

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка проекту системи освітлення
Хустської спеціалізованої школи № 1 імені Августина Волошина в м. Хуст

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

та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Шуба К.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Осадца Я.М.

Нормоконтроль

(підпис)

Мовчан Л.Т.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Тарасенко М.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Габрусев Г.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс – 41. - Т.: ТНТУ, 2023.

Стор. 70; рис. 27; табл. 8; креслень (сторінок презентації) – ___; використаних джерел – 13, сторінок додатків – 18.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Розробка проекту освітлення Хустської спеціалізованої школи № 1 імені Августина Волошина в м. Хуст».

Метою роботи є розроблення системи внутрішнього освітлення приміщень Хустської спеціалізованої школи № 1 імені Августина Волошина.

На підставі світлотехнічного та електротехнічного розрахунків запропоновано проект системи освітлення навчальних, робочих та допоміжних приміщень Хустської спеціалізованої школи № 1 імені Августина Волошина.

Ключові слова:

СВІТЛОВИЙ ПРИЛАД, ОСВІТЛЕНІСТЬ, ПОКАЗНИК ДИСКОНФОРТУ, ПЛОЩА ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ, ЦИЛІНДРИЧНА ОСВІТЛЕНІСТЬ, ВТРАТА НАПРУГИ, ПУСКОВИЙ СТРУМ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Вимоги до світлового мікроклімату приміщень навчальних закладів	8
1.2 Системи освітлення приміщень начальних закладів	11
1.3 Висновки до розділу	15
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Характеристики об'єкта проектування	16
2.2 Вибір виду, системи освітлення та джерел світла	17
2.3 Вибір світлотехнічних нормованих характеристик систем освітлення шкільних приміщень	19
2.4 Вибір світлових приладів	21
2.5 Визначення розрахункової висоти та коефіцієнту запасу	24
2.6 Електрична мережа систем освітлення приміщень школи	28
2.7 Висновки до розділу	30
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	32
3.1 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень школи на основі методу коефіцієнта використання	32
3.2 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень школи в пакеті DIALux	37
3.3 Електротехнічний розрахунок електричної освітлювальної мережі школи по струму навантаження та вибір апаратів захисту	44
3.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по втраті напруги	49
3.5 Висновки до розділу	50
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	51
4.1 Заходи технічного характеру щодо попередження	51

електротравм	
4.2 Аналіз факторів впливу на наслідки уражень електричним струмом	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59
ДОДАТОК А	61
ДОДАТОК Б	67

ВСТУП

Створення належних умов роботи для вчителів та учнів закладів загальної освіти є одним із чинників ефективної організації навчального процесу. Саме освітлення відіграє одну із важливих ролей і впливає на процес навчання та здоров'я школярів. Близько 90% інформації, котра сприймається учнями, надходить через зоровий канал, тому правильне та раціонально спроектоване освітлення має важливе значення для виконання всіх видів робіт під час навчального процесу. Світлове середовище виступає не тільки, як важлива умова роботи зорового апарату, але й як один із основних біологічних факторів розвитку дитячого організму. Недостатня освітленість в школах може призвести до зниження гостроти зору у дітей, і як наслідок – розвитку короткозорості. А надмірна кількість світла знижує рівень збудженості центральної нервової системи, що може призвести до зміни природної активності усіх життєвих процесів. Тому однією із основних вимог, котрі висуваються до систем освітлення шкіл є надходження на учнівські місця достатньої кількості світла.

Цього можна досягти шляхом виконання нормативних вимог щодо кількісних та якісних світлотехнічних параметрів. Тому, **актуальною** є задача, пов'язана із проектуванням систем освітлення приміщень будівель закладів середньої освіти, котрі б забезпечували необхідні рівні світлотехнічних кількісних (освітленість, яскравість) та якісних (циліндрична освітленість, показник дискомфорту, рівномірність освітлення) параметрів.

Метою даної роботи є розроблення системи внутрішнього освітлення приміщень Хустської спеціалізованої школи № 1 імені Августина Волошина.

Завдання:

- вибір нормованих значень світлотехнічних характеристик систем освітлення шкільних приміщень;
- вибір джерел світла та світлових приладів;

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

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вимоги до світлового мікроклімату приміщень навчальних закладів

До основних приміщень закладів освіти (окрім дошкільних навчальних закладів) відносяться: навчальні кабінети, лабораторні приміщення, кабінети інформатики та обчислювальної техніки, різного роду майстерні, кабінети праці, актові та спортивні зали, робочі кабінети та кімнати для викладачів та вчителів.

Основні вимоги до кількісних та якісних характеристик систем освітлення приміщень закладів загальної середньої, професійної та вищої освіти приведені в ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [1].

Кількісною характеристикою освітлювальних систем основних приміщень закладів освіти, котра регламентується нормативною документацією, є середня горизонтальна освітленість. До якісних характеристик відносяться:

- циліндрична освітленість $E_{Ц}$, котра є характеристикою насичення внутрішнього простору приміщення світлом і визначається, як середня густина світлового потоку поверхні вертикально розташованого прямого циліндра, висота та радіус основи якого наближаються до нуля:

$$E_{Ц} = \lim_{\substack{D \rightarrow 0 \\ h_{Ц} \rightarrow 0}} \frac{\Delta\Phi}{S_{Ц}}, \quad (1.1)$$

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

$S_{Ц}$ – площа бічної поверхні нескінченно малого циліндра;

$D, h_{Ц}$ – відповідно діаметр основи та висота нескінченно малого циліндра (рис. 1.1) [2].

Циліндричну освітленість розраховують на основі інженерних методів, а методика визначається за розмірами світла по відношенню до розмірів між ними та розрахунковою точкою.

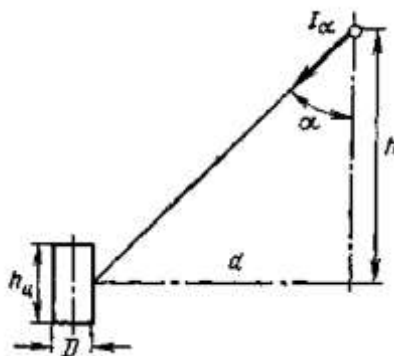


Рисунок 1.1 – Схема для розрахунку циліндричної освітленості

- показник дискомфорту, котрий виступає критерієм оцінки дискомфортової блискавки, котра викликає неприємні відчуття при нерівномірності розподілу яскравості в полі зору спостерігача [1]. Виникнення цих відчуттів є результатом наявності в полі зору світлових плям, яскравість яких є значно вищою, ніж яскравість адаптації спостерігача [2]. Показник дискомфорту розраховується на основі формул [1 – 3]:

$$M = 10^{\frac{UGR+4,8}{16}}, \quad (1.2)$$

$$UGR = 8 \cdot \lg \left[\frac{0,25}{L_\phi} \cdot \sum_{i=1}^{i=N} \frac{L_i^2 \cdot \omega}{P_i^2} \right], \quad (1.3)$$

де UGR – чисельне значення об'єднаного показника дискомфорту;

L_ϕ – яскравість фону;

L_i – габаритна яскравість i -го блискавого джерела в напрямку органу зорк спостерігача;

ω – розмір тілесного кута джерела;

p_i – індекс, котрий визначає позицію i -го джерела світла відносно лінії зору спостерігача.

Обмеження дії відбитого блиску можна забезпечити оптимальним взаємним розміщенням світильників відносно робочих місць, тобто напрям світлового потоку, відбитого від поверхні робочого місця повинен не співпадати лінією зору спостерігача.

- коефіцієнт пульсацій K_{II} визначається відношенням різниці між максимальним E_{\max} та мінімальним E_{\min} значеннями освітленості до середньоквадратичного значення $E_{\text{сеп}}$ за період коливання T [2]:

$$K_{II} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2 \cdot E_{\text{сеп}}} \cdot 100, \quad (1.4)$$

$$E_{\text{сеп}} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T E(T) dt. \quad (1.5)$$

Значення нормованої освітленості основних шкільних приміщень визначається їх призначенням. Майже для всіх типів основних приміщень регламентується горизонтальна освітленість на умовно-робочій поверхні, тобто поверхні, розміщеній на висоті 0,8 м над підлогою. Вийнятки складають такі типи приміщень, як актові зали та кімнати рекреацій, де нормовані значення горизонтальної освітленості повинні забезпечуватись на рівні підлоги. Значення нормованої середньої горизонтальної освітленості становлять від 150 лк (кімнати рекреації) до 500 лк (кімнати технічного креслення та малювання).

Вертикальну освітленість необхідно забезпечувати для таких приміщень, як класні кімнати – на середині дошки; кабінети інформатики і обчислювальної техніки – на екрані дисплея; спортивні, фізкультурно-спортивні зали – в точках, розміщених з обох сторін на поздовжній осі приміщення на висоті 2,0 м від підлоги; естради актових залів – на висоті 1,5 м. Значення нормованої вертикальної освітленості мають становити від 75 лк (спортивні та фізкультурно-спортивні зали) до 500 лк (навчальні кабінети, кабінети

технічного креслення та малювання). Циліндрична освітленість має забезпечуватись на підлозі актового залу.

Нормовані значення показника дискомфорту становлять в межах від 15 (кабінети інформатики та обчислювальної техніки) до 90 (актові зали, кімнати рекреації). Для усіх основних приміщень коефіцієнт пульсацій не повинен перевищувати 10 %.

Крім того, додатковими рекомендаціями щодо світлового середовища в основних приміщеннях навчальних закладів є:

- наближення коефіцієнтів відбивання стелі, стні та підлоги до значень, котрі відповідно становлять 0,8 0,5 та 0,3, що дозволяє отримати оптимальні співвідношення між яскравостями поверхонь книги та навколишніх предметів;

- ефективними є світлові прилади, для яких доля світлового потоку в нижню півсферу становить менше 35 % в зоні випромінювання від 0 до 30°.

- оптимальне значення контрастності освітлення, котра визначається відношенням горизонтальної освітленості, становить 2,5, при якій високою є можливість розрізнення рельєфних об'єктів;

- робочі місця учнів слід розміщувати таким чином, щоб світлопройоми розташовувались від них з лівого боку;

- робочі поверхні парт та столів повинні бути з матовими або з незначним блиском покриттями, кольорами яких може бути світло-зелений, зелено-блакитний, блакитно-зелений, зелено-жовтий або зі збереженням текстури тонів деревини і коефіцієнтом відбивання 0,11 – 0,45;

- поверхня класної дошки може бути зеленого, темно-коричневого або темно-блакитного кольору з коефіцієнтом відбивання світлового потоку від 0,1 до 0,2.

1.2 Системи освітлення приміщень начальних закладів

Оскільки в основних приміщеннях нормованим показником є середня освітленість, то зазвичай застосовується система загального рівномірного

освітлення. Винятком є приміщення, в яких вертикальна освітленість не може бути забезпечена від системи загального освітлення. В таких випадках застосовується система комбінованого освітлення, котра складається із світлових приладів, розміщених над робочими місцями – для забезпечення горизонтальної освітленості та світлових приладів, розміщених поблизу вертикальних поверхонь (рис. 1.2). класна дошка, для освітлення якої слід встановлювати спеціальні світильники.



Рисунок 1.2 – Зображення системи комбінованого освітлення навчального кабінету

В якості світлових приладів для загального освітлення навчальних приміщень рекомендується використовувати світильники переважно прямого та розсіяного світла. Світильники загального освітлення рекомендується розміщувати рядами, котрі є паралельними паралельно до сторони приміщення із наявними світловими проміжками. Ряди повинні бути по можливості суцільними або з розривами, причому рекомендована відстань між світловими приладами не повинна перевищувати половини розрахункової висоти.

Крім того, повинна бути передбачена можливість роздільного увімкнення та вимкнення рядів.

Для освітлення класної дошки рекомендується використовувати світильники із несиметричним світловим розподілом. Такі світильники можуть бути розміщені паралельно до площини дошки, безпосередньо над дошкою або на стелі. Задля забезпечення рівномірності розподілу освітленості по поверхні дошки, відстань від площини дошки до світлових приладів вибирають в залежності від висоти їх встановлення (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Відстань від світлових приладів до поверхні дошки, висотою 1,0 м, розміщеної на відстані 0,9 м над підлогою

Висота встановлення світлових приладів, м	Відстань між поверхнею дошки та світловими приладами, м
2,2 ... 2,4	0,55 ... 0,70
2,6 ... 2,8	0,85 ... 0,95
3,0 ... 3,2	1,00 ... 1,25
3,4 ... 3,6	1,40 ... 1,55

Системи загального локалізованого освітлення можуть застосовуватись у приміщеннях, в яких робочі місця можуть розташовуватись групами (різного роду майстерні, зона психологічного розвантаження учнів).

Для загального освітлення кабінетів інформатики та обчислювальної техніки рекомендовані світлові прилади із захисними кутами 35 – 45 градусів, котрі розміщуються на стелі у ряди, котрі паралельні до світлових проїомів, причому положення робочих місць з дисплеями відносно рядів світлових приладів є таким, щоб лінія зору користувачів та світлові лінії були паралельними. Чисельне значення у межах захисного кута яскравості світлових приладів, котрі знаходяться в полі зору користувачів або відображаються на екранах дисплеїв, має становити не більше, ніж 200 кд/м².

Освітлення спортивних залів здійснюється, як правило, лінійними світловими приладами з люмінесцентними або світлодіодними трубчастими або напівпровідниковими світильниками, розміщеними на стелі або нахилено по бокових стінах (рис. 1.3). Рекомендації щодо освітлення спортивних залів полягають у [5]:



а)



б)

Рисунок 1.3 – Системи освітлення спортивних залів:

а) світильники розміщені на стелі; б) світильники розміщені на стінах

- необхідних рівнях яскравості і водночас розсіяності світла;
- здатності світлової атмосфери до стимулювання до фізичних навантажень;
- мінімізації або усуненні тіней на будь-яких ділянках спортзалу від системи загального освітлення;
- стовідсотковій видимості всіх тренувальних снарядів, котрі знаходяться в приміщенні спортзалу;
- світловому зонуванні спортзалу, якщо він призначений для різних видів спорту.

Освітлення актових залів рекомендується виконувати рядами світлових приладів (рис. 1.4), проте в залежності від архітектурних рішень допускається застосовувати світлові прилади, які влаштовуються в підвісні стелі та світильники відбитого світла. Задля економії електроенергії рекомендується уникати застосування в актових залах світлових карнизів, світлових стель, ніш, світлових куполів, люстр та інших засобів архітектурно-художнього освітлення.



Рисунок 1.4 – Система освітлення актового залу

1.3 Висновки до розділу

2. На основі аналізу вимог щодо систем освітлення основних приміщень будівель навчальних закладів, визначено основні особливості проектування систем освітлення таких об'єктів.

3. Проаналізовано методи та засоби робочого освітлення основних приміщень будівель навчальних закладів. Визначено, що загальноприйнятою для навчальних приміщень, спортзалів, актових залів та інших основних приміщень є система загального рівномірного освітлення, в якій світлові прилади розміщуються рядами паралельно до світлових проїомів, а відстань між рядами не повинна перевищувати половини розрахункової висоти.

4. Метою даної роботи є розроблення системи внутрішнього освітлення приміщень Хустської спеціалізованої школи № 1 імені Августина Волошина. Для виконання даної мети в роботі поставлені завдання: вибір нормованих значень світлотехнічних характеристик систем освітлення шкільних приміщень; вибір джерел світла та світлових приладів; світлотехнічний розрахунок систем освітлення; проектування електричної освітлювальної мережі та її розрахунок; вибір апаратів захисту.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Характеристики об'єкта проектування

Хустська спеціалізована школа № 1 імені Августина Волошина розміщена за адресою вул. Карпатської України, буд. 16 у м. Хуст Закарпатської області. Спроможність школи становить 450 учнів[5]. Будівля школи являє собою триповерхову споруду (рис. 2.1) із сумарною площею приміщень в ній понад 3150 м².



Рисунок 2.1 – Зображення будівлі Хустської спеціалізованої школи № 1 імені Августина Волошина

Сумарна площа приміщень першого поверху становить 1355 м². На першому поверсі розміщені навчальні кабінети (площа 540 м²), робочі кабінети (площа 101 м²), спортзал (площа 200 м²) та приміщення іншого призначення (коридорні приміщення, санвузли, сходові клітки, інвентарні, роздягальні) із сумарною площею 514 м². Сумарна площа приміщень другого поверху становить 1175 м², на якому розміщені навчальні кабінети із сумарною площею 483 м², кабінети із сумарною площею 104 м², актовий зал, площею 101 м² та інші приміщення, сумарна площа яких становить 488 м². Площа приміщень третього поверху становить 622 м², на якому розміщені навчальні кабінети

(площа 252 м²), кабінети (площа 100 м²), інші приміщення (площа 271 м²).

Висота приміщень, тобто відстань від підлоги до стелі для усіх приміщень за винятком спортзалу становить 3,5 м. Висота спортзалу – 6,0 м.

2.2 Вибір виду, системи освітлення та джерел світла

Основаючись на рекомендаціях, наведених в аналітичному розділі, для освітлення усіх приміщень будівлі школи зупинимо свій вибір на системі загального рівномірного освітлення. За призначенням, освітлення буває наступних видів (рис. 2.2): робоче використовується для забезпеченні рівнів нормованих характеристик в звичайних режимах роботи; аварійне – для створення можливості продовження діяльності в разі припинення роботи робочого освітлення; охоронне – для освітлення меж периметру території, котра охороняється та чергове освітлення[1, 3].

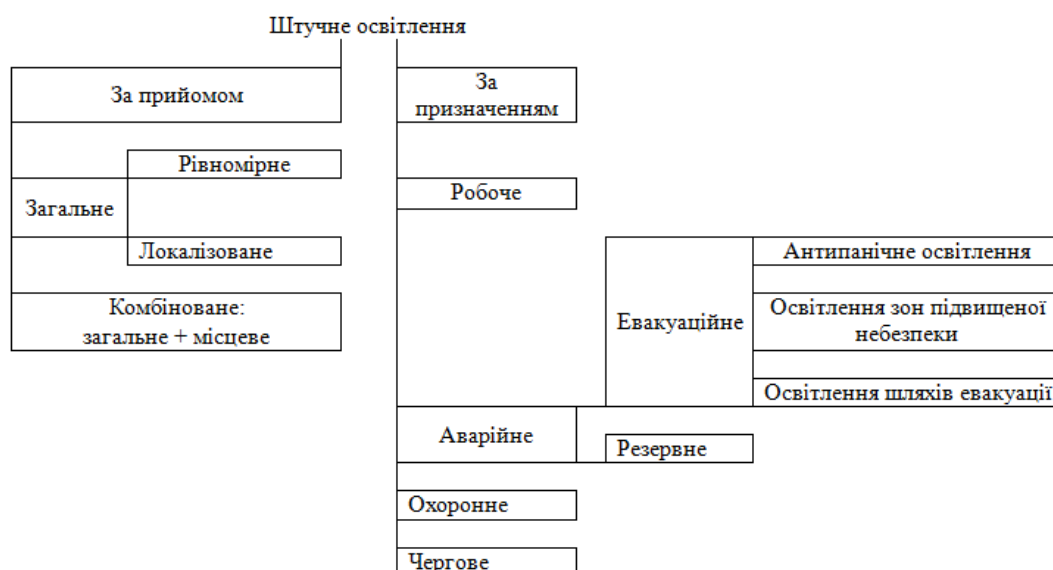


Рисунок 2.2 – Класифікація систем освітлення

Для усіх приміщень школи застосуємо систему робочого освітлення.

Для приміщень основних коридорів застосуємо систему аварійного евакуаційного освітлення для освітлення шляхів евакуації.

Для освітлення приміщень спортивного залу, актового залу та навчальних кабінетів площею понад 60 м² застосуємо системи освітлення зон підвищеної

небезпеки та антипанічного освітлення.

Вибір джерел світла для освітлення приміщень школи зупинимо на світло діодах, котрі володіють наступними характеристиками:

- світлова віддача: 140... 250 лм/Вт;
- термін служби: 50 ... 100 тис. год;
- індекс кольоропередачі: 85 ... 97;

Крім того світло діодам притаманний досить малий проміжок часу на запалювання та перезапалювання, а відсутність ртуті в їх складі, на відміну від розрядних джерел світла, додає ще перевагу, котра полягає у відсутності необхідності застосування додаткових спеціальних методів, що знижує вартість самої утилізації відпрацьованих джерел світла.

Виходячи із рекомендацій, наведених в [1], в подальшому будемо застосовувати світлові прилади із напівпровідниковими джерелами світла нейтрально-білого свічення з корельовано колірною температурою 3800 ... 4500 К, котрим відповідає спектральна характеристика випромінювання 2, графік котрої приведено на рис. 2.3

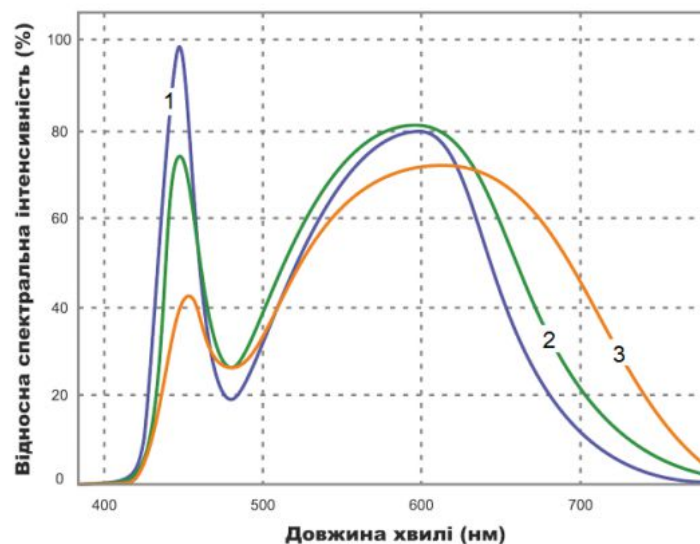


Рисунок 2.3 – Типові спектральні характеристики випромінювання напівпровідникових джерел світла: 1 – холодно-білого ($T = 2700 \dots 3800 \text{ K}$) свічення, 2 – нейтрально-білого ($T = 3800 \dots 4500 \text{ K}$) свічення, 3 – тепло-білого ($T = 4500 \dots 6500 \text{ K}$) свічення.

2.3 Вибір світлотехнічних нормованих характеристик систем освітлення шкільних приміщень

Вибір нормованих світлотехнічних систем освітлення шкільних приміщень виконаємо, виходячи із вимог, наведених в [1]. Як було зазначено в аналітичному розділі, основним кількісним світлотехнічним параметром є середня вертикальна або горизонтальна освітленість. Крім того для робочого освітлення всіх приміщень серед якісних параметрів передбачається показник M , а для приміщення актового залу – ще й циліндрична освітленість. Значення світлотехнічних нормованих параметрів шкільних приміщень приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення світлотехнічних нормованих параметрів робочого освітлення шкільних приміщень

Тип приміщень	Позначення на плані	E , лк	Висота та тип робочої поверхні	M , не більше
Навчальні кабінети	101, 130 – 134, 136, 137, 209, 211, 213, 214, 229 – 234, 303, 313 - 317	400	Г – 0,8	40
		500	В – на середині дошки	
Майстерні, інструментальні, робочі кабінети, препараторні	108, 110, 116, 138, 135, 140, 141, 205, 210, 215, 228, 232, 237, 238, 302, 309, 310, 318	300	Г – 0,8	40
Робочі кабінети	102, 116, 121, 122, 125, 126, 202, 205, 207 – 212, 217	300	Г – 0,8	90
Спортивний зал	146	200	Г – 0,0	60
		75	В – 2,0 від пілоги на поздовжній осі приміщення	

Продовження табл. 2.1

Тип приміщень	Позначення на плані	E , лк	Висота та тип робочої поверхні	M , не більше
Актовий зал	226	200	$\Gamma - 0,0$	90
		75	$B - 1,5$ в межах естради	
Вестибюль	115	150	$\Gamma - 0,0$	90
Верандні приміщення	102, 145, 202, 240	100	$\Gamma - 0,8$	40
Коридорні приміщення та сходові клітки, санвузли, кладові, роздягальні	104, 104а, 112, 113, 117 – 124, 126 – 129, 139, 203, 204, 204а, 208, 212, 217 – 224, 227, 235, 236, 301, 304 – 308, 312	75	$\Gamma - 0,0$	-
Інвентарні приміщення	105, 107, 125, 142, 144, 206а, 207, 225	50	$\Gamma - 0,8$	-
Тамбури	106, 143, 206, 239	50	$\Gamma - 0,0$	-

Систему аварійного евакуаційного освітлення передбачимо для головних шляхів евакуації, а також для приміщень, площа яких становить понад 60 м^2 , і в яких одночасно може перебувати 30 і більше осіб. Нормовані значення світлотехнічних параметрів системи аварійного освітлення таких приміщень приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Нормовані значення світлотехнічних параметрів системи аварійного освітлення

Тип приміщень	Позначення на плані	Вид евакуаційного освітлення	E_{\min} , лк	E_{\max}/E_{\min} , не менше
Навчальні кабінети	131 – 134, 136, 137, 229 – 231, 233	Антипанічне	1,0	40
Спортивний зал, актовий зал	146, 226	Антипанічне		
Коридорні приміщення	122, 222, 312	Освітлення шляхів евакуації		

2.4 Вибір світлових приладів

Світлові прилади для освітлення приміщень школи виберемо, виходячи насамперед із вимог щодо їх монтажу. Для усіх приміщень для системи загального освітлення виберемо світлові прилади, котрі монтуються на стелю.

Для освітлення навчальних кабінетів, робочих кабінетів, майстерень та актового залу виберемо світлодіодні світильники типу ДПО26В (рис. 2.4), котрий призначений для використання в системах загального освітлення адміністративних, громадських та навчальних приміщень [8]. Крім того виберемо модифікацію світильника із корельовано колірною температурою 4000 К. Криву сили світла цього світильника представлено на рис. 2.4, а його технічні характеристики – в табл. 2.3.



Рисунок 2.4 – Зображення зовнішнього вигляду світильника типу ДПО26В

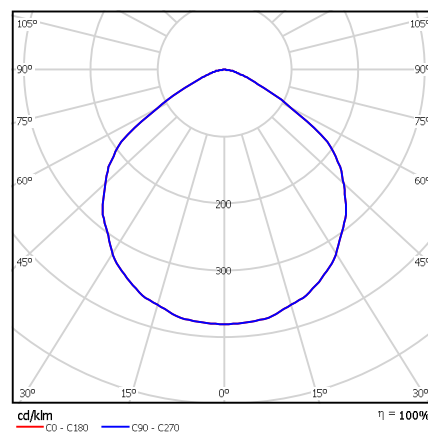


Рисунок 2.5– Крива сили світла світильника ДПО26В

Для системи освітлення приміщення спортивного залу виберемо світильники типу ДПП27У Effect LED (рис. 2.6) [8], монтаж котрих можна виконувати на горизонтальну опорну поверхню, а наявність в деяких модифікаціях захисної решітки дозволяє встановлювати їх в приміщеннях, де існує ймовірність попадання в світильники різних предметів, тобто в спортивні зали. Крім того, для деяких модифікацій світильника потужністю 80 Вт передбачається наявність блоку аварійного живлення, що дозволяє використовувати ці світлові прилади, як в системах робочого, так і аварійного освітлення.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики світлових приладів для освітлення приміщень школи

Технічна характеристика	Тип світлових приладів					
	ДПО26В	ДПП27У Effect LED	ДББ37У Селена- LED-2	ДББ37У Селена- LED-3	ДПП06У	ДБО02ВСП
Потужність, Вт	20 ... 50	80 ... 240	6 ... 12	20	8	6
Світловий потік, лм	2400 ... 6000	9600 ... 28800	720 ... 1440	2400	835	620
Світлова віддача, лм/Вт	120	120 ... 130	120	120	104	103
Тип КСС	Д	К, Г, Л	Д	Д	Д	Д
Корельована колірна температура, К	3000 ... 5700	4000	4000	4000	4000	4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	
Ступінь пиловологозахисту	IP20	IP65	IP40	IP40	IP65	IP65
Клас електрозахисту	I	I	I	I	I	I
Температура експлуатації, °С	-20 ... +40	-40 ... +60	-20 ... +40	-20 ... +40	-20 ... +40	-20 ... +40
Час роботи в аварійному режимі, год	-	3	-	-	3	10

Технічні характеристики світильника приведено в табл. 2.3. Для подальших світлотехнічних розрахунків виберемо світильники потужністю 80 Вт та з глибокою кривою сили світла (рис. 2.6), котру рекомендується використовувати в приміщеннях такої висоти.



Рисунок 2.6 – Зображення зовнішнього вигляду світильника типу ДПП27У Effect LED

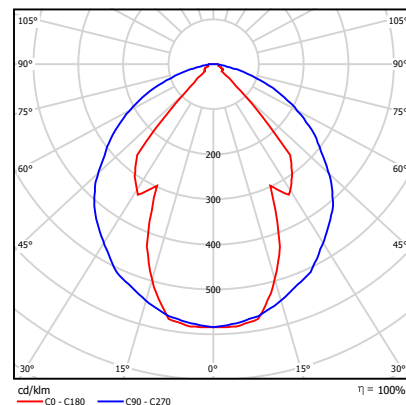


Рисунок 2.7 – Крива сили світла світильника ДПП27У Effect LED

В системах робочого освітлення коридорних приміщень, приміщень санвузлів, приміщень кладових та інвентарних та роздягалень використаємо світильники типу ДББ37У Селена-LED-2 (рис. 2.8) та ДББ37У Селена-LED-3 (рис. 2.9) [9, 10], котрі можуть використовуватись як в системах освітлення приміщень такого типу, так і в інших допоміжних, адміністративних, сільськогосподарських та побутових приміщеннях.

Для аварійного евакуаційного антипанічного освітлення навчальних кабінетів та актового залу, а також освітлення шляхів евакуації використаємо світлові прилади типу ДПП06У (рис. 2.10), а також аварійні світлові покажчики типу ДБО02ВСП (рис. 2.11), технічні характеристики яких подано в табл. 2.3 [11, 12].

Світильники із блоками аварійного живлення можуть працювати як в постійному (прилад світиться постійно, а світлодіоди живляться від електромережі через драйвер в робочому режимі) та непостійному (прилад починає випромінювати світловий потік при відсутності напруги у мережі, а

світлодіоди в ньому живляться від акумуляторної батареї). Зарядження акумуляторних батарей відбувається при наявності напруги в мережі.



Рисунок 2.8 – Зображення зовнішнього вигляду світильника типу ДББ37У Селена-LED-2



Рисунок 2.9 – Зображення зовнішнього вигляду світильника типу ДББ37У Селена-LED-2



Рисунок 2.8 – Зображення зовнішнього вигляду світильника типу ДПП06У



Рисунок 2.9 – Зображення зовнішнього вигляду світильника типу ДБ002ВСП

2.5 Визначення розрахункової висоти та коефіцієнту запасу

Вихідними даними до світлотехнічного розрахунку систем освітлення, окрім нормованих світлотехнічних параметрів та світлотехнічних характеристик світлових приладів є розрахункова висота встановлення світлових приладів над розрахунковою поверхнею та коефіцієнт запасу, з використанням котрого в світлотехнічних розрахунках враховується зниження освітленості на робочих поверхнях через зниження світлового потоку, котрий надходить на робочу поверхню внаслідок старіння та запилення світлових приладів.

Розрахункову висоту h_p розміщення світлових приладів над горизонтальними розрахунковими поверхнями визначимо, використовуючи формулу [2, 3]:

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

де h – висота приміщення;

h_n – висота підвісу, тобто відстань між нижнім краєм світильника та внутрішньою поверхнею стелі приміщення;

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

З характеристик приміщень будівлі визначаємо, що для приміщення спортивного залу $h = 6,0$ м, а для решти приміщень – $h = 3,5$ м.

Відстань h_n визначимо, виходячи із габаритних розмірів світлових приладів, котрі наведені у [7 – 10], а саме їх товщини, котра становить:

для світильників ДПО26В модифікації 011 $h_n = 0,042$ м; ;

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

для світильників ДББ37У Селена-LED-2 $h_n = 0,067$ м;

для світильників ДББ37У Селена-LED-2 $h_n = 0,067$ м.

Висоту робочої поверхні або умовно-робочої поверхні отримаємо із табл.

2.3. Підставивши чисельні значення h , h_n та $h_{p.n.}$ у формулу (2.1), отримаємо:

- для навчальних, робочих кабінетів, майстерень, інструментальних та препараторних, в яких встановлені світильники ДПО26В, а висота робочої поверхні становить 0,8 м

$$h_p = 3,5 - 0,042 - 0,8 \approx 2,66 \text{ м};$$

- для актового залу зі світильниками ДПО26В, та розрахунковою поверхнею на рівні підлоги

$$h_p = 3,5 - 0,042 - 0,0 \approx 3,46 \text{ м};$$

- для приміщення спортзалу зі світильниками Effect LED, та висотою робочої поверхні 0,0 м

$$h_p = 6,0 - 0,055 - 0,0 \approx 5,95 \text{ м};$$

- для верандних та інвентарних приміщень зі світильниками ДББ37У Селена-LED-2, та висотою робочої поверхні 0,8 м

$$h_p = 3,5 - 0,067 - 0,8 \approx 2,63 \text{ м};$$

- для решти приміщень приміщень зі світильниками ДББ37У Селена-LED-2, та висотою робочої поверхні 0,0 м

$$h_p = 3,5 - 0,067 - 0,0 \approx 3,43 \text{ м};$$

- зі світильниками ДББ37У Селена-LED-3

$$h_p = 3,5 - 0,04 - 0,0 = 3,46 \text{ м}.$$

Коефіцієнт запасу K_3 визначимо, використовуючи формули [1]:

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

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

де MF – коефіцієнт експлуатації;

$LLMF$ – докоефіцієнт, котрий враховує падіння світлового потоку джерел світла в залежності від часу їх експлуатації;

LSF – коефіцієнт, котрий визначається відношенням кількості працюючих в заданих умовах до загальної кількості світлових приладів в приміщенні;

LMF – коефіцієнт експлуатації світильників;

$RSMF$ – коефіцієнт експлуатації поверхонь, котрі оточують простір приміщення.

Для приміщень школи прийmemo наступні значення коефіцієнтів.

На основі даних, приведених в табл. 3.4 [1] вибираємо $LLMF = 0,85$, $LSF = 1$, як для приміщень в системах освітлення котрих використовуються світлодіодні світильники зі здатністю безперервної роботи 50000 годин, а їх

світловий потік протягом усього терміну експлуатації понизиться до рівня не нижче, ніж 80 % від початкового, й відсоток таких світильників становитиме не менше 90.

На підставі табл. В1 [1] встановлюємо, що всі приміщення відповідають класу чистоти С (Clean). Виходячи із табл. В6, визначаємо значення коефіцієнта $RSMF = 0,95$.

Із табл. В5, що на стор. 62, визначаємо коефіцієнти експлуатації світлових приладів:

- для світлових приладів ДПО26В, ДББ37У Селена-LED-2 та ДББ37У Селена-LED-3 $LSF = 0,88$;

- для світлових приладів ДПП27У Effect LED, ДПП06У та ДБО02ВСП $LMF = 0,94$.

Підставивши чисельні значення для коефіцієнтів $LLMF$, LSF , LMF та $RSMF$ у формулу (2.3), отримаємо:

- для приміщенні зі світильниками ДПО26В, ДББ37У Селена-LED-2 та ДББ37У Селена-LED-3

$$MF = 1 \cdot 0,85 \cdot 0,88 \cdot 0,95 = 0,71,$$

звідки коефіцієнт запасу

$$K_3 = \frac{1}{0,71} = 1,41;$$

- для приміщенні зі світильниками ДПП27У Effect LED, ДПП06У та ДБО02ВСП

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

звідки коефіцієнт запасу

$$K_3 = \frac{1}{0,76} = 1,32.$$

2.6 Електрична мережа систем освітлення приміщень школи

На підставі світлотехнічного розрахунку, приведеному в розрахунковому розділі встановлено, що для забезпечення необхідних рівнів нормованих параметрів систем освітлення шкільних сумарна потужність усіх світлових приладів системи становить 15,900 кВт.

Живлення світлових приладів системи робочого освітлення приміщень школи виконаємо по групових лініях, котрі відходять від п'ятьох щитів освітлення ЩО1 – ЩО5, розміщених в коридорних приміщеннях, позначених на планах 117 (ЩО1), 122 (ЩО2), 217 (ЩО3), 222 (ЩО4) та 304 (ЩО5). Ці щити живляться окремими лініями від ввідного розподільчого пристрою, розміщеному в електрощитовій, позначеній на плані 114.

Оскільки в світлових приладах системи аварійного евакуаційного освітлення наявні власні джерела автономного живлення джерел світла, то їх живлення передбачимо окремими груповими лініями від щитів робочого освітлення ЩО1, ЩО3 та ЩО5, що дозволяється відповідно до п. 6.1.28 Правил улаштування електроустановок [13].

В табл. 2.4 приведено інформацію щодо групових ліній щитів освітлення приміщень школи.

Таблиця 2.4 – Групові лінії щитів освітлення приміщень школи

Щит освітлення	Група	Споживачі	Потужність, кВт
ЩО1	Гр. 1.1	Світильники в приміщеннях 101, 108	0,484
	Гр. 1.2	Світильники в приміщеннях 103 – 107	0,124
	Гр. 1.3	Світильники в приміщеннях 109, 112, 212	0,324
	Гр. 1.4	Світильники в приміщеннях 110, 111	0,529
	Гр. 1.5	Світильники в приміщеннях 118, 119, 121, 121 а	0,152
	Гр. 1.6	Світильники в приміщеннях 113 – 115, 117, 120	0,295
	Гр. 1.7	Світильники в приміщенні 116, 137	0,589
	Гр. 1.8	Світильники в приміщеннях 135, 136	0,619
	Гр. 1.9	Світильники в приміщеннях 139, 142 - 145	0,172
	Гр. 1.10	Світильники в приміщеннях 138, 140, 141	0,420
	Гр. 1.a1	Світильники евакуаційного освітлення I поверху	0,120
	Сумарна потужність		

Продовження табл. 2.4

Щит освітлення	Група	Споживачі	Потужність, кВт
ЩО2	Гр. 2.1	Світильники в приміщенні 134	0,439
	Гр. 2.2	Світильники в приміщенні 133	0,439
	Гр. 2.3	Світильники в приміщенні 132	0,439
	Гр. 2.4	Світильники в приміщенні 131	0,439
	Гр. 2.5	Світильники в приміщенні 130	0,299
	Гр. 2.6	Світильники в приміщенні 146	0,640
	Гр. 2.7	Світильники в приміщеннях 122 – 129	0,260
	Сумарна потужність		
ЩО3	Гр. 3.1	Світильники в приміщеннях 201, 205	0,349
	Гр. 3.2	Світильники в приміщеннях 202, 204, 204а, 206, 206а, 207,208, 301	0,234
	Гр. 3.3	Світильники в приміщенні 209	0,315
	Гр. 3.4	Світильники в приміщеннях 210, 211	0,484
	Гр. 3.5	Світильники в приміщеннях 213, 214	0,668
	Гр. 3.6	Світильники в приміщеннях 217 - 219, 221, 221а, 224	0,220
	Гр. 3.7	Світильники в приміщенні 232, 233	0,619
	Гр. 3.8	Світильники в приміщеннях 215, 234	0,474
	Гр. 2.9	Світильники в приміщеннях 235, 236, 239, 240, 311, 312	0,164
	гр. 3.10	Світильники в приміщеннях 237, 238	0,280
	гр. 3.а1	Світильники евакуаційного освітлення II поверху	0,120
	Сумарна потужність		
ЩО4	Гр. 4.1	Світильники в приміщенні 231	0,439
	Гр. 4.2	Світильники в приміщенні 230	0,439
	Гр. 4.3	Світильники в приміщенні 229	0,439
	Гр. 4.4	Світильники в приміщенні 226	0,300
	Гр. 4.5	Світильники в приміщеннях 226, 228	0,225
	Гр. 4.6	Світильники в приміщеннях 222, 223, 225, 227	0,172
	Сумарна потужність		
ЩО5	Гр. 5.1	Світильники в приміщеннях 302, 303	0,504
	Гр. 5.2	Світильники в приміщеннях 317, 318	0,484
	Гр. 5.3	Світильники в приміщенні 304, 308, 220	0,340
	Гр. 5.4	Світильники в приміщеннях 305 - 307	0,128
	Гр. 5.5	Світильники в приміщеннях 315, 316	0,668
	Гр. 5.6	Світильники в приміщеннях 313, 314	0,668
	Гр. 5.7	Світильники в приміщеннях 309, 310	0,360
	Гр. 5.а1	Евакуаційне освітлення 3 поверху	0,024
	Сумарна потужність		

В якості кабелів для живлення щитів освітлення виберемо п'ятижильні, а для групових ліній – трижильні кабелі марки ВВГнг [14].

2.7 Висновки до розділу

1. Для освітлення приміщень школи вибрано систему загального рівномірного освітлення. В якості аварійного освітлення передбачено освітлення шляхів евакуації та влаштування системи аварійного евакуаційного антипанічного освітлення з площею понад 60 м² з можливістю перебування в них 30 і більше людей.

2. Вибрано світлотехнічні нормовані параметри системи освітлення приміщень школи. Встановлено, що основним нормативним кількісним параметром систем освітлення шкільних приміщень регламентується освітленість горизонтальної робочої поверхні, а для деяких приміщень - і освітленість у вертикальній площині. Якісними параметрами є показник дискомфорту та циліндрична освітленість.

3. Здійснено вибір світлових приладів для освітлення приміщень школи. Для освітлення навчальних кабінетів, робочих кабінетів, майстерень та актового залу запропоновано використати напівпровідникові світильники типу ДПО26В, для системи освітлення приміщення спортивного залу – світильники типу ДПП27У Effect LED, в системах робочого освітлення коридорних приміщень, приміщень санвузлів, приміщень кладових, інвентарних та роздягалень – світильники типу ДББ37У Селена-LED-2 та ДББ37У Селена-LED-3, а для аварійного освітлення – світильники типу ДПП06У та покажчики ДБО02ВСП.

4. В залежності від типу приміщень та вибраних світлових приладів визначено розрахункову висоту приміщень та коефіцієнти запасу та експлуатації, котрі були використані в подальших розрахунках. На основі отриманих результатів розрахунків встановлено, що розрахункова висота приміщень становить від 2,63 до 5,95 м, а коефіцієнт запасу – 1,41 та 1,32.

5. На підставі світлотехнічного розрахунку отримано кількість та потужність світлових приладів, необхідних для забезпечення нормованих якісних та кількісних світлотехнічних параметрів в приміщеннях школи.

6. Живлення світлових приладів робочого та аварійного освітлення передбачено по кабелях марки ВВГнг від п'ятьох щитів, розміщених по два – на першому та другому поверхах та одного, розміщеного на третьому поверсі.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень школи на основі методу коефіцієнта використання

Розрахунок виконаємо, використовуючи формулу [2, 3, 15]:

$$E = \frac{N\Phi_{СП}U}{SzK_3}, \quad (3.1)$$

де N – кількість світлових приладів, котрі використовуються в системі освітлення приміщення;

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

U – коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа приміщення, для якого виконується розрахунок;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, котрий при розрахунку на середню освітленість в розрахунок не береться.

K_3 – коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт використання визначимо, на основі формули [15]:

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

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

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

Прийнявши, що для світлового приладу із заданим світловим потоком $\eta_{СП} = 1$, отже

$$U = \eta_{П}. \quad (3.3)$$

Залежності $U = \eta_{П}$ для світильників із різними кривими сили світла та коефіцієнтів відбивання стелі, стіни та підлоги відповідно 0,7, 0,5 та 0,3 від індексу приміщень, котрий розраховується на основі площі S , а також

довжини A , ширини B та розрахункової висоти приміщення h_p за формулою:

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (A + B)} \quad (3.4)$$

приведені на рис. 3.1 [16].

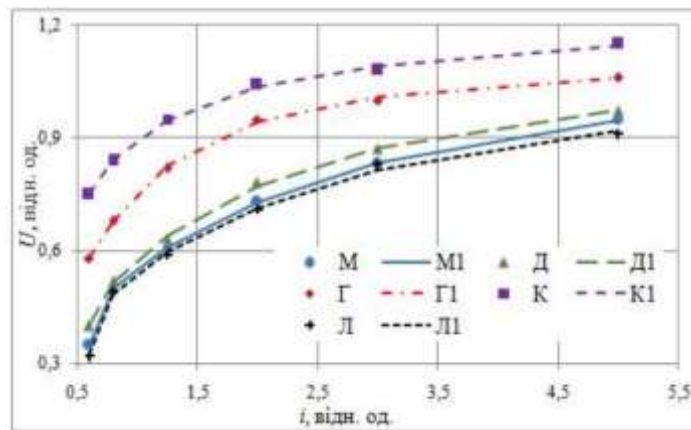


Рисунок 3.1 – Залежності коефіцієнта використання світлового потоку від індексу приміщення

Розрахунок покажемо для приміщення спортзалу. В попередньому розділі було вказано, що для даного приміщення було вибрано світильник із кривою сили світла типу Г.

Оптимальна відстань між світильниками визначається, виходячи із оптимальної відносної відстані між світильниками та їх рядами $\lambda = \frac{L}{h_p}$, котра для світильників із глибокою кривою сили світла становить від 0,9 до 1,0 [17]. Тоді для розрахункової висоти приміщення спортивного залу $h_p = 5,95$ м відстань

$$L = \lambda \cdot h_p, \quad (3.5)$$

$$L = 0,9 \cdot 5,95 = 5,36 \text{ м.}$$

Кількість світильників в одному ряді N_A та кількість рядів світильників N_B :

$$N_A = \frac{A}{L}, N_B = \frac{B}{L}, \quad (3.6)$$

$$N_A = \frac{20}{5,36} = 3,73 \approx 4, N_B = \frac{10}{5,36} = 1,87 \approx 2.$$

Кількість світлових приладів в приміщенні:

$$N = N_A \cdot N_B, \quad (3.7)$$

$$N = 4 \cdot 2 = 8.$$

Індекс приміщення спортивного залу

$$i = \frac{200}{5,95 \cdot (10 + 20)} = 1,12.$$

Коефіцієнт використання визначимо із залежності [16]:

$$U = \frac{0,040}{i^3} + \frac{-0,036}{i^2} + \frac{-0,384}{i} + 1,137, \quad (3.8)$$

$$U = \frac{0,040}{1,12^3} + \frac{-0,036}{1,12^2} + \frac{-0,384}{1,12} + 1,137 = 0,83.$$

З формули (3.1) світловий потік світлового приладу:

$$\Phi_{СП} = \frac{E_H S K_3}{NU}, \quad (3.9)$$

$$\Phi_{СП} = \frac{200 \cdot 200 \cdot 1,34}{0,83 \cdot 8} = 8072 \text{ лм.}$$

Виходячи з [8], вибираємо найближчий світловий потік 9600 лм, котрий має світильник ДПП27У Effect LED потужністю 80 Вт.

Тоді розрахункова середня освітленість E_p , котра буде створюватись на поверхні підлоги спортивного залу світловим потоком восьми світильників

типу ДПП27У-80-323:

$$E_p = \frac{\Phi_{СП} NU}{SK_3}, \quad (3.10)$$

$$E_p = \frac{9600 \cdot 8 \cdot 0,83}{200 \cdot 1,34} = 238 \text{ лк.}$$

Різниця у відсотках між розрахованим та нормованим значеннями освітленості:

$$\Delta E = \frac{E_p - E_H}{E_H} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

$$\Delta E = \frac{237 - 200}{200} \cdot 100\% = 18,5 \%,$$

що допустимо, оскільки відносна різниця освітленостей повинна становити в межах від -10 до +20 %.

Для навчального кабінету 231 індекс приміщення:

$$i = \frac{64,03}{2,66 \cdot (9,85 + 6,5)} = 1,47,$$

коефіцієнт використання, при умові, що застосовуються світлові приладі із кривою сили світла типу Д:

$$U = \frac{-0,177}{i^3} + \frac{0,663}{i^2} + \frac{-1,067}{i} + 1,160, \quad (3.12)$$

$$U = \frac{-0,177}{1,47^3} + \frac{0,663}{1,47^2} + \frac{-1,067}{1,47} + 1,160 = 0,69.$$

Оптимальна відносна відстань між світловими приладами із косинусною кривою сили світла становить 1,5 [17]. Тоді кількість світлових приладів в

приміщенні:

$$L = 0,5 \cdot 2,66 = 3,99 \text{ м,}$$

$$N_A = \frac{9,85}{3,99} = 2,46 \approx 2, N_B = \frac{6,5}{3,99} = 1,63 \approx 2,$$

$$N = 2 \cdot 2 = 4.$$

Світловий потік одного світильника

$$\Phi_{СП} = \frac{400 \cdot 64,03 \cdot 1,41}{4 \cdot 0,69} = 13084 \text{ лм.}$$

З [17] видно, що серед світлових приладів типу ДПО26В неможливо підібрати світильник такої потужності, світловий потік котрого був би близьким до розрахункового. Тоді визначимо сумарний світловий потік $\Phi_{СП\Sigma}$ світильників, необхідний для забезпечення нормованої освітленості:

$$\Phi_{СП\Sigma} = \frac{E_H SK_3}{U}, \quad (3.13)$$

$$\Phi_{СП\Sigma} = \frac{400 \cdot 64,03 \cdot 1,41}{0,69} = 52337 \text{ лм.}$$

Кількість світильників ДПО26В різної потужності, які можуть створити такий світловий потік:

$$P_{СП} = 25 \text{ Вт, } N = \frac{52337}{3000} \approx 17, P_{СП\Sigma} = 17 \cdot 25 = 425;$$

$$P_{СП} = 30 \text{ Вт, } N = \frac{52337}{3600} \approx 15, P_{СП\Sigma} = 15 \cdot 30 = 450;$$

$$P_{СП} = 35 \text{ Вт, } N = \frac{52337}{4200} \approx 12, P_{СП\Sigma} = 12 \cdot 35 = 420;$$

$$P_{СП} = 50 \text{ Вт, } N = \frac{52337}{6000} \approx 9, P_{СП\Sigma} = 9 \cdot 50 = 450.$$

Як видно із результатів розрахунку, найбільш оптимальною щодо енергоємності та кількості світлових приладів є система освітлення, котра складається із 12 світильників типу ДПО26В-35-011. Розрахункова середня освітленість, котра буде створюватись даною системою:

$$E_p = \frac{4200 \cdot 12 \cdot 0,69}{64,03 \cdot 1,41} = 383 \text{ лк},$$

а різниця від нормованого значення:

$$\Delta E = \frac{383 - 400}{400} \cdot 100\% = -4,25 \%,$$

що є допустимо.

Аналогічно розраховуємо і визначаємо кількість та потужність світлових приладів і для інших приміщень. Результати розрахунку приведено в Додатку А.

3.2 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень школи в пакеті DIALux

Для деяких приміщень застосування методу коефіцієнта використання є недоцільним або може призвести до значних похибок. Такими приміщеннями є, приміщення з відмінною від прямокутної формою або приміщення із індексом меншим, ніж 0,5. Крім того, необхідним є розрахунок мінімальної горизонтальної освітленості, вертикальної освітленості, а також якісних характеристик показника дискомфорту та циліндричної освітленості, що не можливо виконати на основі методу коефіцієнта використання. Тому подальший розрахунок в пакеті DIALux покажемо на прикладі приміщення спортзалу і виконаємо за наступною послідовністю.

1. За допомогою редактора приміщень в пакеті DIALux створюємо приміщення, задаючи йому розміри та форму (рис. 3.2 а).

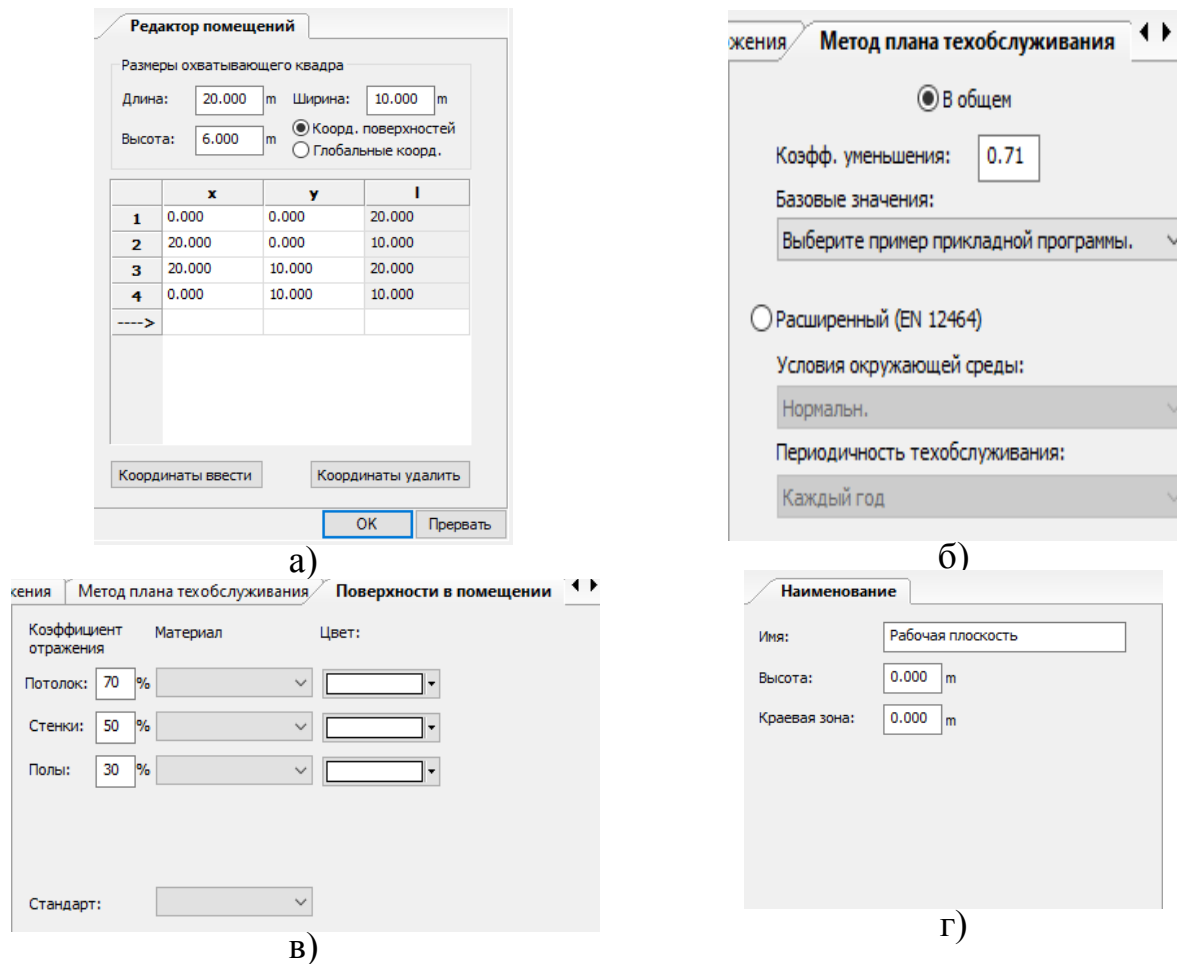
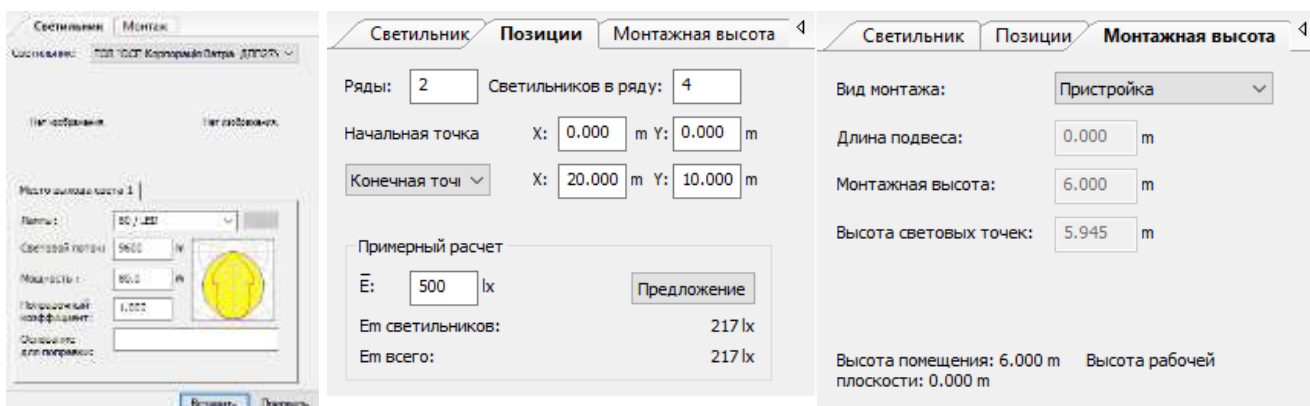


Рисунок 3.2 – Редагування характеристик приміщення поста медичної сестри в пакеті DIALux

2. Коефіцієнт експлуатації, аналогом якого в пакеті DIALux є коефіцієнт зменшення задається у вкладці методу плану техобслуговування (рис. 3.2 б). Для нашого випадку коефіцієнт зменшення становить 0,71.

3. Значення коефіцієнтів відбивання стелі, стін та підлоги та висоту розміщення робочої поверхні вводимо відповідно у вкладці поверхонь в приміщенні (рис. 3.2 в), та у вікні вкладки робочої поверхні (рис. 3.2 г) вводимо її висоту розміщення над підлогою 0,0 м.

4. Внесення світлових приладів проект освітлення виконуємо за допомогою команди вставлення (рис. 3.3 а), причому кількість рядів та кількість світильників на один ряд та висоту їх встановлення задаємо відповідно у вкладках позицій (рис. 3.3 б) та монтажної висоти (рис. 3.3 в).



а)

б)

в)

Рисунок 3.3 – Внесения световых приборов в проект та редагування їх характеристик встановлення в середовищі програми DIALux

5. Після розрахунку отримуємо наступні результати:

мінімальна освітленість – 118 лк;

середня освітленість – 227 лк;

максимальна освітленість – 289 лк;

відношення мінімальної освітленості до середньої – 0,520.

Лінії однакової освітленості на поверхні підлоги спортивного залу приведено на рис. 3.4.

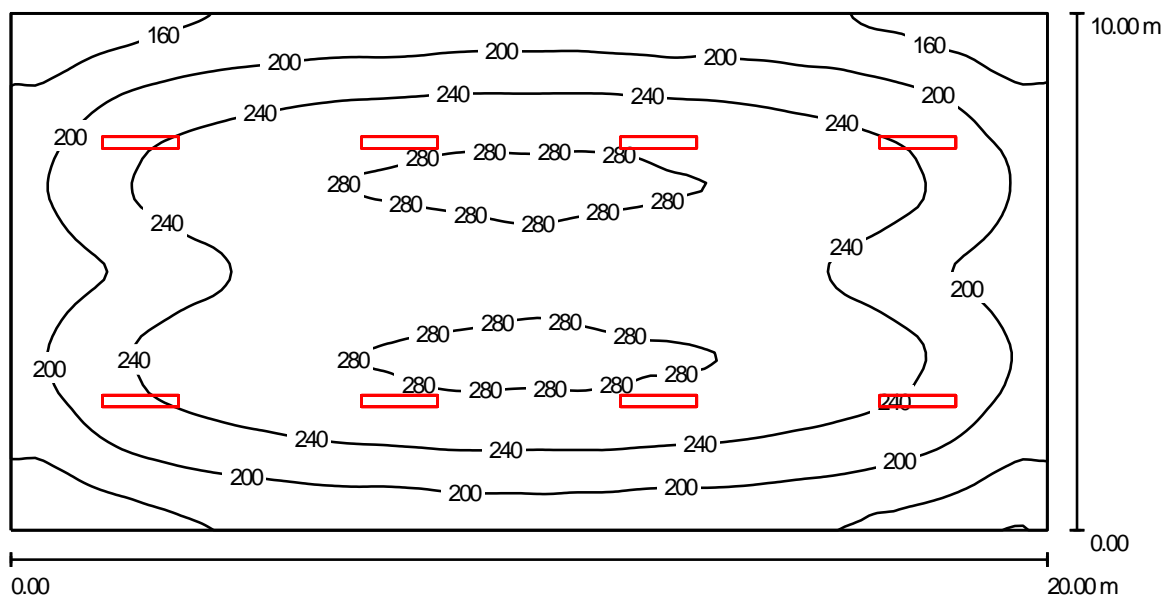


Рисунок 3.4 – Лінії однакової освітленості на поверхні підлоги спортивного залу

Різниця між значеннями розрахованої та нормованої освітленості становить:

$$\Delta E = \frac{227 - 200}{200} \cdot 100\% = 13,5 \%$$

Для розрахунку вертикальної освітленості введемо вертикальні поверхні на висоті 2,0 м над підлогою розмірами $20 \times 0,010 \text{ м}^2$, розміщені на поздовжній осі приміщення (рис. 3.5). 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.

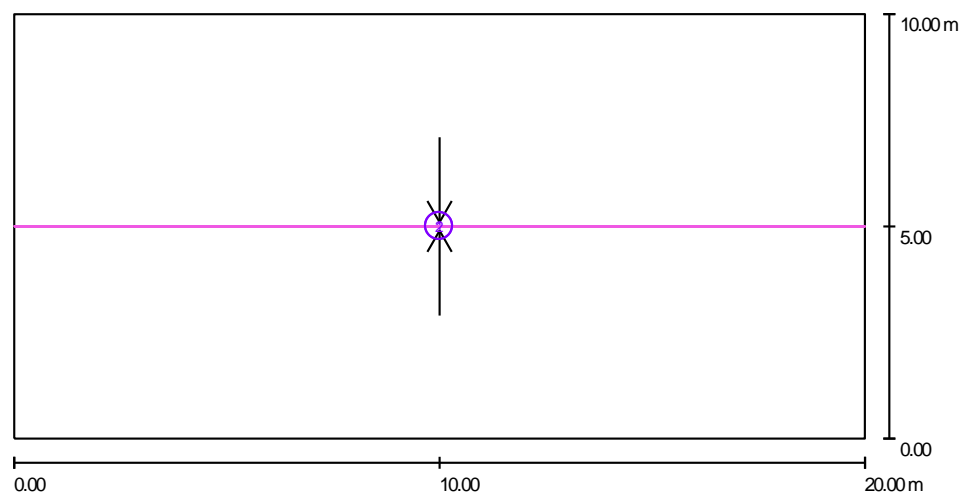


Рисунок 3.5 – Розміщення вертикальних розрахункових поверхонь в системі освітлення спортивного залу

В результаті розрахунку значень вертикальної та циліндричної освітленостей встановлено:

розрахована вертикальна освітленість в приміщенні спортивного залу становить 119 лк при нормованому значенні 75 лк;

розрахована циліндрична освітленість в приміщенні актового залу становить 78 лк при нормованому значенні 75 лк, а розрахована вертикальна освітленість в межах естради – 285 лк при нормованому значенні 75 лк;

вертикальна освітленість на середині дошки навчального кабінету 134 становить 306 лк при нормованому значенні 500 лк, тому пропонується використати додаткові світлові прилади типу ВІГА 150 ЛЕДПО 1x max 58Вт-03 [19] та потужністю 19 Вт, внаслідок чого освітленість на поверхні дошки лише від данного світильника становитиме 589 лк.

Для розрахунку показника дискомфорту в приміщенні спортивного залу встановимо чотирьох віртуальних спостерігачів, місце розташування яких та напрям їх ліній зору показано на рис. 3.6.

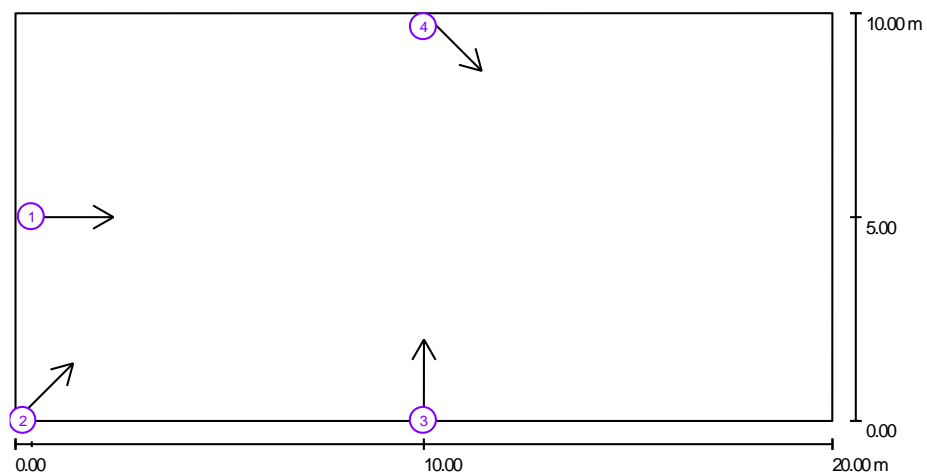


Рисунок 3.7 – Розміщення спостерігачів в приміщенні спортивного залу для оцінки об'єднаного показника дискомфорту

В результаті розрахунку встановлено, що максимальне значення об'єднаного показника дискомфорту UGR є притаманне для спостерігача 1 і становить 22. Підставивши це значення UGR у формулу (1.2), отримаємо:

$$M = 10^{\frac{22+4,8}{16}} = 47,$$

що допустимо, оскільки для приміщення спортивного залу нормоване значення цього показника становить 60.

Для приміщення навчального кабінету 134 максимальне значення $UGR=17$ притаманне для спостерігача 1 (рис. 4.8), звідси

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

що є допустимими, оскільки для навчальних приміщень це значення не повинне перевищувати 40.

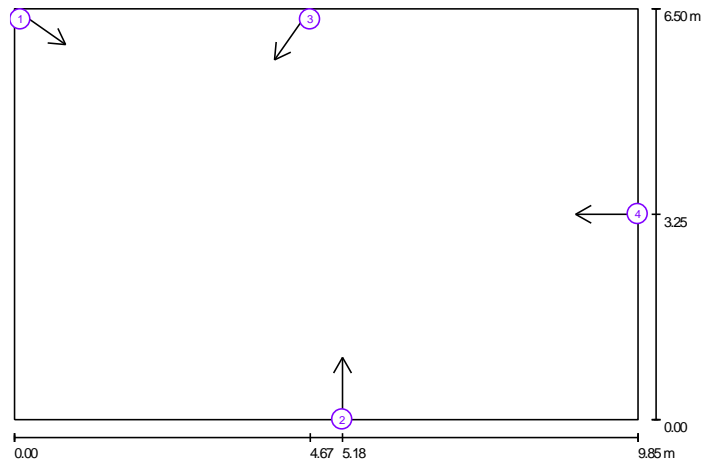


Рисунок 3.7 – Розміщення спостерігачів в приміщенні навчального кабінету 134 для оцінки об'єднаного показника дискомфорту

Розміщення спостерігачів в приміщенні актового залу показано на рис. 3.8. Максимальне значення $UGR=18$ притаманне для спостерігачів 3 та, звідси

$$M = 10^{\frac{18+4,8}{16}} = 27,$$

при нормованому значенні 40.

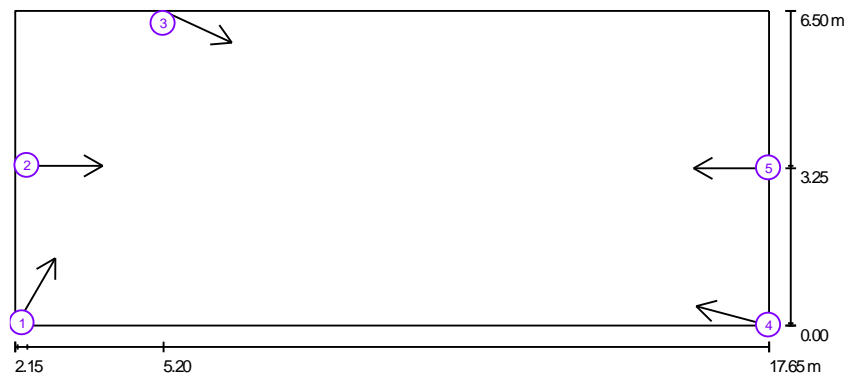


Рисунок 3.8 – Розміщення спостерігачів в приміщенні актового залу для оцінки об'єднаного показника дискомфорту

На рис. 3.9 – 3.12 показано розподіл значень освітленості від систем аварійного освітлення спортивного залу, навчального кабінету 134 та актового залу та коридору 304.

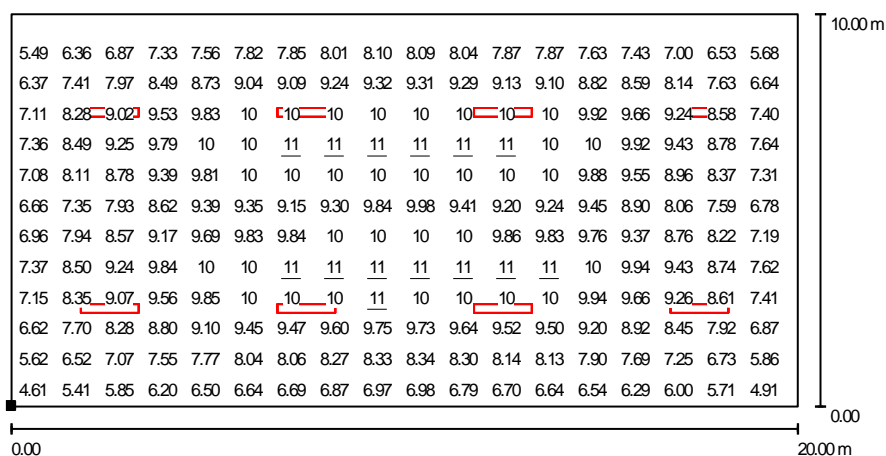


Рисунок 3.9 – Графік розподілу значень освітленості від системи аварійного освітлення спортивного залу, побудованої на основі роботи світильників робочого освітлення в аварійному режимі: мінімальна освітленість – 4,41 лк, відношення максимальної освітленості до мінімальної – 2,46

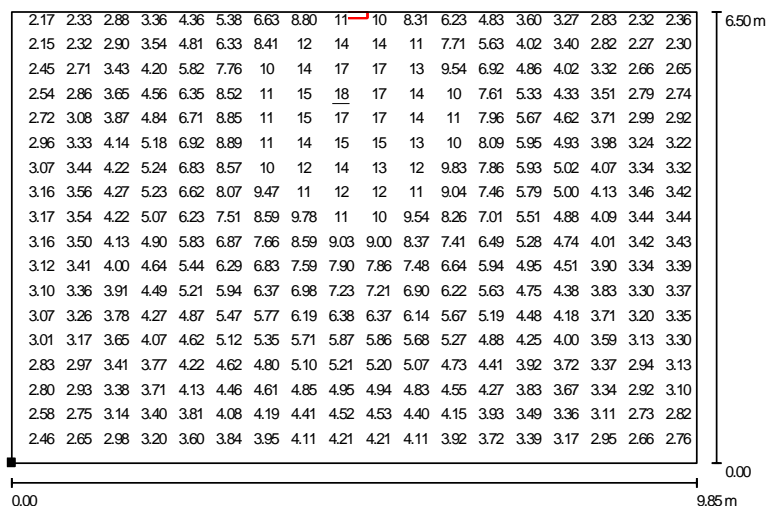


Рисунок 3.10 – Графік розподілу значень освітленості від системи аварійного освітлення навчального кабінету 134, побудованої на основі одного світильника ДПП06У: мінімальна освітленість – 2,04 лк, відношення максимальної освітленості до мінімальної – 8,85

щити освітлення. Основні формулами для розрахунку трифазних та однофазних ділянок електричної освітлювальної мережі мають відповідно вигляд [3]:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}, \quad (3.13)$$

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (3.14)$$

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

$U_l = 380$ В, $U_\phi = 220$ В – відповідно значення лінійної та фазної напруги;

$\cos \varphi = 0,94$ – коефіцієнт активної потужності;

Розрахунок продемонструємо на прикладі групової лінії Гр. 2.6, котра живить світлові прилади системи освітлення спортивного залу та лінії розподільчої мережі, котра живить щит ЩО2.

Для групової лінії Гр. 2.6, для якої $P_p = 0,64$ кВт, $\cos \varphi = 0,95$.

Підставляючи ці значення у формулу (3.13), отримаємо:

$$I_p = \frac{0,64 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 3,06 \text{ А.}$$

Для лінії розподільчої мережі, котра живить щит ЩО2 $\cos \varphi = 0,94$ та $P_p = 2,516$ кВт у формулу (3.11), отримаємо:

$$I_p = \frac{2,516 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,94} = 4,02 \text{ А.}$$

Для даних ділянок вибираємо відповідно кабелі марок ВВГнг-3×2,5 та ВВГнг-3×2,5. Розрахунок для інших ділянок виконуємо аналогічно. Результати розрахунку приведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку по струму навантаження та вибору апаратів захисту

Щит освітлення	Група	Потужність, кВт	Робочий струм, А	Тип кабелю	Апарат захисту
ЩО1	Гр. 1.1	0,484	2,32	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 1.2	0,124	0,59	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 1.3	0,324	1,55	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 1.4	0,529	2,53	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 1.5	0,152	0,73	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	Гр. 1.6	0,295	1,41	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 1.7	0,589	2,82	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 1.8	0,619	2,96	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 1.9	0,172	0,82	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	Гр. 1.10	0,420	2,01	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 1.a1	0,120	0,63	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
ЩО1	3,829	6,14	ВВГнг-5х1,5	ВА-2017/С 3р 10А АСКО	
ЩО2	Гр. 2.1	0,439	2,10	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.2	0,439	2,10	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.3	0,439	2,10	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.4	0,439	1,43	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 2А АСКО
	Гр. 2.5	0,299	3,06	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 2.6	0,640	1,24	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 2.7	0,260	4,02	ВВГнг-5х1,5	ВА-2017/С 3р 6А АСКО
	ЩО2	2,955	2,10	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
ЩО3	Гр. 3.1	0,349	1,67	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 3.2	0,234	1,12	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	Гр. 3.3	0,315	1,51	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 2А АСКО
	Гр. 3.4	0,484	2,32	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 3.5	0,668	3,20	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 3.6	0,220	1,05	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	Гр. 3.7	0,619	2,96	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 3.8	0,474	2,27	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.9	0,164	0,78	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	гр. 3.10	0,280	1,34	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 2А АСКО
	гр. 3.a1	0,120	0,57	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	ЩО3	3,927	6,28	ВВГнг-5х1,5	ВА-2017/С 3р 10А АСКО
ЩО4	Гр. 4.1	0,439	2,10	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 4.2	0,439	2,10	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 4.3	0,439	2,10	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 4.4	0,300	1,44	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 4.5	0,225	1,08	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 2А АСКО
	Гр. 4.6	0,172	0,82	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	ЩО2	2,014	3,22	ВВГнг-5х1,5	ВА-2017/С 3р 6А АСКО

Продовження табл. 3.1

Щит освітлення	Група	Потужність, кВт	Робочий струм, А	Тип кабелю	Апарат захисту
ЩО5	Гр. 5.1	0,504	2,41	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 5.2	0,484	2,32	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 5.3	0,340	1,63	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	Гр. 5.4	0,128	0,61	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 5.5	0,668	3,20	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 5.6	0,668	3,20	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Гр. 5.7	0,360	1,72	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 5.a1	0,024	0,11	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 6А АСКО
	ЩО5	3,176	5,08	ВВГнг-5х1,5	ВА-2017/С 3р 10А АСКО

В якості апаратів захисту виберемо автоматичні вимикачі. Значення струмів вставок I_n цих вимикачів визначимо з умови [1]:

$$I_p \leq I_n \leq I_o, \quad (3.15)$$

де I_o – допустимий струм, котрий може проходити по мідній жилі кабелю з площею поперечного перерізу $1,5 \text{ мм}^2$, і виходячи із умов нагріву, дорівнює 19 А для кабелів із трьома та 16 А для кабелів із п'ятьма жилами.

Задля уникнення можливості хибного відімкнення апарату захисту внаслідок дії пускових струмів, визначимо допустиму кількість світлових приладів однієї групової лінії:

$$N_{\max} \leq \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}}, \quad (3.16)$$

де K – коефіцієнт кривої спрацьовування автоматичного вимикача, значення котрого для характеристик характеристики С становить 5;

K_k – коефіцієнт нерозчеплювання, залежність котрого від тривалості імпульсу приведено на рис 3.13.

I_n – струм вставки апарату захисту;

I_{peak} – амплітуда імпульсу пускового струму напівпровідникового світлового приладу.

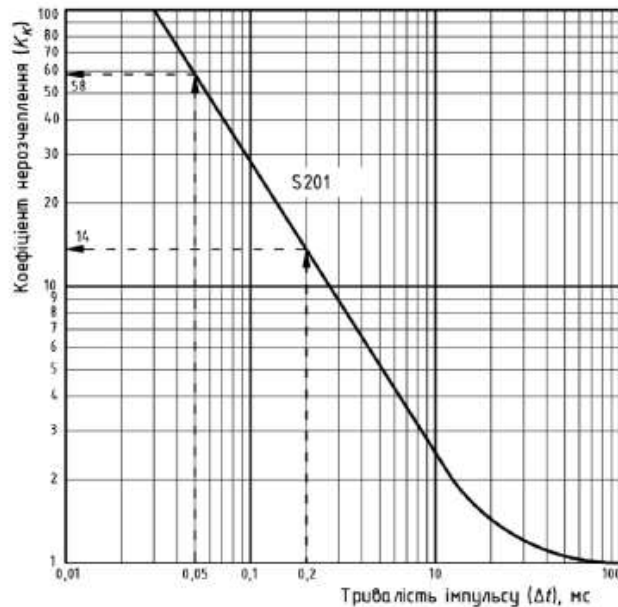


Рисунок 3.13 – Залежність коефіцієнта нерозчеплювання від тривалості імпульсу

На основі нерівності (3.16) отримано максимальну кількість світлових приладів, котрі можуть бути під'єднані до одного автоматичного вимикача в залежності від його номінального струму. Результати розрахунку приведено в табл. 3.2. Значення амплітуди імпульсу пускового струму та його тривалості отримані із паспортних даних світлових приладів.

На основі отриманих результатів розрахунків вибрано автоматичні вимикачі для кожної групової лінії. Значення номінальних струмів апаратів захисту ліній, котрі живлять щити вибираємо, виходячи із умови селективності, тобто номінальні значення струму апаратів захисту мають бути на один ступінь вищими, ніж максимальні значення номінального струму апаратів захисту групових ліній, живлення яких здійснюється від даних щитів освітлення.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку максимальної кількості світлових приладів, котрі можуть бути під'єднані до одного автоматичного вимикача

Тип світлового приладу	P , Вт	I_{peak} , А	Δt , мкс	K_k	Номінальний струм автоматичного вимикача, А						
					1	2	3	4	6	10	16
ДПП27У Effect LED	80	60	850	53,6	4	9	13	18	27	45	72
ДПО26В	35	55	510	55,5	5	10	15	20	30	50	80
ДББ37У Селена-LED	20	70	215	57,1	4	8	12	16	24	40	65
ДПП06У	6	70	120	57,6	4	8	12	16	24	41	66

3.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по втраті напруги

Розрахунок виконаємо для найбільш віддалених споживачів найбільш завантажених групових ліній кожного щита і покажемо на прикладі ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 2.6. Схему для розрахунку приведено на рис. 3.14.

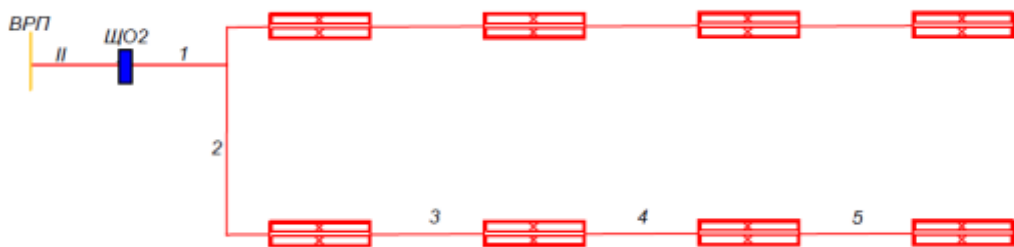


Рисунок 3.14 – Схема для розрахунку по втраті напруги ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 2.6

Втрату напруги на кожній ділянці визначимо, виходячи із формули [3]:

$$\Delta U \% = \frac{M_k}{c \cdot F}, \quad (3.14)$$

де M_k – момент навантажень, котрі живляться заданою ділянкою, котрий визначається добутком потужності світлових приладів, котрі живляться через дану ділянку на її довжину;

c – коефіцієнт, що залежить типу та напруги мережі, а також матеріалу провідників і значення котрого для мереж із мідними жилами проводів становить 12 для двопровідних мереж напругою 220 В та 72 – для трифазних мереж із напругою 380/220 В;

F – площа поперечного перерізу жил кабелів.

Результати розрахунку ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 2.6 щита ЩО2 приведено в табл. 3.3, а інших ділянок – в додатку Б.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 2.6

Ділянка	P , кВт	l , м	M_k , кВт·м	F , мм ²	c	$\Delta U\%$
II	2,516	40	100,64	1,5	72	0,932
1	0,640	25	16,00	1,5	12	0,889
2	0,320	10	3,20	1,5	12	0,178
3	0,240	5	1,20	1,5	12	0,067
4	0,160	5	0,80	1,5	12	0,044
5	0,080	5	0,40	1,5	12	0,022
Сумарна втрата напруги, %						2,132

Як видно із результатів розрахунку, сумарні втрати напруги не перевищують 2,14 %, що є допустимо, оскільки згідно з вимогами, наведеними в [13] допустимі сумарні втрати напруги в системах освітлення становлять 3 %.

3.5 Висновки до розділу

1. На підставі світлотехнічного розрахунку отримано кількість та потужність світлових приладів, необхідних для забезпечення нормованих якісних та кількісних світлотехнічних параметрів в приміщеннях школи.

2. Виконано електротехнічний розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження, на підставі результатів якого вибрано перерізи кабелів групових ліній та ліній, що живлять щити освітлення. Для всіх ліній площа поперечного перерізу жил кабелю становить 1,5 мм².

3. Спад напруги при використанні кабелів із такою площею поперечного перерізу жил не перевищує 2,14 %.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи технічного характеру щодо попередження електротравм

Поява напруги на неструмовідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є захисне заземлення, занулення, захисне відключення.

Захисне заземлення. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 „Електробезопасность. Термины и определения”, захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмовідних частин електроустановок, які можуть опинитись під напругою.

Захисному заземленню підлягають:

- електроустановки напругою 380 В і більше змінного струму і 440 В і більше постійного струму незалежно від категорії приміщень (умов) щодо небезпеки електротравм;
- електроустановки напругою більше 42 В змінного струму і більше 110 В постійного струму в приміщеннях з підвищеною і особливою небезпекою електротравм, а також електроустановки поза приміщеннями;
- всі електроустановки, що експлуатуються у вибухонебезпечних зонах (з метою попередження вибухів).

Принципова схема функціонування захисного заземлення наведена на рис.4.1.

Відповідно до зазначеного заземлюються:

- неструмовідні частини електричних машин, апаратів, трансформаторів;
- каркаси розподільчих щитів, шаф, щитів управління, а також їх знімні частини і частини, що відкриваються, якщо на них встановлено електрообладнання напругою більше 42 В змінного і більш 110 В постійного струму.
- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні коробки й

інші кабельні конструкції, металеві кабельні муфти, металеві гнучкі рукави і труби електропроводки, електричні світильники;

- металоконструкції виробничого обладнання, на якому є споживачі електроенергії;

- опори повітряних ліній електропередач.

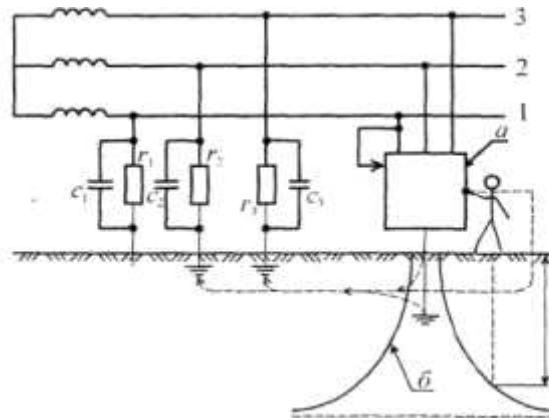


Рисунок 4.1 – Принципова схема функціонування захисного заземлення:

а – електроустановка; б – розподіл потенціалів на поверхні землі в зоні розтікання струму.

Під зануленням розуміється навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмовідних частин, які можуть опинитись під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Занулення в електроустановках – це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим вводом джерела однофазного струму, з глухозаземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму.

Захисне відключення. Призначення захисного відключення – відключення електроустановки при пошкодженні ізоляції і переході напруги на неструмовідні її елементи. Застосовується в доповнення до захисного заземлення (занулення) для забезпечення надійного захисту, перш за все, в умовах особливої небезпеки електротравм.

4.2 Аналіз факторів впливу 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 опорів 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. На основі аналізу вимог щодо систем освітлення основних приміщень будівель навчальних закладів, визначено основні особливості проектування систем освітлення таких об'єктів. Проаналізовано методи та засоби робочого освітлення основних приміщень будівель навчальних закладів. Визначено, що загальноприйнятою для навчальних приміщень, спортзалів, актових залів та інших основних приміщень є система загального рівномірного освітлення, в якій світлові прилади розміщуються рядами паралельно до світлових проїомів, а відстань між рядами не повинна перевищувати половини розрахункової висоти.

2. Для освітлення приміщень школи вибрано систему загального рівномірного освітлення. В якості аварійного освітлення передбачено освітлення шляхів евакуації та влаштування системи аварійного евакуаційного антипанічного освітлення з площею понад 60 м² з можливістю перебування в них 30 і більше людей.

3. Вибрано світлотехнічні нормовані параметри системи освітлення приміщень школи. Встановлено, що основним нормативним кількісним параметром систем освітлення шкільних приміщень регламентується освітленість горизонтальної робочої поверхні, а для деяких приміщень – і освітленість у вертикальній площині. Якісними параметрами є показник дискомфорту та циліндрична освітленість.

4. Здійснено вибір світлових приладів для освітлення приміщень школи. Для освітлення навчальних кабінетів, робочих кабінетів, майстерень та актового залу запропоновано використати напівпровідникові світильники типу ДПО26В, для системи освітлення приміщення спортивного залу – світильники типу ДПП27У Effect LED, в системах робочого освітлення коридорних приміщень, приміщень санвузлів, приміщень кладових, інвентарних та роздягалень – світильники типу ДББ37У Селена-LED-2 та ДББ37У Селена-

LED-3, а для аварійного освітлення - світильники типу ДПП06У та покажчики ДБО02ВСП.

5. В залежності від типу приміщень та вибраних світлових приладів визначено розрахункову висоту приміщень та коефіцієнти запасу та експлуатації, котрі були використані в подальших розрахунках. На основі отриманих результатів розрахунків встановлено, що розрахункова висота приміщень становить від 2,63 до 5,95 м, а коефіцієнт запасу – 1,41 та 1,32.

6. На підставі світлотехнічного розрахунку отримано кількість та потужність світлових приладів, необхідних для забезпечення нормованих якісних та кількісних світлотехнічних параметрів в приміщеннях школи. Встановлено, що сумарна потужність усіх світлових приладів системи становить 15,900 кВт.

7. Живлення світлових приладів робочого та аварійного освітлення передбачено по кабелях марки ВВГнг від п'ятьох щитів, розміщених по два – на першому та другому поверхах та одного, розміщеного на третьому поверсі.

8. Виконано електротехнічний розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження, на підставі результатів якого вибрано перерізи кабелів групових ліній та ліній, що живлять щити освітлення. Для всіх ліній площа поперечного перерізу жил кабелю становить 1,5 мм².

9. Спад напруги при використанні кабелів із такою площею поперечного перерізу жил не перевищує 2,14 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне світлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.

2. 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.

3. 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.

4. Освітлення спортивних залів. URL: <https://vatra.in.ua/info/statti/osvitlennia-sportyvnykh-zaliv/> (дата звернення: 05.06.2023).

5. Хустська спеціалізована школа I-III ступенів №1 імені А. Волошина Хустської міської ради Закарпатської області. URL: <https://zk.isuo.org/schools/view/id/19274/> (дата звернення: 06.06.2023).

6. УФ випромінювання в освітленні. URL: <https://vinsvit.ua/ua/articles/uv-in-light/> (дата звернення: 06.06.2023).

7. ДПО26В. URL: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DPO26V.pdf(дата звернення: 07.06.2023)

8. ДПП27У Effect LED. URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP27U_Effect_LED.pdf (дата звернення: 07.06.2023)

9. ДББ37У СЕЛЕНА-LED-2. URL: [https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB37U\(SELENA-LED-2\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB37U(SELENA-LED-2).pdf) (дата звернення: 07.06.2023)

10. ДББ37У СЕЛЕНА-LED-3. URL: [https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB37U\(SELENA-](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB37U(SELENA-)

LED-3).pdf (дата звернення: 07.06.2023)

11. ДПП06У. URL: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP06U.pdf (дата звернення: 10.06.2023)

12. ДБО02ВСП (АВАРІЙНИЙ). URL: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBO02VSP.pdf (дата звернення: 10.06.2023)

13. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.

14. Кабельний завод «Тумен». Каталог кабельно-провідникової продукції). URL: <https://www.twomen.odessa.ua/downloads/catalogue.pdf> (дата звернення: 05.06.2023).

15. 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.

16. 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.

17. Червінський Л.С. Електричне освітлення та опромінення. Методичні вказівки до виконання курсової роботи / Л.С.Червінський, Л.О. Сторожук, Б.М. Ковалишин. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2014. – 63 с.

18. Світильник для шкільних дошок URL: https://elotek.com.ua/catalogue/shkola/svet_shola/svet_shola_kososvet/ (дата звернення: 12.06.2023).

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Результати світлотехнічного розрахунку системи загального робочого освітлення

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	h, м	h _{рп} , м	h _р , м	E _п , лк	K _з	i	U	Φ _{заг} , лм	Тип СП	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Кількість	E, лк	dE, %	P, кВт
101	Навчальний кабінет	42,60	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,19	0,63	38414	ДПО26В-35-011	35	4200	9	394	-1,60	315
102	Веранда	10,70	3,5	0,8	2,63	100	1,41	0,55	0,35	4289	ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	4	93	-7,00	40
103	Сходова клітка	6,90	3,5	0	3,43	75	1,41	0,38			ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	2	73	-2,67	20
104	Коридор	22,60	3,5	0	3,46	75	1,34	0,72	0,48		ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	75	0,00	40
104а	Кладова	5,13	3,5	0	3,43	75	1,41	0,32			ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	2	69	-8,00	20
105	Інвентарна	1,05	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,18			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	51	2,00	8
106	Тамбур	2,25	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,28			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	52	4,00	8
107	Інвентарна	1,05	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,18			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	51	2,00	8
108	Інструментальна	24,80	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,91	0,55	18914	ДПО26В-25-011	25	3000	6	286	-4,83	150
109	Майстерня	44,02	3,5	0,8	2,66	300	1,41	1,25	0,64	29138	ДПО26В-25-011	25	3000	9	278	-7,34	225
110	Інструментальна	24,80	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,91	0,55	18914	ДПО26В-25-011	25	3000	6	286	-4,83	150
111	Майстерня	39,60	3,5	0,8	2,66	300	1,41	1,07	0,60	28017	ДПО26В-30-011	30	3600	8	308	2,79	240
112	Коридор	23,32	3,5	0	3,46	75	1,34	1,20	0,63		ДББ37У-20-003	20	2400	4	87	16,00	80

											Селена-LED-3						
113	Парадний вхід	15,05	3,5	0,0	3,43	75	1,34	0,48	0,21	7139	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	3	76	0,85	60
114	Електрощитова	6,45	3,5	0	3,458	150	1,41	0,36			ДПО26В-35-011	35	4200	1	138	-8	35
115	Вестибюль	16,32	3,5	0	3,46	150	1,34	0,58	0,39	8446	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	4	170	13,66	80
116	Кабінет медичної сестри	37,05	3,5	0,8	2,66	300	1,41	1,14	0,62	25469	ДПО26В-30-011	30	3600	5	279	-7,00	150
117	Коридор	31,36	3,5	0	3,46	75	1,34	1,33	0,66		ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	3	84	12,00	60
118	Коридор	10,20	3,5	0	3,46	75	1,34	0,45	0,12		ДББ37У-12-004 Селена-LED-2	12	1440	2	70	-6,67	24
119	Санвузол	14,36	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,67			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	8	73	-2,67	64
120	Сходова клітка	15,60	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,69			ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	3	80	6,67	60
121	Санвузол	15,60	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,69			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	7	78	4,00	56
121a	Санвузол	0,99	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,19			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	85	13,33	8
122	Коридор	70,72	3,5	0	3,46	75	1,34	0,95	0,56	12607	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	5	71	-5,33	100
123	Кладова	7,92	3,5	0	3,43	75	1,41	0,40			ДББ37У-12-004 Селена-LED-2	12	1200	2	74	-1,33	24
124	Коридор	70,72	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,19			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	85	13,33	8
125	Інвентарна	0,93	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,18			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	55	10,00	8
126	Роздягальня	13,14	3,5	0	3,43	75	1,34	0,53	0,31	4195	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	86	14,42	40
127	Коридор	17,10	3,5	0	3,46	75	1,34	0,57	0,37	4636	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	78	3,54	40
128	Коридор	8,25	3,5	0	3,46	75	1,34	0,41			ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	1	78	4,00	20
129	Роздягальня	10,95	3,5	0	3,43	75	1,34	0,48			ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	1	68	-9,33	20

130	Навчальний кабінет	37,05	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,14	0,62	33959	ДПО26В-35-011	35	4200	8	396	-1,06	280
131	Навчальний кабінет	61,75	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,45	0,68	51081	ДПО26В-35-011	35	4200	12	395	-1,33	420
132	Навчальний кабінет	63,38	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,47	0,68	52201	ДПО26В-35-011	35	4200	12	386	-3,45	420
133	Навчальний кабінет	63,38	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,47	0,68	52201	ДПО26В-35-011	35	4200	12	386	-3,45	420
134	Навчальний кабінет	64,03	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,47	0,69	52649	ДПО26В-35-011	35	4200	12	383	-4,27	420
135	Інструментальна	28,40	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,96	0,57	21127	ДПО26В-30-011	30	3600	6	307	2,24	180
136	Навчальний кабінет	60,48	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,37	0,67	51239	ДПО26В-35-011	35	4200	12	393	-1,64	420
137	Навчальний кабінет	63,70	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,47	0,69	52425	ДПО26В-35-011	35	4200	12	385	-3,86	420
138	Кабінет	21,60	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,86	0,54	16954	ДПО26В-35-011	35	4200	4	297	-0,91	140
139	Коридор	22,60	3,5	0	3,46	75	1,34	0,72	0,48		ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	3	75	0,00	60
140	Кабінет	18,00	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,79	0,51	14879	ДПО26В-35-011	35	4200	4	339	12,91	140
141	Кабінет	24,00	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,92	0,56	18238	ДПО26В-35-011	35	4200	4	276	-7,89	140
142	Інвентарна	1,05	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,18			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	51	2,00	8
143	Тамбур	2,25	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,28			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	52	4,00	8
144	Інвентарна	1,05	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,18			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	51	2,00	8
145	Веранда	10,70	3,5	0,8	2,63	100	1,41	0,55	0,35	4289	ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	4	93	-7,00	40
146	Спортивний зал	200,00	6	0	5,95	200	1,34	1,12	0,82	65366	ДПП27У-80-023 У3	80	9600	8	235	17,49	640
201	Навчальний кабінет	24,00	3,5	0,8	2,66	400	1,41	0,92	0,56	24317	ДПО26В-35-011	35	4200	6	415	3,63	210
202	Веранда	10,70	3,5	0,8	2,63	100	1,41	0,55	0,35	4289	ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	4	93	-7,00	40
203	Сходові клітка	6,90	3,5	0	3,43	75	1,41	0,38			ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	2	73	-2,67	20

204	Коридор	22,60	3,5	0	3,46	75	1,34	0,72	0,48		ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	75	0,00	40
204a	Кладова	5,13	3,5	0	3,43	75	1,41	0,32			ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	2	69	-8,00	20
205	Кабінет	18,00	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,79	0,51	14879	ДПО26В-30-011	30	3600	4	290	-3,22	120
206	Тамбур	2,25	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,28			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	52	4,00	8
206a	Інвентарна	1,05	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,18			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	51	2,00	8
207	Інвентарна	1,05	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,18			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	51	2,00	8
208	Коридор	15,20	3,5	0	3,46	75	1,34	0,56	0,36	4186	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	86	14,65	40
209	Навчальний кабінет	44,02	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,25	0,64	38851	ДПО26В-35-011	35	4200	9	389	-2,71	315
210	Препараторна	24,80	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,91	0,55	18914	ДПО26В-25-011	25	3000	6	286	-4,83	150
211	Навчальний кабінет	39,60	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,07	0,60	37356	ДПО26В-35-011	35	4200	9	405	1,19	315
212	Коридор	86,02	3,5	0	3,46	75	1,34	1,28	0,65	13377	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	6	81	7,65	120
213	Навчальний кабінет	40,12	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,19	0,63	36137	ДПО26В-35-011	35	4200	9	418	4,60	315
214	Навчальний кабінет	40,12	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,19	0,63	36137	ДПО26В-35-011	35	4200	9	418	4,60	315
215	Кабінет	21,76	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,82	0,52	17589	ДПО26В-35-011	35	4200	4	287	-4,49	140
217	Коридор	31,36	3,5	0	3,46	75	1,34	1,33	0,66		ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	3	84	12,00	60
218	Коридор	10,20	3,5	0	3,46	75	1,34	0,45	0,12		ДББ37У-12-004 Селена-LED-2	12	1440	2	70	-6,67	24
219	Санвузол	14,36	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,67			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	8	73	-2,67	64
220	Сходова клітина	51,57	3,5	0	3,46	75	1,34	1,01	0,58	8902	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	4	81	7,84	80
221	Санвузол	13,80	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,69			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	6	78	4,00	48
221a	Санвузол	0,99	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,19			ДББ37У-8-002	8	960	1	85	13,33	8

											Селена-LED-2						
222	Коридор	70,72	3,5	0	3,46	75	1,34	0,95	0,56	12607	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	5	71	-5,33	100
223	Кладова	7,92	3,5	0	3,43	75	1,41	0,40			ДББ37У-12-004 Селена-LED-2	12	1200	2	74	-1,33	24
224	Санвузол	1,80	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,24	-4,95		ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	2	80	6,67	16
225	Інвентарна	3,23	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,29			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	12	1440	1	49	-2,00	8
226	Актовий зал	100,75	3,5	0	3,46	200	1,41	1,32	0,66	43302	ДПО26В-25-011	25	3000	15	208	3,92	375
227	Коридор	17,10	3,5	0	3,46	75	1,34	0,57	0,37	4636	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	78	3,54	40
228	Кабінет	22,10	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,84	0,53	17615	ДПО26В-25-011	25	3000	6	307	2,19	150
229	Навчальний кабінет	63,38	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,47	0,68	52201	ДПО26В-35-011	35	4200	12	386	-3,45	420
230	Навчальний кабінет	63,38	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,47	0,68	52201	ДПО26В-35-011	35	4200	12	386	-3,45	420
231	Навчальний кабінет	64,03	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,47	0,69	52649	ДПО26В-35-011	35	4200	12	383	-4,27	420
232	Препараторна	28,40	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,96	0,57	21127	ДПО26В-30-011	30	3600	6	307	2,24	180
233	Навчальний кабінет	60,48	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,37	0,67	51239	ДПО26В-35-011	35	4200	12	393	-1,64	420
234	Навчальний кабінет	43,55	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,24	0,64	38490	ДПО26В-35-011	35	4200	9	393	-1,79	315
235	Коридор	15,20	3,5	0	3,46	75	1,34	0,56	0,36	4186	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	86	14,65	40
236	Коридор	22,60	3,5	0	3,46	75	1,34	0,72	0,48		ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	75	0,00	40
237	Кабінет	18,00	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,79	0,51	14879	ДПО26В-35-011	35	4200	4	339	12,91	140
238	Кабінет	24,00	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,92	0,56	18238	ДПО26В-35-011	35	4200	4	276	-7,89	140
239	Тамбур	12,00	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,57	0,37	2271	ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	2	53	5,70	8
240	Веранда	10,70	3,5	0,8	2,63	100	1,41	0,55	0,35	4289	ДББ37У-10-003 Селена-LED-2	10	1200	4	93	-7,00	40
301	Коридор	15,20	3,5	0	3,46	75	1,34	0,56	0,36	4186	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	86	14,65	40

302	Кабінет	18,60	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,76	0,50	15706	ДПО26В-25-011	25	3000	5	287	-4,49	125
303	Навчальний кабінет	50,10	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,32	0,66	43124	ДПО26В-30-011	30	3600	12	401	0,18	360
304	Коридор	160,10	3,5	0	3,46	75	1,34	2,88			ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	11	76	1,33	220
305	Санвузол	14,36	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,67			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	8	82	9,33	64
306	Санвузол	13,80	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,69			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	7	83	10,67	56
307	Санвузол	0,99	3,5	0,8	2,63	75	1,41	0,19			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	85	13,33	8
308	Сходові клітина	51,57	3,5	0	3,46	75	1,34	1,01	0,58	8902	ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	2	71	-5,33	40
309	Кабінет	30,24	3,5	0,8	2,66	300	1,41	1,03	0,59	21748	ДПО26В-30-011	30	3600	6	298	-0,68	180
310	Кабінет	29,16	3,5	0,8	2,66	300	1,41	1,02	0,58	21148	ДПО26В-30-011	30	3600	6	306	2,14	180
311	Інвентарна	2,25	3,5	0,8	2,63	50	1,41	0,28			ДББ37У-8-002 Селена-LED-2	8	960	1	60	20,00	8
312	Коридор	12,33	3,5	0	3,46	75	1,34	0,56			ДББ37У-20-003 Селена-LED-3	20	2400	1	68	-9,33	20
313	Навчальний кабінет	43,55	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,24	0,64	38490	ДПО26В-35-011	35	4200	9	393	-1,79	315
314	Навчальний кабінет	40,95	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,20	0,63	36680	ДПО26В-35-011	35	4200	9	412	3,05	315
315	Навчальний кабінет	39,00	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,17	0,62	35321	ДПО26В-35-011	35	4200	9	428	7,02	315
316	Навчальний кабінет	39,00	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,17	0,62	35321	ДПО26В-35-011	35	4200	9	428	7,02	315
317	Навчальний кабінет	39,00	3,5	0,8	2,66	400	1,41	1,17	0,62	35321	ДПО26В-35-011	35	4200	9	428	7,02	315
318	Кабінет	22,10	3,5	0,8	2,66	300	1,41	0,84	0,53	17615	ДПО26В-25-011	25	3000	6	307	2,19	150

ДОДАТОК Б

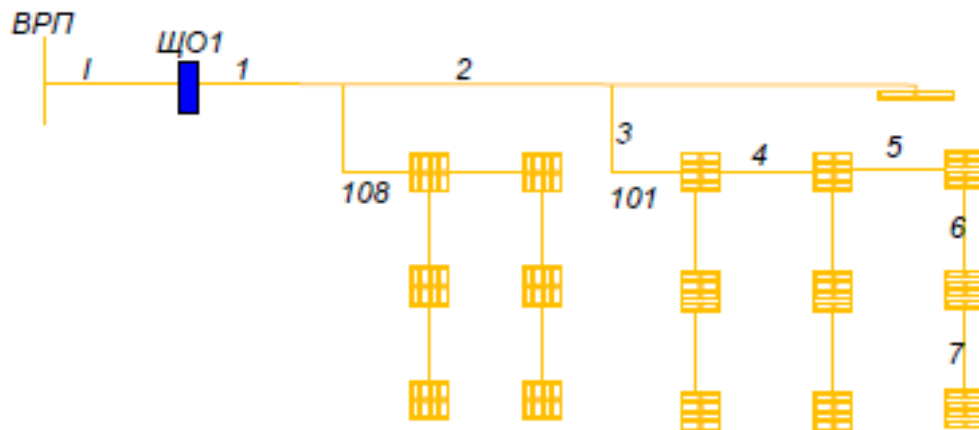


Рисунок Б1 – Схема для розрахунку по втраті напруги ділянок, котрі живлять світлові прилади Гр. 1.1

Таблиця Б1 – Результати розрахунку ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 1.1

Ділянка	P , кВт	l , м	M_k , кВт·м	F , мм ²	c	$\Delta U\%$
I	3,840	6	23,04	1,5	72	0,213
1	0,484	22	10,65	1,5	12	0,592
2	0,334	15	5,01	1,5	12	0,278
3	0,315	2	0,63	1,5	12	0,035
4	0,210	2	0,42	1,5	12	0,023
5	0,105	2	0,21	1,5	12	0,012
6	0,070	3	0,21	1,5	12	0,012
7	0,035	3	0,11	1,5	12	0,006
Сумарна втрата напруги, %						1,171

ДОДАТОК Б

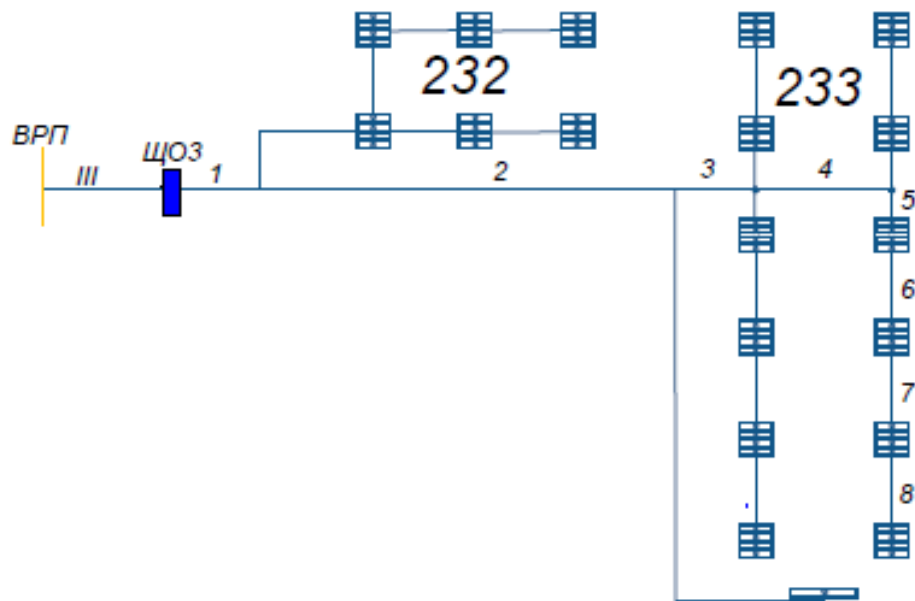


Рисунок Б2 – Схема для розрахунку по втраті напруги ділянок, котрі живлять світлові прилади Гр. 3.7

Таблиця Б2 – Результати розрахунку ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 3.7

Ділянка	P , кВт	l , м	M_k , кВт·м	F , мм ²	c	$\Delta U\%$
III	3,927	10	39,27	1,5	72	0,364
1	0,619	15	9,29	1,5	12	0,516
2	0,439	8	3,51	1,5	12	0,195
3	0,420	2	0,84	1,5	12	0,047
4	0,210	3	0,63	1,5	12	0,035
5	0,140	1	0,14	1,5	12	0,008
6	0,105	2	0,21	1,5	12	0,012
7	0,053	2	0,11	1,5	12	0,006
8	0,035	2	0,07	1,5	12	0,004
Сумарна втрата напруги, %						1,185

ДОДАТОК Б

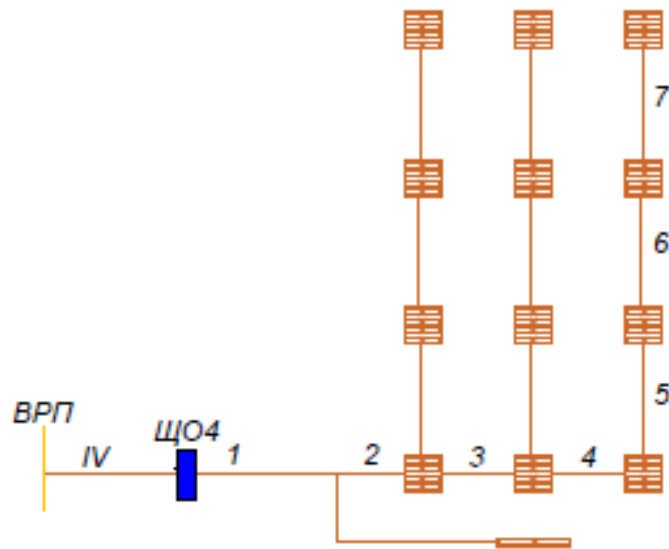


Рисунок Б3 – Схема для розрахунку по втраті напруги ділянок, котрі живлять світлові прилади Гр. 4.1

Таблиця Б3 – Результати розрахунку ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 4.1

Ділянка	P , кВт	l , м	M_k , кВт·м	F , мм ²	c	$\Delta U\%$
IV	2,014	44	88,62	1,5	72	0,821
1	0,439	14	6,15	1,5	12	0,341
2	0,420	1	0,42	1,5	12	0,023
3	0,280	2	0,56	1,5	12	0,031
4	0,140	2	0,28	1,5	12	0,016
5	0,105	3	0,32	1,5	12	0,018
6	0,070	3	0,21	1,5	12	0,012
7	0,035	3	0,11	1,5	12	0,006
Сумарна втрата напруги, %						1,267

ДОДАТОК Б

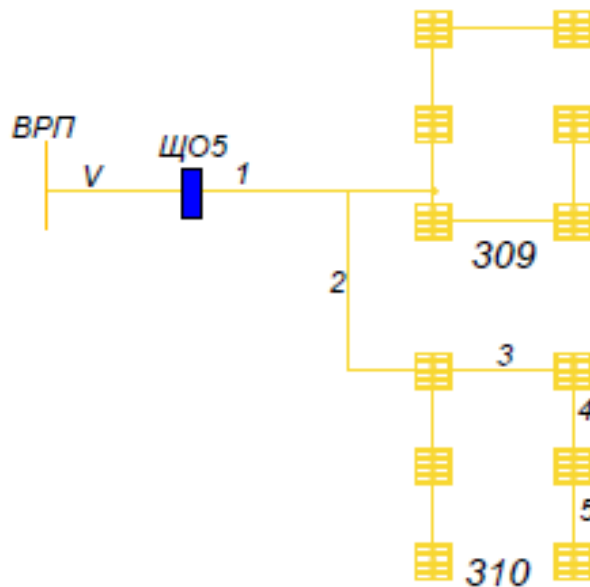


Рисунок Б4 – Схема для розрахунку по втраті напруги ділянок, котрі живлять світлові прилади Гр. 5.7

Таблиця Б4 – Результати розрахунку ділянок, котрі живлять світлові прилади групової лінії Гр. 5.7

Ділянка	P , кВт	l , м	M_k , кВт·м	F , мм ²	c	ΔU %
V	3,176	14	44,464	1,5	V	0,412
1	0,360	22	7,92	1,5	1	0,440
2	0,180	3	0,54	1,5	2	0,030
3	0,090	3	0,27	1,5	3	0,015
4	0,060	2	0,12	1,5	4	0,007
5	0,030	2	0,06	1,5	5	0,003
Сумарна втрата напруги, %						0,907