

УДК 628.924.001.2

АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ГЕОМЕТРИЧНОГО КПО ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ГРАФІЧНОМУ МЕТОДУ ДАНИЛЮКА

кандидат технічних наук, доцент, Комаров В. І.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна, Львів

Трудомісткість рекомендованого ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» графічного методу Данилюка для визначення геометричного коефіцієнта природної освітленості ускладнює використанням сучасних комп'ютерних систем під час проектування. На відміну від цього методу, запропоновано аналітичний метод розрахунку коефіцієнта природної освітленості, на основі якого можливе розроблення математичної моделі і системи автоматизованого проектування. Наведено приклад практичного використання розроблених аналітичних залежностей та верифікацію запропонованого методу порівнянням результатів розрахунків з аналогічними результатами за аналітичним методом Данилюка.

Ключові слова: природне освітлення, коефіцієнт природної освітленості, метод Данилюка, аналітичний метод, проектування.

Комаров В. И. Аналитический метод расчета геометрического КЕО как альтернатива графическому методу Данилюка / Национальный университет «Львовська політехніка», Украина, Львов

Трудоемкость рекомендованного ДБН В.2.5-28-2006 «Естественное и искусственное освещение» графического метода Данилюка для определения геометрического коэффициента естественной освещенности затрудняет использование современных компьютерных систем при проектировании. В отличие от этого метода, предложен аналитический метод расчета коэффициента естественной освещенности, на основе которого возможна разработка математической модели и системы автоматизированного

проектирования. Приведен пример практического использования разработанных аналитических зависимостей и верификация предложенного метода сравнением результатов расчетов с аналогичными результатами по аналитическому методу Данилюка.

Ключевые слова: естественное освещение, коэффициент естественного освещения, метод Данилюка, аналитический метод, проектирование.

Komarov V. I. An analytical method for calculating the sky component of daylight factor as an alternative to the graphical method Danyluk / National university «Lviv polytechnic», Ukraine, Lviv

The complexity of the recommended DBN V.2.5-28-2006 " Natural and artificial illumination " Danyluk graphical method for determining the geometric factor of daylight makes it difficult to use modern computer systems in the design . In contrast, the method proposed analytical method for calculating the coefficient of daylight , on the basis of which it is possible to develop a mathematical model and computer-aided design . An example of the practical use of the developed analytical relationships and verification of the proposed method by comparing the calculation results with similar results for the analytical method Danyluk .

Keywords: natural light, the rate of natural light, the method Danyluk, analytical method, design.

Вступ

Забезпечення оптимального світлового режиму, складовими якого є природне та штучне освітлення, має значення не тільки для створення нормальних умов праці й побуту людей, але й фізіологічного та психічного стану людини. Відомо також про біологічний й гігієнічний вплив сонячного світла за рахунок ультрафіолетових випромінювань, що характеризуються оздоровчими й бактерицидними властивостями. Нарешті, правильне рішення природного освітлення має велике техніко - економічне значення.

За чинними на даний час нормами всі приміщення, призначені для тривалого перебування людей, повинні мати природне освітлення. Воно піддається якісним і кількісним змінам, що залежать від географічного

розташування, захмареності неба, орієнтації за сторонами світу, часу доби та ін.. Все це ускладнює процес проектування природного освітлення виробничих приміщень.

За ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [1], під час проектування природного освітлення рекомендується виконати такі проектувальні розрахунки: перший – попередній розрахунок площі світлових прорізів, другий – перевірка коефіцієнта природного освітлення (КПО) у точках характерного перерізу. Обидва розрахунки мають невисоку інформативність для кількісної та якісної оцінки прийнятих проектувальних рішень.

Існуючі інженерні методи розрахунку природного освітлення групуються, в основному, навколо двох розрахункових методів проектування: один використовує так званий «люмен-метод», другий заснований на розрахунку коефіцієнта природного освітлення (КПО).

«Люмен-метод» застосовує прямий розрахунок освітленості від природного світла, подібний методу розрахунків освітленості при штучному освітленні. Цей інженерний метод розрахунку достатньо простий, що дозволяє виконати розрахунок «вручну», без застосування ПЕОМ. Він базується на використанні таблиць, у яких наводяться коефіцієнти використання світлового потоку від світлових прорізів для п'яти точок у характерному розрізі приміщення. Метод призначений для розрахунків освітленості при верхньому і боковому природному освітленні із світловими прорізами простих геометричних форм й із простими сонцезахисними й світлонапрямними пристроями, типу світлових полиць. За допомогою люмен-методу не можна виконати розрахунок бокового природного освітлення, якщо світлові прорізи затінюються протилежними будинками.

Другий метод КПО більш поширений у європейських країнах, варіантом якого є метод, що застосовується в Україні. Відмінності полягають у способах розрахунків складових КПО від прямого світла неба, від внутрішнього відбитого світла й від світла, відбитого від протилежних будинків і споруд. У багатьох європейських країнах розповсюджений метод розрахунків за

допомогою діаграми Уелдрема (Waldram). А, наприклад, у Словаччині в міській забудові нормується не КПО, а частка відкритого небосхилу, що видно з розрахункової точки через світловий проріз, по відношенню до площі вікна, яка визначається діаграмою Уелдрема [2,5].

Формулювання мети статті та завдань

Діаграми Уелдрема як і графіки А. М. Данилюка є наближеним способом проектування природного освітлення й страждають недоліками графічних методів: невисокою точністю, обумовленою точністю графічних побудов, і більшою трудомісткістю. Але основним недоліком графічних методів, на відміну від аналітичних, є труднощі подальшого розвитку та застосування формалізованих методів, у зв'язку з тим, що функціональні відносини створюють труднощі при обробленні графічної схеми методами формального аналізу. Формалізовані методи дозволяють виконувати аналіз при більших розмірностях інформаційного потоку.

Основною перевагою аналітичних методів є більша спрямованість на використання комп'ютерної техніки, що уможливорює використання структурованих даних, автоматизації проектування з реалізацією цих методів на алгоритмічному рівні з подальшим математичним та комп'ютерним моделюванням природного освітлення приміщень.

Практика проектування свідчить, що важливим, крім точності методу проектувального розрахунку, є наявність єдиної, регламентованої нормативним документом, методами інженерних розрахунків КПО, що дозволяє співставляти результати розрахунків та порівнюваними проектні рішення один з одним.

Виклад основного матеріалу

При розробленні математичної моделі природного освітлення приміщень і, зокрема, визначення геометричного КПО використання методу Данилюка виявляється недоцільним через те, що вся необхідна інформація представляється в графічному виді.

Для рішення даного завдання більш доцільним буде аналітичний метод визначення геометричного КПО.

Відомо [3], що геометричний КПО у довільній точці M (рис.1) у приміщенні дорівнює:

$$\varepsilon_M = \frac{S_\sigma}{\pi} \cdot 100 \%$$

де ε_M - геометричний КПО у точці M ;|

S_σ - площа проекції σ видимої із точці M через віконний проріз частини небесної півсфери на горизонтальну площину.

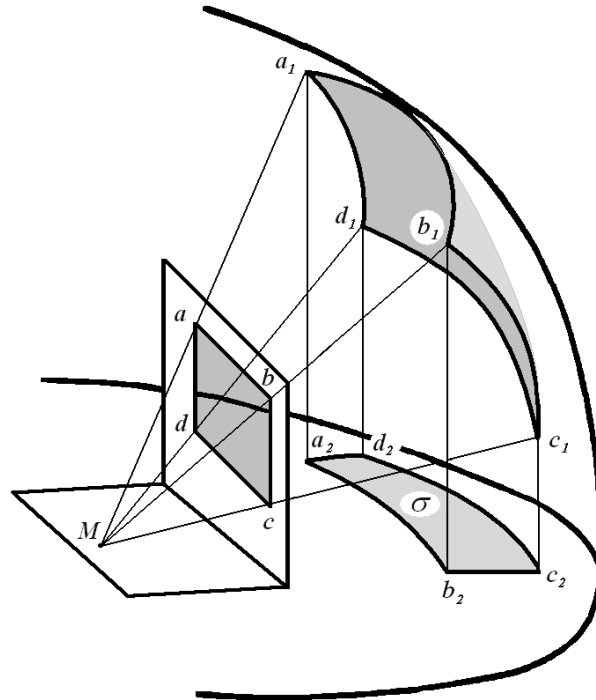


Рис.1 Схема визначення коефіцієнта природного освітлення (геометрична інтерпретація).

Аналітично зазначену площу S_σ пропонується визначити як різницю площ секторів Md_2c_2 та Ma_2b_2 (рис.1) за формулою:

$$S_\sigma = S_{\sigma_1} - S_{\sigma_2}. \quad (1)$$

Для вікон прямокутної форми при боковому освітленні кожному із складових (1) пропонується визначати за наступною формулою [4]:

$$S_{\sigma_i} = S_\delta - \frac{Y \left(\arctg \left(\frac{\tg(\alpha) \sqrt{Y^2 + h^2}}{Y} \right) - \arctg \left(\frac{\tg(\beta) \sqrt{Y^2 + h^2}}{Y} \right) \right)}{\sqrt{Y^2 + h^2}},$$

де

$$\left\{ \begin{array}{l} S_o = -\frac{\left(\text{ceil}\left(\frac{\alpha}{\pi} - 0,5\right) - \text{floor}\left(\frac{\beta}{\pi} - 0,5\right) - 1 \right) \cdot \left(\frac{\sqrt{Y^2 + h^2}}{Y} \right) \cdot \pi Y}{\sqrt{Y^2 + h^2}}, \text{ якщо } \left(\frac{\alpha}{\pi} - 0,5 \right) \leq \text{floor}\left(\frac{\beta}{\pi} - 0,5\right), \\ \text{інакше } S_o = 0.0. \end{array} \right.$$

Y , h , а також межі інтегрування α і β визначаються геометричними пара-

метрами вікон і координатами розрахункової точки у приміщенні.

Верифікацію запропонованого аналітичного методу було здійснено шляхом порівняння результатів розрахунків значень геометричного КПО для приміщення (рис.2) запропонованим методом і широко відомим аналітичним методом Данилюка. Порівняльні результати наведені у таблиці 1.

Як графічний, так і аналітичний методи Данилюка є наближеними. Це пов'язано як з неточністю графічних методів, що залежать від точності побудови креслень, так і зі спрощеннями в інтегруванні, прийнятими для вирішення задач сферичної геометрії, в результаті чого отримані графіки Данилюка А. М. та їх аналітична реалізація. Тут мається на увазі перш за все та основна похибка, яка відбувається внаслідок заміни кутів середніми кутами.

Практика використання аналітичного метода Данилюка показала, що:

1) похибка збільшується з наближенням форми світлових отворів від нескінченної смуги до квадрату, при якому похибка досягає найбільшої величини, і

2) похибки збільшуються з наближенням точки до світлових отворів або що то саме, з пропорційним збільшенням розмірів вікон.

Чисельно похибка не перевищує 5% і зазвичай коливається в межах 1-3% , що цілком задовольняє проєктантів.

Для можливості перевірки результатів розрахунків наведено всі вхідні дані прикладу.

Довжина приміщення – 8,7 м, ширина – 5,6 м. Вікно шириною 2,1 м,

висотою – 1,5 м. Висота підвіконня над рівнем підлоги – 0,9 м. Номера та координати розрахункових точок вказані на рис. 2.

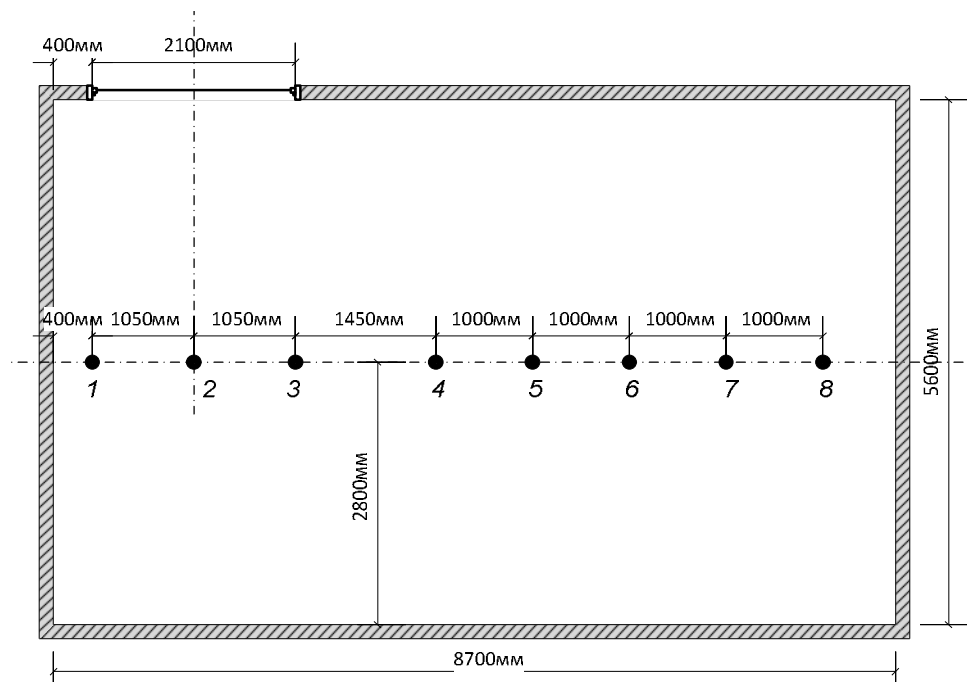


Рис.2. План приміщення та координати розрахункових точок.

Таблиця 1

Порівняльні результати обчислення геометричного КПО

№ розрахункової точки (рис.1)	геометричний КПО, %		відносна розбіжність, %
	запропонований метод	аналітичний метод Данилюка	
1	3,1386	3,1584	-0,64041
2	3,6877	3,7128	
3	3,1386	3,1584	-0,64041
4	1,6435	1,6439	-0,02433
5	0,9172	0,9109	0,68687
6	0,5066	0,4994	1,42
7	0,2885	0,2825	2,08
8	0,1716	0,1672	2,564

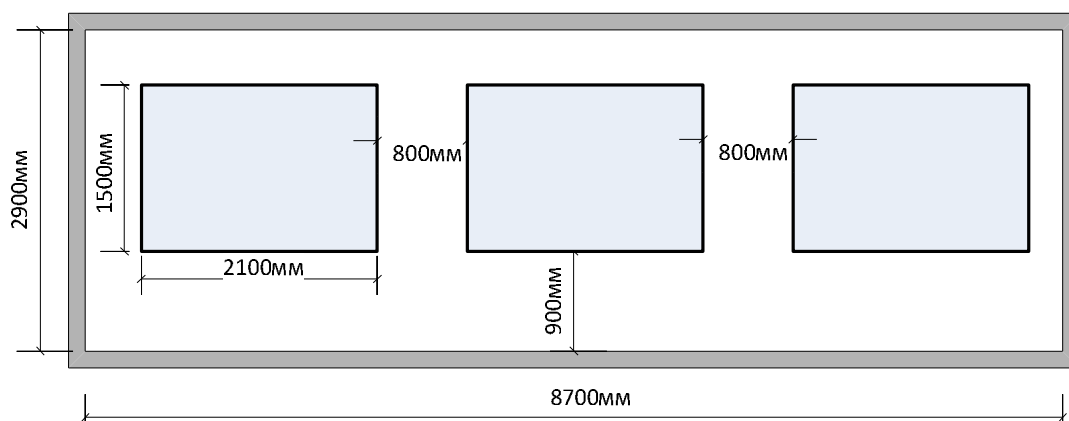
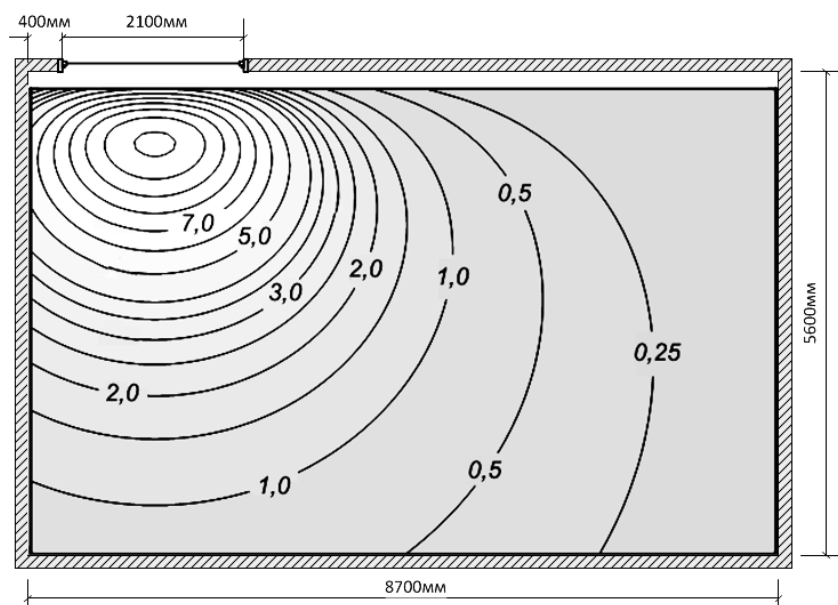
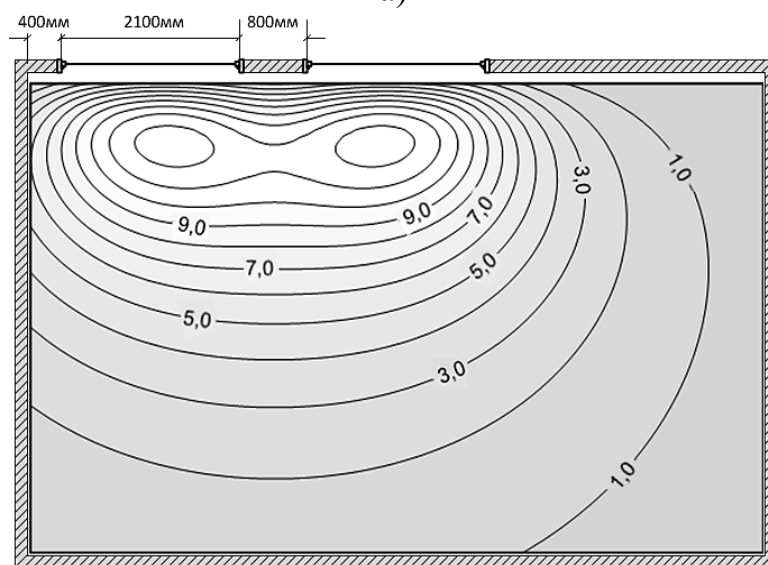


Рис. 3. План розташування вікон



a)



б)

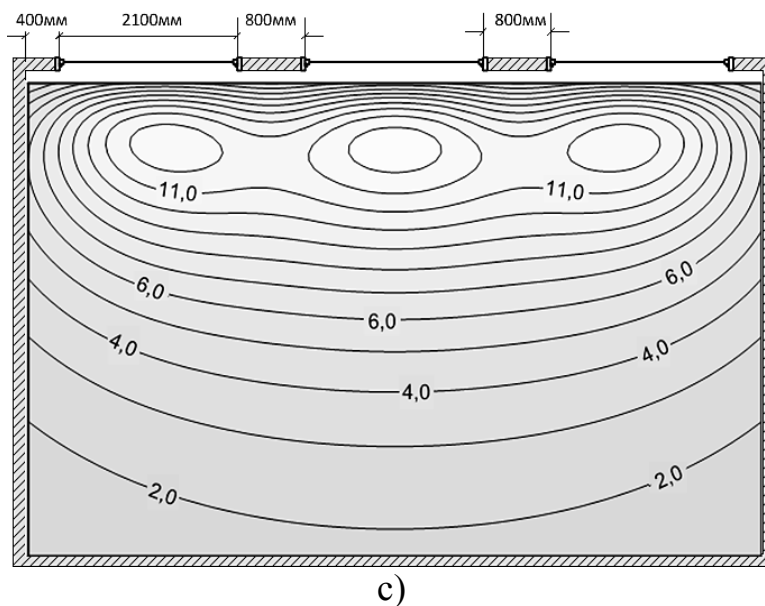


Рис.4. Лінії рівня геометричного КПО

Для приміщення (рис.2) за наведеним у статті методом був порахований геометричний КПО при односторонньому боковому освітленні з одним, двома та трьома вікнами (рис.3). Лінії рівнів КПО показані на рис.4 а,б,в.

У наведених прикладах розраховано КПО у близько 2500 точках приміщення у кожному випадку, при тому час розрахунку на персональному комп'ютері середніх можливостей становив лічені секунди.

Висновки

Метод розрахунку природнього освітлення за ДБН В.2.5-28-2006 є графоаналітичним, але є занадто трудомісткий для його використання в рутинних розрахунках, втім є і єдиною офіційно затвердженою методикою.

Однак розрахунок легко піддається автоматизації, у випадку використання аналітичних методів. У статті висвітлено переваги аналітичних методів розрахунків при проектуванні природнього освітлення.

Література:

1. Державні будівельні норми України, «Природне і штучне освітлення», ДБН В.2.5-28-2006, Мінбуд України 2006;
2. Справочная книга по светотехнике. Под редакцией д. т. н., проф. Ю. Б. Айзенберга. Издание 3-е, переработанное и дополненное. М. «Знак». 2006.
3. Гусев Н. М. Основы строительной физики. –М.: Стройиздат, 1975.

4. Комаров В. І. Моделювання природного освітлення приміщень на основі аналітичного методу розрахунку геометричного КПО. Матеріали дев'ятої Міжнародної науково-практичної конференції «Питання сучасної науки і освіти». Частина 2, С. 1-3. Київ, 18 - 20 липня 2013 р.

5. Deepa Ananthakrishnan, Jason DeCaestecker Calculating the Daylight Factor

[Електронний ресурс] //

<https://faculty.unlv.edu/kroel/www%20731%20spring%202006/daylight%20factor.pdf>

References:

1. Derzhavni budivel'ni normy Ukrainy, «Pryrodne i shtuchne osvittlennya», DBN V.2.5-28-2006, Minbud Ukrainy 2006;

2. Spravochnaya knyha po svetotekhnike. Pod redaktsiyey d.t.n., prof. Yu. B. Ayzemberha. Yzdanye 3-e, pererabotannoe y dopolnennoe. M. «Znak». 2006.

3. Husev N. M. Osnovy stroitel'noy fizyky. –M.: Stroyizdat, 1975.

4. Komarov V. I. Modelyuvannya pryrodnoho osvittlennya prymishchen' na osnovi analitychnoho metodu rozrakhunku heometrychnoho KPO. Materialy dev'yatoyi Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Pytannya suchasnoyi nauky i osvity». Chastyna 2, S. 1-3. Kyiv, 18 - 20 lympya 2013 r.

5. Deepa Ananthakrishnan, Jason DeCaestecker Calculating the Daylight Factor -

[Elektronnyy resurs] //

<https://faculty.unlv.edu/kroel/www%20731%20spring%202006/daylight%20factor.pdf>