 3n - s - r. \quad (3)$$

Величина m также равна числу уравнений в системе (1). Параметры n , s и r могут находиться в различных комбинациях, но должны подчиняться зависимостям (2) или (3).

При $m > 4n - s - r$ в пространстве или $m < 3n - s - r$ на плоскости задача является неразрешимой или может иметь приближенное решение.

При $m < 4n - s - r$ в пространстве или $m < 3n - s - r$ на плоскости появляются лишние параметры, которые позволяют искать оптимальные решения по различным критериям.

Уравнивать левые и правые части выражений (2) и (3) можно также за счет задания отдельных параметров.

Пример.

Заданы координаты и потенциалы трёх точек *I*, *II*, *III* физического поля на плоскости: *I* ($x^I=3$; $y^I=1$; $U^I=16$); *II* ($x^{II}=4$; $y^{II}=5$; $U^{II}=13$); *III* ($x^{III}=5$; $y^{III}=2$; $U^{III}=14$). Необходимо определить координаты и потенциалы двух точечных источников энергии.

Тогда $m=3$; $n=2$; $s=0$; $r=0$:

$$m - 3n + s + r = 3. \quad (4)$$

Для уравнивания числа неизвестных и числа уравнений необходимо дополнительно задать три параметра в качестве исходных условий. Например, координаты одного из источников и его потенциал: $x_1^* = 0$; $y_1^* = 0$; $U_1^* = 10$ лин. ед.

Для определения параметра t примем схему с ограничением максимального расстояния от точек поля до источников энергии [2]: $l_{max}=100$ лин. ед. и $f(l)=l^2$. Тогда

$$t_{i,j} = 1 - \frac{(x_i^* - x_j)^2 + (y_i^* - y_j)^2}{100}. \quad (5)$$

Система уравнений (1) принимает вид:

$$\begin{aligned} 16 &= 10 \left(1 - \frac{9+1}{100} \right) + U_2^* \left[1 - \frac{(x_2^* - 3)^2 + (y_2^* - 1)^2}{100} \right]; \\ 13 &= 10 \left(1 - \frac{16+25}{100} \right) + U_2^* \left[1 - \frac{(x_2^* - 4)^2 + (y_2^* - 5)^2}{100} \right]; \\ 14 &= 10 \left(1 - \frac{25+4}{100} \right) + U_2^* \left[1 - \frac{(x_2^* - 5)^2 + (y_2^* - 2)^2}{100} \right]; \end{aligned} \quad (6)$$

или

$$\begin{aligned} 100U_2^* - U_2^*(x_2^* - 3)^2 - U_2^*(y_2^* - 1)^2 - 700 &= 0; \\ 100U_2^* - U_2^*(x_2^* - 4)^2 - U_2^*(y_2^* - 5)^2 - 710 &= 0; \\ 100U_2^* - U_2^*(x_2^* - 5)^2 - U_2^*(y_2^* - 2)^2 - 690 &= 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Результатом решения системы (7) является:

$$x_2^* = 2,733; \quad y_2^* = 3,36; \quad U_2^* = 7,419.$$

Выводы. Как показал пример, предложенный способ позволяет при заданном определённом числе точек физического поля с заданными параметрами определять параметры положения и мощности точечных источников энергии.

Литература

1. Элементарный учебник физики. Учебное пособие. В 3-х т. / Под ред. Г.С. Лансберга. Т. III. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. 10-е изд., перераб. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986. 656 с.
2. Ковальов С.М., Мостовенко А.В. Вплив відстаней між точками інтерполянта та заданими точками на його форму. *Управління розвитком складних систем*. 2019. №37. С.78–82.
3. Скочко В.І. Спеціальні геометричні моделі процесів, що розвиваються в суцільному середовищі : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.01. К.: КНУБА, 2012. 269 с.
4. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків : дис ... д-ра. техн. наук: 05.01.01. К.: КНУБА, 2008. 425 с.
5. Попов В.М., Куценко Л.М., Семенова-Куліш В.В. Метод оцінки теплового потоку, що випромінюється еліпсоїдом як факелом полум'я. Харків: ХІПБ МВС України, 2000. 144 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПО ЗАДАНИМ ПАРАМЕТРАМ КІЛЬКОХ ТОЧОК ФІЗИЧНОГО ПОЛЯ

Ковальов С.М., Мостовенко О.В.

Багато інженерних задач, які пов'язано з архітектурним проектуванням, вимагають також врахування енергетичних складових проекту. Особливу цікавість для практики серед інших задач становить ряд задач, які пов'язано з моделюванням фізичних полів від різного виду джерел енергії. Важливе місце займає ряд обернених задач, таких як визначення положень і потужностей джерел енергії при заданих потенціалах в заданих окремих точках фізичного поля.

Вирішення такої задачі виникає, наприклад, при проектуванні штучного освітлення в інтер'єрах.

У даному дослідженні в якості джерел енергії, що створюють фізичне поле, розглянуто точкові джерела енергії [1].

Зі збільшенням відстані від точки фізичного поля до джерела енергії потенціал енергії в цій точці зменшується. При нескінченно великій відстані цей потенціал дорівнює нулю, а при нескінченно малій – він приймає максимальне значення. У роботі [2] було прийнято вважати, що параметр t впливу джерела енергії на потенціал точки

фізичного поля може змінюватися від нуля до одиниці. При цьому основною вимогою була монотонність збільшення параметра t при монотонному зменшенні відстані l .

У даній роботі гіперболічну залежність між рядами точок t і l спрощено, за рахунок обмеження максимальної відстані дії точкового джерела величиною l_{max} [2]. Однак недоліком цієї залежності є те, що геометрична модель стає обмеженою відстанню l_{max} .

При визначенні параметра t віддаленість точки фізичного поля від джерела енергії в залежності від виду енергії і фізичних характеристик середовища можна враховувати як функцію від відстані, вид якої залежить від параметрів виду енергії і параметрів середовища.

Залежність параметра t від відстані l може бути заздалегідь відома для конкретного виду енергії і конкретного середовища або може визначатися за даними, які отримано за допомогою експерименту.

При збільшенні числа точкових джерел енергії та заданих точок поля задача стає багатопараметричною і тому необхідно проводити параметричний аналіз умови для забезпечення рівності числа рівнянь і числа невідомих у системі рівнянь.

Ключові слова: геометричне моделювання, фізичне поле, енергія, задана точка, відстань, вплив, потенціал енергії, точкове джерело енергії.

DETERMINATION OF PARAMETERS OF ENERGY SOURCES BY SPECIFIED PARAMETERS OF SEVERAL PHYSICAL FIELD POINTS

Kovalov S., Mostovenko A.

Many engineering tasks associated with architectural design also require consideration of the energy components of the project. Of particular interest to practice, among other tasks, is a number of tasks related to the modeling of physical fields from various types of energy sources. An important place is occupied by a number of inverse problems, such as determining the positions and powers of energy sources at given potentials at given individual points of the physical field.

A solution to this problem arises, for example, in the design of artificial lighting in interiors.

In this study, point sources of energy are considered as energy sources creating a physical field [1].

With increasing distance from the point of the physical field to the energy source, the energy potential at this point decreases. At an infinitely large distance, this potential is equal to zero, and at infinitely small - it takes a maximum value. In [2], it was assumed that the parameter t of the influence of an energy source on the potential of a point of a physical field can vary from zero to unity. In this case, the main requirement was the monotonic increase in the parameter t with a monotonic decrease in the distance l .

In this paper, the hyperbolic dependence between the rows of points t and l is simplified by limiting the maximum distance of action of a point source to l_{max} [2]. However, the disadvantage of this dependence is that the geometric model becomes limited by the distance l_{max} .

When determining the parameter t , the distance of the physical field point from the energy source depending on the type of energy and physical characteristics of the medium can be taken into account as a function of distance, the form of which depends on the parameters of the type of energy and the parameters of the medium.

The dependence of the parameter t on the distance l can be known in advance for a specific type of energy and a specific medium, or it can be determined from data obtained by experiment.

With an increase in the number of point energy sources and given field points, the problem becomes multi-parameter and therefore it is necessary to carry out a parametric analysis of the condition to ensure that the number of equations is equal to the number of unknowns in the system of equations.

Keywords: geometric modeling, physical field, energy, given point, distance, influence, energy potential, point source of energy.