



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра «Охорона праці і навколишнього середовища»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторного заняття «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення у приміщеннях з світлодіодними джерелами світла» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі», «Безпека праці на підприємствах в установах і організаціях та цивільна безпека», «Захист населення, територій, довкілля та виробнича безпека» для студентів усіх спеціальностей та форм навчання

Методичні вказівки до лабораторного заняття «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення у приміщеннях з світлодіодними джерелами світла» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі», «Безпека праці на підприємствах в установах і організаціях та цивільна безпека», «Захист населення, територій, довкілля та виробнича безпека» для студентів усіх спеціальностей та форм навчання /Укл.: В.І. Шмирко, О.В. Коробко, Ю.І. Троян. – Запоріжжя: каф. ОПіНС. НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 28с.

Укладачі:

В.І. Шмирко, доцент, к.т.н.
О.В. Коробко, ст. викл.
Ю.І. Троян, асистент

Рецензент:

О.В. Нестеров, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

Ю.І. Троян, асистент

Затверджено
на засіданні кафедри «Охорони праці і
навколишнього середовища»
Протокол № 9 від 09.05.2024 р.

Рекомендовано до видання
НМК Факультету будівництва,
архітектури та дизайну
Протокол № 9 від 14.05 .2024 р.

ЗМІСТ

	Умовні позначення.....	4
1	Мета роботи.....	6
2	Загальні теоретичні відомості.....	6
3	Порядок виконання роботи.....	7
3.1	Алгоритм розрахунку загального рівномірного освітлення...	7
3.2	Основні положення етапів розрахунку.....	8
4	Зміст звіту.....	15
5	Рекомендована література.....	16
	Додаток А: Державні будівельні норми України ДБН В.2.5–28:2018 "Природне і штучне освітлення".....	17
	Додаток Б: Характеристика та призначення окремих типів LED-світильників.....	19
	Зовнішній вигляд LED-світильників.....	20
	Додаток В: Класифікація світильників за світлорозподілом..	21
	Класифікація світильників за типом кривої сили світла....	21
	Ступінь захисту світильників IP за міжнародними стандартами IEC 60529.....	22
	Оцінка коефіцієнта запасу k_3	23
	Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення.....	24
	Додаток Г: Вибір коефіцієнтів використання світлового потоку світильників.....	25
	Додаток Д: Варіанти для виконання розрахунку.....	26
	Додаток Е: Умовні позначення світильників.....	27
	Додаток Ж: Зразок титульного аркушу звіту з лабораторного заняття.....	28

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

РОЗМІРНІ ДАНІ:

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

H – висота приміщення, м;

S – площа освітлюваної поверхні, m^2 ;

h_p – висота робочої поверхні від підлоги, м;

h_з – висота звисання світильника від стелі, м;

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м;

L – відстань між рядами або сусідніми світильниками у ряду, м;

L_{max} – максимальна відстань між рядами або сусідніми світильниками у ряду, м;

L_{СВLED} – довжина обраного LED-світильника, м;

L_A – відстань між сусідніми світильниками в ряду, м;

L_B – відстань між рядами світильників, м;

L_A – відстань від крайніх світильників у ряду до стіни, м;

L_B – відстань від крайніх рядів світильників до стіни, м.

КОЕФІЦІЄНТИ:

i – індекс приміщення;

k_з – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

ρ_с – коефіцієнт відбиття від стелі;

ρ_{ст} – коефіцієнт відбиття від стін;

ρ_п – коефіцієнт відбиття від підлоги;

[L/h] – коефіцієнт світильника;

m_{LED} – коефіцієнт співвідношення між розрахунковим світловим потоком LED-світильника Φ_{LED}^* та фактичним світловим потоком стандартного LED-світильника Φ_{LED} .

РОЗРАХУНКОВІ ТА ОБРАНІ КОМПОНЕНТИ:

Φ_Σ – сумарний світловий потік у приміщенні, що створюється освітлювальною установкою, лм;

Φ_{LED}^{*} – розрахунковий світловий потік LED-світильника, лм;

Φ_{LED} – фактичний світловий потік вибраного LED світильника, лм;

E_п – нормативна мінімальна освітленість приміщення за вимогами ДБН В.2.5–28:2018, лк;

E_{pLED} – загальна розрахункова освітленість у приміщенні, створена LED-світильниками, лк;

N_{LED} – загальна кількість LED-світильників у приміщенні;

N_{LED}^* – розрахункова загальна кількість LED-світильників у приміщенні;

N_p – кількість рядів світильників у приміщенні;

$N_{\phi LED}$ – фактична кількість LED-світильників у приміщенні;

P_{LED} – потужність вибраного LED-світильника, Вт;

$P_{\Sigma LED}$ – сумарна потужність освітлювальної установки з LED світильниками, Вт.

ШКАЛА КОЛІРНИХ ТЕМПЕРАТУР

(характеристика спектрального складу випромінювання джерела світла):



800K – видиме темно-червоне світіння розпечених тіл;

1 200K – червоного світла;

2 000K – помаранчевого світла;

2 400-3200K – жовтого світла;

4 300K – теплого білого світла;

5 000K – білого світла;

6 000K – холодного білого світла;

7 000K – блакитного світла;

8 000K – синього світла;

10 000K – синьо-фіолетового світла;

12 000K – фіолетового світла

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення методики розрахунку загального рівномірного штучного освітлення приміщень з світлодіодними джерелами світла.

2 ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Світлотехнічні розрахунки є основою при проектуванні освітлювальних установок. Основним завданням розрахунку є визначення величини необхідного світлового потоку світильників для забезпечення нормованого значення мінімальної освітленості робочої площини.

На практиці для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи:

– **метод світлового потоку (коефіцієнта використання світлового потоку)**: застосовують для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь;

– **точковий метод**: призначений для розрахунку локалізованого та комбінованого освітлення, а також для освітлення похилих площин;

– **метод питомої потужності**: є найбільш простим і в той же час найменш точним, тому його використовують для приблизних, орієнтовних розрахунків.

Найбільш точним методом для розрахунку загального рівномірного освітлення, що враховує прямий світловий потік світильників та відбите світло від стін і стелі, вважається метод світлового потоку (або коефіцієнта використання світлового потоку). Метод дозволяє визначити оптимальну кількість ламп та потужність освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення.

Основним розрахунковим рівнянням методу світлового потоку є:

$$\Phi_{л} = \frac{E_{н} \cdot S \cdot k_{з} \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

де $\Phi_{л}$ – розрахункове значення світлового потоку однієї лампи в кожному світильнику, лм;

$E_{н}$ – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м²;

$k_{з}$ – коефіцієнт запасу;

- z – коефіцієнт мінімальної освітленості;
 N – загальна кількість світильників;
 n – кількість ламп у одному світильнику;
 η – коефіцієнт використання світлового потоку.

3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1 Алгоритм розрахунку загального рівномірного освітлення

1. Вибрати систему освітлення (*дод. А*).
2. Обґрунтувати у відповідності з розрядом зорових робіт (РЗР) рівень нормованої освітленості (E_n) відповідно до вимог ДБН В.2.5–28:2018 [1] (*дод. А*).
3. Вибір типу *LED*-світильників в залежності від умов навколишнього середовища та розряду зорових робіт (РЗР) (*дод. Б*).
4. Оцінити коефіцієнт запасу (k_z) освітленості та коефіцієнт нерівномірності освітлення (z) (*дод. В, табл.4*).
5. Визначити коефіцієнти відбиття світлового потоку від стелі (ρ_c), стін ($\rho_{ст}$) та підлоги ($\rho_{п}$) у приміщенні (*дод. В, табл.5*).
6. Визначити значення індексу приміщення (i), що характеризує співвідношення розмірів освітлюваного приміщення і висоти розміщення світильників.
7. За довідковою таблицею (*дод. Г*) визначити значення коефіцієнта використання світлового потоку (η), створюваного світильниками вибраного типу.
8. Визначити світловий потік стандартного *LED*-світильника (Φ_{LED}) (*дод. Б*) та фактичну кількість *LED*-світильників ($N_{\Phi LED}$), які забезпечують у приміщенні нормовану освітленість.
9. Визначити загальну розрахункову освітленість (E_p) у приміщенні, що створюється при застосуванні *LED*-світильників.
10. Розрахувати сумарну потужність освітлювальної установки ($P_{\Sigma LED}$).
11. Виконати ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників (*рис.3.2; 3.3*).

3.2 Основні положення етапів розрахунку

1. Вибір системи освітлення. На виробництві застосовують *загальне та комбіноване (загальне поєднане з місцевим) освітлення.*

Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт РЗР і визначається за Державними будівельними нормами України (ДБН В.2.5–28:2018 "Природне і штучне освітлення" *дод. А*). При цьому враховується вимога, що при виконанні в приміщеннях робіт I–III, IVa, IVб, IVв, Va розрядів слід застосовувати систему *комбінованого* освітлення. Використання системи *загального* освітлення передбачено при технічній неможливості або недоцільності влаштування місцевого освітлення при узгодженні з органами державного санітарного нагляду.

При комбінованому освітленні доля загального повинна складати не менше 10%.

**Використання на виробництві тільки місцевого освітлення
ЗАБОРОНЕНО!**

2. Визначення рівня нормованої освітленості (E_n). За кількісну характеристику освітленості у приміщенні береться найменша освітленість, яка залежить від: *розряду зорових робіт, фону, контрасту об'єкта з фоном, системи освітлення (дод. А).*

3. Вибір джерела світла. У якості джерел штучного освітлення, наряду з газорозрядними лампами, використовують світлодіодні джерела світла.

Світлодіодні прилади (LED) – освітлюючі пристрої, у якості джерела світла яких використовуються світлодіоди, що випромінюють фотони світла, при проходженні через них струму. Світлодіодні джерела світла відзначаються економічністю, довговічністю (до 50 000 годин), високою світловіддачею (100–180 лм/Вт), малим нагрівом, відсутністю миготіння, високою механічною міцністю, здатні функціонувати в діапазоні високих та низьких температур, нешкідливі і не вимагають спеціальної утилізації. Використовуються світлодіодні джерела світла для освітлення міських вулиць; комерційних, адміністративних, виробничих, а також громадських приміщень. Основним недоліком є висока собівартість.

4. **Вибір типу LED-світильників** проводиться у відповідності з розрахунковою висотою підвісу світильників над робочою поверхнею h (рівняння 3.5), з урахуванням умов навколишнього середовища, характеристики і класу освітлювального приміщення за вибухопожежонебезпекою (*дод. Б*).

Світлотехнічні характеристики світильників визначаються, в основному, двома параметрами:

– відношенням світлового потоку, що випромінюється світильником у нижню півсферу до повного світлового потоку світильника (*дод. В, табл.1*);

– кривими сили світла KCC (*рис.3.1; дод. В, табл.2*).

Всі світильники, за своїм конструктивним виконанням, в залежності від умов оточуючого середовища у приміщенні, згідно ІЕС 60529, повинні мати необхідний ступінь захисту $IP(1)(2)$ (International Protection) від *пилу* (перша цифра) та *вологи* (друга цифра) (*дод. В, табл.3*), що відповідає міжнародним стандартам.

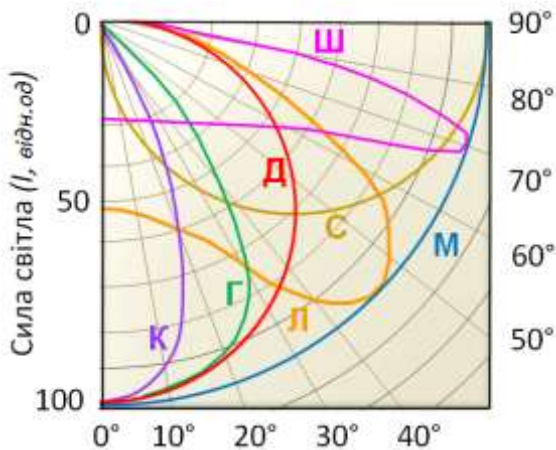


Рисунок 3.1 – Типові криві сили світла у нижню півсферу (ДСТУ 8546:2015)

де: K – концентрована (0-15°); $Г$ – глибока (0-30°; 150-180°); $Д$ – косинусна (0-35°; 145-180°); $Л$ – напівширока (35-55°; 125-145°); $Ш$ – широка (55-85°; 95-125°); $М$ – рівномірна (0-180°); $С$ – синусна (70-90°; 90-110°).

При загальному освітленні для вибору раціонального світильника використовують **коефіцієнт світильника (L/h)** – відношення відстані (L) між рядами або сусідніми світильниками у ряду до висоти (h) їхнього підвісу над робочою поверхнею (дод. Б).

5. Оцінка коефіцієнта запасу та коефіцієнта нерівномірності (мінімального) освітлення.

Коефіцієнт запасу k_z враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймається в залежності від виробничих умов (дод. В, табл.4).

У Євросоюзі за стандартами Міжнародної комісії з освітлення (CIE) використовується **коефіцієнт експлуатації MF** (Maintenance Factor), який пов'язаний з коефіцієнтом запасу k_z співвідношенням $k_z=1/MF$ [1]

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), як правило дорівнює:

$z = 1,1$ – для лінійних LED-світильників;

$z = 1,15$ – для точкових LED-світильників.

6. Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення (від: стелі – ρ_c ; стін – $\rho_{ст}$; підлоги – $\rho_{п}$) (дод. В, табл. 5).

В залежності від виділення пилу у процесі роботи розрізняють :

– світлі приміщення $\rho_c=70\%$; $\rho_{ст}=50\%$; $\rho_{п}=30\%$;

– приміщення з незначним пиловиділенням $\rho_c=50\%$; $\rho_{ст}=30\%$; $\rho_{п}=10\%$;

– приміщення зі значним пиловиділенням $\rho_c=30\%$; $\rho_{ст}=10\%$; $\rho_{п}=10\%$.

7. Чисельне значення індексу приміщення визначають за рівнянням:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (3.1)$$

де: A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

Загальна висота приміщення включає наступні складові:

$$H = h + h_p + h_3, \text{ м} \quad (3.2)$$

де H – висота виробничого приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

(як правило, висота умовної робочої поверхні $h_p = 0,8$ м)

h_3 – висота звисання світильника від стелі, м.

(може вибиратися за технологічною доцільністю)

Визначення h і h_3 проводити за наступною послідовністю:

а) розрахувати кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]} \quad (3.3)$$

(результат округлити до цілого у більшу сторону)

де $[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника (дод. Б).

б) визначити максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p}, \text{ м} \quad (3.4)$$

в) розрахувати висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}, \text{ м} \quad (3.5)$$

г) знайти висоту звисання світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h, \text{ м} \quad (3.6)$$

(вибрати з дод.Б належний тип світильника)

8. Значення коефіцієнта використання світлового потоку η вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення ($\rho_c, \rho_{ст}, \rho_{п}$) та індексу приміщення (дод. Г).

9. Визначення світлового потоку LED-світильника та загальної кількості світильників провести за схемою:

а) визначити сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному виробничому приміщенні:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta}, \quad (3.7)$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

E_n – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м²;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

б) визначити розрахункову загальну кількість *LED*-світильників N^*_{LED} у приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата:

$$N^*_{LED} = AB/L^2_{max} \quad (3.8)$$

(L_{max} визначається за формулою 3.4);

в) визначити розрахунковий світловий потік Φ^*_{LED} для *LED*-світильника:

$$\Phi^*_{LED} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N^*_{LED}}, \text{ лм} \quad (3.9)$$

г) вибрати з *дод. Б* тип *LED*-світильника з найближчими значеннями фактичного світлового потоку світильника Φ_{LED} і знайти коефіцієнт пропорційності m_{LED} :

$$m_{LED} = \Phi^*_{LED} / \Phi_{LED} \quad (3.10)$$

д) визначити оптимальну кількість *LED*-світильників у приміщенні:

$$N_{LED} = N^*_{LED} \cdot m_{LED} \quad (3.11)$$

Скоригувати число світильників та визначити їх фактичну кількість $N_{\Phi_{LED}}$, яка відповідає рівнокількісному розміщенню (значенню) світильників у кожному ряді (тобто є величиною кратною кількості рядів).

10. Визначити загальну розрахункову освітленість E_{pLED} у приміщенні, що створюється при застосуванні вибраних **LED-світильників:**

$$E_{pLED} = \frac{\Phi_{LED} N_{\Phi LED} \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}, \text{ лк} \quad (3.12)$$

При правильному виборі типу і кількості **LED-світильників** повинна виконуватися умова:

$$E_{pLED} = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_{н, \text{ лк}} \quad (3.13)$$

Якщо умова не виконується – визначитись з фактичною кількістю **LED-світильників** $N_{\Phi LED}$ (*збільшити чи зменшити*) або провести розрахунок нового варіанту з застосуванням іншого типу стандартної лампи.

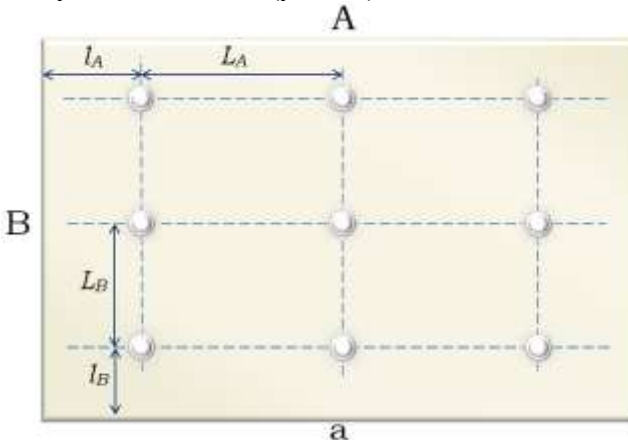
11. Розрахувати загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma LED} = N_{\Phi LED} \cdot P_{LED}, \text{ Вт} \quad (3.14)$$

де P_{LED} – потужність вибраного стандартного **LED-світильника** (*дод. Б*).

12. Виконати ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників.

При загальному рівномірному освітленні точкові **LED-світильників**, як правило, розташовують у вершинах квадратних, прямокутних або ромбічних полів (рис.3.2):



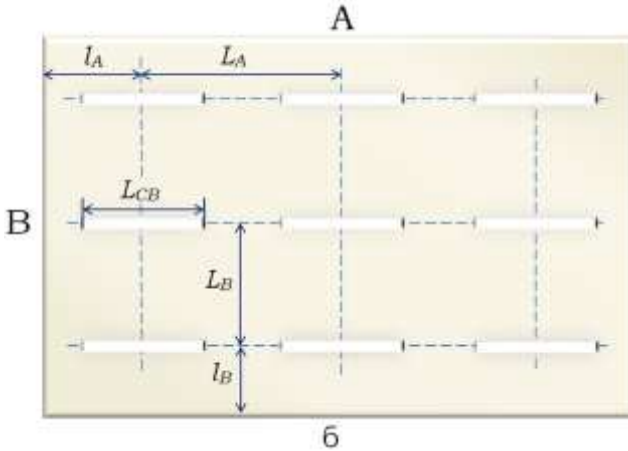


Рисунок 3.2 – Схема розміщення світильників у виробничому приміщенні:

a – з точковими LED-світильниками;

б – з лінійними LED-світильниками.

На рисунку 3.2:

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

L_A – відстань між сусідніми світильниками в ряду, м;

L_B – відстань між рядами світильників, м;

L_{CB} – довжина LED-світильника (*дод.Б*), мм;

l_A – відстань від крайніх світильників у ряду до стіни, м;

l_B – відстань від крайніх рядів світильників до стіни, м.

Виконуючи ескіз розміщення світильників у приміщенні необхідно за приведеними умовами:

– якщо робочі місця розміщені у стін то:

$$l_{(A,B)} = (0,25 \dots 0,3) L_{(A,B)}, \text{ м} \quad (3.15)$$

– якщо у стін розміщенні проходи то:

$$l_{(A,B)} = (0,4 \dots 0,5) L_{(A,B)}, \text{ м} \quad (3.16)$$

Примітка: фактична відстань між рядами світильників (*L_B*) та сусідніми світильниками в ряду (*L_A*) не повинна перевищувати максимально можливу відстань *L_{max}*

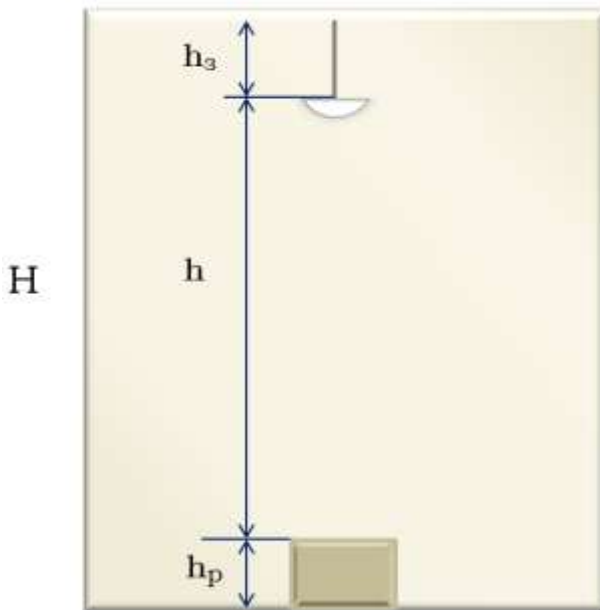


Рисунок 3.3 – Схема розміщення світильників над робочою поверхнею

- де: H – висота приміщення, m ;
 h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, m ;
 h_p – висота робочої поверхні від підлоги, m ;
 h_3 – висота звисання світильника від стелі, m .

4 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

- титульний лист за **дод. Ж**;
- вихідні дані у відповідності з варіантом **дод. Д**;
- алгоритм і формули для практичних розрахунків;
- результати практичних розрахунків;
- схеми розміщення світильників у приміщенні, з позначенням за **дод. Е**;
- висновки.

5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Природне і штучне освітлення. [Текст] : ДБН В.2.5-28:2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Світильники зі світлодіодними джерелами світла. Загальні технічні умови.[Текст] : ДСТУ 8546:2015; чинний з 2017-01-01. – 37 с.
3. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці [Текст] : підручник / В. Ц. Жидецький. – 5-те вид., доп. – К. : Знання, 2014. – 373 с. + 1 ел. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-617-07-0134-3
4. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці [Текст] : навч. посібник / В. Ц. Жидецький В. С. Джигирей, В. М. Сторожук [та ін.] ; ред. В. Ц. Жидецький ; Українська акад. друкарства, Український держ. лісотехн. ун-т. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с. : іл., табл. – ISBN 966-7760-09-X
5. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-7.15-18. – На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18. – К. : Мінсоцполітики України, 2018. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці).

Додаток А

ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ
ДБН В.2.5–28:2018 "ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ"

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи (РЗР)	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		
						Освітленість, лк		
						Комбіноване освітлення		Загальне освітлення
						Всього	Ут.ч. від загального	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Найвищої точності	Менше 0,15	I	а	малий	темний	5000 4500	500 500	–
			б	малий середній	середній темний	4000 3500	400 400	1200 1000
			в	малий середній великий	світлий середній темний	2500 2000 2000	300 200 200	750 600 600
			г	середній великий великий	світлий світлий середній	1500 1250 1250	200 200 200	400 300 300
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,30 включно	II	а	малий	темний	4000 3500	400 400	–
			б	малий середній	середній темний	3000 2500	300 300	750 600
			в	малий середній великий	світлий середній темний	2000 1500 1500	200 200 200	500 400 400
			г	середній великий великий	світлий світлий середній	1000 750 750	200 200 200	300 200 200
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	а	малий	темний	2000 1500	200 200	500 400
			б	малий середній	середній темний	1000 750	200 200	300 200
			в	малий середній великий	світлий середній темний	750 600 600	200 200 200	300 200 200
			г	середній великий великий	світлий світлий середній	400 400 400	200 200 200	200 200 200

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Середньої точності	Більше 0,5 до 1,0	IV	а	малий	темний	750	200	300
			б	малий середній	середній темний	500	200	200
			в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	200
			г	середній великий великий	світлий світлий середній	–	–	200
Малої точності	Більше 1,0 до 5,0	V	а	малий	темний	400	200	300
			б	малий середній	середній темний	–	–	200
			в	малий середній великий	світлий середній темний	–	–	200
			г	середній великий великий	світлий світлий середній	–	–	200
Груба, дуже малої точності	Більше 5,0	VI	–	Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном	–	–	200	
Робота з матеріалами, які світяться і виробами в гарячих цехах	Більше 5,0	VII	–	Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном	–	–	200	
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу:– <i>постійне</i>		VIII	–	Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном	–	–	200	

Додаток Б
Характеристика та призначення окремих типів
LED-світильників

LED - світильники							
Тип світильника	Потужність світильника, $P_{LED}, Вт$	Світловий потік, $\Phi_{LED}, лм$	Висота підвісу світильника над підлогою, $м$	Використання світильника	Довжина світильника, $L_{LED}, мм$	IP	L/h
SLICK PRS AGRO LED18	18	2 300	$\leq 5 м$	Лабораторії, приміщення з пиловиділенням	953	65	1,4
INOX LED30	26	3 000	$\leq 5 м$	Виробничі, складські приміщення, хімічні цехи, лабораторії	700	65	1,4
INOX LED50	41	5 100	≤ 5		700	65	1,4
INOX LED70	65	7 500	≤ 5		1600	65	1,4
INOX LED80	82	10 000	≤ 5		757	65	1,4
FACTORY OPL LED50	54	6 000	5 - 8	Складські, виробничі приміщення, цехи, гіпермаркети	1 212	54	1,4
ECO LB/S LED75	75	8 500	5 - 8	Виробничі цехи	757	54	1,5
INSEL LB/S LED100	88	10 000	5 - 12	Виробничі приміщення, спортивні комплекси	335×335 точковий	66	1,4
INSEL LB/S LED150	145	14 600	5 - 12		335×335 точковий	66	1,4
ORBITA LED150	126	18 200	8 - 30	Виробничі цехи, логістичні комплекси	$\varnothing 377$ точковий	65	1,2
LODESTAR LED230	205	26 100	8 - 30	Виробничі підприємства, нафтогазові та складські об'єкти, спортивні комплекси	$\varnothing 390$ точковий	65	1,4
HB LED75	68	9 000	10 - 30	Виробничі цехи, ангари, складські приміщення, логістичні комплекси	463	65	1,5
HB LED225	210	24 200	10 - 30		463	65	1,5

Зовнішній вигляд LED-світильників

ВИГЛЯД СВІТИЛЬНИКА	ТИП СВІТИЛЬНИКА	ВИГЛЯД СВІТИЛЬНИКА	ТИП СВІТИЛЬНИКА
	SLICK PRS AGRO LED		INSEL LB/S LED
	INOX LED		ORBITA LED
	FACTORY OPL LED		LODESTAR LED
	ECO LB/S LED		HB LED

Додаток В

Таблиця В.1 – Класифікація світильників за світлорозподілом

Клас світильника за світлорозподілом	Доля світлового потоку світильника, яка спрямована у нижню півсферу, %	Використання світильників визначеного класу
Прямого світла	понад 80	для приміщень, в яких стіни і стеля мають невисокий коефіцієнт відбитку
Переважно прямого світла	60 – 80	для приміщень, в яких стіни і стеля мають високий коефіцієнт відбитку
Розсіяного світла	40 – 60	для приміщень, де небажані різкі тіні і тіні взагалі
Переважно відбитого світла	20 – 40	
Відбитого світла	Менше 20	

Таблиця В.2 – Класифікація світильників за типом кривої сили світла

Тип кривої сили світла		Коефіцієнт світильника L/h	Використання світильників з означеним типом КСС в залежності від висоти підвісу
К	Концентрована	0,4 – 0,7	18–30 м)
Г	Глибока	0,8 – 1,2	9–20 м
Д	Косинусна	1,2 – 1,6	2,5 –10 м
Л	Напівширока	1,4 – 2,0	2,5 – 6 м
Ш	Широка	1,6 – 2,2	
М	Рівномірна	1,8 – 2,6	
С	Синусна	2,0 – 2,8	

Таблиця В.3 – Ступінь захисту світильників *IP* за міжнародними стандартами ІЕС 60529

за першою цифрою

Перша цифра	Захист від твердих тіл
0	захист відсутній
1	розміром понад 50 мм
2	розміром понад 12 мм
3	розміром понад 2,5 мм
4	розміром понад 1 мм
5	захист від пилу
6	пилонепроникність

за другою цифрою

Друга цифра	Захист від вологи
0	захист відсутній
1	від краплин води
2	від краплин води при нахилі до 15°
3	від дощу
4	від бризок
5	від водяних струменів
6	від хвиль води
7	від занурення у воду
8	при тривалому зануренні у воду

Приклад: світильник зі ступенем захисту *IP20* є захищеним від твердих часток розміром понад 12мм і не має захисту від вологи.

Таблиця В.4 – Оцінка коефіцієнта запасу k_3

Показники приміщення	Приміщення	Коефіцієнт запасу, k_3	
		лінійні LED-світильники	точкові LED-світильники
Запиленість більше 5 мг/м^3	Цементні заводи, агломераційні фабрики, ливарні, доменні, прокатні цехи	2,0	1.7
Дим, кіпоть $1-5 \text{ мг/м}^3$	Ковальські, мартенівські, збірно-го залізобетону, сталеплавильні цехи	1.9	1.6
Велика концентрація парів кислот, лугів, газів	Хімічні, гальванічні, електролізні цехи	1.8	1.5
Менше 1 мг/м^3	Інструментальні, складальні, механічні цехи	1.6	1.4
Відсутність парів кислот і лугів, запиленість значно менше 1 мг/м^3	Адміністративні, офісні, навчальні, приміщення для креслення, читальні зали, конструкторські бюро, інші допоміжні приміщення	1.4-1,7	1.3

$z = 1,1$ – для лінійних LED-світильників;

$z = 1,15$ – для точкових LED-світильників.

Таблиця В.5 – Оцінка коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення

Відбивальна поверхня	Коефіцієнт відбиття ρ, %
Площина з білою поверхнею (<i>побілена стеля; побілені стіни з вікнами; вікна закриті білими шторами</i>)	70
Площина зі світлою поверхнею (<i>побілені стіни з незавішеними вікнами; побілена стеля в сірих приміщеннях; чиста бетонна та світла дерев'яна стеля</i>)	50
Площина з сірою поверхнею (<i>бетонна стеля у забруднених приміщеннях; дерев'яна стеля; бетонні стіни з вікнами; стіни обклеєні світлими шпалерами</i>)	30
Площина з сірою поверхнею (<i>стіни і стеля в приміщенні з великою кількістю темного пилу; суцільне засклення вікон без штор; червона неоштукатурена цегла; стіни з темними шпалерами</i>)	10

Додаток Г

Вибір коефіцієнтів використання світового потоку світильників

Тип світильника	L/h	ρ_c , %	$\rho_{ст.}$, %	$\rho_{п.}$, %	Коефіцієнт використання світлового потоку η , % при індексі приміщення i																
					0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
					Світильники з люмінесцентними лампами																
SLICK	1,4	70	50	30	25	31	35	38	41	43	45	47	50	52	54	56	58	59	60	61	63
		50	30	10	23	29	33	36	38	40	42	44	46	49	50	52	53	54	56	56	58
		30	10	10	22	26	30	32	35	37	39	41	44	47	48	50	51	52	54	55	57
INOX	1,4	70	50	30	30	34	38	42	45	47	50	53	57	60	62	64	65	67	69	70	72
		50	30	10	25	29	33	36	39	42	44	48	52	54	57	59	60	63	65	66	69
		30	10	10	23	27	30	33	36	40	43	45	48	52	54	56	57	60	62	64	66
FACTORY	1,4	70	50	30	25	29	34	36	40	43	45	47	51	54	56	58	60	63	64	66	68
		50	30	10	23	28	31	34	37	40	42	44	46	49	51	53	53	56	58	62	65
		30	10	10	22	26	30	32	35	37	39	41	44	47	48	50	51	52	54	57	60
ECO	1,5	70	50	30	24	29	33	36	39	42	45	48	53	56	58	60	62	64	65	67	70
		50	30	10	19	24	27	30	33	35	37	40	43	46	48	50	51	53	55	57	59
		30	10	10	16	21	24	27	30	32	34	37	40	43	45	47	48	50	52	54	56
INSEL	1,4	70	50	30	25	31	35	38	41	43	45	47	50	52	54	56	58	59	60	61	63
		50	30	10	23	29	33	36	38	40	42	44	46	49	50	52	53	54	56	56	58
		30	10	10	20	26	30	32	35	37	39	41	44	47	48	50	51	52	54	55	57
ORBITA	1,2	70	50	30	37	44	48	52	56	59	61	64	68	70	73	74	76	78	80	83	86
		50	30	10	32	39	44	47	51	54	56	59	63	66	69	71	72	75	77	79	82
		30	10	10	28	35	40	44	48	50	53	56	60	63	65	67	69	71	73	75	77
LODE-STAR	1,5	70	50	30	30	34	38	41	44	46	48	53	57	59	62	64	65	69	70	72	80
		50	30	10	27	34	39	42	46	49	51	54	58	61	64	66	68	70	72	74	77
		30	10	10	23	30	35	39	43	45	48	51	55	58	60	62	64	66	68	70	72
НВ	1,5	70	50	30	28	32	36	39	42	44	46	51	55	57	60	62	63	67	68	70	78
		50	30	10	25	32	37	40	44	47	49	52	56	59	62	64	66	68	70	72	75
		30	10	10	23	30	35	39	43	45	48	51	55	58	60	62	64	66	68	70	72
Тип світильника	L/h	ρ_c , %	$\rho_{ст.}$, %	$\rho_{п.}$, %	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0

Додаток Д

Варіанти для виконання розрахунку

№ вар	Приміщення, цеха	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	РЗР	h _р , м	ρ _с , %	ρ _{ст} , %	ρ _{ль} , %
1	механічний	60	18	7,6	IVГ	0,7	30	10	10
2	механічний	72	42	6,8	Vб	0,9	50	30	10
3	ливарний	54	18	9	Vв	0,8	30	10	10
4	електролізний	36	12	7	IVГ	1,0	50	30	10
5	механічний	78	36	8,2	Vб	1,0	50	30	10
6	інструментальний	80	38	9	IVГ	0,8	70	50	30
7	складальний	36	18	6,5	IVГ	0,9	70	50	30
8	гальванічний	24	12	6	IVГ	0,7	50	30	10
9	ковальський	60	24	9	Vа	1,0	50	30	10
10	хімічний	36	12	7,5	IVв	0,7	50	30	10
11	кабінет	12	8	4,5	IIIГ	1,0	70	50	30
12	читальна зала	18	10	5	IVа	0,7	70	50	30
13	кімната відпочинку	6	4	4	Vв	0,9	70	50	30
14	адмінприміщення	10	6	5	IIIб	0,8	50	30	10
15	проектна зала	16	10	4,5	IIГ	1,0	70	50	30
16	ЕОМ зала	24	14	5,2	IIIа	0,7	70	50	30
17	лабораторія	14	9	5,5	IVа	1,0	50	30	10
18	доменний	72	30	9	Vб	0,7	30	10	10
19	прокатний	72	24	12	Vв	1,0	50	30	10
20	ливарний	60	14	12	IVГ	0,7	30	10	10
21	електролізний	80	30	9	VГ	0,7	50	30	10
22	мартенівський	56	18	9	Vб	0,9	30	10	10
23	механічний	80	36	8,6	Vв	0,8	50	30	10
24	інструментальний	36	10	6	IVГ	0,7	70	50	30
25	складальний	36	18	4,5	IVГ	1,0	70	50	30
26	гальванічний	120	36	9	Vа	0,7	50	30	10
27	ковальський	24	12	4,5	Vб	1,0	50	30	10
28	хімічний	18	12	5,5	IVв	1,0	50	30	10
29	кабінет	6	4	4	IIIГ	0,7	70	50	30
30	читальна зала	18	10	3,5	IVа	1,0	70	50	30

Додаток Е
Умовні позначення світильників

Найменування	Позначення
Світильник з лампою розжарення, галогенною лампою	
Світильник з компактною люмінесцентною лампою	
Світильник з лінійними люмінесцентними лампами	
Світильник <u>світлодіодний</u> нелінійної форми	
Світильник лінійний <u>світлодіодний</u>	
Світильник з розрядною лампою високого тиску	
Прожектор	
Світильник для аварійного освітлення	

Додаток Ж

Зразок титульного аркушу звіту з лабораторного заняття

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра ОПіНС

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ

з курсу *«Цивільний захист і охорона праці в галузі»*

*«Безпека праці на підприємствах в установах і організаціях
та цивільна безпека»*

«Захист населення, територій, довкілля та виробнича безпека»

*«Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення у
приміщеннях з світлодіодними джерелами світла»*

Виконав: студент гр. _____

(Ім'я та прізвище)

Перевірив:

(Ім'я та прізвище)

20__ р.