

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Система освітлення та електропостачання будівлі середньої школи

(комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи ET-42

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Дрімак В.В.

Зробок Л.Ю.

Керівник

Осадца Я.М.

Нормоконтроль

Мовчан Л.Т.

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

Рецензент

Голотенко О.С.

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)

«26» січня 2026 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 Дрімаку Василю Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система освітлення та електропостачання будівлі середньої школи
(комплексна тема)

Керівник роботи Осадца Ярослав Михайлович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1163

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Будівельні креслення будівлі, плани розміщення силових електро-споживачів, Державні будівельні норми, характеристики світлових приладів

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

Огляд технічних рішень щодо забезпечення комфортного світлового середовища мікроклімату в приміщеннях навчальних закладів; Аналіз приміщень будівлі; Виконання світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення приміщень школи. Вибір апаратів захисту групових ліній, які живлять системи освітлення. Виконання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»

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

Титульний аркуш презентації;

Мета та завдання роботи

Основні відомості про будівлю об'єкта проектування

Технічні характеристики світлових приладів

Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення

Результати вибору апаратів захисту освітлювальної мережі

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)

«26» січня 2026 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 Зробку Любомиру Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система освітлення та електропостачання будівлі середньої школи
(комплексна тема)

Керівник роботи Осадця Ярослав Михайлович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1163

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Будівельні креслення будівлі, плани розміщення силових електро-споживачів, Державні будівельні норми, характеристики світлових приладів

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

Огляд існуючих систем електропостачання закладів освіти та вимоги до них

Характеристики споживачів електроенергії в будівлі школи

Світлотехнічний розрахунок систем аварійного освітлення приміщень школи

Плани прокладання мереж електроосвітлення та розеток

Результати розрахунку електричної мережі

Результати розрахунку втрат напруги

Загальні висновки до кваліфікаційної роботи

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

Світлотехнічний розрахунок систем аварійного освітлення

Характеристики споживачів електричної енергії в будівлі школи

Плани прокладання мережі освітлення і розеток

Результати розрахунку електричної мережі

Результати розрахунку втрат напруги

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 ЕТ – 42. - Т.: ТНТУ, 2026.

Стор. 109; рис. 43; табл. 31; креслень (сторінок презентації) – 26; використаних джерел – 18, сторінок додатків – 5.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Система освітлення та електропостачання будівлі середньої школи (комплексна тема)».

Метою роботи є розроблення технічних рішень щодо проектування систем робочого та аварійного освітлення, а також систем електропостачання частини електроспоживачів у будівлі школи місткістю 150 учнів.

На підставі результатів світлотехнічного розрахунку, виконаного за допомогою, спеціалізованого програмного пакету DIALux evo запропоновано систему робочого та аварійного освітлення приміщень будівлі школи. Виконано розрахунок електричних мереж системи живлення розеток, установок вентиляції, компютерного класу по струму навантаження та за втратою напруги. На основі проведених розрахунків здійснено вибір проводів, кабелів, автоматичних вимикачів.

Ключові слова:

СВІТЛОВИЙ ПРИЛАД, ОСВІТЛЕНІСТЬ, ПОКАЗНИК ДИСКОМФОРТУ, АВАРІЙНЕ ОСВІТЛЕННЯ, ЦИЛІНДРИЧНА ОСВІТЛЕНІСТЬ, АВТОМАТИЧНИЙ ВИМИКАЧ, ДИФАВТОМАТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1 Рекомендації та вимоги щодо систем світлового мікроклімату приміщень навчальних закладів	10
1.2 Нормовані світлотехнічні параметри систем освітлення закладів освіти	13
1.3 Вимоги до систем електропостачання будівель закладів освіти	19
1.4 Характеристики будівлі та приміщень школи	22
1.5 Висновки до розділу	23
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	25
2.1 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень будівлі школи	25
2.1.1 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення навчальних та навчально-виробничих приміщень	27
2.1.2 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення фізкультурно-оздоровчих приміщень	35
2.1.3 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення клубно-видовищних приміщень та приміщення бібліотеки	39
2.1.4 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень харчоблоку	43
2.1.5 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення адміністративно-службових приміщень	44
2.1.6 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень дошкільної групи	47
2.1.7 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення ветибюлів, холів та зон руху	49
2.2 Світлотехнічний розрахунок систем аварійного освітлення	55
2.3 Висновки до розділу	62

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	64
3.1 Споживачі електричної енергії будівлі школи та електрична мережа їх живлення	64
3.2 Розрахунок електричної мережі будівлі школи	69
3.2.1 Розрахунок електричних щитів першого поверху	71
3.2.2 Розрахунок електричних щитів другого та третього поверхів	73
3.2.3 Розрахунок електричних щитів аварійного освітлення	80
3.3 Вибір площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту електричної мережі будівлі	86
3.4 Розрахунок втрат напруги в електричній мережі будівлі	89
3.5 Висновки до розділу	93
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	94
4.1 Надання долікарської допомоги при переломах	64
4.2 Монотонність праці та методи боротьби з нею	95
4.3 Вимоги пожежної безпеки при гасінні пожеж, пов'язаних з електрообладнанням.	98
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	101
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	103
ДОДАТОК А	105
ДОДАТОК Б	107

ВСТУП

Сучасний заклад освіти є складним інженерно-технічним об'єктом, у якому створення безпечних, комфортних і ефективних умов для навчання безпосередньо залежить від якості систем освітлення та електропостачання. У зв'язку зі стрімким розвитком освітніх технологій, збільшенням кількості електронного обладнання в навчальному процесі та підвищенням вимог до енергоефективності будівель, проєктування зазначених систем набуває особливої актуальності. Від правильності їх розрахунку та організації залежить не лише комфорт учнів і працівників школи, але й безпека експлуатації приміщень, надійність роботи обладнання та раціональне використання енергетичних ресурсів.

Одним із найважливіших факторів, що впливають на якість освітнього процесу, є освітлення навчальних приміщень. Достатній рівень освітленості сприяє кращому сприйняттю інформації, підвищує концентрацію уваги та знижує втому учнів. Недостатнє або неправильно організоване освітлення може призвести до погіршення зору, зниження працездатності, швидкої втомлюваності та виникнення дискомфорту під час навчання. Саме тому під час проєктування систем освітлення необхідно враховувати нормативні вимоги щодо рівня освітленості, рівномірності розподілу світлового потоку, кольорової температури світильників та коефіцієнта пульсації світла.

Сучасні технології дозволяють використовувати енергоефективні світлодіодні світильники, які забезпечують високу якість освітлення при значно меншому споживанні електроенергії. Впровадження таких рішень дає змогу скоротити експлуатаційні витрати навчального закладу та зменшити навантаження на електричну мережу. Крім того, використання автоматизованих систем керування освітленням, датчиків руху та освітленості дозволяє додатково підвищити рівень енергоефективності будівлі.

Не менш важливим є проєктування системи електропостачання шкільних приміщень. Сучасна школа оснащується комп'ютерними класами,

мультимедійним обладнанням, інтерактивними дошками, системами вентиляції, пожежної сигналізації та іншими електротехнічними пристроями, що потребують стабільного та безперебійного електроживлення. Надійна система електропостачання забезпечує безпечну експлуатацію всіх електроприймачів та створює умови для безперервного проведення освітнього процесу.

Під час проектування електропостачання необхідно виконувати розрахунок електричних навантажень, правильно обирати перерізи кабелів і проводів, захисну апаратуру та засоби заземлення. Особливу увагу слід приділяти питанням електробезпеки, оскільки користувачами приміщень є діти різного віку. Наявність сучасних систем захисту від коротких замикань, перевантажень та ураження електричним струмом є обов'язковою умовою безпечної експлуатації будівлі.

Актуальність проектування систем освітлення та електропостачання також зумовлена необхідністю модернізації значної кількості існуючих шкільних будівель. Багато закладів освіти були збудовані десятки років тому, а їхні електричні мережі розраховані на значно менші навантаження, ніж ті, що існують сьогодні. Зношені електромережі можуть спричинити аварійні ситуації, перебої в роботі обладнання та підвищені втрати електроенергії. Тому розроблення сучасних проектних рішень є необхідною умовою підвищення надійності та ефективності функціонування освітніх закладів.

Важливим аспектом є також забезпечення енергозбереження та відповідність сучасним екологічним вимогам. Раціонально спроектовані системи освітлення та електропостачання дозволяють суттєво скоротити споживання електроенергії, що сприяє зменшенню фінансових витрат закладу освіти та негативного впливу на навколишнє середовище. Використання енергоощадних технологій відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку та державній політиці у сфері енергетичної ефективності.

Отже, проектування систем освітлення та електропостачання для шкільних приміщень є надзвичайно важливим і актуальним завданням. Воно забезпечує створення комфортних і безпечних умов навчання, підвищує ефективність

освітнього процесу, гарантує надійну роботу електрообладнання та сприяє раціональному використанню енергетичних ресурсів. Впровадження сучасних технічних рішень у цій сфері є необхідною умовою розвитку сучасної школи та підвищення якості освітнього середовища.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Рекомендації та вимоги щодо систем світлового мікроклімату приміщень навчальних закладів

Для основних приміщень (навчальні кабінети, спортивні та актові зали, зони рекреації) для забезпечення необхідного світлового мікроклімату необхідним є виконання наступних рекомендацій:

- наближення коефіцієнтів відбивання світлового потоку внутрішніх поверхонь стель, стін та підлог значень 0,8 0,5 та 0,3 відповідно;

- використання світлових приладів з ефективним світлорозподілом, в яких частка світлового потоку, який випромінюється в нижню півсферу, в зоні випромінювання від 0 до 30° становить менше 35 %.

- забезпечення оптимального значення контрасту для можливості розрізнення об'єктів з рельєфом;

- лівобічне розміщення світлопройомів відносно учнів (розміщення робочих місць учнів відносно вікон так, щоб світлопрйоми по відношенню до учнів розміщувались ліворуч);

- матові або неблискучі покриття робочих поверхонь парт та столів (коефіцієнт відбивання має становити від 0,11 до 0,45);

- поверхні класної дошки повинні бути зеленого, темно-коричневого або темно-блакитного кольору, а чисельні значення коефіцієнта відбивання світлового потоку має становити в межах від 0,1 до 0,2.

Відповідно до Національного класифікатора будівель та споруд [1] будівлі шкіл та інших середніх навчальних закладів відносяться до підкласу 1263.3 класу 1263 Будівлі навчальних та дослідних закладів, групи 126 Будівлі для публічних виступів, закладів освітнього, медичного та оздоровчого призначення підрозділу 12 Нежитлові будівлі розділу 1 Будівлі.

Проектування будівництва нових та реконструкції існуючих будівель закладів загальної середньої освіти, професійно-технічної освіти, навчальних

центрів, закладів вищої та післядипломної освіти рекомендується виконувати у відповідності до норм, наведених у ДБН В.2.2-3:2018 [2]. Згідно із п. 8.27 цих Норм електропостачання, електрообладнання та електроосвітлення цих будівель рекомендується проектувати згідно із вимогами, наведеними в Правилах улаштування електроустановок, ДБН В.2.5-23, НПАОП 40.1-1.32, ДБН В.2.5-23, ДБН В.2.5-24, ДБН В.2.5-28, ДСТУ Б В.2.5-82.

В приміщеннях закладів освіти необхідно передбачати наступні види електричного освітлення:

- робоче – необхідно передбачати у всіх приміщеннях. В якості джерел світла допускається використовувати люмінесцентні лампи та напівпровідникові джерела світла з корельованою колірною температурою 4000 К, які відповідають вимогам ДСТУ ІЕС 60598-1 та ДСТУ ІЕС/PAS 62612. Теплові джерела світла (лампи розжарення) допускається використовувати у приміщеннях, де за технологічними вимогами застосування люмінесцентних ламп та напівпровідникових джерел світла є недопустимим. Такими приміщеннями можуть бути кіноапаратні, приміщення для звукозапису, допоміжні приміщення, душові.;

- чергове – у приміщеннях вестибюлів, коридорів, конференц і актових залів;

- ремонтне – в приміщеннях підпілля, машинних приміщеннях ліфтів, вентиляційних камерах, електрощитових та теплових вузлів

- аварійне – в приміщеннях електрощитових, вентиляційних камер, теплових вузлів, насосних, кіноапаратних, залів обчислювальних центрів, гардеробів, машинних відділень ліфтів, медпунктів, пожежних постів, а також в місцях встановлення приймальних станцій АПС;

- евакуаційне – у прохідних приміщеннях, приміщеннях коридорів, холів, вестибюлів, сходових блоків, фізкультурно-спортивних та актових залів, роздягалень, їдалень та басейнів. На підлозі приміщень мінімальна освітленість від системи евакуаційного освітлення повинна становити 0,5 лк, а на дзеркалі басейну – 5 лк. В системах евакуаційного освітлення у приміщеннях навчальних

закладів світлові покажчики з надписом «Вихід» необхідно приєднувати до мережі евакуаційного або аварійного освітлення. Живлення таких світлових покажчиків в нормальному режимі необхідно виконувати від незалежного від джерела живлення робочого освітлення джерела. Прикладом таких джерел живлення є акумуляторні батареї, вбудовані в світлові прилади [п. 8.9.13, 3].

Відповідно до п. 8.9.1 [3] видами аварійного освітлення є:

- евакуаційне освітлення – для забезпечення безпечного виходу людей із приміщень у разі події надзвичайного характеру;

- резервне освітлення – для забезпечення можливості звершити невідкладні процеси при відмову у роботі систем робочого освітлення.

Видами евакуаційного освітлення є:

- освітлення шляхів евакуації – використовується для забезпечення та створення прийнятних й необхідних умов бачення для евакуації людей із будівлі або у безпечне місце (для місць виконання робіт поза межами будівель). При цьому повинні бути створені умови для надійного виявлення засобів безпеки та обладнання для пожежогасіння;

- антипанічне освітлення – застосовується для забезпечення необхідних умов бачення для запобігання пінки та безпечного руху людей в напрямку евакуаційних шляхів. Крім цього антипанічне освітлення повинне забезпечувати видимість перешкод з висотою до 2 м над площиною руху людей;

- освітлення зон підвищеної небезпеки – для забезпечення безпеки людей, залучених в процеси, пов'язані з потенційними загрозами їх життю і здоров'ю.

Мінімальна тривалість роботи аварійного освітлення становить 1 год, а час переривів в роботі систем аварійного освітлення не повинен перевищувати 0,5 с. Системи антипанічного та евакуаційного освітлення повинні забезпечувати:

- через 5 с після припинення живлення робочого освітлення – 50 % нормованої освітленості;

- через 60 с – 100 %.

Значення нормованих світлотехнічних параметрів систем евакуаційного освітлення приведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення нормованих світлотехнічних параметрів систем евакуаційного освітлення

Види евакуаційного освітлення	Освітленість горизонтальної поверхні, не менше	Нерівномірність, освітленості (E_{\max}/E_{\min} , не більше)
Освітлення шляхів евакуації шириною до 2 м:		
- по осі проходу	1,0	40:1
- по проходу	0,5	40:1
Антипанічне освітлення	0,5	40:1
Освітлення зон підвищеної небезпеки (не менше 10% норми освітленості робочого освітлення)	15	10:1
Освітлення сходових маршів	5	40:1
Поблизу пункту першої медичної допомоги, місць з протипожежним обладнанням, місць розташування плану евакуації	5	40:1

В якості джерел світла в системах аварійного освітлення допускається використовувати:

- напівпровідникові джерела світла;
- люмінесцентні лампи – в приміщеннях, де температура повітря становить не менше, ніж 5°C, а напруга живлення усіх ламп, які використовуються в системах аварійного освітлення, становить не менше, ніж 90 % від номінальної;
- розрядні лампи високого тиску за умови їх здатності до миттєвого або швидкого перезапалювання.

Світильники аварійного освітлення допускається вмикати разом із світловими приладами робочого освітлення (постійна дія). При непостійній дії світильники аварійного освітлення повинні автоматично вмикатись при порушенні живлення робочого освітлення.

1.2 Нормовані світлотехнічні параметри систем освітлення закладів освіти

Чисельні значення нормованих кількісних та якісних параметрів систем освітлення приміщень закладів освіти приведені в [3].

Основним кількісним параметром систем робочого освітлення є середня освітленість на горизонтальних чи вертикальних робочих та умовно-робочих поверхнях. Типи та значення середньої нормованої освітленості закладів освіти визначаються призначеннями приміщень закладів освіти, а також та зоровою роботою, яка виконується в цих приміщеннях.

За освітленість E елемента dA освітлювальної поверхні приймається щільність світлового потоку $d\Phi$, який падає на елемент dA поверхні. Іншими словами – це відношення $d\Phi$ до площі елемента dA :

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

Якщо елементарний світловий потік $d\Phi$ виразити через силу світла I в напрямі до розрахункової точки, тілесний кут $d\Omega$, який обмежує випромінювання $d\Phi$ (рис. 1.1), то отримаємо:

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

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

де θ – кут між напрямком сили світла та нормаллю до dA .

l – відстань між джерелом світла та елементом dA розрахункової поверхні.

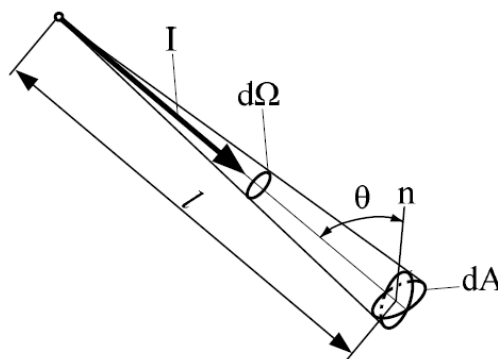


Рисунок 1.1 – Геометрична схема для визначення освітленості

При необхідності розрахунку середньої освітленості від світлого елемента

із рівномірним розподілом світлового потоку Φ_0 на поверхні, заданої кінцевими розмірами (площею A_0) застосовується формула:

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

Для майже всіх типів основних приміщень (навчальні класи, робочі кабінети) в якості регламентованого кількісного світлотехнічного параметра виступає середня освітленість на горизонтальних робочих або умовно-робочих поверхнях (поверхнях, розміщених на висоті 0,8 м над рівнем підлоги). Однак, в приміщеннях спортивних залів, актових залів, кімнат відпочинку та рекреаційних зон, рівні нормованої середньої горизонтальної освітленості повинні забезпечуватись на рівні підлоги. Чисельні значення нормованої середньої горизонтальної освітленості на робочих або умовно-робочих поверхнях можуть становити від 150 лк (відпочинкові кімнати та рекреаційні зони) до 500 лк (кімнати малювання та технічного креслення).

У деяких приміщеннях нормованим світлотехнічним параметром може бути вертикальна освітленість. Такими приміщеннями виступають сортивні зали (вертикальна освітленість повинна бути забезпечена по поздовжній осі залу на висоті 2,0 м), навчальні кабінети (середина дошки), кабінети інформатики (екрани дисплеїв), естради актових залів (на висоті 1,5 м від підлоги). Чисельні значення нормованої вертикальної освітленості можуть становити від 75 лк (спортивні зали) до 500 лк (навчальні кабінети). При використанні інженерного методу розрахунку (точкового методу) вертикальну освітленість E_{Az} в точці можна визначити, виходячи із формули [4]:

$$\frac{E_{Az}}{E_{Ae}} = \frac{h_p}{r}. \quad (1.5)$$

де E_{Az} – горизонтальна освітленість;

h_p – висота встановлення точкового світлого елемента над горизонтальною

площиною, на якій розміщено розрахункову точку (рис. 1.2);

p – найкоротша відстань від проекції точкового світлого елемента на горизонтальну площину розміщення розрахункової точки, до сліду перетину з вертикальною площиною.

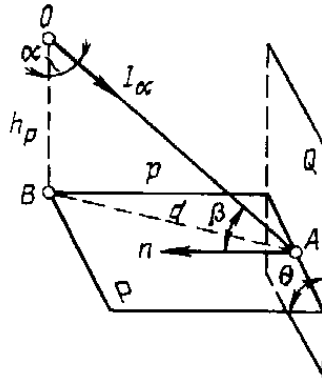


Рисунок 1.2 – Геометрична схема розрахунку вертикальної освітленості

Якісними світлотехнічними параметрами систем освітлення приміщень будівель закладів освіти є циліндрична освітленість, показник дискомфорту та показник пульсацій освітленості (світлового потоку).

Циліндрична освітленість $E_{ц}$ використовується для визначення рівня насичення приміщення світлом приміщення, яке освітлюється і визначається, як середньою щільністю світлового потоку, який падає на бічну поверхню прямого вертикально розташованого циліндра, розміри якого (радіус основи та висота) є нескінченно малими:

$$E_{ц} = \lim_{\substack{D \rightarrow 0 \\ h_{ц} \rightarrow 0}} \frac{\Delta\Phi}{S_{ц}}, \quad (1.6)$$

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

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

Розрахунок циліндричної освітленості виконується з використанням інженерних методик, які відрізняються залежно від розмірів світних частин

світлових приладів чи джерел світла та розмірів відстаней від них до розрахункових точок.

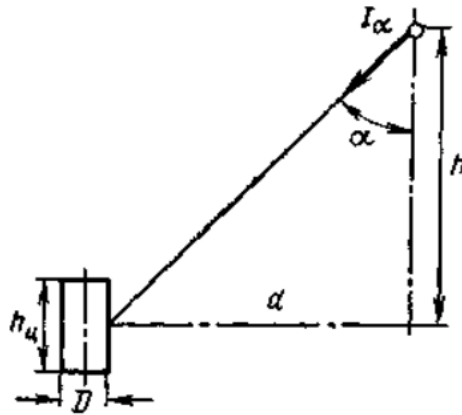


Рисунок 1.3 – Геометрична схема для розрахунку $E_{ц}$

Системи освітлення повинні забезпечувати нормований рівень циліндричної освітленості на поверхні підлоги актових залів.

Наявність в полі зору світлових плям, яскравість яких значно вища за яскравість адаптації спостерігача створює для нього неприємне відчуття засліпленості (зорового дискомфорту). Критерієм оцінки зорового дискомфорту є показник M , який розраховується за формулами [3, 4]:

$$M = 10^{\frac{UGR+4,8}{16}}, \quad (1.7)$$

$$UGR = 8 \cdot \lg \left[\frac{0,25}{L_{\phi}} \cdot \sum_{i=1}^{i=N} \frac{L_i^2 \cdot \omega}{p_i^2} \right], \quad (1.8)$$

де UGR – об'єднаний показник дискомфорту;

L_{ϕ} – яскравість фону адаптації;

L_i – яскравість (габаритна) i -го джерела блиску в зорового апарату спостерігача;

ω – тілесний кут, який визначається розміром світлого елемента;

p_i – індекс позиції розташування i -го світлого елемента відносно лінії зору

спостерігача.

Нормовані значення показника дискомфорту в приміщеннях навчальних закладів варіюється від 25 (кабінети інформатики, Показник дискомфорту в примповинен становити не більше, ніж від 15 (кабінети інформатики, ігрові зали для дошкільних груп) до 90 (актові зали, кімнати відпочинку, рекреаційні зони).

Коефіцієнт пульсацій K_{II} розраховується, відношенням різниці максимальної E_{\max} й мінімальної E_{\min} освітленостей до середньоквадратичного значення $E_{\text{сер}}$ протягом періоду коливання T :

$$K_{II} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2 \cdot E_{\text{сер}}} \cdot 100, \quad (1.9)$$

$$E_{\text{сер}} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T E(t) dt. \quad (1.10)$$

Для усіх приміщень будівель закладів освіти максимальне чисельне значення коефіцієнта становить 10 % [3].

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 систем електропостачання будівель закладів освіти

Відповідно до табл. 5.1 п. 5.2 [5] за ступенем надійності електропостачання електроспоживачі будівель закладів освіти відносяться до категорій:

I, якщо в закладі освіти навчається понад 1000 учнів. До таких споживачів відносяться системи протипожежного захисту, внутрішнього та зовнішнього протипожежних водопроводів, прилади сигналізації небезпечних газів, аварійне освітлення, системи виявлення аварійної ситуації, системи оповіщення про аварійні ситуації, системи керування евакуацією, системи охоронної сигналізації. Живлення таких електроспоживачів здійснюється від двох взаємнезалежних джерел живлення (рис. 1.4), причому в системі живлення обов'язковим є наявність установки автоматичного введення резерву (АВР), котра перемикає живлення споживачів певної групи на інший ввід.

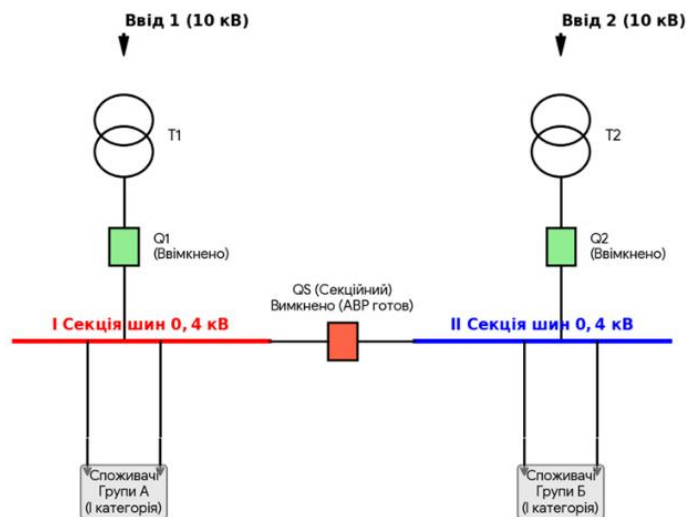


Рисунок 1.4 – Схема живлення електроспоживачів I категорії

II – комплекс решти приймачів в закладах з кількістю учнів понад 1000 та

усі електроспоживачів будівель, де навчається від 200 до 1000 учнів. Оскільки для електроспоживачів даної категорії вимагається живлення від двох взаєморезервуючих джерел електропостачання, проте перерва в електропостачанні допускається на час ручного ввімкнення резервного живлення, то для таких електроприймачів передбачається використання живлення за схемою, що на рис. 1.4, проте замість установки АВР допускається використання ручних роз'єднувачів.

III – електроспоживачі в будівлях, в яких кількість учнів не перевищує 200. Живлення електроспоживачів III категорії здійснюється від одного джерела електропостачання.

Допустимим є поширення вимог щодо надійності електропостачання на електроприймачі нижчої категорії для електроприймачів вищої категорії шляхом використання автономних джерел живлення.

В будівлях III категорії, які живляться від одного джерела електропостачання для таких споживачів як протипожежні системи, пристрої охоронної та пожежної сигналізації, системи раннього виявлення загроз виникнення надзвичайних ситуацій, систем керування евакуацією та систем аварійного освітлення, резервне живлення необхідно здійснювати від автономних джерел.

Втрати напруги від ВРУ, ГРШ до найвіддаленіших споживачів споживачів не повинні перевищувати 3 % для світлових приладів та 5 % для інших електроприймачів. Ця вимога не відноситься до ліній живлення аварійного освітлення та світильників із напівпровідниковими джерелами світла, для яких допустиме відхилення напруги від номінальної визначається згідно паспортних даних свмих виробів.

Для електродвигунів в момент пуску та іншого обладнання з високими пусковими струмами допускається падіння напруги, проте не більше, ніж на 15 %.

Живлення електроспоживачів слід виконувати напругою 230/400 В із системами заземлення TN-S або TN-C-S (рис. 1.5 [5]).

Це системи, в яких в живлячих мережах наявні глухі заземлення однієї точки струмовідних частин джерел живлення, а самі електричні споживачі, а також струмопровідні відкриті частини електрообладнання та електроустаткування приєднані до цих точок за допомогою N- або M-, а також захисних РЕ-провідників.

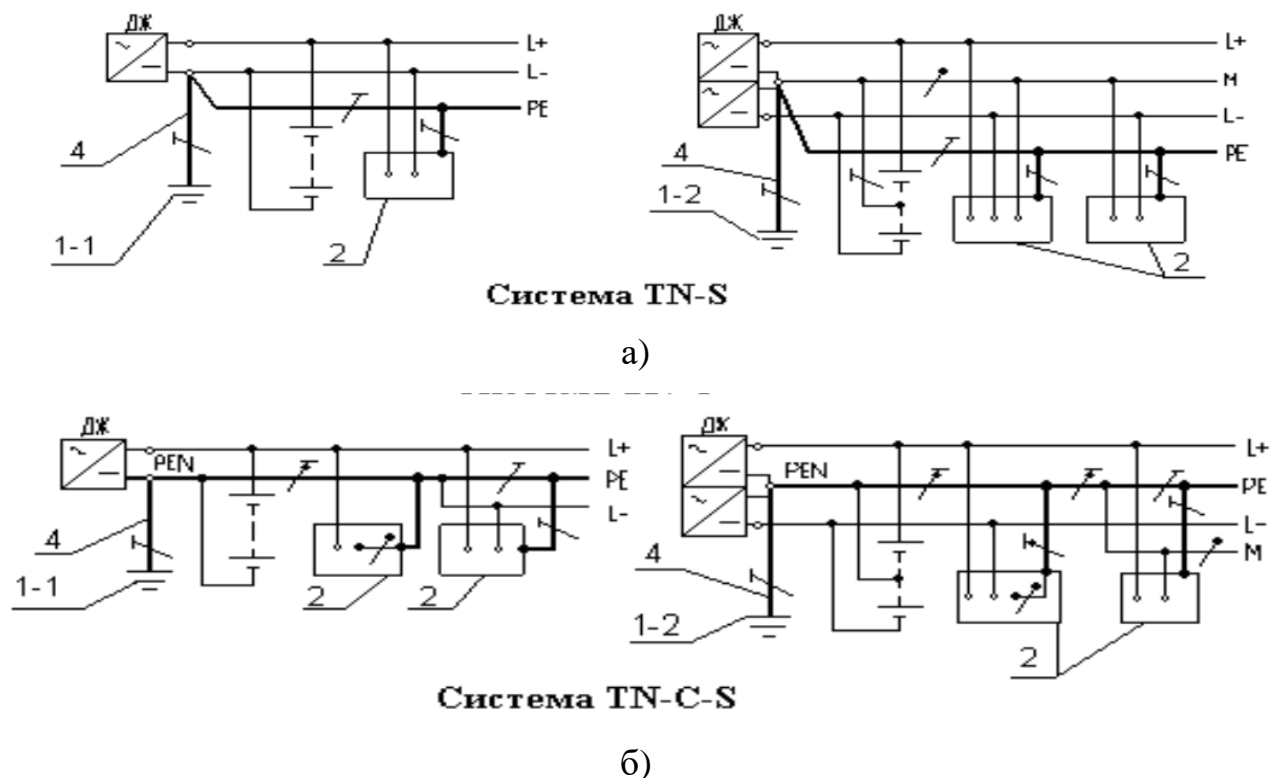


Рисунок 1.5 – Схеми систем заземлення TN-S (а) та TN-C-S (б):
 ДЖ – джерела живлення; L1, L2, L3 – лінійні (фазові) провідники;
 1 – заземлювач джерела живлення; 2 – відкриті провідні частини електрообладнання; 3 – заземлювач відкритих провідних частин електрообладнання; 4 – захисний заземлюючий провідник; (потовщеними лініями позначені заземлення систем)

Різниця між цими системами заземлення полягає в тому, що в системі в системі TN-C-S провідники N- (або M-) та PE-провідники поєднуються в одному провіднику в частині електричної мережі від джерела живлення (ДЖ) до вводу в будівлю. Розділення PEN-провідників на PE- і N-провідники рекомендовано здійснювати у ВП, ВРП, ГРЩ на вводах у будівлю чи споруду.

У системах TN-S PE-провідники, а також провідники N- (або M-) є розділеними впродовж усієї мережі. Таким системам необхідно надавати перевагу при проєктуванні систем електропостачання будівель та споруд із вбудованими або прибудованими трансформаторними підстанціями.

1.4 Характеристики будівлі та приміщень школи

В даній роботі проєктування є будівля середньої школи максимальною місткістю 150 учнів.

Характеристики будівлі:

- габаритні розміри -
- кількість поверхів – 3.
- габаритні розміри – 40,40 м × 49,50 м;
- висота приміщень (окрім спортивного залу, актового залу та приміщень горища) – 3,6 м;
- висота спортивного залу – 6,5 м;
- висота актового залу – 4,8 м;
- висота приміщень горища – 3,0 м.
- кількість приміщень першого поверху – 63;
- кількість приміщень другого поверху – 43;
- кількість приміщень третього поверху – 18;
- кількість горищних приміщень – 8.

Сумарна площа приміщень становить 3662,22 м². Плани приміщень будівлі школи приведено в графічній частині роботи.

В даній будівлі передбачені такі функціональні групи приміщень (відповідно до п. 6.1 [2]):

- навчальні та навчально-виробничі приміщення (класи та навчальні кабінети, препаратурські при класах, кабінет трудового навчання);
- фізкультурно-спортивні приміщення (спортивний зал, роздягальні, душові кабінети, туалети в роздягальнях, кабінет інструктора, спорядна);

- приміщення бібліотеки та клубно-видовищні приміщення (актовий зал з естрадою, кабінет мистецтв, бібліотека);

- приміщення харчоблоку (обідній зал, гарячий та холодний цехи, комори для овочів та сухих продуктів, гардеробні, санвузли та душові для персоналу, приміщення зберігання харчових відходів);

- адміністративно-службові приміщення (робочі кабінети адміністрації, кабінети вчителів, медичний кабінет та процедурна);

- допоміжні та підсобні приміщення (вестибюль, гардеробні, рекреації, санвузли, комори).

Розділимо групу допоміжних та підсобних приміщень на підгрупи:

- вестибюлі, холи та рекреації;

- зони руху (коридори, сходові клітки, тамбури, гардеробні);

- санвузли (окрім санвузлів в роздягальнях);

- інженерно-допоміжні та підсобні приміщення (електрощитова, вентиляційна, комори, приміщення горища);

Окрім цього, виділимо окремо приміщення дошкільної групи, яка функціонує в школі.

З діаграми площ груп приміщень школи, приведеній на рис. 1.6., видно, що, окрім приміщень горищ, найбільшу сумарну площу займають навчальні та навчально-виробничі приміщення 644,11 м², що становить 17,59 %. Частка фізкультурно-спортивних приміщень становить 8,41 %, а зон руху та вестибюлів, холів та рекреації – відповідно 14,92 та 13,51 %.

1.5 Висновки до розділу

1. Виконано аналіз рекомендацій та вимог щодо систем світлового мікроклімату приміщень навчальних закладів. Встановлено, що при проєктуванні в приміщеннях закладів освіти необхідно передбачати робоче, чергове, ремонтне, аварійне та евакуаційні види освітлення.

2. Основним нормованим кількісним світлотехнічним параметром в приміщеннях закладів освіти є середня горизонтальна та/або вертикальна освітленість. Якісними параметрами є коефіцієнт пульсацій, показник дискомфорту та циліндрична освітленість.

3. Визначено категорії електроспоживачів в будівлях закладів освіти по надійності електропостачання, які визначаються в залежності від кількості учнів, які навчаються в закладі. Оскільки максимальна кількість учнів в школі становить 150, то електроспоживачі відносяться до III категорії по надійності електропостачання.

4. Сумарна площа приміщень школи становить 3662,22 м², з яких 17,59 % займають навчальні та навчально-виробничі приміщення.



Рисунок 1.6 – Діаграма площ приміщень школи

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень будівлі школи

Метою світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення є визначення кількості, потужності та способів розміщення світлових приладів, при яких забезпечуються необхідні кількісні та якісні світлотехнічні параметри на умовних чи умовно-робочих поверхнях, а також системи освітлення відповідають комфортним зоровим умовам перебування в приміщеннях.

Світлотехнічний розрахунок може виконуватись за допомогою інженерних методів (точковий метод та метод коефіцієнта використання) або за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, в якому застосовується метод випромінюваності (Radiosity).

Оскільки спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє, окрім розрахунку, достатньо точно та оперативно отримувати інформацію про розподіл світлотехнічних параметрів на розрахункових поверхнях, створювати візуалізацію світлового середовища, то для подальшого світлотехнічного розрахунку в роботі використовуємо саме цей засіб.

В якості програмного забезпечення застосуємо програмний пакет DIALux evo, в якому вихідними даними є:

- інформація щодо розмірів та конфігурації розрахункових об'єктів (в роботі такими об'єктами є приміщення, для яких задаються їх форма, розміри, висота, а також коефіцієнти відбивання внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги);

- розміщення об'єктів розрахунку (розрахункових точок, ліній та поверхонь) в приміщенні з вказанням світлотехнічних параметрів, для яких ведеться розрахунок;

- інформація щодо світлових приладів, яка міститься в спеціальних фотометричних файлах з розширенням .ies або .ldt, які завантажуються в

середовище програмного пакету.

При виконанні світлотехнічного розрахунку необхідно враховувати те, що протягом терміну експлуатації системи освітлення знижується світловий потік, який надходить на робочі поверхні. Це пов'язано із рядом факторів, основними з яких є: зниження світлового потоку джерел світла та їх старіння, вихід з ладу як джерел світла, так і світлових приладів, зниження світлового потоку внаслідок забруднення систем перерозподілу світла в світлових приладах, зниження коефіцієнтів відбивання внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги.

Для забезпечення необхідних рівнів нормованих значень світлотехнічних параметрів на розрахункових поверхнях наприкінці терміну експлуатації системи освітлення або перед черговим чищенням світлових приладів та відбиваючих поверхонь в приміщенні в процесі виконання світлотехнічного розрахунку за допомогою інженерних методів застосовується коефіцієнт запасу K_3 , а в програмних пакетах DIALux та DIALux evo коефіцієнт експлуатації MF , який взаємопов'язаний із K_3 формулою [3, 4]:

$$K_3 = \frac{1}{MF}. \quad (2.1)$$

Коефіцієнт експлуатації розраховується як добуток коефіцієнта спадання світлового потоку $LLMF$, коефіцієнта працюючих світильників LSF по відношенні до загальної кількості, коефіцієнта експлуатації світлових приладів LMF та коефіцієнта $RSMF$ експлуатації поверхонь в приміщенні (внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги) [3]:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (2.2)$$

В системах робочого та аварійного освітлення приміщень використаємо світлові прилади зі ступенем пиловогозахисту IP20 або IP65, а час безперервної роботи світлових приладів становить 50 тис. год, причому для 80 % світильників світловий потік наприкінці терміну експлуатації становитиме не менше 80 % від початкового.

З табл. В4 [3] вибираємо чисельні значення коефіцієнтів: $LLMF = 0,85$, $LSF = 1$. На основі табл. В1 [3] визначаємо, що приміщення шкіл відносяться до класу чистоти С (Clean). Попередньо встановимо, що планові інтервали очищення світлових приладів та поверхонь у приміщенні становлять відповідно 1 та 1,5 роки.

За табл. В3 [3] встановлюємо, що світильники зі ступенем захисту від пилу та вологи IP20 відносяться до типу D, а світильники зі ступенем IP65 – до типу E. Звідси, для приміщень з коефіцієнтами відбивання внутрішніх поверхонь стелі стін та підлоги відповідно 70, 50 та 30 % по даних табл. В5 та В6 [3] вибираємо:

- для світильників типу D – $LMF = 0,79$, $RSMF = 0,94$;
- для світильників типу C – $LMF = 0,94$, $RSMF = 0,95$.

Підставляючи вибрані вище чисельні значення коефіцієнтів у формулу (2.2), отримуємо:

- для приміщень зі світильниками типу D

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 0,94 = 0,63,$$

- для приміщень зі світильниками типу E

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

2.1.1 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення навчальних та навчально-виробничих приміщень

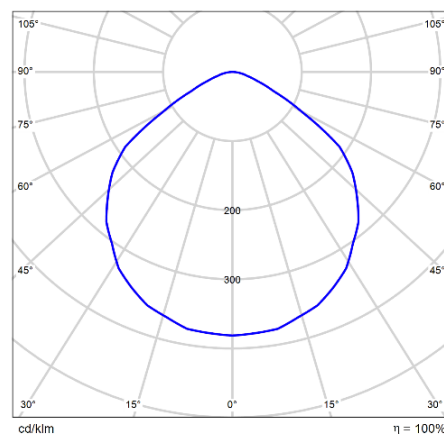
Для усіх приміщень виберемо світильники на основі напівпровідникових джерел світла, зважаючи на їх високу світлову віддачу, тривалий термін служби (провідні виробники заявляють про 100 тис. год [6]), екологічність, миттєве перезапалювання.

Для приміщень навчальних класів (окрім кабінету трудового навчання), а також препаратурських в якості світлових приладів застосуємо світильники ДВО27У Юпітер-LED-2 (рис. 2.1), які призначені для застосування в системах

освітлення приміщень навчально-освітнього напрямку. Технічні характеристики цих світлових приладів приведено в табл. 2.1 [7].



а)



б)

Рисунок 2.1 – Зображення зовнішнього вигляду (а) та крива сили (б) світла світильника ДВО27У Юпітер-LED-2

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики світильника ДВО27У Юпітер-LED-2

Потужність, Вт	16, 33
Напруга, В	230 AC, DC, 12 DC, 24 DC
Світловий потік, лм	2080, 4290
Світлова віддача, лм/Вт	130
Тип КСС	Д
Корельована колірна температура, К	4000, 3000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP20
Клас електрозахисту	I

Розрахунок продемонструємо на прикладі кабінету фізики та астрономії (позначення на плані 203) та підсобного приміщення (препараторської) (позначення на плані 203 а), а також кабінету інформатики.

Для робочого освітлення приміщення кабінету фізики та астрономії з табл. виберемо значення нормованих світлотехнічних параметрів (табл. Д1 [3]):

- середня горизонтальна освітленість на рівні 0,8 м над підлогою – 400 лк;
- вертикальна освітленість на середині поверхні дошки (висота 1,5 м над підлогою) – 500 лк;
- показник дискомфорту – 40.

Для забезпечення таких чисельних значень нормованих світлотехнічних параметрів в приміщенні площею 43,14 м² та висотою 3,6 м застосуємо 9 світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2 зі світловим потоком 4290 лм. В результаті розрахунку встановлено, що така система освітлення здатна забезпечити середню освітленість 407 лк. Графік розподілу освітленості на умовно робочій поверхні цього приміщення приведено на рис. 2.2.

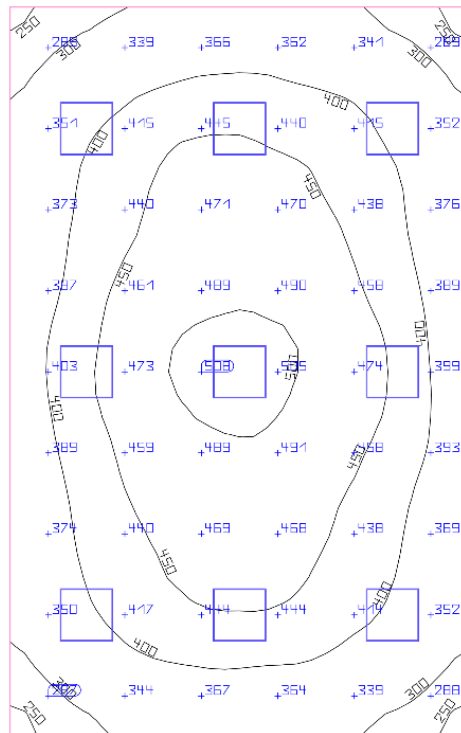


Рисунок 2.2 – Графік розподілу освітленості на умовно-робочій поверхні кабінету фізики та астрономії

Відхилення δE розрахункового значення E_p освітленості від нормованого E_H розрахуймо за формулою:

$$\delta E = \frac{E_p - E_H}{E_H} \cdot 100\%. \quad (2.3)$$

Підставивши значення у формулу (2.3), отримаємо:

$$\delta E = \frac{407 - 400}{400} \cdot 100\% = 1,75\%,$$

що допустимо, оскільки чисельне значення δE має становити від -10 до +20 %.

Для розрахунку вертикальної освітленості створимо на поверхні дошки на висоті 1,5 м розрахункову поверхню розмірами 0,1 м на 0,1 м. В результаті розрахунку встановлено, що система освітлення, яка складається з 9 світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2 здатна забезпечити освітленість лише 263 лк при нормованому значенні 500 лк. Тому для додаткового підсвічування класних дошок застосуємо додаткові спеціальні світильники ВІГА 90 ЛЕДПО 1x max 30Вт-03 (рис. 2.3) потужністю 10 Вт [8].



Рисунок 2.3 – Зображення зовнішнього вигляду світильників ВІГА 90 ЛЕДПО 1x max 30Вт-03 (а) та їх застосування (б) в системі додаткового підсвічування класної дошки

Для розрахунку показника дискомфорту створимо в тривимірній моделі приміщення додаткову розрахункову поверхню на рівні 1,2 м над підлогою (відповідає рівню очей людини, яке перебуває в сидячому положенні). В результаті розрахунку встановлено, що об'єднаний показник дискомфорту $UGR = 16,9$. Підставивши це значення у формулу (1.7), отримаємо:

$$M = 10^{\frac{16,9+4,8}{16}} = 22,7,$$

що є допустимим, оскільки не перевищує нормованого значення 40.

Чисельні значення нормованих світлотехнічних параметрів для освітлення підсобного приміщення (препараторської) наступні:

- середня горизонтальна освітленість на рівні 0,8 м над підлогою – 300 лк;
- показник дискомфорту – 40.

Для робочого освітлення підсобного приміщення (препараторської) застосуємо такі ж світильники, як і для освітлення кабінету фізики та астрономії. Внаслідок розрахунку встановлено, що при використанні трьох світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2 можна отримати наступні параметри:

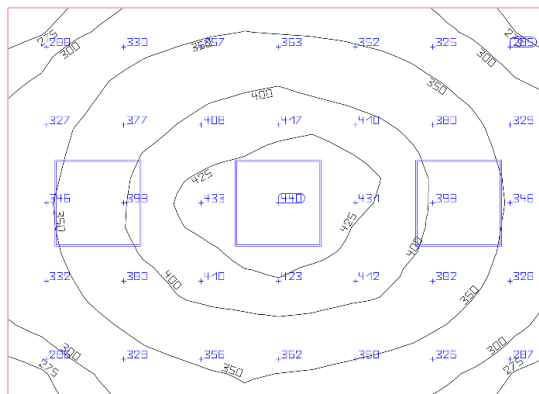
- середня освітленість – 359 лк;
- об'єднаний показник дискомфорту – 14,2.

Підставляючи отримані чисельні значення відповідно у формули (2.3) та (1.7), отримаємо

$$\delta E = \frac{359 - 300}{300} \cdot 100\% = 19,67 \%,$$

$$M = 10^{\frac{14,2+4,8}{16}} = 15,4,$$

що допустимо. Графік розподілу освітленості на освітленості на умовно робочій поверхні цього приміщення приведено на рис. 2.4.



Рисунк 2.4 – Графік розподілу освітленості на умовно-робочій поверхні підсобного приміщення (препараторської)

Для освітлення кабінету трудового навчання застосуємо світильники ДСП07У (рис. 2.5 [9]), технічні характеристики якого подано в табл. 2.2.

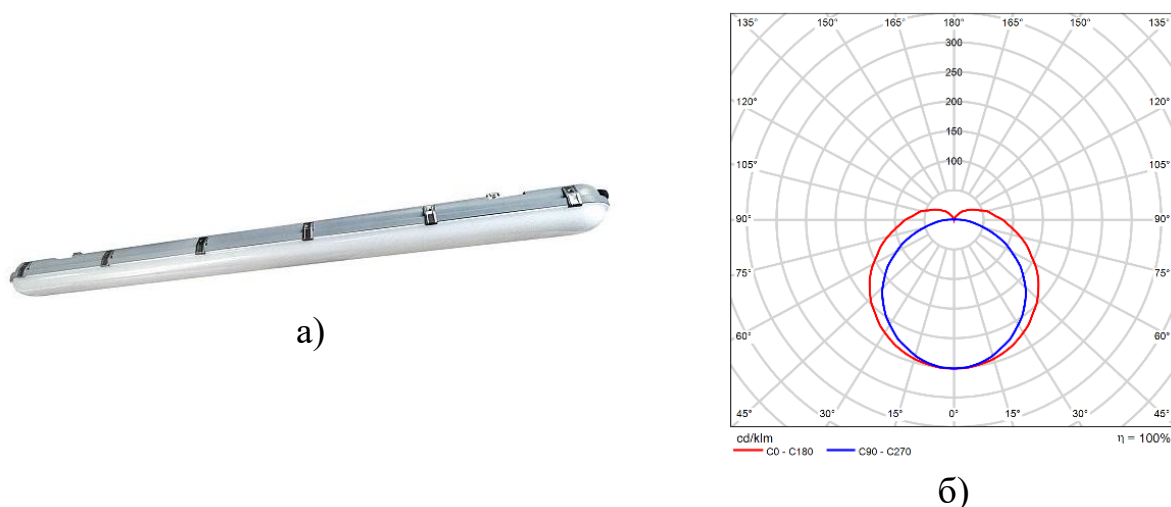


Рисунок 2.5 – Зображення зовнішнього вигляду (а) та крива сили (б) світла світильника ДСП07У

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики світильника ДСП07У

Потужність, Вт	15 ... 80
Напруга, В	198...264 АС, 230 DC
Світловий потік, лм	2175 ... 11600
Світлова віддача, лм/Вт	145
Тип КСС	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Клас електрозахисту	I

Нормовані світлотехнічні параметри системи освітлення кабінету трудового навчання:

- середня горизонтальна освітленість на рівні 0,8 м над підлогою – 400 лк;
- показник дискомфорту – 40.

В результаті розрахунку встановлено, що при використанні 12 світильників ДСП07У-25-012 У2 зі світловим потоком 3625 лм кожний можна

забезпечити такі світлотехнічні параметри:

- середня освітленість – 366 лк;
- об'єднаний показник дискомфорту – 20,7.

Звідси

$$\delta E = \frac{366 - 400}{400} \cdot 100\% = -8,50\%,$$
$$M = 10^{\frac{20,7+4,8}{16}} = 39,2.$$

Графік розподілу освітленості на умовно-робочій поверхні класу трудового навчання приведено на рис. 2.6.

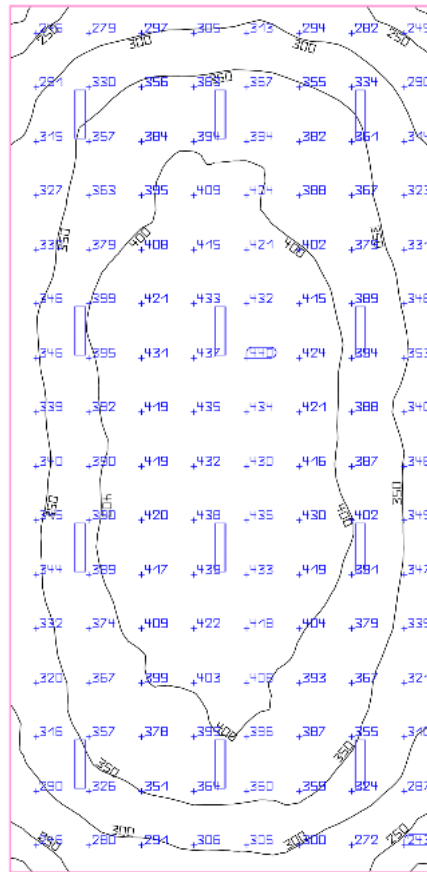


Рисунок 2.6 – Графік розподілу освітленості на умовно-робочій поверхні приміщення кабінету трудового навчання

Для кабінету інформатики та обчислювальної техніки використаємо 9 світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2 зі світловим потоком 4290 лм. В результаті розрахунку встановлено, що така система освітлення здатна

забезпечити:

- середню освітленість на умовно робочій поверхні – 397 лк;
- об'єднаний показник дискомфорту – 16,9.

Звідси

$$\delta E = \frac{397 - 400}{400} \cdot 100\% = -0,75\%,$$

$$M = 10^{\frac{16,9+4,8}{16}} = 22,7.$$

Графік розподілу освітленості приведено на рис. 2.7 а.

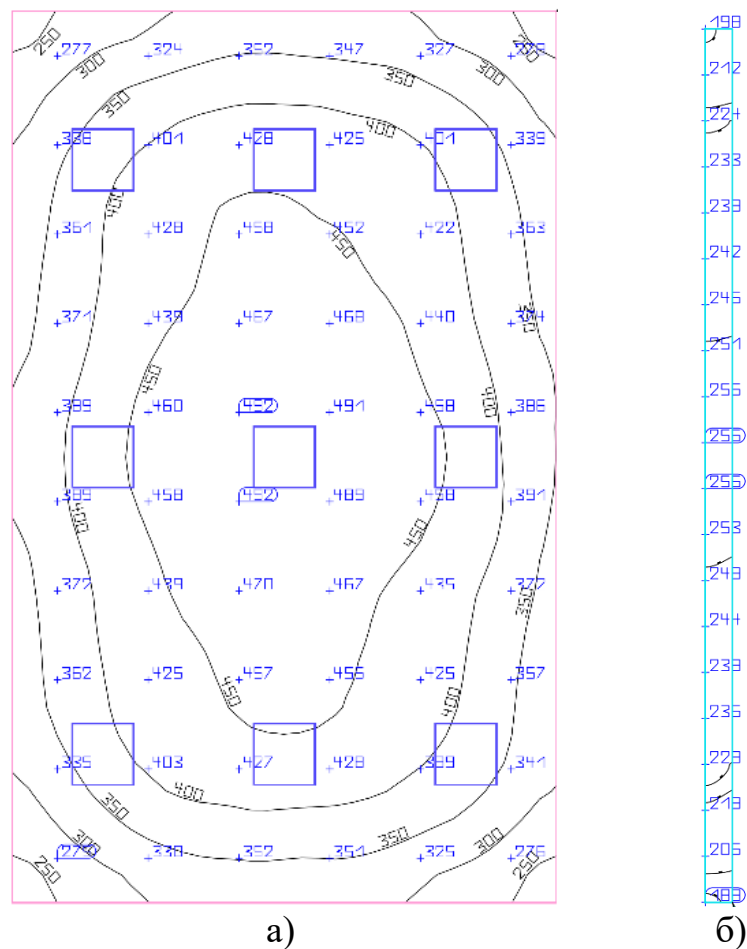


Рисунок 2.7 – Графіки розподілу горизонтальної освітленості по умовно-робочій поверхні (а) та вертикальної освітленості по розрахунковій поверхні розміщення дисплеїв (б) в кабінеті інформатики та обчислювальної техніки

Для розрахунку вертикальної освітленості введемо в модель розрахунку вертикальну поверхню розмірами 0,25 м на 8 м та розмістимо її на відстані 0,5 м

від поздовжньої стіни на висоті 1,0 м. Розмір 0,25 м відповідає висоті класичного дисплея з розміром діагоналі 19 дюймів.

В результаті розрахунку встановлено, середня освітленість вертикальної розрахункової площини становить 206 лк, а отже така система освітлення здатна забезпечити виконання вимог щодо нормованих світлотехнічних параметрів. Графік вертикальної освітленості по розрахунковій поверхні розміщення дисплеїв приведено на рис. 2.7 б.

Аналогічно виконуємо розрахунок і для решти навчальних приміщень. Результати розрахунку приведено в табл. 2.3.

2.1.2 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення фізкультурно-оздоровчих приміщень

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщення спортивного залу (позначення на плані 127) та на прикладі приміщення роздягальні.

Для системи робочого освітлення спортивного залу використаємо 30 світильників ДСП07У-30-013 потужністю 30 Вт та світловим потоком 4350 лм кожен. Для захисту корпусів світильників від попадання в них м'яча застосуємо модифікації із захисною решіткою (рис. 2.8). Світильники розмістимо на стінах по периметру приміщення на висоті 6,0 м.



Рисунок 2.8 – Світильник ДСП07У з захисною решіткою

В результаті розрахунку встановлено, що така система здатна забезпечити:
- середню освітленість 201 лк на рівні підлоги;

Таблиця 2.3 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення навчальних та навчально-виробничих приміщень

№	Призначення	Площа, м2	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення					P _Σ , Вт	
			E _с , лк	E _{пр} , м	E _в , лк	E _{пр} , м	E _л , лк	M				E _с , лк	δE, %	E _в , лк	E _л , лк	UGR		M
112	Навчальне приміщення	38,00	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	9	450	12,50			16,9	22,7	297
113	Навчальне приміщення	38,00	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	9	450	12,50			16,9	22,7	297
114	Навчальне приміщення	38,00	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	9	450	12,50			16,9	22,7	297
115	Навчальне приміщення	38,00	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	9	450	12,50			16,9	22,7	297
202	Кабінет математики	34,76	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	8	433	8,25			16,9	22,7	264
202a	Підсобне приміщення (преparatorська)	12,51	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	3	302	0,67			14,5	16,1	99
203	Кабінет біології	42,51	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	9	412	3,00			16,8	22,4	297
203a	Підсобне приміщення (преparatorська)	15,10	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	3	286	-4,67			15	17,3	99
204	Кабінет фізики та астрономії	43,14	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	9	407	1,75			16,9	22,7	297
204a	Підсобне приміщення (преparatorська)	10,10	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	3	359	19,67			14,2	15,4	99
205	Кабінет української мови та літератури	36,47	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	9	463	15,75			16,9	22,7	297
206	Кабінет іноземної мови	21,90	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	6	443	10,75			16,3	20,8	198
206a	Кабінет іноземної мови	21,90	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	6	443	10,75			16,3	20,8	198
207	Кабінет історії і географії	34,76	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	8	433	8,25			16,9	22,7	264
207a	Підсобне приміщення (преparatorська)	11,96	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	3	306	2,00			14,4	15,8	99
208	Кабінет інформатики та обчислювальної техніки	44,50	400	0,8	200	1,0		40	ДВО27У-33-001	33	12	397	-0,75	216		16,9	22,7	297
208a	Підсобне приміщення (преparatorська)	10,84	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	3	320	6,67			14,3	15,6	99
209	Кабінет хімії	41,60	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	9	419	4,75			16,8	22,4	297
209a	Підсобне приміщення (преparatorська)	12,84	300	0,8				40	ДСП07У-30-023	30	3	295	-1,67			18,4	28,2	90
305	Кабінет трудового навчання	55,96	400	0,8				40	ДСП07У-25-012	25	12	366	-8,50			20,7	39,2	300
306	Кабінет для проведення гуртків	41,26	400	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	6	367	-8,25			16,7	22,1	198
Всього		644,11																4680

- вертикальну освітленість 133 лк на поздовжній осі спортзалу на висоті 2,0 м над рівнем підлоги;

- об'єднаний показник дискомфорту – 22,9.

Звідси

$$\delta E = \frac{201 - 200}{200} \cdot 100\% = 0,05\%,$$

$$M = 10^{\frac{22,9+4,8}{16}} = 53,9,$$

а отже така система освітлення здатна забезпечити виконання нормативних вимог. Графіки розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги спортзалу, а також вертикальної освітленості по осі приміщення на рівні 2,0 м над підлогою приведено на рис. 2.9.

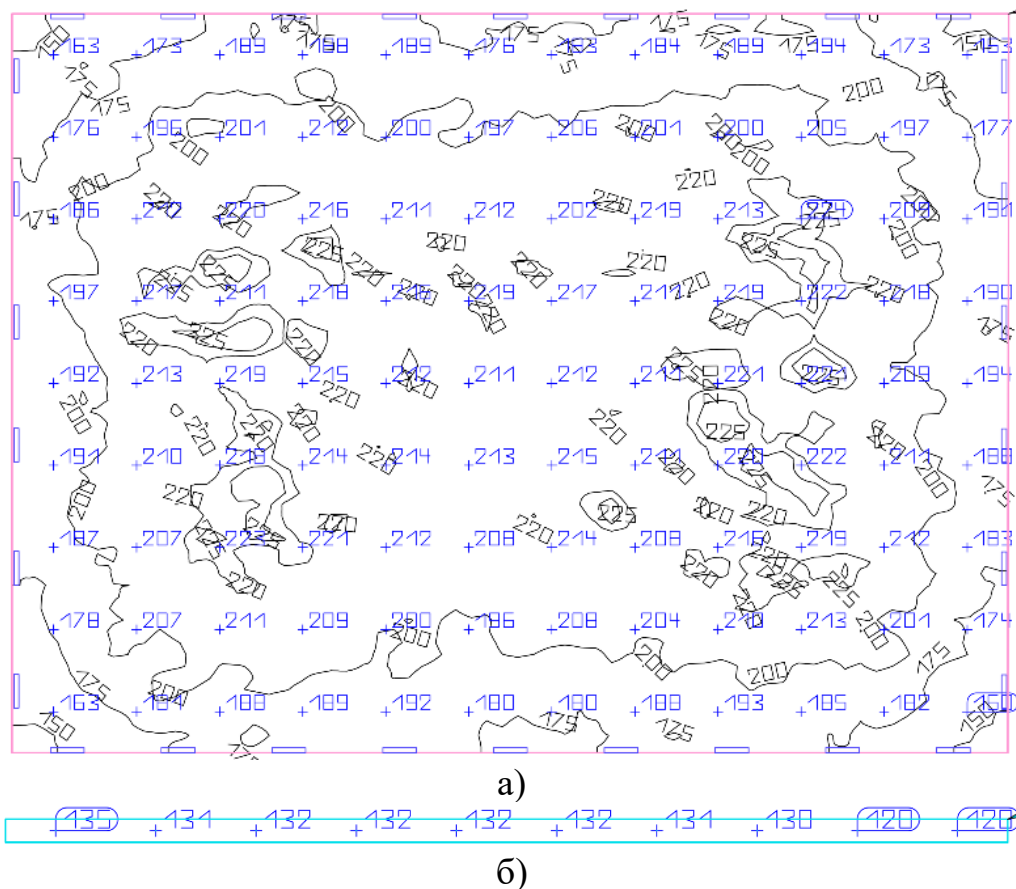


Рисунок 2.9 – Графіки розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги (а) спортивного залу та вертикальної освітленості по поздовжній осі приміщення (б) на рівні 2,0 м над підлогою

Для систем освітлення роздягальнь, душових, тамбурних, приміщень горищ та допоміжних приміщень використаємо світильники ДББ26У Селена - LED (рис. 2.10), технічні характеристики яких приведено в табл. 2.4 [10].

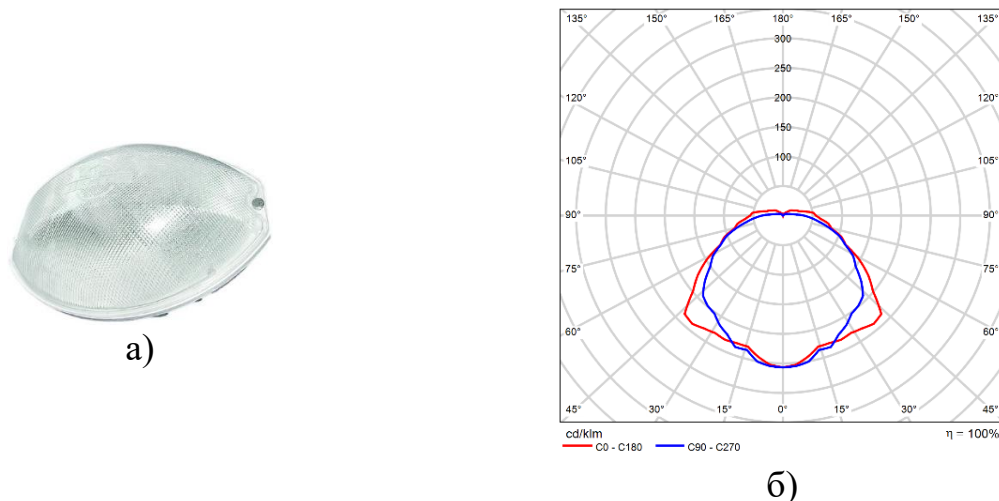


Рисунок 2.10 – Зображення зовнішнього вигляду (а) та крива сили (б) світла світильника ДББ26У Селена -LED

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики світильника ДББ26У Селена -LED

Потужність, Вт	12 ... 20
Напруга, В	230 AC, 12 AC, 24 AC, 36 AC, 12 DC, 24 DC, 36 DC
Світловий потік, лм	1680 ... 2800
Світлова віддача, лм/Вт	120
Тип КСС	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Клас електрозахисту	I

Для системи освітлення роздягальні (позначення на плані 126) використаємо 2 світильники ДББ26У-20-106 Селена -LED з світловим потоком

2400 лм. В результаті розрахунку встановлено, що така система освітлення здатна забезпечити середню освітленість 71 лк.

Звідси

$$\delta E = \frac{71 - 75}{75} \cdot 100\% = -5,33\%.$$

Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги роздягальні приведено на рис. 2.11. Розрахунок систем робочого освітлення решти фізкультурно-оздоровчих приміщень виконуємо аналогічно. Результати розрахунку приведено в табл. 2.5.

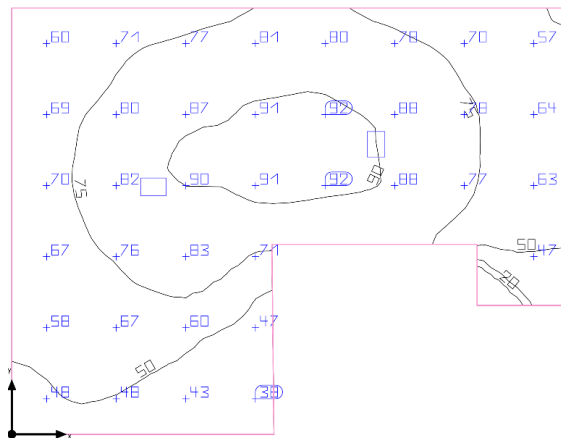


Рисунок 2.11 – Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги роздягальні (позначення на плані – 126)

2.1.3 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення клубно-видовищних приміщень та приміщення бібліотеки

Для робочого освітлення актового залу застосуємо 9 світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2, розміщених на висоті 4,8 м над підлогою. Така система освітлення здатна забезпечити:

- середню освітленість 226 лк на рівні підлоги;
- циліндричну освітленість 87 лк;
- об'єднаний показник дискомфорту 16,6.

Таблиця 2.5 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення фізкультурно-оздоровчих приміщень

№	Призначення	Площа, м2	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення						P _Σ , Вт
			E _c , лк	E _{рп} , м	E _v , лк	E _{рп} , м	E _л , лк	M				E _c , лк	δE, %	E _v , лк	E _л , лк	UGR	M	
124	Спортивний зал	235,30	200	0,0	75	2,0		60	ДСП07У-30-013	30	30	201	0,50	133		22,9	53,9	900
125	Снарядна	16,40	50	0,8					ДББ26У-12-102	12	2	48	-4,00					24
126	Роздягальня	18,03	75	0,0					ДББ26У-20-106	20	2	71	-5,33					40
127	Душова	3,30	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	79	5,33					24
128	Санвузол	1,08	75	0,0					ДББ26У-20-106	20	1	70	-6,67					20
129	Кімната інструктора	9,93	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	2	272	-9,33		12,8	12,6	66	
130	Душова	1,62	75	0,0					ДББ26У-16-104	16	2	84	11,87					32
218	Роздягальня	18,10	75	0,0					ДББ26У-20-106	20	2	70	-6,67					40
219	Душова	3,30	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	79	5,33					24
220	Санвузол	1,08	75	0,0					ДББ26У-20-106	20	1	70	-6,67					20
Всього		644,11																1190

Таблиця 2.6 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення клубно-видовищних приміщень та приміщень бібліотеки

№	Призначення	Площа, м2	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення						P _Σ , Вт
			E _c , лк	E _{рп} , м	E _v , лк	E _{рп} , м	E _л , лк	M				E _c , лк	δE, %	E _v , лк	E _л , лк	UGR	M	
213	Актовий зал	89,17	200	0,0			75	90	ДВО27У-33-001	33	9	226	13,00		87	16,6	21,8	297
213а	Естрада при актовому залі	37,46			300	1,5			ДСП07У-40-023	40	8			355				240
214	Кабінет мистецтв	34,52	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	6	281	-6,33		16,7	22,1	198	
304	Бібліотека	55,95	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	6	344	14,67			19,8	34,5	298
									ДСП07У-25-012	25	4							
Всього		217,1																1033

Звідси

$$\delta E = \frac{226 - 200}{200} \cdot 100\% = 13,00\%,$$

$$M = 10^{\frac{16,6+4,8}{16}} = 21,8,$$

а отже така система освітлення здатна забезпечити виконання нормативних вимог. Графіки розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги актового залу, а також циліндричної освітленості приведено на рис. 2.12.

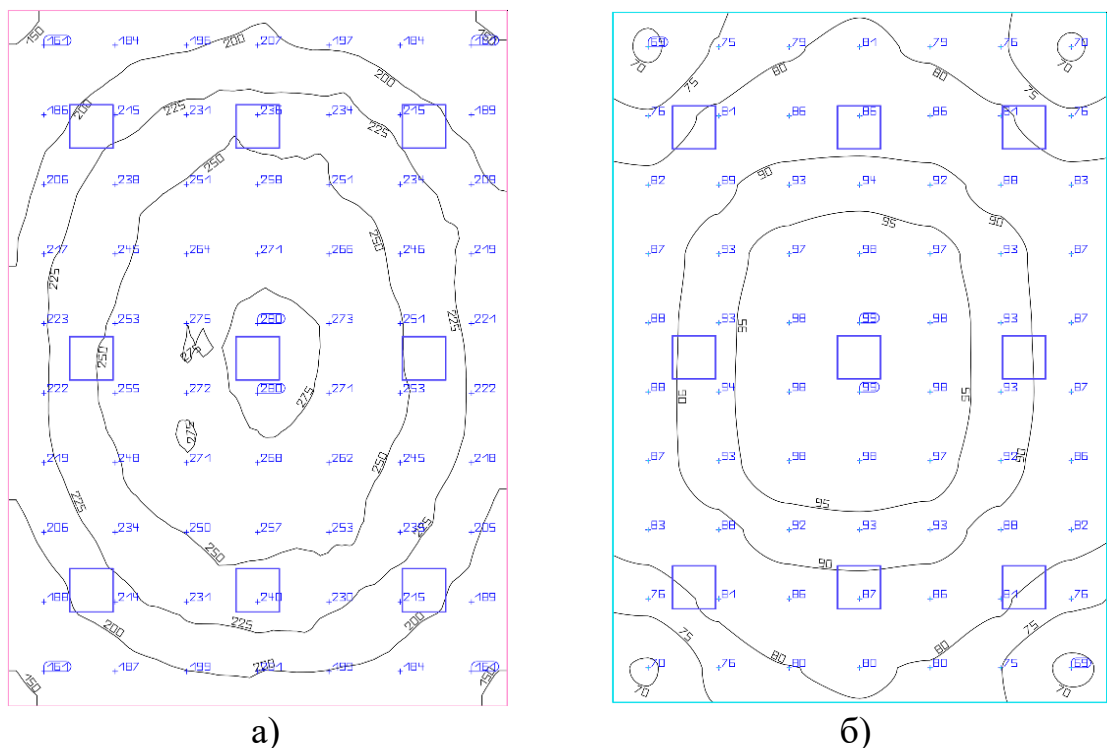


Рисунок 2.11 – Графіки розподілу горизонтальної освітленості (а) по поверхні підлоги актового залу та циліндричної освітленості (б)

Для забезпечення вертикальної освітленості 300 лк на висоті 1,5 м над підлогою естради актового залу застосуємо в системі робочого 8 світильників ДСП07У-40-023 зі світловим потоком 5800 лм кожен. В результаті розрахунку встановлено, що така система освітлення здатна забезпечити освітленість 355 лк. Графік розподілу вертикальної освітленості в приміщенні естради приведено на рис. 2.12 а.

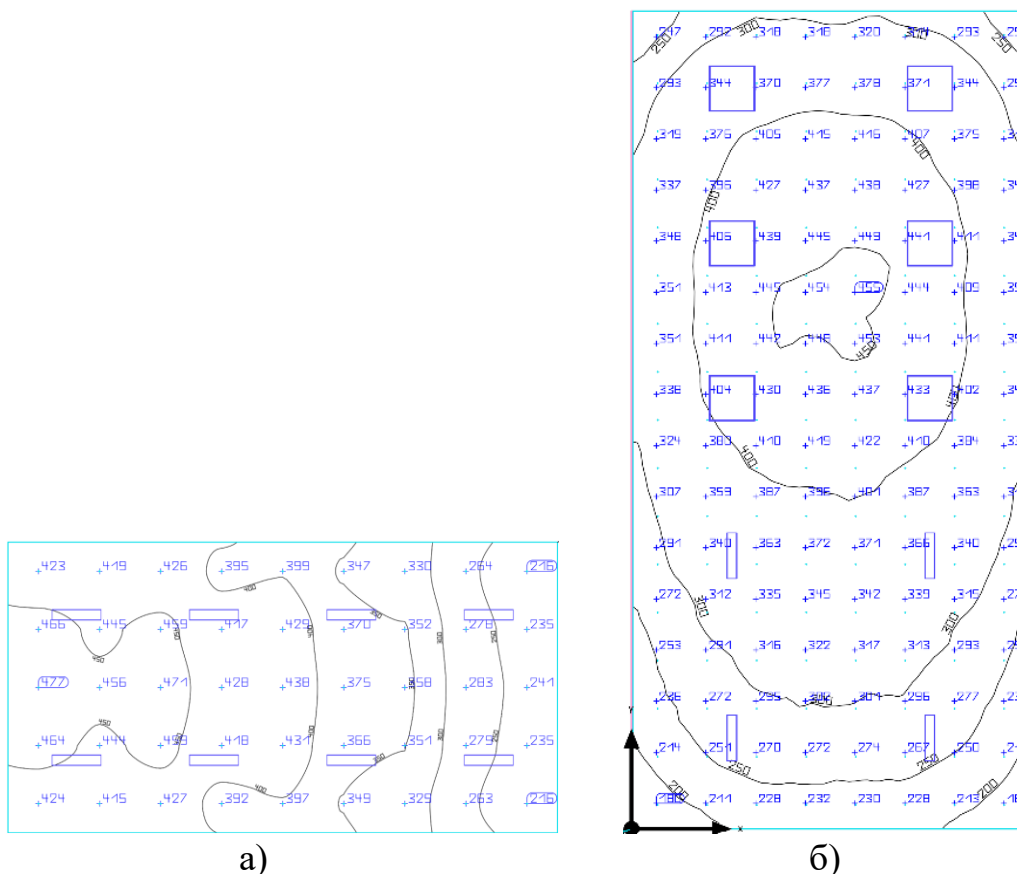


Рисунок 2.12 – Графіки розподілу вертикальної освітленості на висоті 1,5 м від рівня підлоги естради актового залу (а) та горизонтальної освітленості по умовно-робочій поверхні бібліотеки (б)

В системі освітлення бібліотеки застосуємо комбінацію з 6 світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2, розміщених над зоною читання та 4 світильників ДСП07У-25-012, розміщених над зоною абонементу. Така система освітлення, за результатами розрахунку, здатна забезпечити:

- середню освітленість на умовно-робочій поверхні 344;
- об'єднаний показник дискомфорту 19,8.

Звідси

$$\delta E = \frac{344 - 300}{300} \cdot 100\% = 14,67 \%,$$

$$M = 10^{\frac{19,8+4,8}{16}} = 34,5,$$

що допустимо.

Результати розрахунку, приведені в цьому підпункті, а також результати світлотехнічного розрахунку системи робочого освітлення приміщення кабінету мистецтв подано в табл. 2.6.

2.1.4 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень харчоблоку

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщення обіднього залу та гарячого цеху.

Для забезпечення освітленості 200 лк на умовно-робочій поверхні обіднього залу використаємо 6 світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2. В результаті розрахунку встановлено, що така система освітлення здатна забезпечити:

- середню освітленість 230 лк на умовно-робочій поверхні;
- циліндричну освітленість 79 лк;
- об'єднаний показник дискомфорту 17,9.

Звідси

$$\delta E = \frac{230 - 200}{200} \cdot 100\% = 15,00\%,$$
$$M = 10^{\frac{17,9+4,8}{16}} = 26,2.$$

Графіки розподілу горизонтальної та циліндричної освітленості приведено на рис. 2.13.

В системі освітлення гарячого цеху застосуємо 5 світильників ДСП07У-25-012, що дасть змогу, за результатами розрахунку, забезпечити середню освітленість на умовно-робочій поверхні 212 лк та об'єднаний показник дискомфорту 19,7. Звідси

$$\delta E = \frac{212 - 200}{200} \cdot 100\% = 6,00\%,$$

$$M = 10^{\frac{19,7+4,8}{16}} = 34,0.$$

Розподіл освітленості по умовно робочій поверхні гарячого цеху приведено на рис. 2.14, а результати світлотехнічного розрахунку цих та решти приміщень харчоблоку – в табл. 3.7.

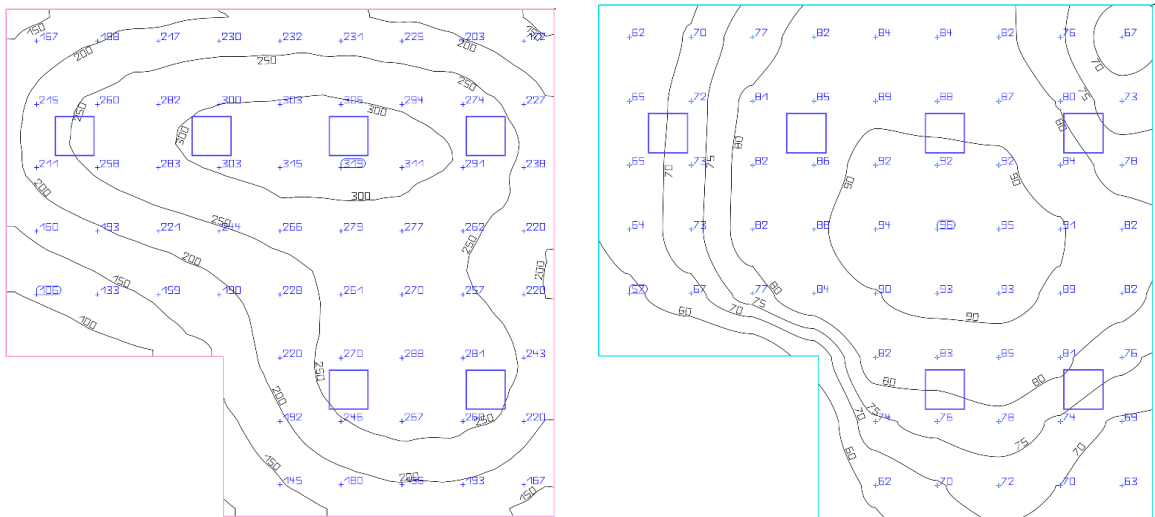


Рисунок 3.12 – Графіки розподілу: горизонтальної освітленості по умовно-робочій поверхні обіднього залу (а) та вертикальної освітленості (б)

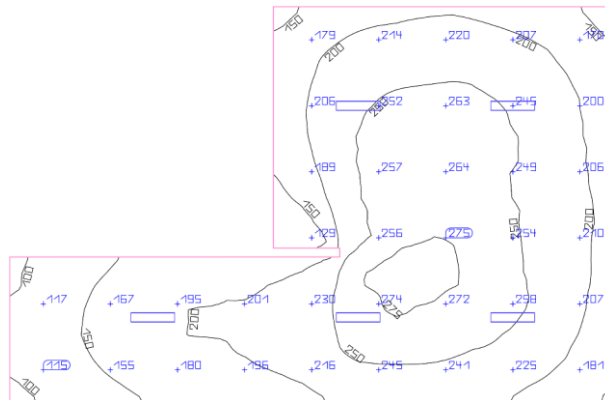


Рисунок 2.14 – Графік розподілу горизонтальної освітленості по умовно-робочій поверхні приміщення гарячого цеху

2.1.5 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення адміністративно-службових приміщень

Для усіх приміщень цієї функціональної групи використаємо світильники

ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2.

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщень кабінету учительської та процедурної.

Система освітлення приміщення кабінету учительської, в якій застосовано 5 світильників забезпечує середню освітленість на умовно-робочій поверхні 336 лк та об'єднаний показник дискомфорту 16,5. Звідси

$$\delta E = \frac{336 - 300}{300} \cdot 100\% = 12,00\%,$$

$$M = 10^{\frac{17,4+4,8}{16}} = 21,8.$$

Графік розподілу освітленості по умовно-робочій поверхні приміщення учительської приведено на рис. 2.15 а.

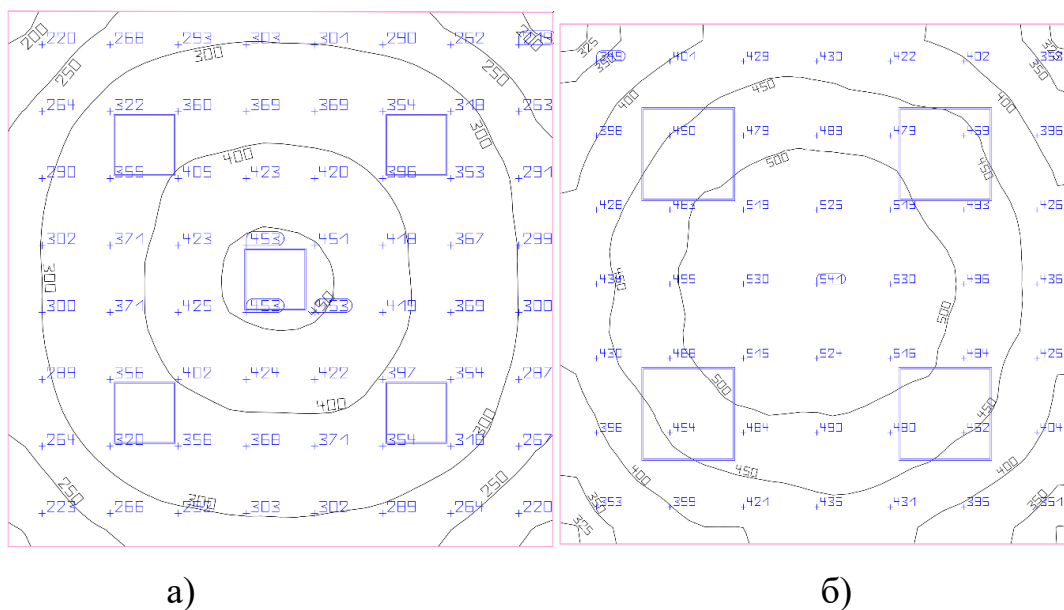


Рисунок 2.15 – Графіки розподілу освітленості по умовно-робочій поверхні приміщень учительської (а) та процедурної (б)

В системі освітлення приміщення процедурної, де нормована освітленість на умовно-робочій поверхні становить 500 лк, використано 4 світильники. Така система освітлення здатна забезпечити середню освітленість на умовно-робочій поверхні 500 лк та об'єднаний показник дискомфорту 14,9.

Таблиця 2.7 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення приміщень харчоблоку

№	Призначення	Площа, м2	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення					P _Σ , Вт	
			E _с , лк	h _{рп} , м	E _в , лк	h _{рп} , м	E _г , лк	М				E _с , лк	δE, %	E _в , лк	E _г , лк	UGR		М
131	Обідній зал	55,00	200	0,8			75	60	ДВО27У-33-001	33	6	230			79	17,9	26,2	198
131а	Приміщення з умивальниками	7,28	75	0,0					ДББ26У-16-104	16	2	88						32
132	Гарячий цех	32,38	200	0,8				60	ДСП07У-25-012	25	5	212				19,7	34,0	125
133	Мийна столового посуду	11,58	150	0,8				60	ДСП07У-15-012	15	3	194				15,6	18,8	45
133а	Мийна кухонного посуду	3,75	150	0,8				60	ДСП07У-25-012,	25	1	148				10	10,0	25
134	Холодний цех і нарізка хліба	10,92	200	0,8				60	ДСП07У-25-012	25	2	191				16,1	20,2	50
135	М'ясо-рибний цех	12,63	200	0,8				60	ДСП07У-25-012	25	2	181				17,3	24,1	50
136	Овочевий цех	9,27	200	0,8				60	ДСП07У-25-012	25	2	203				15,9	19,7	50
137	Приміщення для холодильників	17,90	200	0,8					ДСП07У-25-012	25	3	211						75
138	Комора дя овочів	9,00	75	0,8					ДСП07У-15-012	15	1	76						15
139	Комора для сухих продуктів	8,63	75	0,8					ДСП07У-15-012	15	1	76						15
140	Гардеробна	5,40	150	0,0				90	ДББ26У-12-102	12	2	74,2				11,6	10,6	24
141	Душова	1,62	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	78						24
143	Мийна	6,34	150	0,8				60	ДСП07У-40-013	40	2	147				15	17,3	80
144	Приміщення харчових відходів	3,96	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	74						24
145	Приміщення харчових відходів	4,02	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	72						24
146	Завантажувальна	11,74	75	0,0					ДСП07У-15-012	15	2	76						30
Всього		644,11																886

Звідси

$$\delta E = \frac{500 - 500}{500} \cdot 100\% = 0,00\%,$$
$$M = 10^{\frac{14,9+4,8}{16}} = 18,6.$$

Графік розподілу освітленості по умовно-робочій поверхні приведено на рис. 2.15 б. Результати розрахунку цих та решти приміщень цієї функціональної групи приведено в табл. 2.8.

2.1.6 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень дошкільної групи

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщення ігрової. Для забезпечення освітленості 400 лк на поверхні підлоги застосуємо 12 світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2. Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги ігрової приведено на рис. 2.16.

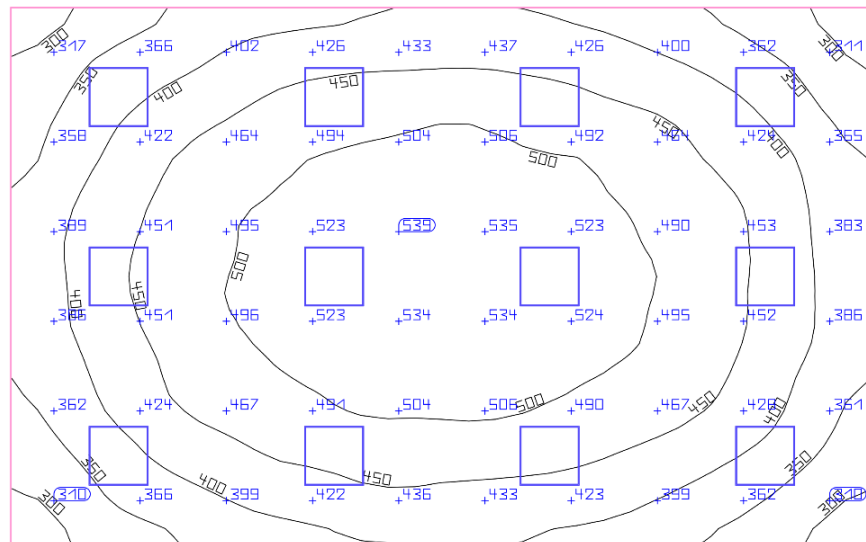


Рисунок 2.16 – Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги ігрової

За результатами розрахунку така система освітлення здатна забезпечити середню освітленість 437 та об'єднаний показник дискомфорту 17,5.

Таблиця 2.8 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення адміністративно-службових приміщень

№	Призначення	Площа, м ²	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення						P _Σ , Вт
			E _c , лк	h _{рп} , м	E _v , лк	h _{рп} , м	E _ц , лк	M				E _c , лк	δE, %	E _v , лк	E _ц , лк	UGR	M	
106	Канцелярія-приймальна	12,55	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	6	230	3,67			14,5	16,1	99
107	Кабінет директора	28,08	300	0,0				40	ДВО27У-33-001	16	2	88	10,67			17,5	24,8	165
110	Кабінет	11,40	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	25	5	212	16,00			14,5	16,1	33
116а	Приміщення чергового	8,47	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	15	3	194	-9,00			13,4	13,7	66
120	Кабінет лікаря	22,36	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	25	1	148	12,33			16,9	22,7	132
121	Процедурна	11,00	500	0,8				40	ДВО27У-33-001	25	2	191	0,00			14,9	18,6	132
205а	Кабінет	13,27	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	25	2	181	19,67			14,7	16,5	99
206б	Кабінет	13,27	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	25	2	203	-1,67			14,7	16,5	99
210	Учительська	27,67	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	25	3	211	12,00			17,4	21,8	165
211	Кабінет завучів	13,00	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	15	1	76	1,00			14,7	16,5	99
212	Кабінет заступника директора	13,96	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	15	1	76	-1,67			14,8	16,8	99
302	Кабінет заступника директора	13,95	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	12	2	74,2	-1,67			14,8	16,8	99
303	Кабінет психолога	15,25	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	12	2	78	2,00			14,6	16,3	99
Всього		204,23																1386

Звідси

$$\delta E = \frac{437 - 400}{400} \cdot 100\% = 9,15 \%,$$

$$M = 10^{\frac{16,9+4,8}{16}} = 22,7.$$

Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення ігрової та інших приміщень цієї функціональної групи приведено в табл. 2.9.

2.1.7 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення вестибюлів, холів та зон руху

Розрахунок продемонструємо на прикладі: коридору-рекреації (позначення на плані 223), коридору (позначення на плані 117а) та сходових кліток.

Для системи робочого освітлення коридору-рекреації використаємо 26 світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2.

Це дасть змогу, за результатами розрахунку забезпечити середню освітленість на рівні підлоги 164 лк при об'єднаному показнику дискомфорту 16,6. Звідси

$$\delta E = \frac{164 - 150}{150} \cdot 100\% = 9,33 \%,$$

$$M = 10^{\frac{16,6+4,8}{16}} = 21,8.$$

Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги коридору-рекреації приведено на рис. 2.17.

Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення решти приміщень вестибюлів, холів та зон рекреації приведено в табл. 2.10.

Кількість світильників ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2, яку треба використати для забезпечення нормованої середньої освітленості 100 лк на рівні підлоги коридору (позначення на плані 117а) становить 10.

Таблиця 2.9 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення приміщень дошкільної групи

№	Призначення	Площа, м ²	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення						P _Σ , Вт
			E _с , лк	h _{рп} , м	E _в , лк	h _{рп} , м	E _ц , лк	M				E _с , лк	δE, %	E _в , лк	E _ц , лк	UGR	M	
108б	Роздягальня	18,57	300	0,0				60	ДВО27У-33-001	33	4	318	6,00			15,8	19,4	132
108в	Умивальня	19,91	200	0,0				25	ДББ26У-20-106	20	12	223	11,50			17,5	24,8	240
108г	Ігрова дошкільної групи	47,33	400	0,0				25	ДВО27У-33-001	33	12	437	9,25			16,9	22,7	396
109а	Спальня дошкільної групи	55,28	150	0,0				25	ДВО27У-33-001	33	5	163	8,67			17,5	24,8	165
109б	Кабінет	12,04	300	0,8				40	ДВО27У-33-001	33	3	284	-5,33			13,8	14,5	99
109в	Буфетна	5,00	200	0,8				60	ДВО27У-33-001	33	1	219	9,50			11,2	10,0	33
Всього		158,13																1065

Таблиця 2.10 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення приміщень холів, вестибюлів та зон рекреацій

№	Призначення	Площа, м ²	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення						P _Σ , Вт
			E _с , лк	h _{рп} , м	E _в , лк	h _{рп} , м	E _ц , лк	M				E _с , лк	δE, %	E _в , лк	E _ц , лк	UGR	M	
102	Вестибюль	28,85	150	0,0				90	ДВО27У-33-001	33	3	147	-2,00			17,2	23,7	99
116	Рекреація	61,24	150	0,0				90	ДВО27У-33-001	33	4	152	1,33			18,9	30,3	132
201	Хол	41,11	150	0,0				90	ДВО27У-33-001	33	4	163	8,67			17,7	25,5	132
201а	Рекреація	56,55	150	0,0				90	ДВО27У-33-001	33	5	172	14,67			18,4	28,2	165
201б	Рекреація	63,70	150	0,0				90	ДВО27У-33-001	33	6	179	19,33			17,9	26,2	198
223	Коридор-рекреація	224,88	150	0,0				90	ДВО27У-33-001	33	26	164	9,33			16,6	21,8	858
301, 301а	Хол	18,50	150	0,0				90	ДВО27У-33-001	33	26	177	18,00			18,3	27,8	858
Всього		158,13																2442

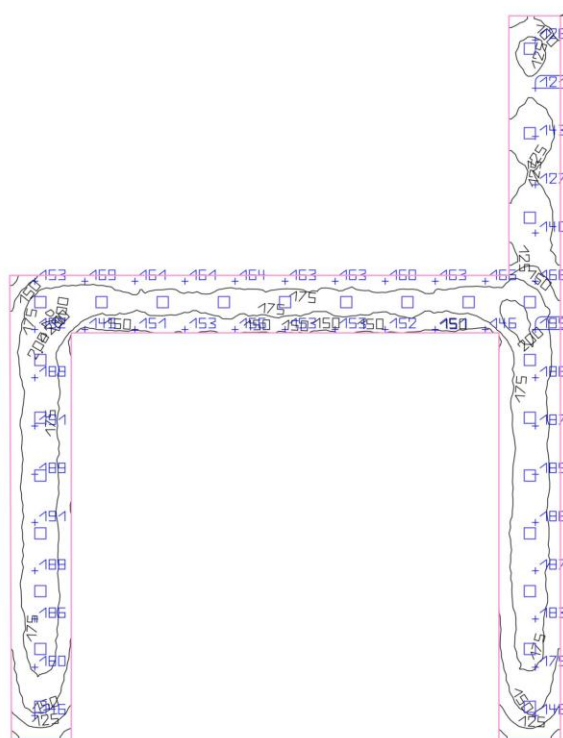


Рисунок 2.17 – Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги приміщення коридору-рекреації

Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги від системи освітлення коридору (117а) приведено на рис. 2.18. Така система освітлення коридору, за результатами розрахунку, здатна забезпечити середню освітленість на рівні підлоги 167 лк. В результаті

$$\delta E = \frac{167 - 150}{150} \cdot 100\% = 11,33 \%$$

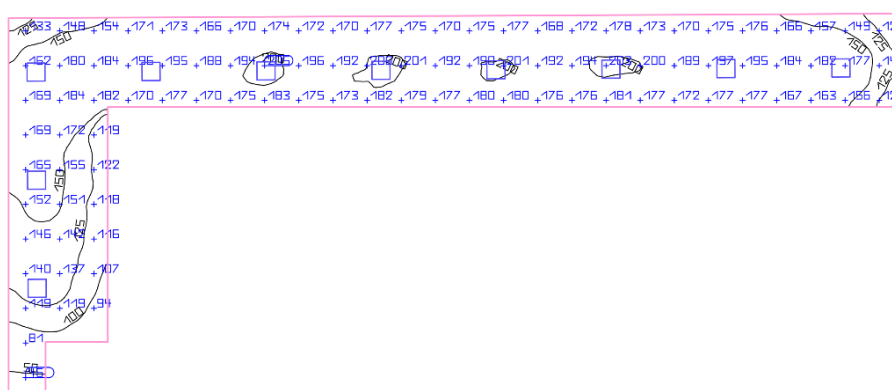


Рисунок 2.18 – Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги коридору (позначення на плані 117 а)

В системі освітлення сходових кліток 103, 201в та 301б використаємо 3 світильники ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2, розміщені на нижній поверхні сходового майданчика, між сходовими маршами першого та другого поверхів (1 світильник) та на стелі третього поверху (2 світильники). Розрахунковими поверхнями при розрахунку цих сходових кліток є (рис. 2.19):

1 – поверхня на рівні підлоги сходового майданчика між другим та третім поверхами;

2 – поверхня на рівні підлоги сходового майданчика між першим та другим поверхами.

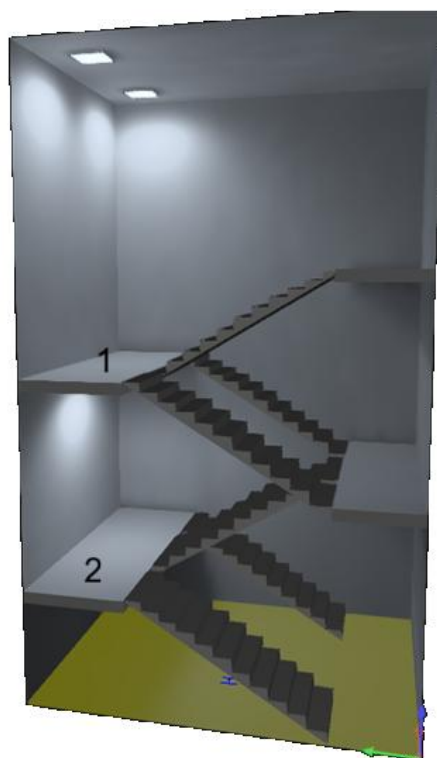


Рисунок 2.19 – Тривимірна модель для розрахунку систем освітлення сходових кліток 103, 201в та 301б

В результаті розрахунку отримано:

- освітленість на поверхні 1 – 91,1 лк;
- освітленість на поверхні 2 – 96,8 лк.

Відхилення від нормованого значення:

- для поверхні 1:

$$\delta E = \frac{91,1 - 100}{100} \cdot 100\% = -8,90\%;$$

- для поверхні 2:

$$\delta E = \frac{96,8 - 100}{100} \cdot 100\% = -3,20\%.$$

Графіки розподілу освітленості по розрахункових поверхнях 1 та 2 приведено на рис. 2.20.

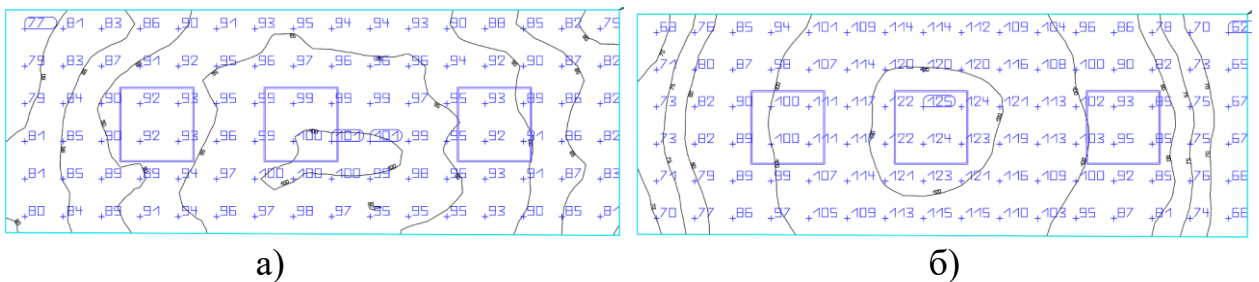


Рисунок 2.20 – Графіки розподілу освітленості на поверхнях рівнів підлоги сходового майданчика 1 (а) та 2 (б)

Для освітлення сходових кліток 103а, 103б, 201г, 225, та 301г застосуємо систему освітлення, яка складається із:

1 світильника ДСП07У-15-011 (СП1 на рис. 2.21а), розміщеного на нижній поверхні перекриття сходового майданчика між поверхами 1 та 2;

4 світильників ДСП07У-25-012 (СП2 на рис. 2.21а), розміщених на нижніх поверхнях перекриттів сходових майданчиків поверхів другого та третього (2 світильника), перекриття сходового майданчику між поверхами 2 та 3 (1 світильник) та на стелі будівлі над перекриттям сходового майданчику третього поверху;

1 світильника ДСП07У-40-013 (СП3 на рис. 2.21 а), розміщеного на стелі будівлі над сходовим майданчиком між поверхами другим та третім.

Розрахункові поверхні розмістимо на поверхнях підлог сходових майданчиків. Положення розрахункових площин показано на рис. 2.22 б. Результати розрахунку середньої горизонтальної освітленості на поверхнях

розрахункових поверхонь приведено в табл. 2.11.

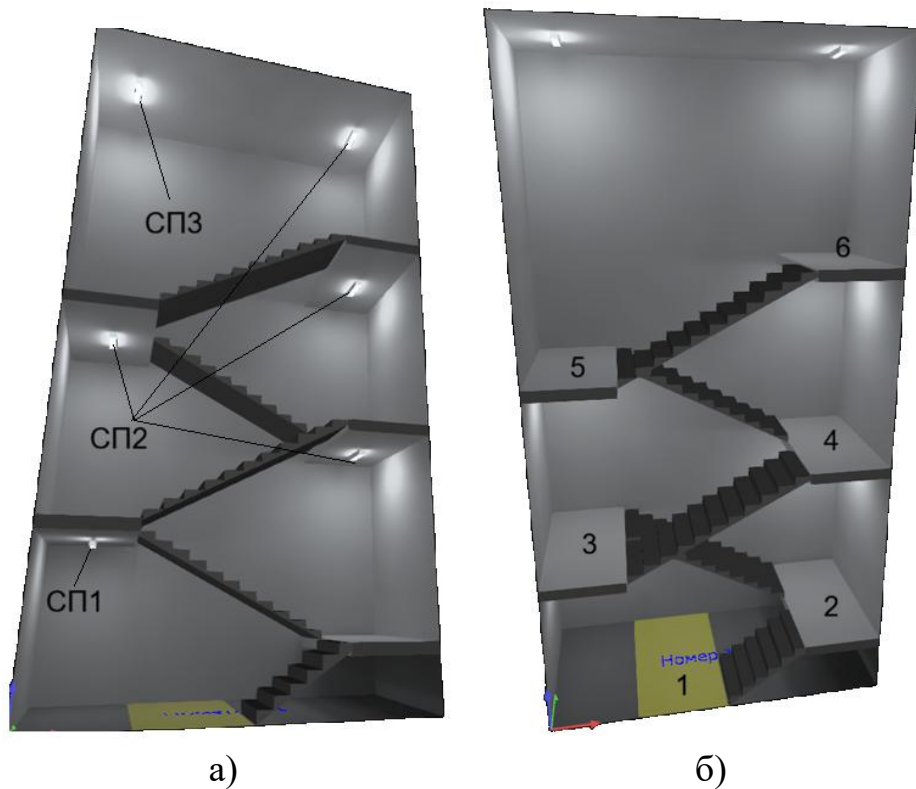


Рисунок 2.22 – Тривимірна модель для світлотехнічного розрахунку системи освітлення сходових кліток 103а, 103б, 201г, 225, та 301г: розміщення світлових приладів (а); розміщення розрахункових поверхонь (б)

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку середньої горизонтальної освітленості на поверхнях підлог сходових майданчиків сходових кліток 103а, 103б, 201г, 225, та 301г

Поверхня	1	2	3	4	5	6
E_c , лк	111	122	126	124	102	120
δE , %	11,00	22,00	26,00	24,00	2,00	20,00

Як видно із табл. 2.11 на деяких розрахункових поверхнях розрахункові значення середньої горизонтальної освітленості перевищують нормовані понад встановлених відхилень. Проте застосування світильників ДСП07У меншої потужності не здатне забезпечити на усіх поверхнях середні значення

горизонтальної освітленості, які б відрізнялись від нормованої в межах від -10 до +20 %. Тому приймаємо саме таку систему освітлення.

Результати світлотехнічного розрахунку систем освітлення решти приміщень зон руху приведено в табл. 2.12, а інженерно-допоміжних, санвузлів та підсобних приміщень – в додатку А.

2.2 Світлотехнічний розрахунок систем аварійного освітлення

В системах аварійного освітлення застосуємо:

- для освітлення шляхів евакуації в коридорах, а також антипанічного освітлення в приміщеннях їдальні, актового залу та естради при ньому – застосуємо світильники ДПП06У-6-211 (рис. 2.23 а);

- для інформування людей про шляхи евакуації – аварійні світлові покажчики ДБО02ВСП (рис. 2.23 б).

Технічні характеристики цих світлових приладів приведені в табл. 2.14 [10,11].



Рисунок 2.23 – Зображення світильників для аварійного освітлення: ДПП06У (а) та ДБО02ВСП (б)

Розрахунок виконаємо для шляхів евакуації, які проходять через коридори першого поверху (101, 102, 105, 108а, 116, 117, 117 а), через коридор (147), через коридори (201, 201а, 201б, 223, 224), через коридори третього поверху (301, 301а, 310а, 313, 316) а також сходових кліток.

Таблиця 2.13 – Результати розрахунку систем робочого освітлення зон руху

№	Призначення	Площа, м2	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення					P _Σ , Вт	
			E _c , лк	h _{рпв} , м	E _v , лк	h _{рпв} , м	E _{ліс} , лк	M				E _c , лк	δE, %	E _v , лк	E _{ліс} , лк	UGR		M
101	Вхідний тамбур	10	50	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	54	8,00				24	
101а	Вхідний тамбур	3,6	50	0,0					ДББ26У-20-106	20	1	49	-2,00				20	
101б	Вхідний тамбур	4,13	50	0,0					ДББ26У-12-102	12	1	59	18,00				12	
103, 201в, 301б	Сходові клітки	80,83	100	0,0					ДВО27У-33-001	33	3	91	-8,90				99	
103а, 103б, 201г, 225, 301г	Сходові клітки	81,79	100	0,0					ДСП07У-15-011	15	1	126	26,00				155	
									ДСП07У-25-012	25	4							
									ДСП07У-40-013	40	1							
105, 108а	Коридор	21,69	150	0,0					ДВО27У-33-001	33	5	178	18,67				165	
111	Гардеробна	29,7	150	0,0				90	ДББ26У-20-106	20	6	169	12,67			20,3	37,0	120
117	Коридор	68,81	150	0,0					ДВО27У-33-001	33	9	159	6,00					297
117а	Коридор	113,08	150	0,0					ДВО27У-33-001	33	10	167	11,33					330
147	Коридор	25,28	100	0,0					ДСП07У-25-012	25	4	106	6,00					100
204б	Коридор	3,8	150	0,0					ДВО27У-33-001	33	1	136	-9,33					33
224	Коридор	21,41	100	0,0					ДВО27У-33-001	33	3	119	19,00					99
310а	Коридор	18,42	100	0,0					ДВО27У-33-001	33	1	91	-9,00					33
310б	Коридор	64,04	100	0,0					ДВО27У-33-001	33	3	91	-9,00					99
Всього		546,58																1586

Таблиця 2.14 – Технічні характеристики світлових приладів аварійного освітлення

Технічні характеристики	ДПП06У	ДБО02ВСП
Потужність, Вт	6	3 або 6
Напруга, В	230 АС	
Світловий потік, лм	480 або 630	360 або 720
Світлова віддача, лм/Вт	80 або 105	120
Тип КСС	Д	
Корельована колірна температура, К	5000	6400
Коефіцієнт активної потужності	0,95	
Ступінь пиловологозахисту	IP65	
Клас електрозахисту	I	
Час роботи в аварійному режимі, год	3 або 8	3
Температура експлуатації, °С	Від -5 до +40	

Окрім цього виконаємо розрахунок для систем антипанічного освітлення приміщень актового залу, естради та обіднього залу.

Для аварійного освітлення шляху евакуації, який проходить через коридори першого поверху (101, 102, 105, 108а, 116, 117, 117а) застосуємо 17 світильників ДПП06У-6-211, розміщених на поверхнях стель в приміщеннях. Розташування світильників показано на планах мережі аварійного освітлення в графічній частині.

В результаті розрахунку встановлено, що така система освітлення здатна забезпечити:

- мінімальну освітленість – 0,65 лк (нормоване значення 0,5 лк по всій ширині проходу 0,5 лк (табл. 1.1));
- максимальну освітленість – 17,3 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 26,62 (по нормативних вимогах не повинно перевищувати 40).

Графік розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги приміщень, через яких проходить цей шлях евакуації приведено на рис. 2.24 а.

В коридорі 147 для евакуаційного освітлення використаємо 4 світильники

ДПП06У-6-211. За результатами розрахунку це дозволить забезпечити:

- мінімальну освітленість – 0,91 лк ;
- максимальну освітленість – 12,2 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 13,41.

Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги приміщення 147 приведено на рис. 2.24 б.

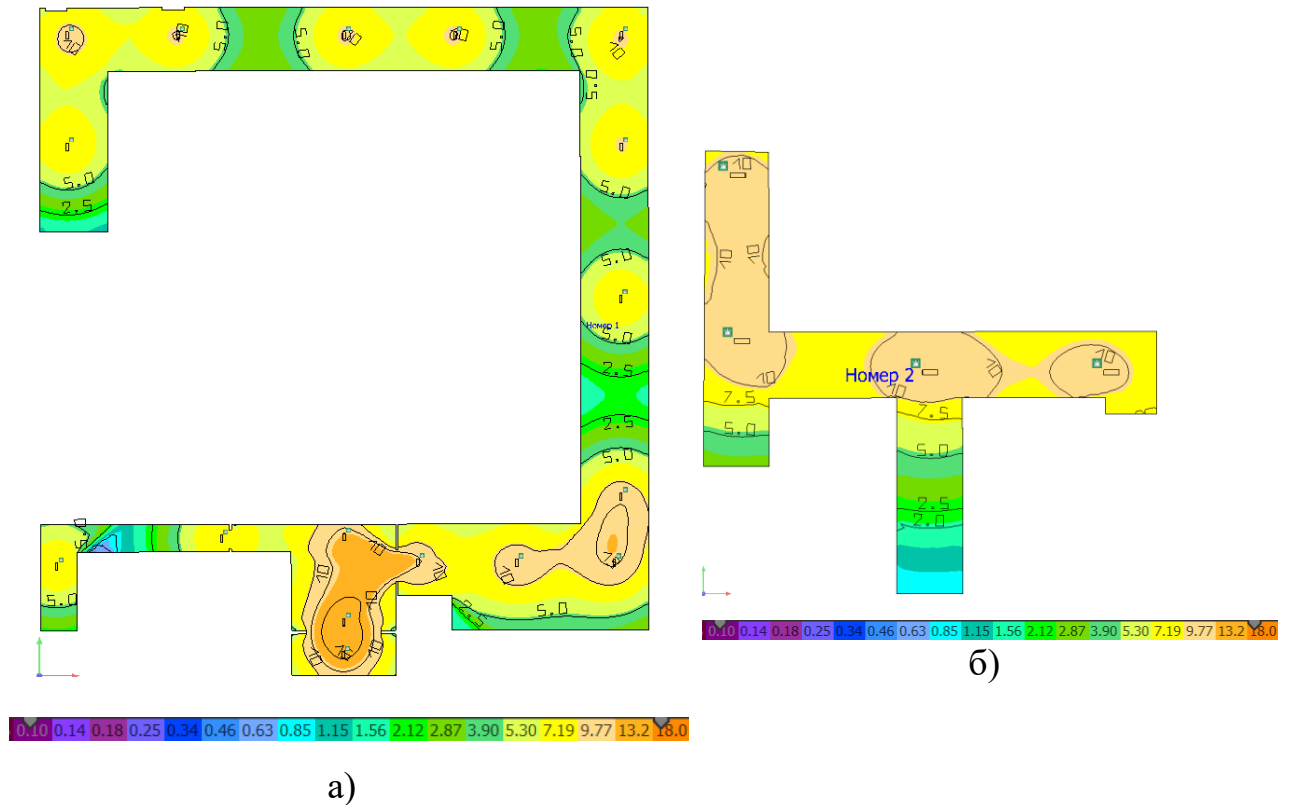


Рисунок 2.24 – Графік розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги шляхів евакуації першого поверху: приміщень коридорів 101, 102, 105, 108а, 116, 117, 117а (а) та коридору 147 (б)

Для освітлення шляхів евакуації, які проходять через коридори другого та третього поверхів застосуємо:

- для коридорів 201, 201а, 201б, 223, 224 другого поверху – 19 світильників ДПП06У-6-211;
- для коридорів 301, 301а, 310а, 313, 316 – 18 світильників ДПП06У-6-211.

В результаті розрахунку встановлено, що система освітлення шляхів евакуації, яка проходить через коридори другого поверху здатна забезпечити:

- мінімальну освітленість – 0,67 лк ;
- максимальну освітленість – 12,5 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 18,66.

Для шляхів евакуації через коридори третього поверху:

- мінімальна освітленість – 0,57 лк ;
- максимальна освітленість – 13,7 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 24,04.

Графіки розподілу освітленості по поверхнях підлоги шляхів евакуації, які проходять коридорами другого та третього поверхів приведено на рис. 2.25.

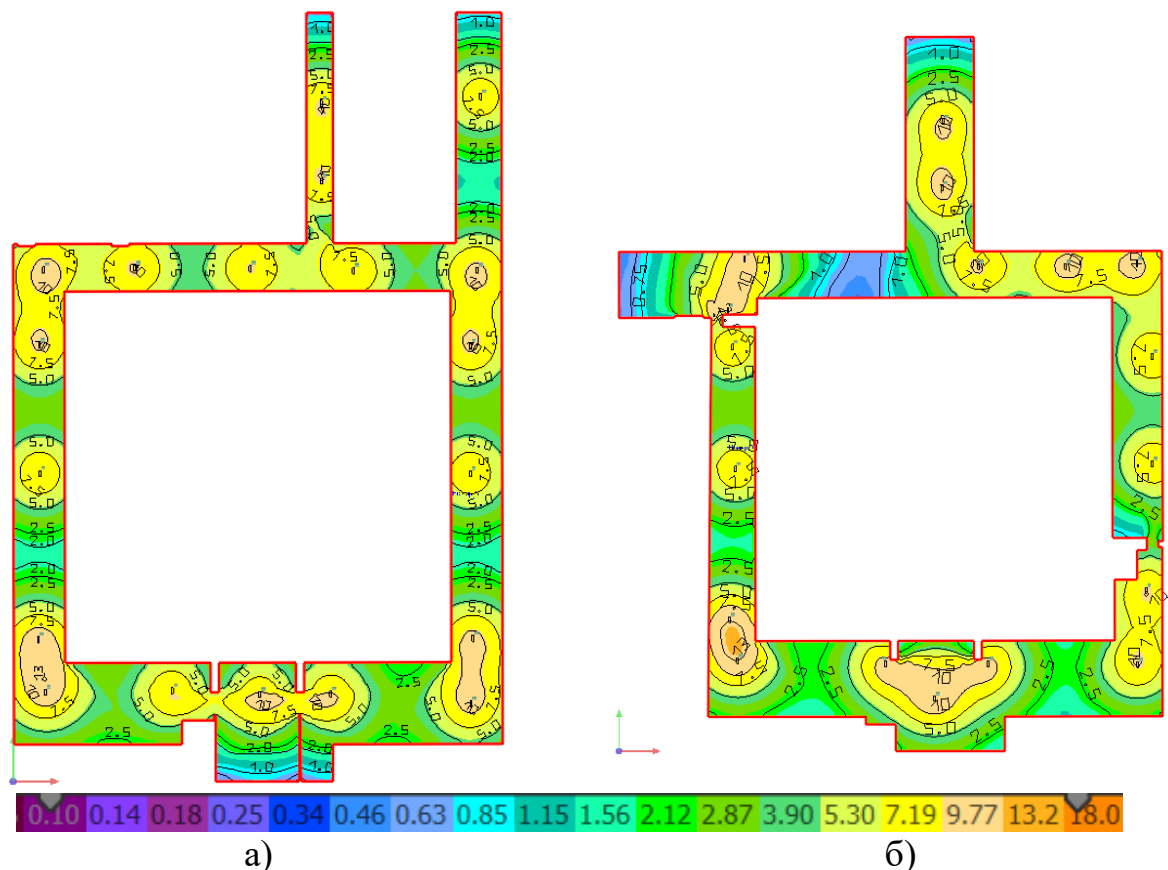


Рисунок 2.25 – Графік розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги шляхів евакуації через коридори другого (а) та третього (б) поверхів

Розміщення світлових приладів в системі освітлення шляхів евакуації, які проходять через сходові клітки приведено на рис. 2.26.

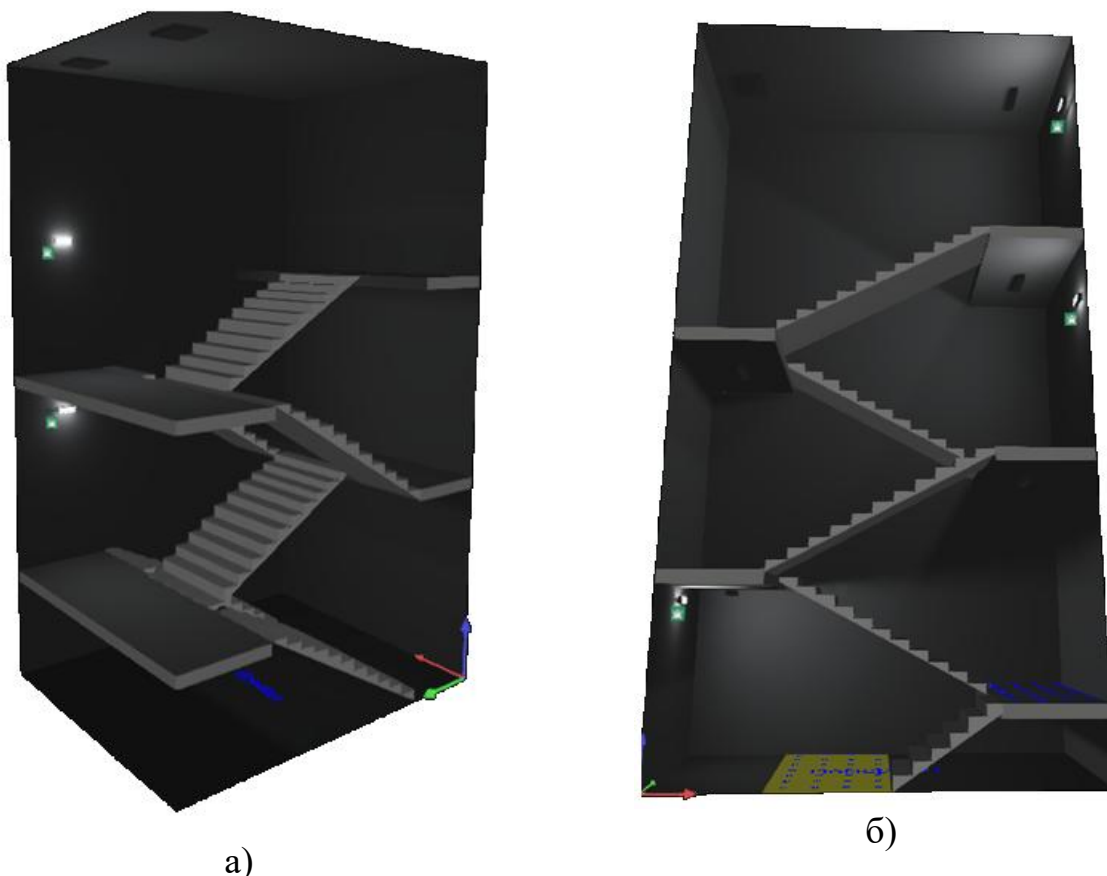


Рисунок 2.26 – Розміщення світлових приладів в системі освітлення шляхів евакуації, які проходять через сходові клітки 103, 201в, 301б (а) та 103а, 103б, 201г, 225, 301г (б):

Розрахунок освітленості виконувався для поверхонь підлоги сходових маршів, положення яких приведено на рис. 2.19 та 2.22 б. Результати розрахунку приведено в табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Результати розрахунку освітлення шляхів евакуації, які проходять через сходові клітки

Сходові клітки	Розрахункові поверхні	E_{\min} , лк	E_{\max} , лк	E_{\max}/E_{\min}
103, 201в та 301б	1	1,41	5,69	4,04
	2	1,19	2,69	2,26
103а, 103б, 201г, 225, 301г	1	2,57	2,63	1,02
	2	0,57	1,16	2,04
	3	1,13	1,71	1,51
	4	0,53	5,24	9,89
	5	2,57	5,63	2,19
	6	0,51	2,67	5,24

В системі антипанічного освітлення обіднього залу застосуємо 2 світильники один світильник ДПП06У-6-211, що за результатами розрахунку дозволить забезпечити:

- мінімальну освітленість – 0,54 лк ;
- максимальну освітленість – 8,92 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 16,52.

Графік розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги обіднього залу приведено на рис. 2.27.

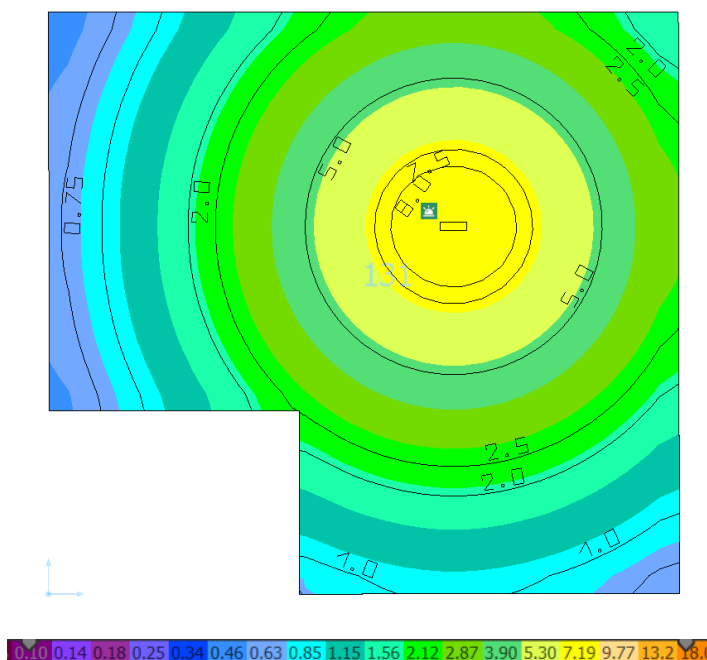


Рисунок 2.27 – Графік розподілу горизонтальної освітленості на поверхні підлоги обіднього залу від системи антипанічного освітлення

Для антипанічного освітлення актового залу застосуємо 2 світильники, а для естради – 1 світильник ДПП06У-6-211, що дасть змогу, за результатами розрахунку, отримати:

на поверхні підлоги актового залу:

- мінімальну освітленість – 1,02 лк ;
- максимальну освітленість – 8,52 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 8,35;

на поверхні підлоги естради:

- мінімальну освітленість – 0,84 лк ;
- максимальну освітленість – 8,96 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 10,67

Графіки розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги актового залу та естради показано на рис. 2.28.

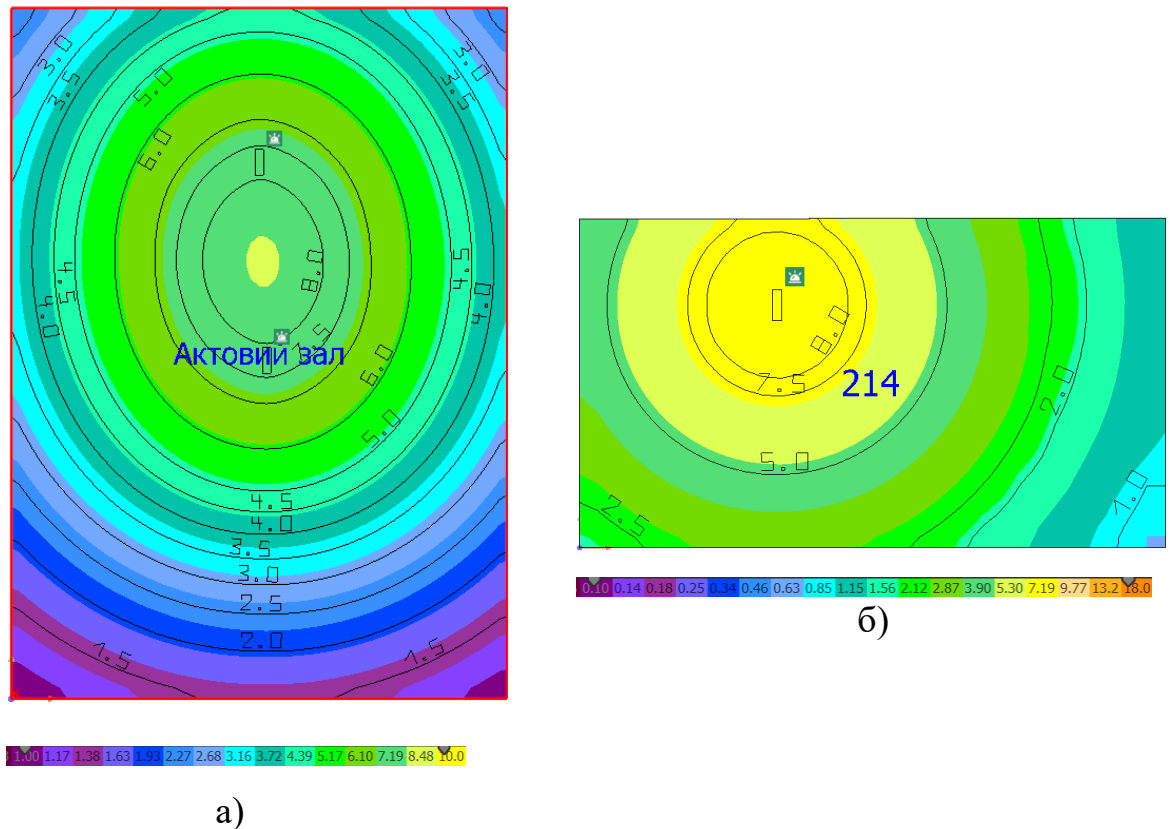


Рисунок 2.28 – Графік розподілу горизонтальної освітленості по поверхні підлоги актового залу (а) та естради (б) від системи антипанічного освітлення

Аварійні світлові покажчики типу ДБО02ВСП використаємо для позначення виходів із приміщень.

2.3 Висновки до розділу

1. На основі результатів світлотехнічного розрахунку визначено потужність та кількість світлових приладів систем робочого освітлення

приміщень школи.

2. Для робочого освітлення приміщень навчальних класів, робочих кабінетів, актового залу, коридорів, обіднього залу, приміщень дошкільної групи та зон рекреації запропоновано використати світильники ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2.

3. В системах робочого освітлення приміщень харчоблоку, класу трудового навчання та деяких інженерно-допоміжних приміщень використано світильники ДСП07У. Модифікацію таких же світильників, але із захисною решіткою використано для освітлення приміщення спортивного залу.

4. Для освітлення приміщень санвузлів, душових та горищ використано світильники типу ДББ26У Селена-LED.

5. В системах аварійного освітлення шляхів евакуації в коридорах й сходових клітках, а також антипанічного освітлення обіднього залу, актового залу та приміщення естради використано світильники ДПП06У-6-211 зі світловим потоком 480 лм.

6. Сумарна встановлена потужність систем робочого освітлення становить 15,191 кВт, а систем аварійного освітлення – 0,56 кВт.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Споживачі електричної енергії будівлі школи та електрична мережа їх живлення

В даній роботі електричну мережу передбачимо для наступних категорій електричних споживачів:

- системи робочого освітлення приміщень;
- системи аварійного освітлення приміщень;
- розетки;
- розетки для підключення компютерів та проекторів в комп'ютерному класі;
- розетки рукосушки;
- вентиляційні установки;
- установки теплової завіси.

Для ремонтного освітлення в приміщеннях венткамери (313) та горища (314) передбачимо підключення до групи світильників робочого освітлення цих приміщень двох ящиків з понижувальними трансформаторами (ЯТП) потужністю 0,25 кВт кожен. Ще один такий ящик передбачимо для приміщення електрощитової. Для приміщень вестибюлів, коридорів та актового залу передбачено чергове освітлення, світильники яких під'єднані до групових ліній робочого освітлення.

Сумарна встановлена потужність електроспоживачів будівлі школи становить 64,25 кВт.

Частка встановленої потужності систем робочого, аварійного, ремонтного та чергового освітлення становить 25,61 %.

Більшість електроспоживачів будівлі – однофазні. Виняток становить одна із установок теплової завіси, потужність якої дорівнює 18 кВт, що становить 28,06 % по відношенні до сумарної встановленої потужності.

Сумарна встановлена потужність розеток та розеток для підключення комп'ютерів та проєкторів в комп'ютерному класі – 17,50 (27,24 %).

Діаграму значень встановленої потужності електричних споживачів будівлі школи приведено на рис. 3.1.

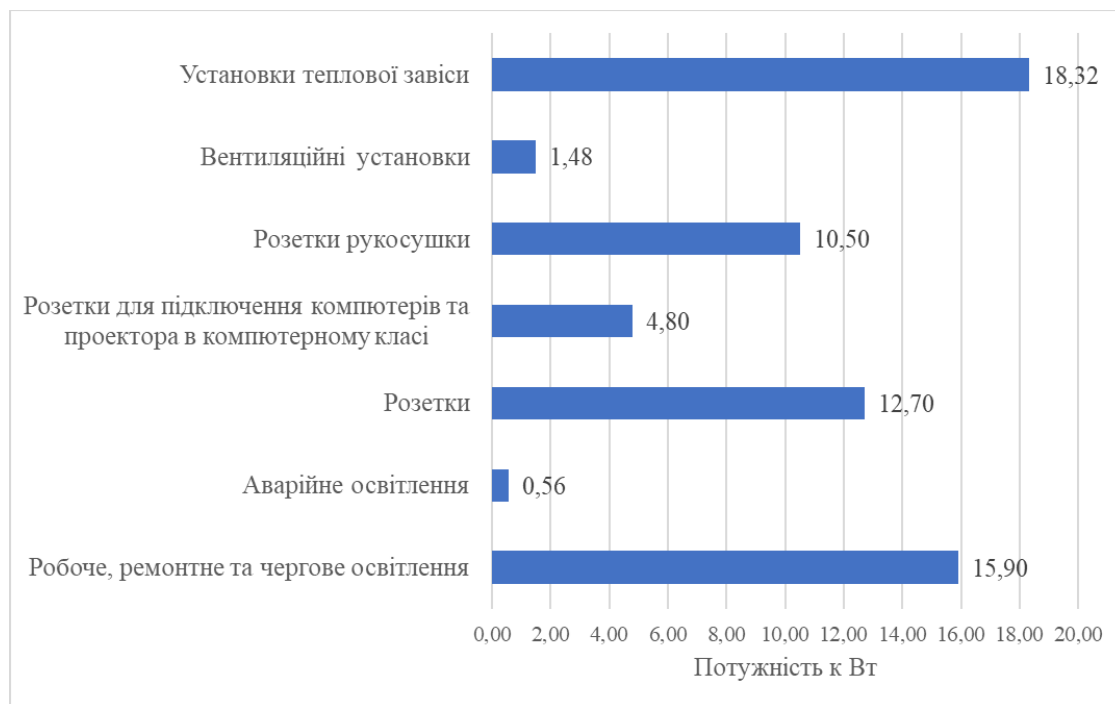


Рисунок 3.1 – Діаграма значень встановленої потужності електроспоживачів будівлі школи

За надійністю електропостачання електроспоживачі відносяться до III категорії, за винятком системи аварійного освітлення (I категорія). Тому живлення всієї будівлі здійснюється по одній лінії від трансформаторної підстанції.

Живлення електроспоживачів будівлі передбачимо по групових лініях від щитів:

- щитів ЩО1-1, ЩО1-2, ЩО1-3 та ЩО1-4, розміщених на першому поверсі будівлі, від яких по групових лініях здійснюється живлення розеток, вентиляційних установок, установки теплової завіси в приміщеннях першого поверху, а також систем робочого, ремонтного та чергового освітлення приміщень цього ж поверху, а також приміщень сходових кліток;

- щитів ЩО2-1, ЩО2-2, ЩО2-3, розміщених на другому поверсі будівлі від яких живляться електроспоживачі та системи робочого та чергового освітлення приміщень другого поверху, а також системи робочого та ремонтного освітлення приміщень горища та венткамери, розташованих на третьому поверсі будівлі;

- щита ЩО3-1, розміщеному на третьому поверсі будівлі, від якого здійснюється живлення решти електроприймачів та робочого освітлення приміщень третього поверху.

Живлення розеток комп'ютерів та проекторів в комп'ютерному класі передбачимо від окремого щита ЩК, розміщеного безпосередньо в приміщенні комп'ютерного класу..

Живлення світильників аварійного освітлення передбачимо від трьох щитів – ЩАО1, ЩАО2 та ЩАО3, розміщених по одному на кожному поверсі будівлі.

Живлення однофазних споживачів передбачимо по трижильних кабелях групових ліній, а трифазних споживачів та групових щитів – п'ятижильними кабелями.

В групових лініях силових споживачів та лініях живлення щитів використаємо кабель марки ВВГнгд, якому мідні струмопровідні жили 1 (рис. 3.2 [12]) покриті полівінілхлоридним пластиком зниженої пожежонебезпеки та розміщені навколо джгута 3 з полівінілхлоридного пластику зниженої пожежонебезпеки. Захист жил та їх ізоляції від зовнішніх пошкоджень забезпечується зовнішньою оболонкою 4 з полівінілхлоридного пластифікату зниженої пожежонебезпеки.

Завдяки тому, що кабель не поширює полум'я при одиничному та прокладанні у пучках, має клас Тк3 з токсичністю продуктів горіння, відповідає класу ДТк1 за токсичністю продуктів горіння та ДПк1 за димоутворенням під час горіння й відповідає класу Кк1 за корозійною активністю, то допустимим є його застосування в приміщеннях з перебуванням великої кількості людей, в агресивних середовищах та в сухих тунелях та каналах.

Для групових ліній, по яких здійснюється живлення світильників

аварійного освітлення, використаємо вогнестійкий з мідними струмопровідними жилами 1 (рис. 3.3 [13]), шарами ізоляції 2 та 3 з кремнійорганічної гуми, заповненням 4 з безгалогенного негорючого композиту та оболонкою 5 з полімерного композиту, що не містить галогенів кабель марки ННХН FE180/E90.

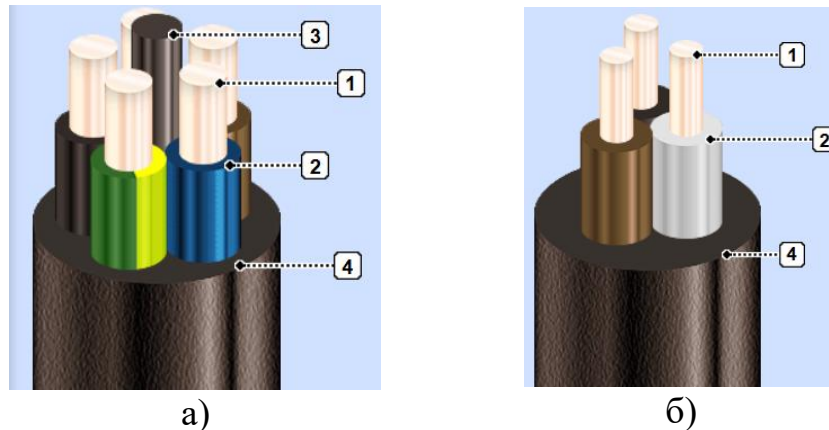


Рисунок 3.2 – Будова кабелю ВВГнгд: з п'ятьма (а) та з трьома (б) струмопровідними жилами

Завдяки своїм експлуатаційним характеристикам кабель застосовується у приміщеннях будівель та споруд з великою кількістю людей, а саме розважальних та торговельних центрах, лікарнях, поліклініках, навчальних закладах. У разі пожежі кабель має можливість проводити струм протягом 30 хвилин.

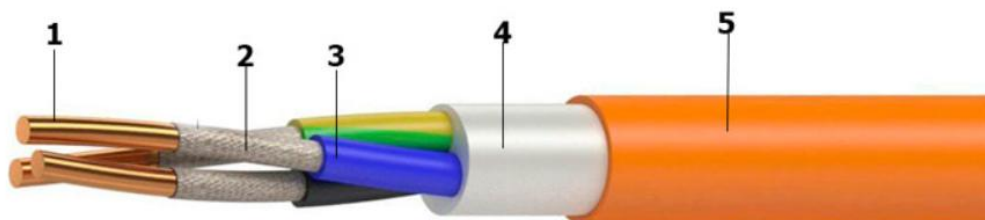


Рисунок 3.3 – Будова кабелю ННХН FE180/E90

По умовах механічної міцності, табл. 2.1.1 [16], першопочатково вибираємо переріз жил кабелю $1,5 \text{ мм}^2$ для групових ліній, які живлять системи

робочого та аварійного освітлення, 2,5 мм² – для групових ліній решти електроспоживачів та ліній живлення електричних щитів.

Для захисту групових ліній, які живлять системи освітлення, установки теплової завіси, вентиляційні установки, а також лінії живлення щитів в якості апаратів захисту застосуємо автоматичні вимикачі (рис. 3.4 [14]), а для захисту групових ліній, які живлять мережі розеток – диференціальні автомати (рис. 3.5 [15]) з номінальним диференціальним струмом відключення 30 мА.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд автоматичних вимикачів

Різниця між цими видами апаратів захисту полягає в наявності в дифавтоматах, окрім теплових чи електромагнітних розчеплювачів, диференціальних трансформаторів струму, які реагують на витоки струму. Іншими словами дифавтомат «відстежує» різницю струмів фазного та нульового проводах. При перевищенні цієї різниці певного порогу, дифавтомат вимикає живлення, запобігаючи при цьому електричному удару.



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд дифавтомата

Тобто конструкціями дифавтоматів здійснюється подання в собі

пристроїв захисного відімкнення й автоматичних вимикачів, призначення самих дифавтоматів – захист людини від ударів електричним струмом, а також захист устаткування та систем від коротких замикань та стрибків напруги.

3.2 Розрахунок електричної мережі будівлі школи

Виконаємо розрахунок по струму навантаження. Для групових ліній, по яких виконується живлення від щитів до кінцевих споживачів електричної енергії, застосуємо формули [17]:

- для однофазних електроспоживачів (робоче та аварійне освітлення, установки вентиляції):

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (3.1)$$

- для трифазних електроспоживачів:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}, \quad (3.2)$$

де P_p , кВт – сумарна розрахункова потужність електроспоживачів групової лінії, для якої виконується розрахунок;

$U_\phi = 230$ В, $U_l = 400$ В – номінальні значення відповідно фазової та лінійної напруги електричної мережі;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт активної потужності;

При розрахунку групових ліній приймається, що розрахункова потужність P_p дорівнює встановленій $P_p = P_y$.

Для ліній живлення, які живлять електричні щити застосуємо формули:

$$I_p = \frac{S_{p\Sigma} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_l}, \quad (3.3)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}, \quad (3.4)$$

де $S_{p\Sigma}$, кВА – сумарна повна розрахункова споживана потужність електроприладів які живляться розрахунковою ділянкою мережі;

$P_{p\Sigma}$, кВт, $Q_{p\Sigma}$, кВАр – розрахункові активна та реактивна потужності відповідно.

Розрахункові активну потужність навантаження визначимо, виходячи із формул [7] для змішаного живлення освітлення, розеткової мережі та силового навантаження:

$$P_{p\Sigma} = P_{p\Sigma\text{осв}} + P_{p\Sigma\text{ЕЛ}} + P_{p\Sigma\text{роз}}, \quad (3.5)$$

де $P_{p\Sigma\text{осв}}$, $P_{p\Sigma\text{ЕЛ}}$, $P_{p\Sigma\text{роз}}$ – сумарні розрахункові активні потужності навантаження відповідно систем освітлення, силових електроспоживачів та розеткової мережі, які визначаємо за формулами.

Сумарні розрахункові активні потужності навантаження розрахуємо за формулою:

$$P_{p\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=n} P_{yi} \cdot K_{\Pi i}, \quad (3.6)$$

де n – кількість електроспоживачів, які живляться розрахунковою ділянкою електричної мережі;

$K_{\Pi i}$ – коефіцієнт попиту i -го електроспоживача.

Реактивну розрахункову потужність електричного навантаження визначимо за формулою:

$$Q_{p\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=n} P_{pi} \cdot (tg\varphi)_i, \quad (3.7)$$

де $(tg\varphi)_k$ – відношення реактивної до повної потужності i -го споживача електричної енергії, яке визначається за формулою:

$$(tg\varphi)_i = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi)_i^2} - 1}, \quad (3.8)$$

де $(\cos \varphi)_i$ – коефіцієнт активної потужності i -го споживача електричної енергії.

Розрахунок виконаємо для щитів кожного поверху. Розрахункові значення коефіцієнта попиту та коефіцієнта активної потужності приведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахункові значення K_{II} , $\cos \varphi$ та $tg \varphi$

Споживачі	K_{II}	$\cos \varphi$	$tg \varphi$
Світильники робочого освітлення	0,90	0,95	0,33
ЯТП	0,90	0,65	1,17
Світильники аварійного освітлення	1,00	0,95	0,33
Розетки	0,20	0,80	0,75
Розетки рукосушки	0,80	0,80	0,75
Розетки для підключення компютерів та проекторів	0,80	0,80	0,75
Вентиляційні установки	0,90	0,80	0,75
Установки теплової завіси	0,80	0,80	0,75

3.2.1 Розрахунок електричних щитів першого поверху

При розрахунку групових ліній однофазних електроспоживачів розрахунок продемонструємо на прикладах однієї із груп, які живлять світильники робочого освітлення, однієї із груп розеткової мережі та однієї із групових ліній, якими живляться вентиляційні установки.

Розрахунок покажемо на прикладі груп гр4, гр6 та гр9.

Для гр4: Підставляючи значення $P_p = 0,40$ кВт, $\cos \varphi = 0,95$ та $U_\phi = 230$ В у формулу (3.1), отримаємо:

$$I_p = \frac{0,40 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 1,81 \text{ А.}$$

Для гр.6: $P_p = 0,56$,

$$I_p = \frac{0,56 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,80} = 3,04 \text{ А.}$$

Для гр. 9

$$I_p = \frac{0,14 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,80} = 0,76 \text{ А.}$$

Розрахунок для решти групових ліній, які живлять однофазні електроспоживачі виконуємо аналогічно. Результати розрахунку для щитів, розміщених на першому поверсі приведено в табл. 3.2 – 3.5.

Для трифазних електроспоживачів (установка теплової завіси): $P_p = 18,00$ кВт, $\cos \varphi = 0,80$ та $U_n = 400$ В. Підставляючи ці значення у формулу (3.2), отримаємо;

$$I_p = \frac{18,00 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 32,48 \text{ А.}$$

Для лінії живлення щита ЩО1-1 розрахункову активну потужність приймемо такою, що дорівнює встановленій потужності установки теплої завіси:

$$P_{p\Sigma} = 18,00 \text{ кВт,}$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,40 + 0,31 + 0,26 + 0,49 + 0,37) \cdot 0,90 \cdot 0,33 + (0,56 + 0,56) \cdot 0,20 \cdot 0,75 + 1,50 \cdot 0,80 \cdot 0,75 + 0,14 \cdot 0,90 \cdot 0,75 + 18,00 \cdot 0,80 \cdot 0,75 = 12,50 \text{ кВАр,}$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{17,59^2 + 12,50^2} = 21,58 \text{ кВА,}$$

$$I_p = \frac{21,58 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 31,15 \text{ А.}$$

Для лінії живлення щита ЩО1-2:

$$P_{p\Sigma} = (0,31 + 0,27 + 0,11 + 0,31 + 0,17 + 0,31 + 0,30) \cdot 0,90 + (0,88 + 0,56) \cdot 0,20 + 3,00 \cdot 0,80 + (0,12 + 0,68) \cdot 0,90 = 5,01 \text{ кВт,}$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,31 + 0,27 + 0,11 + 0,31 + 0,17 + 0,31 + 0,30) \cdot 0,90 \cdot 0,33 + \\ + (0,88 + 0,56) \cdot 0,20 \cdot 0,80 + 3,00 \cdot 0,80 \cdot 0,75 + (0,12 + 0,68) \cdot 0,75 = 3,08 \text{кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{5,01^2 + 3,08^2} = 5,88 \text{кВА},$$

$$I_p = \frac{5,88 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 8,49 \text{ А}.$$

Для лінії живлення щита ЩО1-3:

$$P_{p\Sigma} = (0,45 + 0,45 + 0,14 + 0,39 + 0,35 + 0,16) \cdot 0,90 + \\ + (0,48 + 0,88 + 0,48) \cdot 0,20 + 0,12 \cdot 0,90 = 2,22 \text{кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,45 + 0,45 + 0,14 + 0,39 + 0,35 + 0,16) \cdot 0,90 \cdot 0,33 + \\ + (0,48 + 0,88 + 0,48) \cdot 0,20 \cdot 0,75 + 0,12 \cdot 0,90 \cdot 0,75 = 0,93 \text{кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{2,22^2 + 0,93^2} = 2,41 \text{кВА},$$

$$I_p = \frac{2,41 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 3,47 \text{ А}.$$

Для лінії живлення щита ЩО1-4:

$$P_{p\Sigma} = (0,46 + 0,35 + 0,13 + 0,25) \cdot 0,90 + (0,24 + 1,50) \cdot 0,20 = 1,41 \text{кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,46 + 0,35 + 0,13 + 0,25) \cdot 0,90 \cdot 0,33 + (0,24 + 1,50) \cdot 0,20 \cdot 0,75 = 0,61 \text{кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{1,41^2 + 0,61^2} = 1,53 \text{кВА},$$

$$I_p = \frac{1,53 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 2,21 \text{ А}.$$

3.2.2 Розрахунок електричних щитів другого та третього поверхів

Для лінії живлення щита ЩО2-1:

$$P_{p\Sigma} = (0,37 + 0,41 + 0,36 + 0,32 + 0,30 + 0,40) \cdot 0,90 + (0,80 + 0,80) \cdot 0,20 + \\ + 0,22 \cdot 0,90 + 0,32 \cdot 0,80 = 2,71 \text{кВт},$$

;

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку щита ЩО1-1

Маркування щита		ЩО1-1									
Місце встановлення щита		105									
Встановлена активна потужність, кВт		22,59									
Розрахункова активна потужність, кВт		18,00									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		12,50									
Розрахункова повна потужність, кВА		21,92									
Робочий струм, А		31,63									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×16									
Апарат захисту		SZ203-C63									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
гр1	Робоче освітлення	108г	0,40	0,90	0,95	0,33	0,36	0,12	1,81	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр2	Робоче освітлення	109а, 109б, 109в	0,31	0,90	0,95	0,33	0,28	0,09	1,41	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр3	Робоче освітлення	106, 107	0,26	0,90	0,95	0,33	0,24	0,08	1,21	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр4	Робоче освітлення	105, 108а, 101, 102, 103, 201в, 301б, 103, 201в, 301б	0,49	0,90	0,95	0,33	0,44	0,14	2,22	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр5	Робоче освітлення	108б, 108в	0,37	0,90	0,95	0,33	0,33	0,11	1,70	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C4UC
гр6	Розетки	108г, 109а, 109б, 108а	0,56	0,20	0,80	0,75	0,11	0,08	3,04	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30МА
гр7	Розетки	106, 107, 116	0,56	0,20	0,80	0,75	0,11	0,08	3,04	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30МА
гр8	Розетки рукосушки	108в	1,50	0,80	0,80	0,75	1,20	0,90	8,15	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C10 AC30 1P+N 10A 30МА
гр9	Вентиляційні установки	108г, 109а	0,14	0,90	0,80	0,75	0,13	0,09	0,76	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC
гр10	Теплова завіса	101	18,00	0,80	0,80	0,75	14,40	10,80	32,48	ВВГнгд-5×16	SZ203-C40 C

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку щита ЩО1-2

Маркування щита		ЩО1-2									
Місце встановлення щита		116									
Встановлена активна потужність, кВт		7,02									
Розрахункова активна потужність, кВт		5,01									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		3,08									
Розрахункова повна потужність, кВА		5,88									
Робочий струм, А		8,49									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C25									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
гр1	Робоче освітлення	115	0,31	0,90	0,95	0,33	0,28	0,09	1,41	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр2	Робоче освітлення	114	0,27	0,90	0,95	0,33	0,25	0,08	1,25	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр3	Робоче освітлення	113	0,11	0,90	0,95	0,33	0,10	0,03	0,50	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр4	Робоче освітлення	112	0,31	0,90	0,95	0,33	0,28	0,09	1,41	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр5	Робоче освітлення	110, 111	0,17	0,90	0,95	0,33	0,16	0,05	0,79	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр6	Робоче освітлення	104, 104а, 116, 116а, 118, 118а, 119, 119а	0,31	0,90	0,95	0,33	0,28	0,09	1,43	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C4UC
гр7	Робоче освітлення	116, 117	0,30	0,90	0,95	0,33	0,27	0,09	1,36	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр8	Розетки	110, 111, 113, 114, 115, 116, 116а	0,88	0,20	0,80	0,75	0,18	0,13	4,78	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
гр9	Розетки	113, 114, 115	0,56	0,20	0,80	0,75	0,11	0,08	3,04	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
гр10	Розетки рукошуки	118, 119	3,00	0,80	0,80	0,75	2,40	1,80	16,30	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C20 AC30 1P+N 20A 30mA
гр11	Вентиляційні установки	110, 111, 112, 113	0,12	0,90	0,80	0,75	0,11	0,08	0,65	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC
гр12	Вентиляційні установки	114, 115	0,68	0,90	0,80	0,75	0,61	0,46	3,70	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку щита ЩО1-3

Маркування щита		ЩО1-3									
Місце встановлення щита		117а									
Встановлена активна потужність, кВт		3,90									
Розрахункова активна потужність, кВт		2,22									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,93									
Розрахункова повна потужність, кВА		2,41									
Робочий струм, А		3,47									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C16									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
гр1	Робоче освітлення	124	0,45	0,90	0,95	0,33	0,41	0,13	2,06	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр2	Робоче освітлення	124	0,45	0,90	0,95	0,33	0,41	0,13	2,06	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр3	Робоче освітлення	125, 129, 130	0,14	0,90	0,95	0,33	0,12	0,04	0,63	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C4UC
гр4	Робоче освітлення	120, 121, 122, 126, 127, 128,	0,39	0,90	0,95	0,33	0,35	0,12	1,80	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C4UC
гр5	Робоче освітлення	101а, 117а	0,35	0,90	0,95	0,33	0,32	0,10	1,60	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр6	Робоче освітлення	103, 201в, 3016	0,16	0,90	0,95	0,33	0,14	0,05	0,71	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C4UC
гр7	Розетки	124, 129	0,48	0,20	0,80	0,75	0,10	0,07	2,61	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
гр8	Розетки	126	0,88	0,20	0,80	0,75	0,18	0,13	4,78	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
гр9	Вентиляційні установки	124	0,12	0,90	0,80	0,75	0,11	0,08	0,65	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC
гр10	Розетки	120, 121	0,48	0,2	0,80	0,75	0,10	0,07	2,61	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку щита ЩО1-4

Маркування щита		ЩО1-4									
Місце встановлення щита		147									
Встановлена активна потужність, кВт		2,92									
Розрахункова активна потужність, кВт		1,41									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,61									
Розрахункова повна потужність, кВА		1,53									
Робочий струм, А		2,21									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C16									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
гр1	Робоче освітлення	137 - 146, 148	0,46	0,90	0,95	0,33	0,41	0,13	2,09	ВВГнгд-5×50	S201M-C10UC
гр2	Робоче освітлення	132, 133, 133а, 134 - 136	0,35	0,90	0,95	0,33	0,31	0,10	1,58	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр3	Робоче освітлення	146, 147	0,13	0,90	0,95	0,33	0,12	0,04	0,59	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C4UC
гр4	Робоче освітлення	131, 131а	0,25	0,90	0,95	0,33	0,22	0,07	1,13	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр5	Розетки	131,147	0,24	0,20	0,80	0,75	0,05	0,04	1,30	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
гр6	Розетки	148	1,50	0,20	0,80	0,75	0,30	0,23	8,15	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C10 AC30 1P+N 10A 30mA

$$Q_{p\Sigma} = (0,37 + 0,41 + 0,36 + 0,32 + 0,30 + 0,40) \cdot 0,90 \cdot 0,33 + (0,80 + 0,80) \cdot 0,20 \cdot 0,75 + 0,22 \cdot 0,90 \cdot 0,75 + 0,32 \cdot 0,80 \cdot 0,75 = 1,22 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{2,71^2 + 1,22^2} = 2,97 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{2,97 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 4,29 \text{ А}.$$

Для лінії живлення щита ЩО2-2:

$$P_{p\Sigma} = (0,37 + 0,41 + 0,44 + 0,31 + 0,23) \cdot 0,90 + (0,80 + 0,48) \cdot 0,20 + 0,22 \cdot 0,90 = 2,03 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,37 + 0,41 + 0,44 + 0,31 + 0,23) \cdot 0,90 \cdot 0,75 + (0,80 + 0,48) \cdot 0,20 \cdot 0,75 + 0,22 \cdot 0,90 \cdot 0,75 = 0,86 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{2,03^2 + 0,86^2} = 2,21 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{2,21 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 3,19 \text{ А}.$$

Для групової лінії гр9 щита ЩО2-3 розрахуємо середньозважене значення коефіцієнта корисної потужності за формулою:

$$\cos \varphi = \frac{P_{св} \cdot (\cos \varphi)_{св} + P_{ЯТП} \cdot (\cos \varphi)_{ЯТП}}{P_{св} + P_{ЯТП}}, \quad (3.9)$$

де $P_{св}$, $P_{ЯТП}$ – відповідно сумарні активні потужності світильників та ящиків з понижувальними трансформаторами;

$(\cos \varphi)_{св}$, $(\cos \varphi)_{ЯТП}$ – відповідно коефіцієнти активної потужності світильників та ящиків з понижувальними трансформаторами;

Підставляючи чисельні значення сумарних потужностей та ящиків з понижувальними трансформаторами у формулу 3.9, отримаємо:

$$\cos \varphi = \frac{0,28 \cdot 0,95 + 0,50 \cdot 0,65}{0,28 + 0,50} = 0,76.$$

Підставивши значення активної потужності та коефіцієнта активної потужності у формулу (3.1), отримаємо:

$$I_p = \frac{0,78 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,76} = 4,46 \text{ А.}$$

Для лінії живлення щита ЩО2-3:

$$P_{p\Sigma} = (0,14 + 0,58 + 0,61 + 0,30 + 0,61 + 0,78) \cdot 0,90 + \\ + (0,64 + 1,2) \cdot 0,20 + 3,00 \cdot 0,80 + 0,08 \cdot 0,90 = 6,02 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,14 + 0,58 + 0,61 + 0,30 + 0,61 + 0,28) \cdot 0,90 \cdot 0,33 + 0,50 \cdot 0,90 \cdot 1,17 + \\ + (0,64 + 1,2) \cdot 0,20 \cdot 0,75 + 3,00 \cdot 0,80 \cdot 0,75 + 0,08 \cdot 0,90 \cdot 0,75 = 3,50 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{6,02^2 + 3,50^2} = 6,96 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{6,96 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 10,04 \text{ А.}$$

Для лінії живлення щита ЩК:

$$P_{p\Sigma} = (0,90 + 0,60 + 0,90 + 0,90 + 0,90 + 0,60) \cdot 0,80 = 4,80 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,90 + 0,60 + 0,90 + 0,90 + 0,90 + 0,60) \cdot 0,80 \cdot 0,75 = 2,88 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{4,80^2 + 2,88^2} = 5,60 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{5,60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 8,08 \text{ А.}$$

Для лінії живлення щита ЩО3-1:

$$P_{p\Sigma} = (0,44 + 0,40 + 0,46 + 0,30 + 0,12) \cdot 0,90 + \\ + (0,88 + 0,56 + 0,40) \cdot 0,20 + 3,00 \cdot 0,80 + 0,12 \cdot 0,90 = 4,42 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,44 + 0,40 + 0,46 + 0,30 + 0,12) \cdot 0,90 \cdot 0,33 + \\ + (0,88 + 0,56 + 0,40) \cdot 0,20 \cdot 0,75 + 3,00 \cdot 0,80 \cdot 0,75 + 0,12 \cdot 0,90 \cdot 0,75 = 2,66 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{4,42^2 + 2,66^2} = 5,16 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{5,16 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 7,45 \text{ А}.$$

Результати розрахунку групових ліній щитів ЩО2-1, ЩО2-2, ЩО2-3, ЩК та ЩО3-1 приведено в табл. 2.6 – 2.10.

3.2.3 Розрахунок електричних щитів аварійного освітлення

Для лінії живлення щита ЩАО1:

$$P_{p\Sigma} = (0,09 + 0,09 + 0,05) \cdot 1,00 = 0,23 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,09 + 0,09 + 0,05) \cdot 1,00 \cdot 0,33 = 0,08 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{0,23^2 + 0,08^2} = 0,25 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{0,25 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 0,36 \text{ А}.$$

Для лінії живлення щита ЩАО2:

$$P_{p\Sigma} = (0,05 + 0,02 + 0,08 + 0,04) \cdot 1,00 = 0,19 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,05 + 0,02 + 0,08 + 0,04) \cdot 1,00 \cdot 0,33 = 0,06 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{0,19^2 + 0,06^2} = 0,20 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{0,20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 0,28 \text{ А}.$$

Для лінії живлення щита ЩАО3:

$$P_{p\Sigma} = (0,05 + 0,04 + 0,05) \cdot 1,00 = 0,14 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma} = (0,05 + 0,04 + 0,05) \cdot 1,00 \cdot 0,33 = 0,05 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{0,14^2 + 0,05^2} = 0,15 \text{ кВА},$$

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку щита ЩО2-1

Маркування щита		ЩО2-1										
Місце встановлення щита		201а										
Встановлена активна потужність, кВт		4,30										
Розрахункова активна потужність, кВт		2,71										
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		1,22										
Розрахункова повна потужність, кВА		2,97										
Робочий струм, А		4,29										
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10										
Апарат захисту		SZ203-C16										
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту	
гр1	Робоче освітлення	207, 207 а	0,37	0,90	0,95	0,33	0,34	0,11	1,71	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC	
гр2	Робоче освітлення	208, 208а	0,41	0,90	0,95	0,33	0,37	0,12	1,86	ВВГнгд-5×4	S201M-C10UC	
гр3	Робоче освітлення	210 - 212	0,36	0,90	0,95	0,33	0,33	0,11	1,66	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC	
гр4	Робоче освітлення	201б, 222, 222а, 221, 221а	0,32	0,90	0,95	0,33	0,29	0,10	1,48	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC	
гр5	Робоче освітлення	201, 201а	0,30	0,90	0,95	0,33	0,27	0,09	1,36	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC	
гр6	Робоче освітлення	209, 209а	0,40	0,90	0,95	0,33	0,36	0,12	1,82	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC	
гр7	Розетки	207, 207а, 209, 209а	0,80	0,20	0,80	0,75	0,16	0,12	4,35	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA	
гр8	Розетки	210 - 212	0,80	0,20	0,80	0,75	0,16	0,12	4,35	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA	
гр9	Вентиляційні установки	207, 207а, 208, 208а, 210, 212	0,22	0,90	0,80	0,75	0,20	0,15	1,20	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC	
гр10	Теплова завіса	209а	0,32	0,80	0,80	0,75	0,25	0,19	1,71	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC	

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку щита ЩО2-2

Маркування щита		ЩО2-2									
Місце встановлення щита		223									
Встановлена активна потужність, кВт		3,26									
Розрахункова активна потужність, кВт		2,03									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,86									
Розрахункова повна потужність, кВА		2,21									
Робочий струм, А		3,19									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C16									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
гр1	Робоче освітлення	202, 202а	0,37	0,90	0,95	0,33	0,34	0,11	1,71	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр2	Робоче освітлення	203, 203а	0,41	0,90	0,95	0,33	0,37	0,12	1,86	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр3	Робоче освітлення	204, 204а, 204б	0,44	0,90	0,95	0,33	0,40	0,13	2,01	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр4	Робоче освітлення	205	0,31	0,90	0,95	0,33	0,28	0,09	1,41	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр5	Робоче освітлення	223	0,23	0,90	0,95	0,33	0,21	0,07	1,06	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр6	Розетки	202, 202а, 203, 203а	0,80	0,20	0,80	0,75	0,16	0,12	4,35	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
гр7	Розетки	204а, 204, 205	0,48	0,20	0,80	0,75	0,10	0,07	2,61	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
гр8	Вентиляційні установки	202, 202а, 203, 203а, 204, 204а, 205	0,22	0,90	0,80	0,75	0,20	0,15	1,20	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку щита ЩО2-3

Маркування щита		ЩО2-3									
Місце встановлення щита		223									
Встановлена активна потужність, кВт		7,95									
Розрахункова активна потужність, кВт		6,02									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		3,50									
Розрахункова повна потужність, кВА		6,96									
Робочий струм, А		10,04									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C25									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
гр1	Робоче освітлення	218 - 220, 216, 217, 217а	0,14	0,90	0,95	0,33	0,13	0,04	0,66	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C4UC
гр2	Робоче освітлення	214, 215, 213а, 224	0,58	0,90	0,95	0,33	0,52	0,17	2,66	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр3	Робоче освітлення	206, 206а, 206б, 205	0,61	0,90	0,95	0,33	0,55	0,18	2,81	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C16UC
гр4	Робоче освітлення	223	0,30	0,90	0,95	0,33	0,27	0,09	1,36	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр5	Робоче освітлення	213, 223	0,61	0,90	0,95	0,33	0,55	0,18	2,81	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр6	Розетки	213, 214	0,64	0,90	0,95	0,33	0,58	0,19	2,93	ВВГнгд-3×1,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
гр7	Розетки	206, 206а, 205, 205а, 206б	1,20	0,20	0,80	0,75	0,24	0,18	6,52	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C10 AC30 1P+N 10A 30mA
гр8	Розетки рукосушки	217а	3,00	0,80	0,80	0,75	2,40	1,80	16,30	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C20 AC30 1P+N 20A 30mA
гр9	Робоче освітлення та ремонтне освітлення	312 - 316, 319	0,780	0,90	0,76	0,86	0,70	0,61	4,46	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр10	Вентиляційні установки	205, 206, 206а, 206б	0,08	0,90	0,80	0,75	0,07	0,05	0,43	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку щита ЩОК

Маркування щита		ЩК									
Місце встановлення щита		208									
Встановлена активна потужність, кВт		4,80									
Розрахункова активна потужність, кВт		4,80									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		2,88									
Розрахункова повна потужність, кВА		5,60									
Робочий струм, А		8,08									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C25									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
к1-к3	Розетки для підключення компютерів	208	0,90	0,80	0,80	0,75	0,72	0,54	4,89	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
к4-к5	Розетки для підключення компютерів	208	0,60	0,80	0,80	0,75	0,48	0,36	3,26	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
к6-к7	Розетки для підключення проєктора	208	0,90	0,80	0,80	0,75	0,72	0,54	4,89	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
к8-к10	Розетки для підключення компютерів	208	0,90	0,80	0,80	0,75	0,72	0,54	4,89	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
к11-к13	Розетки для підключення компютерів	208	0,90	0,80	0,80	0,75	0,72	0,54	4,89	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA
к14-к15	Розетки для підключення компютерів	208	0,60	0,80	0,80	0,75	0,48	0,36	3,26	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30mA

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку щита ЩОЗ-1

Маркування щита		ЩОЗ-1									
Місце встановлення щита		301а									
Встановлена активна потужність, кВт		6,68									
Розрахункова активна потужність, кВт		4,42									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		2,66									
Розрахункова повна потужність, кВА		5,16									
Робочий струм, А		7,45									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C25									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
гр1	Робоче освітлення	305, 305а, 306а, 311, 318	0,44	0,90	0,95	0,33	0,39	0,13	2,00	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр2	Робоче освітлення	307, 307а, 308, 309, 310а	0,40	0,90	0,95	0,33	0,36	0,12	1,81	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр3	Робоче освітлення	301, 301а	0,46	0,90	0,95	0,33	0,42	0,14	2,11	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр4	Робоче освітлення	306, 310б	0,30	0,90	0,95	0,33	0,27	0,09	1,36	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C6UC
гр5	Робоче освітлення	304, 317	0,12	0,90	0,95	0,33	0,11	0,04	0,57	ВВГнгд-3×1,5	S201M-C10UC
гр6	Розетки	301а, 305, 306	0,88	0,20	0,80	0,75	0,18	0,13	4,78	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30MA
гр7	Розетки	302, 303	0,56	0,20	0,80	0,75	0,11	0,08	3,04	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C6 AC30 1P+N 6A 30MA
гр8	Розетки рукошушки	307, 308	3,00	0,80	0,80	0,75	2,40	1,80	16,30	ВВГнгд-3×2,5	DS201 C20 AC30 1P+N 20A 30MA
гр9	Розетки	304	0,40	0,20	0,80	0,75	0,08	0,06	2,17	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C4UC
гр10	Вентиляційні установки	302 - 304, 306	0,12	0,90	0,80	0,75	0,11	0,08	0,65	ВВГнгд-3×2,5	S201M-C2UC

$$I_p = \frac{0,15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 0,21 \text{ А.}$$

Результати розрахунку групових ліній щитів аварійного освітлення подано в таблицях додатку Б..

3.3 Вибір площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту електричної мережі будівлі

Виберемо площу поперечного перерізу жил кабелів, виходячи із умови:

$$I_p \leq I_\partial,$$

де I_∂ – допустимий струм кабелю по умовах нагріву.

На підставі результатів розрахунку струмів навантажень, для групових, які живлять робоче та аварійне освітлення зупиняємо вибір на кабелі ВВГнгд-3×1,5 з допустимим струмом 21 А. Для групових ліній живлення розеток вибираємо кабель ВВГнгд-3×2,5 з допустимим струмом 27 А.

Для групової лінії гр10 щита ЩО1-1 виберемо кабель ВВГнгд-5×10, допустимий струм якого становить 58 А.

Площа поперечного перерізу жил кабелів для решти групових ліній та живильних ліній приведено в табл. 2.2 – 2.13.

Автоматичні вимикачі та дифавтомати для групових ліній, які живлять відмінне від освітлення обладнання виберемо, дотримуючись умов [16]:

$$I_p \leq I_n \leq I_z, \tag{3.10}$$

$$I_2 \leq kI_z, \tag{3.11}$$

де I_z – допустимий струм кабелю, виходячи із умов нагріву

I_n – номінальний струм автоматичного вимикача (дифавтомата)

I_2 – сила струму, при якій гарантовано забезпечення надійного спрацювання автоматичного вимикача;

k – коефіцієнт, який при захисті автоматичними вимикачами становить 1,3

Вибір автоматичних вимикачів покажемо на прикладі групової лінії гр10 щита ЩО1-1.

Для цієї групової лінії $I_p = 32,48$ А, $I_z = 58$ А, для виконання умови (3.10), вибираємо автоматичний вимикач SZ203-C40 С, якого номінальний струм 40 А є найближчим більшим до найближчим більшим до $I_p = 32,48$ А. номінальним струмом.

Для цього автоматичного вимикача $I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 40 = 58$ А.

$kI_z = 1,3 \cdot 58 = 75,4$ А > 58 А, отже умова (3.11) виконується. Аналогічно проводимо вибір апаратів захисту і для решти групових ліній, окрім освітлення.

Вибір автоматичних вимикачів для групових ліній систем освітлення виконаємо, враховуючи умову запобігання хибного спрацювання автоматичного вимикача при дії пускових струмів світлодіодних світильників. Це забезпечується виконанням наступної умови: йбільша допустима кількість таких світлових приладів N_{\max} не повинна становити [5, 16, 17]:

$$N_{\max} \leq \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}}, \quad (3.12)$$

де N_{\max} – найбільша допустима кількість світлодіодних світильників на один автоматичний вимикач

K – коефіцієнт кривої спрацювання, котрий для амперсекундної характеристики типу С становить 5;

K_k – коефіцієнт нерозчеплення, залежність якого від імпульсу пускового струму приведено на рис. 3.6;

I_n – номінальний струм вставки автоматичного вимикача;

I_{peak} – пусковий (стартовий) струм одного світлового приладу, значення якого наводиться в паспортних даних виробу або в каталожних даних від виробників.

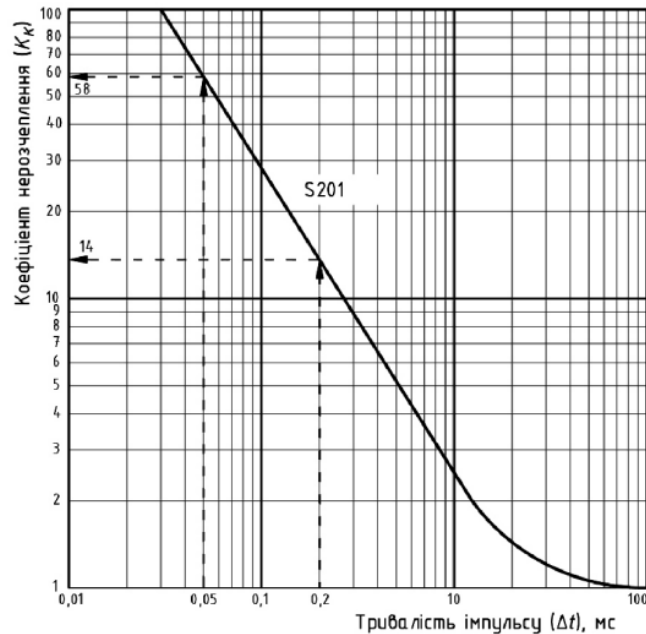


Рисунок 3.6 – Залежність коефіцієнта нерозчеплення від тривалості імпульсу

Розрахунок та вибір апаратів захисту продемонструємо на прикладі групової лінії гр2 щита ЩО1-3, якою живляться 15 світильників типу ДСП07У-30-013 з пусковими характеристиками: $I_{peak} = 30$ А, $\Delta t = 250$ мкс=0,25 мс [9].

З рис. 3.6 коефіцієнт нерозчеплення становить $K_k = 11$.

Робочий струм групи $I_B = 2,06$ А.

Тривалий допустимий струм кабеля ВВГ нгд $3 \times 1,5$ $I_z = 21$ А.

Попередньо, відповідно до умови (3.10) вибираємо струмову вставку електромагнітного розчеплювача модульного автоматичного вимикача, струм якої є найближчим більшим до розрахункового і становить 4 А.

За формулою (3.12) для автоматичного вимикача з $I_n = 4$ А та струмо-часовою характеристикою типу С:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 11 \cdot 4}{30} = 7.$$

Як бачимо з результатів розрахунку, автоматичний вимикач на 4 А не підходить для групової лінії гр1. Тому збільшуємо струм струмової ставки електромагнітного розчеплювача:

для автоматичного вимикача з $I_n = 6\text{А}$ та струмо-часовою характеристикою типу С:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 11 \cdot 6}{30} = 11,$$

для автоматичного вимикача, $I_n = 10\text{А}$ та струмо-часовою характеристикою типу С:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 11 \cdot 10}{30} = 18,$$

що є більшим за кількість світильників в групі. Отже для групової лінії гр1 ЩО1-3 вибираємо автоматичний вимикач S201M-C10UC. Аналогічно виконуємо вибір і для решти групових ліній освітлення цього та інших світильників. Марки апаратів захисту приведено в табл. 2.2 – 2.13, а результати розрахунку максимальної кількості світлових приладів для кожної групової лінії – в табл. 2.15.

3.4 Розрахунок втрат напруги в електричній мережі будівлі

Розрахунок продемонструємо на прикладі трьох найпотужніших групових ліній зі світловими приладами.

Найпотужнішими груповими лініями зі світловими приладами є:

- групова лінія гр9 щита ЩО2-3, через яку здійснюється живлення робочого та ремонтного освітлення приміщень венткамери та горища;
- групова лінія гр5 щита ЩО2-3, якою живляться світлові прилади системи робочого освітлення актового залу;
- групова лінія гр1 щита ЩО1-3, через яку здійснюється живлення половини світильників системи робочого освітлення спортивного залу.

Таблиця 2.15 – Результати розрахунку максимальної кількості світильників для групових ліній

Щит	Група	N	$I_n \cdot A$	$I_{peak} \cdot A$	Δt , мкс	K_k	N_{max}
ЩО1-1	гр1	12	10	33	240	11	17
	гр 2	9	6	33	240	11	10
	гр 3	8	6	33	240	11	10
	гр 4	9	6	33	240	11	10
	гр 5	12	4	30	50	59	39
ЩО1-2	гр 1	10	6	33	240	11	10
	гр 2	10	6	33	240	11	10
	гр 3	10	6	33	240	11	10
	гр 4	10	6	33	240	11	10
	гр 5	10	6	33	240	11	10
	гр 6	10	4	32	118	24	14
	гр 7	9	6	33	240	11	10
ЩО1-3	гр1	15	10	30	250	11	18
	гр2	15	10	30	250	11	18
	гр3	9	4	32	160	17	10
	гр4	8	4	30	50	59	39
	гр5	11	10	33	240	11	17
	гр6	7	4	30	250	11	7
ЩО1-4	гр1	20	10	30	145	19	32
	гр2	16	10	30	250	11	18
	гр3	6	4	30	250	11	7
	гр4	9	6	33	220	13	11
ЩО2-1	гр1	12	10	33	240	11	17
	гр2	13	10	33	240	11	17
	гр3	11	10	33	240	11	17
	гр4	18	10	33	180	15	23
	гр5	7	6	33	240	11	10
	гр6	13	10	33	240	11	17
ЩО2-2	гр1	11	10	33	240	11	17
	гр2	13	10	33	240	11	17
	гр3	14	10	33	240	11	17
	гр4	10	6	33	240	11	10
	гр5	7	6	33	240	11	10
ЩО2-3	гр1	11	4	30	50	59	39
	гр2	13	10	33	240	11	17
	гр3	20	16	33	240	11	27
	гр4	10	6	33	240	11	10
	гр5	7	6	33	240	11	10
	гр9	17	6	30	50	59	58
ЩО3-1	гр1	17	10	30	250	11	18
	гр2	15	10	33	185	15	22
	гр3	14	10	33	240	11	17
	гр4	9	6	33	240	11	10
	гр5	10	10	33	250	11	16
ЩАО-1	грА1-1	15	10	44,2	150	19	20
	грА1-2	15	10	44,2	150	19	20
	грА1-3	9	6	44,2	150	19	12
ЩАО2	грА2-1	8	4	44,2	150	19	8
	грА2-2	3	4	44,2	150	19	8
	грА2-3	13	10	44,2	150	19	20
	грА2-4	7	4	44,2	150	19	8
ЩАО3	грА3-1	8	4	44,2	150	19	8
	грА3-2	6	4	44,2	150	19	8
	грА3-3	9	6	44,2	150	19	12

При відомих значеннях сумарного моменту $\sum_{k=1}^{k=n} M_k$ електричних навантажень, коефіцієнта c , який комплексно характеризує тип мережі, напругу в ній та матеріал проводів та кабелів та площі поперечного перерізу S жил втрату напруги можна знайти за формулою:

$$\Delta U \% = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} M_k}{c \cdot S}, \quad (3.13)$$

Схему для розрахунку втрат напруги в груповій лінії гр9 ЩО2-3 приведено на рис. 3.7.

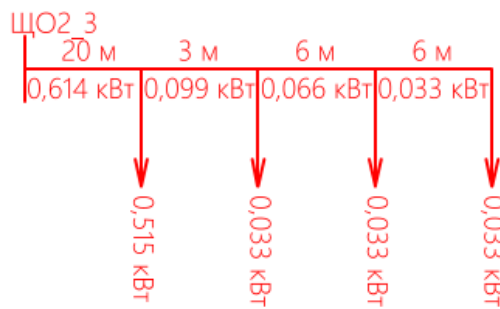


Рисунок 3.7 – Схема для розрахунку втрат напруги в груповій лінії гр9 ЩО2-3

Відповідно до цієї схеми, сумарний момент навантаження:

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,614 \cdot 20 + 0,099 \cdot 3 + 0,066 \cdot 6 + 0,033 \cdot 6 = 13,171 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Підставивши отримане чисельне значення сумарного моменту в формулу (3.13), а також значення $S = 1,5 \text{ мм}^2$ та $c = 12$ у формулу (3.13), отримаємо:

$$\Delta U \% = \frac{13,171}{12 \cdot 1,5} = 0,73 \%$$

Схему для розрахунку втрат напруги в груповій лінії гр5 ЩО2-3 приведено на рис. 3.8. Сумарний момент навантаження:

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,780 \cdot 5 + 0,740 \cdot 5 + 0,704 \cdot 4 + 0,080 \cdot 3 +$$

$$+ 0,060 \cdot 10 + 0,040 \cdot 20 + 0,020 \cdot 8 = 12,216 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

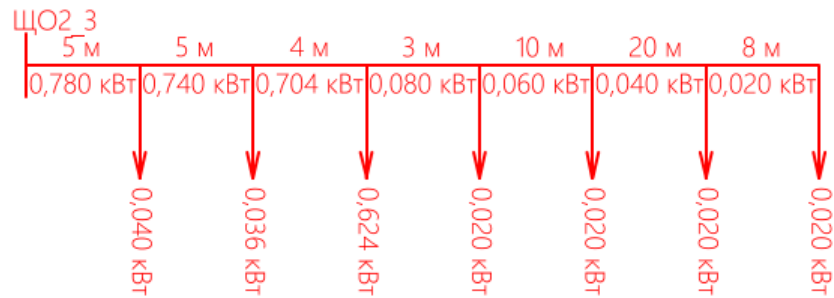


Рисунок 3.8 – Схема для розрахунку втрат напруги в груповій лінії гр5 ЩО2-3

Звідси

$$\Delta U \% = \frac{12,216}{12 \cdot 1,5} = 0,68 \%$$

Для схеми розрахунку втрат напруги в груповій лінії гр. 1 ЩО1-3, яку (схему) зображено на рис. 3.9:

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,450 \cdot 7 + 0,420 \cdot 3 + 0,390 \cdot 3 + 0,360 \cdot 3 + 0,330 \cdot 3 + 0,300 \cdot 3 +$$

$$+ 0,210 \cdot 3 + 0,180 \cdot 3 + 0,150 \cdot 3 + 0,120 \cdot 3 + 0,090 \cdot 3 + 0,060 \cdot 3 +$$

$$+ 0,030 \cdot 3 = 12,600 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\Delta U \% = \frac{12,600}{12 \cdot 1,5} = 0,70 \%$$

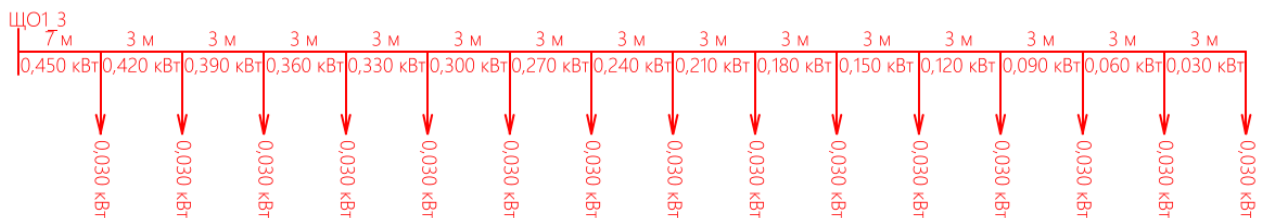


Рисунок 3.9 – Схема для розрахунку втрат напруги в груповій лінії гр2 ЩО1-3

3.5 Висновки до розділу

1. Запропоновано проект електричної мережі живлення наступних категорій споживачів будівлі школи: систем робочого та аварійного освітлення, розеток, розеток для підключення комп'ютерів та проекторів в комп'ютерному класі, розеток рукошукки та установок теплової завіси.

2. Сумарна встановлена потужність електроспоживачів будівлі школи становить 64,25 кВт. Частка встановленої потужності систем робочого, аварійного, ремонтного та чергового освітлення становить 25,61 %. Сумарна встановлена потужність розеток та розеток для підключення комп'ютерів та проекторів в комп'ютерному класі – 17,50 (27,24 %).

3. Живлення споживачів електричної енергії передбачено від щитів, розміщених на кожному з поверхів (4 на першому, 4 на другому й 1 – на третьому). Живлення аварійного освітлення передбачено груповими лініями від трьох щитів, розміщених на кожному поверсі.

4. Для запропонованої електричної мережі виконано розрахунок струмів навантажень в групових, а також лініях живлення щитів. На основі результатів розрахунку виконано вибір площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту.

5. Виконано розрахунок втрат напруги в групових лініях, які живлять системи освітлення. Встановлено, що втрата напруги від найвіддаленішого споживача до щита не перевищує 0,73 %.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Надання долікарської допомоги при переломах

Перелом - ушкодження кістки з порушенням її цілісності. Травматичні переломи розділяють на відкриті (є ушкодження шкіри в зоні перелому) і закриті (шкірний покрив не порушений). При відкритому переломі травма не викликає сумнівів. Закритий перелом не так очевидний, особливо, якщо він неповний, коли порушується частина поперечника кістки, частіше у вигляді тріщини.

Для усіх переломів характерні:

- різкий біль при будь-яких рухах і навантаженнях;
- зміні положення і форми кінцівки, її укорочення;
- порушення функцій кінцівки (неможливість звичних дій або ненормальна рухливість);
- набряклість і синець в зоні перелому.

Надання першої допомоги при переломах кінцівок багато в чому визначає результат травми: швидкість загоєння, попередження ряду ускладнень (кровотеча, зміщення відламків, шок) і переслідує три мети:

- 1) створення нерухомості кісток в області перелому (що попереджає зміщення відламків і ушкодження їх краями судин, нервів і м'язів);
- 2) профілактику шоку;
- 3) швидку доставку потерпілого до медичної установи.

Перша допомога при закритому переломі.

Якщо є можливість викликати швидку допомогу, то зробіть це. Після чого забезпечте нерухомість пошкодженої кінцівки, наприклад, покладіть її на подушку і забезпечте спокій. На передбачувану зону перелому покладіть щонебудь холодне. Самому постраждалому можна дати випити гарячий чай або знеболювальний засіб.

Якщо транспортувати потерпілого вам припаде самотійно, то заздалегідь необхідно накласти шину з будь-яких підручних матеріалів (дошки, лижі,

палиці, лозини, парасольки). Будь-які два тверді предмети прикладають до кінцівки з протилежних сторін поверх одягу і надійно, але не туго (щоб не порушувати кровообіг) фіксуються бинтом або іншими відповідними підручними матеріалами (пояс, ремінь, стрічка, мотузок). Фіксувати потрібно два суглоби - вище і нижче місця перелому. Наприклад, при переломі гомілки фіксуються гомілковостопний і колінний суглоби, а при переломі стегна - усі суглоби ноги. Якщо під рукою зовсім нічого не виявилось, пошкоджену кінцівку слід прибинтовувати до здорової (руку - до тулуба, ногу - до другої ноги). Транспортування потерпілого з переломом ноги здійснюється в положенні лежачи.

Перша допомога при відкритому переломі.

Відкритий перелом небезпечніший за закритий, оскільки є можливість інфікування відламків. Якщо є кровотеча, її потрібно зупинити. Якщо кровотеча незначна, то досить накласти пов'язку, що давить. При сильній кровотечі накладаємо джгут, не забуваючи відмітити час його накладення. Якщо час транспортування займає більше 1,5-2 годин, то кожні 30 хвилин джгут необхідно послабляти на 3-5 хвилин. Шкіру навколо рани необхідно обробити антисептичним засобом (йод, зеленка). У разі його відсутності рану потрібно закрити бавовняною тканиною. Тепер слід накласти шину, так само як і у разі закритого перелому, але уникаючи місця, де виступають назвні кісткові уламки і доставити потерпілого до медичної установи.

4.2 Монотонність праці та методи боротьби з нею

Реалізація творчих здібностей особистості, підвищення мотивації до праці за рахунок так званого «збагачення» праці набувають все більшого значення в розвитку виробництва на сучасному етапі.

Найрадикальнішим заходом є проектування раціональних трудових процесів і операцій на основі оптимального поділу праці. Завдання полягає в тому, щоб кожну операцію зробити змістовною, яка сприяла б розвитку у

працівника творчого мислення. Основним принципом проектування раціонального трудового процесу (операції) є принцип збереження певної логічної завершеності і структурної цілісності виконуваної операції. Навіть в умовах глибокої диференціації технологічного процесу необхідно встановлювати таку кількість елементів операції і послідовність їх виконання, яка сприймалася б працівником як логічно завершена одиниця.

Другим важливим принципом проектування трудового процесу є забезпечення достатнього енергетичного рівня операції. Спеціальними дослідженнями встановлено, що негативні психічні стани більшою мірою виявляються при виконанні тих робіт, які через незначну енергетичну вартість не стимулюють функціональної активності організму. Якщо монотонна робота досить інтенсивна за затратами енергії, то нудьга, сонливість, психічне перенасичення можуть не виникати. Доведено, що при фізичній роботі для підтримання активного тону кори затрати енергії не повинні бути меншими за 2,5 ккал/хв (150 ккал/год).

Запобіганню монотонності і підвищенню змістовності праці сприяє укрупнення трудових операцій. Завдяки укрупненню операцій у працівника формується більш складний стереотип трудових дій, що позитивно позначається на стані психофізіологічних функцій. Досвід показує, що операція повинна складатися не менш як з 5—6 елементів за умови збереження цільового змісту.

Важливим засобом боротьби з монотонністю є чергування операцій, кожна з яких є монотонною. Науковою основою чергування операцій є ефект Сеченова, суть якого в тому, що при зміні діяльності активізується інша група нервових центрів, а в раніше працюючих ефективно відбувається «заправка» енергією. Отже, принцип чергування операцій полягає в заміщенні і компенсації психофізіологічних функцій, активізації інших м'язових груп, нервових центрів, зменшенні надмірного напруження працюючих м'язів. Значення чергування операцій, таким чином, полягає в ліквідації негативного впливу однобоких навантажень. На практиці застосовується декілька варіантів чергування операцій: через кожну годину, через 2,5 год, один раз протягом зміни, через

день. Відносно зняття фактора монотонності найбільш ефективно чергування операцій один раз протягом зміни, хоча в конкретних виробничих умовах це питання вирішується по-різному. Враховуються умови праці, структура операцій, майстерність працівників.

Чергування операцій пов'язане з суміщенням професій і трудових функцій. Зазначимо, що оволодіння працівником другими і суміжними професіями, крім подолання монотонності і підвищення привабливості праці, підвищує конкурентоспроможність працівника на ринку праці і мобільність на самому підприємстві.

Для зняття монотонності необхідно, щоб операції відрізнялися за характером навантажень, але в той же час були позбавлені інтерферентних елементів.

Основні умови суміщення професій і трудових функцій, які забезпечують зменшення монотонності:

- суміщувані професії повинні змінювати рівень завантаженості різних органів і систем;
- суміщувана операція повинна бути легшою, ніж основна. При легкій монотонній роботі ефективна зміна на більш важку;
- більш монотонну роботу необхідно суміщувати з менш монотонною;
- суміщувані трудові комплекси повинні забезпечувати роботу за участю м'язів-антагоністів, а також зміну робочих поз;
- статичні навантаження повинні компенсуватися помірними динамічними навантаженнями.

При організації монотонних робіт важливе значення має вибір темпу роботи. Темп може бути вільним або примусовим. Кожний з них має переваги і недоліки. Тому при виборі темпу роботи слід виходити зі специфіки конкретного виробництва. В одних випадках доцільним є оптимальний заданий темп з регулюванням швидкості конвеєра у відповідності з кривою працездатності. Варіація швидкості не повинна перевищувати 10—15%. В інших випадках ефективно самостійне регулювання робочого темпу. Останнє

застосовується на автономних конвеєрах, що забезпечує не лише свободу ритму, а й регулювання змісту роботи.

Ефективним засобом боротьби з монотонністю є бригадно-групова форма організації потоку. Суть її в тому, що бригада виконує операції всього циклу по виготовленню більш-менш закінченого продукту (вузла). Процеси виготовлення кожного вузла виділяються в самостійні виробничі секції. Робітники працюють у вільному ритмі, а вузли з'єднуються в монтажній секції. В цьому випадку трудовий процес менше розчленований і тісніше кооперований.

Зменшенню негативного впливу монотонних робіт на психічний стан працівників і показники їхньої праці сприяють такі заходи:

- раціоналізація режимів праці і відпочинку;
- естетизація виробничого середовища;
- застосування функціональної музики.

До факторів зменшення монотонності відносяться також психологічні заходи, покликані посилити внутрішні мотиви діяльності. Це, зокрема, психологічна стимуляція трудової діяльності за рахунок постановки проміжних виробничих цілей, забезпечення працівників поточною інформацією щодо виконання роботи. Особливе значення мають залучення робітників до управління і розв'язання виробничих проблем, а також сприятливий соціально-психологічний клімат, створення умов для спілкування в процесі праці, якщо це можливо. Все це формує позитивні емоційні стани у працівників, посилює їх монотоностійкість.

4.3 Вимоги пожежної безпеки при гасінні пожеж, пов'язаних з електрообладнанням.

Електроустановки є потенційно небезпечними місцями для виникнення пожеж, так як вони містять велику кількість горючих матеріалів і речовин (ізоляційні матеріали, масла та ін.) І потенційні джерела займання (коротке замикання, скачки напруги, перевантаження, іскри і ін.). Таке поєднання

пожежонебезпечних факторів призводить до того, що саме суворе дотримання норм безпеки не може повністю усунути можливість виникнення пожежі.

Причини пожежі в електроустановках

Основними причинами виникнення вогнищ горіння або задимлення в електроустановках є:

- аварійні ситуації, пов'язані з перевантаженням в електромережі при відсутності захисту необхідного рівня;
- коротке замикання через пошкодження обладнання або ліній електропередач;
- несправності технологічного обладнання;
- ушкодження допоміжних електромереж;
- порушення правил експлуатації і людський фактор.

Додатковим фактором небезпеки під час пожежі в електроустановках є висока напруга - найчастіше аварійні умови не дозволяють зняти напругу на охопленому вогнем ділянці, тим більше що ситуація вимагає екстрених заходів і швидких рішень. Саме тому кожному співробітнику, задіяному в роботі на такому обладнанні, необхідно точно знати - як і чим слід гасити вогнище загоряння в електроустановках до 1000 В.

Промислові електроустановки в більшості випадків мають автоматичні засоби пожежогасіння, які починають роботу при перевищенні заданих температурних параметрів в приміщенні, аварійному відключенні електроживлення обладнання та інших факторах. При відсутності такої системи осередок займання або задимлення необхідно ліквідувати своїми засобами і силами до приїзду фахівців Державної служби з надзвичайних ситуацій України.

Правила пожежної безпеки України регламентують використання первинних засобів пожежогасіння на електроустановках. Згідно цих правил для гасіння електроустановок не знаходяться під напругою можна використовувати пісок, воду і вогнегасники всіх марок. Якщо електроустановка перебуває під напругою до 1000В - дозволено використовувати для придушення осередків

займання або задимлення тільки вогнегасники порошкового, аерозольного або вуглекислотного типів з дотриманням всіх правил безпеки.

При виникненні вогнища загоряння в щитах управління під напругою до 400В допускається використання вуглекислотних, аерозольних або порошкових типів вогнегасників. Якщо вогнище придушити не вдається, то допускається використання розпорошених водяних потоків від протипожежного водопроводу або спеціальної техніки з обов'язковим дотриманням правил безпеки - із застосуванням електроізолюючих рукавичок, взуття, індивідуальні засоби захисту, із заземленням пожежного ствола і насоса спецтехніки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Виконано аналіз рекомендацій та вимог щодо систем світлового мікроклімату приміщень навчальних закладів. Встановлено, що при проєктуванні в приміщеннях закладів освіти необхідно передбачати робоче, чергове, ремонтне, аварійне та евакуаційні види освітлення.

2. Основним нормованим кількісним світлотехнічним параметром в приміщеннях закладів освіти є середня горизонтальна та/або вертикальна освітленість. Якісними параметрами є коефіцієнт пульсацій, показник дискомфорту та циліндрична освітленість.

3. Визначено категорії електроспоживачів в будівлях закладів освіти по надійності електропостачання, які визначаються в залежності від кількості учнів, які навчаються в закладі. Оскільки максимальна кількість учнів в школі становить 150, то електроспоживачі відносяться до III категорії по надійності електропостачання.

4. Сумарна площа приміщень школи становить 3662,22 м², з яких 17,59 % займають навчальні та навчально-виробничі приміщення.

5. На основі результатів світлотехнічного розрахунку визначено потужність та кількість світлових приладів систем робочого освітлення приміщень школи.

6. Для робочого освітлення приміщень навчальних класів, робочих кабінетів, актового залу, коридорів, обіднього залу, приміщень дошкільної групи та зон рекреації запропоновано використати світильники ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2.

7. В системах робочого освітлення приміщень харчоблоку, класу трудового навчання та деяких інженерно-допоміжних приміщень використано світильники ДСП07У. Модифікацію таких же світильників, але із захисною решіткою використано для освітлення приміщення спортивного залу.

8. Для освітлення приміщень санвузлів, душових та горищ використано світильники типу ДББ26У Селена-LED.

9. В системах аварійного освітлення шляхів евакуації в коридорах й сходових клітках, а також антипанічного освітлення обіднього залу, актового залу та приміщення естради використано світильники ДПП06У-6-211 зі світловим потоком 480 лм.

10. Сумарна встановлена потужність систем робочого освітлення становить 15,191 кВт, а систем аварійного освітлення – 0,56 кВт.

11. Запропоновано проект електричної мережі живлення наступних категорій споживачів будівлі школи: систем робочого та аварійного освітлення, розеток, розеток для підключення комп'ютерів та проекторів в комп'ютерному класі, розеток рукосушки та установок теплової завіси.

12. Сумарна встановлена потужність електроспоживачів будівлі школи становить 64,25 кВт. Частка встановленої потужності систем робочого, аварійного, ремонтного та чергового освітлення становить 25,61 %. Сумарна встановлена потужність розеток та розеток для підключення комп'ютерів та проекторів в комп'ютерному класі – 17,50 (27,24 %).

13. Живлення споживачів електричної енергії передбачено від щитів, розміщених на кожному з поверхів (4 на першому, 4 на другому й 1 – на третьому). Живлення аварійного освітлення передбачено груповими лініями від трьох щитів, розміщених на кожному поверсі.

14. Для запропонованої електричної мережі виконано розрахунок струмів навантажень в групових, а також лініях живлення щитів. На основі результатів розрахунку виконано вибір площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту.

15. Виконано розрахунок втрат напруги в групових лініях, які живлять системи освітлення. Встановлено, що втрата напруги від щита до найвіддаленішого споживача не перевищує 0,73 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. НК 018:023. Класифікатор будівель і споруд. – [чинний від 2024– 01 – 01]. – К. : Мінрегіон України, 2023. – 17 с.
2. ДБН В.2.2-3:2018 "Будинки і споруди. Заклади освіти" – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018.– 63 с.
3. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
4. Осадца Я.М. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопіль: ТНТУ, 2020. 144 с.
5. ДБН В.2.5-23:2025. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.– К.: Мінрозвитку України, 2025.– 93 с.
6. Андрійчук В.А. Дослідження світлодіодних джерел світла у випадку імпульсного живлення / Андрійчук В.А., Наконечний М.С., Осадца Я.М., Філюк Я.О. // Технічна електродинаміка, 2021. – №1. – Стор. 68-72. <https://doi.org/10.15407/techned2021.01.068>.
7. ДВО27У Юпітер-LED-2. URL: [https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DVO27U_\(Jupiter-LED-2\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DVO27U_(Jupiter-LED-2).pdf) (дата звернення: 10.05.2026)
8. Світильник для шкільних дошок URL: https://elotek.com.ua/catalogue/shkola/svet_shola/svet_shola_kososvet/ (дата звернення: 12.05.2026).
9. ДСП07У. URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP07U.pdf (дата звернення: 09.05.2026).
10. ДББ26У Селена LED. URL: [https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U\(SELENA-LED\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U(SELENA-LED).pdf) (дата звернення: 10.05.2026)
11. ДПП06У (аварійний). URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP06U.pdf (дата звернення: 12.05.2026)

ДБО02ВСП (аварійний). URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBO02VSP.pdf (дата звернення: 12.05.2026).

12. Кабелі силові з мідними СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки. URL: <https://www.yuzhcable.info/cat/18/mri/180117> (дата звернення: 16.05.2026)

13. Вогнестійкий кабель NHXH FE180/E90 3x1.5. URL: <https://elektrik.kiev.ua/product/ognestojkij-kabel-nhxx-fe180-e90-3h1-5/> (дата звернення: 16.05.2026)

14. SZ203-C63 Автоматичний вимикач. URL: https://voltline.ua/oborudovanie-nizkogo-napryazheniya/element.php?ELEMENT_ID=64756/ (дата звернення: 17.05.2026)

15. Диференційний автомат DS201 C16 AC30 1P+N 16A 30mA характеристика C тип AC, ABB. URL: <https://001.com.ua/uk/dyferentsiynny-avtomat-ds201-c16-ac30-1p-n-16a-30ma-harakterystyka-c-tyr-ac-abb> (дата звернення: 17.05.2026)

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

17. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Світлотехнічні установки та системи» для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальностей 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та G3 Електрична інженерія / Уклад.: к.т.н., доцент Ярослав ОСАДЦА – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2026. – 46 с.

18. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення інженерно-допоміжних та підсобних приміщень

№	Призначення	Площа, м2	Нормовані значення						Тип світильника	P, Вт	Кількість	Розраховані значення					P _Σ , Вт	
			E _с , лк	E _{рп} , м	E _в , лк	E _{рп} , м	E _ц , лк	M				E _с , лк	δE, %	E _в , лк	E _ц , лк	UGR		M
104a	Приміщення для зберігання прального інвентаря	9,25	50	0,8					ДББ26У-16-104	16	1	58	16,00				16	
122	Комора для прибирального інвентаря	3,04	75	0,8					ДББ26У-20-106	20	1	85,6	14,13				20	
123	Електрощитова	6,18	75	0,8	75	1,5		60	ДСП07У-30-013	30	1	152	102,67 ^{*1}			14,5	16,1	30
142	Комора прибирального інвентаря	2,58	75	0,8					ДББ26У-12-102	12	2	83	10,67				24	
215	Інвентарна естрадного інвентаря	11,90	75	0,8					ДСП07У-25-012	25	1	73	-2,67				25	
216	Комора для прибирального інвентаря	5,28	75	0,8					ДББ26У-12-102	12	2	72	-4,00				24	
305a	Інвентарна	13,02	75	0,8					ДСП07У-25-012	25	1	69	-8,00				25	
306a	Інвентарна	13,00	75	0,8					ДСП07У-25-012	25	1	69	-8,00				25	
309	Комора прибирального інвентаря	4,06	75	0,8					ДББ26У-20-106	20	1	81	8,00				20	
311	Допоміжне приміщення	27,74	75	0,8					ДСП07У-25-012	25	2	69	-8,00				50	
312	Венткамера	13,45	50	0,8					ДББ26У-12-102	12	2	52	4,00				24	
313	Горище	56,88	20	0,0					ДББ26У-12-102	12	3	27	35,00 ^{*2}				36	
314	Горище	96,30	20	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	30	50,00 ^{*2}				24	
315	Горище	111,5	20	0,0					ДББ26У-20-106	20	2	20	0,00				40	
315a	Горище	98,26	20	0,0					Не передбачено									
316	Горище	168,45	20	0,0					ДББ26У-20-106	20	6	29	45,00 ^{*2}				120	
317	Горище	50,51	20	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	21	5,00				24	
318	Горище	49,90	20	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	22	10,00				24	
319	Горище	64,90	20	0,0					ДББ26У-12-102	12	3	29	45,00 ^{*2}				36	
Всього		806,20															587	

Примітки:

*1 – Розрахунок системи робочого освітлення електрощитової виконувався на вертикальну освітленість;

*2 – При розрахунку систем освітлення горищ умова формули (2.2) не враховувалась

Таблиця А2 – Результати світлотехнічного розрахунку систем робочого освітлення приміщень санвузлів

№	Призначення	Площа, м2	Нормовані значення						Тип світильника	Р, Вт	Кількість	Розраховані значення					Р _Σ , Вт	
			E _с , лк	E _{рп} , м	E _в , лк	E _{рп} , м	E _{ль} , лк	М				E _с , лк	δE, %	E _в , лк	E _{ль} , лк	UGR		М
104	Санвузол МГН	4,65	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	74	-1,33					24
118	Тамбур санвузла	6,45	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	72	-4,00					24
118a	Санвузол	6,17	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	70	-6,67					24
119	Тамбур санвузла	6,15	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	70	-6,67					24
119a	Санвузол	6,17	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	70	-6,67					24
148	Санвузол	2,68	75	0,0					ДББ26У-16-104	16	2	86	14,40					32
217	Санвузол	1,62	75	0,0					ДББ26У-20-106	12	1	70	-6,67					12
217a	Тамбур санвузла	2,22	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	78	4,00					24
221	Тамбур санвузла	4,07	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	85	13,33					24
221a	Санвузол	8,3	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	68	-9,33					24
222	Тамбур санвузла	6,32	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	69	-8,00					24
222a	Санвузол	6,14	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	69	-8,00					24
307	Тамбур санвузла	2,3	75	0,0					ДББ26У-20-106	20	1	69	-8,00					20
307a	Санвузол	3,82	75	0,0					ДББ26У-16-104	16	2	77	2,67					32
308	Санвузол	4,42	75	0,0					ДББ26У-12-102	12	2	79	5,33					24
Всього		806,20																360

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Результати розрахунку щита ЩАО1

Маркування щита		ЩАО1									
Місце встановлення щита		105									
Встановлена активна потужність, кВт		0,23									
Розрахункова активна потужність, кВт		0,23									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,08									
Розрахункова повна потужність, кВА		0,25									
Робочий струм, А		0,36									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C10									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
грА1-1	Аварійне освітлення	108г, 108в, 108а, 105,108б, 101, 102, 116а, 116, 111	0,09	1,00	0,95	0,33	0,09	0,03	0,41	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C10UC
грА1-2	Аварійне освітлення	117, 101а, 131, 132,147	0,09	1,00	0,95	0,33	0,09	0,03	0,41	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C10UC
грА1-3	Аварійне освітлення	101б, 120, 103а, 103б, 201г,225, 301г	0,05	1,00	0,95	0,33	0,05	0,02	0,25	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C6UC

Таблиця Б.2 – Результати розрахунку щита ЩАО2

Маркування щита		ЩАО2									
Місце встановлення щита		201а									
Встановлена активна потужність, кВт		0,19									
Розрахункова активна потужність, кВт		0,19									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,06									
Розрахункова повна потужність, кВА		0,20									
Робочий струм, А		0,28									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C10									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
грА2-1	Аварійне освітлення	201, 201а, 201б	0,05	1,00	0,95	0,33	0,05	0,02	0,22	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C4UC
грА2-2	Аварійне освітлення	103, 201в, 301б, 201	0,02	1,00	0,95	0,33	0,02	0,01	0,08	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C4UC
грА2-3	Аварійне освітлення	209, 223, 224, 214, 213, 213а	0,08	1,00	0,95	0,33	0,08	0,03	0,36	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C10UC
грА2-4	Аварійне освітлення	213, 223	0,04	1,00	0,95	0,33	0,04	0,01	0,19	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C4UC

Таблиця Б.3 – Результати розрахунку щита ЩАОЗ

Маркування щита		ЩАОЗ									
Місце встановлення щита		301									
Встановлена активна потужність, кВт		0,14									
Розрахункова активна потужність, кВт		0,14									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,05									
Розрахункова повна потужність, кВА		0,15									
Робочий струм, А		0,21									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×10									
Апарат захисту		SZ203-C10									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
грА3-1	Аварійне освітлення	301, 310а	0,05	1,00	0,95	0,33	0,05	0,02	0,22	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C4UC
грА3-2	Аварійне освітлення	305, 310б	0,04	1,00	0,95	0,33	0,04	0,01	0,16	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C4UC
грА3-3	Аварійне освітлення	304, 316, 314, 313	0,05	1,00	0,95	0,33	0,05	0,02	0,25	NHXX FE180/E90 3x1.5	S201M-C6UC