

Abstract

The article describes the old homestead park as an example of a special form synthesis of arts. The combination of different types of arts created the necessary landscape-spatial environment of estates and provided an aesthetic individuality.

Keywords: homestead park, art's synthesis, architecture, sculpture, small architectural forms, painting.

Стаття надійшла до редакції у березні 2016р.

УДК 628.921

Єгорченков В.О.¹⁹, к.т.н., доцент,
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

**ПРИНЦИПИ МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОВОГО
СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ АЕРОПОРТІВ**

Встановлено, що в більшості випадків в будівлях аеропортів використовуються приміщення з криволінійними огорожувальними конструкціями. На підставі точкового числення в роботі отримані рівняння формування точкової множини для трикутних світлопрорізів з криволінійними границями, а також приміщень з покриттям у виді гіпара, циліндра і бочкового склепіння. Представлена візуалізація точкових множин. За допомогою отриманих координат точок сканування формується поле елементарних пірамід, в межах яких звісними методами визначаються параметри природного освітлення. Це являється підставою для визначення принципів моделювання світлового середовища приміщень з такими огорожувальними конструкціями.

Ключові слова: сучасна архітектура, будівлі аеропортів, точкове числення, світлове середовище, точкове рівняння, криволінійний трикутник, поверхні, відбита освітленість, принципи моделювання.

Постанова проблеми. Сучасні будівлі аеропортів характеризуються багатством и різноманітністю стилів в міській архітектурі. Сьогодні подібні будівлі зустрічаються самих різних форм: циліндричних, сферичних, багатограних та різноманітних

¹⁹ ©Єгорченков В.О.

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (15) 2016

нестандартних об'ємів. На рис.1 представлено лише декілька представників такого класу будівель .

Незвичайна, вигадлива архітектура будівель, потребує нестандартних підходів і рішень. В них своєрідними, як бачимо, являються об'ємно-планувальні і конструктивні рішення, світлове середовище, та формуючі їх системи природного освітлення.

Згідно композиційних рішень будівлі аеропортів мають великі площі застакнення, що значно впливає на їх енергоефективність. З другого боку, рівень та якісні характеристики освітлення повинні бути наближеними до необхідних значень. Тому системи освітлення в таких будівлях мають бути оптимізовані.

Одним із основних завдань спеціалістів знайти такі принципи моделювання світлового середовища в подібних будівлях, які дозволили би максимально приблизити параметри середовища до оптимальних значень. Отже архітекторам необхідно не тільки створювати красиві та гармонічні об'єкти, але і знати, які параметри при цьому отримуються в приміщеннях і наскільки вони відрізняються від оптимальних. Оптимізація базується на розрахунку параметрів світлового середовища. Але розрахунок нестандартних систем має істотні проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Класичні методи розрахунку параметрів світлового середовища від якого-небудь джерела засновані на підрахунку величини тілесного кута елемента, який випромінює, методом інтегрування [1, 2]. Ці методи являються точними для світлопрорізів простих форм, які приватно розташовані. Але для прорізів нестандартної форми, які будь як розташовані у просторі, виникають проблеми з визначенням меж інтегрування. Ця обставина принижує точність розрахунків і збільшує комп'ютерний час роботи.

В теперішній час розроблено низка програмних продуктів для світлотехнічного проектування (Lightscape, 3D Studio Viz, Radiance, Lara [3, 4] та ін.). Однак всі ці програми мають наступний

недолік. Якщо світловий проріз знаходиться в площині загального розташування, то для урахування його положення у просторі під час розрахунків необхідно використання так званих матриць перетворення (матриць повороту, матриць переходу і т.д.), що значно збільшує час чисельних операцій, навантаження на центральний процесор і оперативну пам'ять.

В цієї роботі зроблена спроба побудувати модель світлового середовища приміщення, яка дозволяла би визначати параметри світлового поля від джерел різної конфігурації, довільно розташованих у просторі, сучасними засобами на підставі використання БН-числення (точкове числення Балюби-Найдиша), розробленого українськими вченими [5].

У відмінну від інших математичних апаратів взагалі і векторного числення зокрема, точкове числення дозволяє працювати безпосередньо з об'єктом, в якому б просторі він не знаходився, а не з його проєкціями. Ця його особливість можлива завдяки використанню особливих параметрів, які являються інваріантами паралельного проєктування. Такий підхід дозволяє вирішувати потрібне завдання без використання матриць перетворювання.

Формулювання цілі. Ціллю даної роботи являється розробка принципів побудови моделі світлового поля приміщень будівель аеропортів з незвичайними формами систем природного освітлення в нестандартних приміщеннях на підставі використання точкового числення.

Суть цього математичного апарату складається в наступному. Основним елементом точкового числення є точка, яка характеризується декількома параметрами. Точки сканування формують площину або поверхню без їх апроксимації у відмінність від існуючих методів розрахунку, які використовують численні методи. В точковому численні реальна геометрія не замінюється якою-небудь штучною сіткою, а формується в виді сукупності точок, які притаманні цієї геометрії, якою складною

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (15) 2016

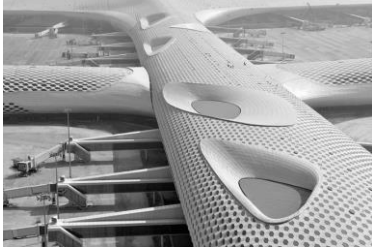
вона б не була. Це дозволяє кожний геометричний алгоритм представити у вигляді аналітичних залежностей, які легко програмуються.

Однією із особливостей точкового числення є також і те, що кожної геометричної операції над об'єктом ставиться у відповідність обчислювальна операція, що дозволяє запрограмувати геометричний алгоритм будь-якої складності. Точкове числення дозволяє робити в локальному симплексі, а результат отримувати в глобальному симплексі. Причому, перехід від локального симплексу до глобального здійснюється автоматично.

Основна частина. Ідея принципів моделювання світлового середовища, які пропонуються, полягає в наступному. Основа тілесного кута поверхні, яка випромінює світло, можна представити у вигляді визначеної сукупності точок. При зв'язних параметрах (координатах) цих точок легко визначається тілесний кут з використанням простих арифметичних операцій. Комп'ютер оперує числами і операціями з ними. Якщо точку характеризувати сукупністю чисел, то можна моделювати випромінюючі ділянки простору за допомогою комп'ютерних технологій. З цією ціллю можна використовувати декартову систему координат, в якій випромінююча ділянка простору задається симплексом опорних (характерних) точок, які визначаються із архітектурно-конструктивних міркувань. Для комп'ютерних розрахунків необхідно не неперервна, а дискретна множина точок геометричного об'єкту, яка забезпечує необхідну точність розрахунків. Аналіз об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівель аеропортів показав, що форма приміщень багатьох аеропортів включає такі поверхні, як циліндри, бочкові склепіння, гіпари та ін. (рис.1). А форма світлопрорізів в багатьох випадках включає трикутник з криволінійними сторонами.

У зв'язку з цим розглянемо світлопроріз, який має форму плоского трикутника з криволінійними гранями в симплексі $A_1A_2A_3$ (рис.2). Координати вершин кутів, середини трьох дуг, а також

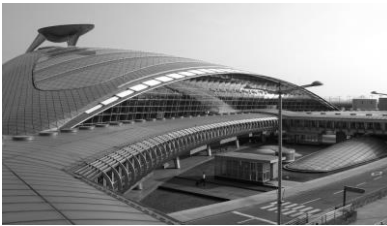
центральна точка R приймаються із проекту. Тут архітектор задає форму світлопрорізу і назначає його розміри.



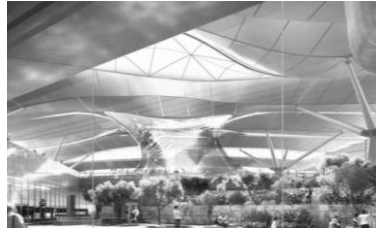
а)



б)



в)



г)

рис.1. Приклади будинків аеропортів з різноманітними нестандартними системами природного освітлення: а) Новий термінал аеропорту Шеньчженя Баоань (Китай); б) Міжнародний аеропорт Дубай. ОАЕ; в,г) Міжнародний аеропорт Інчхон. Корея

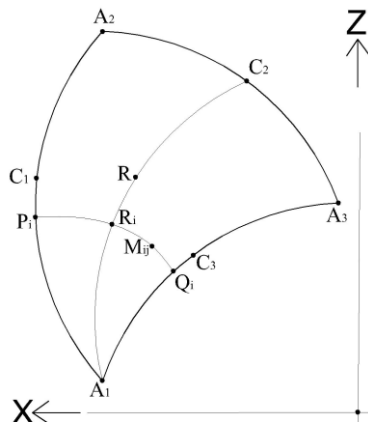


рис.2. Схема сканування трикутного світлопрорізу з криволінійними сторонами

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (15) 2016

Для сканування по всієї площі криволінійного трикутника спочатку виражаємо сторони A_1A_2 , A_1C_2 , і A_1A_3 через точкові координати наступними рівняннями парабол.

$$\begin{aligned} P_i &= A_1(1-t)(1-2t) + 4C_1t(1-t) + A_2t(2t-1). \\ R_i &= A_1(1-t)(1-2t) + 4Rt(1-t) + C_2t(2t-1). \\ Q_i &= A_1(1-t)(1-2t) + 4C_3t(1-t) + A_3t(2t-1). \end{aligned} \quad (1)$$

де P_i , Q_i і R_i – текучі точки відповідних дуг.

Для сканування в другому напрямку складається точкове рівняння дуги $P_iR_iQ_i$:

$$M_{ij} = P_i(1-\tau)(1-2\tau) + 4R_i\tau(1-\tau) + Q_i\tau(2\tau-1) \quad (2)$$

де M_{ij} – текуча точка сканування в межах границь плоскої фігури;

$0 \leq t \leq 1$, $0 \leq \tau \leq 1$ – параметри, які визначають переміщення точки M_{ij} в обох напрямках.

Обчислювальний алгоритм розрахунку точок сканування при заданих характерних координатах криволінійного трикутника $A1(x_{A1}, y_{A1}, z_{A1})$, $A2(x_{A2}, y_{A2}, z_{A2})$, $A3(x_{A3}, y_{A3}, z_{A3})$, $C1(x_{C1}, y_{C1}, z_{C1})$, $C2(x_{C2}, y_{C2}, z_{C2})$, $C3(x_{C3}, y_{C3}, z_{C3})$, $R(x_R, y_R, z_R)$ приймає наступний вид:

$$\begin{aligned} x_{ij} &= x_{P_i}(1-t)(1-2t) + 4x_{R_i}t(1-t) + x_{Q_i}t(2t-1) \\ y_{ij} &= y_{P_i}(1-t)(1-2t) + 4y_{R_i}t(1-t) + y_{Q_i}t(2t-1) \\ z_{ij} &= z_{P_i}(1-t)(1-2t) + 4z_{R_i}t(1-t) + z_{Q_i}t(2t-1). \end{aligned} \quad (3)$$

$x_{A1} = 4,008$	$x_{C1} = 4,84$	$x_{A2} = 4,008$	$x_{C2} = 2,215$	$x_{A3} = 1,082$	$x_{C3} = 2,881$	$x_R = 3,437$
$y_{A1} = 0,246$	$y_{C1} = 1,053$	$y_{A2} = 1,861$	$y_{C2} = 1,626$	$y_{A3} = 1,07$	$y_{C3} = 0,83$	$y_R = 1,27$
$z_{A1} = 0,65$	$z_{C1} = 2,819$	$z_{A2} = 4,995$	$z_{C2} = 4,383$	$z_{A3} = 2,864$	$z_{C3} = 2,213$	$z_R = 3,4$

Реалізація запропонованої методики формування точкової множини, яка здійснена в середовищі MathCAD при наступних значеннях координат, наведена на рис.3.

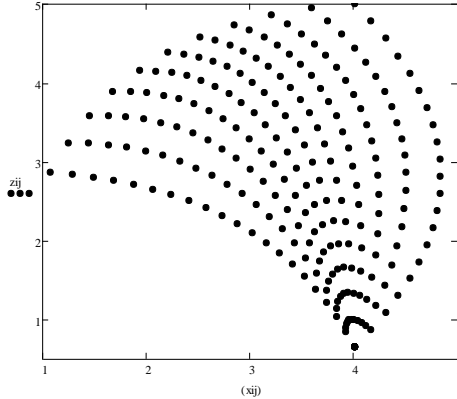


рис.3. Схема розташування точок сканування в трикутному світлопрорізі з криволінійними гранями, який розташовано в стіні з нахилом 70° до горизонту.

Тепер представимо собі приміщення, яке має покриття у вигляді, наприклад, бочарного склепіння (рис.4). Це завдання подрібніше розглянуто в [6]. Тут наведено тільки основні результати.

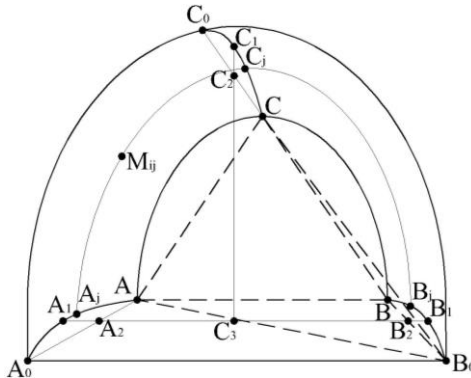


рис.4. Розрахункова схема приміщення з бочарним склепінням

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (15) 2016

Точкове рівняння поверхні в симплексі $ACBB_0$ буде наступним

$$M_{ij} = A[(1-v)(1-2v)(1+2u(1-u)(w-1)) + 2uv(1-u)(1-w)(3-2v)] + \\ + B[2u(1-u)(w-1)(2v(2v-1)-1) + v(2v-1) - (1-u)] + B_0(1-u) + \\ + 4Cv(1-v)[(1-2u)^2 + 4uw(1-u)], \quad 4)$$

де $0 \leq u \leq 1$ і $0 \leq v \leq 1$ – параметри, що визначають поверхню в обох напрямках;

w – показник кривини поверхні.

Реалізація цього рівняння в середовищі Maple при рівномірному розташуванні точок сканування представлена на рис.5.

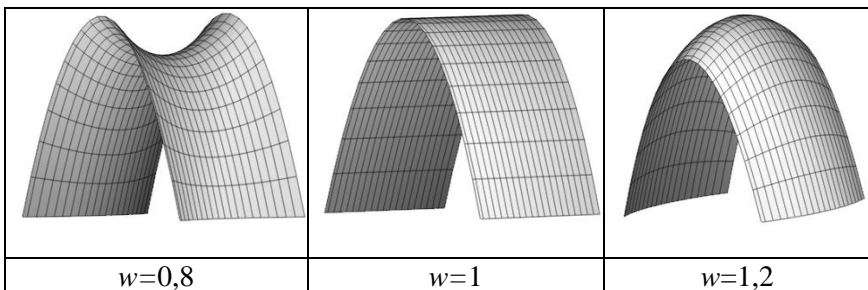


рис.5. Візуалізація точкового рівняння поверхонь другого порядку: при $w < 1$ – гіпар; $w = 1$ – циліндр; $w > 1$ – бочарне склепіння.

Для визначення освітленості весь простір навколо розрахункової точки формується із елементарних пірамід, вершини яких знаходяться в розрахунковій точці N , а основа – обмежена чотирма (або трьома, рис.3) сусідніми точками сканування, які знаходяться на поверхні, яка відбиває світло: M_{kb} , $M_{(k+1)b}$, $M_{(k+1)(l+1)}$, $M_{k(l+1)}$ (рис.6). координати цих точок визначаються за рівняннями (3) або (4). Слід припустити, що яскравість в межах кожної основи елементарної піраміди постійна. Знаходиться геометричний центр основи, наприклад,

$$D_{kl} = \frac{M_{kl} + M_{(k+1)(l+1)}}{2}, \quad (5)$$

де k і l – номери основи пірамід в повздовжньому і поперечному напрямках.

І в цьому центрі визначається пряма світленість E_{kl}^{1D} :

$$E_{kl}^{1D} = L_z \tau_0 \left(\sum_{\varepsilon=1}^v \sum_{\nu=1}^l g_{\varepsilon\nu}^D \sigma_{\varepsilon\nu}^D \right), \quad (6)$$

де L_z – яскравість небозводу в зеніті, кд/м²;

τ_0 – коефіцієнт, який урахує втрати світла в віконному заповненні;

$g_{\varepsilon\nu}^D$ – коефіцієнт, який урахує нерівномірну яскравість небозводу;

$\sigma_{\varepsilon\nu}^D$ – проекція вектору елементарного тілесного кута на нормаль до центру основи елементарної пірамід.

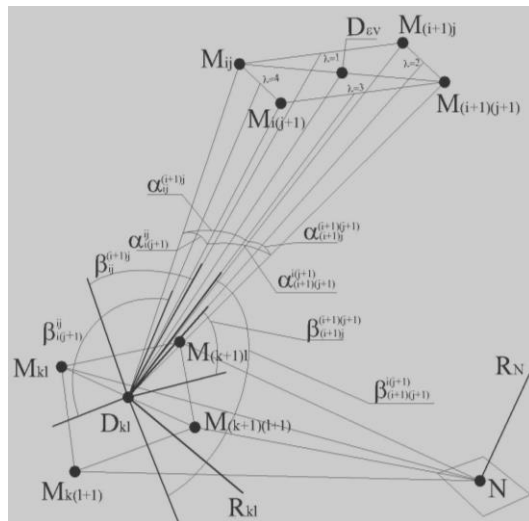


рис.6. До визначення проекції вектору елементарного тілесного кута

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (15) 2016

Далі визначається яскравість кожної основи піраміди при заданому коефіцієнту відбиття світлового потоку ρ даної поверхні

$$L_{kl}^{1D} = E_{kl}^{1D} \cdot \rho / \pi .$$

Освітленість в розрахунковій точці при первісному відбитті від всіх елементарних пірамід

$$E_N^I = \sum_{k=1}^{\varphi} \sum_{l=1}^{\psi} L_{kl}^{1D} \sigma_{kl}^D .$$

Сумарна освітленість в розрахунковій точці (пряма + первісне відбиття) складає

$$E_N^{Сум} = E_N^H + E_N^I ,$$

де E_N^H визначається з використанням формули (6).

Підраховується доля освітленості за рахунок первісного відбиття в загальній величині освітленості (пряма + первісне відбиття) у розрахунковій точці

$$\Lambda E_N^I = \frac{E_N^I}{E_N^H + E_N^I} .$$

Отриманий результат порівнюється с заданою величиною ξ , яка визначає точність розрахунку

$$\Lambda E_N^I \leq \xi .$$

Якщо ця умова виконується, то розрахунок припиняється. Якщо ні, то далі обчислюється вторинне відбиття. Для цього в центральну точку основи даної піраміди розміщуються вершини всіх інших пірамід і збираються освітленості з усіх елементарних пірамід за формулою

$$E_{kl}^{2D} = \sum_{k=1}^{\nu} \sum_{l=1}^{\iota} L_{kl}^{1D} \sigma_{kl}^D$$

і складаються з первісною (прямою) освітленістю

$$E_{kl\Sigma}^{2D} = E_{kl}^{1D} + E_{kl}^{2D}.$$

Підраховується яскравість основи піраміди для вторинного відбиття

$$L_{kl}^{2D} = E_{kl\Sigma}^{2D} \cdot \rho / \pi$$

Освітленість в розрахунковій точці при вторинному відбитті від усіх елементарних пірамід

$$E_N^{\text{II}} = \sum_{k=1}^{\varphi} \sum_{l=1}^{\psi} L_{kl}^{2D} \sigma_{kl}^D.$$

Ця величина додається до прямої освітленості і первинному відбиттю, а також підраховується доля освітленості за рахунок вторинного відбиття в загальній величині освітленості (пряма + первинне + вторинне відбиття) в розрахунковій точці

$$\Delta E_N^{\text{II}} = \frac{E_N^{\text{II}}}{E_N^{\text{H}} + E_N^{\text{I}} + E_N^{\text{II}}} \text{ і т.д.}$$

При кожному відбитті обчислюється відносний приріст освітленості. Коли відносний приріст буде достатньо малий, можна припинити розрахунок.

Таким чином, основні принципи моделювання світлового середовища приміщень аеропортів наступні.

1. Задаються вихідні координати опорних точок (симплекси) кожної поверхні або площини. Ці координати приймаються із архітектурно-будівельних креслень.
2. Визначається інтервал і крок зміни кількості точок сканування: i від 1 до m , j від 1 до n .
3. Визначаються точкові рівняння всіх поверхонь і площін даного приміщення.
4. Формується точкова множина на цих поверхнях приміщення. Визначаються елементарні піраміди і центри їх основ.
5. Для кожної піраміди визначаються кутові параметри і проекція вектору тілесного кута.

6. Вже відомими методами обчислюються освітленості в центрі основи кожної піраміди, та його яскравість.

7. В межах елементарної піраміди визначається елементарна освітленість в розрахунковій точці, проекції світлового вектору, його модуль та кутові параметри.

8. Шляхом підсумування і ітерації визначається загальна величина освітленості, світлового вектору і його кутових параметрів.

Висновки. В результаті проведених досліджень визначені принципи побудови моделі світлового поля приміщень з криволінійними огорожувальними конструкціями, які найбільше використовуються в будівлях аеропортів. Ці принципи, які володіють визначними перевагами перед традиційними, можуть бути покладені до основи розробки програмних продуктів для розрахунку параметрів природного освітлення таких приміщень. Розроблені принципи можуть бути використані для формування моделей світлового поля приміщень аеропортів з іншими поверхнями і формами світлопрозорих огорожень.

Список використаної літератури

1. *Гершун А.А.* Световое поле / *А.А. Гершун* // Избранные труды по фотометрии и светотехнике. – М.: Физматгиз, 1958. – с. 223-397.

2. *Мешков В.В.* Основы светотехники: Учебное пособие для вузов / *В.В. Мешков* – М.: Энергия, 1979. – 368 с.

3. *Larson G.W., Shakespeare R.* Rendering with Radiance: the art and science of lighting visualization. Morgan Kaufmann Publishers. San Francisco. California, 1998. P. 644.

4. *Бахарев Д.В.* О визуализации расчета световых полей / *Д.В. Бахарев, Л.Н. Орлова, А.Ф. Ширококов* // Светотехника. – 1999. №5.

5. *Балуба И.Г.* Точечное исчисление: Учебное пособие / *И.Г. Балуба, В.М. Найдыш* – Мелитополь: Изд-во МГПУ им. Б. Хмельницького, 2015 – 234 с.

6. Єгорченков В.О. Принципи побудови моделі світлового середовища приміщень з криволінійними поверхнями / В.О. Єгорченков // Комп'ютерно-інтегровані технології: Освіта, наука виробництво. – Луцьк: Видавництво ЛНТУ, 2015. № 20. – с. 27-32

Аннотация

Установлено, что в большинстве случаев в зданиях аэропортов используются помещения с криволинейными ограждающими конструкциями. На основе точечного исчисления в работе получены уравнения формирования точечного множества для треугольных светопроемов с криволинейными границами, а также помещений с покрытием в виде гипара, цилиндра и бочарного свода. Представлена визуализация точечного множества. Используя полученные координаты точек формируется поле элементарных пирамид, в пределах которых известными методами определяются параметры естественного освещения. Это является основой для определения принципов моделирования световой среды помещений с такими ограждающими конструкциями

Ключевые слова: современная архитектура, здания аэропортов, точечное исчисление, световая среда, точечное уравнение, криволинейный треугольник, поверхности, отраженная освещенность, принципы моделирования.

Abstract

It was found that in most cases in the airport buildings premises with curved fencing structures are used. On the basis of point calculation equations of point cloud forming for triangle lighting aperture areas with curving borders as well as for premises with covering in the form hyper roof, cylinder and barrel vault are obtained in the study. Point cloud visualization is submitted. Using the obtained points coordinates the field of the elementary pyramids is formed within which parameters of natural lighting are determined by known methods. This is the basis for the determination of the modeling principles of the premises with such fencing structures light environment.

Keywords: *modern architecture, airport buildings, point calculation, light environment, point equation, curvilinear triangle, surface, reflected light, modeling principles.*

Стаття надійшла до редакції у березні 2016р.