

ЛЕКЦІЯ 3. РОЗРАХУНОК ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Стан проблеми

Основоположником розрахунку природного освітлення приміщень є Миколай А. Ринин – який ще в 1908 р. надрукував підручник з нарисної геометрії, який мав назву «Дневной свет и расчёт освещенности помещений», де були закладені фундаментальні основи розрахунку природного освітлення.

В 1931 р. Данилюком А.М. у статті «Новый метод расчёта освещенности от прямоугольных светопроёмов» був запропонований спрощений метод розрахунку, так званий, інженерний метод, який з певними вдосконаленнями та змінами діє на території країн, що були у складі СРСР, до цього часу. Подібні методи ручних розрахунків є і в інших країнах. З ними можна ознайомитися у навчальному посібнику «Світлопрозорі огородження», який був написаний п/р О.Л.Підгорного.

На цей час існує багато комп'ютерних програм розрахунку. Серед найбільш відомих наступні:

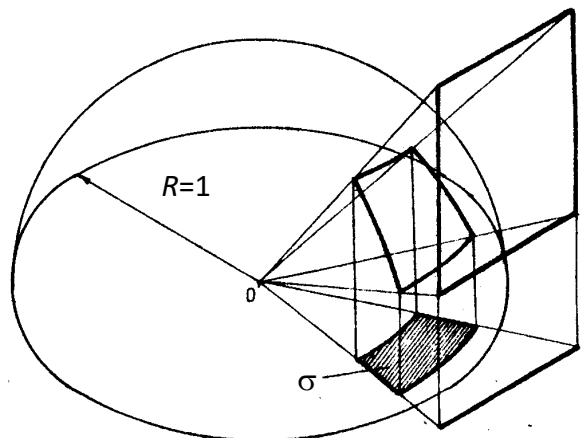
- Radiance (можна скачати з сайту <http://radsite.lbl.gov/radiance/>);
- Ситис: Солярис (<http://sitis.ru/solaris>);
- Velux Daylight Visualizer (<https://www.velux.com/article/2016/daylight-visualizer>)
(Daylight expert at the VELUX Group – architect)
- Lara (о цій програмі можна прочитати www.bakharev.org)

Однак всі методи базуються на геометричному моделюванні процесу освітлення приміщень через вікно.

Ми розглянемо нормативну методику розрахунку, що діє зараз в Україні, з деякими змінами, які набирають чинність з 1.03.2019 р.

Геометричний коефіцієнт природної освітленості

Геометричний коефіцієнт природної освітленості – Відношення площі ортогональної проєкції на робочу площину ділянки умовної небесної півсфери, видимої з розрахункової точки через незаповнений світлопроріз або його частину, від якої розраховується освітленість, до площі основи небесної півсфери. Це – **доля світла неба** в коефіцієнті природної освітленості $[D_s]$, а у разі розрахунку геометричного коефіцієнта природної



освітленості від протилежного будинку – відношення площі ортогональної проекції на робочу площину ділянки небесної півсфери, що затінюється будинком у розрахунковій точці, до площі основи небесної півсфери. Це – **доля зовнішнього відбивання** в коефіцієнті природної освітленості [D_e]

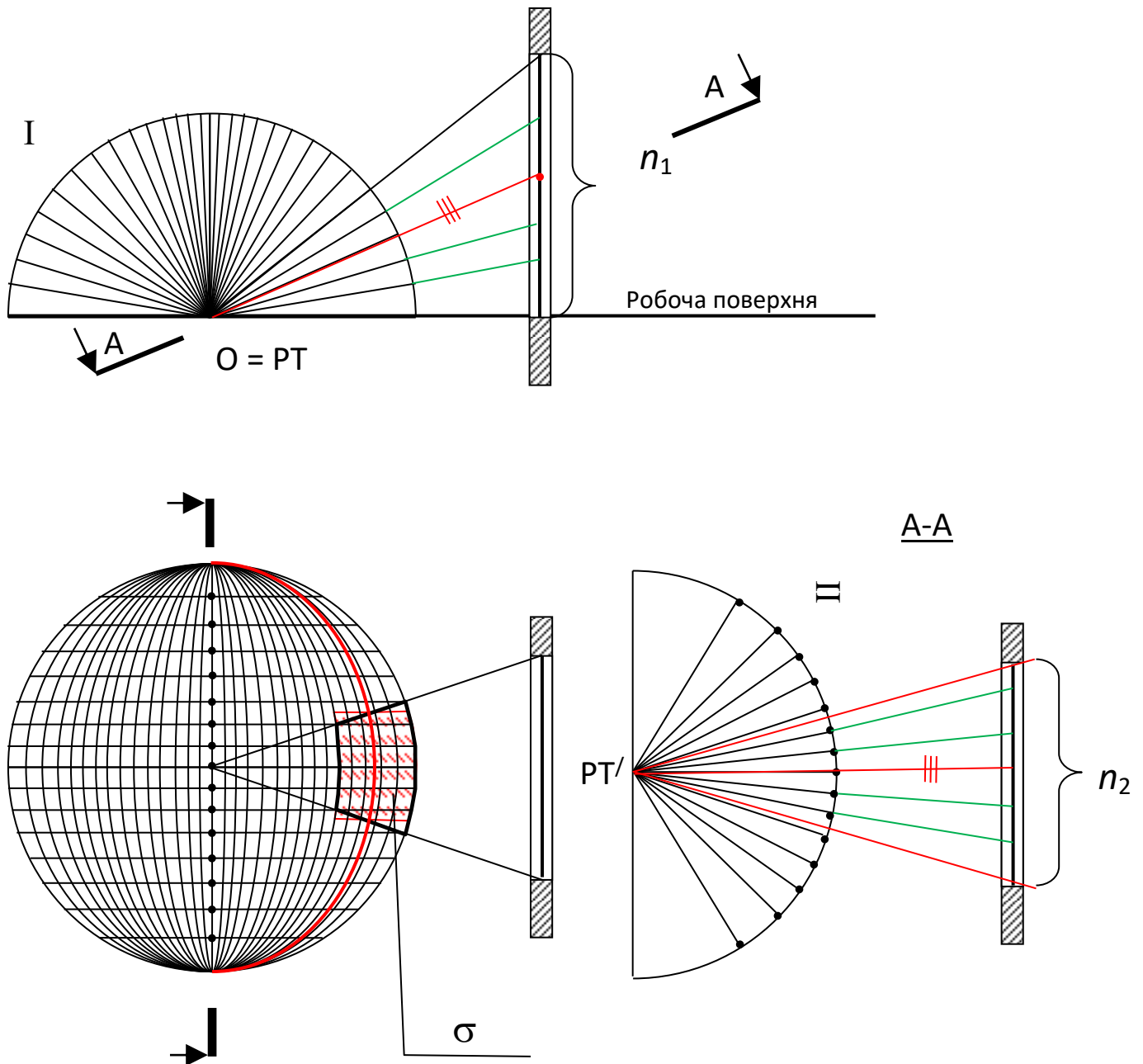
КПО	Геометричний КПО
$D = \frac{E_B}{E_3} \cdot 100\%$	$D_{s/e} = \frac{\sigma}{\pi} \cdot 100\%$
1. Яскравість ділянки вікна залежить від яскравості ділянки неба, або сусіднього будинку, що спостерігається через вікно $L_\theta = \text{var}$	1. Вважається, що яскравість стала $L = \text{const}$
2. Світлопроріз має заповнення	2. Світлопроріз – це лише отвір в стіні
3. Стіни, стеля, підлога відбивають світло та посилюють освітленість у РТ	3. Усі поверхні у приміщенні чорні

(страшилка про чорну-чорну кімнату).

Тобто геометричний КПО враховує лише геометричні параметри: розміри та форму світлопрорізу, його положення по відношенню до робочою поверхні та РТ.

Нормативна методика розрахунку КПО (як і більшість інших) є двоетапною. На першому етапі розраховується геометричні КПО від ділянок неба та протилежних будинків, які спостерігаються з РТ через вікно; на другому етапі – геометричні КПО доповнюються значеннями їх яскравості та враховуються інші фізичні показники, що впливають на рівень освітлення: заповнення світлопрорізів, світло, відбите від поверхонь приміщення, наявність сонцезахисних пристроїв тощо.

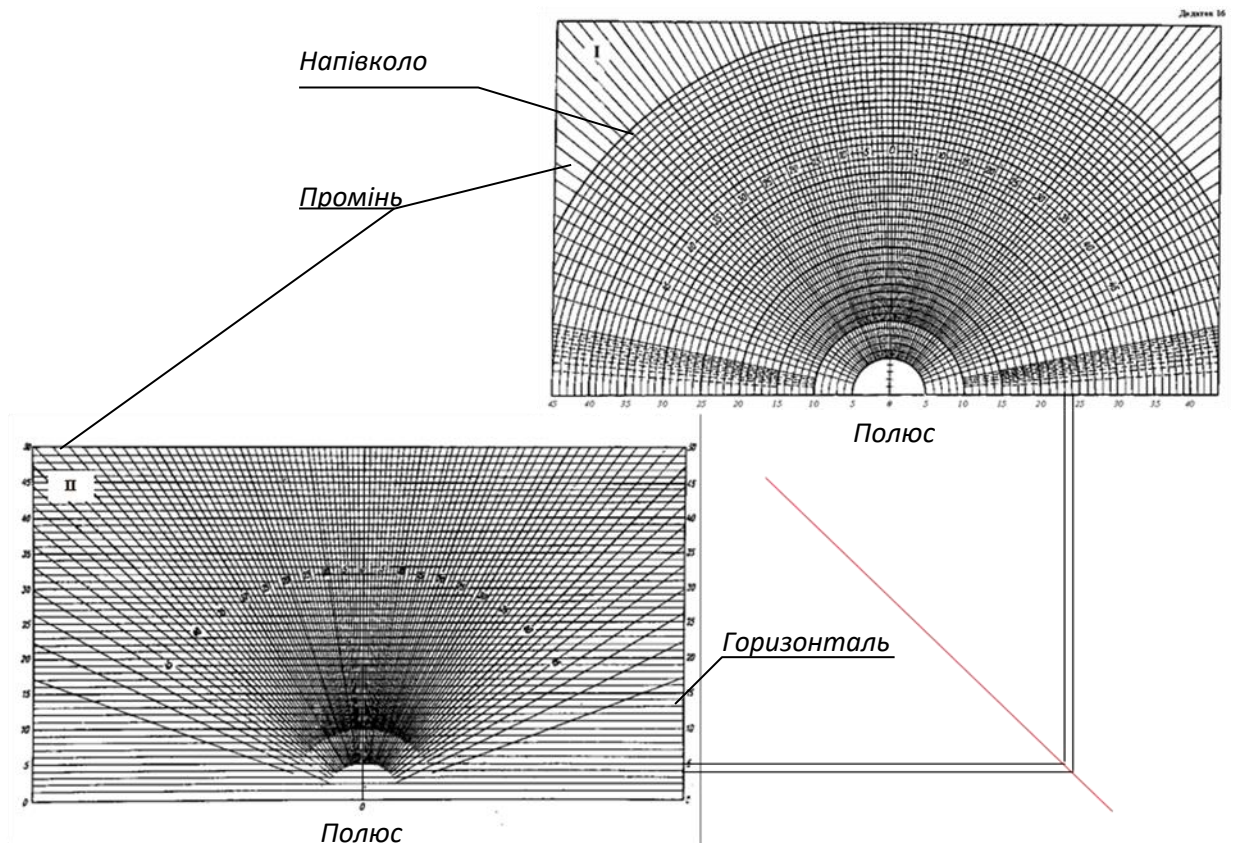
Розрахунок геометричних КПО



Небесна півсфера розбита на комірки 100 радіальними та 100 вертикальними площинами так, щоб площі проєкцій усіх комірок були рівними і дорівнювали $1/10000$ площі круга. Тоді

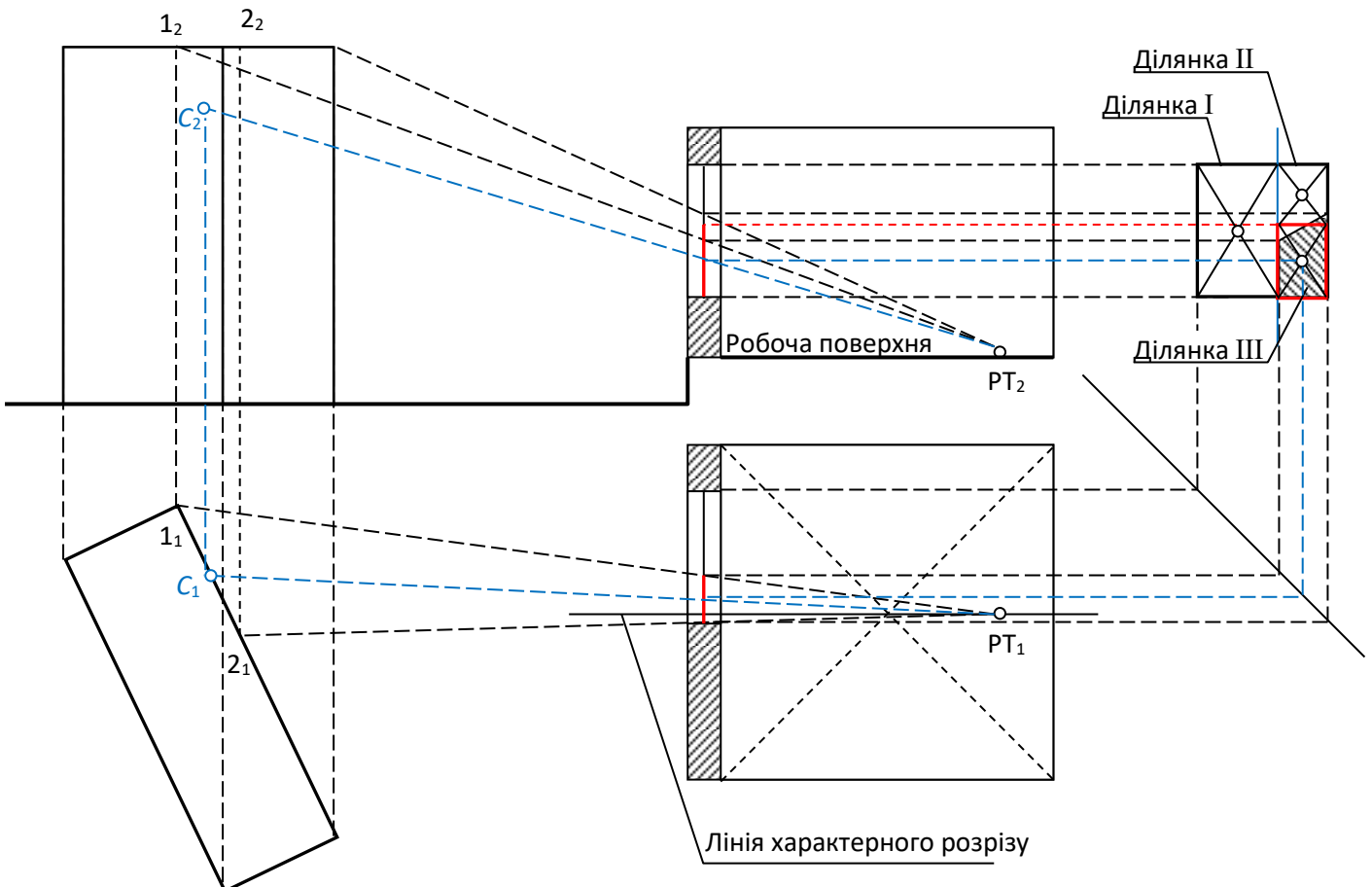
$$D_{s/e} = \frac{\sigma}{\pi R^2} 100\% = \frac{n_1 n_2}{10000} \cdot 100 = 0,01 n_1 n_2$$

Це і зробив А.М.Данилюк.

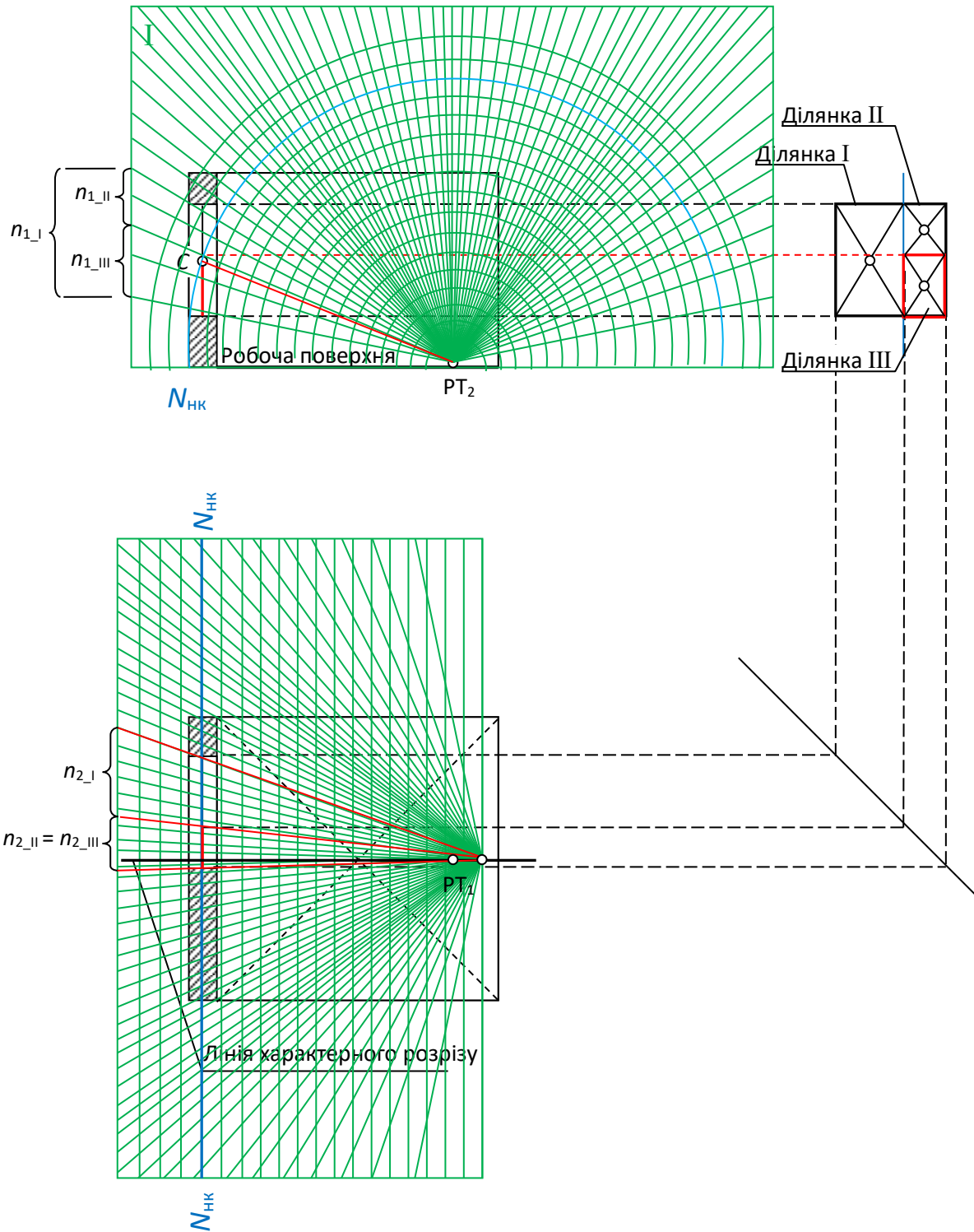


Розглянемо використання графіків А.М. Данилюка на конкретному прикладі

1. Визначення ділянок вікна, в межах яких можна вважати яскравість сталою



2. Визначення геометричних КПО для кожної ділянки

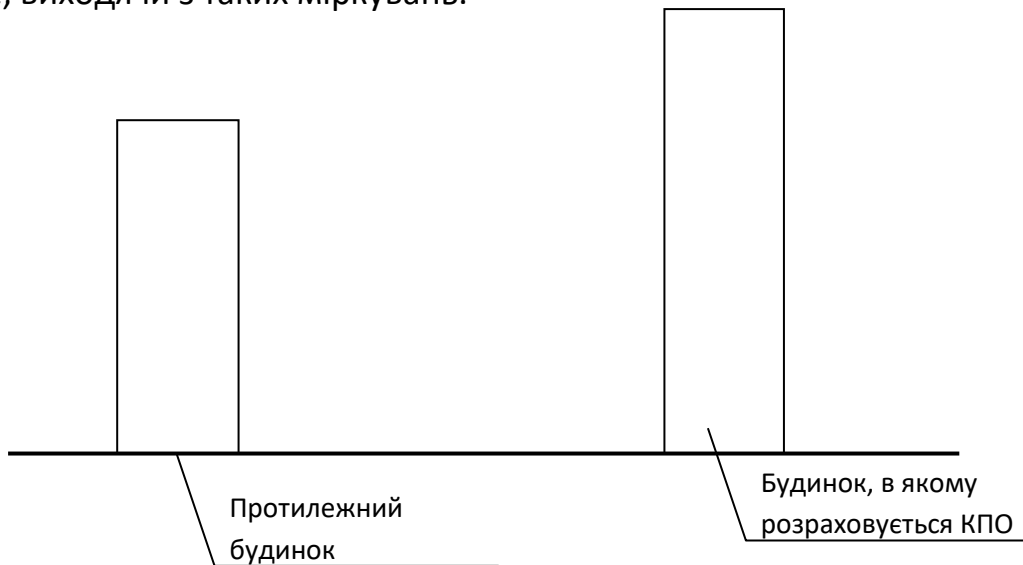


3. Визначення відносної яскравості кожної ділянки

Відносна яскравість ділянок неба визначається за формулою Муна-Спенсер:

$$L_{\theta} = L_z \left(\frac{1 + 2 \sin \theta}{3} \right)$$

Відносна яскравість фасаду протилежного будинку визначається значно складніше, виходячи з таких міркувань.



Протилежний будинок сам не випромінює світла, а його яскравість обумовлена тим, що він частково відбиває світло неба. Тому його яскравість залежить від освітленості ділянкою неба, яка його освітлює, та від коефіцієнта світловідбиття фасаду ρ_f . Коефіцієнт ρ_f визначається в залежності від кольору фасаду та відсотка застосування (буде розглянуто на практичних заняттях).

Формула, за якою визначається яскравість фасаду протилежного будинку наступна

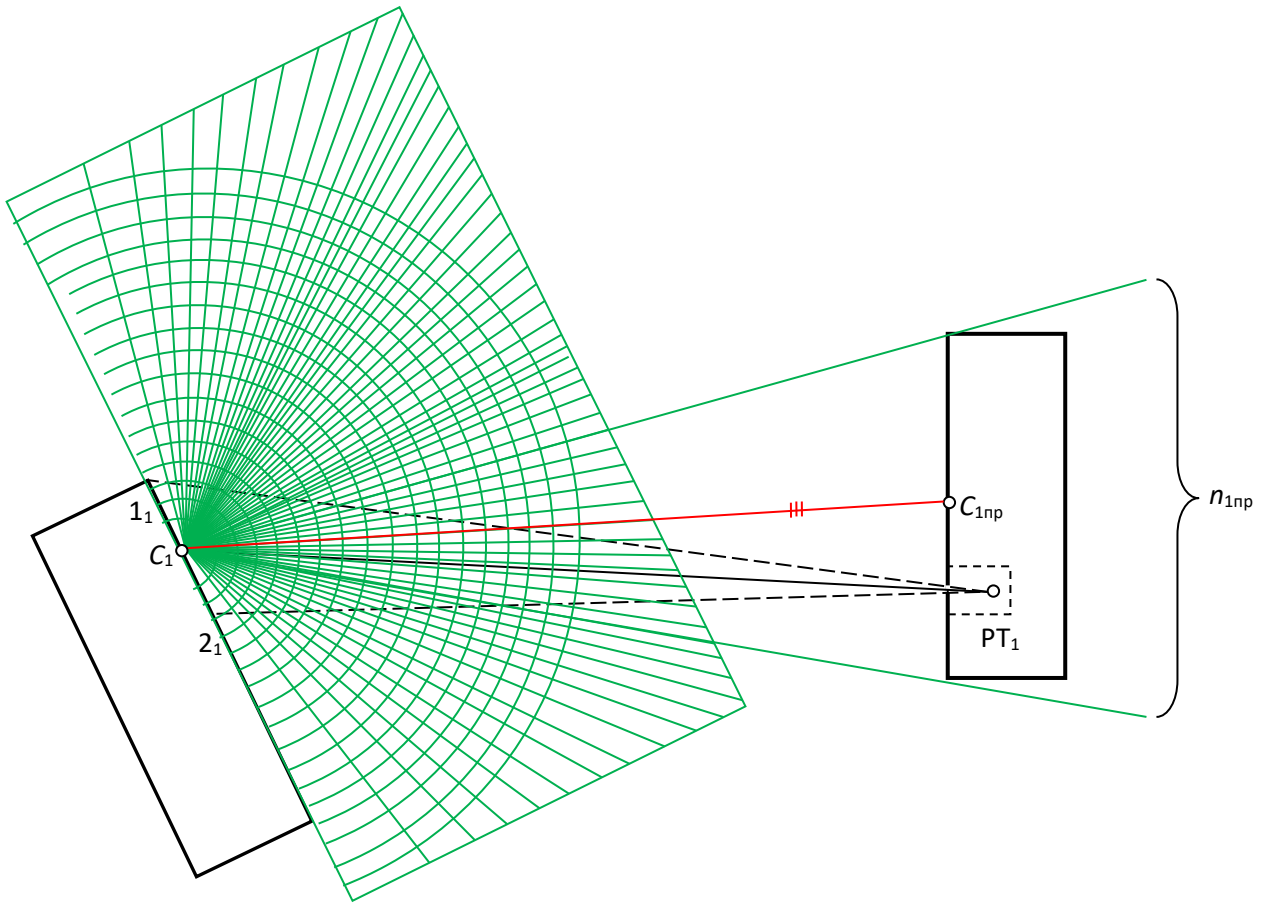
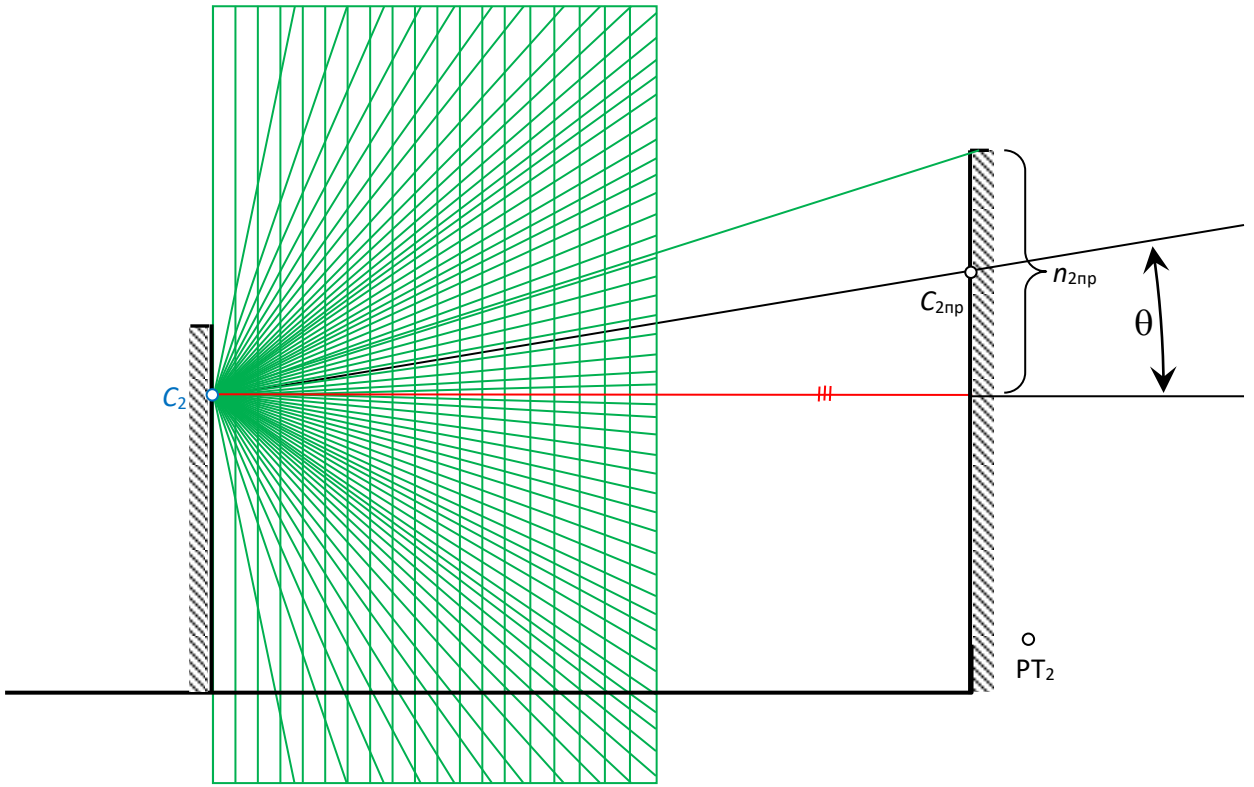
$$R = (0,396 - 0,01D_{пр} q) \rho_f$$

де 0,396 – це світло, що надходило б на фасад будинку від неба, якщо б він не затінювався будинком, в якому розраховується КПО;

$0,01D_{пр}q$ – частина світла від неба, що затінюється будинком в якому розраховується КПО. Ця частина визначається таким чином.

$$D_{пр} = 0,01n_{1пр}n_{2пр} - \text{дивись рисунок;}$$

q визначається за формулою Муна-Спенсер в залежності від кута θ



Розрахунок КПО

Розрахунок КПО в розрахунковій точці від кожного світлопрорізу слід виконувати:

а) при боковому освітленні за формулою

$$D_p^{\text{б}} = \left(\sum_{i=1}^I D_{s_i} q_i m + \sum_{j=1}^J D_{e_j} R_j m_j \right) r_1 \frac{\tau_o}{K_3}; \quad (8)$$

б) при верхньому освітленні за формулами

$$\begin{cases} D_p^{\text{в}} = \left[D_{\text{в}} + D_{\text{сеп}} (r_2 K_{\text{л}} - 1) \right] \frac{\tau_o}{K_3}; \\ D_{\text{в}} = \sum_{i=1}^I D_{s_i} q_i m + \sum_{j=1}^J D_{e_j} R_j m_j; \\ D_{\text{сеп}} = \frac{\sum_{i=1}^N D_{\text{в}i}}{N}; \end{cases} \quad (9)$$

де D_{s_i} , D_{e_j} – геометричні КПО в розрахунковій точці, що враховують відповідно пряме світло від i -ї ділянки неба та світло, відбите від j -го фасаду протилежних будинків, що визначаються за формулами

$$D_s = 0,01 n_1 \cdot n_2, \quad D_e = 0,01 n'_1 \cdot n'_2, \quad (10)$$

де n_1 , n_2 та n'_1 , n'_2 – кількість променів, що надходять у РТ за графіками I і II від неба та затінюючого фасаду;

q_i – коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість i -ї ділянки хмарного неба МКО, визначається за формулою

$$q_i = \frac{3}{7} (1 + 2 \sin \theta), \quad (11)$$

де θ – кутова висота центру i -ї ділянки неба відносно розрахункової точки;

R_j – коефіцієнт, що враховує відносну яскравість j -го протилежного будинку, який розраховується за формулою

$$R_j = \left(0,396 - 0,01 \sum_{k=1}^K D_{\text{пр } k} q_{\text{пр } k} \right) \rho_{\text{ф}}, \quad (12)$$

де $D_{\text{пр } k}$ – геометричний КПО центру ваги ділянки фасаду, який спостерігається з розрахункової точки через вікно, від частини неба, що затінюється k -м будинком;

$q_{\text{пр } k}$ – відносна яскравість частини неба, від якої розраховується $D_{\text{пр } k}$;

$\rho_{\text{ф}}$ – коефіцієнт світловідбивання фасаду протилежного будинку, що визначається за п. 6.15 [7];

m, m_j – коефіцієнти світлового клімату відповідно розрахункового світлопрорізу та j -го будинку, що визначаються за таблицею М.1 [7];

I, J – відповідно кількість окремих розрахункових ділянок неба та фасадів протилежних будинків, які спостерігаються через світлопроріз з розрахункової точки;

r_1, r_2 – коефіцієнти, що враховують підвищення КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення, які визначаються за таблицями М.7 або М.8 [7];

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання, який визначається за формулою

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (13)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, який визначається за таблицею М.9 [7], або за даними випробувань;

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у рамках світлопрорізу, який розраховується за формулою

$$\tau_2 = \frac{S_{\text{в}} - S_{\text{р}}}{S_{\text{в}}}, \quad (14)$$

де $S_{\text{в}}$ – площа вікна (в світлі), м²;

$S_{\text{р}}$ – площа рами, м²;

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях перекриття (у даному випадку $\tau_3=1$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує затінення вікна конструкціями літніх приміщень, який визначається за таблицею М.11 (у даному випадку, при їхній відсутності, $\tau_4=1$);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує наявність захисної сітки під ліхтарями (у випадку відсутності сітки $\tau_5=1$, при її наявності $\tau_5=0,9$).

K_3 – коефіцієнт запасу, який приймається за таблицею 5.3 [7];

N – кількість розрахункових точок по характерному розрізу приміщення.

Сумарне значення КПО від усіх світлопрорізів у кожній розрахунковій точці визначається за формулою:

$$D = D_1 + D_2 + \dots + D_K \quad (15)$$

де K – кількість світлопрорізів у приміщенні.

Середнє значення КПО в характерному розрізі приміщення $D_{\text{сер}}$, %, визначається за формулою

$$D_{\text{сер}} = \frac{1}{N-1} \left(\frac{D_1}{2} + D_2 + D_3 + \dots + D_{N-1} + \frac{D_N}{2} \right), \quad (16)$$

де N – кількість точок, в яких визначається КПО (приймаємо $N = 5$);

$D_1; D_2; D_3; \dots D_N$ – значення КПО в точках характерного розрізу приміщення.