

Мостовенко Олександр Володимирович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки, orcid.org/0000-0002-3423-4126

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ПОДІЛ ПРОСТОРУ ФІЗИЧНОГО ПОЛЯ НА ЗОНИ
ЗА НАЯВНОСТІ ПРЯМОКУТНОГО ЕКРАНА**

***Анотація.** Розглянуто розподіл фізичного поля на певні зони. Енергію, що розповсюджується від точкових джерел, розглянуто на основі променевого принципу. На шляху утворення фізичного поля можуть з'являтися перешкоди у вигляді різноманітних екранів. Ці екрани можуть мати абсолютно різні як параметри форми, так і параметри, що впливають на їх фізичні властивості. Залежно від усіх цих параметрів екрана певна частина енергії може проникати за екран, утворюючи окремі зони, на які поділяється весь фізичний простір. Вся енергія у такому випадку поділяється на три складові: відбита енергія, поглинута екраном та енергія, що проникла крізь екран. Представлено залежність між максимальним і мінімальним числом зон фізичного поля, що утворюються від n точкових джерел енергії, які розміщено з одного боку від екрана. У дослідженні за форму екрана взято прямокутний плоский екран. Графічно наочно представлено як фізичне поле, що утворено точковими джерелами енергії, поділяється на зони, де також показано як енергія розподіляється по цих зонах. За наявності плоского прямокутного екрана, який найчастіше зустрічається у практичних задачах, зазначені зони утворюються в результаті перетину частин простору, обмежених чотирикутними пірамідами, вершинами яких є точкові джерела енергії та їх відбиття (для спрощення рисунка відбиття не показано). Число таких зон можна підрахувати, якщо ці піраміди перерізати довільною площиною $G//ABCD$. Взаємне положення точкових джерел енергії між собою і відносно площини G може бути таким, що кожний переріз частково накладається на всі інші. У цьому випадку утворюється максимальне число зазначених зон.*

***Ключові слова:** фізичне поле; джерело енергії; потенціал; відбиття; поглинання; проникнення; екран; поділ; зона*

Постановка проблеми

На сьогодні як у світі, так і в Україні особливого значення набувають задачі, що пов'язані з енергозбереженням. Такі задачі виникають ще на стадії проєктування різноманітних будівель і споруд, а також при плануванні території навколо цих споруд. Такими задачами при проєктуванні можуть бути: опалення приміщень, штучне освітлення їх, визначення променевого (радіаційного) випромінювання від різного виду джерел енергії. Задачами іншого типу є задачі, що пов'язані з розповсюдженням звукової енергії.

Такі задачі можна розв'язувати на основі геометричного моделювання фізичних полів.

Розв'язування таких задач ускладнюється, якщо фізичне поле, що утворюється від точкових джерел енергії, зустрічає на своєму шляху перешкоди у вигляді різноманітних екранів.

У цьому дослідженні запропоновано розглянути розподіл фізичного поля, що отримано від точкових джерел енергії, на певні зони, що утворюються за рахунок екрана.

Мета статті

Метою статті є визначення максимального та мінімального числа зон фізичного поля, що утворено точковими джерелами енергії, які розміщено з одного боку від плоского прямокутного екрана, а також вивести формулу для підрахунку максимального числа утворених зон фізичного поля, яке породжено точковими джерелами енергії. Задачами іншого типу є задачі, що пов'язані з розповсюдженням звукової енергії.

**Аналіз останніх досліджень
і публікацій**

У роботах [1; 2] автори займались геометричним моделюванням фізичних полів, але ними не враховувався вплив відстаней від точок поля до джерел енергії, а також не бралось до уваги те, що потенціал енергії в точці поля, що збігається з точковим джерелом енергії, буде більшим, ніж потужність джерела, тому що до нього додаються певні потенціали енергії від сусідніх точкових

джерел, а також, за наявності екранів, і відбита енергія.

Також відомі роботи з визначення світлової, звукової, теплової енергії [3; 4].

У роботі [4] показано, що при променевому теплообміні енергія, яка падає на тіло, поділяється на три частини: відбита енергія, поглинута та енергія, що проходить крізь тіло.

Виклад основного матеріалу

Розподіл енергії фізичного поля за наявності точкових джерел енергії можна розглянути на основі променевого принципу [3; 4] розповсюдження енергії. Наявність екрана у фізичному полі є перешкодою для прямого попадання променів в точки окремих зон простору. При цьому залежно від фізичних властивостей екрана може бути часткове проникнення енергії за екран. Якщо він частково поглинає енергію і частково відбиває, тоді у просторі утворюються окремі зони, де пряме попадання енергії від точкових джерел посилюється відбитою енергією, і навпаки, коли пряме попадання енергії послаблюється за рахунок відбитої енергії і енергії, що поглинається екраном. Максимальне число таких зон збільшується при збільшенні числа точкових джерел енергії.

Розглянемо залежність між максимальним числом зон фізичного поля, що утворюється від n точкових джерел енергії, які розміщено з одного боку, від площини екрана, без урахування явища дифракції. Задача спрощується, якщо розглянути її площинний аналог, коли екран задається у вигляді відрізка ST . Джерела енергії – $1; 2; 3; \dots n$. Відбиті джерела енергії – $1'; 2'; 3'; \dots n'$ (рис. 1).

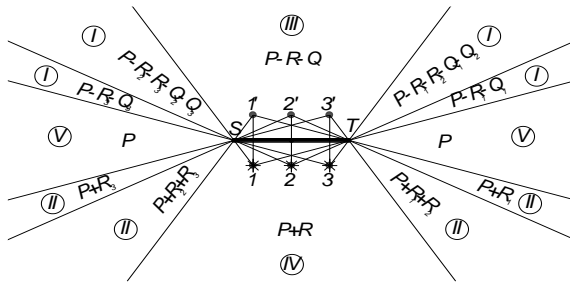


Рисунок 1 – Максимальне число зон фізичного поля, що утворюється від точкових джерел енергії, які розміщено з одного боку від площини екрана

Позначимо енергію, яка безпосередньо впливає на потенціали точок фізичного поля в окремій зоні літерою $P=P_1+P_2+P_3+\dots+P_n$, де індекси показують, від якого точкового джерела виходить енергія. Літерою R позначимо відбиту енергію $R=R_1+R_2+R_3+\dots+R_n$ і літерою $Q=Q_1+Q_2+Q_3+\dots+Q_n$ позначимо енергію, що поглинається екраном. Тоді фізичне поле поділяється на зони, як показано на рис. 1, де також показано (для трьох точкових джерел), як енергія розподіляється по зонах.

Число зон I дорівнює $2(n-1)$, де n – число точкових джерел енергії. Якщо врахувати відбиту енергію, то число таких зон подвоюється і дорівнює $4(n-1)$. Загальне число зон з урахуванням зон III, IV, V дорівнює $4(n-1)+3$.

За наявності плоского прямокутного екрана $ABCD$ (рис. 2), який найчастіше зустрічається у практичних задачах, зазначені зони утворюються в результаті перетину частин простору, обмежених чотирикутними пірамідами, вершинами яких є точкові джерела енергії та їх відбиття (для спрощення рисунка відбиття не показано). Число таких зон можна підрахувати, якщо ці піраміди перерізати довільною площиною $\Gamma//ABCD$. Взаємне положення точкових джерел енергії між собою і відносно площини Γ може бути таким, що кожний переріз частково накладається на всі інші. У цьому випадку утворюється максимальне число зазначених зон.

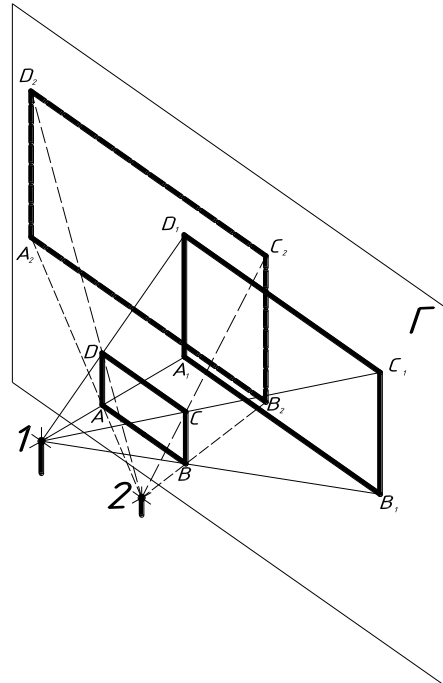


Рисунок 2 – Перетин зон фізичного поля

При двох джерелах енергії на площині Γ маємо чотири прямокутники, два з яких $A_1B_1C_1D_1$ і $A_2B_2C_2D_2$, як показано на рис. 2, є перерізами двох пірамід з вершинами, що збігаються з точковими джерелами енергії і два прямокутники, які є перерізами пірамід з вершинами, що збігаються з відбитими джерелами енергії.

Максимальне число зон площини Γ , що утворюються при перетині цих прямокутників, можна підрахувати послідовно, починаючи з першого прямокутника (рис. 3). Другий прямокутник при перетині з першим із зони, що обмежена першим прямокутником, утворюють дві зони (I та II). Третя зона (III) є частиною зон другого прямокутника, що не накладається на перший. Четверта зона (IV)

належить площині Γ за межами цих прямокутників (рис. 3, а). Тоді число зон m дорівнюватиме сумі двох зон (I та II) першого прямокутника плюс зона III другого прямокутника і плюс зона IV за межами цих прямокутників:

$$m_2 = 2 + 1 + 1 = 3 + 1. \quad (1)$$

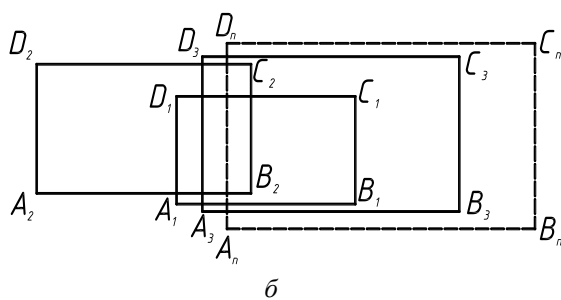
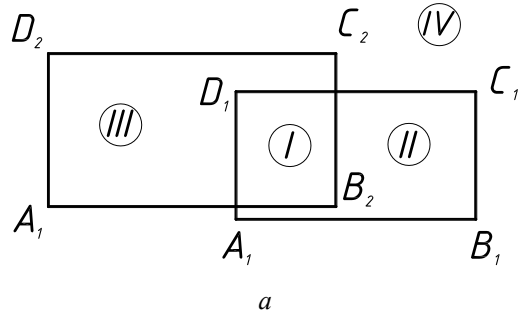


Рисунок 3 – Підрахунок числа зон фізичного поля при зміні числа точкових джерел енергії

Якщо додається третій прямокутник, який частково накладається на перші два, число зон перших двох прямокутників подвоюється і до них додається зона третього прямокутника, що не накладається на перші два і зона площини Γ за межами прямокутників:

$$m_3 = 2 \cdot 3 + 1. \quad (2)$$

Максимальне число зон, що утворюється при накладанні четвертого прямокутника (рис. 3, б), дорівнює подвоєному числу зон перших трьох плюс зона за межами прямокутників:

$$m_4 = 2 \cdot 2 \cdot 3 + 1. \quad (3)$$

При накладанні кожного наступного прямокутника число зон, на які поділяються попередні прямокутники, подвоюється. Кожне точкове джерело енергії утворює дві піраміди. Одна – з вершиною, що збігається з джерелом енергії, а друга, – що збігається з відбиттям цього джерела. Тому число прямокутників на площині Γ дорівнює подвоєному числу джерел енергії, а загальна формула для визначення максимального числа зон має вигляд:

$$m_{\max} = 4^{(n-1)} \cdot 3 + 1, \quad (4)$$

де n – число точкових джерел енергії.

Мінімальне число зон фізичного поля утворюється у випадку, коли прямокутники на площині Γ не перетинаються і число зон складається з числа прямокутників плюс зона площини Γ за межами прямокутників:

$$m_{\min} = 2n + 1. \quad (5)$$

Висновки

У запропонованому дослідженні було визначено максимальне та мінімальне число зон фізичного поля, що утворюється точковими джерелами енергії, які розміщено з одного боку від плоского прямокутного екрана.

Також було виведено формули для підрахунку максимального і мінімального числа утворених зон фізичного поля, яке породжено n точковими джерелами енергії.

Список літератури

1. Скочко В. І. Спеціальні геометричні моделі процесів, що розвиваються в суцільному середовищі / В.І. Скочко / Дис...к. техн. наук: 05.01.01. К.: КНУБА, 2012. – 269 с.
2. Сергейчук О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків. Дис...д. техн. наук: 05.01.01. К.: КНУБА, 2008. – 425 с.
3. Арнольд В.И. Математические основы классической механики. – М.: Наука, 1974. – 432 с.
4. 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. – 144с.
5. Ковальов С.М. Вплив відстаней між точками інтерполянта та заданими точками на його форму [Текст] / С.М. Ковальов, О.В. Мостовенко // Управління розвитком складних систем. – 2019. – №37. – С. 78 – 82.
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, І.Н. Бурчак. – Луцьк: ЛДТУ, 2006. – 256 с.
7. 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.
8. 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.

9. Мостовенко О.В. Порівняльний аналіз графіків потенціалів енергії при різних функціях від відстані [Текст] / О.В. Мостовенко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-техн. збірник – К.: КНУБА, 2019. – Вип. 53. – С. 297 – 304.

10. 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.

11. Гильберт Д., Кон-Фоссен С. Наглядная геометрия. – М.: Наука, 1981. – 344 с.

12. Энциклопедия элементарной математики. Книга V. Геометрия / Гос. изд. технико-теоретической литературы: М. – Л., 1962. – 458 с.

Стаття надійшла до редколегії 19.02.2019

Мостовенко Александр Владимирович

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, orcid.org/0000-0002-3423-4126

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА ФИЗИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ЗОНЫ ПРИ НАЛИЧИИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ЭКРАНА

Аннотация. Рассмотрено деление физического поля на определенные зоны. Энергия, распространяемая от точечных источников, рассмотрена на основе лучевого принципа. На пути образования физического поля могут появляться препятствия в виде различных экранов. Эти экраны могут иметь совершенно разные как параметры формы, так и параметры, влияющие на их физические свойства. В зависимости от всех этих параметров экрана определенная часть энергии может проникать сквозь экран, образуя отдельные зоны, на которые делится всё физическое пространство. Вся энергия в таком случае делится на три составляющие: отраженная энергия, поглощенная экраном и энергия, проникающая сквозь экран. Приведены зависимости между максимальным и минимальным числом зон физического поля, образующиеся от n точечных источников энергии, которые размещены с одной стороны от экрана. В данном исследовании экран представлен в форме плоского прямоугольника. Графически наглядно представлено, как физическое поле, образованное точечными источниками энергии, делится на определённые зоны. Показано, как по этим зонам распределяется энергия.

Ключевые слова: физическое поле; источник энергии; потенциал; отражение; поглощение; проникновение; экран; разделение; зона

Mostovenko Oleksandr

PhD, lecturer of the Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, orcid.org/0000-0002-3423-4126
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

DIVISION OF THE SPACE OF THE PHYSICAL FIELD BY ZONES WHEN RECTANGULAR SCREEN IS AVAILABLE

Abstract. This study proposes to consider the distribution of the physical field into specific zones. The energy distributed from point sources is considered on the basis of the ray principle. Multiple screens can interfere with the formation of a physical field. These screens can have completely different shape options as well as settings that affect their physical properties. Depending on all of these screen parameters, some of the energy can penetrate the screen, forming separate zones that divide the entire physical space. In this case, all the energy is divided into three components: the reflected energy absorbed by the screen and the energy that penetrated the screen. The relationship between the maximum and minimum number of physical field zones formed by n point energy sources located on one side of the screen is presented. In this study, a rectangular flat screen was used as the screen shape. It is graphically illustrated as a physical field formed by point sources of energy is divided into zones, where it is also shown how energy is distributed over these zones. The number of zones I is $2(n-1)$, where n is the number of point sources of energy. Considering the reflected energy, the number of such zones is doubled to $4(n-1)$. The total number of zones including zones III, IV, V is $4(n-1) + 3$. In the presence of a flat rectangular screen, which is most common in practical tasks, these zones are formed as a result of the intersection of parts of space bounded by rectangular pyramids whose vertices are point sources of energy and their reflection (not shown for simplification). The number of such zones can be calculated if these pyramids are cut by an arbitrary plane $G // ABCD$. The relative position of the point sources of energy between themselves and relative to the plane D may be such that each cross section is partially superimposed on all others. In this case, the maximum number of these zones is formed.

Keywords: physical field; energy source; potential; reflection; absorption; penetration; screen; division; zone

References

1. Skochko, V.I. (2012). *Special geometrical models of processes, which are developed in such a medium*. PhD thesis: 05.01.01. K.: KNUBA, 269.
2. Sergeychuk, O.V. (2008). *Geometric modeling of physical processes in optimizing the form of energy-efficient buildings*. PhD thesis: 05.01.01. K.: KNUBA, 425.
3. Arnold, V. (1974). *Mathematical foundations of classical mechanics*. M.: Science, 432.
4. Popov, V.M., Kutsenko, L.M., Semenova-Kulish, V.V. (2000). *A method for estimating the heat flux emitted by an ellipsoid as a flame torch*. Kharkiv: HIPB of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 144.
5. Kovalev, S.N., Mostovenko, A.V. (2019). *Effects of distances between interpolant points and set points on the interpolant*. *Management of Development of Complex Systems*, 37, 78 – 82.
6. Skochko, V.I. (2011). *Energy efficiency of the process of drying of viruses on the basis of new geometric models*. *Energy saving in construction and architecture*, 1, 126 – 131.
7. Bolgarova, N.M., Ploskiy, V.O., Skochko, V.I. (2018). *Modeling of Heat Transfer of an Energy Efficient Building*. *Energy efficiency in construction and architecture*, 11, 7 – 21.
8. Bergren, C.A. (1975). *Do Parabolic Interpolation With Less Memory*. *Control Engineering*, 22 (5), 44 – 45.
9. Kovalov, S.M., Gumen, M.S., Pustulga, S.I., Mikhaylenko, V.Ye. (2006). *Applied Geometry and Engineering Graphic. Special offers*. Lutsk: LDTU, 256.
10. Kovalev, S.N., Mostovenko, A.V. (2018). *Interpolation of points on a plane taking into account coefficients of influence of given points*. *Modern problems of modeling: Collection of scientific works*. Melitopol: MDPU Publishing House. B. Khmelnytsky, 13, 69 – 75.
11. Gilbert, D., Kon-Fossen, S. (1981). *Visual geometry*. M. Nauka, 344.
12. *Encyclopedia of elementary mathematics*. (1962). Book V. *Geometry*. M. – L., 458.

Посилання на публікацію

- APA Mostovenko, Oleksandr. (2019). *Division of the space of the physical field by zones when rectangular screen is available*. *Management of Development of Complex Systems*, 41, 83 – 87; [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.41.83-87](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.83-87).
- ДСТУ Мостовенко О.В. Поділ простору фізичного поля на зони за наявності прямокутного екрана [Текст] / О.В. Мостовенко // *Управління розвитком складних систем*. – 2020. – №41. – С. 83 – 87; [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.41.83-87](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.83-87).