

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ
В БУДІВЛЯХ**

Методичні вказівки та завдання
до виконання розрахунків природної освітленості в будівлях для студентів
спеціальностей 191 «Архітектура та містобудування» і 192 «Будівництво
та цивільна інженерія»

Київ 2021

УДК 628.921

К32

Укладач В.О. Єгорченков, д-р техн. наук, доцент

Рецензент О.В. Сергейчук, д-р техн. наук, професор

Відповідальний за випуск В.О. Плоский, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри архітектурних конструкцій,
протокол № 7 від 10 березня 2021 року.*

В авторській редакції.

Кваліфікаційна робота бакалавра: методичні вказівки / уклад.
К32 Єгорченков В.О. – Київ: КНУБА, 2021. – 72 с.

Містять зміст, світлотехнічні поняття, критерії оцінки світлового середовища і вказівки до розрахунку різноманітних систем природного освітлення (роботи) різними способами.

Призначено для студентів архітектурних (901) та будівельних (101) спеціальностей.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	5
2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	10
3. НОРМУВАННЯ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	19
4. РОЗРАХУНОК ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	26
4.1. Попередній розрахунок площі світлопрозорих конструкцій.....	27
ПРИКЛАД 1. Попередній розрахунок бокових світлових прорізів.....	33
ПРИКЛАД 2. Попередній розрахунок П-подібних ліхтарів.....	38
4.2. Сутність розрахунку геометричного КПО за методом А.М. Данилюка.....	40
4.3. Перевірочний (точний) розрахунок КПО для бокового освітлення.....	45
ПРИКЛАД 3. Перевірочний (точний) розрахунок КПО при боковому освітленні.....	48
4.4. Розрахунок КПО при верхньому і комбінованому освітленні.....	61
ПРИКЛАД 4. Перевірочний (точний) розрахунок КПО при верхньому і комбінованому освітленні.....	61
4.5. Оцінювання систем природного освітлення.....	66
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	71

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Необхідність розробки цих методичних вказівок пов'язана з тим, що останні подібні методичні вказівки було видано у 1985 р. [9]. Багато часів і подій минуло з того року. Змінилися і нормативні документи. У 2018 р. затверджені і введені у дію нові норми ДБН В.2.5-28-2018 [1] (чинні з 01.03.2019 р.), які значно змінили діючі до них норми в позитивну сторону. А, як відомо, усі підручники, посібники та методичні вказівки повинні відповідати вимогам цих норм.

Проектування природного освітлення приміщень, удосконалення його багатофункціональних аспектів, оптимізація розмірів, розташування й форма світлових прорізів, які забезпечували б необхідний режим освітлення, повинні ґрунтуватися на відповідних методах вимірювання, розрахунку та нормування природного освітлення.

Мета даних методичних вказівок – дати студентам відповідний об'єм інформації в галузі будівельної світлотехніки для ефективного вивчення методики розрахунку і проектування систем природного освітлення будівель і придбання практичних навичок у цих питаннях, а також допомогти студентам розібратися і виконати курсову роботу за розрахунком природного освітлення в приміщеннях в стислий час.

Предметом вивчення в даній дисципліні являються, насамперед, системи природного освітлення будівель, самі будівлі та їх взаємне розташування між собою. Тому ця дисципліна пов'язана зі багатьма іншими дисциплінами такими, як «Архітектурне проектування», «Архітектурні конструкції», «Типологія», «Композиція» та ін.

1. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Природне освітлення будинків створюється світловими потоками неба (прямими і відбитими), що надходять всередину приміщень через світлові прорізи у зовнішніх огорожувальних конструкціях. Як головний чинник ефективності зорової роботи, оптимальне природне освітлення приміщень сприяє підвищенню продуктивності праці, покращанню якості продукції, зменшенню травматизму, збереженню здоров'я людей, створенню необхідних комфортних умов для життєдіяльності людини.

Необхідність природного освітлення збільшує значення світлових прорізів у формуванні архітектурно-просторової структури будівлі.

З погляду архітектурно-художнього устрою будинку вікна й світлові ліхтарі, вітрини й вітражне засклення відіграють істотну роль у формуванні композиції інтер'єру та зовнішнього вигляду. Світло й світлові прорізи візуально моделюють внутрішній простір, визначають ритм і масштабність, створюють ілюзії візуального розширення чи звуження простору, збільшення висоти тощо.

З функціонального погляду світлопрозорі огорожувальні конструкції забезпечують необхідні рівні природної освітленості на робочих місцях, створюючи відповідні умови для зорової роботи. Через вікна й ліхтарі здійснюється також природна вентиляція приміщень, що забезпечує сприятливий температурно-вологісний і аераційний режими внутрішнього середовища, покращує мікроклімат приміщень загалом.

Необхідно відзначити також санітарно-гігієнічне значення засклення, через яке проникають сонячні промені, створюючи певний інсоляційний і температурно-радіаційний режими приміщення. Сонячне проміння, потрапляючи всередину приміщення, внаслідок тривалої дії забезпечує загальнооздоровчий ефект. Значно зменшується кількість хвороботворних бактерій, збудників інфекційних захворювань.

Треба особливо відзначити позитивний психологічний вплив світлових прорізів на людину. Вікна візуально єднають замкнений внутрішній простір приміщення із зовнішнім простором, який розкривається через світлові прорізи. За наявності вікон в приміщенні людина відчуває себе спокійно і впевнено, оскільки зберігається позитивний вплив природних чинників; біоритми людського організму узгоджуються з ритмом природного освітлення.

Розміри та кількість світлових прорізів у зовнішніх огорожувальних конструкціях істотно впливають на вартість будинку та експлуатаційні затрати. Крізь світлопроникні огорожувальні конструкції тепловтрати значно вищі, ніж через масивні конструкції стін, тому економічний аспект улаштування світлопрорізів має велике значення. Від вдалого вирішення питань природного освітлення в будинках значною мірою залежить економія енергетичних ресурсів.

Проектування природного освітлення приміщень, удосконалення його багатофункціональних аспектів, оптимізація розмірів, розташування й форми світлових прорізів, які забезпечували б необхідний режим освітлення, повинні ґрунтуватися на відповідних методах розрахунку та нормування природного освітлення.

Критерієм кількісної оцінки освітлення є освітленість E , лк (люкс) – щільність світлового потоку F , лм (люмен) на освітленій поверхні площиною (S , м²), яка визначається відношенням (1.1)

$$E = \frac{F}{S} 100 \quad (1.1)$$

Освітленість – основна фотометрична величина, яку застосовують у розрахунках штучного освітлення, параметри якого сталі у часі. Природне освітлення, на відміну від штучного, змінюється впродовж дня, сезону, року як за рівнем освітленості, так і за спектральним складом.

Оскільки природне освітлення змінюється упродовж дня та пов'язане з адаптацією зору і зміною чутливості ока, то для оцінки природного

освітлення приміщень прийнято **КОЕФІЦІЄНТ ПРИРОДНОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ (КПО).**

КПО, D , визначають як відношення освітленості, яка створюється світлом неба через проріз в деякій точці на заданій поверхні всередині приміщення, E_6 , до одночасної зовнішньої освітленості, E_3 , горизонтальної площини дифузним світлом від повністю відкритого небосхилу. При цьому пряме сонячне світло не враховують.

Коефіцієнт природної освітленості обчислюється у відсотках за формулою (1.2)

$$D = \frac{E_6}{E_3} 100, \% \quad (1.2)$$

Розглянемо основні терміни природного та суміщеного освітлення, які застосовують для проектування світлового середовища приміщень.

Геометричний коефіцієнт природної освітленості (ГКПО), D_s – доля зовнішнього світла від неба, яке проходить через незаповнений світлопроріз, або відношення природної освітленості, створюваної в розглянутій точці приміщення світлом, який прийшов через незаповнений світловий проріз безпосередньо від рівномірно яскравого неба, до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості під відкритим повністю небозводом, при цьому участь прямого сонячного світла в створенні тієї й іншої освітленості виключається, виражається у відсотках

Коефіцієнт запасу K_3 – розрахунковий коефіцієнт, що враховує зниження КПО і освітленості в процесі експлуатації внаслідок забруднення і старіння світлопрозорих заповнень у світлових прорізах, а також зниження відбиваючих властивостей поверхні приміщення.

Коефіцієнт світлового клімату – коефіцієнт, який враховує особливості світлового клімату.

Нерівномірність природного освітлення – відношення середнього значення до найменшого значення КПО в межах характерного перерізу приміщення.

Об'єкт розрізнення – предмет розглядання, окрема його частина або розрізнявальний дефект (наприклад, нитка тканини, точка, лінія, знак, пляма, тріщина, риска, жолобок або інші дефекти виробу), які необхідно розрізняти під час роботи.

Природне освітлення – освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить крізь світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях.

Площа вікон S_v – сумарна площа світлових прорізів (в світлі), які знаходяться в зовнішніх стінах освітлюваного приміщення, м².

Площа ліхтарів S_l – сумарна площа світлових прорізів (в світлі) усіх ліхтарів, які знаходяться в покрівлі над освітлюваним приміщенням або прольотом, м².

Відносна площа світлових прорізів S_l/S_p ; S_v/S_p – відношення площі ліхтарів S_l або вікон S_v до освітлюваної площі підлоги приміщення, виражається у долях одиниці або у відсотках.

Постійне додаткове штучне освітлення – постійне штучне освітлення, яке доповнює природне освітлення, якщо останнє є недостатнім або не задовільним.

Робоча поверхня – поверхня, на якій виконується робота і нормується або вимірюється освітленість.

Світлове середовище – сукупність джерел природного і штучного світла при формуванні комфортних умов зорового сприйняття.

Система природного освітлення – сукупність світлових прорізів і поверхонь, які формують світлове середовище у приміщеннях від природного джерела світла – небосхилу (хмарне небо) і відбиваючих

світло поверхонь. Розрізняють три основних системи природного освітлення: бокову, верхню і комбіновану.

Система бокового природного освітлення – сукупність світлових прорізів, розміщених в зовнішніх стінах будівлі.

Система верхнього природного освітлення – сукупність світлових прорізів, розташованих у покритті будівлі і у стінах в місцях перепаду висот будівлі.

Система комбінованого природного освітлення – поєднання систем верхнього і бокового природного освітлення.

Суміщене освітлення – освітлення, при якому недостатнє згідно з нормам природне освітлення доповнюється штучним.

Середньозважений коефіцієнт відбиття – коефіцієнт відбиття, усереднений за площею (фасадів протилежних будівель, внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, робочої поверхні тощо).

Умовна робоча поверхня – умовно прийнята горизонтальна поверхня, яка розміщена на рівні 0,8 м від підлоги.

Хмарне небо МКО (за визначенням Міжнародної комісії з освітлення – МКО) – небо, яке повністю закрито хмарами і задовольняє умову, за якої відношення його яскравості точки на кутовий висоті θ над горизонтом до яскравості в зеніті дорівнює $(1+2 \sin \theta)/3$.

Характерний розріз приміщення – поперечний розріз, зазвичай, посередині довжини приміщення, площина якого перпендикулярна до площини засклення світлових прорізів (за боковим освітленням) або до поздовжньої осі прольотів приміщення. До характерного розрізу приміщення повинні потрапити ділянки з найбільшою кількістю робочих місць, а також точки робочої зони, найвіддаленіші від світлових прорізів.

2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Основним завданням проєктування систем природного освітлення є організація сприятливого світлового середовища як у приміщенні, так і на робочих місцях. Вирішення цього завдання зводиться до визначення оптимальної площі й раціональної форми світлових прорізів, відповідного розміщення їх у зовнішніх огорожувальних конструкціях. Ця задача контролюється нормативами природного освітлення, а параметри вибраної системи природного освітлення визначаються світлотехнічним розрахунком.

Системи природного освітлення застосовують у приміщеннях, де постійно перебувають і працюють люди, крім тих, які не потребують природного світла і на них вказано в будівельних, санітарних та інших нормативних документах.

Проєктування природного освітлення ґрунтується на докладному вивченні функціонального або технологічного процесів, які відбуваються в приміщеннях, з урахуванням світло-кліматичних особливостей району будівництва.

При проєктуванні нової будівлі природне освітлення приміщень доцільно здійснювати у такій послідовності:

1 етап

- визначення вимог до організації природного освітлення приміщень;
- вибір варіантів систем природного освітлення (як мінімум два варіанти);
- визначення орієнтації світлових прорізів за сторонами горизонту;
- визначення нормованого КПО за розрядом основної зорової роботи в приміщенні;
- вибір типів світлових прорізів і світлопроникних матеріалів;

- вибір засобів для обмеження сліпучої дії прямих потоків сонячного світла.

2 етап

- виконання попереднього розрахунку природного освітлення приміщення (визначення необхідної площі світлових прорізів);
- уточнення параметрів світлових прорізів згідно з конструктивним рішенням та розташування їх в огорожувальних конструкціях будівлі.

3 етап

- перевірочний (точний) розрахунок природного освітлення за загальноприйнятою методикою;
- визначення приміщень, зон і ділянок приміщення, що мають нижчі за нормативні значення КПО;
- формулювання вимог до додаткового штучного освітлення;
- визначення умов експлуатації прозорих конструкцій огороження.

4 етап

- оцінка отриманої системи шляхом порівняння розрахункового КПО з нормативним значенням;
- внесення змін у проект природного освітлення;
- виконання повторного розрахунку (якщо необхідно).

5 етап

- техніко-економічне порівняння варіантів систем природного освітлення по наведених витратах.

При реконструкції будівлі або містобудівної ситуації достатньо виконати тільки 1, 3 та 4-й етапи.

Вибір варіантів систем природного освітлення залежить від функціонального чи технологічного процесів у приміщенні, характеру здійснюваних зорових операцій, об'ємно-планувального й конструктивного рішення будинку. На вибір системи природного

освітлення також впливають: містобудівельна ситуація, архітектурно-художні якості будівлі, її орієнтація за сторонами горизонту, район будівництва та економічні вимоги.

Класифікація основних систем природного освітлення та їх характеристики наведено в таблиці 2.1.

Бокове природне освітлення необхідно застосовувати у багатоповерхових виробничих, громадських і житлових будинках, одноповерхових житлових будинках, а також в одноповерхових громадських і виробничих будинках, в яких відношення глибини приміщень до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна не перевищує 8.

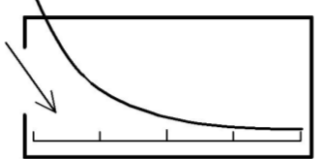
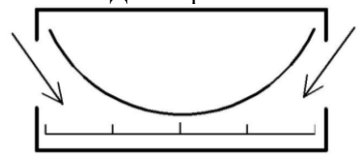
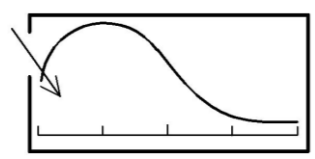
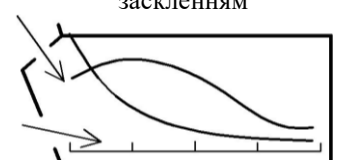
Вибір тієї чи іншої системи бокового освітлення залежить від архітектурно-художнього рішення інтер'єру будівлі та параметрів конкретного приміщення.

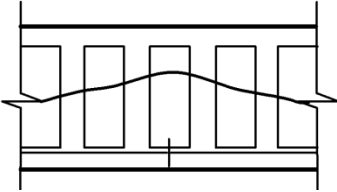
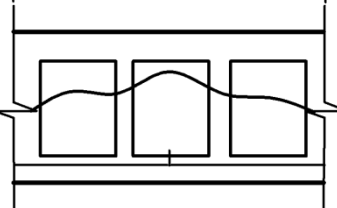
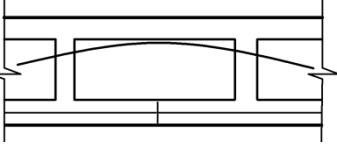
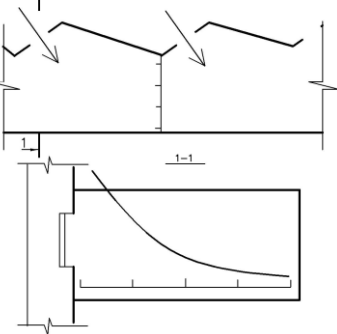
Вікна у виробничих будівлях, висота яких не більша за 7,2 м, доцільно розміщувати в один ярус, а в приміщеннях з висотою, більшою за 7,2 м, – у два яруси, відповідно у нижній та верхній зонах стіни, на підставі світлотехнічного розрахунку.

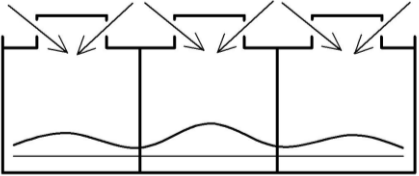

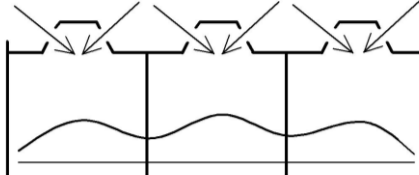
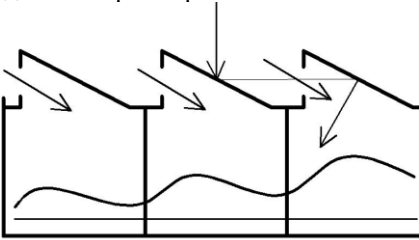
Системи верхнього або комбінованого природного освітлення застосовують переважно в одноповерхових виробничих будівлях, у приміщеннях верхнього поверху багатоповерхових будинків, в одноповерхових громадських будівлях, що займають велику площу (криті ринки, спортивні зали, виставкові павільйони тощо), а також у приміщеннях з велико-габаритним обладнанням

Ліхтарі-надбудови. Довжина прямокутних і трапецієподібних ліхтарів не повинна перевищувати 120 м, а відстань між торцями ліхтарів і зовнішньої торцевою стіною повинна бути кратною або дорівнювати кроку несучих конструкцій покриття.

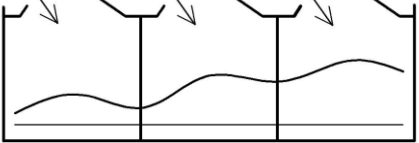
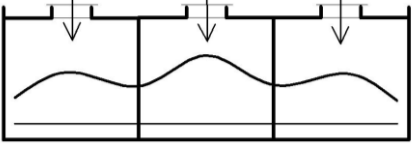
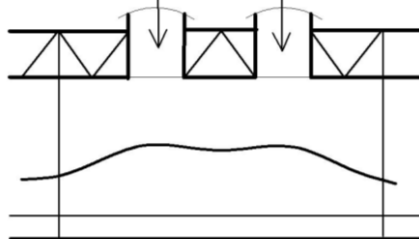
Класифікація і коротка характеристика систем природного освітлення

№ пор.	Вид системи освітлення та характер кривої розподілу КПО	Світлотехнічні й експлуатаційні характеристики	Галузь застосування	Примітки
1	2	3	4	5
Системи бокового природного освітлення				
1	<p>Одностороннє</p>  <p>Розріз</p>	Значна нерівномірність освітлення у поперечному напрямку. Сталість умов освітлення дифузним світлом.	При незначній глибині приміщення (кабінети, класи). У виробничих приміщеннях, де ставляться підвищені вимоги до якості освітлення.	Відсутність інсоляції, якщо вікна орієнтовані на північну частину горизонту.
2	<p>Двостороннє</p>  <p>Розріз</p>	Наявність перехресних тіней, що погіршує умови зорового сприйняття. Підвищені рівні освітлення, при відносно рівномірному освітленні	У приміщеннях, які розташовані на всю ширину будівлі.	Значна тривалість інсоляції при будь-якій орієнтації вікон, крім орієнтації пн-пд.
3	<p>Одностороннє з верхнім розміщенням вікон</p>  <p>Розріз</p>	Підвищення освітленості у точках, найвіддаленіших від світлового прорізу. Обмежений візуальний зв'язок із зовнішнім середовищем. Зберігається хороша рівномірність освітлення	При значній висоті й глибині приміщення	_____
4	<p>Двоярусне розміщення світлових прорізів з нахиленим застосуванням</p>  <p>Розріз</p>	Підвищення освітленості у точках, найвіддаленіших від світлових прорізів	При значній висоті й глибині приміщення, при значній щільності забудови	_____

1	2	3	4	5
5	<p>3 вертикальними вікнами</p>  <p>Фронтальний вигляд</p>	<p>Значна нерівномірність освітлення в поздовжньому напрямку, особливо в зонах, наближених до вікон, внаслідок впливу простінків, що затіняють</p>	<p>У приміщеннях, де робочі місця розміщені не ближче ніж 3м від зовнішніх стін</p>	<p>_____</p>
6	<p>3 квадратними вікнами</p>  <p>Фронтальний вигляд</p>	<p>Значна нерівномірність освітлення в зонах, що прилягають до зовнішніх стін (з вікнами)</p>	<p>У приміщеннях, де робочі місця розміщені на віддалі, не менше ніж 3м від зовнішніх стін</p>	<p>За однакової площі засклення варіантів 5 і 6 освітленість у варіанті 5 менша, ніж в 6-му через вплив товщини стіни, що затіняє</p>
7	<p>3 горизонтальними вікнами</p>  <p>Фронтальний вигляд</p>	<p>Добра освітленість у поздовжньому напрямку</p>	<p>У приміщеннях, де необхідне рівномірне освітлення вздовж лінії вікон</p>	<p>_____</p>
8	<p>Прорізи, які виступають з площини фасаду,</p>  <p>План, розріз</p>	<p>Підвищені архітектурно-художні якості будівлі. Покращання інсоляції приміщення при обмеженні оптимальної орієнтації будинку в забудові. Велика нерівномірність освітлення</p>	<p>В районах з високою щільністю забудови. У приміщеннях, де ставляться підвищені вимоги до якості освітлення та інсоляції</p>	<p>При щільній забудові є можливість варіантного розміщення світлових прорізів для покращання світлового та інсоляційного режиму приміщення</p>

1	2	3	4	5
Системи верхнього природного освітлення				
9	<p style="text-align: center;">Прямокутні ліхтарі</p>  <p style="text-align: center;">Розріз</p>	<p>Забезпечують середнє значення КПО до 5 %. Добра рівномірність освітлення. Незначна інсоляція (особливо при орієнтації засклення на пн-пд). Незначне забруднення скла, мала світлова активність ліхтаря</p>	<p>У приміщеннях для робіт малої та середньої точності. В цехах з підвищеною вологістю, вмістом пилю або диму.</p>	
10	<p style="text-align: center;">Трапецієподібні ліхтарі</p>  <p style="text-align: center;">Розріз</p>	<p>Забезпечують середні значення КПО до 10 %. Мала нерівномірність освітлення. Значна тривалість інсоляції, підвищене забруднення вікон. Середня світлова активність ліхтаря</p>	<p>У приміщеннях для точних робіт при незначному виділенні пилю і диму. В цехах зі значною висотою і затіненням робочих місць технологічним обладнанням</p>	<p>Небажане застосування в південних районах.</p>
11	<p style="text-align: center;">Шедові ліхтарі з вертикальним заскленням</p>  <p style="text-align: center;">Розріз</p>	<p>Забезпечують середні значення КПО до 7 %. Середня нерівномірність освітлення. При північній орієнтації засклення відсутня інсоляція приміщення, незначне забруднення вікон, незначна світлова активність</p>	<p>У південних і малосніжних районах. Для приміщень точних і середньої точності робіт, де вимагається певна спрямованість освітлення</p>	<p>Мають на 15 – 20 % меншу площу засклення, ніж прямокутні ліхтарі</p>

Закінчення табл. 2.1

1	2	3	4	5
12	<p>Шедові ліхтарі з нахиленим заскленням</p>  <p>Розріз</p>	<p>Забезпечують середнє значення КПО до 10 %. Середня нерівномірність освітлення. Ступінь забруднення вікон середній, незначна інсоляція.</p>	<p>Для виробництв, де необхідна спрямованість і сталість освітлення, у малосніжних районах.</p>	<p>Мають на 15 – 20 % меншу площу засклення, ніж трапецієподібні ліхтарі</p>
13	<p>Зенітні ліхтарі</p>  <p>Розріз</p>	<p>Забезпечують середнє значення КПО до 15 %. Значна нерівномірність освітлення. Значна тривалість інсоляції. Висока світлова активність.</p>	<p>Для приміщень з особливо точними і точними зоровими роботами. У поєднанні з аераційними пристроями</p>	<p>Потребують більше у двічі меншої площі засклення, ніж прямокутні ліхтарі</p>
14	<p>Ліхтарі шахтного типу</p>  <p>Розріз</p>	<p>Забезпечують середнє значення КПО до 7 %. Значна нерівномірність освітлення. Незначна тривалість інсоляції</p>	<p>У приміщеннях з підвісною стелею і високою насиченістю міжфермового простору інженерними комунікаціями й системами</p>	<p>Ефективні, якщо внутрішні стіни ліхтаря оздоблені алюмінієвою фольгою чи плівкою.</p>

Примітки: 1. Стрілками показано шляхи проникнення світлових потоків від неба у приміщення.

2. В таблиці наведені лише основні види систем природного освітлення. Різноманітними сполученнями наведених систем та їх елементів можуть бути отримані інші системи.

Щоб забезпечити необхідний повітрообмін, у приміщеннях рекомендовано застосувати такі світло-аераційні ліхтарі:

- а) в приміщеннях з прольотом до 18 м – прямокутні, шириною 6 м;
- б) в приміщеннях з прольотами 24, 30 і 36 м – прямокутні, шириною 12 м.

Номінальну висоту світлопрорізів приймають для прямокутних ліхтарів шириною 6 м – 1500, 1750 і 2×1250 мм (двохярусне застосування), а для ліхтарів шириною 12 м – 1750, 2×1250 і 2×1500 мм.

Для захисту приміщень від перегріву сонячним промінням влітку, площину застосування ліхтарів слід орієнтувати:

в будинках з прямокутними і трапецієподібними ліхтарями, які розташовані на всій території України, за винятком Криму, – на Пн і Пд;

в будинках з шедовими ліхтарями, які розміщені в Криму, на північну частину горизонту (ПнЗ – Пн – ПнС).

Зенітні ліхтарі. Їх назва виходить із слова «зеніт». Якщо стати під зенітним ліхтарем і подивитися вгору, то буде видно зенітну частину небозводу, світло поступає в приміщення від цієї частини.

У цехах промислових підприємств з сухим чи нормальним вологісним режимом і незначним (до 23 Вт/м³) надлишком технологічного тепла, а також при високих розрядах зорових робіт (I – IV) необхідно застосовувати зенітні ліхтарі. Форма, матеріал світлопрозорого заповнення і розміщення зенітних ліхтарів залежать від характеру зорової роботи, архітектурних вимог до інтер'єру, протипожежних вимог, кліматичних і світлокліматичних характеристик району будівництва та економічних вимог.

Зенітні ліхтарі, в яких світлопропускні елементи виконані з полімерних матеріалів (органічне скло, поліефірні склопластики тощо), дозволяється застосовувати в будинках не нижче ніж II-го ступеня вогнестійкості з виробничими процесами, які зараховані до категорії Г і Д

згідно з пожежною безпекою. В конструкції покриття слід застосовувати вогнетривкі або важко спалимі теплоізоляційні матеріали.

Якщо природне освітлення в приміщеннях виробничих будівель з незначним надлишком явного тепла забезпечувати за допомогою зенітних ліхтарів, то слід застосовувати двошарове застклення.

Кількість шарів застклення у вікнах і ліхтарях будівель приймається відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель" [6].

Номенклатура прямокутних світлоаераційних і зенітних ліхтарів подана в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Номенклатура прямокутних світлоаераційних і зенітних ліхтарів

Профіль ліхтаря	Розмір світлового прорізу, м	Вид заповнення світлового прорізу ліхтаря		Тип покриття	Номер типової серії
		світлопрозорий матеріал	рама		
Прямокутні світлоаераційні ліхтарі					
П – подібний одноярусний	6 × 120 (макс.) 12 × 120 (макс.)	Листове скло одинарне	Яка відчиняється	ЗБ і ПН	1.464-11
П – подібний двоярусний	12 × 120 (макс.)	Те саме	Те саме	Те саме	1.464-13
Зенітні ліхтарі					
Криволінійний	1,2 × 1,4 1,4 × 6,0	Двошаровий елемент з органічного скла	Глуха	ЗБ і ПН	1.464-1
Криволінійний	1,1 × 1,1 1,5 × 1,7 2,6 × 2,6 1,5 × 6,0	Те саме	Глуха Яка відчиняється	Те саме	1.464-15
Односхилий Двосхилий Односхилий	1,0 × 1,5 3,0 × 3,0 1,5 × 1,5 1,5 × 3,0 1,5 × 6,0	Склопакет двошаровий Профільне скло (швелер), двошарове	Яка відчиняється Глуха те саме	ПН	1.464-10
Односхилий	1,5 × 1,7	Склопакет двошаровий	Яка відчиняється	ЗБ і ПН	1.464.2-14 вип. 1
Двосхилий	2,7 × 2,7	Те саме	Глуха	ЗБ	1.464.2-17 вип. 1
Двосхилий	2,9 × 5,9	Те саме	Те саме	ЗБ і ПН	1.464.2-18 вип. 1
Односхилий	1,5 × 1,7	Склопакет тришаровий	Те саме	Те саме	1.464.2-21

Примітки: 1. У нахилених і горизонтальних світлових прорізах для верхнього освітлення під засткленням необхідно встановити металеві сітки.

2. ЗБ – залізобетонне покриття; ПН – профільний настил

Суміщене освітлення приміщень виробничих будинків застосовують:

а) для виробничих приміщень, де виконують зорові роботи I, II і III розрядів точності;

б) для виробничих та інших приміщень у випадках, коли необхідне за умовами організації виробництва і технології або функціонального процесу об'ємно-планувальне рішення будівлі не дає змоги забезпечити достатнє згідно за нормами природне освітлення приміщень;

в) відповідно до нормативних документів з проєктування будівель і споруд окремих галузей промисловості, затверджених в установленому порядку.

Суміщене освітлення приміщень житлових, цивільних і допоміжних будинків допускається передбачати у випадках, коли це потрібно за умов вибору раціональних об'ємно-планувальних рішень, за винятком житлових кімнат житлових будинків і гуртожитків, віталень і номерів готелів, спальних приміщень санаторіїв і будинків відпочинку, ігрових дошкільних навчальних закладів, палат лікувально-профілактичних установ.

3. НОРМУВАННЯ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Характер функціонального чи технологічного процесу, що здійснюється в приміщенні, світлокліматичні особливості району будівництва, орієнтація будівлі за сторонами горизонту і вид системи природного освітлення – визначальні чинники вибору нормативного (необхідного) значення КПО.

Нормативне значення КПО, D_n , % для виробничих приміщень визначається за табл. 3.1, для основних приміщень громадських і допоміжних споруд за табл. 3.2, житлових будівель – за табл. 3.3. Таблиця 3.2 тут представлена не повністю. Повний перелік нормативних значень

для різноманітних приміщень громадських і допоміжних споруд дивитися у ДБН В.2.5-28:2018 [1].

Таблиця 3.1

Нормовані значення КПО, D_n , %, для виробничих приміщень.

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			За верхнього чи комбінованого освітлення	За бокового освітлення	За верхнього чи комбінованого освітлення	За бокового освітлення
1	2	3	4	5	6	7
Найвищої точності	менше ніж 0,15	I	—	—	6,0	2,0
Дуже високої точності	від 0,15 до 0,3 включно	II	—	—	4,2	1,5
Високої точності	від 0,3 до 0,5 включно	III	—	—	3,0	1,2
Середньої точності	від 0,5 до 1 включно	IV	4	1,5	2,4	0,9
Малої точності	від 1 до 5 включно	V	3	1	1,8	0,6
Груба (дуже малої точності)	більше ніж 5	VI	3	1	1,8	0,6
Робота з матеріалами, які світяться, і виробами в гарячих цехах	більше ніж 0,5	VII	3	1	1,8	0,6
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: - постійне	—	VIII а	3	1	1,8	0,6
- періодичне у разі постійного перебування людей у приміщенні	—	VIII б	1	0,3	0,7	0,2
- періодичне у разі непостійного перебування людей в приміщенні	—	VIII в	0,7	0,2	0,5	0,2
- загальне спостереження за інженерними комунікаціями	—	VIII г	0,3	0,1	0,2	0,1

Примітка: В приміщеннях, спеціально призначених для роботи або виробничого навчання підлітків, нормоване значення КПО збільшується на один розряд за графою 3 і повинно бути не менше ніж 1,0 %.

При порівнянні розрахункових значень КПО з нормативною величиною треба прийняти до уваги наступні положення.

Таблиця 3.2.

Нормативні значення КПО, D_n , %, для основних приміщень громадських і допоміжних споруд

Приміщення	Площина (Г - горизонтальна, В - вертикальна) нормування КПО, висота площини над підлогою, м	Природне освітлення		Сумісне освітлення	
		КПО D_n , %		КПО D_n , %	
		при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні	при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні
1	2	3	4	5	6
Адміністративні будинки					
1. Кабінети й робочі кімнати і офіси	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
2. Проектні зали і кімнати.	Г – 0,8	4,0	1,5	2,4	0,9
3. Макетні, столярні й ремонтні майстерні	Г – 0,8 на верстаках і робочих столах	4,0	1,5	2,4	0,9
4. Приміщення для роботи з дисплеями й відеотерміналами, дисплейні зали	Г – 0,8 на робочих столах	3,5	1,2	2,1	0,7
5. Конференц-зали, зали засідання	Г – 0,8	2,5	0,7	1,5	0,4
6. Читальні зали	Г – 0,8	3,5	1,2	2,1	0,7
7. Приміщення запису і реєстрації читачів, тематичних виставок, нових надходжень	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
8. Читацькі каталоги	В – 1,0 на фронті карточок	2,5	0,7	1,5	0,4
9. Лінгафонні кабінети	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
10. Палітурно-брошурувальні приміщення площею не більше 30 м ²	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
11. Приміщення для ксерокопіювання площею не більше 30 м ²	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
12. Лабораторії: органічної й неорганічної хімії, термічні, фізичні, спектрографічні, фотометричні, мікроскопні, рентгено-структурного аналізу, механічні та радіовимірювальні, електронних пристроїв,	Г – 0,8	3,5	1,2	2,1	0,7
13. Аналітичні лабораторії	Г – 0,8	4,0	1,5	2,4	0,9

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6
14. Мийні	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
Банківські та страхові установи					
15. Операційний зал, кредитна група, касовий зал, приміщення для перерахування грошей	Г – 0,8	3,5	1,2	2,1	0,7
16. Приміщення алфавітно-цифрових друкувальних пристроїв, кабінки	Г – 0,8	—	—	2,1	0,7
17. Кімната виготовлення, оброки та зберігання ідентифікаційних карток	Г – 0,8	—	—	2,1	0,7
Заклади дошкільної освіти					
18. Роздягальні ясельних груп для дітей до 1-го року	Г – 0,8	3,0 ²⁾	—	—	—
19. Роздягальні ясельних груп для дітей від 1-го до 3-х років	Г – 0,8	3,0 ²⁾	1,0 ²⁾	1,8 ²⁾	0,6 ²⁾
20. Роздягальні садових груп	Г – Підлога	3,0 ²⁾	1,0 ²⁾	1,8 ²⁾	0,6 ²⁾
21. Ігрові, ідальні, зали для музичних і фізкультурних	Г – Підлога	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	—	—
22. Спальні	Г – Підлога	2,0 ²⁾	0,5 ²⁾	—	—
23. Туалетні кімнати	Г – Підлога	2,5	0,7	1,5	0,4
24. Палати ізоляторів та приймально-карантинних	Г – Підлога	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	—	—
Заклади загальної середньої, професійної та вищої освіти					
25. Класні кімнати, аудиторії, навчальні кабінети, лабораторії закладів середньої освіти, професійно-технічних закладів	В – 1,5 на середині дошки	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
	Г – 0,8 на робочих столах і партах	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
26. Аудиторії навчальні кабінети, лабораторії в технікумах і вищих навчальних закладах	В – 1,5 на середині дошки	3,5	1,2	2,1	0,7
	Г – 0,8 на робочих столах і партах	3,5	1,2	2,1	0,7
27. Кабінети інформатики і обчислювальної техніки	В – 1,0 на екрані дисплея	—	—	—	—
	Г – 0,8 на робочих столах і партах	3,5	1,2	2,1	0,7
28. Кабінети технічного креслення та малювання	В – на дошці	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
	Г – 0,8 на робочих столах і партах	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3
29. Майстерні з обробки металів та деревини	Г – 0,8 на верстаках і робочих столах	—	—	3,0	1,2
30. Кабінети обслуговуючих видів праці для дівчат	Г – 0,8	4,0 ²⁾	1,5 ²⁾	2,1	1,3

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6
31. Спортивні, фізкультурно-спортивні зали	Г - Підлога,	3,0 ²⁾	1,0 ²⁾	1,8 ²⁾	0,6 ²⁾
	В – на рівні 2,0 м від підлоги з обох сторін на поздовжній осі приміщення	1,2	0,3	0,8	0,2
32. Криті басейни	Г - поверхня води	3,0 ³⁾	1,0 ³⁾	1,8 ³⁾	0,6 ³⁾
33. Кабінети й кімнати викладачів	Г- 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
34. Рекреації	Г- Підлога,	2,0 ²⁾	0,4 ²⁾	1,2 ²⁾	0,3 ²⁾
Установи для дозвілля					
35. Виставкові зали	Г- 0,8	2,0	0,5	—	0,3
36. Кімнати гуртків, музичні класи	Г - 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
37. Зал комп'ютерних ігор	Г - 0,8	—	—	1,8	0,6
Санаторії, будинки відпочинку					
38. Палати, спальні кімнати	Г- Підлога	2,0	0,5	—	—
Фізкультурно-оздоровчі заклади					
39. Зали спортивних ігор	Г-Підлога	3,0 ³⁾	1,0 ³⁾	1,8 ³⁾	0,6 ³⁾
	В – 2,0 з обох сторін на поздовжній осі приміщення	1,2	0,3	0,8	0,2
40. Зал басейну	Г - поверхня води	4,0	1,0	2,4	0,6
Підприємства харчування (заклади ресторанного господарства)					
41. Обідні зали ресторанів, їдальень, кафе, барів	Г- 0,8	2,0	0,5	1,2	0,3
42. Гарячі цехи, холодні цехи, доготовельні й заготовельні цехи	Г- 0,8	—	—	1,2	0,3
43. Мийні кухонного та столового посуду, приміщення для різання хліба, приміщення завідувача виробництва	Г - 0,8	2,0	0,5	1,2	0,3
Магазини					
44. Торговельні зали магазинів: книжкових, готового одягу, білизни, взуття, тканин, хутряних виробів, головних уборів, парфумерних, галантерейних, ювелірних, електро-, радіотоварів,	Г- 0,8	2,0 ³⁾	0,5 ³⁾	1,2 ³⁾	0,3 ³⁾
45. Торговельні зали магазинів: посуду, меблевих, спортивних товарів, будматеріалів, електропобутових приладів, канцелярських товарів	Г – 0,8	2,0 ³⁾	0,5 ³⁾	1,2 ³⁾	0,3 ³⁾
46. Приміщення відділів замовлень, бюро обслуговування	Г – 0,8	2,0 ³⁾	0,5 ³⁾	1,2 ³⁾	0,3 ³⁾

47. Приміщення головних кас	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
-----------------------------	---------	-----	-----	-----	-----

Закінчення табл. 3.2

1	2	3	4	5	6
Готелі					
48. Бюро обслуговування	Г- 0,8	2,0 ³⁾	0,5 ³⁾	1,2 ³⁾	0,3 ³⁾
49. Приміщення чергового обслуговуючого персоналу	Г- 0,8	2,0 ³⁾	0,5 ³⁾	1,2 ³⁾	0,3 ³⁾
50. Вітальні, номери	Г- підлога	1,0 ³⁾	0,3 ³⁾	—	—
²⁾ Нормовані значення КПО підвищені в приміщеннях, спеціально призначених для роботи і навчання дітей і підлітків. ³⁾ Нормовані значення встановлені на основі експертних оцінок. Примітка. Знак «—» у відповідній комірці означає, що цей показник не нормується.					

Таблиця 3.3.

Нормативні значення КПО, D_n , %, для основних приміщень житлових будинків

Приміщення	Площина (Г - горизонтальна), нормування КПО, висота площини над	Природне освітлення		Сумісне освітлення	
		КПО e_n , %		КПО e_n , %	
		при верхньому або комбінованому	при боковому освітленні	при верхньому або комбінованому	при боковому освітленні
1	2	3	4	5	6
1. Житлові кімнати, вітальні, житлові кімнати гуртожитків	Г - підлога	2,0	0,5	—	—
2. Кухні, кухні їдальні	Г – 0,8	2,0	0,5	1,2	0,3
3. Дитячі	Г - підлога	2,5	0,7	—	—
4. Басейни	Г – поверхня води	2,0	0,5	1,2	0,3
5. Тренажерний зал	Г - підлога	—	—	1,2	0,3
6. Сходи і сходові майданчики	Г – підлога (майданчики, сходи)	—	0,1	—	—
7. Приміщення консьержа	Г - підлога	2,0	0,5	1,2	0,3

При односторонньому боковому природному освітленні приміщень нормується мінімальне значення КПО у точці, яка розміщена на віддалі 1м від стіни, найвіддаленішої від світлових прорізів в умовної робочої поверхні (або підлоги). Для двостороннього бокового освітлення нормується мінімальне значення КПО всередині приміщення.

Для верхнього чи комбінованого природного освітлення нормується середнє значення КПО у точках, розміщених на перетині вертикальної площини характерного перетину приміщення та умовної робочої поверхні

(або підлоги). Першу й останню розрахункові точки приймають на віддалі 1 м від поверхні стін (перегородок), або осі колон.

У виробничих приміщеннях із зоровою роботою I-III розрядів слід використовувати суміщене освітлення. Допускається застосовувати верхнє природне освітлення у великопрольотних складальних цехах, де роботи виконуються в значній частині об'єму приміщення на різних рівнях підлоги і на різноорієнтованих у просторі робочих поверхнях. При цьому нормовані значення КПО приймаються для розрядів I, II, III відповідно 10; 7; 5 %.

Нерівномірність освітленості приміщень виробничих і громадських будинків з верхнім чи комбінованим природним освітленням та основних приміщень для дітей і підлітків з боковим освітленням не повинна перевищувати 3:1. Розрахункове значення КПО для верхнього чи комбінованого освітлення у будь-якій точці на лінії перетину умовної робочої поверхні й площини характерного вертикального перерізу приміщення повинно бути не меншим за нормативне значення КПО за бокового освітлення.

Нерівномірність природного освітлення не нормується для приміщень з боковим освітленням.

4. РОЗРАХУНОК ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Розміри і форма світлових прорізів, їх розташування в огорожувальних конструкціях та відповідність нормам природного освітлення визначають за розрахунком.

Розраховують природне освітлення у такій послідовності:

1. Попередній розрахунок площі світлових прорізів.
2. Перевірочний розрахунок КПО, порівняння розрахункових значень з нормативними.

3. Коригування розмірів світлових прорізів і їх розташування, виконання, якщо необхідно, повторного перевірного розрахунку.

Попередній розрахунок виконується для того, щоб приблизно визначити площу світлопрорізів і він може використовуватися тільки лише на початкових стадіях проектування нового будівництва (ескізний проект). При експертній оцінці прийнятих рішень або для перевірки вже існуючих систем природного освітлення, а також при реконструкції будинків необов'язково виконувати попередній розрахунок. Остаточне визначення розмірів світлопрорізів здійснюється тільки за допомогою перевірного розрахунку КПО, так як тільки цей показник являється критерієм оцінки природного освітлення в приміщеннях.

4.1. Попередній розрахунок площі світлопрозорих конструкцій

Сумарну площу, m^2 , світлових прорізів при боковому освітленні S_B визначають за формулою:

$$S_B = \frac{D_{нб}}{100m} \cdot \frac{K_{зб} \eta_B K_{буд}}{\tau_o r_1} \cdot S_{п}. \quad (4.1)$$

Сумарну площу світлових прорізів при верхньому освітленні $S_{л}$ знаходять за формулою:

$$S_{л} = \frac{D_{нв}}{100m} \cdot \frac{K_{зв} \eta_{л}}{\tau_{л} r_2 K_{л}} \cdot S_{п}, m^2, \quad (4.2)$$

де $S_{п}$ – площа підлоги приміщення, m^2 ;

$D_{нб}$ – нормоване значення КПО при боковому освітленні, %;

$D_{нв}$ – те саме, при верхньому освітленні, %;

Нормативне значення КПО визначається за наступною методикою. Для виробничих приміщень із технологічної частини проекту виявляється характер переважаючих зорових робіт і по найменшому розміру об'єкту розрізнення установлюється розряд зорової роботи. За табл. 3.1 з

урахуванням виду системи освітлення, а також розряду зорової роботи визначають нормоване значення КПО. Для приміщень інших будинків нормативні значення КПО знаходять за табл. 3.2 і 3.3.

$K_{зб}$ – коефіцієнт запасу, який враховує забруднення і старіння матеріалів заповнення світлових прорізів та погіршення відбивальної здатності внутрішніх поверхонь приміщення в часі для бокового освітлення, визначається за табл. 4.1;

Таблиця 4.1.

Значення коефіцієнтів запасу $K_{зб}$ і $K_{зв}$

Приміщення	Приклади приміщень	Кут нахилу світлопроникного матеріалу до горизонту, град			
		0-15	16-45	46-75	76-90
1	2	3	4	5	6
1. Виробничі приміщення з повітряним середовищем, які містять в робочій зоні:					
а) більше ніж 5 мг/м^3 пилу, диму, кіптяви	Агломераційні фабрики, цементні заводи і обрубувальні відділення ливарних цехів	$\frac{2,0}{4}$	$\frac{1,8}{4}$	$\frac{1,7}{4}$	$\frac{1,5}{4}$
б) від 1 до 5 мг/м^3 пилу, диму, кіптяви	Цехи ковальські, ливарні, мартенівські, збірного	$\frac{1,8}{3}$	$\frac{1,6}{3}$	$\frac{1,5}{3}$	$\frac{1,4}{3}$
в) менше ніж 1 мг/м^3 пилу, диму, кіптяви	Цехи інструментальні, складальні, механічні, механоскладальні, пошивні	$\frac{1,6}{2}$	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,3}{2}$
г) великі концентрації пару, кислоти, лугів, газів, спроможних при зіткненні з вологою утворювати слабкі розчини кислот, лугів, а також які мають велику корозійну спроможність	Цехи хімічних заводів із виготовлення кислот, лугів, їдких хімічних реактивів, отрутохімікатів, добрив, цехи гальванічних покриттів і різних галузей промисловості з застосуванням електролізу	$\frac{2,0}{3}$	$\frac{1,8}{3}$	$\frac{1,7}{3}$	$\frac{1,5}{3}$
2. Приміщення громадських та житлових будинків:					
а) запилені з високою температурою, високою вологістю;	Гарячі цехи підприємств громадського харчування, охолоджувальні камери, приміщення для приготування розчинів у пральнях, душових	$\frac{2,0}{3}$	$\frac{1,8}{3}$	$\frac{1,7}{3}$	$\frac{1,6}{3}$
б) з нормальними умовами середовища	Кабінети та робочі приміщення, житлові кімнати, навчальні приміщення, лабораторії, читальні зали, зали нарад, торговельні зали тощо	$\frac{1,5}{2}$	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,3}{1}$	$\frac{1,2}{1}$

Примітка 1. Значення коефіцієнта запасу слід помножити на 1,1 – при застосуванні візерунчастого скла, склопластика, армоплівки та матованого скла, а також при використанні світлових отворів для аерації; на 0,9 – при використанні органічного скла.

Примітка 2. В чисельнику наведені значення коефіцієнта запасу, в знаменнику – кількість чищень скла світлових отворів за рік

$K_{зв}$ – те саме, для верхнього освітлення, визначається за табл. 4.1 з урахуванням кута нахилу світлопрорізу;

η_v – світлова характеристика вікон, яка визначає необхідну площу вікна відносно площі підлоги, за якою забезпечується значення КПО, що дорівнює 1 %, наведена у табл. 4.2;

Таблиця 4.2.

Значення світлової характеристики η_v для бокового освітлення

Відношення довжини приміщення l_n до його глибини B	Відношення глибини приміщення B до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна h_1							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,5	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

$K_{буд}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон приміщення протилежною забудовою, визначається за табл. 4.3; якщо відсутні протилежні будівлі $K_{буд} = 1$;

Таблиця 4.3

Значення коефіцієнта, що враховує затінення вікон будинками, розташованими навпроти.

$P/H_{буд}$	0,5	1	1,5	2	3 і більше
$K_{буд}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1

де P – відстань між даним і протилежним будинками, м; $H_{буд}$ – висота розміщення карниза (чи парапету) протилежного будинку над рівнем підвіконника розгляданого приміщення.

m – коефіцієнт світлового клімату світлопрорізу, який визначається за табл. 4.4 і рисунком 4.1;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопроникнення вікон для бокового освітлення, розраховується за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3, \quad (4.3)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопроникнення прозорого матеріалу вікон, визначають за табл. 4.5;

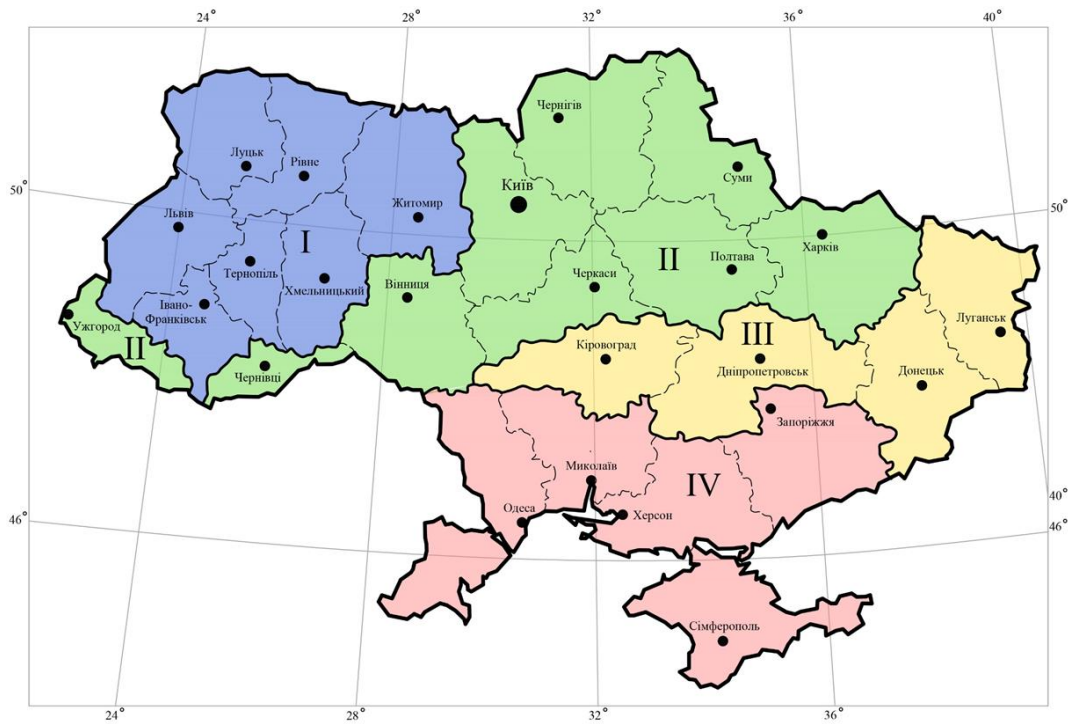


Рис. 4.1. Карта світлокліматичних районів України

Таблиця 4.4.

Значення коефіцієнту світлового клімату t

Світло-кліматичний район (рис. 4.1)	Значення коефіцієнту світлового клімату t для світлопрорізів:								
	вертикальних								орієнтованих на zenit
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
I	0,93	0,96	1,00	1,02	1,03	1,02	1,01	0,96	0,99
II	1,05	1,09	1,14	1,16	1,18	1,17	1,15	1,09	1,12
III	1,07	1,12	1,18	1,22	1,23	1,22	1,20	1,12	1,17
IV	1,15	1,21	1,28	1,32	1,33	1,32	1,29	1,21	1,26

Примітки. 1. При розташуванні світлопрорізів у площинах, нахилених до горизонту під кутом α , град, значення t визначається за формулою

$$t = \frac{t_1 \alpha + t_2 (90 - \alpha)}{90},$$

де t_1 – коефіцієнт світлового клімату для вертикального світлопрорізу відповідного типу та орієнтації у розрахунковому поясі світлового клімату; t_2 – коефіцієнт світлового клімату для світлового прорізу, орієнтованого на zenit, у відповідному поясі.

2. Орієнтація світлопрорізів визначається азимутом A – кутом в плані між напрямом на північ та вектором, спрямованим зсередини приміщення назовні, перпендикулярно площині світлопрорізу; відраховується від напрямку на північ за годинниковою стрілкою: Пн – північна ($0 < A \leq 22,5^\circ$; $337,5 < A \leq 360^\circ$); ПнС – північно-східна ($22,5 < A \leq 67,5^\circ$); С – східна ($67,5 < A \leq 112,5^\circ$); ПдС – південно-східна ($112,5 < A \leq 157,5^\circ$); Пд – південна ($157,5 < A \leq 202,5^\circ$); ПдЗ – південно-західна ($202,5 < A \leq 247,5^\circ$); З – західна ($247,5 < A \leq 292,5^\circ$); ПнЗ – північно-західна ($292,5 < A \leq 337,5^\circ$).

3. Коефіцієнт t для фасадів протилежних будинків визначається аналогічно в залежності від азимуту A фасаду.

Значення коефіцієнта τ_1

Вид світлопрозорого матеріалу	Значення τ_1
Скло безкольорове завтовшки, мм	
2,0	0,89
3,0	0,88
4,0	0,87
5,0	0,86
6,0	0,85
8,0	0,83
10	0,81
12	0,79
15	0,76
19	0,72
25	0,67
Скло листове армоване	0,6
Скло листове візерункове	0,65
Скло сонцезахисне	0,65
Скло спектрально-селективне	0,75
Органічне скло:	
прозоре	0,9
молочне	0,6
Склоблоки:	
світлорозсіювальні	0,5
світлопроникні	0,55
Склопрофіліт:	
швелерного перерізу	0,8
коробчастого перерізу	0,65

Примітки: 1. Якщо світлопрозоре заповнення світлопрорізу складається з кількох шарів скла, то його коефіцієнт пропускання світла визначається як добуток коефіцієнтів пропускання світла кожного шару.

2. Значення коефіцієнтів τ_1 і τ_2 для профільного скла і конструкцій з нього слід приймати відповідно до Вказівок з проектування, монтажу та експлуатації конструкцій з профільного скла.

3. Для світлопрозорих матеріалів, що не увійшли у таблицю, значення τ_1 слід приймати за сертифікатами, або визначати лабораторним шляхом згідно з ДСТУ Б В.2.6-20.

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла через затінення елементами віконної рами, розраховується за формулою

$$\tau_2 = \frac{S - S_p}{S}, \quad (4.4)$$

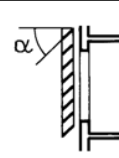
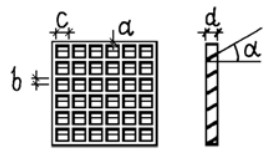
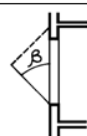
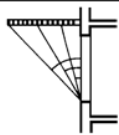
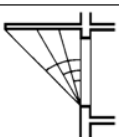
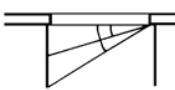
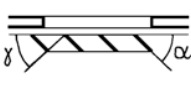
де S – площа світлопрорізу (в світлі);

S_p – площа частини світлопрорізу, що затінюється рамою;

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях, визначається за табл. 4.6. Якщо сонцезахисні пристрої не встановлені, то $\tau_3 = 1$;

Таблиця 4.6

Значення коефіцієнта τ_3

№ схеми	Схема	Значення τ_4	№ схеми	Схема	Значення τ_4					
1	 <p>Горизонтальні жалюзі</p> <p>$\alpha = 0^\circ$ $\alpha = 45^\circ$</p>	0,75 0,35	7	 <p>Стільнякоподібні</p>						
2	 <p>Маркізи напівпрозорі</p> <p>$\beta = 45^\circ$</p>	0,4			α		a	b	c	d
3	 <p>Козирок решітчастий</p> <p>$\beta = 45^\circ$ $\beta = 30^\circ$ $\beta = 15^\circ$</p>	0,65 0,82 0,95		0°	1		11	11	5	0,57
4	 <p>Козирок суцільний</p> <p>$\beta = 45^\circ$ $\beta = 30^\circ$ $\beta = 15^\circ$</p>	0,6 0,8 0,95		30°	1		8	37	5	0,61
5	 <p>Вертикальні екрани</p> <p>$\gamma = 15^\circ$ $\gamma = 30^\circ$</p>	0,95 0,85		45°	1		7	24	5	0,54
				15°	1		9	37	7	0,62
6	 <p>Вертикальні жалюзі</p> <p>$\gamma = 45^\circ, \alpha = 90^\circ$ $\gamma = 45^\circ, \alpha = 45^\circ$</p>	0,70 0,60		15°	1		10	37	5	0,70
				45°	1		7	37	5	0,55
				0°	1		11	11	7	0,48
				30°	1		8	37	7	0,54
				30°	1		7	24	7	0,52
				45°	1		5	37	7	0,45
				15°	1		9	37	10	0,61
30°	1	6		37	10		0,50			
45°	1	7		37	7		0,57			
15°	1	10		37	10		0,56			
15°	1	9		24	10		0,49			
45°	1	2	37	10	0,32					

$\tau_{\text{л}}$ – загальний коефіцієнт світлопропускання системи верхнього освітлення, обчислюється за формулою

$$\tau_{\text{л}} = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (4.5)$$

τ_1, τ_2, τ_3 – те ж саме, що у (4.3), тільки для верхнього освітлення;

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях будівлі, визначається за табл. 4.7;

Таблиця 4.7

Несучі конструкції покриття	Значення τ_4
Сталеві ферми	0,9
Залізобетонні і дерев'яні ферми і арки	0,8
Балки і рами суцільні при висоті перерізу: 500 мм і більш	0,8
менш 500 мм	0,9

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями, дорівнює 0,9;

r_1 – коефіцієнт, який враховує світло, відбите від внутрішніх поверхонь приміщення і земної поверхні, що прилягає до будинку, при боковому освітленні, визначається за табл. 4.8. В попередньому розрахунку приймається для точки, розміщеної на відстані 1 м від стіни, протилежної до світлових прорізів, у площині характерного розрізу;

$\eta_{\text{л}}$ – світлова характеристика ліхтаря, яка визначає необхідну площу світлопрорізів ліхтаря відносно площі підлоги приміщення, за якої забезпечується значення КПО, що дорівнює 1%. Значення світлової характеристики для різних видів ліхтарів подані в табл. 4.9 та 4.10;

r_2 – коефіцієнт, що враховує світло, відбите від внутрішніх поверхонь приміщень для верхнього освітлення, визначається за табл. 4.11;

$K_{\text{л}}$ – коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря, наведений у табл. 4.12.

Розрахункові значення середньозваженого коефіцієнта світловідбивання внутрішніх поверхонь приміщення слід приймати на підставі прийнятої в проекті архітектурної обробки поверхонь за формулою (4.6). Але ці значення повинні бути не більше 0,50 – для приміщень цивільних приміщень, кухонь житлових будинків і виробничих приміщень зі світлим оздобленням (електронна, годинникова промисловість, для виробництв точного машинобудування тощо); не більше 0,40 – в житлових кімнатах житлових будинків і виробничих приміщеннях зі середнім оздобленням поверхонь; не більше 0,30 – у виробничих приміщеннях з темним оздобленням.

Значення коефіцієнта r_1 для бокового освітлення

B/h_1	b/B	Середньозважений коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{ср}}$								
		0,5			0,4			0,3		
		Відношення $l_{\text{п}}/B$								
		0,5	1	≥ 2	0,5	1	≥ 2	0,5	1	≥ 2
від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	1,05	1,0	1,0
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1
	1,0	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
від 1,5 до 2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	1,0
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,25	2,0	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2
	1,0	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2,0	1,8	1,5
від 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,6	2,0	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,8	3,6	3,1	2,4	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4
	0,9	5,3	4,2	3,0	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
1,0	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	
більше ніж 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,0
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,5	3,4	2,9	2,5	2,0	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2,0	1,8	1,5
	0,7	6,0	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2,0	1,7
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9
	0,9	9,0	7,1	5,6	4,3	3,6	3,0	3,0	2,6	2,1
	1,0	10,0	7,3	5,7	5,0	4,1	3,5	3,5	3,0	2,5

Примітки: 1. Прийняті наступні позначення:

$l_{\text{п}}$ – довжина приміщення, м; B – глибина приміщення, м;

b – відстань від розрахункової точки до зовнішньої стіни з світловими прорізами, м;

h_1 – висота розміщення верху вікна над рівнем умовної робочої поверхні, м.

2. Середньозважений коефіцієнт відбиття визначається за формулою:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{с}} \cdot F_{\text{с}} + \rho_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} + \rho_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}}}{F_{\text{с}} + F_{\text{ст}} + F_{\text{п}}}, \quad (4.6)$$

де $\rho_{\text{с}}$, $\rho_{\text{ст}}$, $\rho_{\text{п}}$ – коефіцієнти відбиття світла від стелі, стін і підлоги;

$F_{\text{с}}$, $F_{\text{ст}}$, $F_{\text{п}}$ – відповідно, площі стелі, стін і підлоги, м².

ПРИКЛАД 1. Попередній розрахунок бокових світлових прорізів

Завдання: на підставі попереднього розрахунку необхідно визначити приблизне значення площі бокових світлопрозорих огорожувальних

конструкцій приміщення інструментального цеху автомобільного виробництва, розташованого в м. Донецьку. Цех – однопрольотний (величина прольоту 18 м) завдовжки 30 м. Орієнтація будівлі широтна.

Таблиця 4.9

Значення світлової характеристики $\eta_{л}$ ліхтарів-надбудов

Тип ліхтаря	Кількість прольотів	$l_{п} / L_1$								
		від 1 до 2			від 2 до 4			більше ніж 4		
		H / L_1								
		від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 1	від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 1	від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 1
З двостороннім вертикальним заскленням (прямокутні, М-подібні)	1	5,8	9,4	16,0	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
	2	5,2	7,5	12,8	4,0	5,1	7,8	3,7	6,4	6,5
	3 і більше	4,8	6,7	11,4	3,8	4,5	6,9	3,4	4,0	5,6
С двостороннім нахиленим заскленням	1	3,5	5,2	6,2	2,8	3,8	4,7	2,7	3,6	4,1
	2	3,2	4,4	5,3	2,5	3,0	4,1	2,3	2,7	3,4
	3 і більше	3,0	4,0	4,7	2,35	2,7	3,7	2,1	2,4	3,0
С одностороннім вертикальним заскленням (шеди)	1	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10,0	4,9	7,1	8,5
	2	6,1	8,0	11,0	4,7	5,5	6,6	4,35	5,0	5,5
	3 і більше	5,0	6,5	8,2	4,0	4,3	5,0	3,6	3,8	4,1
С одностороннім нахиленим заскленням (шеди)	1	3,8	4,55	6,8	2,9	3,4	4,5	2,5	3,2	3,9
	2	3,0	4,3	5,7	2,3	2,9	3,5	2,15	2,65	2,9
	3 і більше	2,7	3,7	5,1	2,2	2,5	3,1	2,0	2,25	2,5

Примітка: H – висота покриття над умовною робочою площиною, м;

L_1 – ширина прогину, м; $l_{п}$ – довжина приміщення, м.

Таблиця 4.10

Значення коефіцієнта r_2

$H_{л} / L_1$	Середньозважений коефіцієнт відбиття світла від стелі, стін і підлоги								
	$\rho_{ср} = 0,5$			$\rho_{ср} = 0,4$			$\rho_{ср} = 0,3$		
	Кількість прольотів								
	1	2	3 і більше	1	2	3 і більше	1	2	3 і більше
2,00	1,7	1,5	1,15	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	1,05
1,00	1,5	1,4	1,15	1,4	1,3	1,1	1,3	1,1	1,05
0,75	1,45	1,35	1,15	1,35	1,25	1,1	1,25	1,1	1,05
0,50	1,4	1,3	1,15	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,05
0,25	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05

Примітки: 1. $H_{л}$ – висота приміщення, яку приймають від умовної робочої поверхні до нижньої грані засклення ліхтаря, м;

L_1 – ширина прольоту, м.

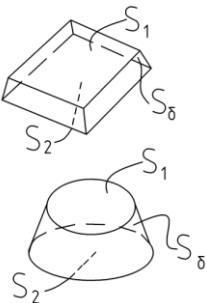
2. Середньозважений коефіцієнт відбиття визначають за формулою (4.6).

Вихідні дані: система освітлення – бокове одностороннє природне освітлення. Засклення подвійне зі стулками, що відчиняються, в металевих рамах. Верх вікон розташований на позначці 4,8 м. Вікна розміщені з північного боку будинку (сонцезахисні пристрої відсутні). На відстані 30 м

від цього будинку розташований 4-поверховий будинок, висота якого 14 м, довжина 40 м. Стіни – бетонні панелі, середньо-світлого кольору. Торець цієї будівлі зміщено відносно торця розрахункового будинку на 4,2 м.

Таблиця 4.11

Значення світлової характеристики $\eta_{\text{л}}$ світлових прорізів, розміщених в площині покриття, для верхнього освітлення (зенітні ліхтарі).

Схема ліхтаря	γ	Індекс приміщення i									
		0,5	0,7	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
	0,05	25,0	19,0	16,0	14,3	13,3	12,0	11,5	11,0	10,5	10,0
	0,1	13,0	10,3	8,5	7,7	7,0	6,3	6,0	5,8	5,5	5,4
	0,2	7,0	5,6	4,6	4,2	3,8	3,4	3,3	3,1	3,0	2,9
	0,3	5,0	4,0	3,3	2,9	2,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
	0,4	4,2	3,3	2,7	2,4	2,2	2,0	1,9	1,85	1,8	1,7
	0,5	3,7	2,9	2,4	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,55	1,5
	0,6	3,3	2,6	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,45	1,4	1,3
	0,7	3,1	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,35	1,3	1,25
	0,8	2,9	2,3	1,9	1,7	1,55	1,4	1,35	1,3	1,2	1,2
	0,9	2,8	2,2	1,8	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15

Тут прийняті наступні позначення:

індекс приміщення – $i = l_{\text{п}} B / H(l_{\text{п}} + B)$; відношення площ – $\gamma = S_2 / (S_1 + S_6)$,

де $l_{\text{п}}$ – довжина приміщення (вздовж осі прольотів), м; S_1 – площа вхідного отвору, м²;

B – ширина приміщення (його глибина), м; S_2 – площа вихідного отвору, м²;

H – висота покриття над умовною робочою поверхнею, м; S_6 – площа бокової поверхні прорізу, м²;

Таблиця 4.12

Значення коефіцієнта $K_{\text{л}}$

Тип ліхтаря	$K_{\text{л}}$
Світлові прорізи в площині покриття, стрічкові	1,0
Світлові прорізи в площині покриття, поштучні	1,1
Ліхтарі з похилим двостороннім заскленням (трапецієподібні)	1,15
Ліхтарі з вертикальним двостороннім заскленням (прямокутні)	1,2
Ліхтарі з однобічним похилим заскленням (шеди)	1,3
Ліхтарі з однобічним вертикальним заскленням (шеди)	1,4

Нормативне значення КПО для бокового освітлення (IV розряд зорових робіт) $D_{\text{нб}} = 1,5 \%$ (за табл. 3.1).

Середньозважений коефіцієнт відбиття світла внутрішніми поверхнями приміщення становить 0,3 (див. п. 6.14 [1]). Висота до низу несучих ферм покриття 9,6 м.

Знаходимо значення параметрів, які містить формула (4.1). Площа підлоги цеху:

$$S_{\text{п}} = 18 \times 30 = 540 \text{ м}^2.$$

З табл. 4.4 і рис. 4.1 визначаємо коефіцієнт світлового клімату $m = 1,07$ залежно від орієнтації світлових прорізів, виду системи природного освітлення і району будівництва.

Коефіцієнт запасу $K_{зб} = 1,3$ (табл.4.1, позиція 1в).

Світлова характеристика бокового освітлення $\eta_{\text{в}}$ визначається згідно табл. 4.2. Відношення довжини приміщення до його глибини становить: $l_{\text{п}} / B = 30 / 18 = 1,67$. Визначаємо висоту розміщення верху вікна над умовною робочою поверхнею $h_1 = 4,8 - 0,8 = 4,0$ м, тоді відношення $B / h_1 = 18 / 4 = 4,5$, методом інтерполяції визначиться $\eta_{\text{в}} = 20$.

Для визначення впливу будинку, розміщеного навпроти, обчислюється відношення $P / H_{\text{бд}}$:

$$H_{\text{бд}} = H_{\text{пр}} - h_{\text{пв}} = 14 - 1,2 = 12,8 \text{ м},$$

де $H_{\text{пр}}$ – розрахункова висота будинку, розташованого навпроти, м.

$h_{\text{пв}}$ – висота від підлоги до підвіконника, м.

$$P / H_{\text{бд}} = 30 / 12,8 = 2,34,$$

де P – відстань між розрахунковим будинком і будинком, розміщеним навпроти.

За табл. 4.3, з урахуванням інтерполяції, знаходимо $K_{\text{бд}} = 1,05$.

Визначаємо загальний коефіцієнт пропускання світла вікном, використовуючи формулу (4.3). Оскільки застосовується листове подвійне віконне скло товщиною по 3 мм, то згідно табл. 4.5 і з урахуванням примітки 1

$$\tau_1 = 0,88 \cdot 0,88 = 0,77.$$

Для попереднього розрахунку, коли ще немає розмірів світлопрорізів та конструкцій рам, немає сенсу використовувати формулу (4.4) для визначення τ_2 . На підставі попереднього попиту можна прийняти $\tau_2 = 0,7$;

$\tau_3 = 1$ – через відсутність сонцезахисних пристроїв. Отже:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 = 0,77 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,54.$$

З табл. 4.8 визначається коефіцієнт r_1 , який враховує для бокового одностороннього освітлення відбиті світлові потоки від внутрішніх поверхонь приміщення. Для попереднього розрахунку коефіцієнт r_1 визначають для точки, в якій найнесприятливіші умови освітлення. У нашому прикладі за бокового одностороннього освітлення – така точка розміщена на віддалі 1 м від стіни, протилежної до світлових прорізів, на рівні умовної робочої поверхні.

Для середньозваженого коефіцієнта відбиття $\rho_{cp} = 0,3$ і відношення довжини приміщення до його глибини $l_{п} / B = 1,67$ знаходимо стовпець необхідних значень таблиці. Відношення глибини приміщення до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна, яке дорівнює 4,5, дає змогу встановити необхідну ділянку в знайденому стовпці значень коефіцієнта (більше ніж 3,5). Відношення віддалі b_1 від розрахункової точки до зовнішньої стіни з віконним прорізом до глибини приміщення B , яке дорівнює $b_1 / B = 17 / 18 = 0,94$, на перетині рядка і стовпця таблиці дає $r_1 = 2,5$.

Обчислюємо необхідну площу вікон:

$$S_b = \frac{540 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 20 \cdot 1,05}{100 \cdot 1,07 \cdot 0,54 \cdot 2,5} = 153 \text{ м}^2.$$

Якщо висота вікна $4,8 - 1,2 = 3,6$ м та його ширина між колонами 5,5 м (крок колон 6 м), загальна площа бокових світлових прорізів становитиме $5,5 \times 5 \times 3,6 = 99 \text{ м}^2$, що недостатньо. Тому збільшуємо висоту світлового прорізу ще на 1,2 м (приймаємо чотири типові панелі віконних рам висотою по 1,2 м). Тоді площа світлових прорізів становитиме: $5,5 \times 5 \times 4,8 = 132 \text{ м}^2$. Що для початку будемо рахувати достатнім.

ПРИКЛАД 2. Попередній розрахунок П-подібних ліхтарів

Для цієї ж будівлі на підставі попереднього розрахунку треба визначити площу засклення П-подібних ліхтарів.

Вихідні дані: засклення ліхтарів подвійне в металевих рамах, що відчиняються, розміщене на північ і південь. Зорові роботи також середньої точності, тому нормативне значення КПО для верхнього освітлення (IV розряд зорових робіт, $D_{\text{нв}} = 4 \%$, табл. 3.1). Орієнтація будівлі – широтна, тобто світлопрорізи ліхтарів орієнтовані на північ і південь. Висота до низу несучих ферм покриття 9,6 м. Ферми сталеві, висота опорної частини 2,2 м з нахилом 1,5 %, висота бортика ліхтаря 0,9 м. Інші дані такі, як і в попередньому прикладі.

Для визначення площі світлових прорізів ліхтарів використовуємо формулу (4.2) і знаходимо її складові. Площа цеху не змінилася $S_{\text{п}} = 540 \text{ м}^2$.

Оскільки П-подібні ліхтарі мають двобічне засклення, то для попереднього розрахунку достатньо прийняти середнє значення коефіцієнту світлового клімату між двох орієнтацій: північній та південній

$$m = \frac{m_{\text{пн}} + m_{\text{пд}}}{2} = \frac{1,07 + 1,23}{2} = 1,15.$$

Коефіцієнт запасу тут не змінився $K_{\text{зв}} = 1,3$ (для вертикального засклення).

$\eta_{\text{л}}$ знаходимо із табл. 4.9. Для цього визначаємо необхідні відношення:

$$l_{\text{п}} / L_1 = 72/18 = 4; \quad H / L_1 = (9,6 - 0,8 + 2,2)/18 = 0,61. \text{ В результаті } \eta_{\text{л}} = 7,6$$

Загальний коефіцієнт світловтрат засклення ліхтарів, обчислюється за формулою (4.5):

$$\tau_{\text{л}} = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5,$$

$\tau_1 = 0,77$ використовуємо такі ж склопакети, як і у прикладі 1;

для попереднього розрахунку τ_2 можна скористатися прикладом 1, але прийняти трохи більше – $\tau_2 = 0,75$;

сонцезахисні пристрої не використовуються, тому $\tau_3 = 1$;

τ_4 знаходиться із табл. 4.7 – при сталевих фермах $\tau_4 = 0,9$;

$\tau_5 = 0,9$:

$$\tau_{\text{л}} = 0,77 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,47$$

Для визначення r_2 необхідно підрахувати висоту від низу застелення ліхтаря до рівня умовної робочої поверхні, м:

$$H_{\text{л}} = H - b + c + d + e,$$

де H – висота цеху від рівня підлоги до низу несучої конструкції;

b – висота розташування умовної робочої поверхні над рівнем підлоги;

c – висота сталеві ферми у опірній частині;

d – перевищення середньої частини ферми у точці спирання стійки ліхтаря з урахування ухилу ферми 1,5 %;

e – висота бортика ліхтаря.

Таким чином

$$H_{\text{л}} = 9,6 - 0,8 + 2,2 + 6 \cdot 0,015 + 0,9 = 11,99 \text{ м.}$$

При $\rho_{\text{ср}} = 0,3$ і відношенні $H_{\text{л}} / L_1 = 11,99 / 18 = 0,67$ $r_2 = 1,22$, згідно табл. 4.11. Тут треба пояснити, що при прогонах до 18 м включно приймаються ліхтарі шириною 6 м.

А згідно табл. 4.12 визначаємо $K_{\text{л}} = 1,2$.

$$S_{\text{л}} = \frac{540 \cdot 4 \cdot 1,3 \cdot 7,6}{100 \cdot 1,15 \cdot 0,47 \cdot 1,22 \cdot 1,2} = 270 \text{ м}^2$$

Отже, знайдена сумарна площа всіх світлопрорізів П-подібних ліхтарів. Виникає питання, як її розподілити між ліхтарями?

Зрозуміло, що кожний ліхтар має по два світлопрорізи. Тоді на один світлопроріз приходить $270 / 2 = 135 \text{ м}^2$ застелення.

Відомо, що П-подібні ліхтарі не доходять до торців будівлі на один крок. Тоді довжина всіх ліхтарів буде $30 - 12 = 18 \text{ м}$. А відомо, що

світлопрорізи улаштовуються на всю довжину ліхтаря. Із цього слідує, що висота світлопрорізів буде $135 / 18 = 7,5$ м. Це занадто багато.

Із розумінь уніфікації номінальну висоту засклення в П-подібних ліхтарях приймають наступною висотою: при прогонах ліхтарів 6 м – 1500, 1750 и 2×1250 мм (двох'ярусне засклення); а для ліхтарів прогоном 12 м – 1750, 2×1250 и 2×1500 мм.

У зв'язку з цим приймаємо максимально можливу висоту засклення ліхтарів $2 \times 1,25 = 2,5$ м.

4.2. Сутність розрахунку геометричного КПО за методом А.М. Данилюка

Визначивши орієнтовану площу світлопрозорих огорожувальних конструкцій, розміри світлових прорізів та їх місцезнаходження у структурі будівлі, необхідно виконати перевірочний (точний) розрахунок КПО, та порівняти його результати з нормативним значенням КПО для конкретних умов. За результатами розрахунку уточнюють геометричні й фізичні характеристики системи природного освітлення, аналізують характер розподілу світлових потоків у приміщенні, щоб забезпечити світловий комфорт.

Насамперед необхідно розробити розрахункову схему природного освітлення. Для цього визначаємо розрахункові точки, які розміщуються на рівні умовної робочої поверхні (УРП) і, як правило, на висоті 0,8 м від підлоги. У межах одного прольоту віддаль між точками (не менше ніж п'ятьма) приймають однаковою, а першу і останню точки розміщують на віддалі 1 м від внутрішніх поверхонь стін або від осей середніх рядів колон (рис. 4.2). Розрахункові точки можна розмістити і за іншою методикою. Першу і останню точки у приміщенні (або прольоті) розташовують на віддалі 1 м від внутрішніх поверхонь стін або осей. Віддаль між цими точками ділять навпіл – це буде місце третьої точки.

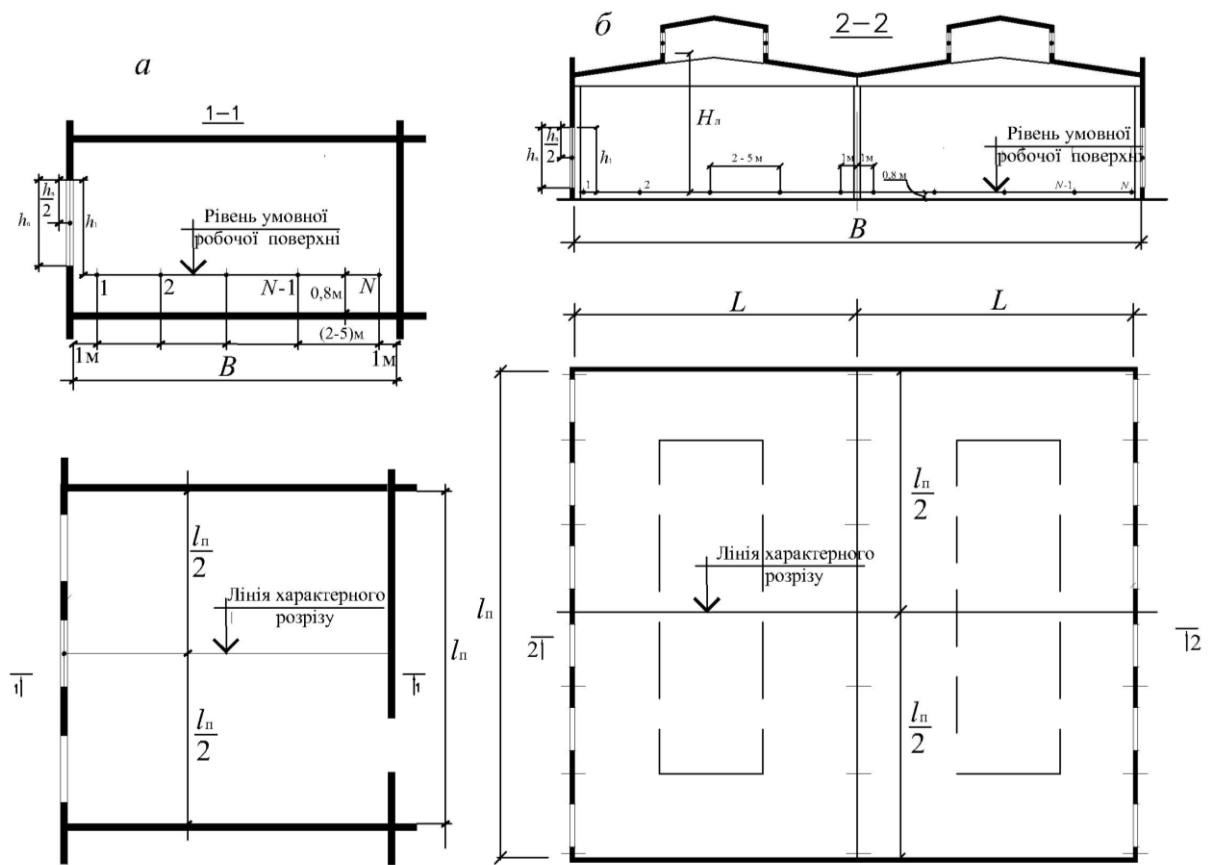


Рис. 4.2. Параметри приміщень для розрахунку систем природного освітлення:
 а) у громадських будинках з боковим природним освітленням;
 б) у виробничих будинках з комбінованим природним освітленням

Далі одержані віддалі між точками знову ділять навпіл і знаходять ще дві точки і т.д. доти, доки віддаль між двома сусідніми точками не потрапить в інтервал $2 - 5$ м.

Природне освітлення розраховують за графоаналітичним методом А.М. Данилюка. Суть цього методу така. Виходячи із припущення, що коефіцієнт природної освітленості – це величина, яка показує, яку частину освітленість в розрахунковій точці приміщення від ділянки небосхилу АБВГ (рис. 4.3) видимої через проріз із певної точки M складає від одночасної освітленості від всієї поверхні небосхилу з рівномірною яскравістю.

Розділимо всю поверхню півсфери небосхилу на 10000 ділянок, кожна з яких створює однакову освітленість у центрі півсфери. Приймемо умовно, що із центра кожної ділянки виходить один світловий промінь.

Тоді освітленість точки під небосхилом (від усієї півсфери), умовно вважаємо такою, що дорівнює $E_{зо} = 10000$ променів (або одиниць). Вертикальна та горизонтальна проєкції цього розділення представлені на рис. 4.4 (графік I) і 4.5 (графік II).

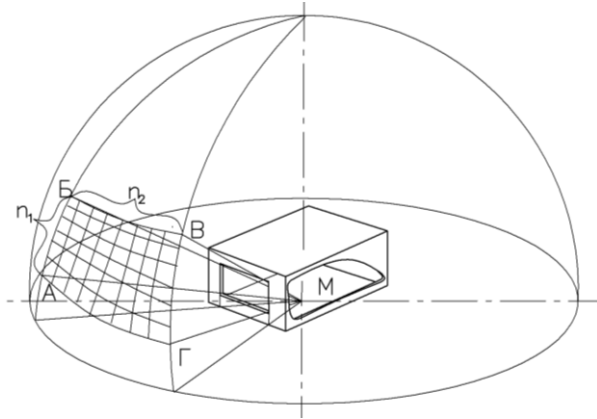


Рис. 4.3. Геометрична інтерпретація КПО.

Розмістимо цю точку M усередині приміщення, наприклад, з одним світловим прорізом. Більша частина променів світла не потрапить до цієї точки через екранування огороженнями приміщення, які не пропускають світло. Тільки незначна кількість променів буде надходити у цю

точку через світловий проріз від частини сферичної поверхні $ABBГ$ (рис. 4.3), яка є основою тілесного кута світлового прорізу з вершиною в розрахунковій точці M . Щоб визначити кількість променів, які надходять від ділянки небосхилу $ABBГ$ через проріз приміщення, необхідно знайти площу цієї ділянки в променях, для чого кількість променів по вертикалі AB (n_1) необхідно помножити на кількість променів по горизонталі BB (n_2). Тоді освітленість в розрахунковій точці M приміщення становитиме:

$$E_{во} = n_1 \cdot n_2, \text{ променів (або одиниць),}$$

де n_1 – кількість променів, які потрапляють в розрахункову точку через світловий проріз в розрізі приміщення. Визначається при суміщенні поперечного розрізу приміщення з графіком I (рис. 4.4);

n_2 – кількість променів, які потрапляють в розрахункову точку через світловий проріз (або прорізи) на плані приміщення. Визначається при суміщенні плану приміщення з графіком II (рис. 4.5).

Визначивши освітленість в розрахунковій точці всередині приміщення $E_{во}$ і освітленість тієї самої точки під відкритим небосхилом

E_{30} , можемо знайти коефіцієнт природної освітленості, використавши формулу (1.2)

$$D_s = \frac{E_{\text{во}}}{E_{30}} 100 = \frac{n_1 \cdot n_2}{10000} 100 = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2, \% \quad (4.6)$$

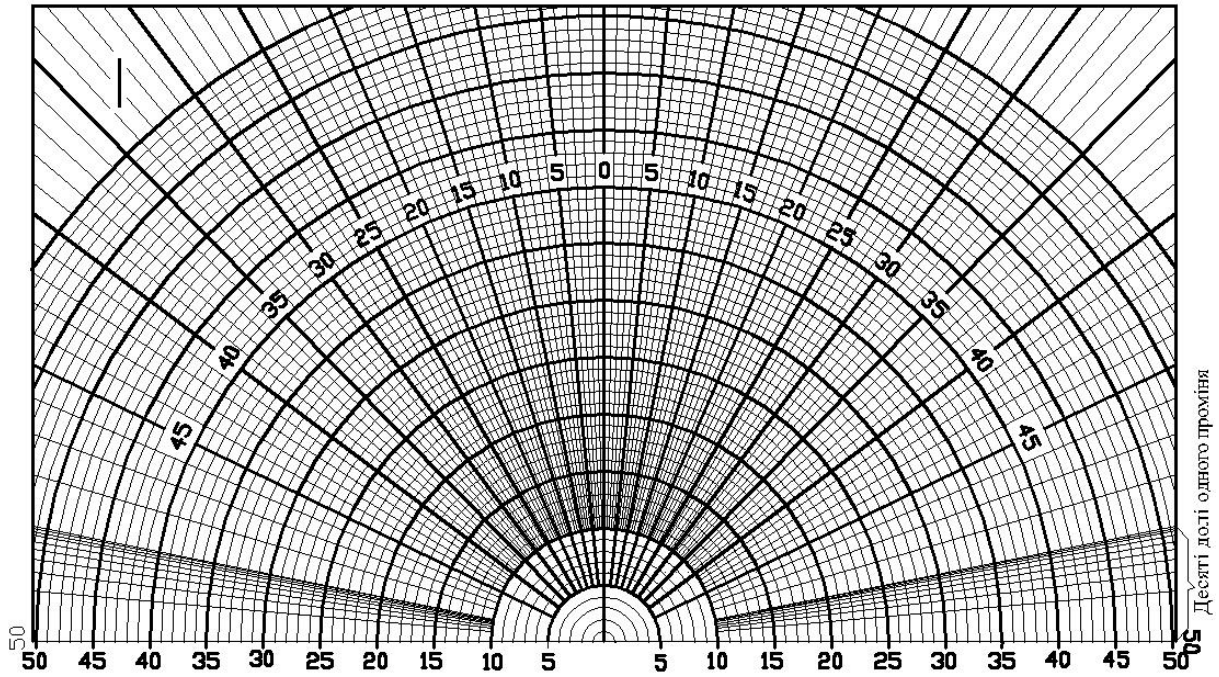


Рис. 4.4. Графік I Данилюка для підрахунку кількості променів, що проникають через бокові світлові прорізи на поперечному розрізі приміщення

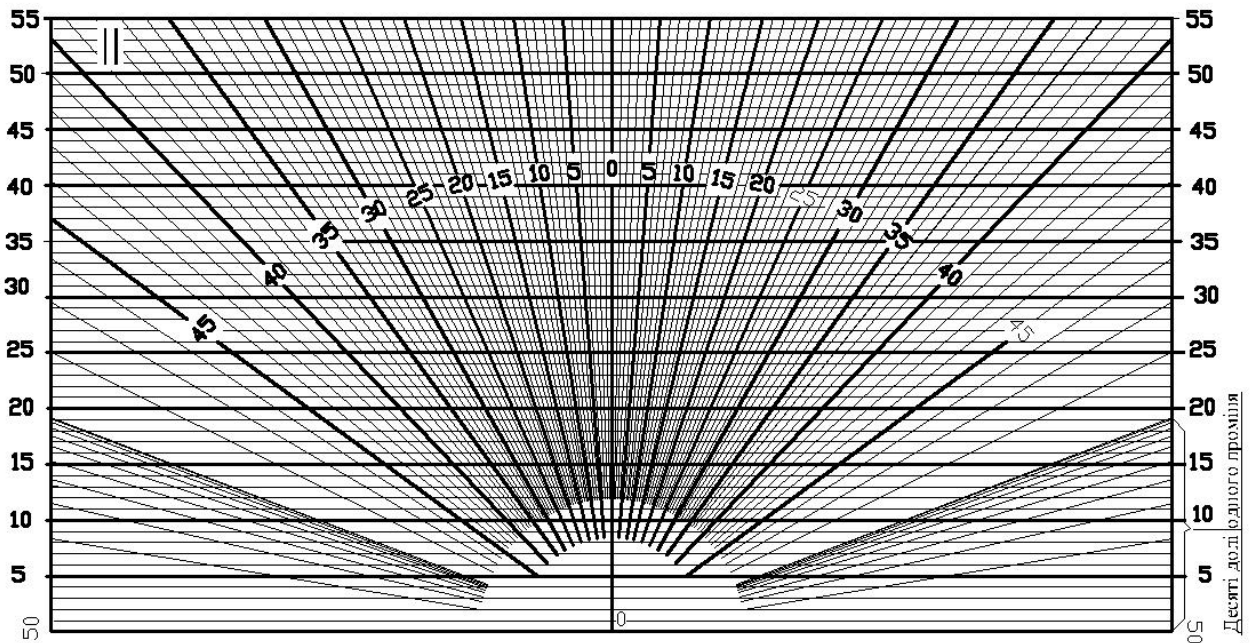


Рис. 4.5. Графік II Данилюка для підрахунку кількості променів, що проникають через світлові прорізи, на плані чи поздовжньому розрізі приміщення.

Цю величину називають **геометричним коефіцієнтом природної освітленості**, який залежить лише від геометричних параметрів світлових прорізів (форми, розмірів та розташування прорізу відносно розрахункової точки) і не враховує фізичних чинників середовища: нерівномірну яскравість небосхилу, вплив будівлі, розташованої навпроти, яка затінює світло, відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення, зменшення світлового потоку, який проходить через віконне заповнення.

Методика визначення геометричного КПО (D_S) наступна:

а – графік I, накреслений на кальці або в будь-якому графічному редакторі (наприклад, в Автокаді), накладають на креслення поперечного розрізу приміщення (або навпаки поперечний розріз приміщення накладають на графік I) так, щоб полюс O (центр) графіка сумістився з розрахунковою точкою, а нижня лінія графіка (основа) – зі слідом умовної робочої поверхні;

б – підраховують за першим графіком кількість променів n_1 , які проходять через поперечний розріз світлового прорізу у певну розрахункову точку. Підрахунок треба вести від нижнього внутрішнього кута стіни (низ світлопрорізу) до верхнього зовнішнього кута стіни (верх світлопрорізу);

в – відзначають номер концентричного півкола графіка I, який проходить через точку C – середину світлового прорізу;

г – графік II, накреслений на прозорому папері (кальці) або в Автокаді, накладають на план приміщення, (чи навпаки, як сказано в п. а) так, щоби вертикальна вісь графіка збігалася з лінією характерного розрізу приміщення (визначення його дано в термінах спочатку методичці), а поздовжня вісь світлового прорізу збігалась з горизонтальною лінією графіка, номер якої відповідає номеру концентричного півкола, визначеному за графіком I;

д – підраховують за графіком II кількість променів, які проходять від неба через кожний світловий проріз на плані приміщення. Підрахунок треба вести для тих світлопрорізів, які розташовані ліворуч, – від правого внутрішнього кута стіни до лівого зовнішнього кута стіни; для тих світлопрорізів, які розташовані праворуч – від лівого внутрішнього кута стіни до правого зовнішнього кута стіни, якщо лінія характерного розрізу попадає у створ світлопрорізу, – від нуля до правого зовнішнього кута стіни та від нуля до лівого зовнішнього кута стіни і результат підсумовується. Загальна кількість променів n_2 визначається сумою променів усіх світлових прорізів;

е – за формулою (4.6) $D_{S6} = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2$ розраховують геометричний коефіцієнт природної освітленості.

Примітка: План та розріз приміщення (будинку) можуть бути будь-якими, зручними для суміщення з графіками I і II, але їх слід виконувати в однаковому масштабі.

4.3. Перевірочний (точний) розрахунок КПО для бокового освітлення

Визначивши орієнтовану площу світлопрозорих огорожувальних конструкцій, розміри світлових прорізів та їх місцезнаходження у структурі будівлі, необхідно виконати перевірочний (точний) розрахунок КПО, та порівняти його результати з нормативним значенням КПО для конкретних умов, бо тільки він є критерієм світлотехнічної оцінки систем природного освітлення. За результатами розрахунку уточняють геометричні й фізичні характеристики системи природного освітлення, аналізують характер розподілу світлових потоків у приміщенні, щоб забезпечити світловий комфорт.

Природне освітлення розраховують за графоаналітичним методом А.М. Данилюка. Методика цього методу докладно описана в посібнику [5]. Але у зв'язку з виходом нового ДБН [1] треба внести деякі корективи.

Розрахунок КПО для бокового освітлення $D_{pб}$ виконують за формулою:

$$D_{pб} = \left(\sum_{i=1}^I D_{Si} q_i m + \sum_{j=1}^J D_{ej} R_j m_j \right) r_1 \frac{\tau_0}{K_3}, \quad (4.7)$$

де D_{Si} , D_{ej} – геометричні КПО в розрахунковій точці, що враховують відповідно пряме світло від i -тої ділянки неба та світло, відбите від j -тої ділянки фасадів протилежних будинків, що визначаються за формулою (4.6);

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

$$q_i = \frac{3}{7} (1 + 2 \sin \theta_i), \quad (4.8)$$

де θ_i – кутова висота центру i -тої ділянки світлопрорізу відносно розрахункової точки.

Оскільки в багатьох випадках фахівці використовують лінійні розміри, а не кутові, то зручніше використовувати наступну формулу

$$q_i = 0,429 + \frac{0,857 h_i}{\sqrt{h_i^2 + c_i^2}}, \quad (4.9)$$

де h_i – висота центру i -тої ділянки небозводу в площині вікна над рівнем УРП;

c_i – відстань від проєкції центру i -тої ділянки небозводу в площині засклення на УРП до розрахункової точки;

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

$$R_j = (0,396 - 0,01 D_{пр} q) \rho_{\phi}; \quad (4.10)$$

$D_{пр}$ – геометричний КПО центру ваги ділянки фасаду протилежного будинку, яка спостерігається з розрахункової точки через світлопроріз, від частини неба, що затінюється будинком;

q – відносна яскравість частини неба, що затінюється будинком, визначається за формулами (4.8 або 4.9);

ρ_{ϕ} – середньозважений коефіцієнт відбивання ділянки фасаду протилежного будинку, видимої з розрахункової точки, що визначається за формулою:

$$\rho_{\phi} = \frac{\rho_{м} \cdot S_{м} + \rho_{в} \cdot S_{в}}{S_{м} + S_{в}} \quad (4.11)$$

тут $\rho_{м}$, – коефіцієнт світловідбивання матеріалу опорядження фасаду, для існуючих будівель приймається за табл. 4.13;

Таблиця 4.13

Середньозважені коефіцієнти відбивання матеріалу поверхні.

Матеріали поверхні або колір фасаду	$\rho_{м}$
Білий: атмосферостійкі фасадні фарби, гіпс, керамічна плитка, матовий алюміній, нержавіюча сталь тощо	0,7
Світлий: фарби, мармур, білий камінь (вапняк, доломіт, піщаник), бетон і декоративні штукатурки на білому цементі та світлих наповнювачах, керамічні плитки, силікатна цегла, латунь матова, травертин, черепашник тощо	0,6
Середньо-світлий: фарби, мармур, камінь (туф, піщаник, вапняк), бетон, кольорові штукатурки, керамічна цегла, блоки, плитка, дерево (дошки) тощо	0,5
Темний: фарби, мармур, граніт, глиняна цегла, декоративні штукатурки і керамічні плитки, потемніле дерево, мідь, листя дерев тощо	0,3
Чорний: фарби, камінь (габро, лабрадорит, діорит, базальт, граніт), чавун, платинована бронза, декоративні штукатурки, листя дерев тощо	0,15

$\rho_{в}$ – коефіцієнт світловідбивання засклених прорізів з урахуванням рам, в розрахунках приймається 0,2;

$S_{м}$, $S_{в}$ – відповідно площа глухої частини фасаду і площа світлих прорізів.

m , m_j – коефіцієнти світлового клімату відповідно розрахункового світлопрорізу та j -го будинку, що визначаються за таблицею 4.4 та рис. 4.1;

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

$r_1, \tau_0, K_{зб}$ – теж саме, що у формулі (4.1);

Система оцінки. Діючими нормами [1] встановлено, що розрахункове значення КПО за бокового природного освітлення, $D_{рб}$, повинно бути не менш ніж -10% від нормативного $D_{нб}$. Щоб виконати це положення, треба визначити оціночний показник Π для бокового освітлення за формулою:

$$\Pi = \frac{D_{рб} - D_{нб}}{D_{нб}} 100, \%, \quad (4.12)$$

Для бокового природного освітлення за розрахункове приймається мінімальне значення КПО із всіх розрахункових точок.

Система бокового природного освітлення задовольняє нормативним вимогам тоді, коли значення оціночного показника Π буде більше ніж $\Pi \geq -10\%$.

ПРИКЛАД 3. Перевірочний (точний) розрахунок КПО при боковому освітленні

Завдання: Розрахувати величину КПО від заданої системи природного освітлення однопрольотного (величина прольоту 18 м) приміщення механічної майстерні автомобільного виробництва з IV розрядом зорових робіт довжиною 30 м, розташованого в м. Донецьку з широтною орієнтацією.

Вихідні дані: система освітлення – бокова одностороння тільки природне освітлення. Засклення подвійне зі стулками, що відчиняються, в металевих рамах. Верх вікон розташований на позначці 4,2 м від рівня підлоги. Вікна розміщені з північного боку будинку (сонцезахисні пристрої відсутні). На віддалі 30 м від цього будинку розташований інший 4-поверховий будинок, висота якого 14 м і довжина 40 м побудований з

приміщення дорівнює 0,3. Розміри колон в перерізі – 400×800 мм, товщина зовнішньої стінки – 200 мм.

1. Нормативне значення коефіцієнту природного освітлення для системи бокового освітлення (IV розряд зорових робіт) $D_{\text{нб}} = 1,5 \%$ (Табл. 3.1).

2. Розробляється розрахункова схема (рис. 4.7) з розрахунковими точками і лінією характерного розрізу (або на кальці, або в AutoCADi). Вона відрізняється лише тим, що прибирається все, що може заважати підрахунку променів на графіках (розміри, зайві конструкції тощо). Для кожної розрахункової точки визначаються ділянки від неба (нб) і протилежної будівлі (бд) через кожний світлопроріз, які дають пряме і відбите від будівлі світло (на рис. 4.8 цей процес показано для точки 3). Оскільки лінія характерного розрізу в даному випадку проведена посередині приміщення, тобто симетрично, то достатньо розрахунки для плану робити для однієї половини, а результат подвоювати.

3. Розрахунок коефіцієнта природного освітлення виконується за формулою (4.7).

4. Визначається геометричний КПО від ділянки небозводу $D_{S\delta i}$ і від протилежної будівлі D_{ej} за формулою (4.6) для кожної розрахункової точки і для кожного вікна (більш детально цей процес описано в [5]). Для цього підраховується кількість променів, які потрапляють у конкретну точку через проріз з видимої ділянки небосхилу – n_1 , а також від будинку навпроти n'_1 за графіком I (рис. 4.9). Наприклад, в точку 3 через світлопроріз A дають світло дві ділянки: від неба (Інб) – $n_1 = 0,5$ і від протилежної будівлі (Ібд) $n'_1 = 2,4$; Разом з цим, для кожної ділянки відзначається номер півкола, який відповідає центру ваги світлового прорізу (точка пересічення серединної лінії кутів α (β), під якими видна відповідна ділянка небосхилу (протилежної будівлі) із даної точки): для ділянки Інб – $N_0 = 6,5$; для Ібд – $N'_0 = 6$ (рис. 4.9). Через світлопроріз B

дають світло вже три ділянки: від неба (Інб) – $n_1 = 0,5$, $N_0 = 6,5$ і від протилежної будівлі (Ібд) $n'_1 = 2,4$, $N'_0 = 6$ і також від неба (Інб) – $n_1 = 3,0$, $N_0 = 6$. Через світлопроріз B світло поступає тільки від неба, тому тут має місце тільки одна ділянка (Інб) – $n_1 = 3,0$, $N_0 = 6$. Результати розрахунку заносяться в табл. 4.14.

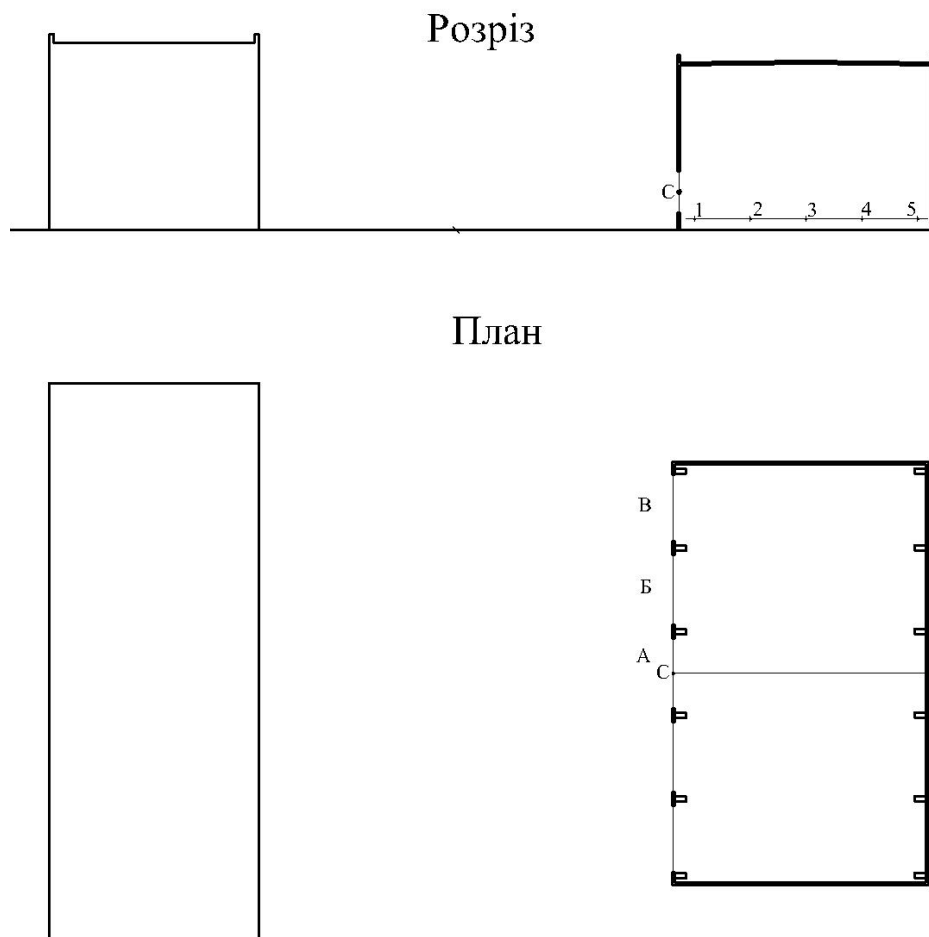


Рис. 4.7. Розрахункова схема системи природного бокового освітлення будівлі з протилежним будинком (до прикладу 3)

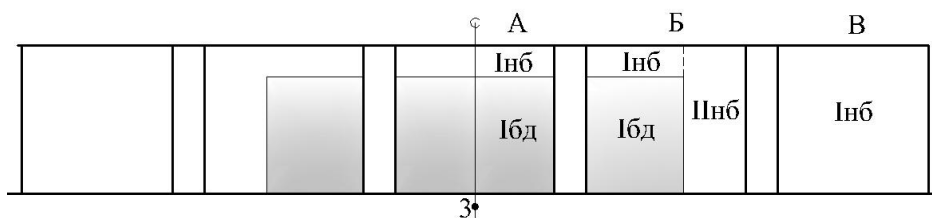


Рис. 4.8. Вид із розрахункової точки 3 через прорізи А, Б і В (приклад формування елементарних ділянок)

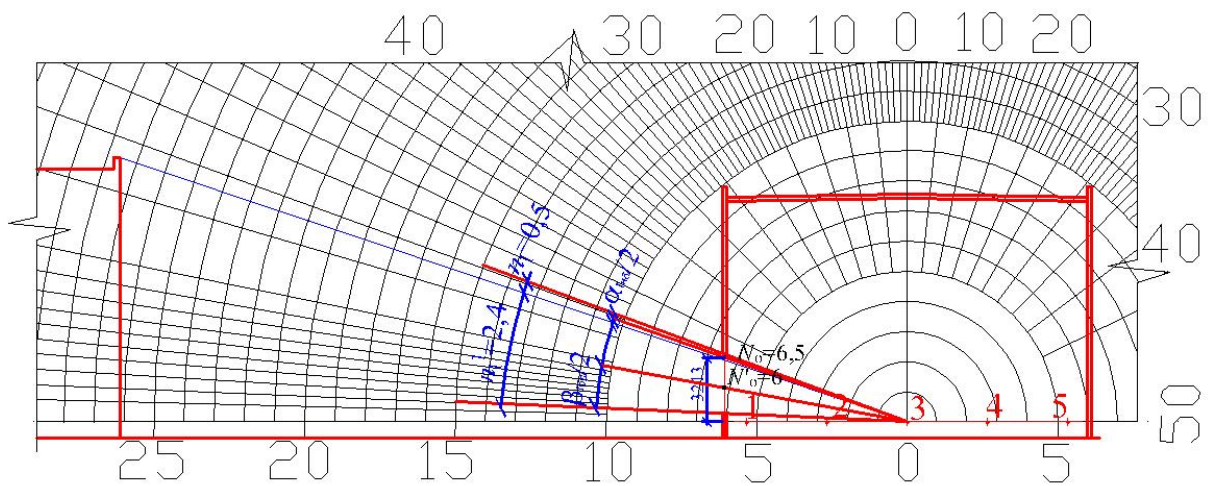


Рис. 4.9. Визначення параметрів n_1 , N_0 і n'_1 , N'_0 за графіком I на поперечному розрізі приміщення у розрахунковій точці 3 для світлопрорізу A

Увага. При підраховуванні променів необхідно рахувати не самі лінії, а простори між ними.

5. За графіком II підраховуємо кількість променів n_2 і n'_2 , які надходять до кожної розрахункової точки від кожної ділянки кожного світлопрорізу. Для цього суміщаємо поздовжню вісь світлопрорізів з горизонтальною лінією, номер якої співпадає з номером півкола визначеним за графіком I, а лінія характерного розрізу співпадає з вертикальною (нульовою) віссю графіка II. Наприклад, в розрахункову точку 3 від ділянки небозводу (Інб) світлопрорізу A надходить 15,5 променів. Подвоюємо цей показник оскільки тут є симетрія – $n_2 = 31,0$. Від протилежної будівлі (Ібд) цього вікна (рис. 4.10) маємо 16,8 променів, а повне значення буде дорівнювати – $n'_2 = 33,6$. Через ділянку неба (Інб) вікна B попадає 7,5 променів, тоді $n_2 = 15,0$. Від будівлі через це вікно (Ібд) проходить також 5,8 променів, тоді $n'_2 = 11,6$. І остання ділянка (ІІнб) дає в розрахункову точку 11,2 променя, а $n_2 = 22,4$. У вікно B діє тільки одна ділянка від неба, тому показники від неї визначити достатньо легко: 3,4 променя і $n_2 = 6,8$. І так для кожної точки.

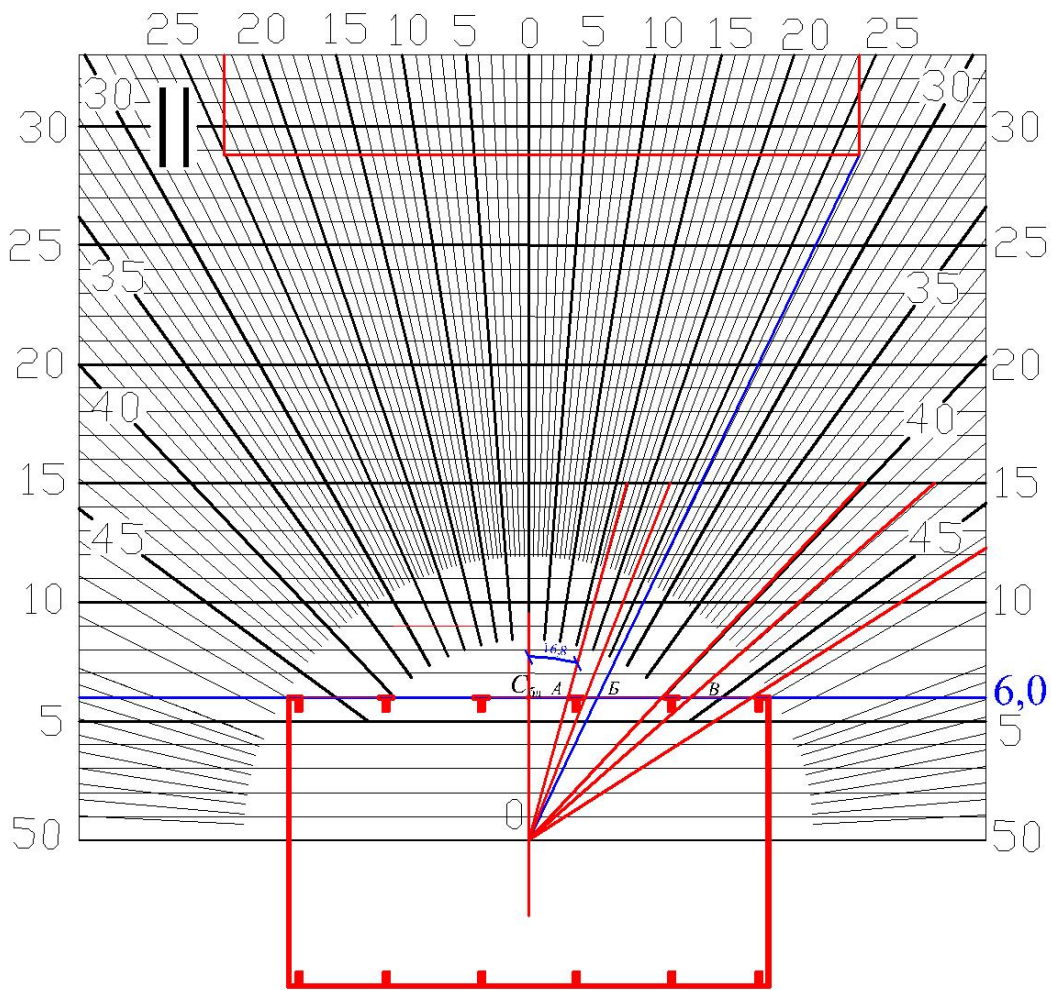


Рис. 4.10. Визначення p'_2 на плані приміщення для точки 3 світлопрорізу А від будівлі.

Увага. Суміщається не розрахункова точка з центром графіка II, а центр поздовжньої осі світлопрорізів C_0 з горизонталлю, номер якої співпадає з номером півкола, визначеного за графіком I.

6. Для визначення коефіцієнта q , який враховує нерівномірну яскравість неба, необхідно знайти кутову висоту центру кожної небесної ділянки. Для цього вимірюємо висоту розташування центру даної ділянки над рівнем розрахункової точки за поперечним розрізом h_{10} (на рис. 4.11 представлено приклад для точці 3, ділянки Інб світлопрорізу Б), а також відстань центру даної ділянки світлопрорізу до розрахункової точки на плані c_{10} . І за формулою 4.9 визначається коефіцієнт q .

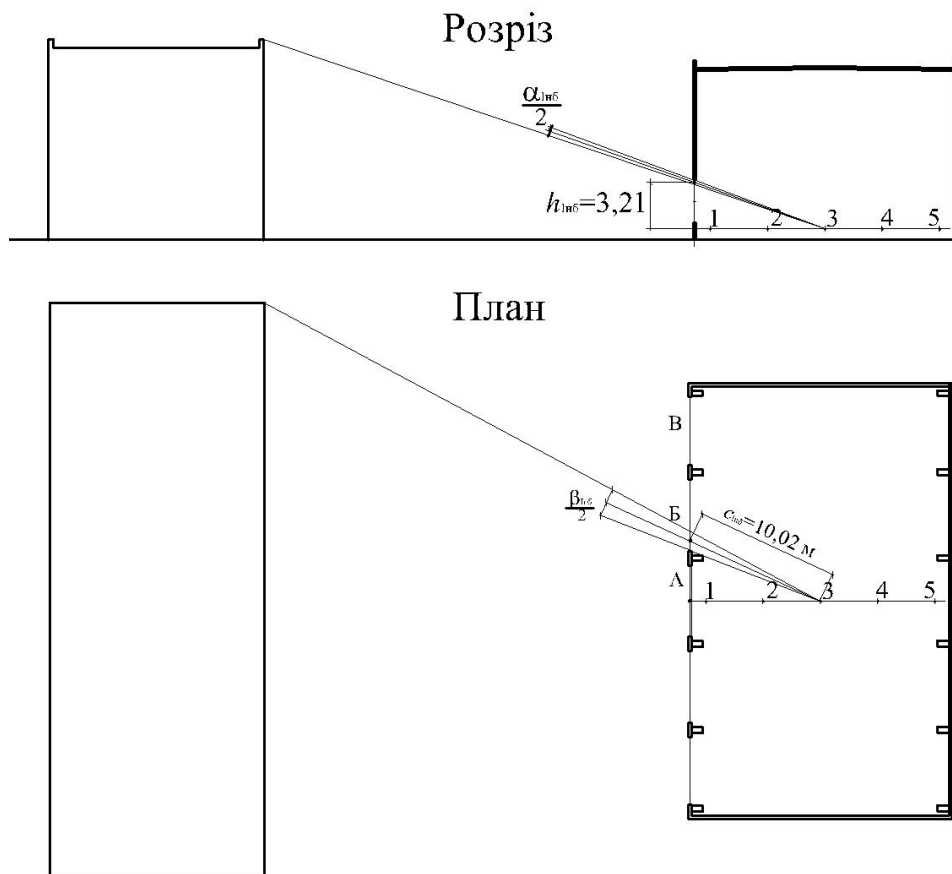


Рис. 4.11. Методика визначення параметрів, які входять до формули 5.9 для підрахунку коефіцієнта нерівномірної яскравості неба q

7. Для північної орієнтації світлопрорізів з таблиці 4.4 і з урахуванням даних рисунка 4.1 вибирається коефіцієнт світлового клімату $m = 1,07$.

8. Коефіцієнт R , що враховує відносну яскравість j -тої ділянки протилежного будинку розраховується за формулою (4.10). Але спочатку треба визначити геометричний КПО центру ваги ділянки фасаду протилежного будинку, яка спостерігається з розрахункової точки через світлопроріз, від частини неба, що затінюється будинком за формулою

$$D_{\text{епр}} = 0,01n_1'' n_2''.$$

Визначення n_1'' здійснюється за такою схемою. На плані із даної розрахункової точки (точка 3, рис. 4.12) через межі прорізу (на рисунку показано проріз Б) проводяться промені до протилежної будівлі. На її фасаді визначається центр ваги C_1 означеної ділянки. Центр O графіка I суміщається з

центром ваги, а основа графіка – зі слідом фасаду будівлі, що затінює світло. З цього центру проводяться відрізки до меж будинку, що розраховується.

10. Підраховується кількість променів між цими відрізками (в даному випадку 32,6). Подвоюємо цей результат згідно симетрії $n_1'' = 65,2$. Визначається центр ваги виділеної зони розрахункової будівлі C_2 і відмічається номер півкола, який проходить через цей центр ($N_{пк} = 20$).

11. n_2'' визначається за таким алгоритмом. На розрізі із заданої розрахункової точки (т. 3, рис. 4.13) крізь обмеження прорізу (на рисунку показано проріз B) проводяться промені до протилежної будівлі і на її фасаді визначається центр ваги C_1 . Через отриману точку проводиться горизонталь до фасаду будівлі, яка розраховується. Графік Π розвертається на 90° і його вертикальна вісь (вона стає горизонтальною віссю) суміщається з горизонталлю, яка проходить через центр ваги C_1 , а лінія фасаду будівлі, для якої виконується розрахунок, суміщається з вертикальною лінією, номер якої відповідає номеру, визначеному за графіком I ($N_{пк} = 20$, рис. 4.12). Підраховується кількість променів ($n_2'' = 9,2$), які затіняє розрахункова будівля, знаходиться центр ваги C_2 , а також визначається його кутова висота ($\theta_1 = 4^\circ$). Визначаються $D_{енр}$ і відносна яскравість частини неба, яка затінюється розрахунковим будинком, q_1 , за формулою (4.8) або (4.9).

12. Середньозважений коефіцієнт відбивання ρ_{ϕ} фасаду протилежного будинку визначається за формулою (4.11). S_m і S_v підраховуються за даними рис. 5.14. Коефіцієнт відбивання світла матеріалом опорядження фасаду для існуючих будівель приймається за табл. 4.13.

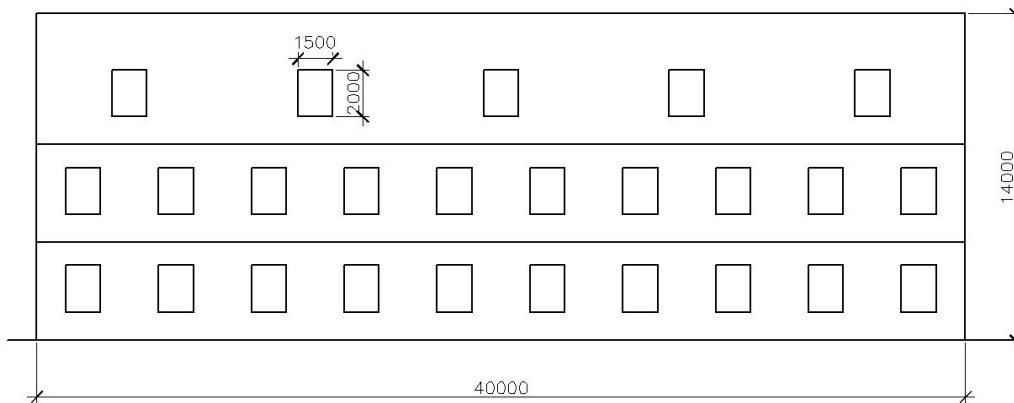


Рис. 4.14. Вигляд фасаду протилежної будівлі

Оскільки фасад протилежної будівлі виконано із бетонних панелей середньо-світлого кольору, то $\rho_m = 0,5$. Коефіцієнт відбивання світла зашкених прорізів з урахуванням рам, $\rho_v = 0,2$. Тоді

$$\rho_{\phi} = \frac{\rho_m \cdot S_m + \rho_v \cdot S_v}{S_m + S_v} = \frac{0,5 \cdot 485 + 0,2 \cdot 75}{560} = 0,46.$$

13. Далі підраховуються величини R і D_i від кожної ділянки з урахуванням коефіцієнтів світлового клімату для південної орієнтації. Одержані величини підсумовують.

14. Для визначення сумарного значення геометричного КПО також враховується коефіцієнт світлового клімату $m = 1,23$ для південної орієнтації фасаду протилежної будівлі, який визначається з таблиці 4.4 і з урахуванням даних карти світлокліматичного районування (рис. 4.1).

15. З табл. 4.8 визначається коефіцієнт r_1 , який враховує для бокового однобічного освітлення відбиті світлові потоки від внутрішніх поверхонь приміщення. Для середньозваженого коефіцієнта відбиття $\rho_{cp} = 0,3$ і відношення довжини приміщення до його глибини $l_{пр}/B = 1,67$ знаходимо з

урахуванням інтерполяції стовпець необхідних значень в таблиці. Відношення глибини приміщення до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна, яка дорівнює $3,0 + 0,4 = 3,4$ м, дає змогу встановити необхідну ділянку в знайденому стовпці значень коефіцієнта ($B/h_1 = 18/3,4 = 5,29$ більше 3,5). Відношення відстані b від розрахункової точки до зовнішньої стіни з віконними прорізами до глибини приміщення B , яке підраховується для кожної розрахункової точки і заноситься до відповідної колонки таблиці 4.14. На перетині рядка і стовпця в таблиці визначають r_1 для кожної точки з урахуванням інтерполяції.

16. Визначається загальний коефіцієнт пропускання світла вікном, використовуючи формулу (4.3). Оскільки застосовується подвійне віконне скло товщиною по 3 мм, згідно табл. 5.5

$$\tau_1 = 0,88 \cdot 0,88 = 0,77.$$

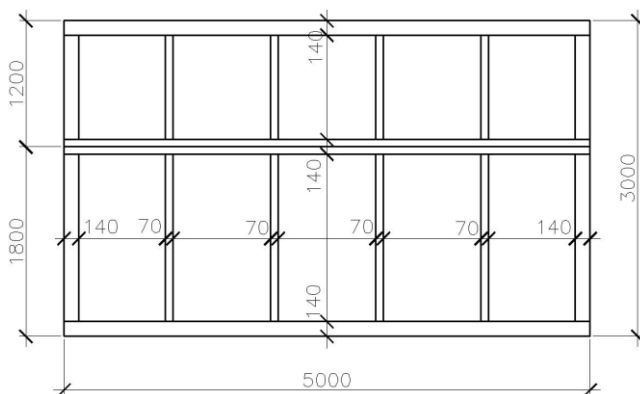


Рис. 4.15. Лінійні параметри віконної рами

Коефіцієнт τ_2 , який враховує втрати світла в елементах віконної рами, розраховується за формулою (4.4)

$$\tau_2 = \frac{S - S_p}{S} = \frac{15 - 3,54}{15} = 0,76,$$

де S – площа світлового прорізу (в світлі), дорівнює $5 \times 3 = 15$ м²

(рис. 4.15);

S_p – площа частини світлового прорізу, що затінюється рамою, дорівнює $4 \times 0,99 \times 0,07 + 2 \times 0,99 \times 0,14 + 4 \times 1,59 \times 0,07 + 2 \times 1,59 \times 0,14 + 3 \times 5 \times 0,14 = 3,54$ м²;

$\tau_3 = 1$ – оскільки відсутні сонцезахисні пристрої. Отже:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 = 0,77 \cdot 0,76 \cdot 1 = 0,59.$$

Коефіцієнт запасу $K_{36} = 1,3$ (табл. 4.1, позиція Ів для застосування з кутом нахилу від 76 до 90°).

17. Всі складові формули (4.7) визначені. Далі обчислюється остаточна величина КПО (остання колона табл. 4.14). Насамкінець будується графік розподілу величин КПО за точками у площині характерного розрізу приміщення (рис. 4.16).

18. Здійснюємо оцінку системи природного бічного освітлення. Для бокових світлопрорізів розрахункове значення КПО в найбільш віддаленій точки треба порівняти з нормативним КПО. Але для великогабаритних виробничих приміщень, згідно п. 6.5 [1] для IV розряду зорових робіт нормується природне освітлення в точці, розташованій на 1,5 висоти від підлоги до верху вікна. Обчислюємо цю відстань $4,2 \times 1,5 = 6,3$ м. На цієї відстані згідно графіку $D_{pб} = 1,20$ %. Тоді оціночний показник Π буде дорівнювати

$$\Pi_6 = \frac{D_{\text{оцб}} - D_{\text{нб}}}{D_{\text{нб}}} 100 = \frac{1,20 - 1,5}{1,5} 100 = -20\%.$$

Як бачимо, бокове освітлення не проходить, бо нормами допускається $\Pi \geq -10$ %. Тому треба змінювати систему.

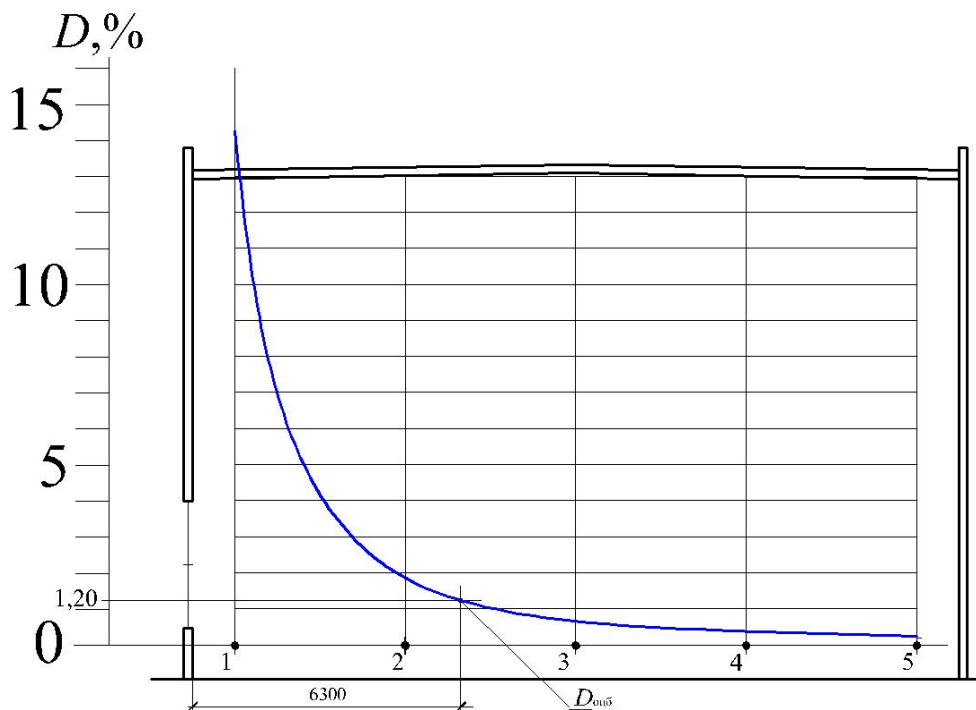


Рис. 4.16. Розподіл КПО за глибиною приміщення від системи бокового природного освітлення

4.4. Розрахунок КПО при верхньому і комбінованому освітленні

Розрахунок КПО для верхнього освітлення $D_{рв}$ виконують за формулами додатку М.6 [1]:

$$\left. \begin{aligned} D_{рв} &= \left[D_{Sв} + D_{Sср} (r_2 K_{л} - 1) \right] \frac{\tau_{л}}{K_{зв}}; \\ D_{Sв} &= \sum_{i=1}^I D_{Si} q_i m_i + \sum_{j=1}^J D_{ej} R_j m_j; \\ D_{Sср} &= \frac{\sum_{n=1}^N D_{Sв}}{N} \end{aligned} \right\} \quad (5.13)$$

де $D_{Sв}$ – сумарне значення КПО від світла усіх ділянок небосхилу і поряд розташованих будівель, що потрапляє крізь верхні світлові прорізи до n -ї розрахункової точки;

N – кількість розрахункових точок у площині характерного розрізу приміщення;

$r_2, K_{л}, \tau_{л}, K_{зв}$ – те саме, що у формулі (4.2).

Розрахункове значення КПО при комбінованому освітленні визначається згідно додатку [1] формули М.8

$$D_{рк} = D_{рб} + D_{рв}. \quad (4.14)$$

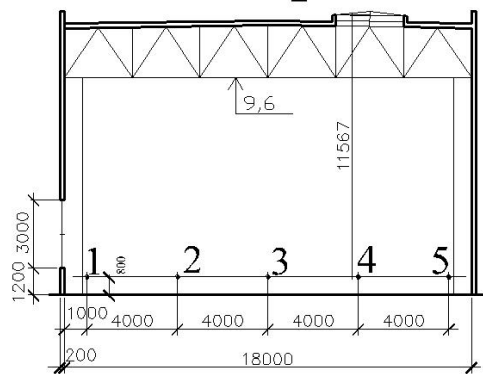
ПРИКЛАД 4. Перевірочний (точний) розрахунок КПО при верхньому і комбінованому освітленні.

Завдання. На підставі попереднього прикладу необхідно розрахувати величину КПО від заданої системи комбінованого природного освітлення однопрольотного приміщення механічної майстерні автомобільного виробництва. Розряд зорових робіт – IV-й. Приміщення завдовжки 30 м, розташоване в м. Донецьку. Орієнтація будівлі – широтна.

Вихідні дані такі ж, що і в прикладі 3. Система верхнього освітлення складається із двох зенітних ліхтарів розміром в плані 3×6 м, розташованих через крок ферм (рис. 4.17).

Точний розрахунок КПО виконується у такій послідовності.

Розріз



Пн ← Пд

План

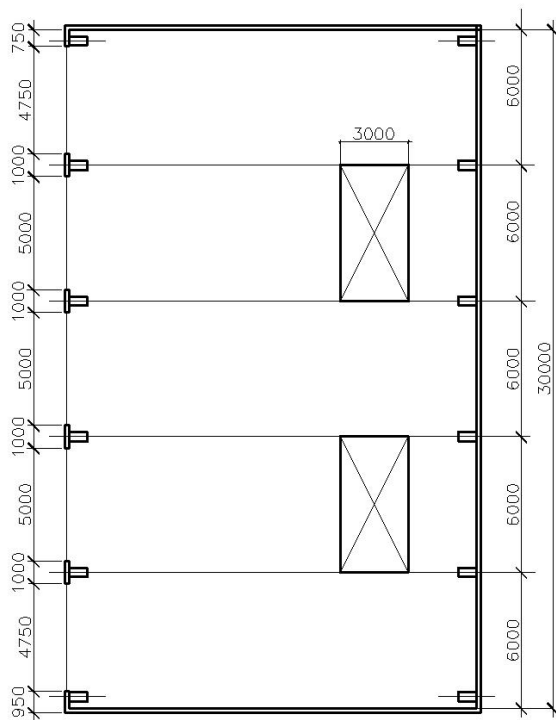


Рис. 4.17. Розріз і план будівлі з системою комбінованого природного освітлення.

1. Нормативне значення коефіцієнта природного освітлення для системи верхнього і комбінованого освітлення (IV розряд зорових робіт) $D_{\text{нв}} = 4 \%$ (Табл. 3.1).

2. Розробляється розрахункова схема з розрахунковими точками (рис. 4.18). Оскільки площа характерного розрізу в даному випадку проведена посередині приміщення, тобто симетрично, то достатньо розрахунки для поздовжнього розрізу робити для однієї половини, а результат подвоювати.

3. Розрахунок КПО для верхнього освітлення виконується за формулами (4.13). Але сумарна величина геометричного КПО визначається тільки за першим додатком, оскільки протилежна будівля в заданому прикладі не

впливає на освітленість в приміщенні. Тобто

$$D_{\text{СВ}} = \sum_{i=1}^I D_{\text{Si}} q_i m \quad (4.15)$$

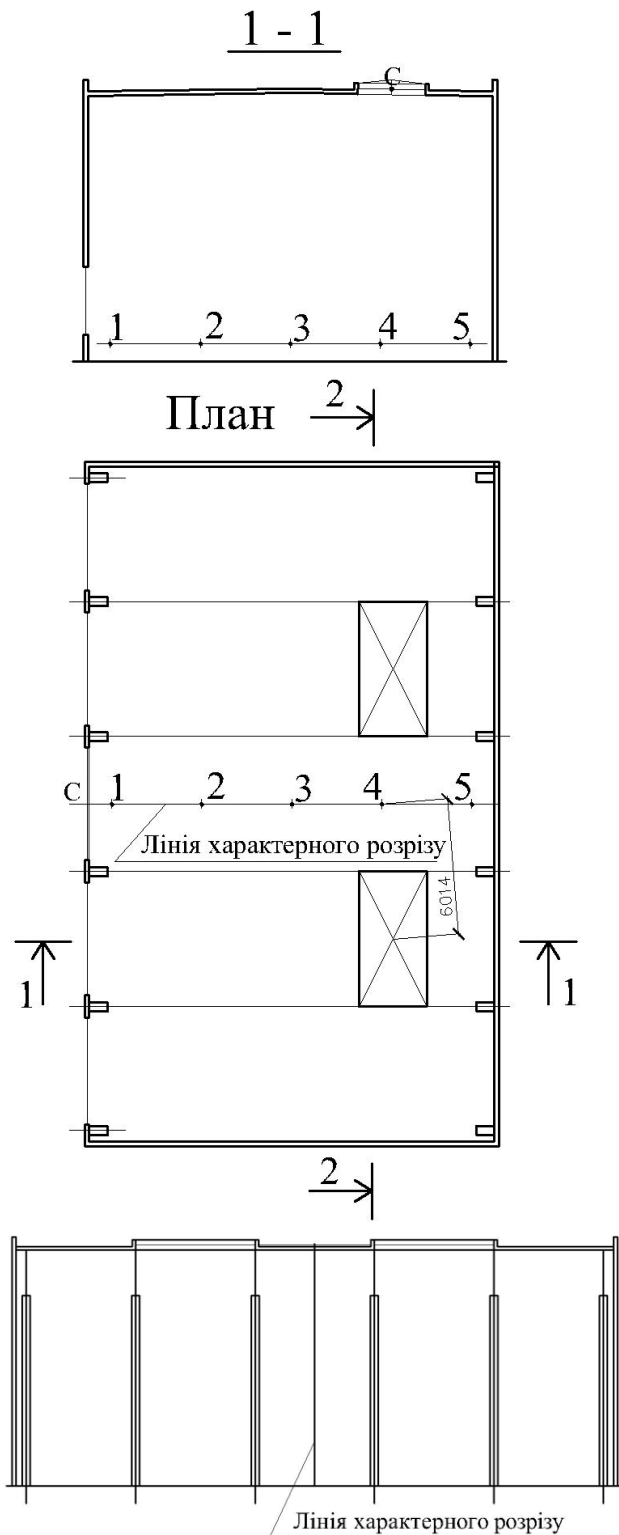


Рис. 4.18. Розрахункова схема будівлі з системою комбінованого природного освітлення.

4. Визначається геометричний КПО для кожної розрахункової точки від ділянки небосхилу D_{Si} за формулою (4.6) з використанням графіків Данилюка. Для цього підраховується кількість променів, які потрапляють у конкретну точку крізь прорізи – n_1 за графіком I (рис. 4.19). Наприклад, в точку 4 крізь світловий ліхтар на поперечному розрізі потрапляє – $n_1 = 12,9$ променів. Одночасно, для кожної точки відзначається номер півкола, який проходить через центр світлового прорізу $N_0 = 7.5$ (рис. 4.19). Результати розрахунку заносяться в табл. 4.15.

5. Підраховується кількість променів, які потрапляють у розрахункову точку крізь прорізи на поздовжньому розрізі – n_2 за графіком II (рис. 4.20). Наприклад, в точку 4 крізь ліхтар в поздовжньому напрямку потрапляє 20,1 променів. З урахуванням симетричного розташування світлових ліхтарів,

6. Визначення коефіцієнта, що враховує нерівномірну яскравість i -тої ділянки хмарного неба МКО видиму крізь ліхтар, здійснюється за формулою (4.8) або (4.9). Висота розташування центра вхідного отвору ліхтаря над рівнем умовної робочої поверхні $h_{10} = 11,58$ м, а відстань від розрахункової точки до проєкції центра вхідного отвору ліхтаря на рівень робочої поверхні, наприклад, для т. 4 дорівнює $c_4 = 6,01$ м (рис. 4.18). Далі визначається величина q_i .

7. Для визначення сумарного значення геометричного КПО також враховується коефіцієнт світлового клімату, який вибирається з табл. 4.4 із урахуванням даних рисунку 4.1, ($m = 1,17$ для світлопрорізів, орієнтованих на зеніт).

8. Визначається загальний коефіцієнт пропускання світла вікном, використовуючи формулу (4.5). Оскільки застосовуються склопакети з подвійним віконним склом товщиною по 3 мм, згідно табл. 4.5

$$\tau_1 = 0,88 \cdot 0,88 = 0,77;$$

Коефіцієнт τ_2 , який враховує втрати світла в рамах ліхтаря, розраховується за формулою (4.4) з урахуванням лінійних параметрів непрозорих елементів рами (рис. 4.21)

Таблиця 4.15.

Розрахунок КПО від системи верхнього і комбінованого природного освітлення (до прикладу 4).

№ ТОЧ.	n_1	N_o	n_2	D_{Sb}	$c, \text{ м}$	q_i	$D_b, \%$	$D_{pb}, \%$	$D_{p\bar{o}}, \%$	$D_{pk}, \%$	
1	3,6	11	34,4	1,24	13,87	0,98	1,42	0,81	14,25	15,06	
2	6,1	9,5	37,6	2,29	10,41	1,07	2,87	1,20	1,86	3,06	
3	10,1	8	39,6	4,00	7,50	1,15	5,38	1,88	0,63	2,51	
4	12,9	7,5	40,2	5,19	6,01	1,19	7,23	2,38	0,37	2,75	
5	10,9	8	39,6	4,32	6,95	1,16	5,86	2,01	0,19	2,20	
Середні значення								4,55			4,24

$$\tau_2 = \frac{S - S_p}{S} = \frac{3 \cdot 6 - (1 \cdot 3 \cdot 0,15 \cdot 10 + 6 \cdot 4 \cdot 0,15)}{3 \cdot 6} = 0,69.$$

Сонцезахисні пристрої не використовуються, тому $\tau_3 = 1$;

середовища, як відзначалося, є коефіцієнт природної освітленості і нерівномірність природного освітлення.

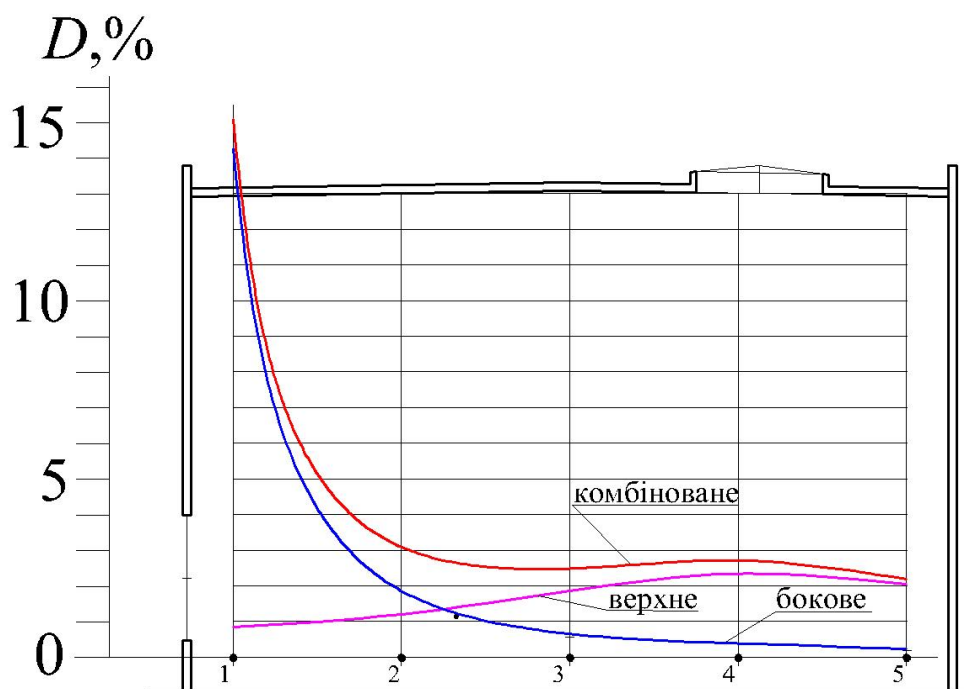


Рис. 4.22. Розподіл значень КПО за глибиною приміщення при комбінованому освітленні (до прикладів 3 і 4).

Діючими нормами [1] встановлено, що розрахункове значення КПО повинно бути не менше ніж на – 10 % від нормативного. Щоб виконати цю вимогу, необхідно визначити оціночний показник Π за формулою [5]

$$\Pi = \frac{D_{\text{рк}} - D_{\text{н}}}{D_{\text{н}}} 100, \% \quad (4.16)$$

де $D_{\text{н}}$ – нормативне значення КПО, яке визначається за відповідними таблицями [1];

$D_{\text{рк}}$ – розрахункове значення КПО, яке приймається за методикою, яка описана раніше.

Система природного освітлення задовольняє нормативним вимогам тоді, коли

$$\Pi \geq - 10 \%.$$

Однак, оцінювання для різних систем природного освітлення здійснюється неоднаково.

Оцінювання системи бокового природного освітлення

Для цього використовується формула (4.16), однак значення, які входять до неї, різні.

$$П = \frac{D_{рб} - D_{нб}}{D_{нб}} 100, \%,$$

де $D_{нб}$ – нормативне значення КПО при боковому освітленні (для прийнятої системи або тільки природного, або суміщеного освітлення), яке визначається із таблиць: для промислових приміщень – табл. 3.1, для приміщень громадських будинків і допоміжних споруд – табл. 3.2, для основних приміщень житлових будинків – табл. 3.3;

$D_{рб}$ – розрахункове значення КПО для бокового освітлення, яке приймається за такими умовами.

При боковому освітленні приміщень, за винятком великогабаритних виробничих приміщень глибиною більше ніж 6 м, під час розташування вікон в кількох стінах, нормоване значення КПО має забезпечуватись у найменш освітленій точці умовної робочої поверхні (УРП) у площині характерного розрізу приміщення. При боковому двосторонньому освітленні таких приміщень та однакових вікнах з обох сторін, за розрахункову точку дозволяється приймати точку, розташовану в середині приміщення у площині характерного розрізу.

Для одностороннього бокового природного освітлення житлових і громадських будинків та виробничих будинків з глибиною приміщень до 6 м включно – розрахункове значення КПО приймається в точці, яка лежить на лінії характерного розрізу в УРП, на відстані 1 м від стіни, протилежної вікнам.

У великогабаритних виробничих приміщеннях глибиною більше 6 м розрахункове значення КПО в точці на УРП, віддаленій від світлових прорізів:

на 1,5 висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи I – IV розрядів;

на 2 висоти – для зорової роботи V – VII розрядів;

на 3 висоти – для зорової роботи VIII розряду.

В заданому прикладі 3 вже була здійснена оцінка бокового освітлення.

Оцінювання системи верхнього та комбінованого природного освітлення

Якщо для бокового природного освітлення нормативне значення КПО порівнювалось з його мінімальним значенням, то для системи верхнього чи комбінованого (верхнє + бокове) природного освітлення нормативне значення КПО порівнюють з середнім значенням розрахункового КПО, яке обчислюють за формулою:

$$D_{\text{сер}} = (D_1 / 2 + D_2 + D_3 + \dots + D_{N-1} + D_N / 2) / (N - 1), \%, \quad (4.17)$$

де N – кількість розрахункових точок, в яких визначають КПО;

D_1, D_2, \dots, D_N – значення КПО для верхнього або комбінованого освітлення в точках у площині характерного розрізу приміщення, які визначають за формулами (4.7) і (4.13).

Визначається оціночний показник Π для верхнього й комбінованого освітлення за формулою:

$$\Pi = \frac{D_{\text{сер}} - D_{\text{нк}}}{D_{\text{нк}}} 100, \%, \quad (4.18)$$

де $D_{\text{нк}}$ – нормативне значення КПО, для приміщення, яке розраховується, $D_{\text{нк}} = 4 \%$;

$D_{\text{сер}}$ – розрахункове значення КПО для комбінованого освітлення, в прикладі 4 дорівнює $D_{\text{сер}} = 4,24 \%$ (нижнє значення останньої колонки табл. 4.15).

$$П = \frac{4,24 - 4}{4} 100 = 6 \%,$$

Отримана величина показує, що знайдена площа світлових прорізів в системі комбінованого природного освітлення відповідає нормативним вимогам.

Другий нормований показник – **нерівномірність природного освітлення** – визначається як відношення середнього значення КПО до мінімального по розрахунковим точкам характерного розрізу. При цьому вона не повинна перевищувати **3 : 1**. Цей показник не нормується для приміщень з боковими світлопрорізами, для виробничих приміщень з верхнім або комбінованим освітленням, в яких виконуються зорові роботи VII і VIII розрядів, у допоміжних приміщеннях цивільних будівель з верхнім або комбінованим природним освітленням, в яких виконуються зорові роботи Г і Д розрядів.

Нерівномірність природного освітлення за точками характерного розрізу розраховується наступним чином

$$Ir = \frac{D_{\text{сеп}}}{D_{\text{min}}} = \frac{4,24}{2,18} = 1,94. \quad (4.19)$$

Як бачимо і за цим показником система комбінованого природного освітлення також задовольняє нормативним вимогам.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Видання*. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28-2018. – [Чинний від 01.03.2019] – К.: Держстандарт України, 2018. – 133 с. (Національні стандарти України).
2. *Гусев Н.М.* Основы строительной физики. Учебник для вузов / Н.М. Гусев. – М.: Стройиздат, 1975. – 440с.
3. *Гусев Н.М.* Естественное освещение зданий / Н.М. Гусев. – М.: Стройиздат, 1961. – 225с.
4. *Архитектурная физика: Учеб. для вузов: Спец. «Архитектура»* / В.К. Лицкевич, Л.И. Макриненко, И.В. Мигалина и др.; Под общ. ред. Н.В. Оболенского. –М.: Стройиздат, 1997.–448 с.
5. *Єгорченков В.О.* Розрахункові та експериментальні методи оцінки природного світлового середовища приміщень: Навчальний посібник / В.О. Єгорченков, М.Б. Яців, А.М. Югов, Р.І. Кінаш. – Львів: "ТЗОВ Простір М", 2008. – 111 с.
6. *Видання*. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинний від 01.05.2017] – К.: Держстандарт України, 2017. – 133 с. (Національні стандарти України).
7. *Соловьев А.К.* Физика среды. Учебник / А.К. Соловьев. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 344 с.
8. Свод правил по проектированию и строительству: Естественное освещение жилых и общественных зданий / СП 23-102-2003. – М.: Госстрой России, 2003. – 92 с.
9. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы «Расчет естественного освещения помещений» по курсу строительной физики для студентов специальности 1201 «Архитектура» / сост. А.Л. Подгорный, О.В. Сергейчук, В.Ф. Погорельчук. – Киев, КИСИ, 1985. – 68

Навчально-методичне видання

РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ В БУДІВЛЯХ

Методичні вказівки

до виконання розрахунків природної освітленості в будівлях для студентів спеціальностей 191 «Архітектура та містобудування» і 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Укладач ЄГОРЧЕНКОВ Володимир Олексійович

Випусковий редактор *В.С. Сасько*

Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукарєвої*

Підписано до друку 4.10.2021 Формат 60 × 84 1/16

Ум. друк. арк. 3,95. Обл.-вид. арк. 4,25.

Електронний документ. Вид № 64/III-21.

Видавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.