

## МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕНOSTІ ВІД ДЗЕРКАЛЬНО ВІДБИВАЮЧИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ШАХТ

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

**Постановка проблеми та аналіз основних досліджень і публікацій.** Найбільш близькими до даного дослідження є роботи [1-4]. В роботі [2] розглядався розрахунок природної освітленості від дифузно відбиваючих циліндричних шахт, а також – основні моменти розрахунку освітленості від дзеркально відбиваючих циліндричних шахт. Але для дзеркально відбиваючих шахт розрахунок не був реалізований програмно, що не дозволяло візуалізувати і проаналізувати його результати та оцінити вплив на них розрахункових параметрів. Решта робіт [1, 3, 4] стосується моделювання ефективності циліндричних шахт з дифузним і дзеркальним відбиванням. В них освітленість моделюється лише на рівні нижньої основи шахти. Отже, метою даної роботи є моделювання природної освітленості довільної горизонтальної площини, розташованої під шахтою.

**Основна частина.** Розрахунок прямої освітленості від циліндричної світлової шахти з дзеркальним відбиванням світла не відрізняється від розрахунку для дифузно відбиваючої світлової шахти [2]. Простір під світловою шахтою зонується (виділяються три зони). В першій зоні розрахункова точка освітлюється прямим світлом, яке пройшло через вхідний отвір шахти, та відбитим від всієї внутрішньої поверхні шахти світлом. В другій зоні розрахункова точка освітлюється прямим світлом, яке пройшло через видиму з розрахункової точки частину вхідного отвору, і світлом, відбитим від частини внутрішньої поверхні шахти, видимої з розрахункової точки. В третій зоні розрахункова точка освітлюється тільки відбитим від частини внутрішньої поверхні шахти, видимої з розрахункової точки.

Для розрахунку відбитого світла для кожної відбиваючої точки частини внутрішньої поверхні, видимої з розрахункової точки, визначаються кількість відбивань променя до виходу з світлової шахти і кут його нахилу до горизонтальної площини на вході в шахту, якій, як це доведено в [2], дорівнює куту його виходу з шахти. Детальніше визначення цих двох параметрів описано в [2, 4]. Це дозволяє визначити яскравість променя на виході з світлової шахти, і, отже, змоделювати освітленість розрахункової точки на горизонтальній поверхні відбитим світлом або, при необхідності, визначити в ній координати світлового вектора. Останнє дозволяє розраховувати освітленість в розрахунковій точці не тільки на горизонтальній, але й на будь-якій похилій площині.

Оскільки поверхня освітленості від світлової шахти є поверхнею обертання навколо осі симетрії світлової шахти, то розрахункові точки задавалися вздовж прямої, паралельної осі  $x$  і розташовані на заданій відстані від нижньої основи шахти. На рис. 1 показано освітленість горизонтальної площини, розташованої на відстані 0,5 м від нижньої основи шахти, прямим світлом (точкова лінія), відбитим світлом (штрихова лінія) і сумарним світлом (суцільна лінія). Розрахунок проводився для хмарного небозводу за стандартом МКО при значенні коефіцієнта дзеркального відбивання  $\rho=0.8$  і параметрах шахти (радіус, висота)  $R=1$  м,  $H=3$  м. Яскравість небосхилу в розрахунку приймалася рівною 1, тобто освітленість розраховувалась у відносних одиницях.

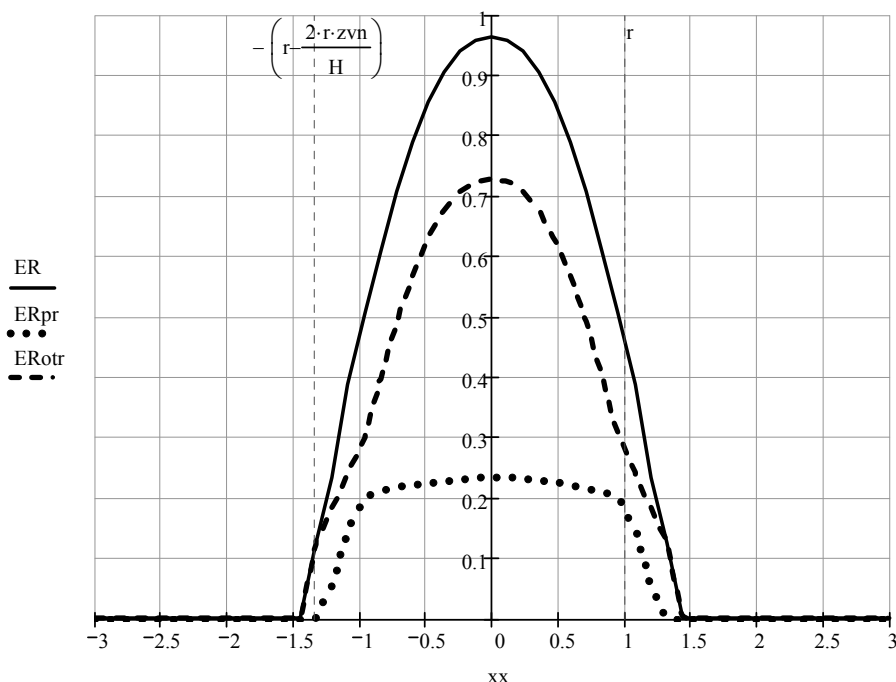


Рис.1. Освітленість горизонтальної площини, яка розташована на відстані 0,5 м від нижньої основи шахти, при таких її пропорціях:  $R=1,0$  м,  $H=3,0$  м

Як видно з рисунку для таких розташування горизонтальної розрахункової площини (близького до нижньої основи шахти) і параметрів шахти освітленість, створена відбитим світлом (штрихова лінія), переважає освітленість, створену прямим світлом. Крива сумарної освітленості на границях зон, показаних вертикальними штриховими лініями, має особливі точки, що відповідає світло просторовій експозиції.

На рис. 2 показано ті ж криві, але для горизонтальної площини, розташованої на відстані 5,0 м від нижньої основи шахти. Як видно з рисунку, при великих відстанях площини від нижньої основи переважає вже не відбите світло, а пряме. Причому крива прямої освітленості наближається до кривої сумарної освітленості, тобто в таких випадках відбите світло відіграє незначну роль у створенні сумарної освітленості, а максимальне значення сумарної освітленості сильно зменшується (в першому випадку – приблизно 0,95, а в другому – приблизно 0,06).

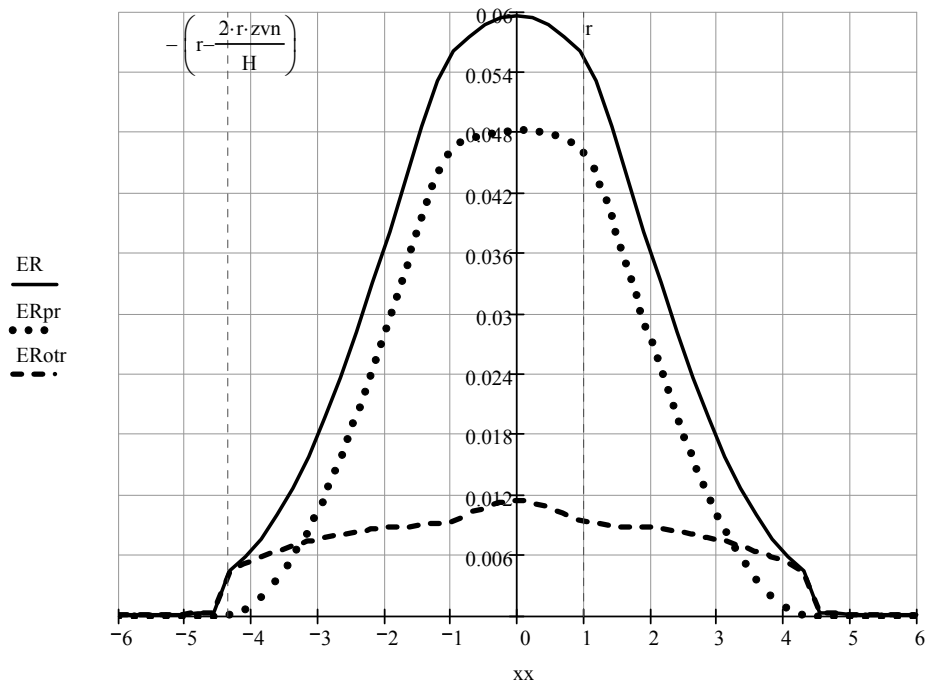


Рис.2. Освітленість горизонтальної площини, яка розташована на відстані 5,0 м від нижньої основи шахти, при таких її пропорціях: R=1,0 м, H=3,0 м

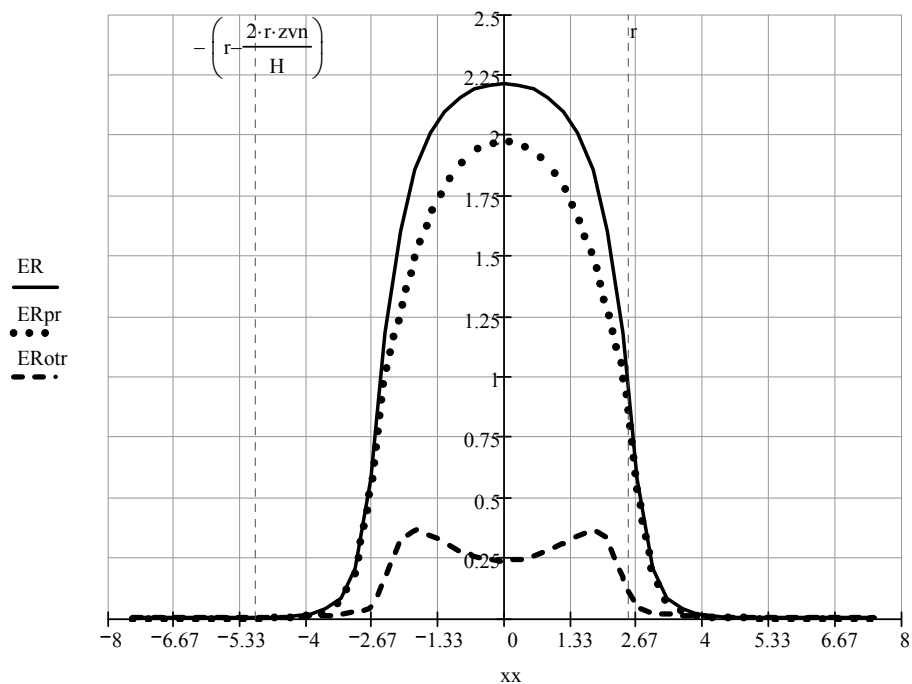


Рис.3. Освітленість горизонтальної площини, яка розташована на відстані 0,5 м від нижньої основи шахти, при таких її пропорціях: R=2,5 м, H=1,0 м. Максимальне значення, коли точка горизонтальної площини освітлюється повністю відкритим небозводом, становить  $7\pi/9 \approx 2,443$ .

На рис. 3 показані криві освітленості для площини, розташованої на відстані 0,5 м від нижньої основи шахти, при R=2,5 м, H=1,0 м, тобто шахта є низькою і широкою. Як видно з рисунку, пряма освітленість набагато переважає відбиту і характер кривої відбитої освітленості

змінився порівняно з рисунками 1, 2, а саме, крива має вже не один максимум, розташований на осі шахти, а два. А на осі шахти вона має локальний мінімум. Причому крива прямої освітленості наближається до сумарної кривої, оскільки вклад відбитої освітленості стає незначним. Описані зміни відповідають фізиці процесу поширення світла, що підтверджує коректність моделі та її комп'ютерної реалізації.

Для ілюстрації зміни вкладу прямої і відбитої освітленості в сумарну освітленість площини залежно від її відстані до нижньої основи шахти на рис. 4 показано графік, на якому по горизонтальній осі відкладена відстань площини від нижньої основи шахти, а по вертикальній – відношення потоку освітленості, створеного прямим світлом, до потоку освітленості, створеного відбитим світлом. Потоки обчислювалися в межах першої і другої зон, тобто всередині кола, утвореного як перетин горизонтальної розрахункової площини з прямим коловим конусом, який обмежує другу зону [2]. Третя зона до уваги не бралася, оскільки в неї пряме світло не потрапляє.

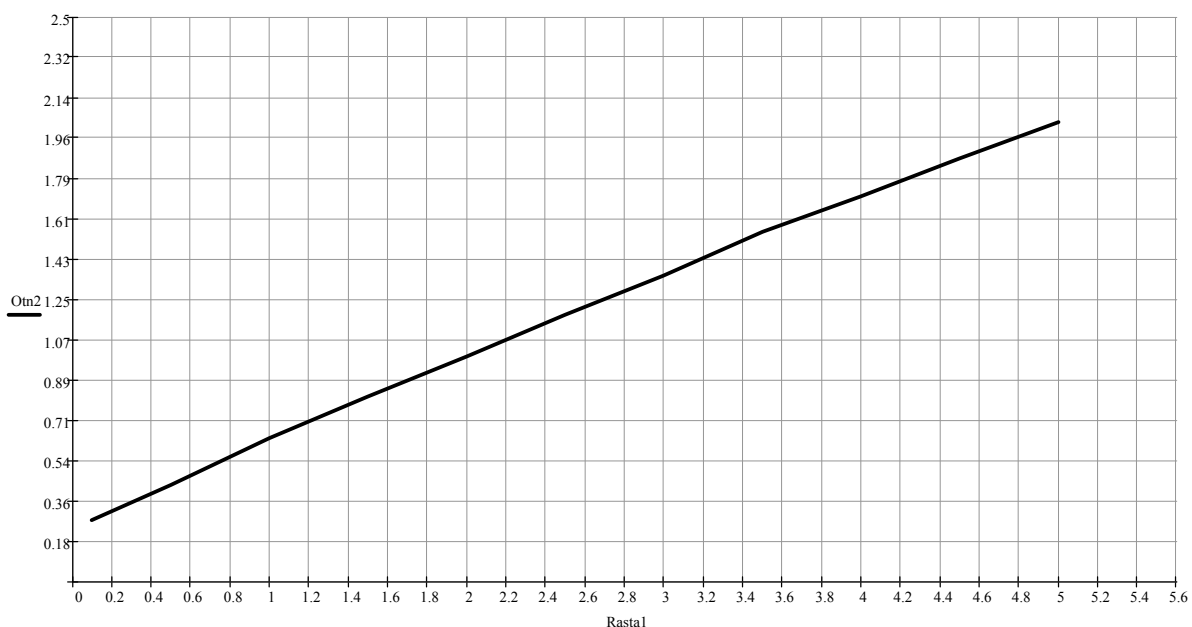


Рис.4. Залежність відношенні потоків, створених прямим і відбитим світлом в межах першої та другої зон, від відстані розрахункової площини до нижньої основи шахти

З рисунку 4 видно, що по мірі віддалення розрахункової площини від нижньої основи шахти відношення прямого потоку світла до відбитого зростає прямолінійно.

**Висновки та перспективи досліджень.** В роботі розроблена комп'ютерна модель природної освітленості горизонтально площини від циліндричної світлової шахти з дзеркальним відбиванням світла і проаналізовано результати моделювання залежно від відстані горизонтальної розрахункової площини від нижньої основи шахти. Показано характер зміни кривої освітленості, створеної відбитим світлом, залежно від геометричних параметрів шахти. Подальші дослідження

можна спрямувати на моделювання освітленості та інших характеристик світлового поля від шахт різних форм.

*В статье моделируется освещенность горизонтальной плоскости, расположенной под зеркально отражающей цилиндрической световой шахтой. Источником естественного света является облачный небосвод по стандарту МКО. Анализируется характер изменения освещенности, создаваемой отраженным от внутренней поверхности шахты светом, в зависимости от параметров шахты и расстояния расчетной горизонтальной плоскости от нижней основы шахты.*

*In article light exposure of the horizontal plane located under mirror reflecting cylindrical light shaft is modelled. A source of natural light is the cloudy sky under standard ICI. Character of change of the light exposure created reflected from internal surface of shaft by light, depending on parameters of shaft and distance of a settlement horizontal plane from the bottom basis of shaft is analyzed.*

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гарбарук Ю.В., Кундрат Т.М., Пугачов Є.В. Порівняння коефіцієнта корисної дії циліндричних світлових шахт з дифузним і дзеркальним відбиванням світла // Технічна естетика і дизайн. – 2010. – Вип. 8. – С. 75 – 79.
2. Пугачов Є.В. Дискретне геометричне моделювання скалярних і векторних полів стосовно будівельної світлотехніки: Дис. ... докт. техн. наук: 05.01.01/К., 2001. – 353 с.
3. Пугачов Є.В., Кундрат Т.М. Моделювання ефективності циліндричних світлових шахт з дифузним відбиванням світла//Системні технології: регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНВП “СТ”, 2006. – Вип. 3(44). – С. 82-87.
4. Пугачов Є.В., Кундрат Т.М. Ефективність світлових шахт з дзеркальним відбиванням світла // Прикл. геометрія та інж. графіка 2006. – Вип. 76. – С. 63-67.