

УДК 514.18 (043.3)

Мостовенко О. В.

*к.т.н., доцент**кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки**Київського національного університету будівництва і архітектури,**a.mostovenko25@gmail.com**orcid.org/0000-0002-3423-4126*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГРАФІКІВ ПОТЕНЦІАЛІВ ЕНЕРГІЇ ПРИ РІЗНИХ ФУНКЦІЯХ ВІД ВІДСТАНІ

Анотація: на різних етапах проектування в різних сферах виробництва зустрічаються практичні задачі, які пов'язано з геометричним моделюванням різноманітних фізичних полів при заданих точкових джерелах енергії. Наприклад, геометричне моделювання розподілу температури в просторі приміщення при точкових джерелах нагріву; визначення освітленості в конкретній точці приміщення при декількох точкових джерелах світла та ін.

На закон поширення енергії в тривимірному просторі від точкового джерела впливає не тільки відстань від точки простору до джерела енергії, а й параметри виду енергії і параметри середовища, що заповнює простір.

Хоча, зі збільшенням відстані між джерелом енергії і точкою простору, потужність впливу джерела зменшується, але залежність між потенціалом енергії і відстанню може бути досить складною.

У даній статті розглянуто геометричну модель такої залежності при одиничному потенціалі заданого на початку прямокутної системи координат точкового джерела енергії. Тоді потенціал енергії в довільній точці простору чисельно дорівнює параметру t , який є параметром впливу відстані від заданої точки (точкового джерела енергії) до поточної точки фізичного поля на форму поверхні, що отримується. Причому, цей вплив має бути тим більше, чим ближче точкове джерело енергії (задана точка) знаходиться до поточної. На точку, нескінченно близьку до заданого точкового джерела енергії це джерело повинно впливати максимально, а при нескінченно великій відстані між точковим джерелом і поточною точкою цей вплив має дорівнювати нулю.

Виходячи з цієї логіки, вплив заданого точкового джерела на потенціал поточної точки повинен бути обернено пропорційним відстані між ними. Однак, параметр впливу відстані для точки, нескінченно близько розташованої до заданого джерела, буде визначатися діленням потенціалу заданого точкового джерела на нескінченно малу величину, що рівносильно діленню на нуль. Тому вплив потенціалу заданого точкового джерела енергії на нескінченно близьку поточну точку приймемо як кінцеву величину, яку будемо вважати

максимальною, а вплив нескінченно віддаленої точки на поточну приймемо рівним нулю.

Таку залежність можна геометрично реалізувати на основі центрального проєкціювання.

У даному дослідженні запропоновано геометричну модель залежності між потенціалом енергії в даній точці простору і різними функціями від відстані між точкою фізичного поля і точковим джерелом енергії. Проведено порівняльний аналіз отриманих графіків потенціалів у довільній точці простору при різних функціях від відстані.

Ключові слова: відстань, функція від відстані, потенціал енергії, точкове джерело енергії, фізичне поле, гіперповерхня.

Постановка проблеми. На різних етапах проектування в різних сферах виробництва зустрічаються практичні задачі, які пов'язано з геометричним моделюванням різноманітних фізичних полів при заданих точкових джерелах енергії. Наприклад, геометричне моделювання розподілу температури в просторі приміщення при точкових джерелах нагріву [1]; визначення освітленості в конкретній точці приміщення при декількох точкових джерелах світла [2] та ін.

Формулювання цілей статті. Запропонувати геометричну модель визначення потенціалів енергії фізичного поля при різних функціях від відстані між точкою фізичного поля і точковим джерелом енергії. Провести порівняльний аналіз отриманих гіперповерхонь.

Аналіз останніх досліджень. Відомі роботи визначення потенціалу освітленості, звукової і теплової енергії. У роботах [1] і [2] вивчалася проблема визначення потенціалу енергії в точках двовимірного і тривимірного простору при заданих джерелах енергії.

У проаналізованій літературі відсутні роботи, які пов'язано з впливом відстані від точки фізичного поля до джерел енергії.

Основна частина. На закон поширення енергії в тривимірному просторі від точкового джерела впливає не тільки відстань від точки простору до джерела енергії, а й параметри виду енергії і параметри середовища, що заповнює простір.

Хоча, зі збільшенням відстані між джерелом енергії і точкою простору, потужність впливу джерела зменшується, але залежність між потенціалом енергії і відстанню може бути досить складною.

Розглянемо геометричну модель такої залежності при одиничному потенціалі заданого на початку прямокутної системи координат точкового джерела енергії. Тоді потенціал енергії в довільній точці простору чисельно

дорівнює параметру t , за допомогою якого враховується вплив заданого джерела [3]:

$$U = \frac{s}{s + f(l)}, \quad (1)$$

де s - постійна величина для даного виду енергії;

l - відстань від точки тривимірного простору до точкового джерела енергії.

Обмежимося параболічної залежністю $f(l)$. У загальному випадку $f(l)$ приймемо:

$$f(l) = a_0 + a_1 l + a_2 l^2. \quad (2)$$

Окремими випадками цієї залежності є:

$$f(l) = a_0 + a_1 l \text{ (лінійна залежність);} \quad (3)$$

$$f(l) = a_1 l \text{ (лінійна залежність);} \quad (4)$$

$$f(l) = a_0 + a_2 l^2 \text{ (квадратична залежність);} \quad (5)$$

$$f(l) = a_1 l + a_2 l^2 \text{ (квадратична залежність);} \quad (6)$$

$$f(l) = a_2 l^2 \text{ (квадратична залежність);} \quad (7)$$

На функції (2) - (7) повинні бути накладені обмеження:

а. крива $f(l)$ повинна проходити через початок координатної системи. Тільки в цьому випадку параметр t може змінюватися в межах $1 \geq t \geq 0$;

б. функція $f(l)$ повинна бути монотонно зростаючою при $l > 0$. Тільки у цьому випадку параметр t буде зменшуватися до нуля зі збільшенням l .

Тоді рівняння (1) являє собою гіперповерхню:

$$t = \frac{s}{s + f(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2})}, \quad (8)$$

де x, y, z - координати довільної точки тривимірного простору.

Розглянемо випадки (2) - (7) на конкретних прикладах, де для порівняння прийнято однакові значення коефіцієнтів a_i : $a_0=0$; $a_1=1$; $a_2=1$ і $s=1$. Точкове джерело енергії розміщено на початку прямокутної декартової системи координат.

Для наочності гіперповерхню (8) на рис.1 представлено дискретно перерізами $Z=0; 1; 2; 3; 4$.

Приклад 1.

При заданих коефіцієнтах a_i рівняння (2) набуває вигляду:

$$f(l) = l + l^2, \quad (9)$$

а рівняння (1):

$$t = \frac{1}{1 + \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \quad (10)$$

Перерізи гіперповерхні (10) заданими площинами рівня показано на рис. 1.

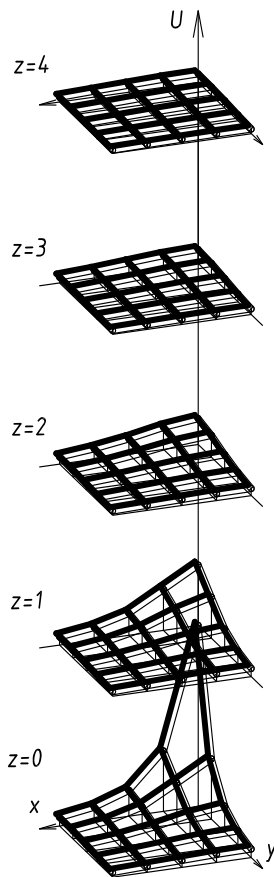


Рис. 1

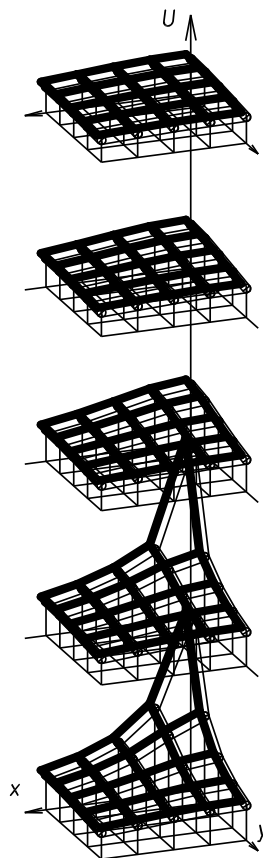


Рис. 2

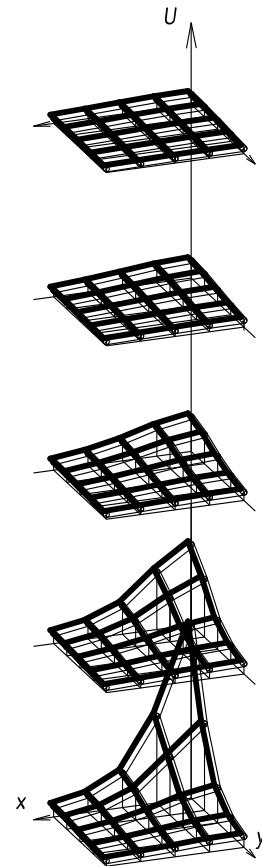


Рис. 3

Приклад 2.

При заданих значеннях a_i функції (3) і (4) стають тотожними, а функція (1) набуває вигляду:

$$t = \frac{1}{1 + \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \quad (11)$$

Отриману гіперповерхню представлено на рис. 2 перерізами: $Z=0; 1; 2; 3; 4$.

Приклад 3.

При заданих значеннях a_i функції (5) і (7) стають тотожними, а функція (1) набуває вигляду:

$$t = \frac{1}{1+x^2+y^2+z^2}, \quad (12)$$

яка є гіперповерхнею третього порядку. Цю гіперповерхню показано на рис. 3 у вигляді перерізів $Z=0; 1; 2; 3; 4$.

Для наочного порівняння результатів, які отримано в трьох прикладах, на рис. 4 представлено перерізи площиною $Z=0$ всіх трьох гіперповерхонь. З рисунка очевидно, що випадок, який моделюється функцією (11), моделює найменший опір середовища поширенню енергії точкового джерела з трьох розглянутих випадків.

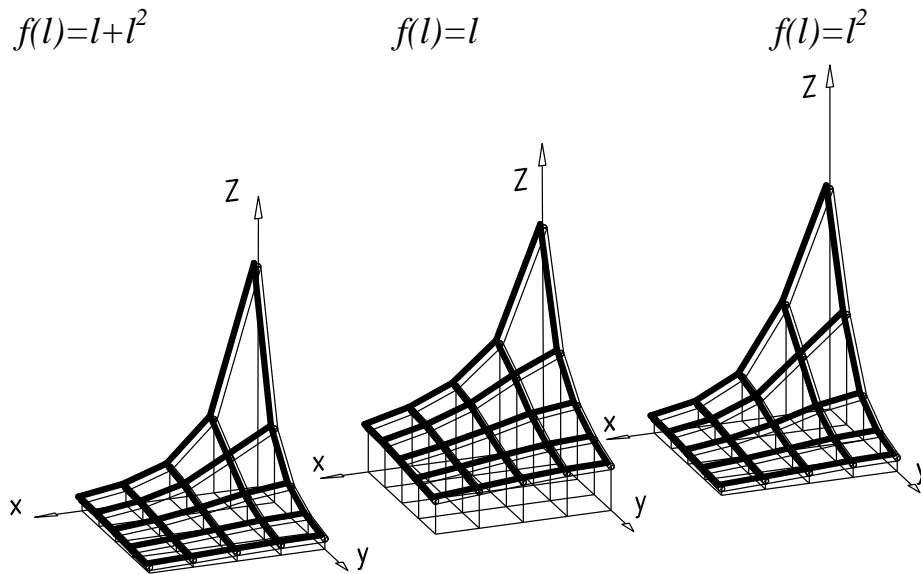


Рис.4

Висновки. Запропоновано геометричну модель визначення потенціалів енергії фізичного поля при різних функціях від відстані між точками фізичного поля і точковим джерелом енергії.

Порівняльний аналіз графіків потенціалів в довільній точці простору при різних функціях від відстані показав, що найменше перешкоджає поширенню потужності точкових джерел енергії в даному середовищі з трьох розглянутих випадків функція $f(l)=l$.

Література

1. 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. – 269с.
2. 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. 425с.
3. Ковалёв С.Н. Интерполяция точек на плоскости с учётом коэффициентов влияния заданных точек / С.Н. Ковалёв, А.В. Мостовенко // Сучасні

- проблеми моделювання: зб. наук. праць. – Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2018.– Вип. 13. – С. 69-75.
4. Скочко В.І. Підвищення енергоефективності процесу сушіння будівельних виробів на основі його геометричних моделей / В.І. Скочко / Наук. – техн. зб. «Енергозбереження в будівництві та архітектурі». Вип. 1. – К.: КНУБА, 2011. – с. 126 – 131.
 5. Болгарова Н.М. Моделювання теплообміну енергоефективної будівлі / Н. М. Болгарова, В. О. Плоский, В. І. Скочко / Наук. – техн. зб. «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». Вип. 11. – К.: КНУБА, 2018. – с. 7 – 21.
 6. Ковальов С.М., Гумен М.С., Пустюльга С.І., Михайленко В.Є. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Спеціальні розділи. Випуск 1 / С.М. Ковальов, М.С. Гумен, С.І. Пустюльга, В.Є. Михайленко, Бурчак І.Н./ - Луцьк: ЛДТУ, 2006. – 256 с.
 7. Скочко В.І. Пошук містків холоду у вузлах будівельної конструкції на основі спеціальних інтерполяційних функцій / В.І.Скочко / Науково-технічний збірник Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Випуск 4. Відповідальний редактор П. М. Куліков. – К.: КНУБА, 2013 р. – с. 259 – 264.
 8. Пугачев Е.В. Влияние угла поворота нижней части отражающего экрана на освещенность плоской экспозиции / Е.В. Пугачев, Л.С. Савчук / Науково-технічний збірник “Енергоефективність в будівництві та архітектурі”. Випуск 7. Відповідальний редактор П. М. Куліков. – К.: КНУБА, 2015 р. – с. 241 – 247.

Аннотация

Мостовенко А.В. Доцент кафедри начертательной геометрии и инженерной графики Киевского национального университета строительства и архитектуры.

Сравнительный анализ графиков потенциалов энергии при различных функциях от расстояния.

На разных этапах проектирования в различных сферах производства встречаются практические задачи, которые связаны с геометрическим моделированием различных физических полей при заданных точечных источниках энергии. Например, геометрическое моделирование распределения температуры в пространстве помещения при точечных источниках нагрева; определения освещенности в конкретной точке помещения при нескольких точечных источниках света и др.

На закон распространения энергии в трехмерном пространстве от точечного источника влияет не только расстояние от точки пространства до

источника энергии, но и параметры вида энергии и параметры среды, заполняющей пространство.

Хотя, с увеличением расстояния между источником энергии и точкой пространства, мощность воздействия источника уменьшается, но зависимость между потенциалом энергии и расстоянием может быть достаточно сложной.

В данной статье рассмотрена геометрическая модель такой зависимости при единичном потенциале заданного в начале прямоугольной системы координат точечного источника энергии. Тогда потенциал энергии в произвольной точке пространства численно равен параметру t , который является параметром влияния расстояния от заданной точки (точечного источника энергии) до текущей точки физического поля на форму получаемой поверхности. Причем, это влияние должно быть тем больше, чем ближе точечный источник энергии (заданная точка) находится к текущей. На точку, бесконечно близкую к заданному точечному источнику энергии это источник должен влиять максимально, а при бесконечно большом расстоянии между точечным источником и текущей точкой это влияние должно быть равно нулю.

Исходя из этой логики, влияние данного точечного источника на потенциал текущей точки должен быть обратно пропорциональным расстоянию между ними. Однако, параметр влияния расстояния для точки, бесконечно близко расположенной к заданному источнику, будет определяться делением потенциала заданного точечного источника на бесконечно малую величину, что равносильно делению на ноль. Поэтому влияние потенциала заданного точечного источника энергии на бесконечно близкую текущую точку примем как конечную величину, которую будем считать максимальной, а влияние бесконечно удаленной точки на текущую примем равным нулю.

Такую зависимость можно геометрически реализовать на основе центрального проецирования.

В данном исследовании предложена геометрическая модель зависимости между потенциалом энергии в данной точке пространства и различными функциями от расстояния между точкой физического поля и точечным источником энергии. Проведен сравнительный анализ полученных графиков потенциалов в произвольной точке пространства при различных функциях от расстояния.

Ключевые слова: расстояние, функция от расстояния, степень влияния, потенциал энергии, точечный источник энергии, физическое поле, гиперповерхность.

Annotation

A. Mostovenko: Candidate of Technical Sciences of the department of descriptive geometry, engineering graphics in Kyiv National University of Construction and Architecture.

Comparative analysis of graphics of energy potentials with different functions from distance.

At various stages of designing in different fields of production, there are practical problems that are associated with the geometric modeling of various physical fields with given point sources of energy. For example, geometrical modeling of temperature distribution in room space at point sources of heating; definition of illumination at a concrete point of the room at several point light sources, etc.

The law of propagation of energy in a three-dimensional space from a point source is influenced not only by the distance from the point of space to the energy source but also by the parameters of the type of energy and the parameters of the medium that fills the space.

Although, with the increase in the distance between the energy source and the space point, the power of the source's influence decreases, the relationship between the energy potential and the distance can be quite complicated.

In this paper, the geometric model of this dependence at a unit potential of a point source energy given at the beginning of a rectangular coordinate system is considered. Then the energy potential at an arbitrary point of space is numerically equal to the parameter t , which is the parameter of the influence of the distance from the given point (a point source of energy) to the current point of the physical field on the form of the resulting surface. Moreover, this effect should be the greater, the closer the point source of energy (given point) is to the current. To a point infinitely close to a given point source of energy, this source must affect the maximum, and at an infinitely large distance between the point source and the current point, this effect must be zero.

Proceeding from this logic, the influence of a given point source on the potential of the current point should be inversely proportional to the distance between them. However, the distance influence parameter for a point infinitely close to a given source will be determined by dividing the potential of a given point source into an infinitesimal value, which is equivalent to dividing by zero. Therefore, the effect of the potential of a given point source of energy on an infinitely close current point will be taken as a finite value which we shall assume to be maximal, and the influence of the infinitely remote point on the current one will be equal to zero.

This dependence can be geometrically implemented on the basis of central projection.

In this study, we propose a geometric model of the relationship between the energy potential at a given point of space and various functions from the distance between the point of the physical field and the point source of energy. A comparative analysis of the obtained potential potentials graphs at an arbitrary point of space under various functions from a distance is carried out.

Keywords: distance, the function of distance, the degree of influence, energy potential, point source of energy, physical field, hypersurface.