

УДК 514.18

## ТРАСУВАННЯ СВІТЛОВОГО ПРОМЕНЯ У ВЕРТИКАЛЬНИХ ПРИЗМАТИЧНИХ ШАХТАХ З ГОРИЗОНТАЛЬНИМИ ОСНОВАМИ

Зданевич В.А.,

Кундрат Т.М., к.т.н.,

Літніцький С.І., к.т.н.,

Пугачов Є.В., д.т.н.

*Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)*

*Розроблено алгоритм трасування світлового променя у вертикальних призматичних шахтах з горизонтальними верхньою і нижньою основами.*

*Ключові слова: світлова шахта, трасування світлового променя, яскравість променя.*

**Постановка проблеми.** Для розрахунку природної освітленості від світлових шахт з дзеркальним відбиванням світла необхідно визначати яскравість променя, який виходить з шахти і потрапляє в розрахункову точку. Яскравість вихідного променя залежить від кількості відбивань променя до його виходу з світлової шахти і яскравості цього променя на вході у світлову шахту (1).

$$L_{вих} = L_{вх} \cdot \rho^n, \quad (1)$$

де  $L_{вих}$  – яскравість вихідного променя;

$L_{вх}$  – яскравість вхідного променя;

$\rho$  – коефіцієнт дзеркального відбивання стінки шахти;

$n$  – кількість відбивань променя до виходу з світлової шахти.

Яскравість вхідного променя визначається його координатами в системі координат, до якої віднесена модель розподілу яскравості за небосхилом. Початок цієї системи координат збігається з першою відбиваючою точкою (рис. 1).

Отже, виникає необхідність у трасуванні променя у шахті. Причому треба розглядати обернену траєкторію променя, тобто від точки 1 (остання відбиваюча точка траєкторії променя) до точки  $n$ . Положення вихідного променя задається розрахунковою точкою  $P_T$  і точкою 1, яка є центром нескінченно малої площинки в області інтегрування по внутрішній поверхні шахти, видимої з розрахункової точки (ця область відбиває світло в розрахункову точку).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Частково така задача вирішувалася в [2,3]. Але в цих роботах розглядалися тільки циліндричні шахти та шахти у вигляді паралелепіпеда, і визначалась тільки кількість відбивань променя, оскільки для моделювання освітленості під шахтою використовувалась модель Муна-Спенсера розподілу яскравості за небозводом, в якій яскравість точки на небозводі залежить тільки від її кутової висоти (кута нахилу вхідного променя до горизонтальної площини, який при відбиванні променя від вертикальних площин не змінюється [2, 3], тобто ці кути однакові для вихідного і вхідного променя).

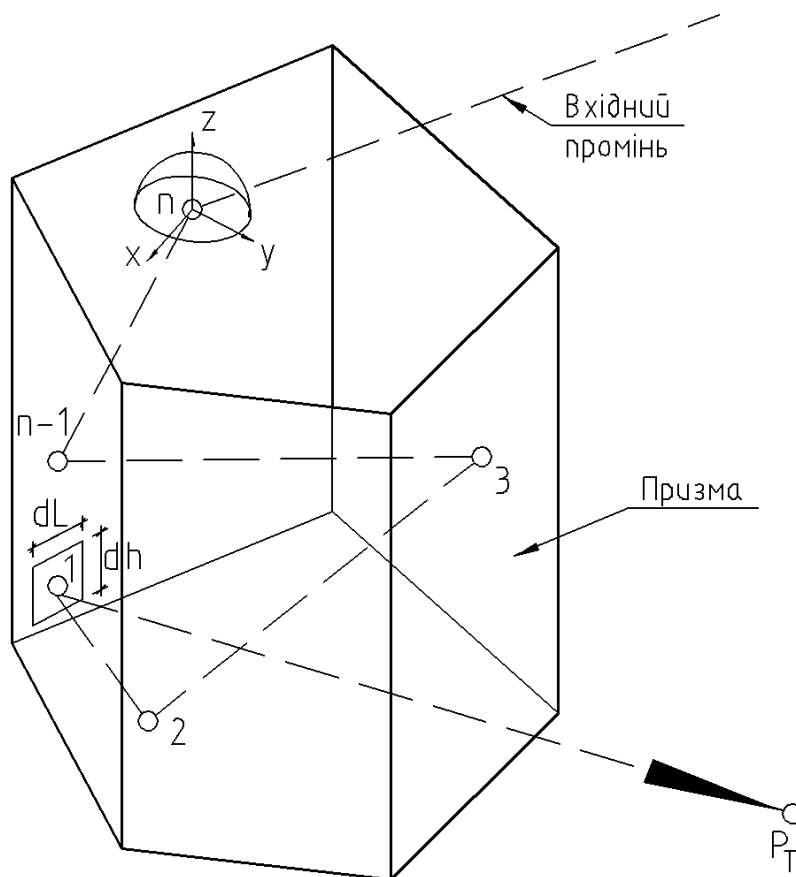


Рис. 1. Траєкторія променя світла всередині призматичної світлової шахти

**Формулювання цілей статті.** В роботі поставлено мету – розробити алгоритм і відповідне програмне забезпечення трасування променя в призматичній світловій шахті з горизонтальними верхньою і нижньою основами.

**Основна частина.** Трасування променя геометрично зводиться до визначення точки перетину прямої з площиною стінки шахти. При цьому основним моментом є задача вибору грані шахти, від якої відбивається промінь.

Алгоритм трасування променя складається з таких дій:

1. Задаємо розрахункову точку  $P_T$  і в області інтегрування останню відбиваючу точку (на рис.1 вона має номер 1).

2. Визначаємо рівняння відбитого точкою 1 променя. Для цього у точці 1 будуємо нормаль до грані, на якій лежить ця точка (рис. 2). З променя  $P_T 1$  опускаємо перпендикуляр на побудовану нормаль і визначаємо довжину цього перпендикуляра. Вздовж побудованого перпендикуляра відкладаємо вектор у два рази довший за цей перпендикуляр. Відбитий промінь буде проходити через кінець побудованого вектора і точку 1.

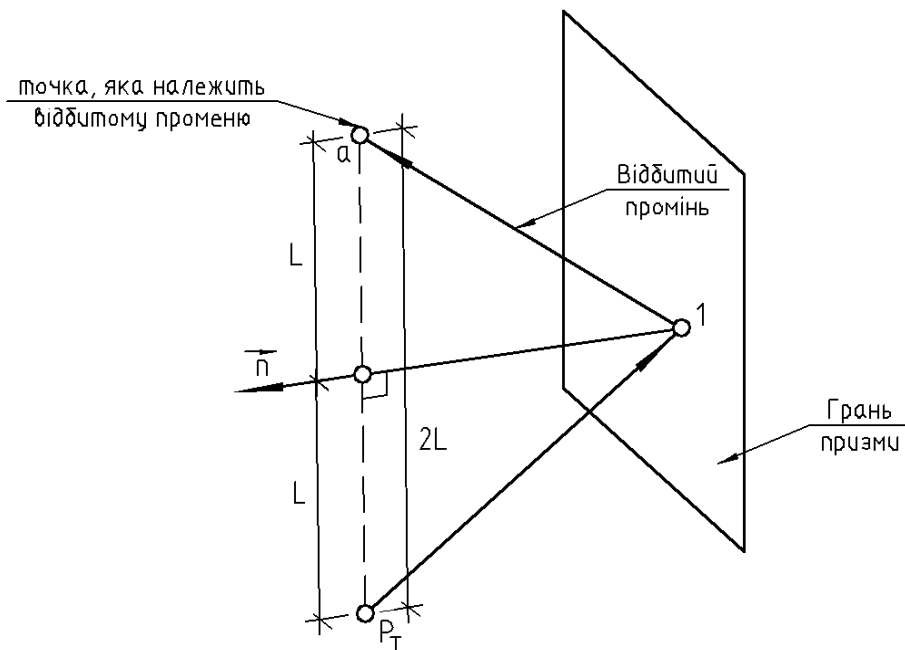


Рис. 2. До визначення рівняння відбитого променя

3. Перевіряємо паралельність відбитого променя площинам всіх граней шахти. Грані паралельні відбитому променю надалі при визначенні наступної відбиваючої грані шахти не розглядаються.

4. Серед залишених граней визначаємо грань, яка буде відбивати промінь, і точку відбивання. Для цього обчислюємо довжини перпендикулярів, побудованих між кожною парою суміжних ребер шахти. Визначаємо координати точок, в яких відбитий промінь перетинає кожну із площин граней. З кожної із цих точок опускаємо перпендикуляри на вертикальні ребра відповідної грані. Обчислюємо довжини перпендикулярів. Якщо сума довжин пари перпендикулярів дорівнює відстані між парою ребер, то це означає, що промінь перетинає грань в межах шахти (рис. 3). Таких граней буде дві. Відбираємо ту грань, для якої точка перетину грані з променем буде знаходитися ближче до верхньої основи призми (зворотній промінь піднімається).

5. Для відібраної грані і визначеної точки відбивання будемо відбитий промінь. Повторюємо пункти 3 і 4 алгоритму до тих пір, доки відбиваюча точка не опиниться вище верхньої основи шахти або кількість відбивань не стане більшою за задану наперед максимальну кількість відбивань  $n_{\max}$ , за якої яскравість вихідного променя стане не суттєвою (фактично це – уникнення ситуації, коли кількість відбивань стає більшою за машинну нескінченність, при цьому вважається, що яскравість променя дорівнює нулю).

6. Якщо кількість відбивань  $n$  є меншою за максимальну кількість відбивань  $n_{\max}$ , то визначаємо координати вхідного променя. Вектор вхідного променя буде проходити через відбиваючу точку, яка опинилася вище верхньої основи шахти, і відбиваючу точку під номером  $n$ .

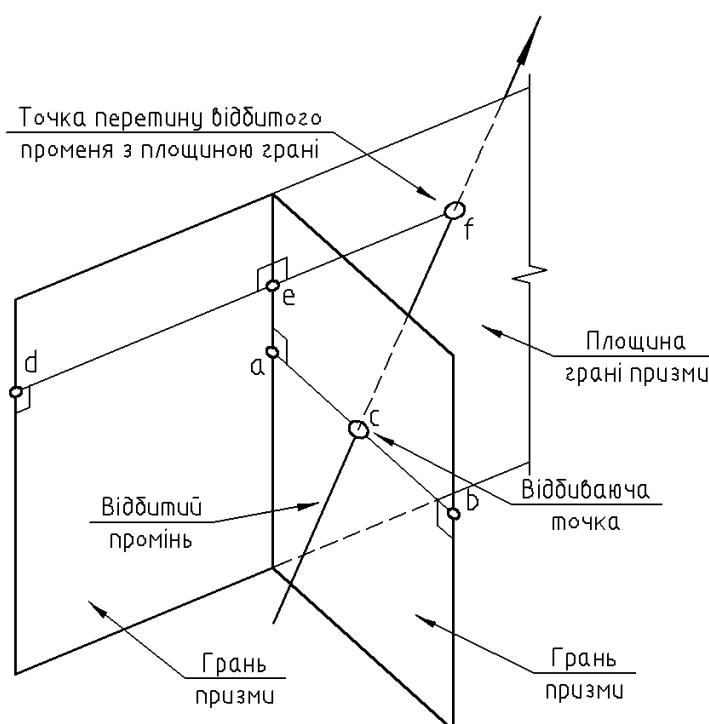


Рис. 3. До визначення грані, яка буде відбивати промінь

**Висновки.** Розроблений алгоритм трасування променя і відповідне програмне забезпечення дозволяють визначати яскравість вихідного променя для затверджених МКО (Міжнародною комісією з освітлення) сучасних моделей розподілу яскравості за небозводом [1,4] і, відповідно, моделювати освітленість відбитим від поверхонь шахти світлом. В подальшому дослідження можуть бути спрямовані на моделювання коефіцієнти корисної дії призматичних світлових шахт різних форм і пропорцій та природної освітленості від них.

### *Література*

1. ДСТУ ISO 15469:2008. «Розподіл яскравості денного світла просторовий. Стандартне хмарне та безхмарне небо згідно з СІЕ» (ISO 15469:2004, IDT).
2. Гарбарук Ю.В. Геометричне моделювання природної освітленості від дзеркально відбиваючих світових шахт: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / Гарбарук Юлія Володимирівна. – К., 2016. – 165 с.
3. Пугачов Є.В. Дискретне геометричне моделювання скалярних і векторних полів стосовно будівельної світлотехніки: дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01 / Пугачов Євген Валентинович. – К., 2001. – 324 с.
4. Kittler R. CIE general sky standard defining luminance distribution. / R. Kittler, S.Darula // Proceedings of eSim Conference. – Montreal, Canada, 2002. – pp. 36 – 43.

## **ТРАССИРОВКА СВЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ШАХТАХ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ ОСНОВАНИЯМИ**

Зданевич В.А., Кундрат Т.Н., Литницкий С.И., Пугачев Е.В.

*Разработан алгоритм трассировки светового луча в вертикальных призматических шахтах с горизонтальными верхним и нижним основаниями.*

*Ключевые слова: световая шахта, трассировка светового луча, яркость луча.*

## **TRACING OF LIGHT BEAM IN VERTICAL PRISMATIC SHAFT WITH HORIZONTAL BASIS**

Zdanevych V., Kundrat T., Litnitskiy S., Pugachov E.

*The algorithm of light beam tracing in vertical prismatic shaft with horizontal basis is made.*

*Keywords: light shaft, tracing of light beam, beam brightness.*