

УДК 514.18

МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ ПРЯМИМ СВІТЛОМ ВІД НЕБОЗВОДУ НА ПОВЕРХНЯХ ПАНОРАМИ

Пугачов Є.В., д.т.н.,

Савчук Л.С., аспірант*

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

Робота присвячена геометричному моделюванню прямої природної освітленості за умов хмарного небозводу на внутрішніх поверхнях будівлі панорами для подальшого визначення їх освітленості, зважаючи на багаторазове відбивання світла між ними. У статті наведено графіки прямої природної освітленості на всіх поверхнях панорами.

Ключові слова: панорама, природне освітлення, світловий вектор, експозиція, предметний план, область інтегрування.

Постановка проблеми. Одними із особливих видів експозиційно-виставкових залів є музейні панорамні зали, в яких комплексно поєднуються засоби живопису, архітектури і світлотехніки для наочної демонстрації історичних подій та явищ природи. Панорама – це замкнена картина, розміщена на внутрішній поверхні стіни циліндричної будівлі, яка разом із предметним планом за наявності відповідного природного освітлення передає всю повноту подій, відображених автором. Глядач в панорамі знаходиться в центрі подій, що зображуються, і для огляду експозиції переміщається по колу оглядової площадки. Якість сприйняття панорами залежить від умов видимості та рівня освітленості живописного полотна. Тому необхідно забезпечити таку освітленість, за якої глядач може розглядати не тільки деталі на картині та предметному плані, а й повністю передати кольорову гаму, уникнути появи відблисків, тіней і засліплюючої дії прямого світла.

На рис. 1 показано схему будівлі панорами, освітлення живописного полотна і предметного плану в якій відбувається за рахунок відбитого світла від всіх поверхонь панорами. Для моделювання природної освітленості, створеної відбитим світлом на циліндричній поверхні експозиції 7 (рис.1), необхідно спочатку визначити пряму освітленість від небозводу всіх поверхонь панорами.

* Науковий керівник – д.т.н., проф. Пугачов Є.В.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз показав, що в літературі відсутні публікації щодо моделювання прямої природної освітленості в будівлі панорами. Метод, наведений у нормах проектування [1], не дозволяє визначити пряму освітленість поверхонь панорами, оскільки він є коректним лише для прямокутних вертикальних світлопрорізів. У роботах [4,5] авторами розроблено зонування поверхонь панорами і показано області циліндричного світлопрорізу, які освітлюють їх природним світлом від небозводу, показано форми областей та описано їх границі.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є визначення прямої природної освітленості від небозводу на внутрішніх поверхнях панорами для подальшого моделювати освітленості експозиції з урахуванням багаторазового відбивання світла.

Основна частина. Як видно із рис. 1, в будівлі панорами є сім внутрішніх поверхонь, що освітлюються прямим світлом від небозводу через циліндричний світлопроріз. Це:

- конічна поверхня зонта-рефлектора 1;
- циліндрична поверхня зонта-рефлектора 2;
- конічна поверхня оглядової площадки 3;
- циліндрична поверхня оглядової площадки 4;
- горизонтальна площина оглядової площадки 5;
- горизонтальна площина предметного плану 6;
- циліндрична поверхня предметного плану 7.

Оскільки поверхні, що освітлюються прямим світлом є поверхнями обертання (рис.1) і в моделі хмарного небозводу його яскравість є симетричною відносно вертикальної осі, то моделювати пряму освітленість будемо вздовж їх твірних в площині $X = 0$.

Зазначимо, що залежно від положення розрахункової точки на твірній видима із неї область світлопрорізу змінює свою форму. Освітленість в розрахунковій точці визначається інтегруванням по згаданій області, які були описані авторами [4,5] для кожної поверхні панорами. Координати світлового вектора в розрахунковій точці на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції, створеного елементарною площинкою ds , розміщеною в межах видимого контуру світлопрорізу, визначалися за відомими формулами (1)[3]:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= t_x \frac{L_\theta \cdot \cos \gamma}{l^2} \cdot dS, \\ \varepsilon_y &= t_y \frac{L_\theta \cdot \cos \gamma}{l^2} \cdot dS, \\ \varepsilon_z &= t_z \frac{L_\theta \cdot \cos \gamma}{l^2} \cdot dS, \end{aligned} \quad (1)$$

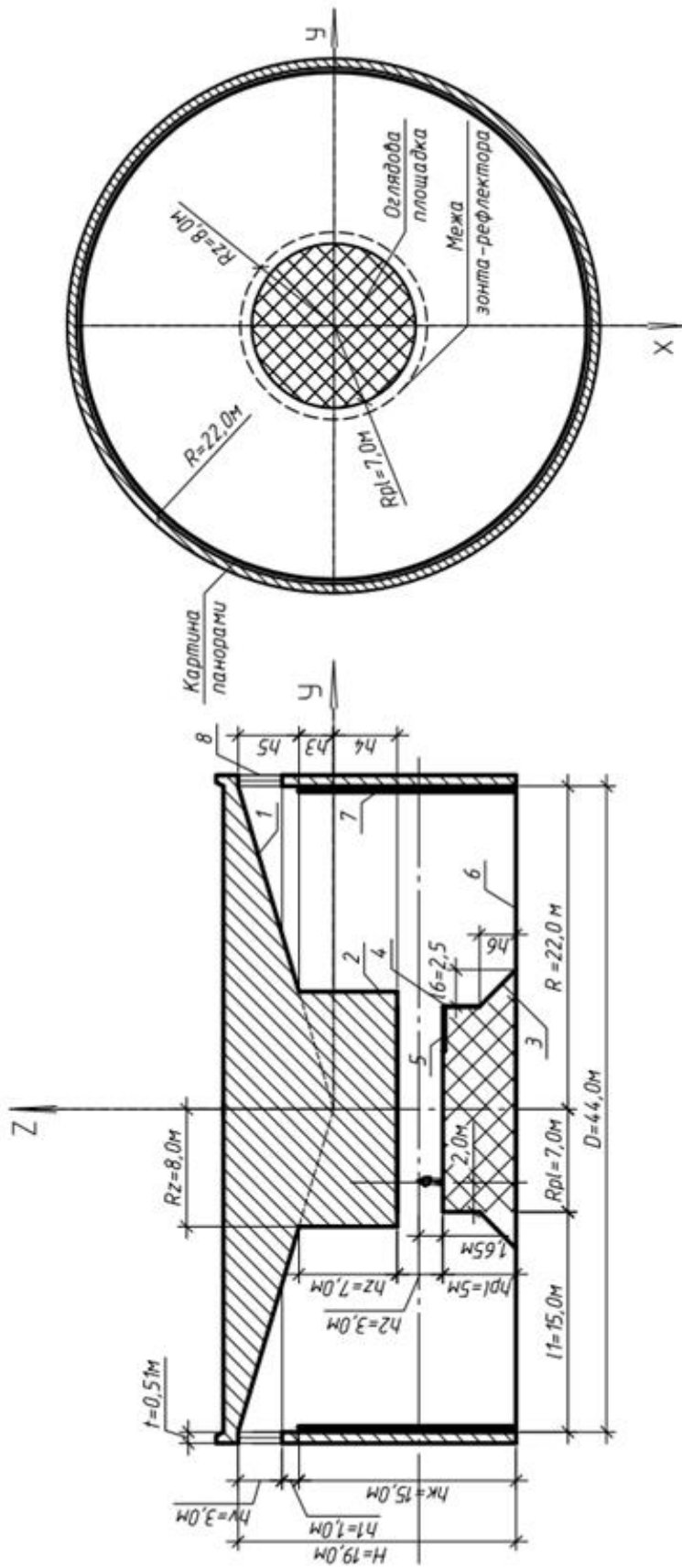


Рис. 1. Схема будівлі панорами:

- 1 – конічна поверхня зонти-рефлектора; 2– циліндрична поверхня зонти-рефлектора;
 3 – конічна поверхня оглядової площадки; 4 – циліндрична поверхня оглядової площадки;
 5 – горизонтальна площина оглядової площадки; 6 – горизонтальна площина предметного плану;
 7 – циліндрична поверхня предметного плану; 8 – світлопроріз

де t_x, t_y, t_z – координати одиничного вектора \vec{t} , спрямованого від середини елементарної площинки dS в розрахункову точку; x_t, y_t, z_t – координати розрахункової точки; L_θ – яскравість точки на небозводі з кутовою висотою θ :

$$L_\theta = \frac{1+2 \cdot \sin \theta}{3} L_z, \quad (2)$$

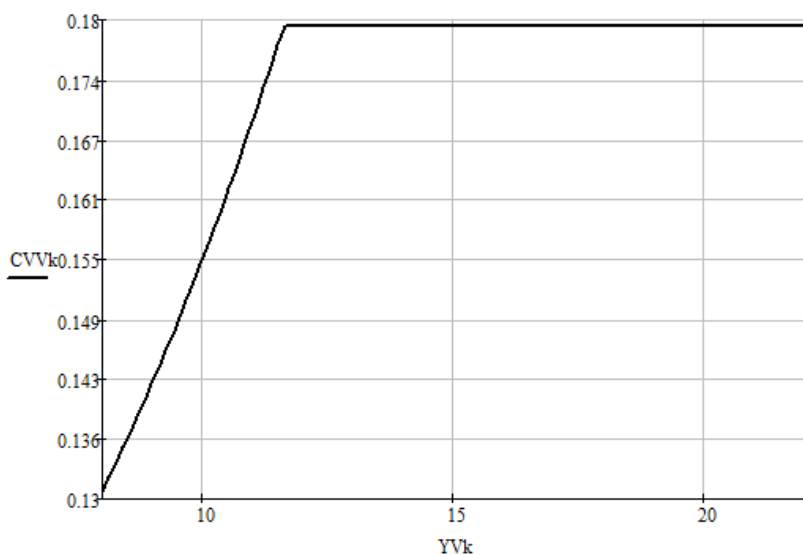
де $L_z = 1$ – яскравість небозводу в зеніті; θ – кутова висота середини елементарної площинки на світлопрорізі; γ – кут між вектором, спрямованим з середини елементарної площинки в розрахункову точку, і одиничним вектором нормалі до цієї площинки,

Інтегруванням виразів (1) по всій області Ω , обмеженій видимим з розрахункової точки контуром світлопрорізу, визначалися проекції світлового вектора на відповідні осі координат. Всі розрахунки проводились у комп'ютерному середовищі MathCad. В результаті були отримані графіки залежності прямої природної освітленості від положення РТ на поверхнях панорами вздовж їх твірних у площині $X = 0$.

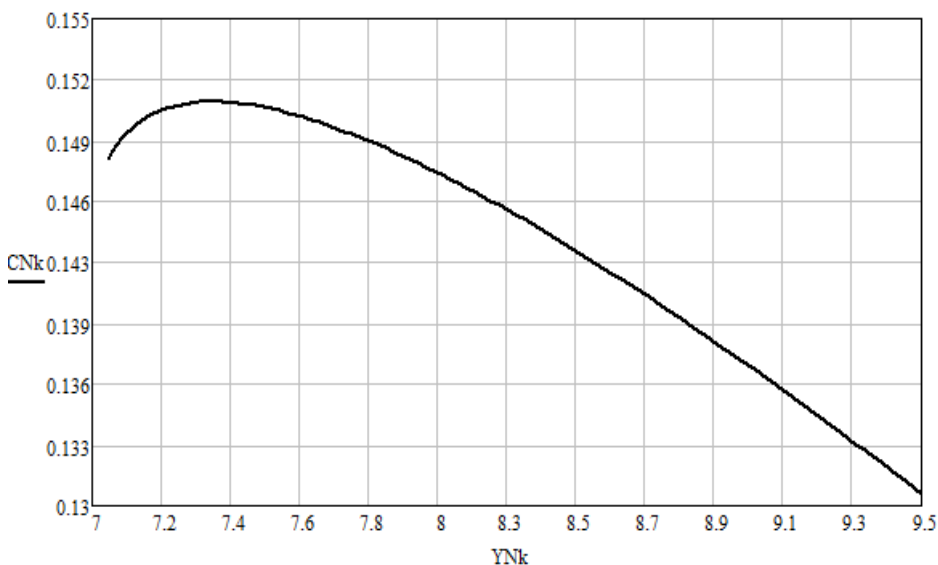
На рис. 2 показано графіки прямої освітленості конічної поверхні зонта-рефлектора 1 та конічної поверхні оглядової площадки 3. Освітленість визначалась як модуль добутку світлового вектора на косинус кута між нормаллю до розрахункової поверхні і світловим вектором. По горизонтальній осі відкладалася апліката розрахункової точки.

На циліндричних поверхнях панорами 2, 4, 7 освітленість вздовж їх твірних в площині $X = 0$ визначалась як ордината світлового вектора. Зокрема, для циліндричної поверхні зонта-рефлектора 2 та циліндричної поверхні оглядової площадки 4 ордината приймалась із протилежним знаком, оскільки ордината вектора має напрямок протилежний осі Y . На рисунку 3 показано криві прямої освітленості вздовж твірних на циліндричних поверхнях 7, 4 та 2. По вертикальній осі відкладалася ордината розрахункової точки.

Із аналізу графічних залежностей (рис. 4) є очевидним, що найбільш освітленою є центральна частина циліндричної поверхні зонта-рефлектора 2 (рис. 4, а), освітленість на циліндричній поверхні оглядової площадки 4 зростає пропорційно зменшенню відстані між РТ та світлопрорізом (рис. 4в), а максимальне значення освітленості циліндра предметного плану 7 – на рівні низу зонта-рефлектора (рис.4,б).



a



б

Рис. 2. Графіки прямої природної освітленості:
 а - конічної поверхні зонта-рефлектора 1;
 б - конічної поверхні оглядової площадки 3

На рис. 4 показано графіки освітленості горизонтальної площини предметного плану 3 та для горизонтальної площини оглядової площадки 5. Їх освітленість визначалась як апліката світлового вектора з протилежним знаком, оскільки апліката вектора спрямована за напрямком осі Z. Зазначимо, що на частину горизонтальної площини оглядової площадки не потрапляє пряме світло від небозводу, тому і освітленість у тій зоні є нульовою (рис. 4,а). По горизонтальній осі відкладалася апліката розрахункової точки.

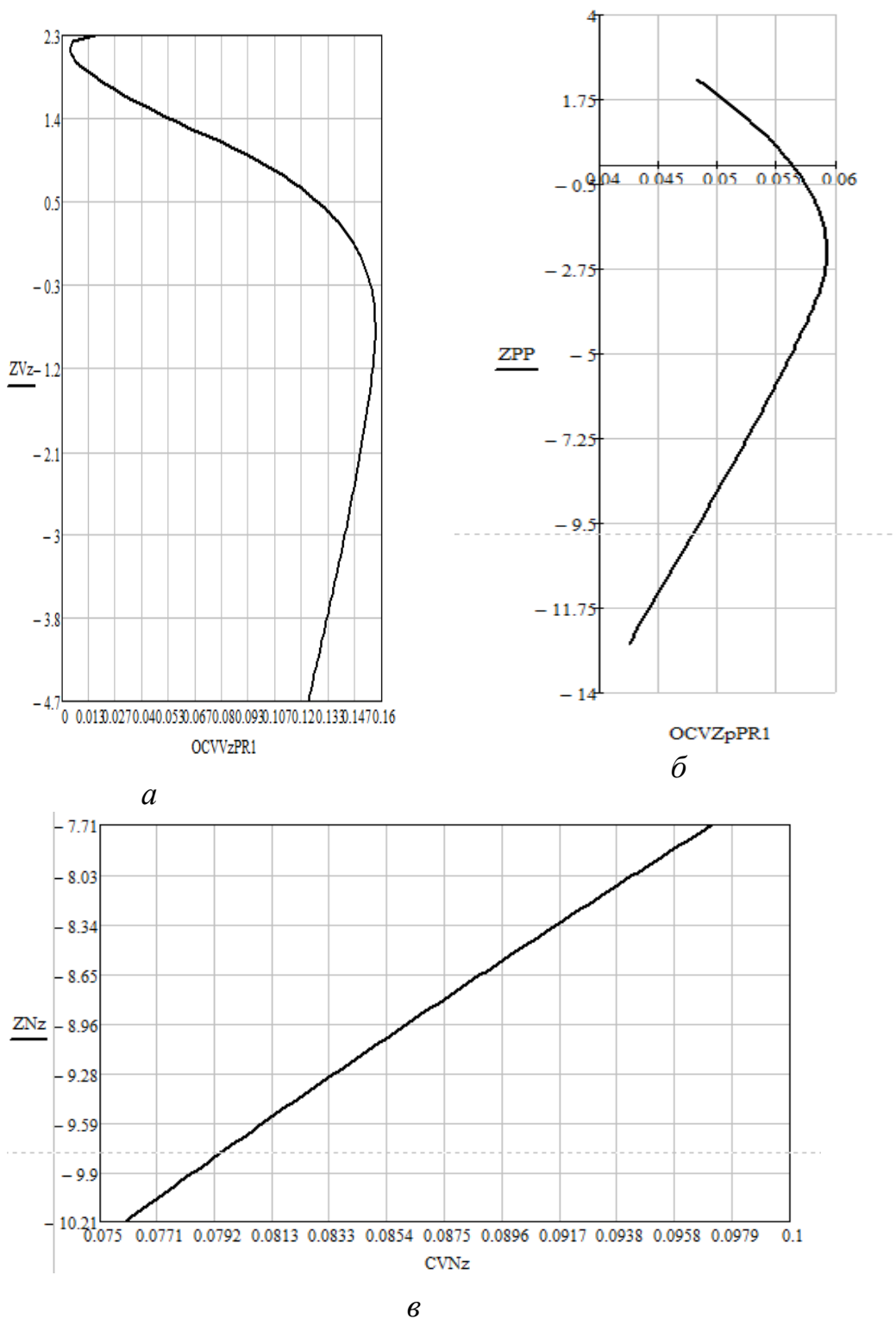
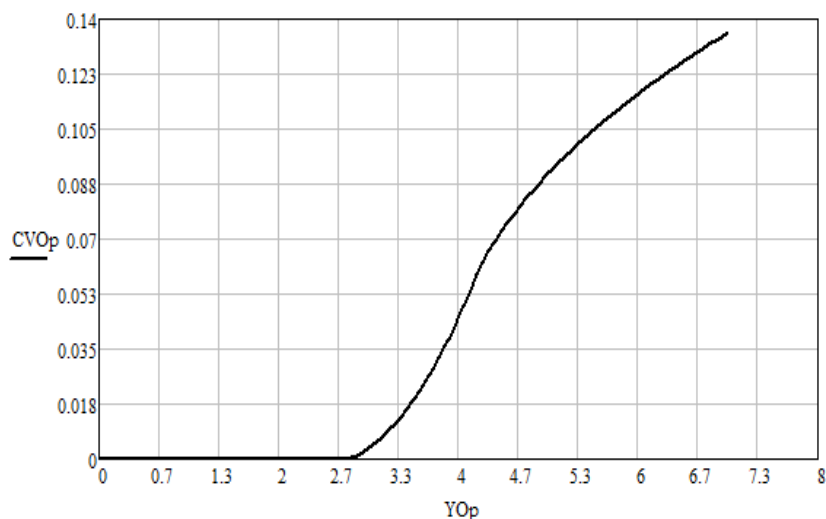
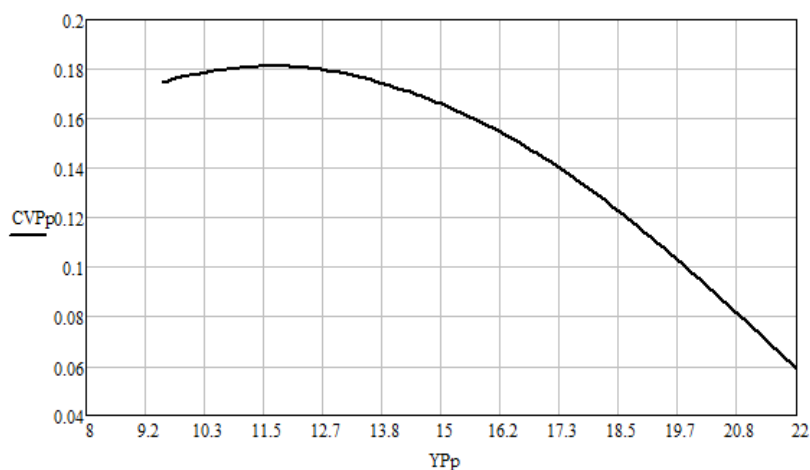


Рис.3. Графіки прямої природної освітленості:
 а - циліндричної поверхні зонти-рефлектора 1;
 б - циліндричної поверхні предметного плану 7;
 в - циліндричної поверхні оглядової площадки 4



а



б

Рис. 4. Графіки прямої природної освітленості:
 а - горизонтальної площині оглядової площадки 5;
 б - горизонтальної площині предметного плану 6

Висновки. В роботі запропоновано спосіб визначення прямої освітленості внутрішніх поверхонь в будівлі панорами, який реалізовано у комп'ютерному середовищі MathCad. Це дозволить в подальшому змодельовати освітлення цих поверхонь з урахуванням багаторазового відбивання світла.

Література

1. Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5.-28-2006 Інженерне обладнання будинків та споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.dabi.gov.ua>
2. Катернога М.Т. Архитектура музейных и выставочных зданий. / М.Т. Катернога. – Киев: издательство Академии Архитектуры Украины, 1952. – 123 с.

3. Мешков В.В. Основы светотехники. Часть 1. / В.В. Мешков. – М.: Энергия, 1952. – 123 с.
4. Пугачов Є.В. Зонування поверхонь панорами і визначення областей інтегрування для моделювання їх (поверхонь) природної освітленості / Є.В. Пугачов, Л.С. Савчук // Науковий журнал "Комп'ютерно-інтергровані технології: освіта, наука, виробництво", 2015. – №19. – С. 138-141.
5. Пугачов Є.В. Зони поверхонь панорами та форми областей циліндричного світлопрорізу, що їх освітлюють / Є.В. Пугачов, Л.С. Савчук // Науково-технічний збірник "Енергоефективність в будівництві та архітектурі". – К.:КНУБА, 2016. – Випуск 8.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРЯМЫМ СВЕТОМ ОТ НЕБОСВОДА НА ПОВЕРХНОСТЯХ ПАНОРАМЫ

Пугачев Е.В., Савчук Л.С.

Работа посвящена геометрическому моделированию прямой естественной освещенности в условиях облачного небосвода на внутренних поверхностях здания панорама для дальнейшего определения их освещенности, учитывая многократное отражение света между ними. В статье приведены графики прямой естественной освещенности на всех поверхностях панорама.

Ключевые слова: панорама, естественное освещение, световой вектор, экспозиция, предметный план, область интегрирования.

MODELING DIRECT DAYLIGHTING FROM THE SKY ON THE PANORAMA'S SURFACES

Ev. Pugachov, L. Savchuk

Work is devoted to geometric modeling of direct daylighting with cloud firmament conditions on the inner surfaces of the building panorama for further define of their lightings because of the multiple reflection of light between them. In the article the charts of direct natural light on all panorama surfaces are shown.

Key words: panorama, daylighting, light vector, exposure, subject plan, the area of integration.