

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект модернізації системи освітлення приміщень Початкової школи  
с. Ромашівка Чортківського р-ну Тернопільської області

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи ЕТЗс-41  
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Висоцький В.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Тарасенко М.Г.  
(підпис)

Нормоконтроль Коваль В.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Шовкун О.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Висоцькому Володимиру Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект модернізації системи освітлення приміщень Початкової школи  
с. Ромашівка Чортківського р-ну Тернопільської області

Керівник роботи Тарасенко Микола Григорович, д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «19» квітня 2024 року № 4/7-384

2. Термін подання студентом завершеної роботи 09.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Поверхові плани приміщень, Державні будівельні норми,  
Характеристики світлових приладів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

ВСТУП

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, **слайдів**)

Мета та завдання роботи; Аналіз характеристик об'єкта проектування; Види освітлення приміщень школи; Значення нормованих кількісних та якісних світлотехнічних характеристик системи робочого освітлення приміщень школи; Чисельні значення нормованих світлотехнічних параметрів системи аварійного освітлення приміщень школи; Технічні характеристики світлових приладів для освітлення приміщень школи; Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення за допомогою методу коефіцієнта використання (методика); Результати розрахунку електричної освітлювальної мережі школи по струму навантаження та вибору апаратів захисту; Розрахунок падіння напруги в електричній освітлювальній мережі; Розрахунок падіння напруги в електричній освітлювальній мережі. Загальні висновки до кваліфікаційної роботи



## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТзс – 41. - Т.: ТНТУ, 2024.

Стор. 61; рис. 26; табл. 14; креслень (сторінок презентації) – 21; використаних джерел – 25, сторінок додатків – 2.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Проект модернізації системи освітлення приміщень Початкової школи с. Ромашівка Чортківського р-ну Тернопільської області».

Метою роботи є розроблення проекту модернізації системи внутрішнього освітлення приміщень будівлі Початкової школи с. Ромашівка із врахуванням специфіки освітлення основних приміщень закладів середньої освіти та дошкільних навчальних закладів.

На підставі світлотехнічного та електротехнічного розрахунків запропоновано проект системи робочого та аварійного освітлення приміщень початкової школи.

Ключові слова:

ОСВІТЛЕНІСТЬ, СВІТИЛЬНИК, ПОКАЗНИК ДИСКОМФОРТУ, ПАДІННЯ НАПРУГИ, ЦИЛІНДРИЧНА ОСВІТЛЕНІСТЬ, РОБОЧИЙ СТРУМ, АВАРІЙНЕ ОСВІТЛЕННЯ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	8
1.1 Основні відомості про об'єкт проектування	8
1.2 Вимоги до освітлення приміщень закладів загальної середньої освіти	9
1.3 Вимоги до освітлення основних приміщень закладів дошкільної освіти	14
1.3 Висновки до розділу	15
<b>2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	16
2.1 Вибір виду, системи освітлення та джерел світла для приміщень школи	16
2.2 Вибір нормованих світлотехнічних параметрів систем освітлення приміщень школи	20
2.3 Вибір світлових приладів	22
2.4 Обґрунтування та вибір коефіцієнта запасу та розрахункової висоти	25
2.5 Електрична мережа систем освітлення приміщень школи	28
2.6 Висновки до розділу	29
<b>3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ</b>	32
3.1 Світлотехнічний розрахунок системи загального освітлення приміщень школи	32
3.2 Розрахунок кількісних та якісних світлотехнічних параметрів системи освітлення приміщень школи за допомогою пакету DIALux	36
3.2.1 Розрахунок середньої освітленості від системи робочого освітлення	36
3.2.2 Розрахунок вертикальної та циліндричної освітленості	38
3.2.3 Розрахунок показника дискомфорту	40

3.2.4 Розрахунок аварійного освітлення	42
3.3 Розрахунок електричних освітлювальних мереж систем освітлення школи	43
3.3.1 Розрахунок по струму навантаження та вибір апаратів захисту	43
3.3.2 Розрахунок падінь напруги в електричній освітлювальній мережі	46
3.4 Висновки до розділу	49
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<b>50</b>
4.1 Ефективність заходів щодо забезпечення техніки безпеки та охорони праці	50
4.2 Фактори, які впливають на наслідки уражень електричним струмом	51
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ</b>	<b>55</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<b>57</b>
<b>ДОДАТОК А</b>	<b>60</b>

## ВСТУП

Одним із вагомих факторів ефективної організації навчального та виховного процесу в закладах освіти є забезпечення необхідних умов для роботи як здобувачів освіти, так і працюючого персоналу. Важливу роль при цьому відіграє саме освітлення, оскільки відомо що близько 90 % інформації надходить саме через зоровий апарат. Світловий мікроклімат виступає не лише, як важлива умова роботи апарату зору, але й як один із основних біологічних чинників розвитку дитячого та підліткового організму. Тому надважливе значення під час навчального процесу має правильно та раціонально запроектоване освітлення, оскільки недостатні умови освітлення в навчальних закладах можуть призвести до розвитку короткозорості., а надмірна кількість світла може призвести до зміни природної активності усіх життєвих процесів організмів дітей. Звідси однією із основних вимог, котрі висуваються до систем освітлення навчальних закладів є забезпечення приміщень закладів освіти достатньою кількістю світла.

Цього можна досягти за рахунок виконання вимог, наведених в нормативній документації, щодо кількісних та якісних світлотехнічних параметрів систем освітлення. Отже, **актуальною** є задача, яка пов'язана із проектуванням та розрахунком систем освітлення приміщень будівель закладів середньої освіти та дошкільної освіти, за допомогою яких можна забезпечити необхідні рівні як кількісних, так і якісних світлотехнічних параметрів.

Метою даної роботи є проектування модернізованої системи внутрішнього освітлення Початкової школи, розміщеної в с. Ромашівка Чортківського р-ну Тернопільської області.

Завдання:

- вибір нормованих значень кількісних та якісних світлотехнічних параметрів систем освітлення шкільних приміщень, а також приміщень закладів дошкільної освіти;

- обґрунтований вибір джерел світла та світлових приладів із врахуванням нормативних вимог;

- світлотехнічний розрахунок систем робочого та аварійного освітлення приміщень;
- проектування електричної освітлювальної мережі, її розрахунок та вибір апаратів захисту.



## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Основні відомості про об'єкт проектування

Початкова школа с. Ромашівка є комунальним закладом відділу освіти, молоді та спорту Білобожницької сільської ради Чортківського району Тернопільської області. Будівля закладу розміщена на вулиці Шевченка 6 у с. Ромашівка Чортківського району Тернопільської області [1].

Будівля школи (рис. 2.1), яку було збудовано та здано в експлуатацію в 1970 р., являє собою двоповерхову споруду із сумарною площею приміщень 1229 м<sup>2</sup>.



Рисунок 1.1 – Зображення будівлі Початкової школи с. Ромашівка

На першому поверсі розміщено 17 приміщень сумарною площею 693 м<sup>2</sup>, до яких відносяться:

- навчальні кабінети (площа 232 м<sup>2</sup>);
- спортзал (площа 162 м<sup>2</sup>);
- приміщення харчоблоку: їдальня, посудомийна, кухня, кладові (площа 82 м<sup>2</sup>);
- коридорне приміщення (площа 161 м<sup>2</sup>);
- роздягальня (площа 16 м<sup>2</sup>);

інвентарна (площа 17 м<sup>2</sup>);  
приміщення санвузлів (площа 10 м<sup>2</sup>);  
електрощитова (площа 5 м<sup>2</sup>).

Сумарна площа приміщень другого поверху становить 537 м<sup>2</sup>, до яких відносяться:

навчальні кабінети (площа 196 м<sup>2</sup>);  
робочі кабінети: учительська та кабінет директора (площа 51 м<sup>2</sup>);  
коридорне приміщення (площа 175 м<sup>2</sup>);  
музей вишивки (площа 47 м<sup>2</sup>);  
приміщення санвузлів (площа 10 м<sup>2</sup>).

У 2021 р. частина приміщень початкової школи стали використовуватись як приміщення Закладу дошкільної освіти (дитячий садок) с. Ромашівка. Зокрема навчальні кабінети першого поверху використані під ігрові, спальні кімнати та актовий зал.

Висота усіх приміщень, окрім спортзалу, становить 3,3 м. Висота спортзалу – 6,0 м.

## **1.2 Вимоги до освітлення приміщень закладів загальної середньої освіти**

За функціональним призначенням у шкільних будівлях розрізняють основні приміщення, до яких відносяться класні кімнати, навчальні кабінети, лабораторії, спортивні зали, слюсарні та столярні майстерні, а також майстерні для трудового навчання дівчаток та допоміжні приміщення – приміщення для денного сну, ігрові, гардеробні, рекреаційні приміщення, бібліотека, медичний кабінет, буфет, їдальня, умивальні й туалетні кімнати та приміщення іншого (не навчального) призначення.

Нормовані значення кількісних та якісних характеристик систем освітлення приміщень різного призначення закладів освіти приводяться в ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [2].

Кількісною характеристикою систем освітлення приміщень закладів освіти, є освітленість горизонтальної чи вертикальної поверхонь.

Під освітленістю  $E$  елемента  $dA$  поверхні розуміється густина світлового потоку на елементі поверхні, на яку він падає, тобто це відношення елементарного світлового потоку  $d\Phi$  площі елемента поверхні  $dA$ :

$$E = \frac{d\Phi}{dA}. \quad (1.1)$$

Якщо світловий потік  $d\Phi$  виразити як

$$d\Phi = I \cdot d\Omega = I \cdot \frac{dA}{l^2} \cdot \cos \theta, \quad (1.2)$$

та підставити в (1.1), то отримаємо

$$E = \frac{I}{l^2} \cdot \cos \theta, \quad (1.3)$$

де  $I$  – сила світла в напрямку до розрахункової точки;

$d\Omega$  – тілесний кут в межах якого випромінюється  $d\Phi$ ;

$\theta$  – кут між нормаллю та силою світла в напрямку  $dA$  (рис. 1.2).

$l$  – відстань від джерела світла до розрахункової точки.

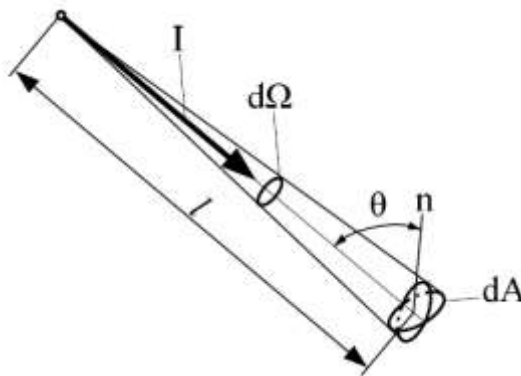


Рисунок 1.2 – Геометрична схема для визначення освітленості

Якщо необхідно розрахувати освітленість на поверхні кінцевих розмірів площею  $A_0$ , від джерела світла із рівномірним розподілом випромінювального світлового потоку  $\Phi_0$ , то середня освітленість поверхні

$$E = \frac{\Phi_0}{A_0}. \quad (1.4)$$

Типи та значення нормованої освітленості основних приміщень закладів освіти визначається їх призначенням та зоровою роботою, яка в них виконується. Майже для всіх типів основних приміщень регламентованим кількісним показником є середня освітленість горизонтальних робочих або умовно-робочих поверхонь, розміщених на рівні 0,8 м над підлогою. Винятками є такі приміщення, як актові зали, кімнати відпочинку та рекреацій, де нормовані значення середньої горизонтальної освітленості повинні забезпечуватись на рівні підлоги. Нормована середня освітленість горизонтальних робочих або умовно-робочих поверхонь може набувати значень від 150 лк (відпочинкові та рекреаційні кімнати) до 500 лк (кімнати призначені для технічного креслення та малювання).

Для деяких приміщень необхідно передбачити забезпечення нормованих значень освітленості у точках вертикальних поверхонь. Такими точками є середина дошки навчальних кабінетів, екрани дисплеїв в кабінетах інформатики, точки, розміщені по обох сторонах поздовжніх осей на висоті 2,0 м від підлоги в приміщеннях спортивних залів, точки на висоті 1,5 м естрад актових залів. Числові значення нормованої освітленості вертикальних поверхонь становлять від 75 лк (спортивні зали) до 500 лк (навчальні кабінети).

До якісних характеристик відносяться циліндрична освітленість, показник дискомфорту та показник пульсацій.

Циліндрична освітленість  $E_{\text{ц}}$  характеризує насичення приміщення світлом.  $E_{\text{ц}}$  визначається, як середня густина світлового потоку, котрий падає на поверхню вертикально розташованого прямого циліндра з нескінченно малими розмірами висота та радіуса основи:

$$E_{\text{ц}} = \lim_{\substack{D \rightarrow 0 \\ h_{\text{ц}} \rightarrow 0}} \frac{\Delta\Phi}{S_{\text{ц}}}, \quad (1.5)$$

де  $\Delta\Phi$  – світловий потік, котрий падає на бічну поверхню циліндра;

$S_{\text{ц}}$  – площа бічної поверхні циліндра нескінченно малих розмірів з діаметром основи  $D$ ; та висотою  $h_{\text{ц}}$  (рис. 1.3) [3, 4].

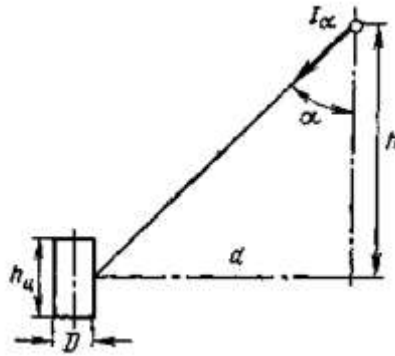


Рисунок 1.3 – Геометрична схема для розрахунку  $E_{ц}$

При розрахунку циліндричної освітленості використовуються інженерні методики, котрі визначаються в залежності від розмірів світних елементів відносно до розмірів між ними та розрахунковою точкою.

Циліндрична освітленість має забезпечуватись на підлозі актового залу.

Нерівномірність розподілу яскравості в полі зору спостерігача викликає неприємні відчуття, які є результатом наявності в полі зору світлових плям з яскравістю, котра значно перевищує яскравість адаптації спостерігача [3]. Критерієм оцінки дискомфортної блискавості є показник дискомфорту  $M$ , який розраховується на основі формул [2 – 4]:

$$M = 10^{\frac{UGR+4,8}{16}}, \quad (1.6)$$

$$UGR = 8 \cdot \lg \left[ \frac{0,25}{L_{\phi}} \cdot \sum_{i=1}^{i=N} \frac{L_i^2 \cdot \omega}{P_i^2} \right], \quad (1.7)$$

де  $UGR$  – об'єднаний показник дискомфорту;

$L_{\phi}$  – яскравість фону;

$L_i$  – габаритна яскравість  $i$ -го блискучого джерела в напрямку зору спостерігача;

$\omega$  – розмір тілесного кута світного елемента;

$p_i$  – індекс, котрий визначає позицію  $i$ -го світного елемента відносно зорової лінії спостерігача.

Для основних приміщень закладів освіти показник дискомфорту повинен становити не більше, ніж від 15 (кабінети інформатики) до 90 (актові зали, кімнати рекреації та відпочинку).

Коефіцієнт пульсацій  $K_{II}$  визначається, як відношення різниці між максимальною  $E_{\max}$  та мінімальною  $E_{\min}$  за період коливання  $T$  освітленістю до її середньоквадратичного значення  $E_{\text{сеп}}$  [3]:

$$K_{II} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2 \cdot E_{\text{сеп}}} \cdot 100, \quad (1.8)$$

$$E_{\text{сеп}} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T E(T) dt. \quad (1.9)$$

Для усіх основних приміщень закладів освіти коефіцієнт пульсацій не повинен перевищувати 10 %.

Крім того, для основних приміщеннях закладів освіти приводяться рекомендації для оптимізації світлового мікроклімату. Ці рекомендації полягають у:

- наближенні коефіцієнтів відбивання світлового потоку стелі, стін та підлоги відповідно до значень 0,8 0,5 та 0,3, що дозволяє забезпечити оптимальні співвідношення між яскравістю поверхонь книги та предметів навколишнього простору;

- використанні ефективних світлових приладів з часткою світлового потоку в нижню півсферу в зоні випромінювання від 0 до 30° менше 35 %.

- оптимальному значенні контрасту для забезпечення можливості розрізнення рельєфних об'єктів;

- розміщенні робочих місць учнів таким чином, щоб світлопройоми вікон були б розміщені від них ліворуч;

- матових або неблискучих покриттях робочих поверхонь парт з коефіцієнтом відбивання 0,11 – 0,45;

- зеленому, темно-коричневому або темно-блакитному кольорі поверхні класної дошки з коефіцієнтом відбивання світлового потоку в межах від 0,1 до 0,2.

### **1.3 Вимоги до освітлення основних приміщень закладів дошкільної освіти**

До основних приміщеннями закладів дошкільної освіти належать: групові (житлові) осередки, кабінети медичного призначення, приймально-карантинні відділення, зали для проведення фізкультурних та музичних занять, комп'ютерні зали, тощо. Усі основні приміщення дошкільних навчальних закладів повинні забезпечуватись природним освітленням. При цьому доцільною є тривалість інсоляції основних зазначених приміщень на рівні не менше, ніж 3 годин на день [5], а мінімальний коефіцієнт природної освітленості повинен становити 1,5 % [2, 5]. Якщо при проведенні занять природного освітлення недостатньо, то необхідним є використання систем штучного освітлення.

Проектування штучного освітлення приміщень будівель закладів дошкільної освіти виконується із виконанням вимог, наведених в ДБН В.2.2-4:2018 [6], Санітарному регламенті для дошкільних навчальних закладів [5], ДБН В.2.5-23:2010 [7], Правил улаштування електроустановок [8].

У відповідності із [6] основною кількісною світлотехнічною характеристикою систем освітлення приміщень будівель дошкільних закладів є нормована середня освітленість горизонтальних поверхонь, котра згідно із Додатком 2 [6] повинна забезпечуватись на рівні підлоги чи висоті 0,8 м над підлогою. Чисельні значення середньої горизонтальної освітленості варіюються в межах від 75 лк (на підлозі туалетів) до 400 лк на поверхнях підлоги залів для проведення фізкультурних та музичних занять, кімнат для використання технічних засобів навчання.

Проте, відповідно до вимог, наведених в [2] для приміщень будівель такого типу регламентуються і якісні світлотехнічні характеристики систем освітлення.

Цими характеристиками є показник дискомфорту та показник пульсацій. Показник дискомфорту не повинен перевищувати значень від 15 (для приміщень ігрових, їдалень, залів для музичних та фізкультурних занять) до 60 (для приміщень роздягалень садових груп).

Показник пульсацій для усіх типів основних приміщень закладів дошкільної освіти не повинен перевищувати 10 %.

#### **1.4. Висновки до розділу**

1. Наведено основні відомості про об'єкт проектування. Встановлено, що приміщення будівлі школи використовуються як навчальні для учнів початкових класів, так і для учнів закладу дошкільної освіти.

2. Проаналізовано основні вимоги щодо освітлення приміщень будівель закладів середньої та дошкільної освіти. Визначено, що основними нормованими світлотехнічними характеристиками при проектуванні систем освітлення приміщень будівель такого типу є освітленість вертикальних та горизонтальних поверхонь, циліндрична освітленість, показник дискомфорту та показник пульсацій освітленості.

3. Метою даної роботи є розроблення проекту модернізації системи внутрішнього освітлення приміщень будівлі Початкової школи с. Ромашівка із врахуванням специфіки освітлення основних приміщень закладів середньої освіти та дошкільних навчальних закладів. Для досягнення цієї мети в роботі необхідно виконати наступне: вибір систем освітлення; вибір нормованих значень світлотехнічних характеристик систем освітлення; вибір джерел світла та світильників; світлотехнічний розрахунок систем освітлення приміщень; проектування та розрахунок електричної освітлювальної мережі.



## 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір виду, системи освітлення та джерел світла для приміщень школи

Класифікацію систем освітлення приведено на рис. 2.2. За призначенням, освітлення поділяється на [2, 4]:

- робоче – використовується для забезпечення рівнів значень нормованих характеристик в звичайних режимах роботи системи освітлення та її електропостачання;

аварійне – для забезпечення візуальних умов для продовження діяльності (резервне освітлення) або для безпечної евакуації людей з приміщень в разі припинення або порушення роботи чи електропостачання робочого освітлення;

охоронне – для освітлення меж периметру території, котра охороняється;

чергове освітлення – освітлення протягом неробочого часу

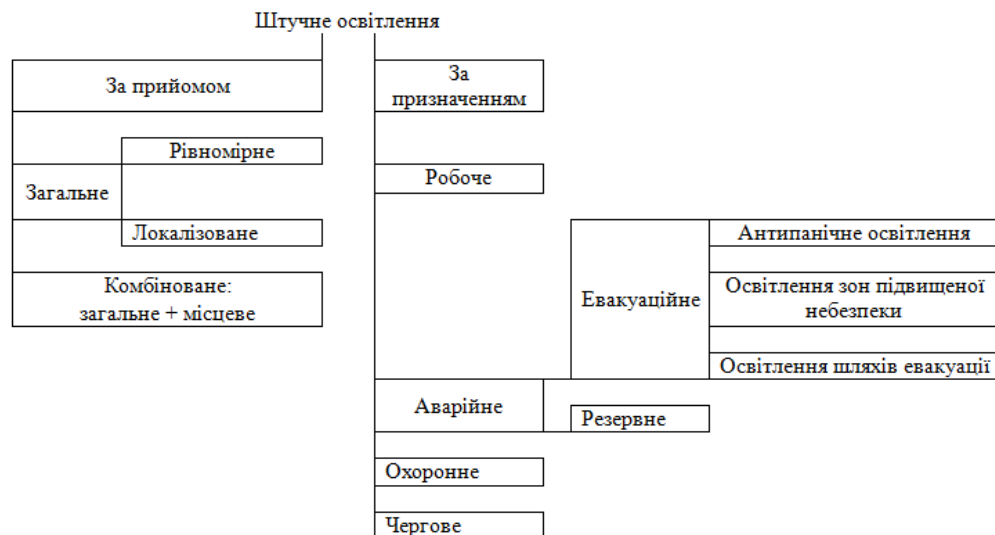


Рисунок 2.2 – Класифікація систем освітлення

Відповідно до ДБН В.2.2 – 3:2018. «Будинки і споруди. Заклади дошкільної освіти» [9] в приміщеннях закладів освіти необхідно застосовувати:

робоче освітлення – для освітлення усіх приміщень;

аварійне освітлення (резервне) – в приміщеннях електрощитових, камер

вентиляційних, теплових вузлів, насосних, кіноапаратних, медичних пунктів, пожежних постів;

аварійне (евакуаційне) освітлення – в прохідних приміщеннях, а також в приміщеннях коридорів, холів, вестибюлів, на сходових клітках, а також у фізкультурно-спортивних залах, роздягальнях, басейнах та їдальнях;

чергове освітлення – в приміщеннях вестибюлів, коридорів, актових та конференцзалів.

Для усіх приміщень школи застосуємо систему робочого освітлення.

Відповідно до рекомендацій, наведених в [2] евакуаційне освітлення застосовується для таких випадків:

освітлення шляхів евакуації – перед кожним евакуаційним виходом; в коридорах та проходах, через які пролягають шляхи евакуації, а також в місцях їх перетину; в місцях перепадів рівнів підлоги; на сходах; в зонах кожної зміни шляху; в місцях розміщення засобів зв'язку, первинних засобів пожежогасіння, плану евакуації; перед кожним виходом з будівлі ззовні;

антипанічне освітлення – для приміщень площею понад 60 м<sup>2</sup> за умови одночасного перебування в них 30 та більше людей;

освітлення зон підвищеної небезпеки – для зон, де виконуються операції з високим рівнем ризику.

На підставі вищенаведеного вибираємо системи освітлення для приміщень (табл. 2.1).

За прийомом виберемо систему загального рівномірного освітлення, при використанні якої світильники розміщуються на стелі або близько до неї, а відстань між ними та їх рядами залишається незмінною.

Крім того, для приміщень навчальних кабінетів, ігрових, кабінету директора та учительської виберемо систему місцевого освітлення, світлові прилади для якої будуть живитись від електричних розеток, розміщених поблизу столів учителів та вихователів.

Ремонтне освітлення в електрощитовій передбачимо встановленням понижувального трансформатора.

Для освітлення усіх приміщень школи, за винятком для приміщень ігрових та спальних кімнат, зупинимо вибір на напівпровідникових джерелах світла, котрі володіють такими перевагами:

- високий рівень світлової віддачі – від 140 до 250 лм/Вт;
- тривалий срок служби – від 50 до 100 тис. год;
- високий індекс передавання кольору – від 85 до 97.

Таблиця 2.1 – Види освітлення приміщень школи

Призначення приміщень (позначення на плані)	Вид освітлення
Кладові (101, 103), посудомийна (102), роздягальна (107), інвентарна (108), туалетні приміщення (110, 111, 207, 208), ігрові кімнати (113, 115), навчальні кабінети (201, 209 – 211, 213), кабінет директора (202), музей вишивки (204, 205), складське приміщення (208), учительська (212), кабінет інформатики (214)	Робоче
Спальні (112, 114)	Робоче
	Чергове
Електрощитова (109)	Робоче
	Аварійне (резервне, ремонтне)
Коридорні приміщення (105, 203), сходи (218)	Робоче
	Аварійне (освітлення шляхів евакуації)
	Чергове
Кухня (117)	Робоче
	Аварійне (освітлення зон підвищеної небезпеки)
Їдальня (104), спортзал (106), актовий зал (116)	Робоче
	Аварійне (антипанічне)

\*Примітка – ремонтне освітлення передбачається для приміщення електрощитової

Крім того, для таких джерел світла притаманним є майже миттєве запалювання та перезапалювання. Відсутність ртуті в їх складі робить світлодіоди екологічно чистими та економічними з точки зору відсутності

необхідності застосування додаткових спеціальних методів утилізації, що знижує вартість експлуатаційних витрат системи освітлення.

Відповідно до вимог, наведених на ст. 33 [9], для освітлення приміщень використаємо світильники із напівпровідниковими джерелами світла нейтрально-білого свічення, корельована колірна температура яких становить 4000 К, спектральна характеристика випромінювання яких представлена кривою 2 на рис. 2.2

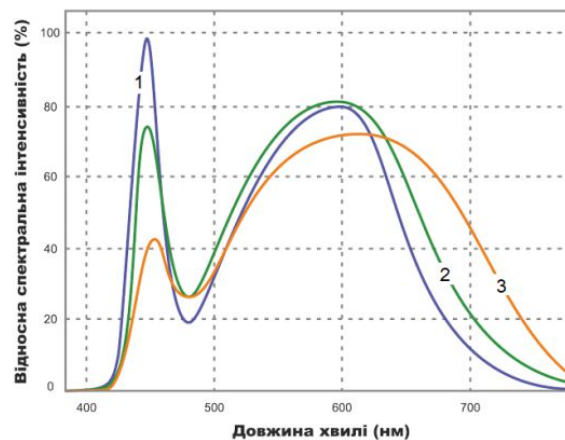


Рисунок 2.2 –Графіки спектральних характеристик випромінювання світлодіодів: 1 – холодно-біле свічення, 2 – нейтрально-біле свічення, 3 – тепло-білого свічення.

Відповідно до вимог, наведених в абзаці 4 пункту 5 розділу IV [6] для освітлення групових кімнат та спалень застосуємо люмінесцентні лінійні лампи типу ЛБ (Т8), спектральну характеристику випромінювання яких приведено на рис. 2.3 [10].

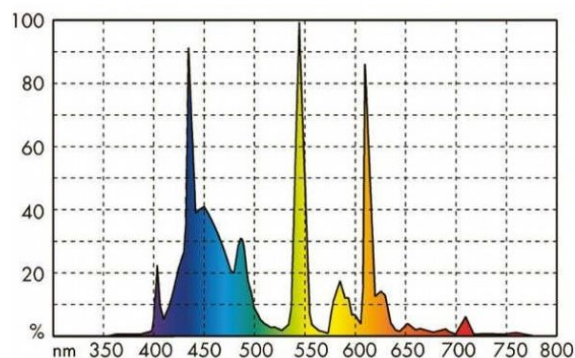


Рисунок 2.3 – Спектр випромінювання лампи типу ЛБ

## 2.2 Вибір нормованих світлотехнічних параметрів систем освітлення приміщень школи

Виберемо нормовані світлотехнічні параметри систем освітлення приміщень школи, виходячи із вимог, наведених в [2] та [6]. Основним кількісним світлотехнічним параметром, як було зазначено в аналітичному розділі, є середня освітленість горизонтальної та вертикальної площин в залежності від призначення приміщення. Крім того, якісними нормативними світлотехнічними параметрами для систем робочого освітлення навчальних приміщень є показник дискомфорту  $M$ , а для приміщення актового залу – ще й циліндрична освітленість  $E_{\text{ц}}$ . Значення вибраних світлотехнічних нормованих параметрів приміщень школи подані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення нормованих кількісних та якісних світлотехнічних характеристик системи робочого освітлення приміщень школи

Тип приміщень	Позначення на плані	$E$ , лк	Тип та висота робочої поверхні	$M$ , не більше
Навчальні кабінети	201, 209 – 211, 213	400	Г – 0,8	40
		500	В – середина дошки	
Кабінет інформатики	214	200	В – екран дисплея	25
		400	Г – 0,8	
Ігрові кімнати	113, 115	400	Г – підлога	25
Спальні кімнати	112, 114	150	Г – підлога	25
Кабінет директора, учительська	202, 212	300	Г – 0,8	40
Актовий зал (зал для музичних занять)	116	400	Г – підлога	25
		75	Ц	
Музей вишивки	204, 205	200	Г – 0,8	60
		75	Ц	
Роздягальня	107	75	Г – підлога	
Інвентарна	108	50	Г – 0,8	
Їдальня	104	200	Г – 0,8	60
		75	Ц	
Кухня	117	200	Г – 0,8	60

Продовження таблиці 2.2

Тип приміщень	Позначення на плані	$E$ , лк	Тип та висота робочої поверхні	$M$ , не більше
Спортивний зал	106	200	$\Gamma - 0,0$	60
		75	$B - 2,0$ від підлоги на поздовжній осі приміщення	
Посудомийна	102	150	$\Gamma - 0,8$	60
Кладові, складське приміщення	101, 103, 208	150	$\Gamma - 0,8$	
Електрощитова	109	150	$\Gamma - 0,8$	40
			$B - 1,5$ (на щитах)	
Туалетні приміщення	110, 111	200	$\Gamma -$ підлога	25
Туалетні приміщення	207, 208	75	$\Gamma -$ підлога	
Коридори	105, 203	75	$\Gamma -$ підлога	
Сходи	118	100	$\Gamma -$ підлога	

Чисельні значення нормованих світлотехнічних параметрів системи аварійного освітлення приміщень школи приведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Чисельні значення нормованих світлотехнічних параметрів системи аварійного освітлення приміщень школи

Тип приміщень	Позначення на плані	Вид аварійного освітлення	$E_{min}$ ( $E_{сеп}$ ), лк	$E_{max}/E_{min}$ , не менше
Кухня	117	Евакуаційне – освітлення зон підвищеної небезпеки	20	10:1
Електрощитова	109	Резервне	(45)	
Спортивний зал, актовий зал, їдальня	106, 116, 104	Антипанічне	1,0	40:1
Коридорні приміщення (105, 203), сходи (118)	105, 203, 218	Освітлення шляхів евакуації		

### 2.3 Вибір світлових приладів

Для усіх приміщень школи для системи загального робочого освітлення виберемо світлові прилади, монтаж яких виконується на стелю.

В якості світлових приладів для освітлення навчальних кабінетів, робочих кабінетів, музеїв вишивки та актового залу виберемо світлодіодні світильники типу ДПО26В (рис. 2.4). Цей тип світильника призначений для використання в системах загального освітлення приміщень громадських, адміністративних та навчальних будівель [11]. Для забезпечення виконання вимог, наведених на ст. 33 [9], зупинимо свій вибір на модифікації світильників, корельована колірна температура яких становить 4000 К. Криву сили світла цього світильника представлено на рис. 2.5, а його технічні характеристики – у табл. 2.4.



Рисунок 2.4 – Зображення світлового приладу типу ДПО26В

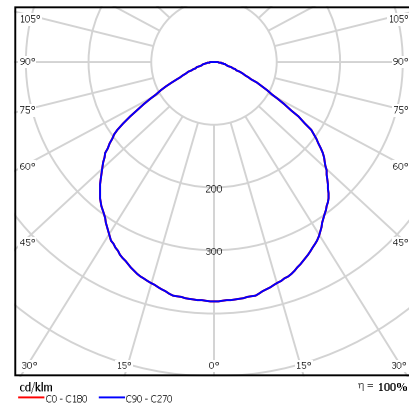


Рисунок 2.5– Крива сили світла світильника типу ДПО26В

Для системи освітлення спортивного залу зупинимо вибір на світильниках марки ДПП27У Effect LED, зображення якого приведено на рис. 2.6 [12]. Виконання монтажу таких світильників здійснюється на горизонтальну поверхню, а їх використання в освітленні спортзалів є можливим завдяки наявності в деяких модифікаціях захисної решітки. Завдяки наявності в деяких модифікаціях блоку аварійного живлення можливим є використання цих світильників в системах аварійного освітлення. Технічні характеристики ДПП27У Effect LED приведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики світлових приладів для освітлення приміщень школи

Технічна характеристика	Тип світлових приладів								
	ДПО26В	ДПП27У Effect LED	KANLUX S.A. NOTUS 3WS EVG 418 NT	ДББ37У Селена- LED-3	ДПП07В	ДПП05В	ДПП06У	ДБО02ВСП	
Потужність, Вт	20 ... 50	80 ... 240	18*	20	20 ... 50	8, 15	8	3	
Світловий потік, лм	2400 ... 6000	9600 ... 28800	1350*	2400	2450 ... 6050	860, 1800	835	360	
Світлова віддача, лм/Вт	120	120 ... 130	75*	120	121	120	104	103	
Тип КСС	Д	К, Г, Л	Д	Д	Д	Д	Д	Д	
Корельована колірна температура, К	3000 ... 5700	4000							
Коефіцієнт активної потужності	0,95	0,95	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95		
Ступінь пиловологозахисту	IP20	IP65	IP20	IP40	IP65	IP65	IP65	IP65	
Клас електрозахисту	I								
Час роботи в аварійному режимі, год	-	3	-	-	-	-	3	3	
Приміщення, де застосовуються	104, 105, 116, 201 – 205, 209 – 214	106	19 – 22	107 – 110, 118, 37, 38	102, 117	206	109, 118	117	104 – 106, 116, 203
Вид освітлення Робоче – Р Аварійне – А	Р	Р, А	Р	Р			Р, А	А	А

\*Вказано технічні характеристики лампи



Для освітлення спальних та ігрових кімнат застосуємо світильник типу KANLUX S.A. NOTUS 3WS EVG 418 NT [13] з люмінесцентними лампами PHILIPS MASTER TL-D Super 80 18W/840 [14], корельована колірна температура якої становить 4000 К.



Рисунок 2.6 – Зображення світлового приладу ДПП27У Effect LED



Рисунок 2.7 – Зображення світлового приладу KANLUX S.A. NOTUS 3WS EVG 418 NT



Рисунок 2.9 – Зображення світлового приладу ДББ37У Селена-LED-3



Рисунок 2.10 – Зображення світлового приладу ДПП07В



Рисунок 2.11 – Зображення світлового приладу ДПП06У



Рисунок 2.12 – Зображення світлового приладу ДБ02ВСП

В системах робочого освітлення коридорів, роздягальні, туалетів приміщень, кладової та інвентарної використовуємо світильники типу ДББ37У Селена-LED-3 (рис. 2.8) [15]. Для освітлення приміщень кухні та посудомийної застосуємо світильник типу ДПП07В (рис. 2.10) [16], а для освітлення складського приміщення – ДПП05В [17].

Для приміщень кухні, електрощитової та сходів передбачимо використання світлових приладів, котрі одночасно можна було б використовувати для робочого та аварійного освітлення. Для цього виберемо світлові прилади типу ДПП06У (рис. 2.11) з блоком аварійного живлення [18]. Суть роботи цих приладів полягає у наступному. При наявності напруги в мережі живлення світлодіодів здійснюється від драйвера світильника та відбувається заряджання акумуляторної батареї. При припиненні подачі напруги світлодіоди живляться від акумуляторної батареї. Застосування таких світлових приладів дозволяє жити їх від щитів робочого освітлення.

В установках аварійного евакуаційного та антипанічного освітлення приміщень коридорів, їдальні, актового залу використаємо аварійні світлові покажчики ДБО02ВСП (рис. 2.12) [19], котрі можуть використовуватись як і світлові прилади. Крім того, ці світлові прилади використаємо в системі чергового освітлення коридорних приміщень.

#### **2.4 Обґрунтування та вибір коефіцієнта запасу та розрахункової висоти**

Крім значень нормованих світлотехнічних параметрів, а також світлотехнічних характеристик світлових приладів вихідними даними при виконанні світлотехнічних розрахунків є значення висоти встановлення світлових приладів відносно розрахункової поверхні чи точки (розрахункова висота) та коефіцієнт запасу, котрий враховує зниження світлового потоку світлових приладів внаслідок їх старіння, забруднення, запилення приміщення.

Висота  $h_p$  розміщення світлових приладів відносно розрахункової горизонтальної поверхні над горизонтальними розрахунковими поверхнями розраховується на основі формули [3, 4]:

$$h_p = h - h_n - h_{p.n.}, \quad (2.1)$$

де  $h$  – висота приміщення (відстань від підлоги до стелі);

$h_n$  – висота підвісу, тобто відстань між нижнім краєм випромінювальної поверхні світильника до внутрішньої поверхні стелі у приміщенні;

$h_{p.n.}$  – висота розміщення робочої чи умовно-робочої горизонтальної поверхні над підлогою.

Значення висоти приміщень становлять:

- для спортзалу –  $h = 6,0$  м ;

- для решти приміщень, окрім сходів –  $h = 3,3$  м.

З характеристик приміщень будівлі визначаємо, що для приміщення спортивного залу, а для решти приміщень –  $h = 3,3$  м.

Значення  $h_n$  отримуємо, виходячи із габаритних розмірів світлових приладів [11 – 13, 15 – 19]:

для світильників ДПО26В –  $h_n = 0,042$  м ; ;

для світильників ДПП27У Effect LED –  $h_n = 0,055$  м ;

для світильників KANLUX S.A. NOTUS 3WS EVG 418 NT –  $h_n = 0,075$  м ;

для світильників ДББ37У Селена-LED-3 –  $h_n = 0,067$  м ;

для світильників ДПП07В –  $h_n = 0,070$  м ;

для світильників ДПП05В –  $h_n = 0,090$  м ;

для світильників ДПП06У –  $h_n = 0,064$  м.

Значення висоти робочої або умовно-робочої поверхні приведено виберемо зі значень, приведених в табл. 2.2. Підставивши чисельні значення для  $h$ ,  $h_n$  та  $h_{p.n.}$  у формулу (2.1), розрахуємо значення  $h_p$  для приміщень із висотою робочої поверхні  $h_{p.n.} = 0,8$  м та світильниками ДПО26В:

$$h_p = 3,3 - 0,042 - 0,8 \approx 2,46 \text{ м.}$$

Для решти приміщень висоту  $h_p$  визначаємо аналогічно. Результати розрахунків представлено в табл. 2.4.

Коефіцієнт запасу  $K_3$  визначимо, виходячи із формул [2]:

$$K_3 = \frac{1}{MF}. \quad (2.2)$$

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (2.3)$$

де  $MF$  – коефіцієнт експлуатації;

$LLMF$  – коефіцієнт, що враховує зниження світлового потоку джерел світла в світлових приладах, залежно їх часу експлуатації;

$LSF$  – коефіцієнт, що враховує частку кількості працюючих в заданих умовах світлових приладів в приміщенні до їх загальної кількості;

$LMF$  – коефіцієнт експлуатації світильників;

$RSMF$  – коефіцієнт експлуатації поверхонь, котрі обмежують простір приміщення, для якого ведеться розрахунок.

Таблиця 2.4 – Результати визначення розрахункової висоти

Приміщення	$h_{p.n.},$ м	Світлові прилади						
		ДПО26В	ДПП27У Effect LED	KANLUX S.A. NOTUS 3WS EVG 418 NT	ДББ37У Селена- LED-3	ДПП07В	ДПП05В	ДПП06У
201, 209, 211, 213, 116, 202, 212, 204, 205, 104, 117, 102, 101, 103, 208	0,8	2,46			2,46	2,43	2,41	2,44
106			5,96					
Решта приміщень	0,0	3,26		3,23	3,23			

Для приміщень школи приймемо наступні значення коефіцієнтів.

Для приміщень, в яких використовуються світлові прилади із напівпровідниковими джерелами світла, на основі табл. 3.4 [2], приймаємо  $LLMF = 0,85$ ,  $LSF = 1$ .

Для приміщень ігрових та спальних кімнат, де використовуються світильники із люмінесцентними лампами, на основі табл. В.4 [2], приймаємо

$$LLMF = 0,90, LSF = 0,98.$$

На підставі табл. В1 [2] встановлюємо, що всі приміщення відповідають класу чистоти С (Clean).

Із табл. В5, що на стор. 62 [2], визначаємо, що при періодичності чистки світлових приладів 1 раз на рік коефіцієнти експлуатації  $LMF$  для світлових приладів становлять:

- ДПО26В, ДББ37У Селена-LED-3, KANLUX S.A. NOTUS 3WS EVG 418 NT –  $LMF = 0,88$ ;

- ДПП27У Effect LED, ДПП05В, ДПП07В, ДПП06У та ДБО02ВСП –  $LMF = 0,95$ .

Значення коефіцієнта  $RSMF$ , виходячи із табл. В6 [2], становить  $RSMF = 0,95$ .

Підставивши значення коефіцієнтів у формули (2.2) та (2.3), отримаємо:

- для приміщень ігрових та спальних кімнат:

$$MF = 0,9 \cdot 0,98 \cdot 0,88 \cdot 0,94 = 0,73,$$

$$K_s = \frac{1}{0,73} = 1,37;$$

- для складського, а також приміщень спортзалу, посудомийної, кухні, електрощитової та для аварійного освітлення:

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,94 = 0,76,$$

$$K_s = \frac{1}{0,76} = 1,32;$$

- для решти приміщень:

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 0,94 = 0,71,$$

$$K_s = \frac{1}{0,71} = 1,41.$$

## 2.5 Електрична мережа систем освітлення приміщень школи

На підставі результатів світлотехнічного розрахунку, виконаному в

розрахунковому розділі встановлено, що сумарна потужність усіх світлових приладів робочого та аварійного освітлення, котрі забезпечують виконання нормативних світлотехнічних вимог становить 9,611 кВт.

Живлення світлових приладів систем робочого та аварійного освітлення приміщень школи виконаємо по групових лініях, котрі відходять від двох щитів освітлення ЩО1 та ЩО2, розміщених в коридорних приміщеннях, позначених на планах 105 та 203 відповідно. Живлення цих щитів планується по окремих лініях від ввідного розподільчого пристрою, котрий розміщений в електрощитовій, котру позначено на плані 109.

Оскільки світлові прилади систем аварійного освітлення оснащені власними джерелами автономного живлення джерел світла (блоками аварійного живлення), то їх живлення виконаємо окремими груповими лініями від щитів робочого освітлення ЩО1 та ЩО2, що є допустимим відповідно до п. 6.1.28 Правил улаштування електроустановок [20].

Інформацію щодо групових ліній щитів освітлення приміщень школи приведено в табл. 2.5.

Для живлення щитів освітлення та групових ліній виберемо кабель марки ВВГнг [21] із кількістю жил відповідно 5 та 3.

## **2.6 Висновки до розділу**

1. Для робочого та аварійного освітлення усіх приміщень школи, за винятком спальних та ігрових кімнат, вибрано світлові прилади на основі напівпровідникових джерел світла. У спальних та ігрових кімнатах передбачено використання світильників із лінійними люмінесцентними лампами. Корельована колірна температура джерел світла становить 4000 К.

2. В усіх приміщеннях передбачено систему робочого освітлення. Аварійне освітлення планується застосувати для приміщень спортзалу, коридорних приміщень, кухні, їдальні електрощитової.

3. Вибрано світлотехнічні нормовані параметри систем робочого та

аварійного освітлення приміщень школи.

Таблиця 2.5 – Групові лінії щитів освітлення приміщень школи

Щит освітлення	Група	Споживачі	Потужність, кВт
ЩО1	Гр. 1.1	Світильники робочого освітлення приміщень 101 – 104, 117	0,260
	Гр. 1.2	Світильники робочого освітлення приміщення 116	0,630
	Гр. 1.3	Світильники робочого освітлення приміщення 106	0,480
	Гр. 1.4	Світильники робочого освітлення приміщень 107 – 111	0,180
	Гр. 1.5	Світильники робочого освітлення приміщень 105 – 118	0,280
	Гр. 1.6	Світильники робочого освітлення, розетки приміщення 113	1,050
	Гр. 1.7	Світильники робочого освітлення, розетки приміщення 115	1,050
	Гр. 1.8	Світильники в приміщень 112, 114	0,634
	Гр. 1.9 а	Світильники аварійного освітлення приміщень 104, 05, 116	0,045
		Сумарна потужність	4,609
ЩО2	Гр. 2.1	Світильники робочого освітлення приміщень 203, 206 – 208	0,270
	Гр. 2.2	Світильники робочого освітлення приміщення 209	0,300
	Гр. 2.3	Світильники робочого освітлення приміщення 210	0,300
	Гр. 2.4	Світильники робочого освітлення приміщення 211	0,300
	Гр. 2.5	Розетки та світильники місцевого освітлення приміщень 201, 202, 211 – 213	0,938
	Гр. 2.6	Розетки та світильники місцевого освітлення приміщень 209 – 214	0,657
	Гр. 2.7	Світильники робочого освітлення приміщень 202, 204, 205, 212	0,465
	Гр. 2.8	Світильники робочого освітлення приміщення 213	0,400
	Гр. 2.9	Світильники робочого освітлення приміщень 214, 201	0,450
	Гр. 2.10 а	Світильники аварійного освітлення приміщення 203	0,021
		Сумарна потужність	4,101

4. Здійснено вибір світлових приладів для освітлення приміщень школи. В якості світлових приладів аварійного освітлення передбачено використати світильники із блоком аварійного живлення. Для таких приміщень як спортивний зал, сходи, кухня та електрощитова світлові прилади із аварійними блоками живлення використовуються в системі робочого освітлення.

5. На основі вимог, наведених в нормативних документах, та для вибраних світлових приладів визначено розрахункову висоту, а також коефіцієнти експлуатації та запасу, котрі були використані в подальших світлотехнічних розрахунках.

6. На підставі отриманих результатів світлотехнічного розрахунку визначено потужність системи освітлення, необхідної для забезпечення нормованих якісних та кількісних світлотехнічних параметрів робочого та аварійного освітлення. Сумарна потужність системи освітлення становить 8,710 кВт.

7. Живлення світлових приладів робочого та аварійного освітлення передбачено кабелями марки ВВГнг від двох щитів, розміщених на першому та другому поверсі будівлі.



### 3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Світлотехнічний розрахунок системи загального освітлення приміщень школи

Розрахунок виконаємо на основі методу коефіцієнта використання, використовуючи наступну формулу [3,4]:

$$E = \frac{N \cdot \Phi_{СП} \cdot U}{S \cdot z \cdot K_3}, \quad (3.1)$$

де  $N$  – кількість світлових приладів системи загального освітлення приміщення, для якого ведеться розрахунок;

$\Phi_{СП}$  – світловий потік одного світлового приладу;

$U$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

$S$  – площа приміщення, для системи освітлення якого виконується розрахунок;

$z$  – коефіцієнт мінімальної освітленості, котрий у випадку розрахунку на середню освітленість в розрахунок не береться і прирівнюється до одиниці.

$K_3$  – коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт використання визначимо, виходячи із формули [22]:

$$U = \eta_{СП} \cdot \eta_{П}, \quad (3.2)$$

де  $\eta_{СП}$  – світлотехнічний коефіцієнт корисної дії світильника;

$\eta_{П}$  – коефіцієнт корисної дії приміщення.

Виходячи з того, що для світильників із напівпровідниковими джерелами світла світловий потік приладу є заданим, то в подальших розрахунках для таких приладів приймаємо  $\eta_{СП} = 1$ . Для світильників KANLUX S.A. NOTUS 3WS EVG 418 NT приймаємо, що  $\eta_{СП} = 0,62$ .

На рис. 3.1 приведено залежності  $\eta_{П}$  для світильників із різними кривими сили світла та коефіцієнтів відбивання стелі, стіни та підлоги відповідно 0,7, 0,5 та 0,3 від індексу приміщення  $i$  [22, 23], значення якого розраховується за

формулою:

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (A + B)} \quad (3.3)$$

де  $A, B$  – розміри приміщення.

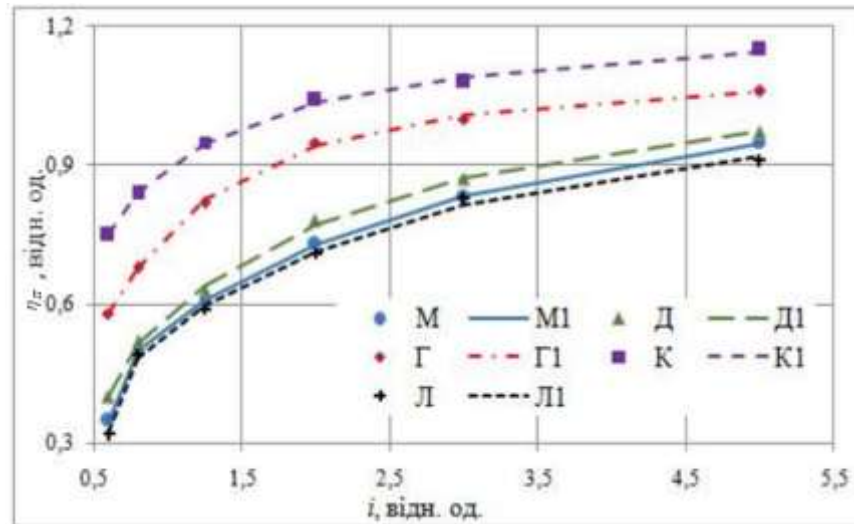


Рисунок 3.1 – Залежності коефіцієнта корисної дії приміщення від значення індексу

Розрахунок покажемо на прикладі приміщень 106 (спортивний зал) та ігрової кімнати 113.

Для приміщення спортзалу:

$$A = 18 \text{ м},$$

$$B = 9 \text{ м},$$

$$h_p = 5,95 \text{ м}.$$

Індекс приміщення становитиме

$$i = \frac{18 \cdot 9}{5,95 \cdot (18 + 9)} = 1,01.$$

Розрахуємо коефіцієнти корисної дії приміщень, а отже коефіцієнти використання світлового потоку для світильників із кривими сили світла типу К, Г та Л на основі відповідно формул [23]:

для кривої сили світла типу К:

$$U = \eta_{\pi} = \frac{-0,0508}{i^3} + \frac{0,2027}{i^2} + \frac{-0,4873}{i} + 1,2339;$$

для кривої сили світла типу Г:

$$U = \eta_{II} = \frac{0,040}{i^3} + \frac{-0,0360}{i^2} + \frac{-0,3840}{i} + 1,1370;$$

- для кривої сили світла типу Л

$$U = \eta_{II} = \frac{-0,2980}{i^3} + \frac{0,9440}{i^2} + \frac{-1,2290}{i} + 1,1290.$$

Підставивши значення  $i = 1,01$  у вищенаведені формули, отримаємо:

для кривої сили світла типу К:

$$U = \eta_{II} = \frac{-0,0508}{1,01^3} + \frac{0,2027}{1,01^2} + \frac{-0,4873}{1,01} + 1,2339 = 0,90;$$

для кривої сили світла типу Г:

$$U = \eta_{II} = \frac{0,040}{1,01^3} + \frac{-0,0360}{1,01^2} + \frac{-0,3840}{1,01} + 1,1370 = 0,76;$$

для кривої сили світла типу Л

$$U = \eta_{II} = \frac{-0,2980}{1,01^3} + \frac{0,9440}{1,01^2} + \frac{-1,2290}{1,01} + 1,1290 = 0,55.$$

Як видно із вищенаведених результатів найбільший коефіцієнт використання для приміщення таких розмірів притаманний для світлових приладів із кривою сили світла типу К. Тому в подальшому розрахунок будемо проводити саме для цих приладів.

З формули (3.1) виразимо сумарний світловий потік світлових приладів  $\Phi_{\Sigma}$ , необхідний для забезпечення освітленості  $E$ :

$$\Phi_{\Sigma} = N \cdot \Phi_{СП} = \frac{E \cdot S \cdot K_z}{U}. \quad (3.2)$$

Підставивши чисельні значення нормованої освітленості, площі, коефіцієнту запасу та коефіцієнта використання у формулу (3.2), отримаємо:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 162 \cdot 1,32}{0,90} = 47513 \text{ лм.}$$

Виходячи із параметрів світильника ДПП27У Effect LED [12], вибираємо 6 світильників потужністю 80 Вт та світловим потоком 9600 лм. Звідси розрахункова освітленість

$$E = \frac{6 \cdot 9600 \cdot 0,90}{162 \cdot 1,32} = 239 \text{ лк,}$$

що є допустимо, оскільки різниця між розрахунковими та нормованими параметрами може бути в межах від -10 до +20 %.

Для ігрової кімнати:

$$A = 6,0 \text{ м,}$$

$$B = 6,9 \text{ м,}$$

$$h_p = 3,23 \text{ м.}$$

Індекс приміщення становитиме

$$i = \frac{6,0 \cdot 6,9}{3,23 \cdot (6,0 + 6,9)} = 1,00.$$

Значення коефіцієнта корисної дії приміщення для світильників із кривою сили світла типу Д розрахуємо, виходячи із формули [23]:

$$\eta_{II} = \frac{-0,177}{i^3} + \frac{0,663}{i^2} + \frac{-1,067}{i} + 1,16. \quad (3.3)$$

Підставивши значення індексу приміщення у формулу (3.3), отримаємо:

$$\eta_{II} = \frac{-0,177}{1,00^3} + \frac{0,663}{1,00^2} + \frac{-1,067}{1,00} + 1,16 = 0,58.$$

Виходячи з того, що  $\eta_{СП} = 0,62$ , коефіцієнт використання

$$U = 0,62 \cdot 0,58 = 0,36.$$

Підставивши значення у формулу (3.2), отримаємо:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{400 \cdot 41,4 \cdot 1,37}{0,36} = 63344 \text{ лм.}$$

Враховуючи, що сумарний потік чотирьох лінійних люмінесцентних ламп становить 5400 лм, то для створення необхідного рівня освітленості необхідно 12 світильників KANLUX S.A. NOTUS 3WS EVG 418 NT з люмінесцентними лампами PHILIPS MASTER TL-D Super 80 18W/840.

Розрахункова освітленість:

$$E = \frac{12 \cdot 5400 \cdot 0,36}{41,4 \cdot 1,37} = 409 \text{ лк,}$$

що допустимо, оскільки нормоване значення освітленості на поверхні підлоги ігрової кімнати становить 400 лк.

Аналогічно виконуємо розрахунок і для решти приміщень. Результати розрахунку приведено в таблиці додатка А. Для приміщень, індекси яких не досягають 0,5 результати розрахунку до уваги не беремо.

### **3.2 Розрахунок кількісних та якісних світлотехнічних параметрів системи освітлення приміщень школи за допомогою пакету DIALux**

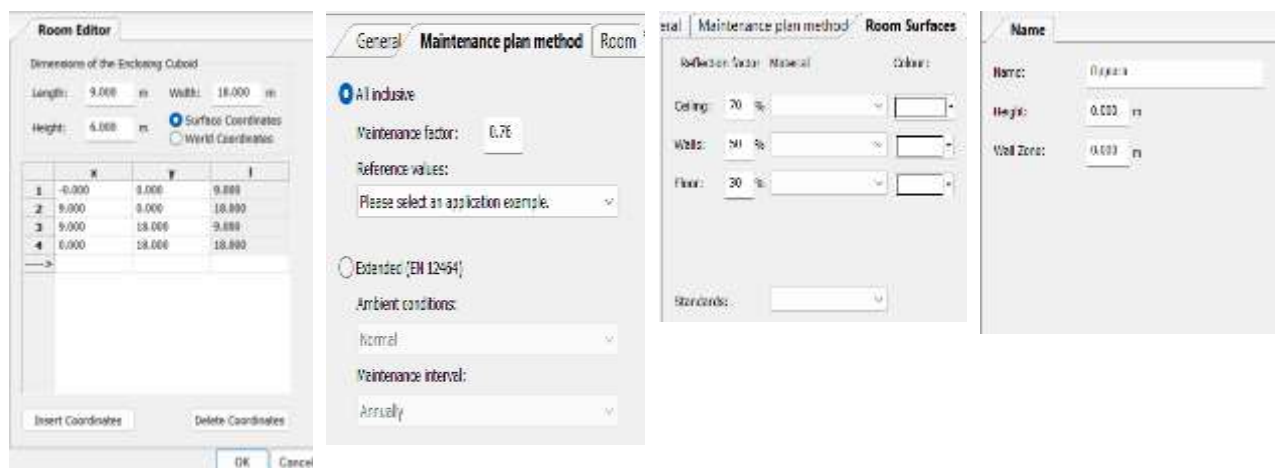
Виконаємо розрахунок середньої освітленості горизонтальних поверхонь, освітленості вертикальних поверхонь, циліндричної освітленості та показника дискомфорту. Крім того, розрахунок проведемо і для системи аварійного освітлення.

#### **3.2.1 Розрахунок середньої освітленості від системи робочого освітлення**

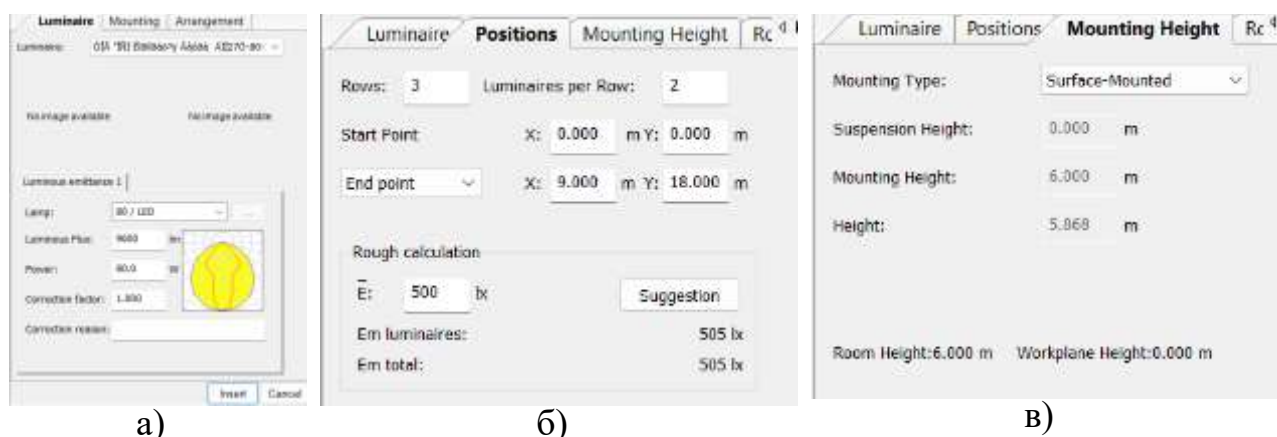
Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщення спортивного залу. Для цього виконуємо наступні дії.

1. В середовищі пакету DIALux за допомогою редактора приміщень в пакеті створюємо приміщення, задаючи йому розміри та форму (рис. 3.2 а); у вкладці методу плану техобслуговування (рис. 3.2 б) задаємо коефіцієнт експлуатації (Maintenance factor); у вкладці поверхонь в приміщенні задаємо коефіцієнти відбивання стелі, стін та підлоги (3.2 в) та встановлюємо робочу поверхню, якою для даного випадку є підлога.

2. Світлові прилади в проект розрахунку освітлення вносимо за допомогою команди вставки (рис. 3.3 а), вносимо кількість рядів світильників та кількість світильників в одному ряду (рис. 3.3 б) та задаємо спосіб їх монтажу (рис. 3.3 в), яким для даного випадку є монтаж на стелю.



а) б) в) г)  
Рисунок 3.2 – Редагування характеристик приміщення спортивного залу пакеті DIALux



а) б) в)  
Рисунок 3.3 – Внесення світлових приладів в проект розрахунку в пакеті DIALux та редагування їх розміщення

3. Після запуску та виконання розрахунку отримано такі результати:  
 мінімальна освітленість – 113 лк;  
 середня освітленість – 219 лк;  
 максимальна освітленість – 301 лк;  
 відношення мінімальної освітленості до середньої – 0,516.

Графік розподілу освітленості на поверхні підлоги спортивного залу приведено на рис. 3.4.

Відхилення розрахованої від нормованої освітленості становить:

$$\Delta E = \frac{219 - 200}{200} \cdot 100\% = 9,5 \%$$

Розрахунок середньої освітленості для інших приміщень виконуємо

аналогічно. Результати розрахунку приведено в таблиці додатка А.

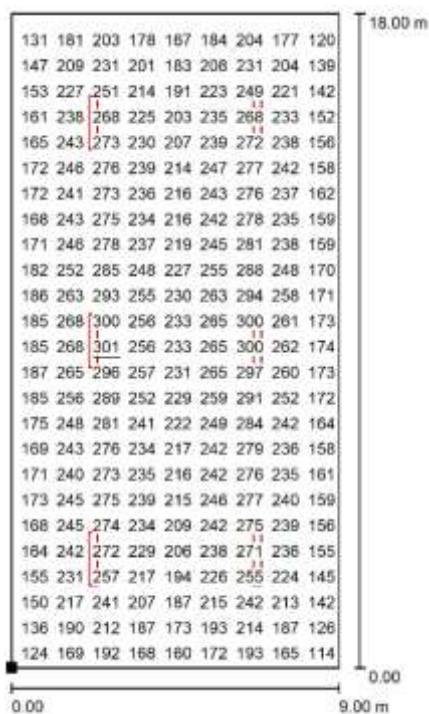


Рисунок 3.4 – Графік розподілу освітленості на поверхні підлоги спортивного залу

### 3.2.2 Розрахунок вертикальної та циліндричної освітленості

Для розрахунку вертикальної освітленості введемо в проект розрахунку для спортивного залу вертикальну поверхню на висоті 2,0 м над підлогою розмірами  $18 \times 0,010 \text{ м}^2$ , розміщеній на поздовжній осі спортивного залу (рис. 3.5). Для розрахунку вертикальної освітленості в точці, розміщеної посередині дошки на висоті 1,5 м внесемо в проект розрахунку приміщення навчального кабінету 213 точку розрахунку, розміщення якої показано на рис. 3.6

Після виконання розрахунку для приміщення спортзалу отримано наступні результати:

мінімальна освітленість – 86 лк;

середня освітленість – 112 лк;

максимально освітленість – 125 лк.

Аналогічно виконуємо розрахунок і для інших приміщень. Результати

розрахунку приведено в табл. 3.1.

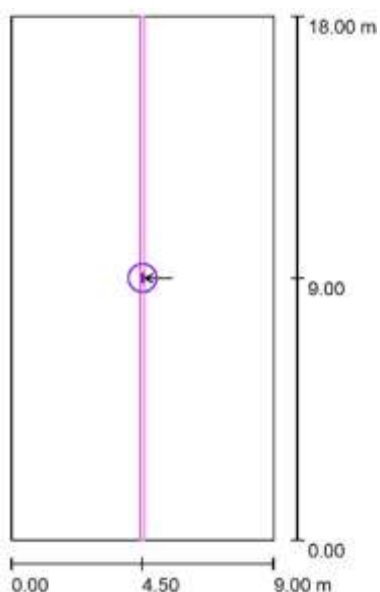


Рисунок 3.5 – Розміщення вертикальної розрахункової поверхні в проекті світлотехнічного розрахунку приміщення спортивного залу



Рисунок 3.6 – Розміщення точки розрахунку вертикальної освітленості на поверхні дошки навчального кабінету 213

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку вертикальної освітленості у приміщеннях школи

Тип приміщень	Позначення на плані	Розміщення розрахункової поверхні	Нормоване значення освітленості, лк	Розраховані значення освітленості		
				$E_{\min}$ , лк	$E_{\text{сер}}$ , лк	$E_{\max}$ , лк
Спортивний зал	106	2,0 м від підлоги на поздовжній осі приміщення	75	86	112	125
Електрощитова	109	1,5 м (на щитах)	150	117	150	163
Кабінет інформатики	214	Екран дисплея	200	254	187	284

Для точки, розміщеної на поверхні дошки, розраховане значення освітленості становить 300 лк, що не є допустимим, оскільки нормоване



значення вертикальної освітленості становить 500 лк. Тому для додаткового підсвічування класної дошки використаємо додаткові спеціальні світлові прилади типу ВІГА 150 ЛЕДПО 1x max 58Вт-03 [24] потужність якого становить 19 Вт. Внаслідок цього освітленість на середині поверхні дошки, створена даним світильником, становитиме 589 лк.

Аналогічно вводимо і розрахункову поверхню для циліндричної освітленості по підлозі актового залу, вертикальної освітленості естради та точку розрахунку вертикальної освітленості на середині дошки приміщення класу.

Аналогічно вводимо в проекти розрахунку світлотехнічного розрахунку приміщень школи і поверхні для розрахунку циліндричної освітленості в приміщеннях актового залу, музею вишивки та їдальні. Результати розрахунку представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку циліндричної освітленості

Тип приміщень	Позначення на плані	Розміщення розрахункової поверхні	Нормоване значення освітленості, лк	Розраховані значення освітленості		
				$E_{\min}$ , лк	$E_{\text{сер}}$ , лк	$E_{\max}$ , лк
Їдальня	104	0,8 м	75	92	107	123
Актовий зал	116	Підлога	75	103	138	164
Музей вишивки	204	0,8 м	75	58	83	103
	205			77	91	114

Як видно із результатів світлотехнічного розрахунку запропоновані системи освітлення приміщень школи забезпечують виконання норм щодо середньої, вертикальної та циліндричної освітленості.

### 3.2.3 Розрахунок показника дискомфорту

Розрахунок показника дискомфорту покажемо на прикладі приміщення актового залу. Для цього введемо в проект розрахунку освітлення приміщення актового залу розрахункову горизонтальну UGR-поверхню, співрозмірну із приміщенням та розміщену на висоті 1,2 м над підлогою.

В результаті розрахунку є розподіл значень об'єднаного показника

дискомфарту  $UGR$  на розрахунковій поверхні (рис. 3.7), із якого видно, що максимальне значення  $UGR$  становить 17.

Підставивши значення  $UGR$  у формулу (1.6), отримаємо

$$M = 10^{\frac{17+4,8}{16}} = 23,04,$$

що є допустимим, оскільки, оскільки для приміщення актового залу нормоване значення цього показника дискомфорту становить становить 25.

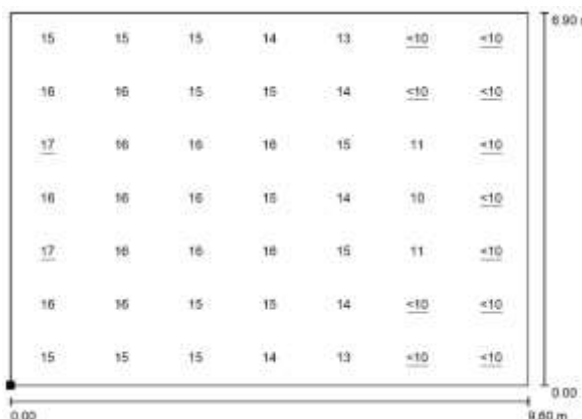


Рисунок 3.7 – Графік розподілу значень об'єднаного показника дискомфорту по приміщенні актового залу

Аналогічно розраховуємо показник дискомфорту і для інших приміщень. Результати розрахунку приведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку показника дискомфорту

Тип приміщень	Позначення на плані	$M$ , нормоване значення	Розраховані значення	
			$UGR$	$M$
Посудомийна	102	60	20	35,48
Їдальня	104	60	18	26,61
Спортивний зал	106	60	17	23,04
Туалети	110, 111, 207, 208	25	10	8,41
Електрощитова	109	40	19	30,73
Спальні кімнати	112, 114	25	17	23,04
Ігрові кімнати	113, 115	25	17	23,04
Актовий зал	116	25	17	23,04
Кухня	117	60	17	23,04
Навчальний кабінет	201	40	16	19,95
Кабінет директора	202	40	16	19,95
Музей вишивки	204, 205	60	16	19,95
Навчальні кабінети, учительська, кабінет інформатики	209 – 214	40	17	23,04

Як видно із табл. 3.3 запропонована система освітлення приміщень школи забезпечує виконання нормативних вимог щодо показника дискомфорту.

### 3.2.4 Розрахунок аварійного освітлення

Розрахунок покажемо на прикладі приміщення коридору першого поверху. Світлові прилади типу ДБО02ВСП розмістимо на стінах приміщення на висоті 2,2 м так, як показано на рис. 3.8.

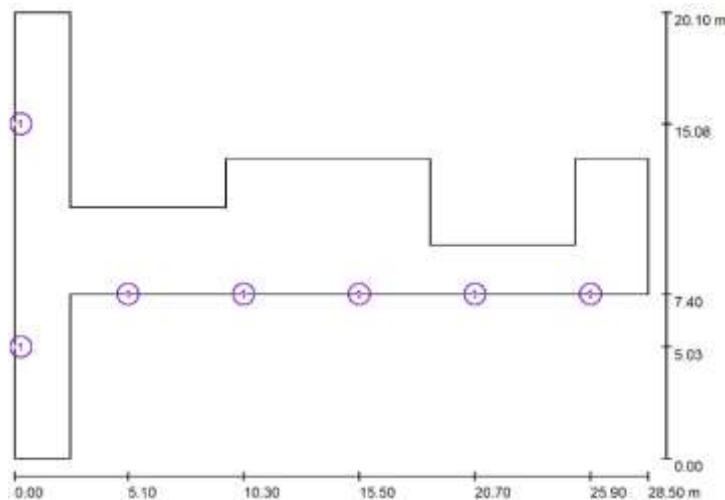


Рисунок 3.8 – Схема розміщення світлових приладів системи аварійного освітлення коридору першого поверху

В результаті розрахунку отримано наступні значення:

мінімальна освітленість – 1,74 лк;

середня освітленість – 5,47 лк;

максимальна освітленість – 8,94 лк;

відношення максимальної освітленості до мінімальної – 5,14.

Такі результати є допустимими, оскільки відповідно до вимог, наведених в [2], мінімальна освітленість має становити не менше 1 лк, а відношення максимальної освітленості до мінімальної – не більше 40.

Графік розподілу значень освітленості від системи аварійного освітлення по розрахунковій поверхні коридору першого поверху приведено на рис. 3.9.

Аналогічно виконуємо розрахунок і для інших приміщень. Результати розрахунку приведено в табл. 3.4.

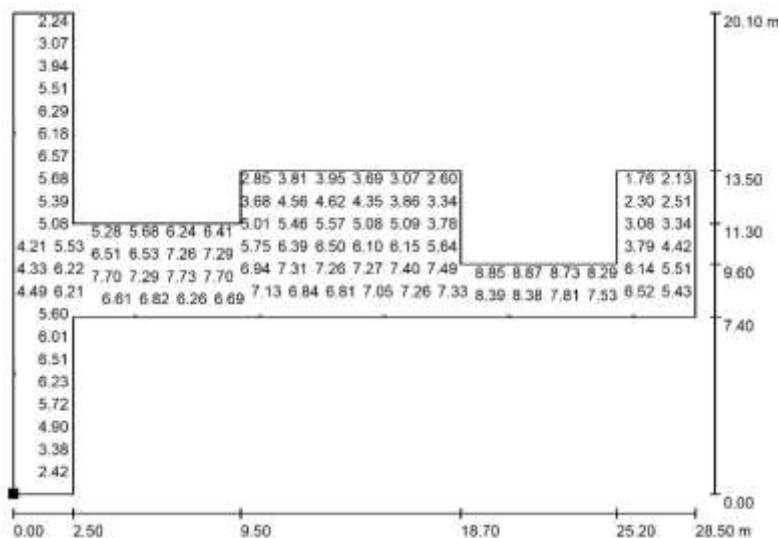


Рисунок 3.9 –Графік розподілу значень освітленості від системи аварійного освітлення по розрахунковій поверхні коридору першого поверху

### 3.3 Розрахунок електричних освітлювальних мереж систем освітлення ШКОЛИ

#### 3.3.1 Розрахунок по струму навантаження та вибір апаратів захисту

Виконаємо розрахунок по струму навантаження для групових ліній живлення світлових приладів та ліній розподільчої мережі, через котрі живляться щити освітлення. Основні розрахункові формули для трифазних та однофазних ділянок відповідно наступні [4]:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}, \quad (3.4)$$

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (3.5)$$

де  $P_p$  – встановлена потужність світлотехнічного обладнання, котре живиться через задану ділянку мережі, кВт.

$U_l = 380 \text{ В}$ ,  $U_\phi = 220 \text{ В}$  – значення лінійної та фазної напруг відповідно;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт активної потужності;



Розрахунок продемонструємо на прикладі групової лінії Гр. 1.6, котра живить світлові прилади системи загального освітлення та місцевого освітлення ігрової кімнати 113 та лінії розподільчої мережі, котра живить щит ЩО1.

Розрахункову потужність групової лінії Гр. 1.6 визначимо, як суму потужностей світильників загального освітлення із врахуванням втрат в ПРА, котрі становлять 10 % та світильників місцевого освітлення, котрі живляться через розетки, а їх потужність приймемо 0,1 кВт:

$$P_p = 1,1 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 0,018 + 0,1 = 1,050 \text{ кВт.}$$

Підставивши значення для  $P_p$  та  $\cos \varphi = 0,9$  у формулу (3.5), отримаємо

$$I_p = \frac{1,050 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,9} = 5,30 \text{ А.}$$

Для лінії розподільчої мережі, котра живить щит ЩО1  $\cos \varphi = 0,92$  та  $P_p = 4,609$  кВт у формулу (3.11), отримаємо:

$$I_p = \frac{4,609 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,92} = 7,61 \text{ А.}$$

Для даних ділянок вибираємо відповідно кабелі марок ВВГнг-3×1,5 та ВВГнг-5×2,5. Розрахунок для інших ділянок виконуємо аналогічно. Результати розрахунку приведено в табл. 3.5.

В якості апаратів захисту виберемо автоматичні вимикачі. Значення струмів вставок  $I_n$  цих вимикачів визначимо з умов [20]:

$$I_p \leq I_n \leq I_\delta, \quad (3.5)$$

$$I_n \geq k \cdot I_p, \quad (3.6)$$

де  $I_\delta$  – значення тривалодопустимої сили струму кабелю, котра для трижильного кабелю з площею поперечного перерізу 1,5 мм<sup>2</sup>, виходячи із умов нагріву, дорівнює 19 А, а для пятижильного кабелю з площею поперечного перерізу жил 2,5 мм<sup>2</sup> – 28 А..

$k$  – коефіцієнт, значення якого для апаратів із тепловими розчеплювачами

дорівнює 1,3

Для групової лінії Гр. 1.6

$$I_n \geq 1,3 \cdot 5,31 = 6,90.$$

Звідси для даної ділянки вибираємо апарат ВА-2017/С 1р 10А АСКО.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку електричної освітлювальної мережі школи по струму навантаження та вибору апаратів захисту

Щит освітлення	Група	Потужність, кВт	Робочий струм, А	Тип кабелю	Апарат захисту
ЩО1	Гр. 1.1	0,260	1,24	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 1.2	0,630	3,01	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	Гр. 1.3	0,480	2,30	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 1.4	0,180	0,86	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 1.5	0,280	1,34	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 1.6	1,050	5,31	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 10А АСКО
	Гр. 1.7	1,050	5,31	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 10А АСКО
	Гр. 1.8	0,634	3,20	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	Гр. 1.9 а	0,045	0,22	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 2А АСКО
	ЩО1	4,609	7,61	ВВГнг-5х2,5	ВА-2017/С 3р 16А АСКО
ЩО2	Гр. 2.1	0,270	1,29	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.2	0,300	1,44	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.3	0,300	1,44	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.4	0,300	1,44	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.5	0,938	4,74	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 10А АСКО
	Гр. 2.6	0,657	3,32	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	Гр. 2.7	0,465	2,22	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 2.8	0,400	1,91	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 2.9	0,450	2,15	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 2.10 а	0,021	0,10	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 2А АСКО
	ЩО2	4,101	8,70	ВВГнг-5х2,5	ВА-2017/С 3р 16А АСКО

### 3.3.2 Розрахунок падінь напруги в електричній освітлювальній мережі

Розрахунок падінь напруги виконаємо для найбільш віддалених споживачів та найбільш завантажених групових ліній щитів ЩО1 та ЩО2 і покажемо на прикладі ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 1.6. Схему для розрахунку показано на рис. 3.10.

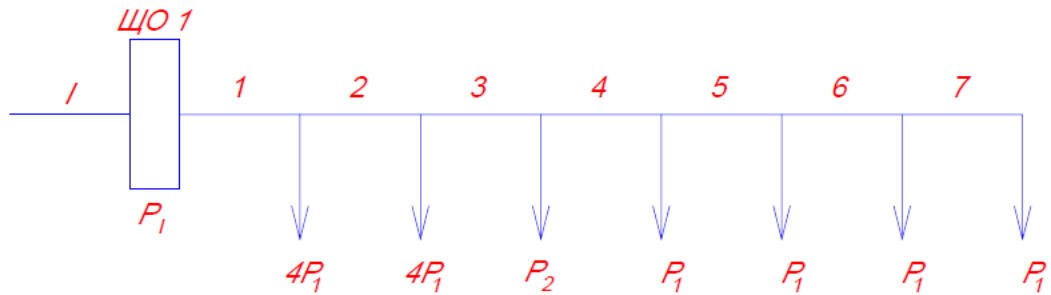


Рисунок 3.10 – Схема для розрахунку падіння напруги на ділянках, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 1.6

Падіння напруги на кожній ділянці визначимо за формулою [4]:

$$\Delta U \% = \frac{M_k}{c \cdot F}, \quad (3.7)$$

де  $M_k$  – момент електричних навантажень споживачів, живлення яких здійснюється через розрахункову ділянку;

$c$  – коефіцієнт, який вибирається в залежності від типу, напруги мережі, матеріалу провідників і становить 12 для двопровідних мереж напругою 220 В та 72 – для трифазних мереж із напругою 380/220 В;

$F$  – площа поперечного перерізу жил кабелів.

Момент електричного навантаження визначається як добуток потужності навантаження на довжину ділянки мережі. Для ділянок мережі:

$$\begin{aligned} M_1 &= l_1 \cdot P_1, M_1 = l_1 \cdot (12 \cdot P_1 + P_2), M_2 = l_2 \cdot (8 \cdot P_1 + P_2), \\ M_3 &= l_3 \cdot (4 \cdot P_1 + P_2), M_4 = 4 \cdot P_1 \cdot l_4, M_5 = 3 \cdot P_1 \cdot l_5, M_5 = 2 \cdot P_1 \cdot l_6, \\ M_7 &= P_1 \cdot l_7. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Підставивши значення довжин ділянок, а також розрахункової  $P_1$  потужності щита ЩО1 із врахуванням того, що  $P_1 = 1,1 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 0,018 = 0,079$  кВт, а  $P_2 = 0,1$  кВт, розрахуємо значення падінь напруги на кожній ділянці. Падіння напруги від ввідного пристрою до найбільш віддаленого світильника визначимо як суму спадів напруги на кожній ділянці. Результати розрахунку представлені в табл. 3.6.

Схеми для розрахунку ділянок групових ліній Гр. 1.3 та Гр. 2.5 подано відповідно на рис. 3.11 а та 3.11 б.



Таблиця 3.6 – Результати розрахунку ділянок електричної мережі, що живлять світлові прилади групової лінії Гр. 1.6

Ділянка	$P$ , кВт	$l$ , м	$M_k$ , кВт·м	$F_{\text{мм}^2}$	$c$	$\Delta U\%$
I	4,609	35	161,32	2,5	72	0,90
1	1,050	25	26,26	1,5	12	1,46
2	0,734	2	1,47	1,5	12	0,08
3	0,417	2	0,83	1,5	12	0,05
4	0,317	1	0,32	1,5	12	0,02
5	0,238	1,5	0,36	1,5	12	0,02
6	0,158	1,5	0,24	1,5	12	0,01
7	0,079	1,5	0,12	1,5	12	0,01
Сумарне падіння напруги, %						2,54

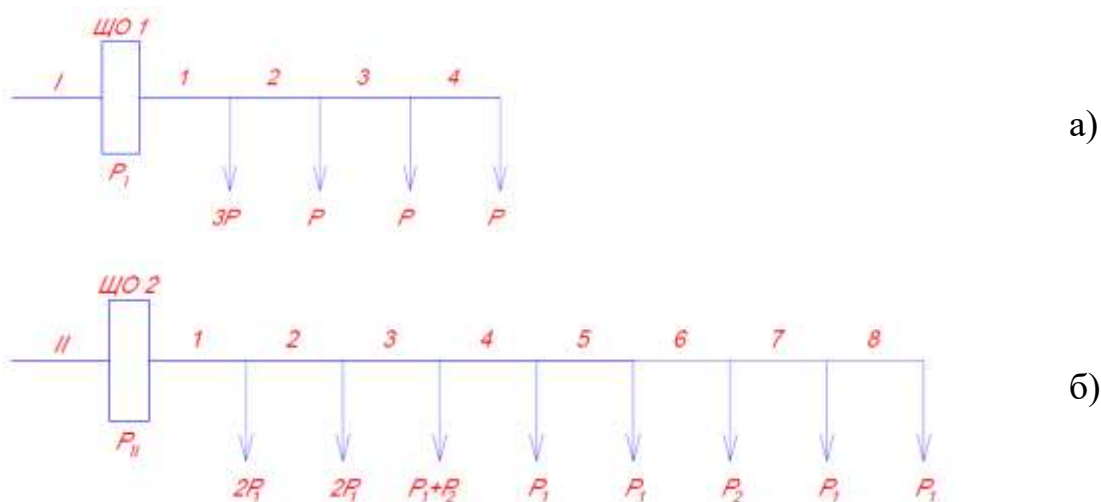


Рисунок 3.11 – Схеми для падіння напруги на ділянках, котрі живлять світлові прилади групових ліній Гр. 1.3 (а) та Гр. 2.5 (б)

Результати розрахунку для Гр. 1.3 при  $P = 0,08$  кВт та Гр. 2.5 при  $P_1 = 0,1$  кВт, та  $P_2 = 0,019$  кВт приведено відповідно в табл. 3.7 та 3.8.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку ділянок електричної мережі, що живлять світлові прилади групової лінії Гр. 1.3

Ділянка	$P$ , кВт	$l$ , м	$M_k$ , кВт·м	$F_{\text{мм}^2}$	$c$	$\Delta U\%$
I	4,609	35	161,32	2,5	72	0,90
1	0,480	25	12,00	1,5	12	0,67
2	0,240	9	2,16	1,5	12	0,12
3	0,160	6	0,96	1,5	12	0,05
4	0,080	6	0,48	1,5	12	0,03
Сумарне падіння напруги, %						1,76

Таблиця 3.8 – Результати розрахунку ділянок електричної мережі, що живлять світлові прилади групової лінії Гр. 2.5

Ділянка	$P$ , кВт	$l$ , м	$M_k$ , кВт·м	$F$ , мм <sup>2</sup>	$c$	$\Delta U$ %
II	4,101	25	102,53	2,5	72	0,57
1	0,938	4	3,75	1,5	12	0,21
2	0,738	6	4,43	1,5	12	0,25
3	0,538	10	5,38	1,5	12	0,30
4	0,419	7	2,93	1,5	12	0,16
5	0,319	14	4,47	1,5	12	0,25
6	0,219	2	0,44	1,5	12	0,02
7	0,200	2	0,40	1,5	12	0,02
8	0,1	6	0,60	1,5	12	0,03
Сумарне падіння напруги, %						1,81

Як видно із результатів розрахунку, сумарні втрати напруги не перевищують 2,54 %, що є допустимо, оскільки відповідно до вимог, наведених в табл. 2.1.16 [20] допустимі сумарні підіння напруги в системах освітлення становлять 3 %.

### 3.4 Висновки до розділу

1. На підставі світлотехнічного розрахунку отримано кількість та встановлено потужність світлових приладів, котрі здатні забезпечити необхідні світлотехнічні параметри в приміщеннях школи.

2. На підставі результатів виконаного розрахунку електричної освітлювальної мережі школи вибрано площі поперечних перерізів кабелів групових ліній та ліній, що живлять щити освітлення. Для ділянок електричної мережі, котрі живлять електричні щити площа поперечного перерізу жил становить 2,5 мм<sup>2</sup>, для усіх інших ділянок – 2,1 мм<sup>2</sup>.

3. Шляхом розрахунку встановлено, що падіння напруги в електричній освітлювальній мережі не перевищує 2,54 % при допустимому значенні 3 %.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Ефективність заходів щодо забезпечення техніки безпеки та охорони праці

Економічне значення охорони праці та техніки безпеки оцінюється за результатами, отриманими при зміні соціальних показників шляхом впровадження заходів з покращення умов праці: підвищення продуктивності праці; зниження непродуктивних витрат часу і праці; збільшення фонду робочого часу; зниження витрат, пов'язаних з плинністю кадрів через умови праці, тощо. Збільшення фонду робочого часу і ефективність використання обладнання досягається шляхом зниження простоїв протягом зміни внаслідок погіршення самопочуття через умови праці та мікротравми. При комплексній дії на людину декількох шкідливих виробничих чинників простої на робочому місці можуть досягати 20...40% за зміну через виробничий травматизм та погане самопочуття. Зростання непродуктивних витрат часу, а значить, і праці, обумовлюється також поганою організацією робочих місць: без урахування ергонометричних вимог виникає необхідність виконання зайвих рухів та докладання додаткових фізичних зусиль через незручне положення, невдале розташування органів управління обладнанням і невдале конструктивне оформлення робочих місць. В результаті поліпшення умов праці нормалізується психологічний клімат в трудовому колективі, підвищується налагодженість в роботі, зростає продуктивність праці. Збільшення фонду робочого часу досягається скороченням цілодобових втрат на виробничий травматизм та неявки на роботу. Шкідливі умови праці суттєво впливають не тільки на виникнення професійних захворювань, а й на виникнення і тривалість загальних захворювань.

Ефективність заходів щодо поліпшення умов і охорони праці оцінюється, в першу чергу, за показниками соціальної ефективності, які передбачають створення умов праці, що відповідають санітарним нормам і вимогам правил

безпеки. Покращення умов і охорони праці призводить до зменшення кількості виробничих травм, загальної і професійної захворюваності; до скорочення чисельності працівників, що працюють в умовах, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормам; зменшення кількості випадків виходу на пенсію за інвалідністю внаслідок травматизму чи професійної захворюваності; скорочення плинності кадрів через незадовільні умови праці тощо.

Для оцінки соціальної ефективності заходів з удосконалення умов та охорони праці використовуються такі показники: скорочення кількості робочих місць, що не відповідають вимогам нормативних актів щодо безпеки праці; скорочення чисельності працівників, які працюють в умовах, що не відповідають санітарним нормам; збільшення кількості машин, механізмів та виробничих приміщень, приведених до вимог норм охорони праці; зменшення коефіцієнта частоти травматизму; зменшення коефіцієнта тяжкості травматизму; зменшення коефіцієнта частоти професійних захворювань через несприятливі умови праці; зменшення коефіцієнта тяжкості захворювання; зменшення кількості випадків виходу на пенсію за інвалідністю внаслідок травматизму чи професійного захворювання; скорочення плинності кадрів через несприятливі умови праці.

Показники соціальної і соціально-економічної ефективності використовуються для визначення фактичного рівня питомих витрат, необхідних для зменшення кількості працюючих у незадовільних умовах, зниження рівня травматизму, захворюваності, плинності кадрів на різних підприємствах та в економіці в цілому.

#### **4.2 Фактори, які впливають на наслідки уражень електричним струмом**

Фактори, які впливають на наслідки ураження електричним струмом можна розділити на електричні, неелектричні та фактори навколишнього середовища.

До електричних факторів відносяться: сила струму, частота, опір тіла

людини.

Зі зростанням сили струму небезпека ураження ним тіла людини зростає. Розрізняють порогові значення струму (при частоті 50 Гц):

- пороговий відчутний струм – 0,5 – 1,5 мА при змінному струмі і 5 – 7 мА при постійному струмі;

- пороговий невідпускний струм (струм, що викликає при проходженні через тіло людини нездоланні судомні скорочення м'язів руки, в котрій затиснений провідник) – 10 – 15 мА при змінному струмі 50 – 80 мА при постійному струмі;

- пороговий фібриляційний струм (струм, що викликає при проходженні через організм фібриляцію серця) 100 мА при змінному струмі і 300 мА при постійному струмі.

Наявність в опорі тіла людини ємнісної складової при зростанні частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла та зростанням струму, що проходить через тіло людини. Найнебезпечнішим для людини є діапазон частот до 50 Гц. Подальше збільшення частоти, супроводжується зниженням небезпеки ураження, котра повністю зникає при частоті 450 – 500 Гц, тобто струм такої та більшої частоти не може викликати смертельного ураження внаслідок припинення роботи життєво важливих органів. Однак струми такої частоти зберігають небезпеку опіків при виникненні електричної дуги та при проходженні їх безпосередньо через тіло людини. Значення фібриляційного струму при частотах 50 – 100 Гц практично однакові; при частоті 200 Гц фібриляційний струм зростає приблизно в два рази в порівнянні з його значенням при 50 – 100 Гц, а при частоті 400 Гц – більше, ніж в 3 рази.

Постійний струм є приблизно в 4 – 5 разів безпечнішим, ніж змінний струм частотою 50 Гц. Проходячи через тіло людини, постійний струм, викликає слабші скорочення м'язів і менш неприємні відчуття порівняно зі змінним того ж значення. Лише в момент замикання і розмикання ланки струму людина відчуває короточасні болісні відчуття внаслідок судомного скорочення м'язів.

Порівняльна оцінка постійного та змінного струмів справедлива лише для напруг до 500 В. Вважається, що при більш високих напругах постійний струм стає небезпечнішим, ніж змінний частотою 50 Гц.

Електричний опір тіла людини – це опір струму, котрий проходить по ділянці тіла між двома електродами, прикладеними до поверхні тіла. Він складається з опору тонких зовнішніх шарів шкіри, котрі контактують з електродами, і з опору внутрішніх тканин тіла. Найбільший опір струму чинить шкіра. На місці контакту електродів з тілом утворюється своєрідний конденсатор, однією обкладкою котрого є електрод, другою – внутрішні струмопровідні тканини, а діелектриком – зовнішній шар шкіри. Електричні властивості конденсатора характеризуються напругою, на котру він розрахований, та його ємністю. Таким чином, опір тіла людини складається з ємнісного та активного опорів. Величина електричного опору тіла залежить від стану рогового шару шкіри, наявності на її поверхні вологи та забруднень, від місця прикладання електродів, частоти струму, величини напруги, тривалості дії струму. Ушкодження рогового шару (порізи, подряпини, волога, потовиділення) зменшують опір тіла, а отже збільшують небезпеку ураження. В практичних розрахунках опір тіла людини приймається таким, що дорівнює 1000 Ом.

До неелектричних факторів, котрі впливають на наслідки ураження електричним струмом відносяться: тривалість проходження струму та шлях його протікання, індивідуальні особливості людини.

Із зростанням тривалості дії струму зростає ймовірність важкого або смертельного наслідку. Така залежність пояснюється тим, що зі зростанням часу впливу струму на живу тканину підвищується його значення, накопичуються наслідки впливу струму на організм. Зростає також імовірність співпадання моменту проходження струму через серце з уразливою фазою серцевого циклу (кардіоциклу). Зростання сили струму зі зростанням часу його дії пояснюється зниженням опору тіла людини внаслідок місцевого нагрівання шкіри та подразнювальної дії на тканини. Це викликає рефлекторну, тобто через центральну нервову систему, швидку зворотну реакцію організму у вигляді

розширення судин шкіри, а відтак – посилення постачання її кров'ю і підвищення потовиділення, що й призводить до зниження електричного опору шкіри в цьому місці.

Практика та експерименти показують, що шлях протікання струму через тіло людини має велике значення з огляду на наслідки ураження. Якщо на шляху струму виявляються життєво важливі органи – серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження досить велика, оскільки струм безпосередньо впливає на ці органи. Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його вплив на життєво важливі органи може бути лише рефлекторним, а не безпосереднім. При цьому, хоч небезпека важкого ураження і зберігається, але ймовірність його знижується. До того ж, оскільки шлях струму визначається місцем прикладання струмопровідних частин (електродів) до тіла потерпілого, то його вплив на наслідок ураження зумовлюється ще й різним опором шкіри на різних ділянках шкіри.

Найбільш поширеними напрямками проходження струму через організм людини є: рука – рука (частка потерпілих, які втрачали свідомість становить 83 %), права рука – ноги (87 %), ліва рука – ноги (80 %), нога – нога (15 %), голова – ноги (88 %), голова – руки (92 %).

Відомо, що здорові та фізично міцні люди легше переносять електричні удари, ніж хворі та слабкі. Особливо сприйнятливими до електричного струму є особи, котрі нездужають на захворювання шкіри, серцево-судинної системи, органів внутрішньої секреції, легенів, мають нервові хвороби. Важливе значення має психічна підготовленість до можливої небезпеки ураження струмом. В переважній більшості випадків несподіваний електричний удар навіть за низької напруги призводить до важких наслідків. Проте за умови, коли людина очікує удару, то ступінь ураження значно знижується. Тому великого значення набувають ступінь уваги, зосередженість людини на виконуваний роботі, втома.

До факторів навколишнього середовища відносяться: температура, тиск, вологість повітря в приміщенні. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, а зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Наведено основні відомості про об'єкт проектування. Встановлено, що приміщення будівлі школи використовуються як навчальні для учнів початкових класів, так і для учнів закладу дошкільної освіти.

2. Проаналізовано основні вимоги щодо освітлення приміщень будівель закладів середньої та дошкільної освіти. Визначено, що основними нормованими світлотехнічними характеристиками при проектуванні систем освітлення приміщень будівель такого типу є освітленість вертикальних та горизонтальних поверхонь, циліндрична освітленість, показник дискомфорту та показник пульсацій освітленості.

3. Для робочого та аварійного освітлення усіх приміщень школи, за винятком спальних та ігрових кімнат, вибрано світлові прилади на основі напівпровідникових джерел світла. У спальних та ігрових кімнатах передбачено використання світильників із лінійними люмінесцентними лампами. Корельована колірна температура джерел світла становить 4000 К.

4. В усіх приміщеннях передбачено систему робочого освітлення. Аварійне освітлення планується застосувати для приміщень спортзалу, коридорних приміщень, кухні, їдальні електрощитової.

5. Вибрано світлотехнічні нормовані параметри систем робочого та аварійного освітлення приміщень школи.

6. Здійснено вибір світлових приладів для освітлення приміщень школи. В якості світлових приладів аварійного освітлення передбачено використати світильники із блоком аварійного живлення. Для таких приміщень як спортивний зал, сходи, кухня та електрощитова світлові прилади із аварійними блоками живлення використовуються в системі робочого освітлення.

7. На підставі отриманих результатів світлотехнічного розрахунку встановлено потужність світлових приладів, котрі здатні забезпечити необхідні світлотехнічні параметри в приміщеннях школи, а також визначено потужність системи освітлення, необхідної для забезпечення нормованих якісних та



кількісних світлотехнічних параметрів робочого та аварійного освітлення. Сумарна потужність системи освітлення становить 8,710 кВт.

8. Живлення світлових приладів робочого та аварійного освітлення передбачено кабелями марки ВВГнг від двох щитів, розміщених на першому та другому поверсі будівлі.

9. На підставі результатів виконаного розрахунку електричної освітлювальної мережі школи вибрано площі поперечних перерізів кабелів групових ліній та ліній, що живлять щити освітлення. Для ділянок електричної мережі, котрі живлять електричні щити площа поперечного перерізу жил становить 2,5 мм<sup>2</sup>, для усіх інших ділянок – 2,1 мм<sup>2</sup>.

10. Шляхом розрахунку встановлено, що падіння напруги в електричній освітлювальній мережі не перевищує 2,54 % при допустимому значенні 3 %.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Початкова школа с. Ромашівка URL: <https://te.isuo.org/schools/view/id/18544> (дата звернення: 01.05.2024).
2. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне світлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
3. Ляшенко О. М. Світлотехнічні установки та системи: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / О. М. Ляшенко, Ю. О. Васильєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 90 с.
4. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: Я.М. Осадца. – Тернопіль: ТНТУ 2020 – 146 с.
5. ДБН В.2.4 – 4:2018. Будинки і споруди. Заклади дошкільної освіти. – К.: Мінрегіон України, 2018.– 40 с.
6. СР 234-2016 Санітарний регламент для дошкільних навчальних закладів
7. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 103 с.
8. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
9. ДБН В.2.2 – 3:2018. Будинки і споруди. Заклади освіти. – К.: Мінрегіон України, 2018.– 57 с.
10. Люмінесцентна лампа денного світла JBL Solar Marin Day T8 для морського акваріума, 58 Вт, 150 см. URL: <https://producto.com.ua/pet-food/dlya-rybok/akvaryumystyka-y-oborudovanye/lyumynescენტnaya-lampa-dnevnogo-sveta-jbl-solar-marin-day-t8-dlya-morskogo-akvaryuma-58-vt-150-sm-18430-6160600> (дата звернення: 23.05.2024).
11. ДПО26В. URL: [http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/office/VATRA-UKR\\_DPO26V.pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DPO26V.pdf) (дата звернення: 07.05.2024)

12. ДПП27У Effect LED. URL:  
[https://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DPP27U\\_Effect\\_LED.pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP27U_Effect_LED.pdf) (дата звернення: 07.05.2024)
13. Світильники растрові на звичайну стелю NOTUS 3WS EVG 418 NT. URL: <https://www.kanlux.com/ua/tovar/25711/NOTUS-3WS-EVG-418-NT> (дата звернення: 07.05.2024).
14. Лампа PHILIPS MASTER TL-D Super 80 18W/840 люмінесцентна. URL: <https://ao-energo.com.ua/lampa-philips-master/p-340309271.html> (дата звернення: 08.05.2024).
15. ДББ37У СЕЛЕНА-LED-3. URL:  
[https://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DBB37U\(SELENA-LED-3\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB37U(SELENA-LED-3).pdf) (дата звернення: 08.05.2024)
16. ДПП07В. URL:  
[https://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DPP07V.pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP07V.pdf) (дата звернення: 08.05.2024)
17. ДПП05В. URL:  
[https://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DPP05V.pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP05V.pdf) (дата звернення: 08.05.2024)
18. ДПП06У. URL: [http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DPP06U.pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP06U.pdf) (дата звернення: 10.05.2024)
19. ДБО02ВСП (АВАРІЙНИЙ). URL:  
[http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DBO02VSP.pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBO02VSP.pdf) (дата звернення: 10.05.2024)
20. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
21. Кабельний завод «Тумен». Каталог кабельно-провідникової продукції). URL: <https://www.twomen.odessa.ua/downloads/catalogue.pdf> (дата звернення: 29.05.2024).
22. Говоров П.П., Пилипчук Р.В. Освітлення промислових об'єктів. Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти / П.П. Говоров, Р.В.

Пилипчук, А.І. Токмань, В.В. Щиренко, Р.Ю. Яремчук — Тернопіль: Джура, 2008. - 388., арк. іл.

23. Козар Р.О. Апроксимація залежностей коефіцієнта використання світлового потоку // Р.О. Козар; І.О. Присяжнюк; О.М. Рудницька; Т.М. Козак; Я.М.Осадца – Актуальні задачі сучасних технологій: : зб. тез доповідей XI міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 7-8 грудня 2022) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – С. 96.

24. Світильник для шкільних дошок URL: [https://elotek.com.ua/catalogue/shkola/svet\\_shola/svet\\_shola\\_kososvet/](https://elotek.com.ua/catalogue/shkola/svet_shola/svet_shola_kososvet/) (дата звернення: 12.05.2024).

25. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський ) / укл. : О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.

## Додаток А. Результати світлотехнічного розрахунку робочого освітлення приміщень

№	Призначення приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	А, м	В, м	h, м	E <sub>н</sub> , лк	h <sub>рп</sub>	Світильник	N	K <sub>з</sub>	h <sub>з</sub> , м	h <sub>р</sub> , м	i	U	Ф <sub>Σ</sub> , лм	Розрахована освітленість, лк		P, Вт
																Метод к-та виористання	DIALux	
<b>Перший поверх</b>																		
101	Кладова	7,00	2,50	2,80	3,30	150	0,00	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	2	1,41	0,067	0,00	0,41				140	40
102	Посудомийна	6,16	2,80	2,20	3,30	150	0,80	ДПП07В-20-323	2	1,32	0,070	0,80	0,51	0,28	4410	167	200	40
103	Кладова	9,52	2,80	3,40	3,30	150	0,80	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	2	1,41	0,067	0,80	0,63	0,43	4685	154	135	40
104	Їдальня	38,43	6,30	6,10	3,30	200	0,80	ДПО26В-35-011	4	1,41	0,042	0,80	1,26	0,64	16868	199	240	140
105	Коридор	160,80	20,11	19,20	3,30	75	0,00	ДПО26В-20-001	11	1,41	0,042	0,00	1,26	0,64	26515	75	69	220
106	Спортивний зал	162,00	18,00	9,00	6,00	200	0,00	ДПП27У Effect LED-80-312	6	1,32	0,055	0,00	1,01	0,90	47513	242	219	480
107	Роздягальня	16,20	2,70	6,00	3,30	75	0,00	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	2	1,41	0,067	0,00	0,58	0,38	4512	80	90	40
108	Інвентарна	17,40	2,90	6,00	3,30	50	0,80	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	1	1,41	0,042	0,80	0,80	0,51	2383	50	60	20
111	Туалет	4,80	3,40	1,50	3,30	200	0,00	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	3	1,41	0,067	0,00	0,30				210	60
110	Туалет	4,80	3,40	1,50	3,30	200	0,00	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	3	1,41	0,067	0,00	0,30				210	60
109	Електрищитова	4,80	3,40	1,50	3,30	150	0,80	ДПП06У-8-231	4	1,32	0,064	0,80	0,40				140	24
112	Спальня	41,40	6,90	6,00	3,30	150	0,00	KANLUX S.A. (kat 25711) NOTUS 3WS EVG 418 NT	4	1,37	0,075	0,00	1,00	0,36	23754	136	164	317
113	Ігрова кімната	41,40	6,90	6,00	3,30	400	0,00	KANLUX S.A. (kat 25711) NOTUS 3WS EVG 418 NT	12	1,37	0,075	0,00	1,00	0,36	63344	409	473	950
114	Спальня	41,40	6,90	6,00	3,30	150	0,00	KANLUX S.A. (kat 25711) NOTUS 3WS EVG 418 NT	4	1,37	0,075	0,00	1,00	0,36	23754	136	164	317
115	Ігрова кімната	41,40	6,90	6,00	3,30	400	0,00	KANLUX S.A. (kat 25711) NOTUS 3WS EVG 418 NT	12	1,37	0,075	0,00	1,00	0,36	63344	409	473	950
116	Актовий зал	66,24	9,60	6,90	3,30	400	0,00	ДПО26В-25-011	18	1,41	0,042	0,00	1,23	0,64	58729	368	447	630

## Продовження таблиці додатка А

№	Призначення приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	А, м	В, м	h, м	Е <sub>л</sub> , лк	h <sub>рп</sub>	Світильник	N	K <sub>з</sub>	h <sub>з</sub> , м	h <sub>р</sub> , м	i	U	Ф <sub>Σ</sub> , лм	Розрахована освітленість, лк		P, Вт
																Метод к-та використання	DIALux	
117	Кухня	20,40	2,80	10,50	3,30	200	0,80	ДПП07В-40-323	2	1,32	0,070	0,80	0,63	0,43	12529		192	104
								ДПП06У-8-231	3									
118	Сходи	12,00	2,00	6,00	6,60	100	0,00	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	3	1,41	0,042	0,00	0,23				104	76
								ДПП06У-8-231	2									
<b>Другий поверх</b>																		
201	Навчальний кабінет	17,08	2,80	6,10	3,30	400	0,80	ДПО26В-25-011	6	1,41	0,042	0,80	0,78	0,51	18922	381	431	
202	Кабінет директора	9,52	2,80	3,40	3,30	300	0,80	ДПО26В-20-001	4	1,41	0,042	0,80	0,62	0,42	9479	304	318	
203	Коридор	174,54	38,60	6,10	3,30	75	0,00	ДПО26В-20-001	10	1,41	0,042	0,00	1,20	0,63	29369	61	70	
204	Музей вишивки	29,55	9,00	6,10	3,30	200	0,80	ДПО26В-25-011	5	1,41	0,042	0,80	0,80	0,52	16179	185	215	
205	Музей вишивки	17,40	2,90	6,00	3,30	200	0,80	ДПО26В-25-011	3	1,41	0,042	0,80	0,80	0,51	9532	189	227	
206	Складське приміщення	4,80	3,40	1,50	3,30	150	0,80	ДПП05В-15-131	2	1,32	0,090	0,80	0,41				150	
207	Туалет	4,80	3,40	1,50	3,30	75	0,00	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	1	1,41	0,067	0,00	0,30				75	
208	Туалет	4,80	3,40	1,50	3,30	75	0,00	ДББ37У-20-001 У3 Селена-LED-3	1	1,41	0,067	0,00	0,30				75	
209	Навчальний кабінет	41,40	6,90	6,00	3,30	400	0,80	ДПО26В-25-011	12	1,41	0,042	0,80	1,31	0,65	35802	402	475	
210	Навчальний кабінет	41,40	6,90	6,00	3,30	400	0,80	ДПО26В-25-011	12	1,41	0,042	0,80	1,31	0,65	35802	402	475	
211	Навчальний кабінет	41,40	6,90	6,00	3,30	400	0,80	ДПО26В-25-011	12	1,41	0,042	0,80	1,31	0,65	35802	402	475	
212	Учительська	41,40	6,90	6,00	3,30	300	0,80	ДПО26В-25-011	9	1,41	0,042	0,80	1,31	0,65	26852	302	356	
213	Навчальний кабінет	66,24	6,90	9,30	3,30	400	0,80	ДПО26В-25-011	16	1,41	0,042	0,80	1,66	0,72	51908	370	455	
214	Кабінет інформатики	42,29	6,90	6,10	3,30	400	0,80	ДПО26В-25-011	12	1,41	0,042	0,80	1,32	0,66	36362	396	470	

