

УДК 514.182.7

## ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОЛЯ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ ДАНИМИ З УРАХУВАННЯМ НЕСКІНЧЕННО ВІДДАЛЕНИХ ТОЧОК

Ковальов С.М., д.т.н.,

[snkovalov41@gmail.com](mailto:snkovalov41@gmail.com), ORCID: 0000-0002-7713-1768

Мостовенко Ол-др В., к.т.н. \*

[a.mostovenko25@gmail.com](mailto:a.mostovenko25@gmail.com), ORCID: 0000-0002-3423-4126

Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)

*На стадії архітектурного проектування будівель і споруд одним з важливих аспектів є енергозбереження. Наприклад, можливість розраховувати оптимальне положення джерел енергії з їх оптимальною потужністю для досягнення необхідного потенціалу енергії в заданих точках цього поля. Вирішення таких задач заздалегідь дає можливість проектувальнику оптимально планувати витрати на енергетичні складові проекту. На потенціал довільної точки фізичного поля, утвореного у тривимірному просторі, впливає віддаленість цієї точки від джерела енергії. Цей вплив зменшується зі збільшенням відстані від точки поля до джерела енергії і збільшується зі зменшенням вказаної відстані. Формально цей вплив описується деяким параметром  $t$  [1]. Також особливий вплив на поширення енергетичного поля у тривимірному просторі, а тому і на потенціали точок цього поля, має тип енергії, що випромінюється, і та середа, в якій виникає це поле. Необхідно відзначити, що джерела енергії, що утворюють енергетичне поле, можуть бути точкові, протяжні (лінійні) [2], а також у вигляді поверхонь (площин).*

*Для врахування усіх цих параметрів у даній статті запропоновано експериментально отримані значення потенціалів окремих точок енергетичного поля, утвореного у тривимірному просторі одним точковим джерелом енергії, інтерполювати деякою кривою, яка дозволить визначати потенціал довільної точки цього поля на заданій відстані від джерела енергії з урахуванням нескінченно віддалених точок цього поля.*

*Якщо у схему, яка встановлює гіперболічну залежність між відстанню від джерела енергії до точки енергетичного поля і параметром впливу цієї відстані на потенціал точки поля, додати додаткову залежність, яка враховує експериментально отримані дані, можна отримати нову схему, що дозволяє не обмежувати відстані від точок поля до джерела енергії. Для вирішення задачі відстань  $l$  від точки енергетичного поля до точкового джерела енергії будемо відкладати не вздовж осі  $Ox$ , як це було в [3], а вздовж осі  $Ol$  (рис. 1), встановлюючи*

---

\* Науковий консультант – д.тех.н., професор Ковальов С.М.

додаткову параболічну залежність між точками осей  $Ox$  і  $Ol$ , яка дозволяє враховувати експериментально отримані параметри.

*Ключові слова:* геометричне моделювання, енергетичне поле, потенціал енергії, точкове джерело енергії, відстань, функція, експериментальні дані, параболічна залежність.

**Постановка проблеми.** На стадії архітектурного проектування будівель і споруд одним з важливих аспектів є енергозбереження.

Наприклад, можливість розраховувати оптимальне положення джерел енергії з їх оптимальної потужністю, які породжують фізичне поле, для досягнення необхідного потенціалу енергії в заданих точках цього поля. Вирішення таких задач заздалегідь дає можливість проектувальнику оптимально планувати витрати на енергетичні складові проекту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі [3] було наведено узагальнену схему визначення параметра  $t$  як з урахуванням нескінченно віддалених точок енергетичного поля, так і при обмеженні максимально можливої відстані від точок поля до джерела енергії. У роботах [4] та [5] авторами вирішувалися такі задачі визначення потенціалів точок методами неперервної або дискретної інтерполяції. Але авторами цих робіт не враховувався вплив відстаней від точок фізичного поля до джерел енергії на потенціал точок поля. В роботі [6] авторами запропоновано метод визначення потенціалу енергії у вигляді кількості тепла від джерела, що нагадує факел, який представлено у вигляді еліпсоїда обертання.

**Формулювання цілей статті.** Ціллю даної статті є створення геометричного апарату, що дозволяє за відомими експериментально отриманими значеннями потенціалів точок енергетичного поля визначати потенціал енергії довільної точки цього поля (з урахуванням нескінченно віддалених точок) на заданій відстані від точкового джерела енергії.

**Основна частина.** Потенціал довільної точки фізичного поля при одному джерелі енергії визначається за формулою [1]:

$$U = U^* \cdot t, \quad (1)$$

де  $U^*$  – потенціал точкового джерела енергії;

$t$  – параметр, що дозволяє враховувати відстань від точки енергетичного поля до точкового джерела енергії.

У статті [3] було наведено узагальнену схему визначення параметра  $t$  як з урахуванням нескінченно віддалених точок фізичного поля, так і при обмеженні максимально можливої відстані від точок поля до джерела енергії (якщо відомо відстань  $l_{\max}$ , при якій джерело енергії практично не впливає на потенціал точки поля).

Ці схеми не враховують різноманітність як параметрів виду енергії, так і параметрів середовища, в якій виникає енергетичне поле. Вплив зазначених параметрів на потенціал енергії точок поля можна врахувати,

маючи експериментально отримані значення потенціалів декількох точок поля на заданих відстанях від джерела енергії. Експериментально отримані значення потенціалів точок поля можна інтерполювати деякої кривої, яка дозволить визначати потенціал довільної точки поля на заданій відстані від джерела.

Якщо у схему, яка встановлює гіперболічну залежність між відстанню  $l$  і параметром  $t$ , додати додаткову залежність, яка враховує експериментально отримані дані, можна отримати нову схему, що дозволяє не обмежувати відстані від точок поля до джерела енергії.

Нехай відомі потенціали  $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$  точок поля на заданих відстанях відповідно  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  від точкового джерела енергії. Необхідно визначити потенціал точкового джерела енергії і вивести формулу для визначення потенціалу енергії точки поля на довільній відстані від джерела енергії.

Для вирішення задачі відстань  $l$  від точки енергетичного поля до точкового джерела енергії будемо відкладати не вздовж осі  $Ox$ , як це було в [3], а вздовж осі  $Ol$  (рис. 1), встановлюючи додаткову параболічну залежність між точками осей  $Ox$  і  $Ol$ , яка дозволяє враховувати експериментально отримані параметри. Ця залежність має вигляд:

$$x = a_1l + a_2l^2 + a_3l^3 + \dots + a_{n-1}l^{n-1}. \quad (2)$$

Тоді параметр  $t$  визначається за формулою:

$$t = \frac{1}{x+1}. \quad (3)$$

$$t = \frac{1}{a_1l + a_2l^2 + a_3l^3 + \dots + a_{n-1}l^{n-1} + 1}. \quad (4)$$

Формула (1) набуває вигляду:

$$U^* = U(a_1l + a_2l^2 + a_3l^3 + \dots + a_{n-1}l^{n-1} + 1). \quad (5)$$

Підставляючи у (5) експериментально отримані значення  $U_i$  і  $l_i$  отримаємо систему з  $n$  лінійних рівнянь, де невідомими є параметри  $a_i$  параболі (2) і потенціал джерела енергії. Вирішення цієї системи дозволяє визначати параметр  $t$  за формулою (4), а, отже, і потенціал довільної точки енергетичного поля на заданій відстані від точкового джерела енергії.

*Приклад.*

Припустимо, що за допомогою експерименту отримані значення потенціалів енергії  $U_1 = 25$  умовних одиниць;  $U_2 = 17$  ум. од.;  $U_3 = 12$  ум. од. точок енергетичного поля відповідно на відстанях  $l_1 = 3$  лінійних одиниць;  $l_2 = 4$  лін. од.;  $l_3 = 5$  лін. од. від точкового джерела енергії.

Залежність між параметрами  $x$  і  $l$  в даному випадку встановлюється за допомогою параболі другого порядку:

$$x = a_1l + a_2l^2. \quad (6)$$

Тоді рівняння (5) набуває вигляду:

$$U^* = U(a_1l + a_2l^2 + 1). \quad (7)$$

При підстановці до (7) даних, що отримані експериментальним шляхом, маємо систему трьох рівнянь:

$$\begin{aligned} U^* &= 25(3a_1 + 9a_2 + 1); \\ U^* &= 17(4a_1 + 16a_2 + 1); \\ U^* &= 12(5a_1 + 25a_2 + 1). \end{aligned} \quad (8)$$

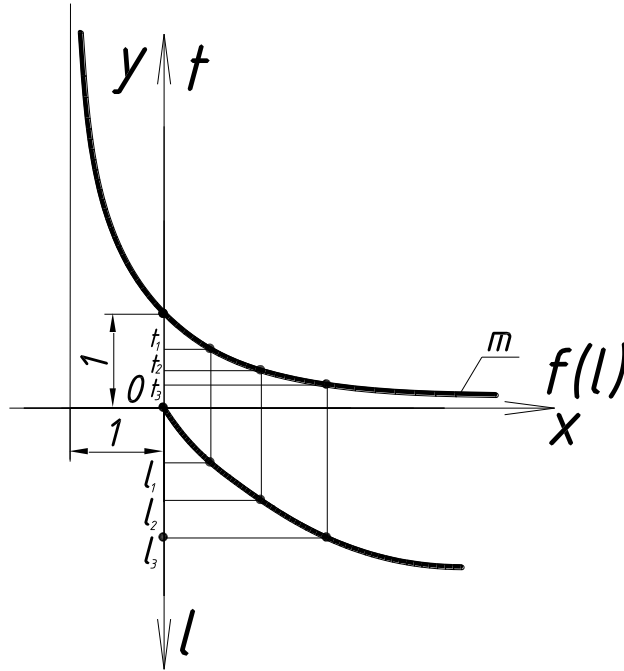


Рис. 1. Схема, що враховує експериментально отримані дані

Виключаючи параметри  $U^*$  отримаємо два рівняння з двома невідомими  $a_1$  і  $a_2$ :

$$\begin{aligned} 25(3a_1 + 9a_2 + 1) - 17(4a_1 + 16a_2 + 1) &= 0; \\ 25(3a_1 + 9a_2 + 1) - 12(5a_1 + 25a_2 + 1) &= 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Вирішення цієї системи дає результат:  $a_1=0.25$ ;  $a_2=0.25$ .

Рівняння параболи (6) набуває вигляду:

$$x = 0.25l(l+1). \quad (10)$$

Абсциси трьох точок гіперболи  $m$ , що отримані відповідно до експериментальних даних, визначаються при підстановці в (10) відповідних відстаней  $l_1$ ,  $l_2$ , і  $l_3$ :

$$x_1 = 3; x_2 = 5; x_3 = 7.5.$$

Потенціал джерела енергії визначаємо з (7):

$$U^* = 56.6575.$$

**Висновки.** Використання експериментальних даних у вигляді потенціалів енергії окремих точок фізичного поля, що утворене у тривимірному просторі одним точковим джерелом енергії, дозволяє врахувати вплив параметрів виду енергії, а також параметрів середи, у якій поширюється енергетичне поле, на потенціали цього поля.

При відомих потенціалах окремих точок енергетичного поля, які отримано за допомогою експерименту, на заданих відстанях від точкового джерела енергії виведено формулу, що дозволяє визначати потенціал енергії довільної точки цього поля.

### *Література*

1. Мостовенко О.В. Порівняльний аналіз графіків потенціалів енергії при різних функціях від відстані. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2019. Вип. 53. С. 297 – 304.
2. Лансберг Г.С. Элементарный учебник физики: учебное пособие. Т. III. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. 10-е изд., перераб. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1986. 656 с.
3. Мостовенко А.В. Обобщение схем для определения параметра учета влияния расстояния от точки физического поля до точечного источника энергии. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2020. Вип. 98. – С. 104 – 109. DOI:<http://dx.doi.org/10.32347/0131-579X.2020.98>
4. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: дис...докт. техн. наук: 05.01.01. Київський національний університет будівництва та архітектури. Київ. 2008. 425 с.
5. Скочко В. І. Спеціальні геометричні моделі процесів, що розвиваються в суцільному середовищі: дис...канд. техн. наук: 05.01.01. Київський національний університет будівництва та архітектури. Київ. 2012. 269с.
6. Попов В.М., Куценко Л.М., Семенова-Куліш В.В. Метод оцінки теплового потоку, що випромінюється еліпсоїдом як факелом полум'я: монографія. Харків: ХІПБ МВС України. 2000. 144 с.

## **ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАНЫМ С УЧЕТОМ БЕСКОНЕЧНО УДАЛЕННЫХ ТОЧЕК**

Ковалёв С.Н., Мостовенко Ал-др В.

*На стадии архитектурного проектирования зданий и сооружений одним из важных аспектов является энергосбережение. Например, возможность рассчитывать оптимальное положение источников энергии с их оптимальной мощностью для достижения необходимого потенциала энергии в заданных точках этого поля. Решение таких задач заранее дает возможность проектировщику оптимально планировать расходы на энергетические составляющие проекта. На потенциал произвольной точки физического поля, образованного в трехмерном пространстве, влияет удаленность этой точки от источника энергии. Это влияние уменьшается с увеличением расстояния от точки поля к источнику энергии и увеличивается с уменьшением определенного расстояния.*

Формально это влияние описывается некоторым параметром  $t$  [1].

Также особое влияние на распространение энергетического поля в трехмерном пространстве, а значит и на потенциалы точек этого поля, имеет тип излучаемой энергии, и та среда, в которой возникает это поле. Необходимо отметить, что источники энергии, образующие энергетическое поле, могут быть точечные, протяженные (линейные) [2], а также в виде поверхностей (плоскостей). Для учета этих параметров в данной статье предложено экспериментально полученные значения потенциалов отдельных точек энергетического поля, образованного в трехмерном пространстве одним точечным источником энергии, интерполировать некоторой кривой, которая позволит определять потенциал произвольной точки на заданном расстоянии от источника энергии с учетом бесконечно удаленных точек этого поля.

Если в схему, которая устанавливает гиперболическую зависимость между расстоянием от источника энергии до точки энергетического поля и параметром влияния этого расстояния на потенциал точки поля, добавить дополнительную зависимость, которая учитывает экспериментально полученные данные, можно получить новую схему, позволяющую не ограничивать расстояния от точек поля до источника энергии. Для решения задачи расстояние  $l$  от точки энергетического поля до точечного источника энергии будем откладывать вдоль оси  $Ox$ , как это было в [3], а вдоль оси  $Ol$  (рис. 1), устанавливая дополнительную параболическую зависимость между точками осей  $Ox$  и  $Ol$ , которая позволяет учитывать экспериментально полученные параметры.

*Ключевые слова:* геометрическое моделирование, энергетическое поле, потенциал энергии, точечный источник энергии, расстояние, функция, экспериментальные данные, параболическая зависимость.

## **GEOMETRIC MODELING OF THE ENERGY FIELD FROM EXPERIMENTAL DATA TAKING INTO ACCOUNT INFINITELY REMOTE POINTS**

Serhii Kovalov, Oleksandr Mostovenko

*At the stage of architectural design of buildings and structures, one of the important aspects is energy conservation. For example, the ability to calculate the optimal position of energy sources with their optimal power to achieve the necessary energy potential at given points in this field. The solution of such problems in advance enables the designer to optimally plan the costs of the energy components of the project. The potential of an arbitrary point of a physical field formed in three-dimensional space is affected by the distance of this point from the energy source. This effect decreases with increasing distance from the field point to the energy source and increases with decreasing the specified distance. Formally, this influence is described by some parameter  $t$  [1].*

*Also, a special influence on the propagation of a physical field in three-*

*dimensional space, and therefore on the potentials of its points, has the form of radiated energy and the medium in which this field arises. It should be noted that the sources of energy that create the physical field can be point, extended (linear) [2], as well as in the form of surfaces (planes). To take these parameters into account, this article proposes the experimentally obtained potential values of individual points of a physical field formed in three-dimensional space by a single point source of energy, interpolating with a certain curve that will determine the potential of an arbitrary point at a given distance from the source, taking into account the infinitely distant points of this field.*

*If you add an additional dependence that takes into account the experimentally obtained data to the scheme that establishes a hyperbolic relationship between the distance from the energy source to the energy field point and the parameter of the influence of this distance on the field point potential, you can get a new scheme that allows not limiting distances from field points to the energy source. To solve the problem, the distance  $l$  from the point of the energy field to the point energy source will be plotted not along the axis  $Ox$ , as it was in [3], but along the axis  $Ol$  (Fig. 1), establishing an additional parabolic relationship between the points of the axes  $Ox$  and  $Ol$ , which allows to consider experimentally received parameters.*

*Key words: geometric modeling, physical field, energy potential, point source of energy, distance, function, point, experimental data, parabolic dependence.*

### **Referenses**

1. Mostovenko, O.V. (2019) Comparative analysis of graphs of energy potentials for different functions from a distance. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia, 53, 297 – 304. [in Ukrainian]
2. Lansberh, H.S. (1986) Elementary physics textbook: T. III. Oscillations and waves. Optics. Atomic and Nuclear Physics. 10th ed., Rev.. M.: Nauka. Hlavnaia redaktsiia fizyko-matematicheskoi lyteratury [in Russian]
3. Mostovenko, A.V. (2020) Generalization of schemes for determining the parameter of accounting for the effect of the distance from a point of a physical field to a point source of energy. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika, 98, 104–109. Retrieved from: DOI:<http://dx.doi.org/10.32347/0131-579X.2020.98> [in Russian]
4. Serheichuk, O.V. (2008). Geometric modeling of physical processes in optimizing the shape of energy-efficient buildings. Doctor's thesis. Kyiv: Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva ta arkhitektury. [in Ukrainian]
5. Skochko, V. I. (2012). Special geometric models of processes developing in a continuous environment: Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva ta arkhitektury. [in Ukrainian]
6. Popov, V.M., Kutsenko, L.M., Semenova-Kulish, V.V. (2020) Method for estimating the heat flux emitted by an ellipsoid as a flame torch. Kharkiv: KhIPB MVS Ukrainy. [in Ukrainian]