

НОРМАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

ПРАКТИЧНА РОБОТА

Одним з основних питань охорони праці є організація раціонального освітлення виробничих приміщень і робочих місць.

Виробниче освітлення регламентується нормативним документом **ДБН Б.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення»** (https://ledeffect.com.ua/images/_branding/dbn2018.pdf), згідно якому освітлення поділяють на **природне, штучне** та **сумісне**.

Природним освітленням

- називають освітлення приміщень світлом неба (прямим або відбитим), яке проникає крізь світлові отвори в зовнішніх будівельних конструкціях.

Штучне освітлення

- створюється за допомогою штучних джерел світла – світильників і ламп.

Сумісне освітлення –

- освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Класифікація освітлення

ЗА ДЖЕРЕЛОМ ОСВІТЛЕННЯ

Природне

Штучне

Бокове

Загальне

Верхнє

Місцеве

Верхнє-бокове

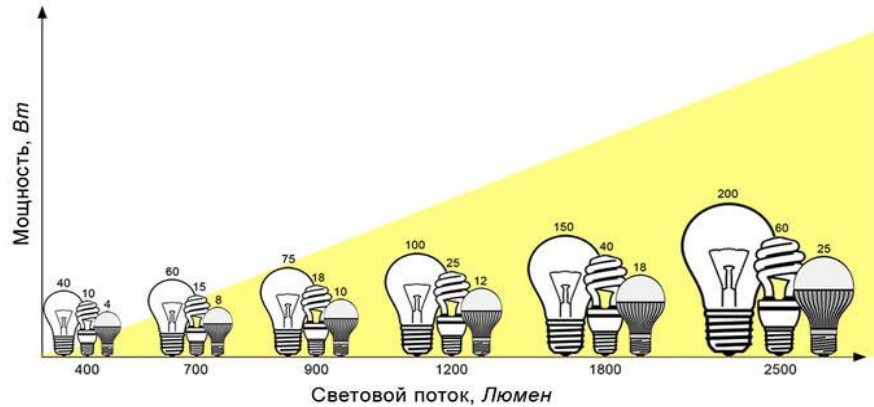
Комбіноване

Суміщене



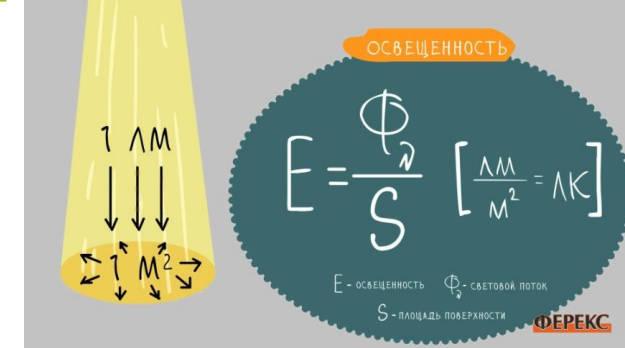
Основні світлотехнічні поняття та величини

► **Світловий потік (Φ , лм)** – кількість світлової енергії у відповідному потоці випромінювання, яка дорівнює потужності випромінювання, що доступне для сприйняття нормальним людським оком.

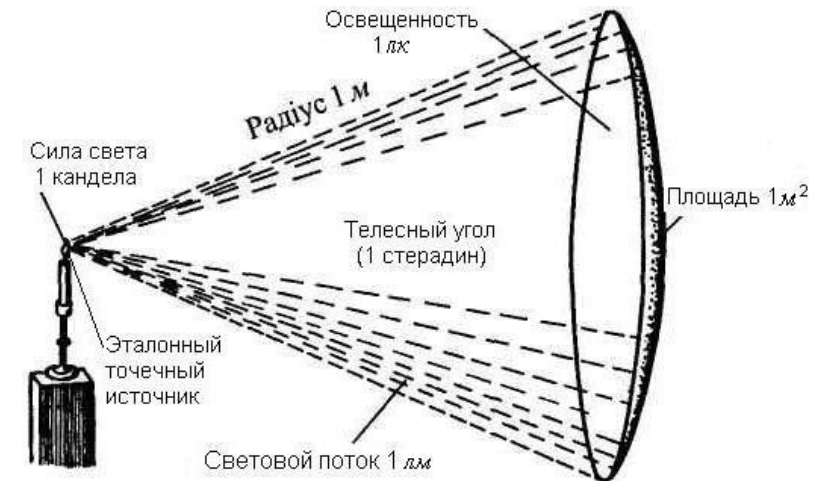


Яскравість поверхні (L , Кд/м²) - поверхнева щільність сили світла – це яскравість плоскої поверхні (що рівномірно світиться), яка випромінює в перпендикулярному напрямку силу світла з цієї поверхні.

► **Освітленість (E , люкс, лк)** - поверхнева густина світлового потоку, що падає на одиницю площі освітлюваної поверхні.



► **Сила світла (I , Кд)** - характеризує просторову густину світлового потоку у напрямку випромінювання джерела.



Нормування та розрахунок природного освітлення

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники:

- світловий клімат;
- площа та орієнтація світлових отворів;
- ступінь чистоти скла в світлових отворах;
- пофарбування стін та стелі приміщення;
- наявність предметів, що заступають вікно як із середини, так і ззовні приміщення;
- глибина приміщення.

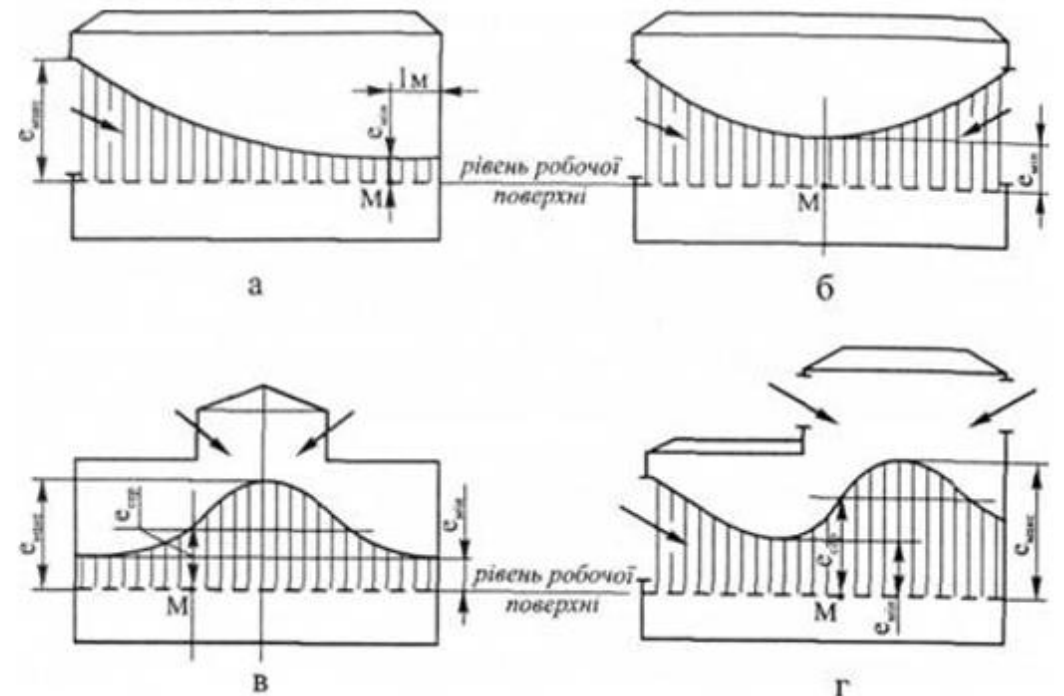
Криві розподілу освітленості в приміщеннях при різних видах природного освітлення:

а - односторонньому боковому;

б - двосторонньому боковому;

в - верхньому;

г - комбінованому



Розрахунок природного освітлення

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot S_o \cdot \tau_o \cdot r_1}{S_n \cdot \eta_o \cdot K_3 \cdot K_6}$$

- S_o - площа віконних прорізів;
- S_n - площа підлоги;
- τ_o - світлова характеристика вікна;
- K_3 - коефіцієнт запасу ;
- K_6 – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон будинками;
- η_o - загальний коефіцієнт світлопроникнення.

- Характерною рисою природного освітлення є те, що створена їм в приміщенні освітленість змінюється в надзвичайно широких межах. Такі зміни освітленості пов'язані зі світловим часом доби, порою року, метеорологічними умовами – станом хмарності й властивістю земного покриття відбивати світло. В зв'язку з вищенаведеним, неможливо характеризувати природне освітлення абсолютним значенням освітленості на робочому місці.
- За нормовану величину, яка дозволяє оцінити якість природного освітлення, прийнята відносна величина – **коефіцієнт природної освітленості (КПО)**.
- **КПО (%)** – відношення освітленості, створеної світлом неба в деякій точці заданої площини всередині приміщення, до одночасно виміряного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, створеної світлом повністю відкритого небосхилу.

Вимоги до проектування природного освітлення

- ❖ в усіх будинках повинні бути прийняті міри до максимального використання природного освітлення;
- ❖ доцільніше встановлювати одне велике вікно, ніж декілька невеликих тієї ж сумарної площі;
- ❖ вікна рекомендується розташовувати на рівній відстані одне від одного та від кутів будівлі (відстань не повинна перебільшувати двократної ширини вікна);
- ❖ верхній край вікна повинний розташовуватися, як можна ближче до стелі;
- ❖ світло повинне падати на робоче місце з лівої сторони;
- ❖ бажано використовувати вікна без переплетів.

Штучне освітлення поділяється:

- *Загальне освітлення* передбачає розміщення світильників у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) для створення загального рівномірного або загального локалізованого освітлення (з урахуванням розтушування обладнання та робочих місць).
- *Місцеве освітлення* створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.
- *Комбіноване освітлення* складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також якщо необхідно створити певний або змінний в процесі роботи напрямок світла. Лише місцеве освітлення у виробничих приміщеннях заборонене.
- За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на *робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне*.



- Робоче освітлення створює необхідні умови для нормальної трудової діяльності людини, призначається для забезпечення виробничого процесу, пересування людей, руху транспорту і є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.
- Аварійне освітлення використовується для продовження роботи у випадках несподіваного відключення робочого освітлення, пов'язаних з порушенням нормального обслуговування устаткування, що може привести до вибуху, пожежі, отруєння людей, порушення технологічного процесу. Світильники аварійного освітлення живляться від автономного джерела і мають забезпечувати освітленість не менше 5% величини робочого освітлення, але не менше 2 лк на робочих поверхнях виробничих приміщень і не менше 1 лк на території підприємства.



- Евакуаційне освітлення вмикається для евакуації людей з приміщення під час виникнення небезпеки. Таке освітлення встановлюється у виробничих приміщеннях з кількістю працюючих більше 50, а також у приміщеннях громадських та допоміжних будівель промислових підприємств, якщо в них одночасно можуть перебувати більше 100 чоловік. Евакуаційна освітленість у приміщеннях має бути 0,5 лк, поза приміщенням – 0,2 лк.



- Охоронне освітлення передбачається вздовж межі територій, що охороняються, і має забезпечувати освітленість 0,5 лк.
- Чергове освітлення – знижений рівень освітлення, що передбачається у неробочий час, при цьому використовують частину світильників інших видів освітлення.



Для створення сприятливих умов зорової роботи освітлення робочих приміщень має задовольняти наступним умовам:

- освітленість на робочих місцях має відповідати характеру зорової роботи;
- рівень освітленості робочих поверхонь має відповідати гігієнічним нормам для даного виду роботи згідно з ДБН;
- мають бути забезпечені рівномірність та часова стабільність рівня освітленості у приміщенні, відсутність різких контрастів між освітленістю робочої поверхні та навколишнього простору, відсутність на робочій поверхні різких тіней (особливо рухомих);
- штучне світло, що використовується на підприємствах, за своїм спектральним складом має наближатися до природного;
- не створювати небезпечних та шкідливих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпеку ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпечність);
- бути надійним, простим в експлуатації, економічним та естетичним.

Розряди зорової роботи

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи
Найвищої точності	Менше 0,15	I
Дуже високої точності	Більше 0,15 до 0,3	II
Високої точності	Більше 0,3 до 0,5	III
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV
Малої точності	Більше 1 до 5	V
Груба (дуже малої точності)	Більше 5	VI
Робота з матеріалами, що світяться	Більше 5	VII
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу	—	VIII

Методи розрахунку штучного освітлення

Метод світлового потоку

Світловий потік (лм) однієї лампи або групи люмінесцентних ламп одного світильника

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} S z k_3}{N n \eta_{\text{у}}}$$

де $E_{\text{н}}$ - нормована мінімальна освітленість, лк;

S - площа освітлюваного приміщення, м²;

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, зазвичай $z = 1,1 - 1,2$;

K_3 - Коефіцієнт запасу, що залежить від виду технологічного процесу і типу застосовуваних джерел світла, звичайно $K_3 = 1,3 - 1,8$;

N - число світильників у приміщенні;

n - число ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку (від 20% до 80%), він залежить а) від типу світильника.

Точковий метод

Точковий метод дає найбільш правильні результати і використовується для розрахунку локалізованого та місцевого освітлення, а також освітлення негоризонтальних площин та великих територій. Він дає змогу визначити освітленість в будь-якій точці від будь-якого числа освітлювальних приладів

$$E_A = J_\alpha \cos \alpha / r^2$$

де E_A освітленість горизонтальної поверхні в розрахунковій точці А, лк;

J_α - сила світла в напрямку від джерела до розрахункової точці А, визначається за кривою розподілу світлового потоку обираного світильника і джерела світла;

α - кут між нормаллю до поверхні, якій належить точка, і напрямом вектора сили світла в точку А;

r- відстань від світильника до точки А, м.

Різновидом точкового методу розрахунку є метод ізолюкс (ізолюкс – це крива, що являє собою геометричне місце точок даної площини з однаковими освітленостями).

Метод питомої потужності

Різновидом методу коефіцієнта використання потоку світла є метод питомої потужності, який іноді називають методом ват.

Питома потужність – це відношення потужності системи освітлення приміщення до площі його підлоги.

Цей метод застосовують тільки для орієнтовних розрахунків. Він дає змогу визначити потужність кожної лампи P (Вт) для створення нормованого освітлення:

$$P_{\lambda} = \frac{P \cdot S}{N}$$

де P_{λ} - питома потужність, Вт/м ;

S - площа приміщення, м ;

N - кількість світильників у приміщенні

Для визначення питомої потужності використовують таблиці Г.М. Кнорінга

Джерела штучного освітлення характеризуються

- напругою живлення;
- потужністю споживання;
- економічними характеристиками:
 - термін служби в годинах;
 - світловіддача;
- конструкційною характеристикою:
 - розміри ламп;
 - форма і розміри цоколя;
- світлотехнічними характеристиками:
 - загальний світловий потік;
 - яскравість;
 - сила світла.



Газорозрядні лампи

Переваги:

- більший термін експлуатації (5000 тисяч годин горіння);
- більше світловіддача (50- 130 Лм/Вт, лампи розжарювання 10-60 Лм/Вт);
- задовільний спектральний склад світла.

Недоліки:

- складніше в експлуатації;
- дорожче;
- наявність стробоскопічного ефекту
- великий час загорання;
- ефект старіння.

Типи газорозрядних ламп

ЛД - лампи денного світла;

ЛБ - лампи білого світла;

ЛХБ - лампи холодно білого світла;

ЛТБ - лампи тепло білого світла;

ЛДЦ - з поліпшеною передачею кольору



Лампи розжарення



Переваги:

- дешеві;
- прості і надійні в експлуатації.

Недоліки:

- низька світлова віддача;
- обмежений термін служби;
- переважання випромінювання в жовто-червоній частині спектра, що спотворює колірне сприйняття.

Світлодіодні лампи



Недоліки:

- висока вартість
- при живленні пульсуючим струмом промислової частоти вони мерехтять сильніше.

Переваги:

- тривалий термін служби (в 30 разів більше, ніж у ламп розжарювання),
- безпека використання,
- малі розміри,
- відсутність ультрафіолетового випромінювання
- малі інфрачервоні випромінювання
- незначне тепловиділення.

Розрахунок штучного освітлення

Завдання. Розрахувати загальне штучне освітлення приміщення за методом коефіцієнта використання світлового потоку для приміщень розмірами, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані за варіантами

Варіант	Види приміщень	Розміри приміщення $a \times b \times h_n$, м	Примітка
0	Читальний зал	$15 \times 8 \times 4,0$	a – довжина, b – ширина, h_n – висота приміщення, м
1	Конференц-зал	$30 \times 12 \times 5,0$	
2	Конструкторське бюро	$10 \times 8 \times 4,0$	
3	Машинописне бюро	$8 \times 6 \times 3,5$	
4	Навчальна аудиторія	$15 \times 8 \times 4,5$	
5	Зал засідань	$12 \times 10 \times 5,0$	
6	Приміщення офісу	$6 \times 10 \times 3,0$	
7	Актовий зал	$20 \times 12 \times 5,0$	
8	Приміщення кабінету	$12 \times 6 \times 3,0$	
9	Торговий зал	$15 \times 8 \times 4,5$	

Методика розрахунку

- Розрахунок ведуть методом загального рівномірного штучного освітлення за коефіцієнтом використання. Залежно від розмірів і призначення приміщення, а також враховуючи варіантні вихідні дані, намічають принципову конструкцію освітлюваної установки, тип джерел світла в ній та ін. (табл. 2).

Таблиця 2 – Вихідні дані за варіантами

Варіант		Лампи	Тип ламп	Коефіцієнти відбиття:		
				стелі	стін	підлоги
	0	розжарювання	В-20	70	60	30
	1	газорозрядні	ЛБ-40	70	50	10
	2	газорозрядні	ЛДС-40	50	30	10
	3	розжарювання	Г-40	30	10	10
	4	газорозрядні	ЛД-40	50	30	10
	5	газорозрядні	ЛБ-40	70	60	30
	6	газорозрядні	ЛД-80	70	50	10
	7	газорозрядні	ЛДС-80	50	30	10
	8	розжарювання	Г-150	70	50	10
	9	газорозрядні	ЛБ-20	30	10	10

Методика розрахунку

- Використовуючи дані табл. 3, визначають необхідний світловий потік однієї лампи $\Phi_{л}$, що забезпечує нормовану освітленість.

Таблиця 3 - Світлові характеристики ламп

Тип лампи розжарювання	Напруга живлення 220 В		Тип газорозрядної лампи.	Напруга живлення 220В	
	Світловий потік, лм.	Світлова віддача, лм/Вт		Світловий потік, лм.	Світлова віддача, лм/Вт
В - 15	105	7,0	ЛСД - 20	820	41
В - 20	220	8,0	ЛД - 20	920	46
Г - 40	400	10,0	ЛБ - 20	1180	58
К - 40	460	11,5	ЛДС - 30	1450	48,8
Г - 60	715	11,9	ЛД - 30	1640	54,5
БК - 100	1450	14,5	ЛЛЛБ - 30	2100	70,5
Г - 150	2000	13,5	ЛДС - 40	2100	52,5
Г - 200	2800	14,0	ЛД - 40	2340	58,5
Г - 300	4600	15,4	ЛБ - 40	3000	75
Г - 500	8300	16,6	ЛДС - 80	3560	44,5
Г - 750	13200	17,5	ЛД - 80	4070	50,8
Г - 1000	18600	18,6	ЛБ - 80	5220	65,3

Методика розрахунку

Залежно від геометричних характеристик приміщення знаходять i – індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{h(a + b)}$$

де S – площа приміщення, м²:

$$S = a \cdot b,$$

a – довжина, b - ширина приміщення, м;

h – висота підвіски світильника над освітлюваною поверхнею (не плутати із загальною висотою приміщення), м.

Знаючи індекс приміщення i та співвідношення коефіцієнтів відбиття $\rho_{ст}, \rho_{стін}, \rho_{підл}$ визначають коефіцієнт використання світлового потоку η , % (табл. 5):

$$\eta = f(i; \rho_{ст}; \rho_{стін}; \rho_{підл}),$$

де $\rho_{ст}, \rho_{стін}, \rho_{підл}$ – коефіцієнти відбиття відповідно стелі, стін та підлоги (табл. 2).

Методика розрахунку

- За ДБН Б.2.5-28-2018 (табл.4) визначають норму освітленості для заданого приміщення E_n , лк залежно від його функціонального призначення).

Таблиця 4 – Норми освітленості для заданого приміщення

№	Види приміщень.	Освітленість поверхонь, лк
1	Кабінет	300
2	Проектна кімната	500
3	Спортивний зал	75
4	Навчальна аудиторія	500
5	Зал засідань	200
6	Актовий зал	200
7	Читальний зал	300
8	Торговий зал	300
9	Робоча кімната	300
10	Конструкторське бюро	500

Методика розрахунку

Таблиця 5 – Визначення коефіцієнта використання світлового потоку η

Індекс приміщення <i>I</i>	Лампи розжарювання					Газорозрядні лампи				
	Коефіцієнти відбиття $\rho_{ст}; \rho_{стін}; \rho_{підл.} \%$									
	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
	60	50	30	10	0	60	50	30	10	0
30	10	10	10	10	0	30	10	10	10	0
0,5	24	22	20	17	16	30	30	23	20	18
0,6	34	32	26	23	21	37	36	30	27	26
0,7	42	39	34	30	29	42	40	33	31	29
0,8	46	44	38	34	33	45	43	37	34	33
0,9	49	47	41	37	36	47	45	40	37	35
1,0	51	49	43	39	37	49	47	41	40	38
1,1	53	40	45	41	39	54	50	43	42	40
1,25	56	52	47	43	41	55	53	47	44	42
1,5	60	55	50	46	44	59	56	50	48	45
1,75	63	58	53	48	44	59	56	50	48	45
2	66	60	55	54	49	67	60	56	53	50
2,25	68	62	57	53	54	69	62	57	54	52
2,5	70	64	59	55	53	71	63	59	57	53
3	73	66	62	58	56	73	66	60	58	56
3,5	76	68	64	61	59	75	67	61	58	56
4	76	70	66	62	60	77	69	63	61	58
5,81	73	69	64	62	79	70	66	63	60	

Методика розрахунку

Потім виконують остаточний розрахунок кількості світильників n , шт. При розрахунку кількість світильників округляють до цілого числа:

$$n = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}$$

де N – кількість ламп в одному світильнику, шт. Світильники з лампами розжарювання можуть мати довільне число ламп. Люмінесцентне освітлення у приміщеннях з постійним перебуванням людей для уникнення пульсації світлового потоку вимагає число ламп в одному світильнику кратне 2. У приміщеннях з постійним перебуванням людей категорично забороняється застосовувати однолампові люмінесцентні світильники, що живляться від змінного струму і не мають спеціальних засобів уникнення пульсації;

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік однієї лампи, лм (табл. 3);

E_n – нормована освітленість за ДБН Б.2.5-28-2018, лк (табл. 4);

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує старіння, запилення світильників;

Таблиця 6 – Коефіцієнт запасу ламп

Освітлювальні прилади	Коефіцієнт запасу для	
	ламپ розжарювання	газорозрядних ламп
Прожектори та інші освітлювальні прилади з посилення світла 5 і більше	1,5	1,7
Світильники	1,3	1,5

Z – коефіцієнт рівномірності: для ламп розжарювання $Z = 1,15$, для люмінесцентних (газорозрядних) – $Z = 1,1$;

S – площа приміщення, м²;

η – коефіцієнт використання світлового потоку визначають по табл. 5 у частках одиниці.

Ескізна схема розміщення світильників (приклад)

