

DOI:

УДК 514.182

к.т.н. **Мостовенко А.В.**,

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

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ПОЛЯ С ЛИНЕЙНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ

Одной из важных задач геометрического моделирования является наглядность и графическое представление процессов и явлений, которые включают в себя физические особенности. На стадии архитектурного проектирования зданий и сооружений, а также территорий, окружающих их, такими задачами, связанными с энергосбережением, могут быть: моделирование физического поля от источников энергии разного вида; определение потенциала энергии в конкретной заданной точке физического поля от заданных источников энергии. Также интерес для практики представляет ряд обратных задач таких, как определение параметров источников энергии (их положения и мощностей) по заданным параметрам отдельных точек физического поля и т. п.

Источники энергии, создающие физическое поле, могут быть как точечные, так и линейные (протяженные)[1], а также могут быть представлены в виде плоскостей (поверхностей). В данном исследовании рассмотрено моделирование физического поля с линейным источником энергии, который представлен как множество точечных источников.

На потенциал произвольной точки физического поля кроме других факторов влияет расстояние между этой точкой и источниками энергии. С увеличением указанного расстояния потенциал энергии в точке физического поля уменьшается, а с уменьшением расстояния – увеличивается [2]. Это расстояние может быть представлено в виде различных функций, которые учитывают различные параметры среды физического поля.

Построены графики зависимости параметра, учитывающего расстояние от точки физического поля до заданного источника энергии, от абсциссы точек линейного источника энергии, где равномерный шаг по оси Ox соответствует потенциалу одной точки источника. Тогда в дискретном виде потенциал поля в произвольной точке будет равен сумме площадей прямоугольников. В непрерывном варианте потенциал в точке поля будет равен площади криволинейной трапеции.

Ключевые слова: геометрическое моделирование; физическое поле; потенциал энергии; линейный источник энергии; расстояние; функция; точка; дискретный вид.

Постановка проблемы. Одной из важных задач геометрического моделирования является наглядность и графическое представление процессов и явлений, которые включают в себя физические особенности. На стадии архитектурного проектирования зданий и сооружений, а также территорий, окружающих их, такими задачами, связанными с энергосбережением, может быть геометрическое моделирование физического поля с линейным источником энергии.

Анализ последних исследований. В работах [3] и [4] авторами решались подобные задачи определения потенциалов точек методами непрерывной или дискретной интерполяции. Но авторами этих работ не учитывалось влияние расстояний от точек физического поля до источников энергии на потенциал поля. В работе [5] авторами предложен метод определения потенциала энергии в виде количества тепла от источника, похожего на факел.

Формулирование целей статьи. Целью данной статьи является создание геометрического аппарата, позволяющего моделировать физическое поле с линейным источником энергии, представленным в дискретном виде как множество точечных источников энергии.

Проанализировать, как влияют различные функции от расстояния между точкой физического поля и заданным источником энергии на распространение энергетического поля в данной среде.

Основная часть. Линейный источник энергии можно представить как множество n точечных источников (рис. 1), потенциал каждого из которых равен:

$$\frac{U^*}{n},$$

где U^* - потенциал линейного источника энергии.

Тогда потенциал в произвольной точке M поля равен:

$$U_M = \frac{U^*}{n} \cdot t_i, \quad (1)$$

где t_i – параметр, учитывающий расстояние от точки поля до i^{oi} точки линейного источника энергии:

$$t = \frac{1}{1+f(l)}. \quad (2)$$

Рассмотрим три варианта $f(l)$:

$$\begin{aligned} \text{I.} \quad & t = \frac{1}{1+a_1 l}; \\ \text{II.} \quad & t = \frac{1}{1+a_2 l^2}; \\ \text{III.} \quad & t = \frac{1}{1+a_1 l + a_2 l^2}; \end{aligned}$$

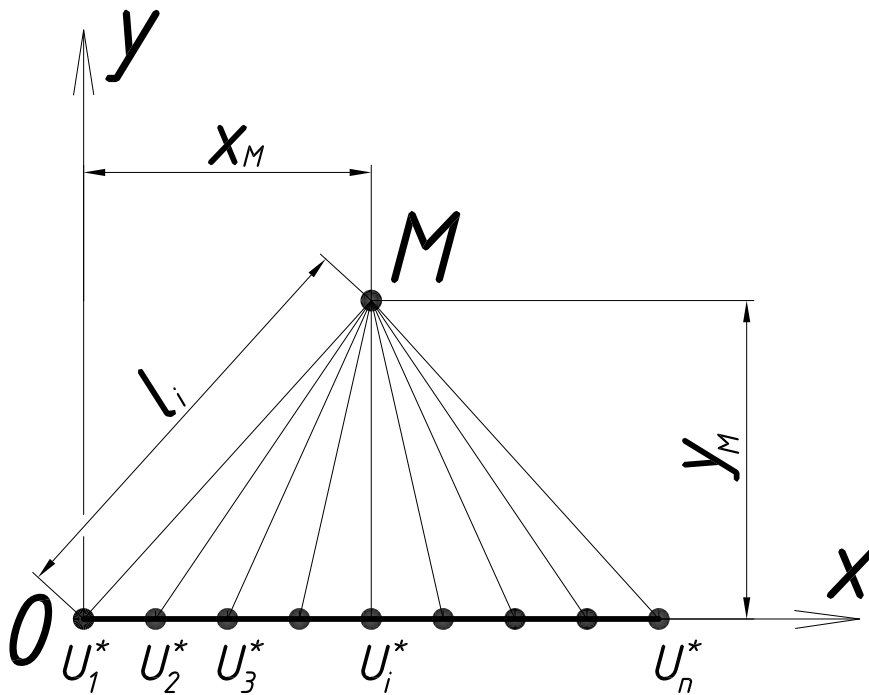


Рис. 1.

Построим график зависимости параметра t от абсциссы x точек линейного источника энергии (рис. 2), где равномерный шаг по оси Ox соответствует потенциалу одной точки источника. Тогда потенциал поля в произвольной точке будет равен сумме площадей прямоугольников, одна сторона каждого из которых равна U^*/n , а другая – параметру t для каждой точки.

В непрерывном варианте потенциал в точке M равен площади криволинейной трапеции, ограниченной функцией (2).

Рассмотрим эти функции для трёх упомянутых вариантов:

$$\begin{aligned} \text{I.} \quad t &= \frac{1}{1+a_1\sqrt{(x_M-x)^2+y_M^2}} \quad (\text{рис. 3а}); \\ \text{II.} \quad t &= \frac{1}{1+a_2[(x_M-x)^2+y_M^2]} \quad (\text{рис. 3б}); \\ \text{III.} \quad t &= \frac{1}{1+a_1\sqrt{(x_M-x)^2+y_M^2}+a_2[(x_M-x)^2+y_M^2]} \quad (\text{рис. 3в}). \end{aligned}$$

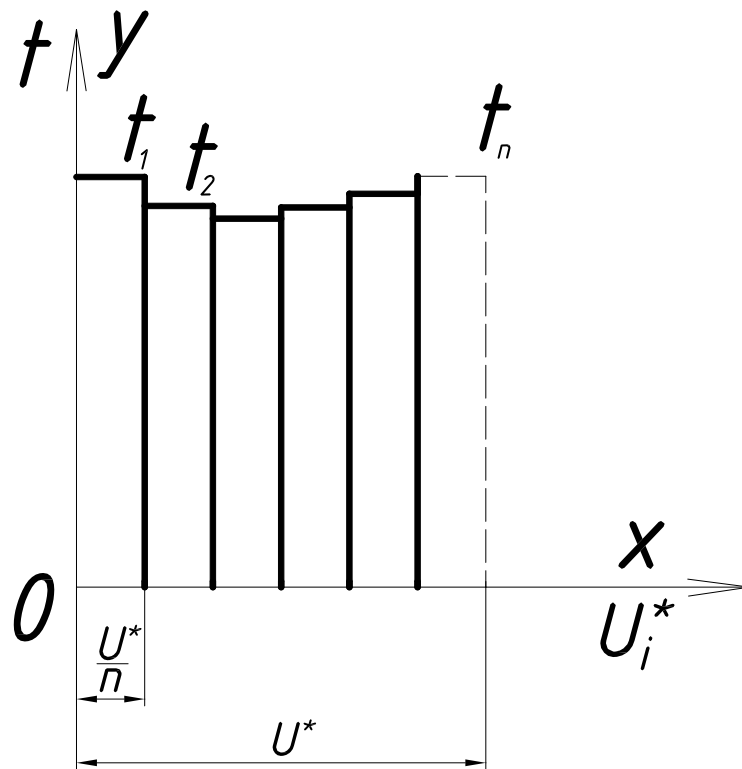


Рис. 2.

Для наглядности эти функции показаны на рис. 3 при $a_1=0,25$; $a_2=0,25$; $8 \geq x \geq 0$; $x_M=0$; $y_M=6$.

I. Алгебраическая кривая четвертого порядка (рис. 3а):

$$y = \frac{1}{1+0.25\sqrt{x^2+36}};$$

II. Алгебраическая кривая третьего порядка (рис. 3б):

$$y = \frac{1}{0.25x^2 + 10};$$

III. Алгебраическая кривая шестого порядка (рис. 3в):

$$y = \frac{1}{0.25x^2 + 11 + 0.25\sqrt{x^2 + 36}}.$$

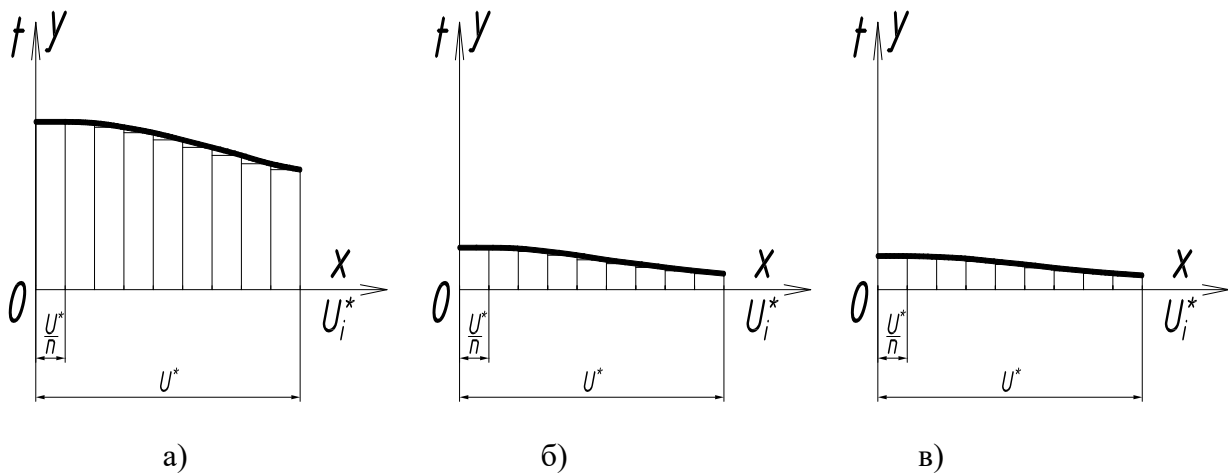


Рис. 3.

Потенциал энергии в точке M равен определенному интегралу каждой из трех функций (I – III) на интервале $U^* \geq x \geq 0$:

$$U = \int_0^{U^*} f(x) dx \quad (3)$$

При численном интегрировании можно использовать схему, представленную на рис. 2, определяя площадь каждого прямоугольника с последующим суммированием этих площадей.

Выводы. В данной статье создан геометрический аппарат, позволяющий моделировать физическое поле с линейным источником энергии, который представлен в дискретном виде как множество точечных источников энергии.

В графическом виде проанализировано влияние различных функций от расстояния между точкой физического поля и заданным источником энергии на распространение физического поля в данной среде.

Список использованной литературы

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. Вплив відстаней між точками інтерполянта та заданими точками на його форму [Текст] / С.Н. Ковалев, А.В. Мостовенко // Управління розвитком складних систем. – 2019. - №37. – С. 78–82.
3. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків. Дис...д. техн. наук: 05.01.01. [Текст]: / О.В. Сергейчук. - К.: КНУБА, 2008. - 425 с.
4. Скочко В.І. Спеціальні геометричні моделі процесів, що розвиваються в суцільному середовищі: дис...к. техн. наук: 05.01.01. [Текст]: / В.І. Скочко. - К.: КНУБА, 2012. – 269 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.

к.т.н. Мостовенко О.В.,
Київський національний університет будівництва та архітектури

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНОГО ПОЛЯ З ЛІНІЙНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЕНЕРГІЇ

Однією з важливих задач геометричного моделювання є наочність і графічне представлення процесів і явищ, які включають у себе фізичні особливості. На стадії архітектурного проектування будівель і споруд, а також територій, що оточують їх, такими задачами, які пов'язані з енергозбереженням, можуть бути: моделювання фізичного поля від джерел енергії різного виду; визначення потенціалу енергії в конкретній заданій точці фізичного поля від заданих джерел енергії. Також цікавість для практики становить ряд зворотних задач таких, як визначення параметрів джерел енергії (їх положення і потужностей) за заданими параметрами окремих точок фізичного поля і т. п.

Джерела енергії, що створюють фізичне поле, можуть бути як точковими, так і лінійними (протяжними) [1], а також можуть бути представленими у вигляді площин (поверхонь). У даному дослідженні розглянуто моделювання фізичного поля з лінійним джерелом енергії, що частіше передбачається на практиці, яке представлено дискретно як множина точкових джерел.

На потенціал довільної точки фізичного поля окрім інших факторів впливає відстань між цією точкою і джерелами енергії. Зі збільшенням зазначеної відстані потенціал енергії в точці фізичного поля зменшується, а зі зменшенням відстані – збільшується [2]. Ця відстань може бути представлена у вигляді різних функцій, які враховують різні параметри середовища фізичного поля.

Побудовано графіки залежності параметра, що враховує відстань від точки фізичного поля до заданого джерела енергії, від абсциси точок лінійного джерела енергії, де рівномірний крок по осі Ox відповідає потенціалу однієї точки джерела. Тоді в дискретному вигляді потенціал поля в довільній точці дорівнюватиме сумі площ прямокутників. У неперервному варіанті потенціал в точці поля буде дорівнює площі криволінійної трапеції.

Ключові слова: геометричне моделювання; фізичне поле; потенціал енергії; лінійне джерело енергії; відстань; функція; точка; дискретний вигляд.

PhD. Oleksandr Mostovenko,
Kyiv National University Of Construction And Architectural

GEOMETRIC MODELING OF A PHYSICAL FIELD WITH A LINEAR ENERGY SOURCE

One of the important tasks of geometric modeling is the visibility and graphic representation of processes and phenomena, which include physical features. At the stage of architectural design of buildings and structures, as well as the territories surrounding them, such tasks related to energy conservation can be: modeling a physical field from various types of energy sources; determination of the energy potential at a specific given point of a physical field from given energy sources. Also of interest to practice is a number of inverse problems such as determining the parameters of energy sources (their position and capacities) from the given parameters of individual points of the physical field, etc.

Energy sources that create a physical field can be either point or linear (extended) [1], and can also be represented in the form of planes (surfaces). This study examined the modeling of a physical field with a linear energy source, which is often assumed in practice, which is presented as a set of point sources.

The potential between an arbitrary point in a physical field is affected by the distance between this point and energy sources. With an increase in the indicated distance, the energy potential at a point of the physical field decreases, and with a decrease in the distance, it increases [2]. This distance can be represented in the form

of various functions that take into account various environmental parameters of the physical field.

The plots of the dependence of the parameter taking into account the distance from the point of the physical field to the specified energy source, on the abscissa of the points of the linear energy source, where the uniform step along the axis Ox corresponds to the potential of one point of the source, are plotted. Then, in a discrete form, the field potential at an arbitrary point will be equal to the sum of the areas of the rectangles. In the continuous version, the potential at the field point will be equal to the area of the curved trapezoid.

Key words: geometric modeling; physical field; energy potential; linear energy source; distance; function; point; discrete form.

REFERENCES

1. Elementarnyi uchebnyk fizyky. Uchebnoe posobyе. V 3-kh t. / Pod red. H.S. Lansberha. T. III. Kolebanyia y volny. Optyka. Atomnaia y yadernaia fizyka. – 10-e yzd., pererab. – M.: Nauka. Hlavnaia redaktsiia fizyko-matematycheskoï lyteratury, 1986. – 656 s. (in Russian)
2. Kovalov S.M. Vplyv vidstanei mizh tochkamy interpolianta ta zadanymy tochkamy na yoho formu [Tekst] / S.N. Kovalev, A.V. Mostovenko // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. – 2019. - №37. – S. 78–82. (in Ukrainian)
3. Serheichuk O.V. Heometrychne modeliuvannia fizychnykh protsesiv pry optymizatsii formy enerhoefektyvnykh budynkiv. Dys...d. tekhn. nauk: 05.01.01. [Tekst]: / O.V. Serheichuk. - K.: KNUBA, 2008. - 425 s. (in Ukrainian)
4. Skochko V.I. Spetsialni heometrychni modeli protsesiv, shcho rozvyvaiutsia v sutsilnomu seredovyshchi: dys...k. tekhn. nauk: 05.01.01. [Tekst]: / V.I. Skochko. - K.: KNUBA, 2012. – 269s . (in Ukrainian)
5. Popov V.M., Kutsenko L.M., Semenova-Kulich V.V. Metod otsinky teplovoho potoku, shcho vyprominiuietsia elipsoidom yak fakelom polumia. – Kharkiv: KhIPB MVS Ukrainy, 2000. – 144 s. (in Ukrainian)