

РЕФЕРАТ

Перетятко П.О. Проектування системи освітлення та електропостачання Полтавського краєзнавчого музею імені Василя Кричевського. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕМ-61. – Тернопіль: ТНТУ, 2020.

В роботі запропоновано систему освітлення та її електропостачання для приміщень виставкового, адміністративного та допоміжного призначень будівлі краєзнавчого музею із загальною площею приміщень 4873,70 м².

Робота складається із розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки – 79 аркушів формату А4, з них 6 аркушів додатків. Обсяг графічної частини – 6 аркушів формату А1.

Ключові слова: освітленість, світловий потік, напруга, робочий струм, момент навантаження.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. Аналітичний розділ	8
1.1. Аналіз характеристик приміщень будівлі музею	8
1.2. Аналіз основних функціональних вимог до освітлення музейних приміщень	10
1.3. Аналіз нормативних вимог до освітлення приміщень музейних будівель	13
1.4. Висновки до розділу	19
2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	20
2.1. Вибір виду і системи освітлення та нормованих значень освітленості приміщень будівлі музею	20
2.2. Вибір джерел світла та світлових приладів для освітлення музейних приміщень	23
2.3. Вибір напруги, джерела живлення, марки проводу електричної освітлювальної мережі музею	28
2.4. Електротехнічний розрахунок електричної освітлювальної мережі музею	32
2.4.1. Розрахунок електричної освітлювальної мережі музею на мінімум провідникового матеріалу	33
2.4.2. Розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження та вибір апаратів захисту	42
2.5. Висновки до розділу	45
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	46
3.1. Світлотехнічний розрахунок системи освітлення музею	46
3.2. Моделювання освітлювальної установки музею в пакеті DIALux	50
3.3. Розрахунок питомого енергоспоживання системою освітлення приміщень краєзнавчого музею	58

3.4. Висновки до розділу	60
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
4.1. Аналіз факторів на об'єкті проектування, які впливають на наслідки уражень електричним струмом	62
4.2. Причини виникнення пожеж та основні шляхи їх запобігання в музейних приміщеннях	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	70
ДОДАТОК А	74

ВСТУП

Актуальність. У формуванні історичної пам'яті та національної ідентичності музейні заклади відіграють важливу роль. Основне призначення музеїв полягає в збереженні культурно-історичних, природних, наукових цінностей, а також поширення знань через вивчення і демонстрацію пам'яток та експонатів.

При демонстрації музейних експонатів, як і будь-яких інших об'єктів, одну із найважливіших ролей відіграє освітлення, яке саме і визначає зорові відчуття, які є першим етапом естетичного сприйняття навколишнього простору в музейному приміщенні. Правильно підібрана освітлювальна система може відразу задовольняти вимоги щодо безпеки, надійності та економічності, а коректно організоване освітлення є одним з основних факторів отримання комфортних умов для ефективного функціонування зорового апарату спостерігача.

При проектуванні освітлювальних систем необхідною є оцінка впливу випромінювання джерел світла та світлових приладів на об'єкти, які освітлюються. Тому вибір освітлювального обладнання має здійснюватись, виходячи із розрахунку створення безпечного світлового режиму, як для спостерігача, так і для об'єкта, який освітлюється, що є досить важливим при проектуванні освітлення музейних приміщень.

Тому **актуальним** є завдання розробки та проектування таких освітлювальних установок, використання яких дозволяло б ефективно забезпечувати необхідні світлотехнічні параметри на робочих поверхнях освітлювальних установок з мінімальним негативним впливом на об'єкти, що експонуються.

Метою даної роботи є розробка проекту освітлення виставкових, адміністративних та допоміжних приміщень будівлі Полтавського обласного краєзнавчого музею імені Василя Кричевського.

Для досягнення мети в роботі були поставлені і вирішені наступні

завдання:

- вибір значень нормованої освітленості виду та способів освітлення, а також схеми живлення системи освітлення музейних приміщень;

- світлотехнічний розрахунок та моделювання систем освітлення приміщень будівлі музею;

- електротехнічний розрахунок мережі живлення системи освітлення приміщень музею;

Об'єкт дослідження: процеси забезпечення необхідних характеристик світлового середовища приміщень будівель громадського призначення.

Предмет дослідження: системи освітлення приміщень культурно-видовищних закладів.

Наукова новизна: набула подальшого застосування модель для розрахунку коефіцієнта використання світлового потоку в залежності від індексів приміщення для світильників із косинусною кривою силою світла.

Практична цінність: запропоновано проект системи освітлення музею обласного значення із загальною площею приміщень 4873,7 м².

Апробація. Результати за тематикою роботи були висвітлені на IX Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (25 – 26 листопада 2020 р., Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя [37].

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз характеристик приміщень будівлі музею

Полтавський краєзнавчий музей імені Василя Кричевського засновано у 1891 р. На сьогоднішній день в структуру краєзнавчого музею входять [1]:

1) науково-дослідні експозиційні відділи природи, археології, нової історії, новітньої історії, етнографії, виставкової роботи, пам'яткознавства, освітньої роботи, фондів, реставрації, музеєзнавства;

2) наукова бібліотека;

3) науковий архів.

Будівлю Полтавського краєзнавчого музею імені Василя Кричевського споруджено у 1903 – 1908 роках, зовнішній її вигляд представлено на рис. 1.1 [2].



Рисунок 1.1 – Зображення будівлі Полтавського краєзнавчого музею імені Василя Кричевського

Будівля складається з 3 поверхів, загальною площею 4873,7 м², яка

включає в себе:

- 20 кабінетів;
- 36 виставкових зали та галереї;
- 4 коридори;
- зал церемоній;
- 4 вестибюлі;
- 3 бібліотечних приміщення;
- 2 сан вузли;
- сховища та допоміжні приміщення.

Будівля складається із приміщень, розмічених на трьох поверхах. Інформацію щодо площ приміщень різного призначення наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Інформація щодо загальної площі приміщень різного призначення музею

Призначення приміщень	Площа, м ²			
	I поверх	II поверх	III поверх	Загальна
Тамбурні приміщення	5,2			5,2
Вестибюлі	245,3	262,7	144	652
Виставкові зали	1084,8	784,5	306,8	2176,1
Кабінети	356	159,2	91,3	606,5
Зали церемоній		353,6		353,6
Бібліотечні приміщення			113,1	113,1
Сховища		116,6	84,6	201,2
Допоміжні приміщення	7,8	184,6	120	312,4
Балкони			66,7	66,7
Коридори	123,7	19,7	28,8	172,2
Сходові клітки	60,1	55	55,3	170,4
Умивальні та санвузли	44,3			44,3
Разом	1927,2	1935,9	1010,6	4873,7

Як видно із табл. 1 та рис. 1.2 найбільшу площу приміщень музею (2176,1 м²) займають виставкові зали, що становить 44,65 % від усієї загальної площі. Під приміщення вестибюлів та кабінетів виділено відповідно 13,37 та 12,44 % від загальної площі. Частка решти приміщень кожного призначення не перевищує 7,5 %.

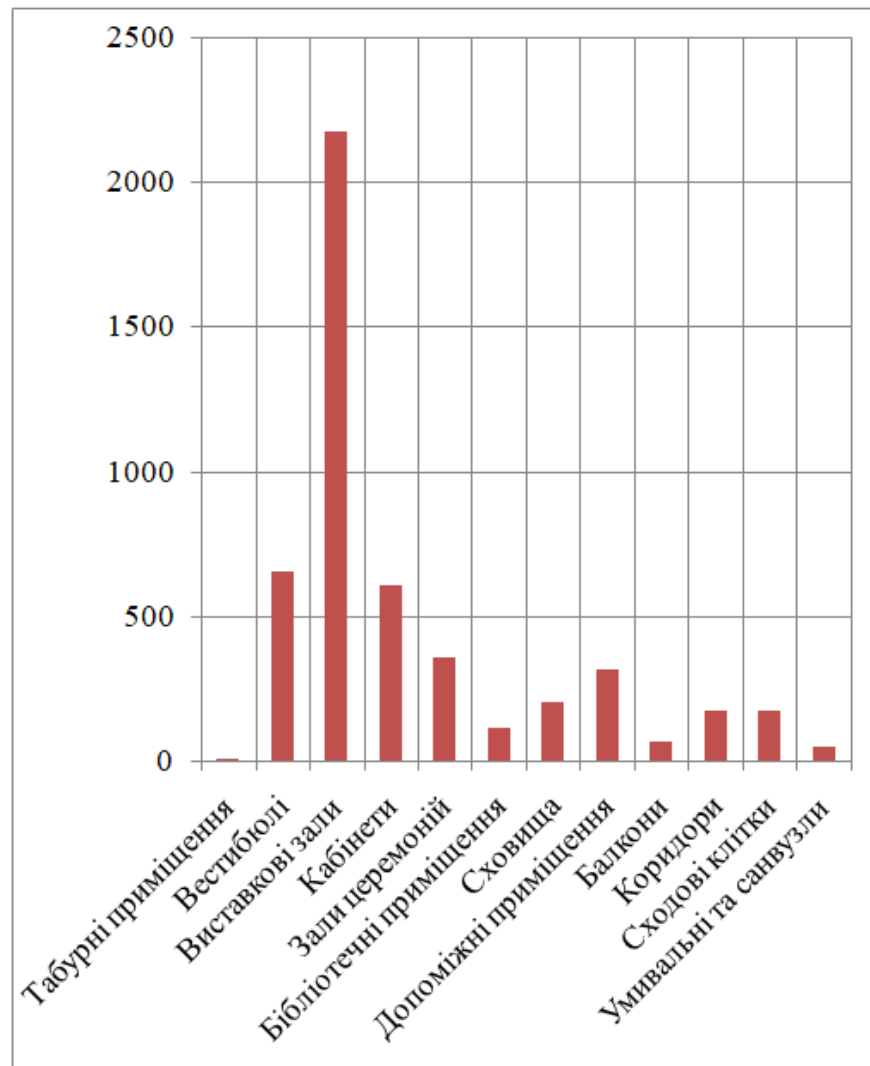


Рисунок 1.2 – Діаграма площ приміщень музею

1.2. Аналіз основних функціональних вимог до освітлення музейних приміщень

Освітлення основних музейних приміщень має виконувати наступні функції [3]:

- повноцінне висвітлення предметів, які експозиціонуються
- створення акцентованого освітлення;
- створення повноцінного освітлення для безпечного пересування людей;
- забезпечення комплексності експонованих об'єктів;
- виділення предметів мистецтва або інших виробів на фоні виставкового приміщення.

Основними вимогами до музейного освітлення є [4]:

- 1) якісна передача кольору;
- 2) естетичне сприйняття;
- 3) мінімізація ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання;
- 4) стабільність світлотехнічних характеристики системи освітлення протягом усього терміну експлуатації;
- 5) доступна можливість заміни джерел світла чи світлових приладів.

За колірними характеристиками музейні експонати можна умовно розділити на:

- 1) ахроматичні, які не мають вираженого кольору;
- 2) одноколірні, тобто по всій поверхні об'єкта координати кольору та кольоровості є сталими;
- 3) багатоколірні тональні, поверхня яких має різні кольори із суттєвим переважанням одного із них;
- 4) Багатоколірні строкаті, кольори на поверхні яких можна вважати рівнозначними.

Параметром, який характеризує передачу кольору об'єкта спостерігачеві при даних умовах освітлення є індекс передачі кольору (кольоропередачі). Даний індекс визначається на основі:

спектрального складу джерел світла на сонові використання спектрів відбивань еталонних поверхонь [5];

адитивного колірною зсуву між випромінюванням джерела світла та стандартними джерелами світла типу А та В65 [6].

Алгоритм розрахунку індексу кольоропередачі представлено на рис. 1.3.

Крім того потрібно передбачати системи освітлення, які б не мали негативного впливу на експонати, тому що по стійкості до випромінювання експонати умовно розділяються на наступні групи:

- 1 – експонати із високою стійкістю;
- 11 – експонати із середньою стійкістю;
- 111 – експонати із середньою стійкістю.

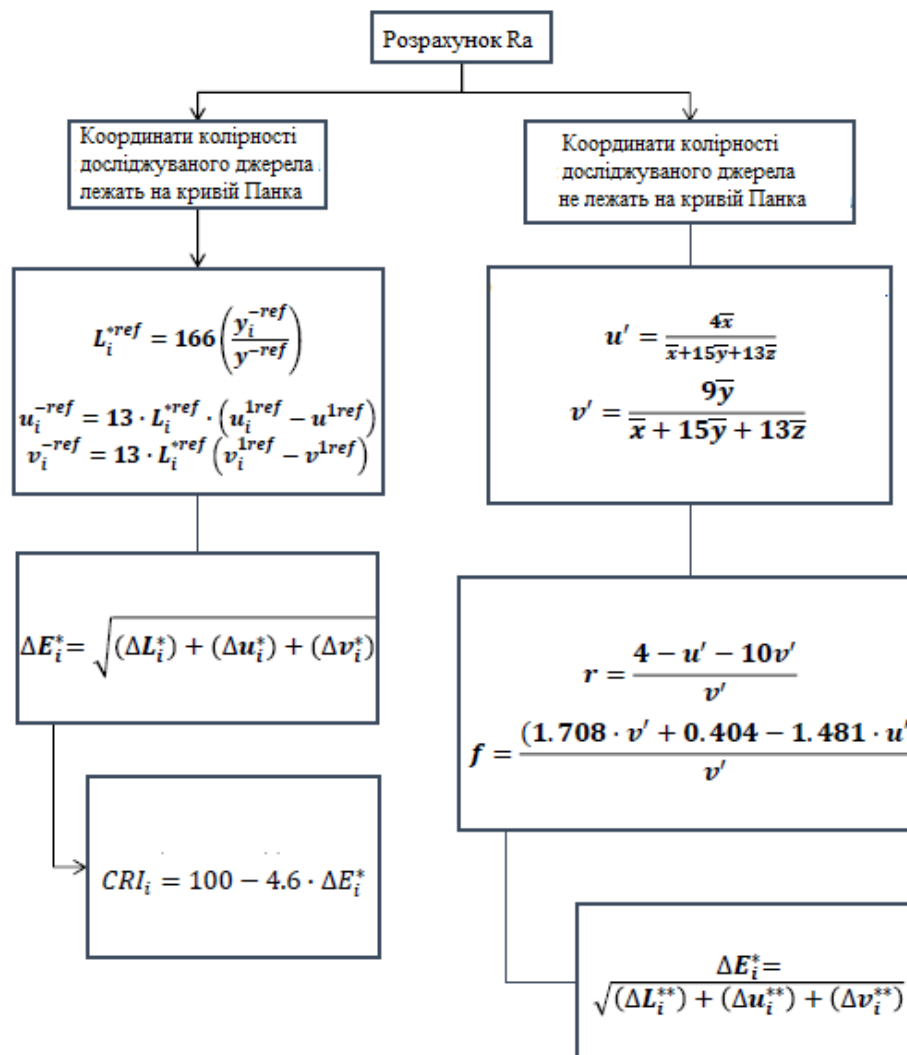


Рисунок 1.3 – Алгоритм розрахунку кольоропередачі

Разом із створенням видимого випромінювання джерелами світла створюються додаткові випромінювання, що безпосередньо є близькими до спектру видимого світла, проте знаходяться не в межах області чутливості ока. Такі випромінювання бувають ультрафіолетовими (довжина хвилі 240 – 380

нм) та інфрачервоними (довжина хвилі 760 – 2000 нм.)

Наслідком впливу ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань на музейні експонати є зміни їх оптичних характеристик, особливо для експонатів із тканин, дерева, паперу, а також покритих фарбами.

Шкідливий вплив на освітлювальні поверхні ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання характеризується коефіцієнтом відносної шкідливості, котрий, згідно із [7], найбільшим є серед штучних джерел світла для люмінесцентних лампи типу ЛХБЦ з колірною температурою 3900 К.

Також в [7] встановлено, що найменший вплив ультрафіолетового випромінювання на музейні експонати мають напівпровідникові джерела світла, тобто випромінювання світло діодів в діапазоні ультрафіолетового випромінювання УФ-А становить $8,5 \text{ мкВт/см}^2$, а для діапазонів АФ-В та УФ-С є відсутнім.

1.3. Аналіз нормативних вимог до освітлення приміщень музейних будівель

У відповідності із додатком А [8] музеї та виставки, а також бібліотеки відносяться до групи будинків, споруд та приміщень дозвілля, культурно-видовищних та культових закладів громадських будинків та споруд.

Основним призначенням громадських будівель є тимчасове перебування людей при здійсненні ними у цих спорудах певних функціональних процесів, які пов'язані з освітою, охороною здоров'я, видовищними й спортивними заходами, а також відпочинком.

За призначенням громадські будівлі та споруди поділяються на:

будівлі освітніх установ;

будівлі для установ науково-дослідної і проектної діяльності;

споруди закладів охорони здоров'я;

будівлі закладів рекреації;

криті спортивні будівлі та споруди;

будівлі та споруди для культурно-освітніх і видовищних заходів;
будівлі видовищних призначень;
будівлі для торгівлі, громадського харчування;
будівлі для підприємств побутового обслуговування;
будівлі, призначенням яких є транспортне обслуговування людей;
будівлі комунально-господарського призначення;
культові споруди та будівлі.

При проектуванні інженерного обладнання для будівель музеїв, як одного із видів будівель, які є громадськими будинками та спорудами, згідно з ДБН В.2.2-9-2018 [8] такі інженерні системи, як електрообладнання й електроосвітлення, системи автоматизації, системи диспетчеризації інженерного обладнання слід проектувати, виходячи із вимог, наведених в [9 – 17].

Поряд із цими вимогами при проектуванні систем освітлення, як електротехнічних систем для будівель та споруд культурно-видовищних закладів згідно 1 із [18] необхідними нормативними документами є: [9, 10, 12, 13, 15], а також [19, 20].

В приміщеннях таких будівель повинні бути передбаченими наступні електротехнічні системи [18]:

- 1) електропостачання;
- 2) демонстраційний комплекс;
- 3) сантехпристрої;
- 4) електроосвітлення;
- 5) контролю доступу та його безпеки;
- 6) відео спостереження та охоронної сигналізації;
- 7) автоматизованого протипожежного захисту.

Системи електропостачання включають в себе наступне:

пристрої високовольтних електромереж,
трансформаторні підстанції, вбудовані в споруди,
електричні мережі напругою 0,4 кВ;

розподільні щити;

системи автономного резервного електропостачання.

До систем сантехпристроїв можна віднести електрообладнання систем освітлення й опалення, вентиляції та кондиціонування, водопостачання та каналізації, сантехпристроїв, диспетчеризації обладнання.

Приміщення будівель громадського призначення за характером зорової роботи приміщення поділяються на наступні групи:

Група 1 – приміщення, в яких відбувається виконання точної зорової робота при чіткій фіксації зорової лінії, на робочу поверхню. Такими приміщеннями є: кабінети, конструкторські та проектні бюро, навчальні кімнати й аудиторії.

Група 2 – приміщення, в межах яких розпізнання об'єктів відбувається при нефіксованій зоровій лінії, а також відбувається оглядання навколишнього простору. До таких приміщень можна віднести зали торгівлі, їдальні, зали для проведення виставок та експозицій, приміщення картинних галерей.

Група 3 – приміщення, в межах яких огляд навколишнього простору здійснюється за допомогою епізодичного короткочасного, розпізнаванні об'єктів спотсереження. Такими приміщеннями є: концертні та театральні глядацькі зали, фойє театральних будівель.

Окремою групою, не тільки в громадських, але і в промислових будівлях, є приміщення, в межах котрих має забезпечуватись загальна орієнтація в інтер'єрному просторі і в зонах переміщення. Такими приміщеннями є коридорні, прохідні приміщення, а також приміщення умивальних та санвузлів.

Якісними характеристиками освітлення є параметри, які здійснюють вплив на рівень комфортності умов зорової роботи. До них відносяться характеристики, які характеризують:

пряму дію засліплення від освітлюваної системи: показники засліпленості та дискомфорту, а також, узагальнений показник дискомфорту;

відбиту дію засліплення: яскравість робочих та інших поверхонь у напрямі очей працюючого, рівень пульсації світлового потоку, розподіл

світлового потоку в просторі робочої зони, рівномірність розподілу освітленості, коефіцієнт контрасту об'єкту спостереження з фоном, спектральні розподіли оптичного випромінювання джерел світла.

Освітленість на робочій поверхні є загальною нормованою величиною, а в нормативних документах більшості країн – це середня освітленість. В нормативних документах значення нормованої освітленості переважно встановлюються для середньостатистичного спостерігача, віком якого становить в межах 20-25 років. Проте, відомо, що із віком функції зору знижуються (рис. 1.4) [21]. Крім того середній вік працюючого населення світу збільшується, що служить в якості основи для підвищення нормованих рівнів освітленості (у [20] – рекомендується збільшувати рівень нормованої освітленості на один ступінь шкали в приміщеннях будівель та споруд громадського призначення, де, як відомо, понад 50 % працівників мають вік від 40 років).

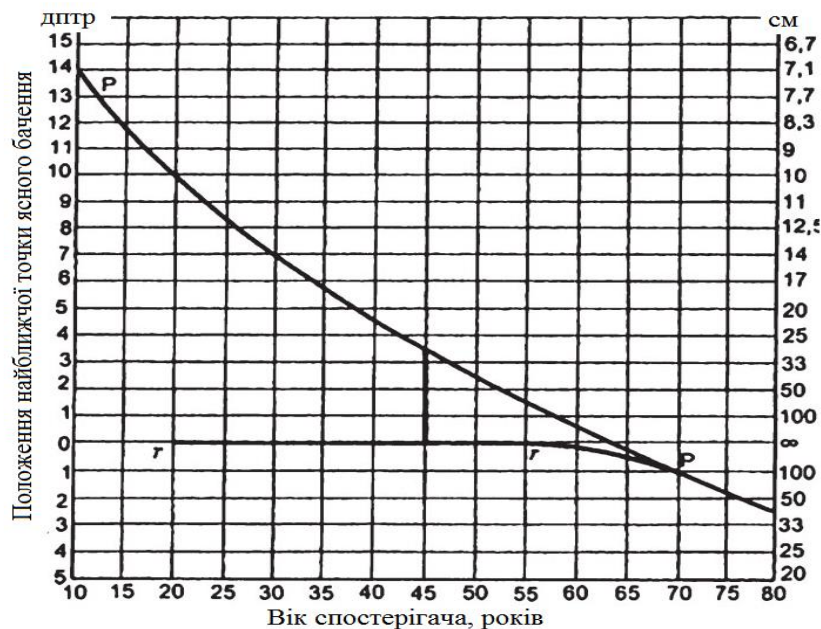


Рисунок 1.4 – Динаміка зміни стійкості ясного бачення із віком

Останніми роками нормування освітленості має «неоднорідний» характер. Це виражається тим, що в попередні роки в Кодексах різних країн

регломентованими були значення середньої або мінімальної освітленості в будь-якій конкретній точці приміщення, а зараз в Міжнародному Стандарті МКО нормовані рівні освітленості визначаються середніми значеннями на поверхні, обмеженій робочою зоною (табл. 1.2, 1.3).

Таблиця 1.2 – Значення нормованої освітленості будівель громадського призначення

Розряд	Розмір об'єкта розпізнання, мм	Під-розряд	Характер зорової роботи в часі	Освітленість, лк
А	0,15–0,30	1	Постійна	600
		2	Періодична	500
Б	0,30–0,50	1	Постійна	400
		2	Періодична	300
В	0,50 і більше	1	Постійна	200
		2	Періодична	150

Ці значення не мають чіткої залежності від типів джерел світла, які застосовуються, та від системи освітлення, а освітленість в зоні оточення, прилеглої до робочої зони, має становити не нижче, ніж 60% від освітленості на поверхні в межах робочого місця (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Вимоги щодо вітчизняних та міжнародних норм освітленості

Вимоги до зорової роботи	ДБН В 2.5-28-2018	Європейський стандарт EN 12464-1:2011 [19]	ANSI/IES, США
Дуже високі	600*	750	1000
Високі	400*	500	500
Середні	300	300	300
Низькі	200	200	100
Орієнтація в просторі інтер'єру	50-75-100	100-150	50
Орієнтація в зонах переміщення	20-30	20-30-50	30

Оцінка ефективності освітлювальних установок приміщень, які відносяться до груп 1 та 2 громадських будівель і споруд має свою специфіку,

котра полягає у врахуванні

чергування характеру роботи протягом робочого часу;

невеликої зміни розмірів об'єктів спостереження, а також і їх контрастів з фоном і контрасту.

Для приміщень групи 3 громадських будівель та споруд цінка умов освітлення здійснюється по світлоті навколишнього простору, що впливає на відчуття насиченості приміщення світлом. Для оцінки насиченості приміщення використовується така інтегральна характеристика, як циліндрична освітленість (табл. 1.4).

Таблиця 1.3 – Вимоги насиченості світлом приміщень громадських споруд

Вимоги до насиченості приміщень світлом	Циліндрична освітленість, лк
Дуже високі (наприклад, в глядацьких залах і фойє)	200
Високі (наприклад, в глядацьких залах)	100
Нормальні (наприклад, глядацькі зали клубів)	75
Низькі (наприклад, фойє театрів)	50

У вітчизняних та міжнародних нормах зниження освітленості внаслідок старіння, а також забруднення джерел світла та світлових приладів, враховується відповідно коефіцієнтом запасу та коефіцієнтом експлуатації, значення яких є оберненопропорційними.

Показником енергетичної економічності штучного освітлення є потужність освітлювальної установки, яка споживається для забезпечення освітленості на 1 м² площі, яка освітлюється (питома встановлена потужність). Проте в ряді випадків береться до уваги питома встановлена потужність, яка споживається для створення освітленості на поверхні 100 лк. Енергоекономічність систем природного і штучного освітлення оцінюється за сумарними витратами на електричну і теплову енергію, віднесеними до одиниці освітлюваної площі.

1.4. Висновки до розділу

1. Проведено аналіз приміщень будівлі Полтавського краєзнавчого музею імені Василя Кричевського встановлено, що найбільшу площу приміщень музею (2176,1 м²) займають виставкові зали, що становить 44,65 % від усієї загальної площі. Під приміщення вестибюлів та кабінетів виділено відповідно 13,37 та 12,44 % від загальної площі. Частка решти приміщень кожного призначення не перевищує 7,5 %.

2. На основі аналізу основних функціональних вимог до освітлення визначено характер та тип випромінювання джерел світла для освітлення музейних приміщень

3. Проаналізовано нормативні вимоги до електрообладнання приміщень музейних будівель. Визначено характеристики, котрі використовуються в якості нормативних параметрів систем освітлення.

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір виду і системи освітлення та нормованих значень освітленості приміщень будівлі музею

Згідно із Державними будівельними нормами [20] штучне освітлення, яке використовується в приміщеннях, поділяють на:

робоче – застосовується для забезпечення необхідних умов при нормальних режимах роботи освітлювальних установок. Крім того такий вид освітлення є обов'язковим для усіх приміщень;

аварійне – застосовується для тих певних приміщень у випадках, якщо припинення роботи робочого освітлення, може призвести до вибуху, пожежі чи отруєння людей, тривалого порушення технологічного процесу, порушення роботи особливо важливих об'єктів (електростанції, диспетчерські пункти, вузли зв'язку, насосні установки, установки вентиляції та кондиціонування).

чергове освітлення – застосовується для освітлення об'єктів та приміщень в неробочий час.

Аварійне освітлення згідно [19, 20] поділяється на:

резервне освітлення, основним призначенням якого є створення умов для нормальної роботи в приміщенні при припиненні електропостачання робочого освітлення;

евакуаційне освітлення, основним призначенням якого є створення умов для евакуації людей із приміщень при раптовому аварійному припиненні електроживлення робочого освітлення, і яке включає в себе антипанічне освітлення, освітлення шляхів евакуації, і освітлення зон підвищеної небезпеки.

Антипанічне освітлення передбачається при освітленні приміщень з площею понад 60 м² при умові одночасного перебування в них 30 і більше людей. Такими приміщеннями в будівлі музею є:

- вестибюлі;
- виставкові зали (з площею понад 60 м²);

- зал церемоній.

Освітлення шляхів евакуації варто передбачити в таких місцях:

- у місцях, які є небезпечними для безпечного проходу людей;
- у проходах і на сходах, які є шляхами для евакуації людей.

В табл. 2.1 подано інформацію щодо систем освітлення приміщень музею різного призначення.

Таблиця 2.1 – Системи освітлення приміщень музею

Призначення приміщень	Система освітлення
Тамбурні приміщення	Робоче
	Антипанічне
Вестибюлі	Робоче
	Антипанічне
Виставкові зали	Робоче
	Антипанічне
Кабінети	Робоче
Зали церемоній	Робоче
	Антипанічне
Бібліотечні приміщення	Робоче
Сховища	Робоче
Допоміжні приміщення	Робоче
Балкони	Робоче
	Освітлення шляхів евакуації
Коридори	Робоче
	Освітлення шляхів евакуації
Сходові клітки	Робоче
	Освітлення шляхів евакуації
Умивальні та санвузли	Робоче

По прийомах освітлення поділяється на загальне, місцеве та комбіноване. Основне призначення систем загального освітлення – забезпечення освітленістю як робочих поверхонь, так і всього приміщення в цілому. Світильники загального освітлення розміщуються на досить великих відстанях від робочих поверхонь. При цьому існують два способи розміщення світильників загального освітлення:

рівномірне (відстані між рядами та світильниками у рядах є сталими);

локалізоване (положення світильників визначаються розміщенням робочих поверхонь в приміщенні).

У виставкових приміщеннях музеїв зазвичай застосовуються системи загального рівномірного освітлення або комбінованого освітлення.

У приміщеннях робочих кабінетів застосовується система комбінованого освітлення, де світильники загального освітлення розміщуються на стелі або в безпосередній близькості від неї, а місцеве освітлення забезпечується додатковими настільними світильниками, тому в приміщеннях передбачаються розетки.

Враховуючи вищезазначене, застосуємо у виставкових залах систему комбінованого, а для всіх інших приміщень – систему загального рівномірного освітлення. Значення нормованих значень освітленості представлено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення нормованих значень освітленості приміщень музею

Призначення приміщень	Система освітлення	Освітленість, лк	Рівень робочої площини
Тамбурні приміщення	Робоче	50	Підлога
	Антипанічне	0,5	Підлога
Вестибюлі	Робоче	150	Підлога
	Антипанічне	0,5	Підлога
Виставкові зали	Робоче	200, 300	0,8 м
	Антипанічне	0,5	Підлога
Кабінети	Робоче	200 – 400	0,8 м
Зали церемоній	Робоче	400	0,8 підлога
	Антипанічне	0,5	Підлога
Бібліотечні приміщення	Робоче	75	1,0 м (В)
Сховища	Робоче	75	Підлога
Допоміжні приміщення	Робоче	75	Підлога
Балкони	Робоче	150	Підлога
	Освітлення шляхів евакуації	1,0	Підлога
Коридори	Робоче	75	Підлога
	Освітлення шляхів евакуації	1,0	Підлога

Продовження таблиці 2.2.

Призначення приміщень	Система освітлення	Освітленість, лк	Рівень робочої площини
Сходові клітки	Робоче	100	Підлога
	Освітлення шляхів евакуації	1,0	Підлога
Умивальні та санвузли	Робоче	150	Підлога

2.2. Вибір джерел світла та світлових приладів для освітлення музейних приміщень

Як зазначено в аналітичному розділі, однією із основних вимог до джерел світла, які застосовуються в музейних приміщеннях є відсутність або мінімальний рівень ультрафіолетового випромінювання. Поряд з цим авторами [6, 7] встановлено, що найменшу кількість ультрафіолетового випромінювання випромінюють напівпровідникові джерела світла та світлові прилади на їх основі. Крім того, аналізуючи [6, 7] можна прийти до висновку, що світло діоди є найоптимальнішими щодо індексу кольоропередачі, світлової віддачі, терміну служби та коефіцієнта активної потужності (рис. 2.1 – 2.4).

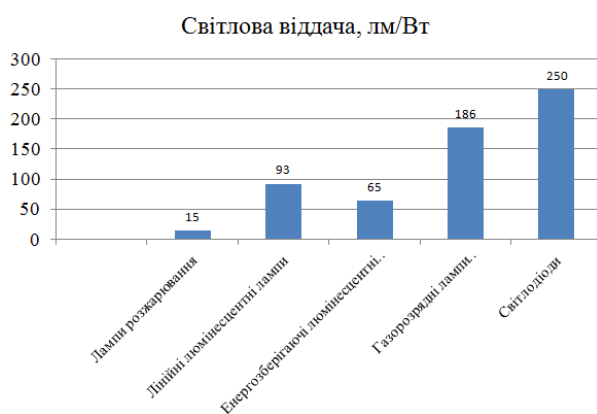


Рисунок 2.1 – Світлова віддача різних типів джерел світла



Рисунок 2.1 – Кольоропередача різних типів джерел світла



Рисунок 2.3 – Коефіцієнт потужності різних типів джерел світла

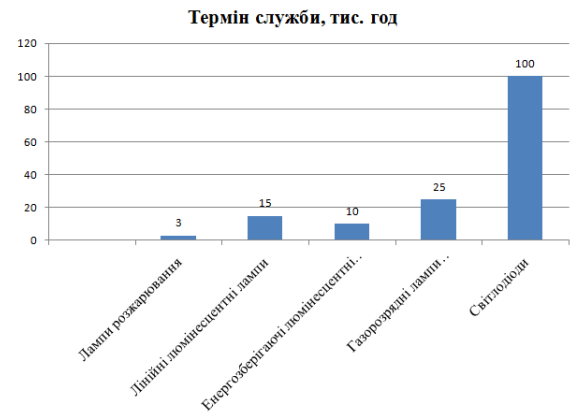


Рисунок 2.4 – Термін служби різних типів джерел світла

Попри це такі переваги світловиpromінювальних діодів, як екологічність, відсутність стробоскопічного ефекту, стабільність в широких діапазонах температур, відсутність втрат часу на перезапалювання, дозволяють застосовувати світлові прилади на основі напівпровідникових джерел світла для освітлення приміщень практично будь-якого призначення. Тому при проектуванні систем освітлення приміщень музею остаточно зупинимо свій вибір на світлових приладах з напівпровідниковими джерелами світла.

Для основного освітлення таких приміщень, як виставкові зали, коридори, вестибюлів і сходів застосуємо стельовий світильник типу Ledison A36-5140-N1I-220-48 48 Вт 4000К [23] (рис. 2.5). Характеристики світильника представлено в табл. 2.3.



Рисунок 2.5 – Зображення світильника Ledison A36-5140-N1I-220-48 Вт 4000К

Таблиця 2.3 – Характеристики світильника Ledison A36-5140-Н11-220-48
48 Вт 4000К

Потужність, Вт	48
Напруга живлення, В	220
Світловий потік, лм	5100
Корельована колірна температура, К	4000
Колір свічення	NW
Кут випромінювання	130°
Габаритні розміри, мм	595×296×40
Клас захисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP54

В якості джерел світла у світильнику використовуються світлодіоди типу SMD2835 LED, спектральний розподіл випромінювання яких представлено на рис. 2.6 [24].

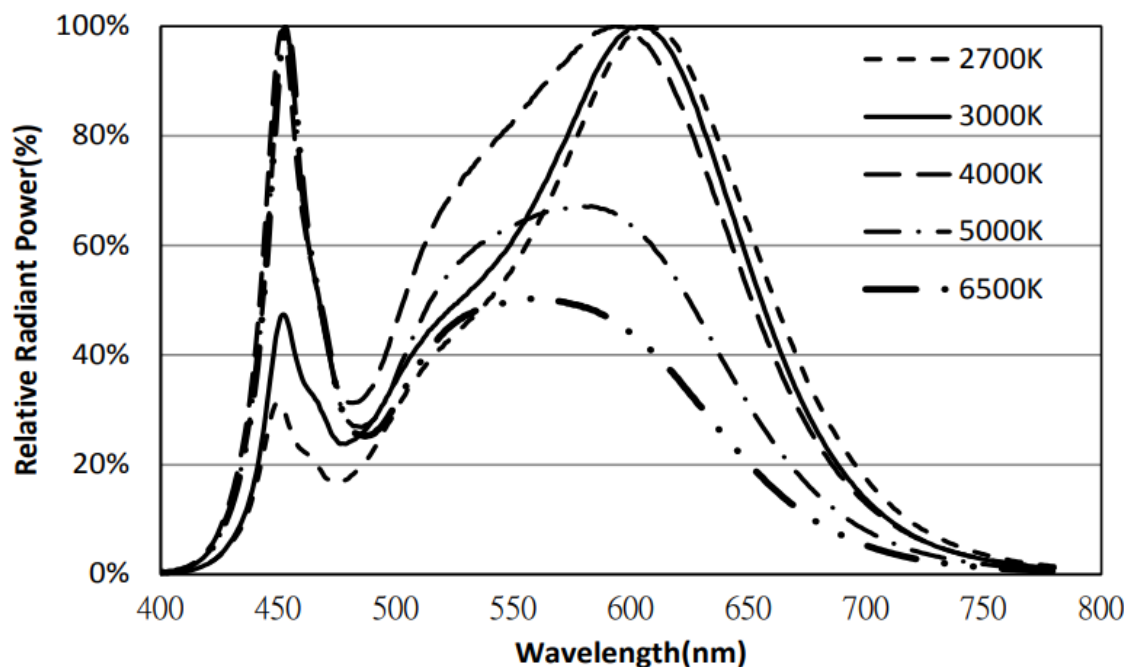


Рисунок 2.6 – Спектральний розподіл випромінювання світло діодів типу
SMD2835 LED

Для освітлення кабінетів та деяких виставкових залів відносно невеликої площі використаємо панельні світлодіодні світильники типу FLF-87 60WNW 300 pcs (рис. 2.7) з характеристиками, наведеними в табл. 2.4 [25].



Рисунок 2.7 – Зображення світильника FLF-87 60WNW 300 pcs

Таблиця 2.4 – Характеристики світильника FLF-87 60WNW 300 pcs

Потужність, Вт	60
Напруга живлення, В	220
Світловий потік, лм	5400
Корельована колірна температура, К	4000
Колір свічення	NW
Кут випромінювання	120°
Габаритні розміри, мм	595×595×40
Клас захисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP20

Для освітлення таких приміщень, як тамбур, сховища, бібліотеки, санвузли використаємо світильник типу LED-28/25W 52 pcs (рис. 2.8), характеристики якого представлено в табл. 2.5 [26].



Рисунок 2.8 – Зображення світильника LED-28/25W 52 pcs

Таблиця 2.5 – Характеристики світильника LED-28/25W 52 pcs

Потужність, Вт	25
Напруга живлення, В	220
Світловий потік, лм	2300
Корельована колірна температура, К	6000
Колір свічення	СW
Кут випромінювання	120°
Габаритні розміри, мм	225
Клас захисту	III
Ступінь пиловологозахисту	IP20

Джерелами світла в таких світильниках є світлодіоди типу SMD 5630,

спектральна характеристика випромінювання яких представлена на рис. 2.9 [27].

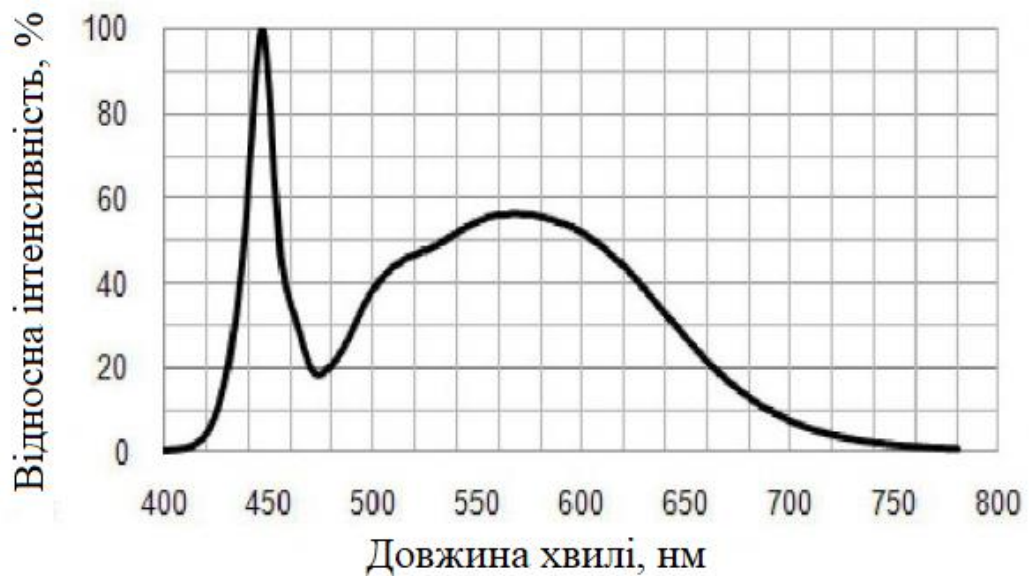


Рисунок 2.9 – Спектральна характеристика випромінювання світлодіодів типу SMD 5630

В якості світильників місцевого освітлення у виставкових залах, основне завдання яких підсвічування експонатів, виберемо напівпровідникові світлові прилади прожекторного типу Lunis® SL-T потужністю 48 Вт (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд прожектора Lunis® SL-T потужністю 48 Вт

2.3. Вибір напруги, джерела живлення, марки проводу електричної освітлювальної мережі музею

Згідно із ПУЕ [19] живлення світлових приладів, призначених для використання в системах загального внутрішнього освітлення, передбачається застосування напруги, діюче значення якої не перевищує 220 В змінного або постійного струму, а у приміщеннях без підвищеної небезпеки, незалежно від висоти стаціонарного встановлення світлових приладів дозволяється застосування напруги 220 В.

Живлення електроприймачів, як силового, так і освітлювального навантаження при нарузі 380/220 В рекомендовано виконувати від загальних трансформаторів.

До схем живлення електричних мереж систем освітлення висуваються вимоги, згідно із якими схеми живлення повинні забезпечувати заявлений рівень напруги, постійність напруги, надійність живлення, економічність, зручність й простоту в експлуатації.

В більшості випадків навантаження освітлення живляться від силових трифазних трансформаторів з напругою 6(10)/0,38 кВ, в яких заземленим є нейтральний провід вторинної обмотки.

Самостійні трансформатори мають обмеження в застосуванні у випадках:

- 1) відсутньої можливості забезпечення необхідної якості напруги через характер силового навантаження;
- 2) використання напруги вищої, ніж 380 В для силових споживачів;
- 3) неприпустимості за умовами безпеки застосування напруг 380/220 або 220/127 В.

Лінії електричних освітлювальних мереж поділяються на: живильні – з'єднують групові щитки освітлення з джерелом живлення та групові – з'єднують світлові прилади з груповими щитками, котрі повинні мати як апарати захисту кожної групової лінії, так і ввідні апарати захисту.

Згідно з ПУЕ струм захисних апаратів групових ліній не повинен перевищувати 25 А. Винятки становлять групові лінії, по яких здійснюється живлення ламп розжарювання та газорозрядних ламп потужністю відповідно від 500 та 125 Вт.

Зазвичай світлові прилади мають характерні рівнобіжного підключення до мережі, а в трифазних мережах переважне своє застосування знайшли наступні схеми групових мереж:

- при заземленій нейтралі – однофазна двох провідна (1ф + N), двофазна двопровідна (2ф), двофазна три провідна (2ф + N), трифазна трипровідна (3ф), чотирипровідна трифазна з нульовим проводом (3ф + N);

- при ізольованій нейтралі – однофазна двопровідна (1ф + N), трифазна три провідна (3ф), двофазна двопровідна (2ф).

Часте застосування схеми групової мережі (3ф + N) (рис. 2.11) має такі переваги:

- менший переріз проводів;
- рівномірне навантаження фаз;
- зниження коефіцієнта пульсацій в освітлювальних установках із газорозрядними лампами.

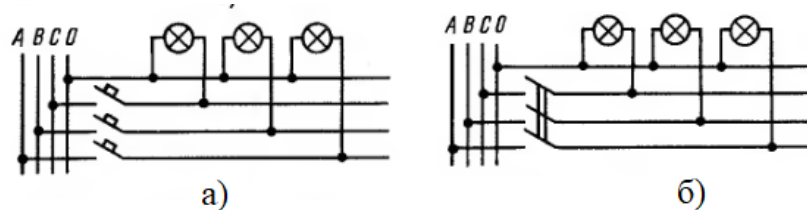


Рисунок 2.11 – Схеми групових мереж (3ф + N):

- а) із застосуванням однополюсних автоматів; б) із застосуванням триполюсного автомата

Схеми живлення освітлювальних установок поділяються на види [28]:

радіальні (рис. 2.12 а) – застосовуються при навантаженнях групових щитків в порядку 100 – 200 А для освітлювальних установок з необхідною високою надійністю живлення;

магістральні (рис. 2.12 б) – забезпечують заощадження провідникового матеріалу і мають меншу надійність;

змішані (рис. 2.12 в) – застосовуються найширше через їх гнучкість.

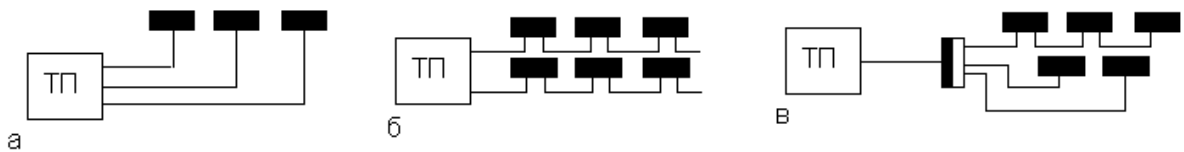


Рисунок 2.12 – Схеми живлення освітлювальних установок:

а) радіальні; б) магістральні; в) змішані

По надійності електропостачання системи освітлення, як електроприймачі поділяються на три категорії [19, 29]. Для установок I категорії перерва в електропостачанні є неможливою або може бути допущено на час автоматичного включення резерву. Живлення цих споживачів необхідно здійснювати від двох взаємoneзалежних джерел електропостачання. Для освітлювальних установок другої категорії допускається перерва в електропостачанні на час автоматичного включення резерву. Для установок третьої категорії допускається перерва в електропостачанні на час ремонту або заміни обладнання протягом однієї доби.

Згідно із ДБН В.2.5-23:2010 [11] аварійне освітлення музеїв та виставок обласного значення відноситься до I категорії електропостачання, а система робочого освітлення – до II категорії. Живлення освітлювальних установок цих категорій можна здійснювати від двох трансформаторних підстанцій або однієї двотрансформаторної підстанції при умові живлення трансформаторів від двох взаємoneзалежних джерел (рис. 2.13).

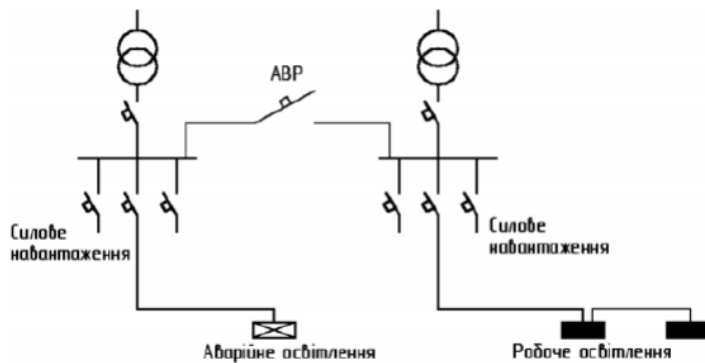


Рисунок 2.13 – Схема живлення систем освітлення від однієї двотрансформаторної підстанції

На основі вищенаведеного вибираємо змішану схему живлення систем освітлення музею від однієї двотрансформаторної підстанції (рис. 2.14). Живлення щитків робочого та аварійного освітлення виконаємо п'ятижильними трифазними кабелями типу ВВГ.

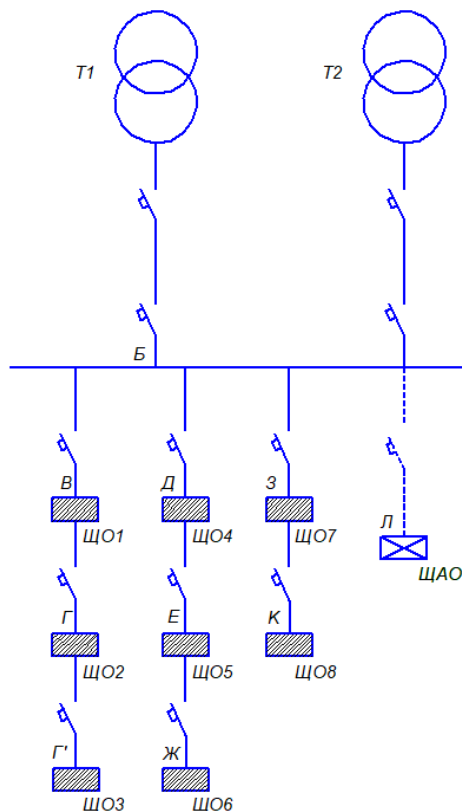


Рисунок 2.14 – Схема живлення щитків освітлення освітлювальної установки музею

Живлення освітлювальної установки передбачимо напругою 380/220 В. Вибір кількості проводів в кабельних мережах для живлення групових ліній виконаємо на підставі розрахунків для однофазних та трифазних ліній.

2.4. Електротехнічний розрахунок електричної освітлювальної мережі музею

Електротехнічний розрахунок електричних освітлювальних мереж полягає у визначенні площ поперечних перерізів провідників, при яких тривале протікання струму не створює їх перегріву і забезпечуються достатня механічна міцність та необхідний рівень напруги на світлових приладах.

Площі поперечних перерізів проводів визначають, виходячи з:

розрахунку по втраті напруги;

розрахунку на мінімум провідникового матеріалу;

розрахунку по струму навантаження.

Розрахунок електричної мережі за втратою напруги $\Delta U\%$ здійснюється за формулою [29]:

$$\Delta U\% = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} M_k}{c \cdot S}, \quad (2.1)$$

де $\sum_{k=1}^{k=n} M_k$ – сума моментів електричних навантажень;

S – площа поперечного перерізу провідників;

c – коефіцієнт, який залежить від системи мережі, напруги, яка застосовується та від матеріалу проводів.

При розрахунку електричних освітлювальних мереж на мінімум провідникового матеріалу використовується наступна формула:

$$S = \frac{M_n}{c \cdot \Delta U}, \quad (2.2)$$

де M_n – приведений момент, який визначається за формулою:

$$M_n = \sum M + \alpha \cdot \sum t, \quad (2.3)$$

де $\sum M$ – сума моментів, для ділянки, яка розглядається, а також всіх наступних ділянок за напрямком струмів, які мають таку ж кількість проводів, що і дана ділянка;

$\sum t$ – сума моментів навантажень, що живляться через дану ділянку та ділянки електричної освітлювальної мережі з іншою кількістю проводів;

α – коефіцієнт приведення моментів.

Розрахунок електричних освітлювальних мереж по струму навантаження здійснюється на основі формул:

для однофазної мережі:

$$I_p = \frac{P_p}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (2.4)$$

для трифазної мережі:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_\lambda \cdot \cos \varphi}; \quad (2.5)$$

де P_p – потужність навантаження, живлення якого здійснюється через дану ділянку;

$U_\phi = 220$ В – фазова напруга;

U_λ – лінійна напруга;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт активної потужності.

2.4.1. Розрахунок електричної освітлювальної мережі музею на мінімум провідникового матеріалу

Розрахунок проведемо для випадків однофазних та трифазних групових

ліній. Попередньо було розраховано моменти електричних навантажень для групових ліній, значення яких представлено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку моментів навантажень групових ліній

Щиток	Група	P , кВт	m , кВт·м
ЩО1	1	3,06	306
	2	2,43	189,5
	3	2,78	127,8
	4	2,976	127,9
	5	1,536	145,9
	6	1,344	111,5
		$\sum P=14,126$	
ЩО2	1	3,69	527,6
	2	2,78	141,7
	3	2,688	161,2
	4	0,936	73
	5	0,576	20,1
	6	0,096	10,7
		$\sum P=10,766$	
ЩО3	1	2,7	299,7
	2	2,79	284,5
	3	1,536	70,6
	4	2,02	169,6
	5	1,9	199,5
	6	1,236	90,2
		$\sum P=12,182$	
ЩО4	1	3,78	576
	2	2,52	199
	3	2,78	127,8
	4	2,976	127,9
	5	1,536	145,9
	6	0,576	21,3
		$\sum P=14,168$	
ЩО5	1	3,78	576
	2	2,52	199
	3	2,78	127,8
	4	2,976	127,9
	5	1,536	145,9
		$\sum P=10,562$	

Продовження таблиці 2.6

Щиток	Група	P , кВт	m , кВт·м
ЩО6	1	2,52	320
	2	2,496	174,7
	3	1,008	126
	4	1,956	250,3
		$\sum P=7,980$	
ЩО7	1	2,700	367,2
	2	2,688	123,6
	3	0,993	89,3
	4	1,003	130,39
		$\sum P=7,384$	
ЩО8	1	3,06	492,6
	2	3,13	208
	3	1,081	109,1
	4	0,772	63,3
		$\sum P=8,043$	
ЩАО	1	1,584	299,3
	2	1,2	288
	3	0,816	130,5
		$\sum P=3,600$	

Моменти навантажень ділянок живильної мережі представлено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Моменти навантажень ділянок живильної мережі

Ділянка	P , кВт	M , кВт·м
АБ	88,901	22225
БВ	37,074	370
ВГ	22,948	462
ГГ	12,182	242
БД	32,800	489
ДЕ	18,632	370
ЕЖ	7,980	158
БЗ	15,427	306
ЗК	8,043	160
БЛ	3,600	72

За формулами (2.2) та (2.3) розрахуємо площі поперечного перерізу жил

кабелів ділянки мережі АБ та всіх інших ділянок та групових ліній, які живляться через АБ. При однофазних групових лініях коефіцієнт приведення моментів становить $\alpha = 1,83$. Підставляючи у формулу (2.3) значення моментів навантажень ділянки АБ та всіх інших ділянок та групових ліній, які живляться від неї, отримаємо:

$$\begin{aligned} M_n^{AB} &= (22225 + 370 + 462 + 242 + 489 + 370 + 158 + 306 + 160 + 72) + 1,83 \cdot (306 + \\ &189,5 + 127,8 + 127,9 + 145,9 + 111,5 + 527,6 + 141,7 + 161,2 + 73 + 20,1 + 10,7 + \\ &+ 299,7 + 284,5 + 70,6 + 169,6 + 199,5 + 90,2 + 576 + 199 + 127,8 + 127,9 + 145,9 + \\ &+ 21,3 + 576 + 199 + 127,8 + 127,9 + 145,9 + 320 + 174,7 + 126 + 250,3 + 367,2 + \\ &+ 123,6 + 89,3 + 130,39 + 492,6 + 208 + 109,1 + 63,3 + 299,3 + 288 + 130,5) = \\ &= 38813,34 \text{ Вт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Для чотирипровідних групових ліній кількість проводів залишається однаковою, а отже $\alpha = 1$, звідси

$$\begin{aligned} M_n^{AB} &= (22225 + 370 + 462 + 242 + 489 + 370 + 158 + 306 + 160 + 72) + 1 \cdot (306 + \\ &189,5 + 127,8 + 127,9 + 145,9 + 111,5 + 527,6 + 141,7 + 161,2 + 73 + 20,1 + 10,7 + \\ &+ 299,7 + 284,5 + 70,6 + 169,6 + 199,5 + 90,2 + 576 + 199 + 127,8 + 127,9 + 145,9 + \\ &+ 21,3 + 576 + 199 + 127,8 + 127,9 + 145,9 + 320 + 174,7 + 126 + 250,3 + 367,2 + \\ &+ 123,6 + 89,3 + 130,39 + 492,6 + 208 + 109,1 + 63,3 + 299,3 + 288 + 130,5) = \\ &= 24417,95 \text{ Вт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Підставивши значення приведенного моменту у формулу (2.2) із врахуванням, що $c = 72$, а спад напруги $\Delta U = 5 \%$, отримаємо:

при двопровідних групових лініях

$$S = \frac{38813,34}{72 \cdot 5} = 107,81 \text{ мм}^2,$$

при чотири провідних групових лініях

$$S = \frac{24417,95}{72 \cdot 5} = 67,83 \text{ мм}^2.$$

Із довідкових таблиць вибираємо найближчі більші значення перерізів провідників, які при двопровідних та чотири провідних групових лініях відповідно становлять 120 та 70 мм².

Реальна втрата напруги, яка розраховується за формулою 2.1, на ділянці АБ, становить:

при двопровідних групових лініях

$$\Delta U = \frac{4445,05}{72 \cdot 120} = 0,51 \%,$$

при чотири провідних групових лініях

$$\Delta U = \frac{4445,05}{72 \cdot 70} = 0,88 \%.$$

Розрахунок для інших ділянок, а також для групових ліній, проведемо на прикладі ділянки БЗ. Допустима втрата напруги на ділянці БЗ та інших ділянок, і групових ліній, які живляться через неї:

при двопровідних групових лініях

$$\Delta U = 5 - 0,51 = 4,49 \%,$$

при чотири провідних групових лініях

$$\Delta U = 5 - 0,88 = 4,12 \%.$$

Приведені моменти навантажень

при двопровідних групових лініях

$$M_n^{БЗ} = (306 + 160) + 1,83 \cdot (710,4 + 873) = 3363,62 \text{ Вт} \cdot \text{м}.$$

при чотири провідних групових лініях

$$M_n^{БЗ} = (306 + 160) + 1 \cdot (710,4 + 873) = 2049,4 \text{ Вт} \cdot \text{м}.$$

Підставивши у формулу (2.2), отримаємо

при двопровідних групових лініях

$$S = \frac{3363,62}{72 \cdot 4,49} = 10,42 \text{ мм}^2,$$

при чотири провідних групових лініях

$$S = \frac{2049,4}{72 \cdot 4,12} = 6,91 \text{ мм}^2.$$

Із довідкових таблиць вибираємо найближчі більші значення перерізів провідників, які при двопровідних та чотири провідних групових лініях відповідно становлять 16 та 10 мм².

Реальна втрата напруги, яка розраховується за формулою 2.1, на ділянці АБ, становить:

при двопровідних групових лініях

$$\Delta U = \frac{306}{72 \cdot 16} = 0,27 \%,$$

при чотири провідних групових лініях

$$\Delta U = \frac{306}{72 \cdot 10} = 0,425 \%.$$

Допустима втрата напруги на ділянці ЗК та групових лініях, які живляться через неї:

при двопровідних групових лініях

$$\Delta U = 4,49 - 0,27 = 4,22 \%,$$

при чотиріпровідних групових лініях

$$\Delta U = 4,12 - 0,43 = 3,69 \%.$$

Приведені моменти навантажень

при двопровідних групових лініях

$$M_n^{BK} = 160 + 1,83 \cdot 873 = 1757,59 \text{ Вт} \cdot \text{м.}$$

при чотири провідних групових лініях

$$M_n^{BK} = 160 + 1 \cdot 873 = 1033 \text{ Вт} \cdot \text{м.}$$

Підставивши у формулу (2.2), отримаємо

при двопровідних групових лініях

$$S = \frac{1757,59}{72 \cdot 4,22} = 5,78 \text{ мм}^2,$$

при чотири провідних групових лініях

$$S = \frac{1033}{72 \cdot 3,69} = 3,88 \text{ мм}^2.$$

Реальна втрата напруги, яка розраховується за формулою 2.1, на ділянці ЗК, становить:

при двопровідних групових лініях

$$\Delta U = \frac{160}{72 \cdot 16} = 0,37 \%,$$

при чотири провідних групових лініях

$$\Delta U = \frac{160}{72 \cdot 10} = 0,56 \%.$$

Допустима втрата напруги на будь-якій груповій лінії щитка ЩО8:

при двопровідних групових лініях

$$\Delta U = 4,22 - 0,37 = 3,85 \%,$$

при чотиріпровідних групових лініях

$$\Delta U = 3,69 - 0,56 = 3,14 \%.$$

Визначимо перерізи проводів групової лінії на прикладі лінії 1 ЩО8.

При двопровідній груповій лінії

$$S = \frac{492,6}{12 \cdot 3,85} = 10,66 \text{ мм}^2,$$

а при чотирипровідній груповій лінії

$$S = \frac{492,6}{72 \cdot 3,14} = 2,18 \text{ мм}^2,$$

Із довідкових таблиць вибираємо найближчі більші значення перерізів провідників, які при двопровідних та чотири провідних групових лініях відповідно становлять 16 та 2,5 мм².

Реальна втрата напруги, яка розраховується за формулою 2.1, на ділянці груповій лінії 1 ЩО8 становить:

при двопровідних групових лініях

$$\Delta U = \frac{492,6}{12 \cdot 16} = 2,57 \%,$$

при чотири провідних групових лініях

$$\Delta U = \frac{492,6}{72 \cdot 2,5} = 2,74 \%.$$

Сумарні втрати напруги від ділянки від початку ділянки АБ до світлових приладів групи 1 ЩО8:

$$\Delta U_{\Sigma} = 0,51 + 0,26 + 0,37 + 2,56 = 3,71 \%,$$

при чотири провідних групових лініях

$$\Delta U_{\Sigma} = 0,88 + 0,43 + 0,56 + 2,74 = 4,61 \%,$$

що є допустимо

Розрахунок перерізу проводів та кабелів для інших ділянок та ліній

виконуємо аналогічно. Результати розрахунку заносимо в табл. 2.8 та 2.9.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку перерізу жил кабелів для групових ліній

Щиток	Група	P, кВт	m, кВт·м	Тип та переріз кабелю	
				(1φ + N)	(3φ + N)
ЩО1	1	3,06	306	ВВГ 3×6,0	ВВГ 5×1,5
	2	2,43	189,5	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	3	2,78	127,8	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
	4	2,976	127,9	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
	5	1,536	145,9	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	6	1,344	111,5	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
ЩО2	1	3,69	527,6	ВВГ 3×16,0	ВВГ 5×2,5
	2	2,78	141,7	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	3	2,688	161,2	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	4	0,936	73	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
	5	0,576	20,1	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5
	6	0,096	10,7	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5
ЩО3	1	2,7	299,7	ВВГ 3×10,0	ВВГ 5×1,5
	2	2,79	284,5	ВВГ 3×10,0	ВВГ 5×1,5
	3	1,536	70,6	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
	4	2,02	169,6	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	5	1,9	199,5	ВВГ 3×6,0	ВВГ 5×1,5
	6	1,236	90,2	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
ЩО4	1	3,78	576	ВВГ 3×16,0	ВВГ 5×2,5
	2	2,52	199	ВВГ 3×4	ВВГ 5×1,5
	3	2,78	127,8	ВВГ 3×4	ВВГ 5×1,5
	4	2,976	127,9	ВВГ 3×4	ВВГ 5×1,5
	5	1,536	145,9	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	6	0,576	21,3	ВВГ 3×1,5,0	ВВГ 5×1,5
ЩО5	1	3,78	576	ВВГ 3×16,0	ВВГ 5×2,5
	2	2,52	199	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	3	2,78	127,8	ВВГ 3×6,0	ВВГ 5×1,5
	4	2,976	127,9	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5
	5	1,536	145,9	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5
ЩО6	1	2,52	320	ВВГ 3×10	ВВГ 5×2,5
	2	2,496	174,7	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	3	1,008	126	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
	4	1,956	250,3	ВВГ 3×6,0	ВВГ 5×1,5
ЩО7	1	2,700	367,2	ВВГ 3×10,0	ВВГ 5×1,5
	2	2,688	123,6	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
	3	0,993	89,3	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
	4	1,003	130,39	ВВГ 3×4,0	ВВГ 5×1,5
ЩО8	1	3,06	492,6	ВВГ 3×16,0	ВВГ 5×2,5
	2	3,13	208	ВВГ 3×6,0	ВВГ 5×1,5
	3	1,081	109,1	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5
	4	0,772	63,3	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5
ЩАО	1	1,584	299,3	ВВГ 3×10,0	ВВГ 5×1,5
	2	1,2	288	ВВГ 3×6,0	ВВГ 5×1,5
	3	0,816	130,5	ВВГ 3×2,5	ВВГ 5×1,5

Таблиця 2.9 – Перерізи кабелів ділянок живильної мережі

Ділянка	P, кВт	M, кВт·м	Тип та переріз кабелю, при групових лініях	
			(1ф + N)	(3ф + N)
АБ	88,901	22225	ВВГ-4×120	ВВГ-4×70
БВ	37,074	370	ВВГ-4×95	ВВГ-4×50
ВГ	22,948	462	ВВГ-4×16	ВВГ-4×10
ГГ	12,182	242	ВВГ-4×10	ВВГ-4×6
БД	32,800	489	ВВГ-4×25	ВВГ-4×16
ДЕ	18,632	370	ВВГ-4×16	ВВГ-4×10
ЕЖ	7,980	158	ВВГ-4×10	ВВГ-4×6
БЗ	15,427	306	ВВГ-4×16	ВВГ-4×10
ЗК	8,043	160	ВВГ-4×6	ВВГ-4×4
БЛ	3,600	72	ВВГ-4×6	ВВГ-4×4

2.4.2. Розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження та вибір апаратів захисту

Розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження виконаємо на прикладі групової лінії групи 1 ЩО 1.

При двопровідній груповій лінії робочий струм розраховується за формулою (2.4). Підставивши чисельні значення, отримаємо:

$$I_p = \frac{3,06 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 14,64 \text{ А.}$$

Підставляючи чисельні значення для лінійної напруги, потужності та коефіцієнта активної потужності для групової лінії групи 1 ЩО1 в формулу (2.5), отримаємо

$$I_p = \frac{3,06 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 4,89 \text{ А.}$$

Для таких струмів можна підібрати кабелі типу ВВГ–3 ×1,5 та ВВГ–5 ×1,5.

Як бачимо, перерізи кабелів, наведені для групи 1 ЩО1 в табл. 2.8 є більшими, тому переріз жил кабелів, наведені в табл. 2.8 для цієї групової лінії змінюватись не будуть.

Апарати захисту виберемо, виходячи з умови [35]:

:

$$I_{\text{рном}} \geq k_{\text{нр}} \cdot I_{\text{р}}; \quad (2.2)$$

де $I_{\text{рном}}$ – номінальний струм розчеплення автоматичного вимикача.

$k_{\text{нр}} = 1,25$ – коефіцієнт надійності розчеплювача (прийmemo $k_{\text{нр}} = 1,25$).

Для даної групової лінії вибираємо при двопровідній схемі живлення автоматичний вимикач типу ВА-2017/D 1р 25А або ВА-2017/D 3р 10А [36]. Аналогічно розраховуємо струми та вибираємо апарати захисту і для інших групових ліній та ділянок електричної мережі. Результати розрахунку представлено в табл. 2.10 та 2.11.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку по струму навантаження та вибір апаратів захисту ділянок електричної мережі

Ділянка	P , кВт	$I_{\text{р}}$, А	Тип та переріз кабелю	Автоматичний вимикач
АБ	88,901	142,18	ВВГ-3×50	ВА 77-1-250 3р 200А
БВ	37,074	59,29	ВВГ-3×4	ВА-2017/D 3р 50А
ВГ	22,948	36,70	ВВГ-3×1,5	ВА-2017/D 3р 50А
ГГ	12,182	19,48	ВВГ-3×1,5	ВА-2017/D 3р 16А
БД	32,800	52,46	ВВГ-3×1,5	ВА-2017/D 3р 50А
ДЕ	18,632	29,80	ВВГ-3×1,5	ВА-2017/D 3р 25А
ЕЖ	7,980	12,76	ВВГ-3×1,5	ВА-2017/D 3р 32А
БЗ	15,427	24,67	ВВГ-3×1,5	ВА-2017/D 3р 25А
ЗК	8,043	12,86	ВВГ-3×1,5	ВА-2017/D 3р 16А
БЛ	3,600	5,76	ВВГ-3×1,5	ВА-2017/D 3р 10А

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку по струму навантажень групових ліній

Щиток	Група	P, кВт	I _p , А		Тип та переріз кабелю		Апарат захисту	
			(1φ+N)	(3φ+N)	(1φ+N)	(3φ+N)	(1φ+N)	(3φ+N)
ЩО1	1	3,06	14,64	4,89	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 10А
	2	2,43	11,63	3,89	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16А	ВА-2017/D 3р 6А
	3	2,78	13,30	4,45	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16А	ВА-2017/D 3р 10А
	4	2,976	14,24	4,76	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 10А
	5	1,536	7,35	2,46	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 4А
	6	1,344	6,43	2,15	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 4А
ЩО2	1	3,69	17,66	5,90	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 10А
	2	2,78	13,30	4,45	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 10А
	3	2,688	12,86	4,30	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 10А
	4	0,936	4,48	1,50	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 5А
	5	0,576	2,76	0,92	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 4 А	ВА-2017/D 3р 2А
	6	0,096	0,46	0,15	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 1А	ВА-2017/D 3р 1А
ЩО3	1	2,7	12,92	4,32	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 6А
	2	2,79	13,35	4,46	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 6А
	3	1,536	7,35	2,46	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 6А
	4	2,02	9,67	3,23	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16 А	ВА-2017/D 3р 6А
	5	1,9	9,09	3,04	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16А	ВА-2017/D 3р 6А
	6	1,236	5,91	1,98	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 4А
ЩО4	1	3,78	18,09	6,05	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25 А	ВА-2017/D 3р 10А
	2	2,52	12,06	4,03	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16А	ВА-2017/D 3р 6А
	3	2,78	13,30	4,45	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25 А	ВА-2017/D 3р 6А
	4	2,976	14,24	4,76	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 6А
	5	1,536	7,35	2,46	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16А	ВА-2017/D 3р 4А
	6	0,576	2,76	0,92	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 4А	ВА-2017/D 3р 1А
ЩО5	1	3,78	17,22	5,76	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 10А
	2	2,52	13,30	4,45	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 6А
	3	2,78	13,78	4,61	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 6А
	4	2,976	3,90	1,31	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 4 А	ВА-2017/D 3р 2А
	5	1,536	2,76	0,92	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 4 А	ВА-2017/D 3р 2А
ЩО6	1	2,52	12,06	4,03	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16 А	ВА-2017/D 3р 6А
	2	2,496	11,94	3,99	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16 А	ВА-2017/D 3р 6А
	3	1,008	4,82	1,61	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10 А	ВА-2017/D 3р 4А
	4	1,956	9,36	3,13	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 16А	ВА-2017/D 3р 6А
ЩО7	1	2,700	12,92	4,32	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 6А
	2	2,688	12,86	4,30	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 6А
	3	0,993	4,75	1,59	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 2А
	4	1,003	4,80	1,60	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 2А
ЩО8	1	3,06	14,64	4,89	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 6А
	2	3,13	14,98	5,01	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 25А	ВА-2017/D 3р 10А
	3	1,081	5,17	1,73	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 4А
	4	0,772	3,69	1,23	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 6 А	ВА-2017/D 3р 2А
ЩАО	1	1,584	7,58	2,53	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 4А
	2	1,2	5,74	1,92	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 10А	ВА-2017/D 3р 4А
	3	0,816	3,90	1,31	ВВГ 3×1,5	ВВГ 5×1,5	ВА-2017/D 1р 6А	ВА-2017/D 3р 2А

2.5. Висновки до розділу

1. Для приміщень будівлі музею здійснено вибір виду та системи освітлення, нормованої освітленості, джерел світла та світлових приладів, що послужило вихідними даними для моделювання та світлотехнічного розрахунку приміщень.

2. Здійснено вибір напруги, джерела живлення, марки проводу електричної освітлювальної мережі музею, що послужило основою та вихідними даними для електротехнічного розрахунку системи освітлення.

3. На підставі розрахунку вибрано перерізи жил кабелів електричної освітлювальної мережі. Встановлено, що застосування чотирипровідної трифазної з нульовим проводом групової мережі дозволяє на 40 % зменшити перерізи жил кабелів основних ділянок.

4. На підставі розрахунку по струму навантаження вибрано апарати захисту для ділянок електричної освітлювальної мережі, а також групових ліній.

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Світлотехнічний розрахунок системи освітлення музею

Здійснимо розрахунок освітлювальної системи приміщень моделю, використовуючи метод коефіцієнта використання.

В практиці проектування освітленість на горизонтальній робочій поверхні за методом коефіцієнта використання розраховується за формулою [29]:

$$E = \frac{N\Phi U}{Szk}, \quad (3.1)$$

де Φ – світловий потік одного світильника;

N – кількість світлових приладів у приміщення;

U – коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа приміщення, котре освітлюється;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

k – коефіцієнт запасу.

В зарубіжних практиках аналогом методу коефіцієнта використання є метод Люмена (Lumens Method), а формула для розрахунку освітленості горизонтальної поверхні виглядає так [30, 31]:

$$E = \frac{N \cdot \Phi_{СП} \cdot CU \cdot LLF}{S}, \quad (3.2)$$

де CU – коефіцієнт використання;

LLF – коефіцієнт світлових втрат.

Як видно із формул (3.1) та (3.2) розрахунок середньої освітленості за цими двома методами вимагає введення коефіцієнта, який визначається відношенням суми прямої та відбитої складової світлового потоку до світлового потоку світлових приладів.

Цей коефіцієнт, незалежно від методик, залежить від світлового ККД світильника, характеристик відбивання поверхонь приміщень, габаритних розмірів приміщень, які комплексно враховуються індексом приміщення i або індексом порожнини CR (для зарубіжної практики), які для приміщень прямокутної форми визначаються із формул:

$$i = \frac{S}{h_p(a+b)}. \quad (3.3)$$

$$CR = \frac{5 \cdot (a+b)}{a \cdot b}. \quad (3.4)$$

Для приміщень іншої довільної форми індекс приміщення визначається як:

$$i = 0,47 \sqrt{S/h_p}, \quad (3.5)$$

де h_p – розрахункова висота приміщень (віддаль від нижньої межі світлового приладу до розрахункової площини).

Значення коефіцієнтів використання для світлових приладів із розрядними та тепловими джерелами світла можна отримати, використовуючи спеціальні таблиці [29 - 31], на основі значень CR або i та характеристик відбивання приміщень. Проте відсутніми є дані для світлових приладів на основі напівпровідникових джерел світла.

Тому в практиці проектування пропонуються спеціальні методи для їх обчислення. Зокрема, авторами [32] отримано залежності коефіцієнта використання світлового потоку від індекса приміщення $U = f(i)$ для світильників із косинусною кривою сили світла (рис. 3.1).

Дані залежності аналітично описуються кубічними поліномами та мають вигляд:

для залежності 1:

$$U = p_1 \cdot i^3 + p_2 \cdot i^2 + p_3 \cdot i + p_4, \quad (3.6)$$

де p_1, p_2, p_3, p_4 – коефіцієнти полінома.

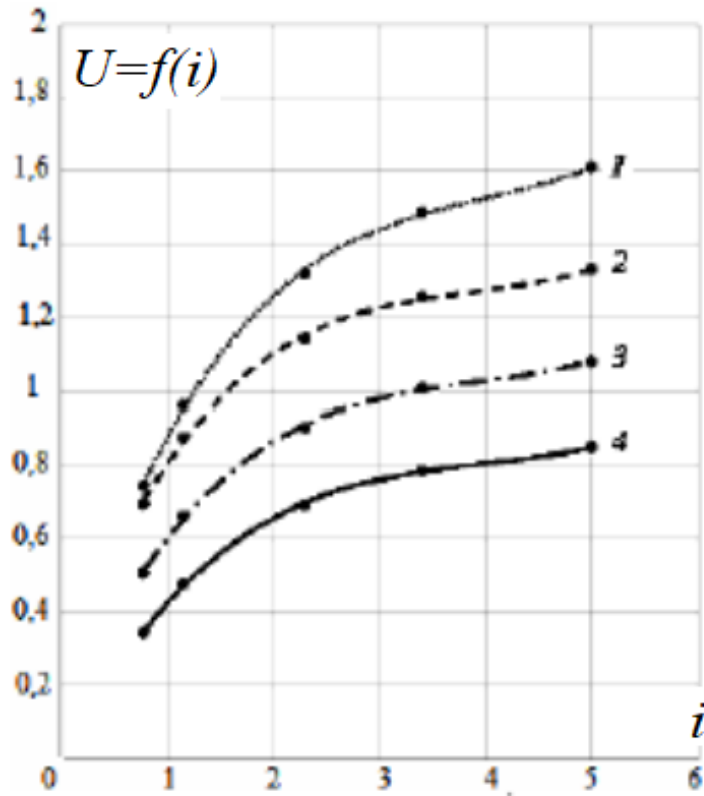


Рисунок 3.1 – Залежності $U = f(i)$ для коефіцієнтів відбивання стелі, стін та підлоги, які дорівнюють відповідно:

1 – 70, 70, 70 %; 2 – 70, 70, 50 %; 3 – 70, 50, 30 %, 4 – 10, 10, 10 %.

Чисельні значення коефіцієнтів p_1, p_2, p_3, p_4 для характеристик відбивання поверхонь приміщення 70, 50, 30 % наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Чисельні значення коефіцієнтів полінома

Характеристики відбивання приміщень	p_1	p_2	p_3	p_4
70, 50, 30 %	0,0126	-0,1479	0,6173	0,1208

Проведемо розрахунок за допомогою методу коефіцієнта використання на прикладі приміщення виставкової зали (на плані 31).

Це приміщення має такі характеристики:

довжина – 21,6 м;

ширина – 8,5 м;

висота – 4,8 м.

Згідно нормативних документів висота робочої поверхні для таких категорій приміщень становить 0,8 м. Тоді при умові монтажу світильника на стелю

$$h_p = 4,8 - 0,8 = 4,0 \text{ м.}$$

Індекс для даного приміщення становить:

$$i = \frac{21,6 \cdot 8,5}{4 \cdot (21,6 + 8,5)} = 1,52.$$

Підставивши чисельні значення для індекса приміщення в формулу 3.6, отримаємо:

$$U = 0,0126 \cdot 1,52^3 - 0,1479 \cdot 1,52^2 + 0,6173 \cdot i + 0,1208 = 0,76. \quad (3.6)$$

Кількість світлових приладів в приміщенні для забезпечення нормованої освітленості можна визначити, виходячи із формули (3.1):

$$N = \frac{ESzk}{\Phi U}. \quad (3.7)$$

Підставляючи в рівняння (3.7) значення для освітленості, площі, коефіцієнта запасу $k=1,4$, коефіцієнта мінімальної освітленості $z=1,1$ у

формулу (3.7), отримаємо:

$$N = \frac{200 \cdot 181,6 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{5100 \cdot 0,76} = 14,58.$$

Приймаємо для приміщення 31 виставковий зал кількість світильників $N = 15$.

Необхідну кількість світильників для інших приміщень розраховуємо аналогічно. Результатів розрахунку заносимо в табл. 1 додатка А.

3.2. Моделювання освітлювальної установки музею в пакеті DIALux

В програмному пакеті DIALux застосовується алгоритми розрахунку та моделювання на основі методу випромінюваності (Radiosity) [33]. В основі методу лежить визначення світимості $M(r)$ точки на поверхні ідеального ламбертівського (дифузного) відбивання [3]:

$$M(r) = M_0(\vec{r}) + \rho(\vec{r}) \cdot \int_{\Sigma} M(\vec{r}') \cdot V(\vec{r}, \vec{r}') \cdot dF(\vec{r}, \vec{r}'), \quad (3.8)$$

де $M(r)$ – світимість точки на поверхні об'єкта сцени

$M_0(\vec{r})$ – світимість, отримана внаслідок падіння світлового потоку від джерел світла;

$\rho(\vec{r})$ – коефіцієнт відбивання поверхні в точці \vec{r} ;

$V(\vec{r}, \vec{r}')$ – функція видимості елемента $d^2\vec{r}'$ з елемента $d^2\vec{r}$;

$dF(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{|(\vec{s}' \cdot \vec{n})(\vec{s} \cdot \vec{n}')|}{\pi |\vec{r} - \vec{r}'|^2} d^2\vec{r}'$ – елементарний кутовий коефіцієнт, який

визначається відношенням світлового потоку, котрий попадає на елемент поверхні $d^2\vec{r}$ до світлового потоку, котрий випромінюється елементом поверхні

$d^2\vec{r}'$ (рис. 3.2).

При заміні у формулі (3.8) інтеграла на суму із врахуванням, що в межах елементів розбиття $M_0 = const$, $\rho = const$ сталості світимості можна отримати:

$$M_i = M_{0i} + \rho_i \sum_{j=1}^{j=N} M_j \cdot F_{ij}, \quad (3.9)$$

де

$$F_{ij} = \frac{1}{\Delta A_j} \int_{\Delta A_i} \int_{\Delta A_j} \frac{\cos \delta_i \cdot \cos \delta_j}{\pi \cdot r_{ij}^2} \cdot V_{ij} \cdot dA_i \cdot dA_j,$$

$$r_{ij} = |\dot{r}_i - \dot{r}_j|, \quad (3.10)$$

$$\cos \delta_i = \frac{-((\vec{r}_i - \vec{r}_j) \cdot \dot{n}_j)}{r_{ij}}, \quad \cos \delta_j = \frac{-((\dot{r}_i - r_j) \cdot \dot{n}_j)}{r_{ij}}.$$

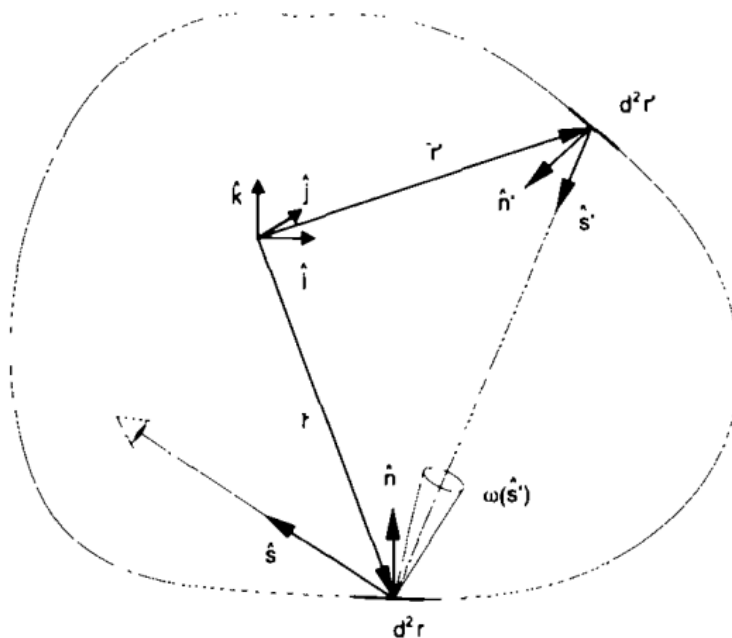


Рисунок 3.2 – Геометричне представлення для отримання рівняння візуалізації

У вигляді системи лінійних рівнянь формули (3.8) – (3.10) представлені як:

$$\begin{pmatrix} M_{0,1} \\ M_{0,2} \\ \dots \\ M_{0,N} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \rho_1 \cdot F_{11} & -\rho_1 \cdot F_{12} & \dots & -\rho_1 \cdot F_{1N} \\ -\rho_2 \cdot F_{21} & 1 - \rho_2 \cdot F_{22} & \dots & -\rho_2 \cdot F_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\rho_N \cdot F_{N1} & -\rho_N \cdot F_{N2} & \dots & 1 - \rho_N \cdot F_{NN} \end{bmatrix} \times \begin{pmatrix} M_0 \\ M_0 \\ \dots \\ M_0 \end{pmatrix}. \quad (3.10)$$

Використовуючи пакет DIALux, було проведено розрахунок освітленості системи загального освітлення робочих поверхонь приміщень кожного типу, а саме:

виставкової зали (позначення на плані 31);

вестибюлю (позначення на плані 54);

кабінету (позначення на плані 59);

балкону (позначення на плані 79);

коридору (позначення на плані 35).

В результаті розрахунку побудовано криві рівнів однакової освітленості для даних приміщень.

Згідно з розрахунком на основі методу коефіцієнта використання для забезпечення освітленості мінімальної освітленості 150 лк необхідно використати 15 світильників. Розмістимо світильники в три ряди по 5 світильників. Тоді відстань між рядами становить:

$$L_B = \frac{8,5}{3} = 2,8 \text{ м},$$

а відстань між крайнім рятюм та стіною становить 1,4 м.

Відстань між світильниками в ряді:

$$L_A = \frac{21,60}{5} = 7,2 \text{ м},$$

а відстань між крайніми світильниками та стіною – 3,6 м.

Таке розміщення світильників враховували при розрахунку

освітлювальної установки в пакеті DIALux.

Крім цього при розрахунку в пакеті враховувався коефіцієнт експлуатації 0,71, який є обернено пропорційним до коефіцієнта запасу.

В процесі розрахунку отримано такі результати:

мінімальна освітленість – 145 лк;

середня освітленість – 265;

максимальна освітленість – 334 лк.

Для виставкової зали криві рівнів однакової освітленості зображено на рис. 3.3.

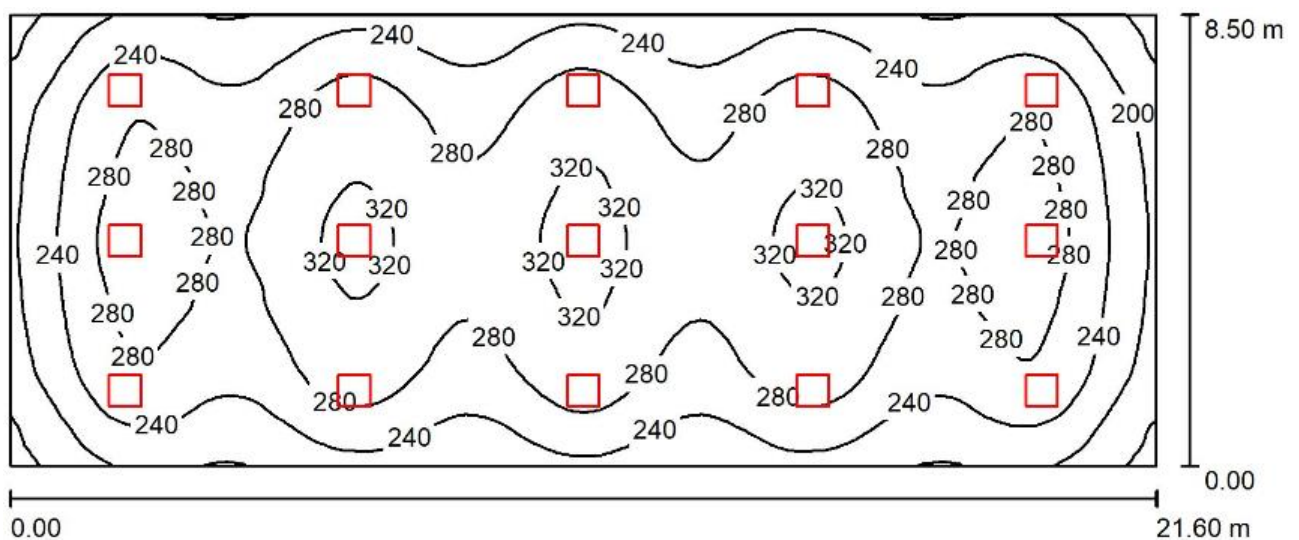


Рисунок 3.3 – Лінії однікової освітленості на робочій поверхні виставкової зали

Згідно з [20] для виставкових залів нормованою величиною є ще циліндрична освітленість, тобто середня освітленість бокової поверхні циліндра, розміри якого прямують до нуля [20]. Циліндрична освітленість $E_{ц}$

визначається із відношень $\frac{E_{г}}{E_{ц}} = f(i)$, котрі для світильників із косинусною

кривою силою світла представлені на рис. 3.4 при різних значеннях коефіцієнтів відбивання стін та робочої поверхні.

Для коефіцієнтів відбивання $\rho_{ст} = 0,5$, $\rho_{рп} = 0,1$ та індекса приміщення

$i = 1,52$ відношення $\frac{E_{\Gamma}}{E_{\Pi}} = 2,25$. Звідси

$$E_{\Pi} = \frac{E_{\Gamma}}{2,25}. \quad (3.11)$$

Підставляючи значення $E_{\Gamma} = 265$ лк в формулу (3.11), отримаємо:

$$E_{\Pi} = \frac{265}{2,25} = 118 \text{ лк.}$$

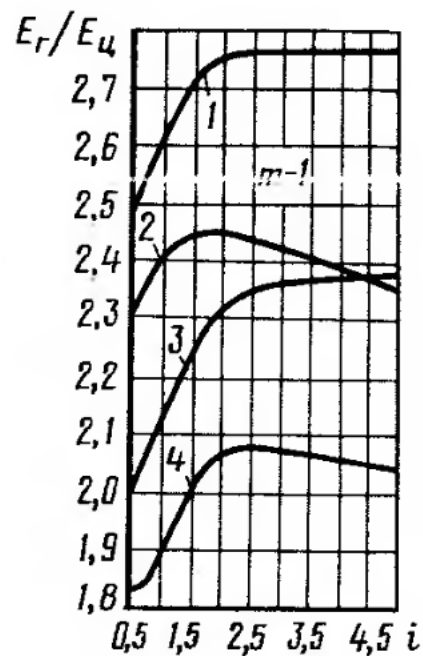


Рисунок 3.4 – Залежності $\frac{E_{\Gamma}}{E_{\Pi}} = f(i)$:

1 – $\rho_{cm} = 0,3, \rho_{pn} = 0,1$; 2 – $\rho_{cm} = 0,3, \rho_{pn} = 0,3$; 3 – $\rho_{cm} = 0,5, \rho_{pn} = 0,1$; 4 –
 $\rho_{cm} = 0,5, \rho_{pn} = 0,3$;

В процесі розрахунку освітленості на робочій поверхні вестибюлю отримано такі результати:

мінімальна освітленість – 62 лк;

середня освітленість – 137;

максимальна освітленість – 214 лк.

Криві рівнів однакової освітленості для вестибюлю зображено на рис. 3.3. Як видно із рисунка та результатів середня освітленість становить 137 лк, що є допустимим, оскільки нормована освітленість становить 150 лк, а відхилення розрахункової освітленості від нормовано в меншу сторону може становити в межах 10 %. Крім того робоча зона вестибюлю знаходиться не в центрі, а по краях. Ширина робочої зони становить 2,6 м.

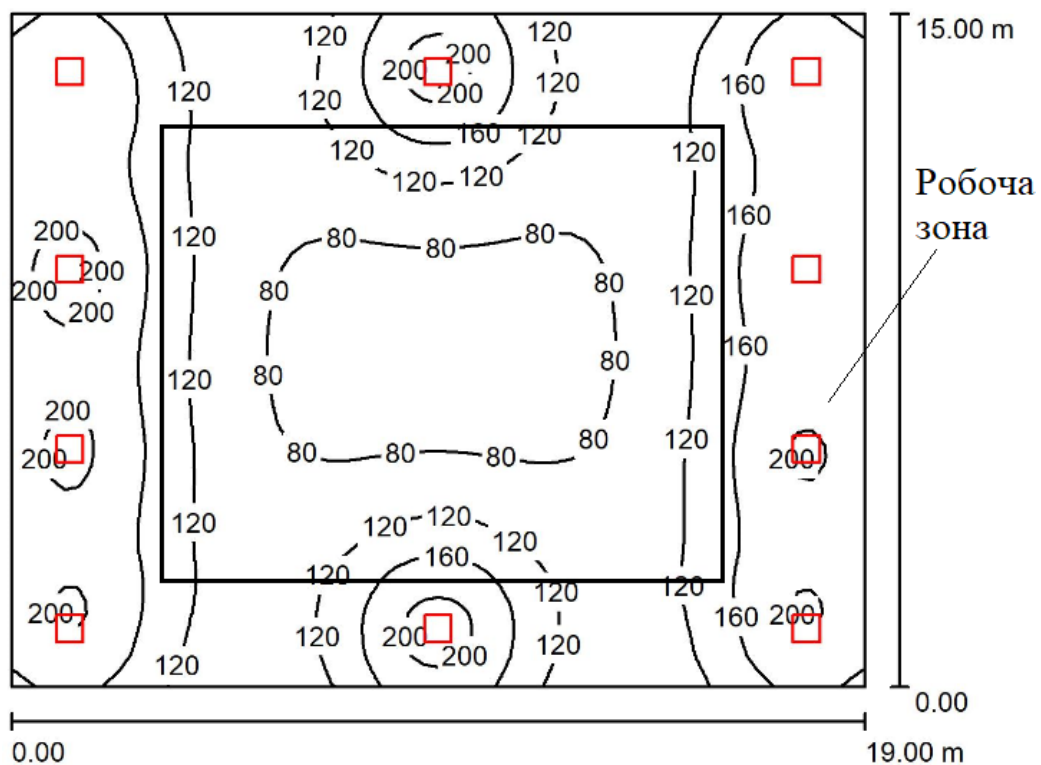


Рисунок 3.3 – Лінії однікової освітленості на робочій поверхні вестибюлю

При розрахунку освітленості робочої поверхні кабінету отримано такі результати:

мінімальна освітленість – 238 лк;

середня освітленість – 322;

максимальна освітленість – 373 лк.

Результати є допустимими, оскільки нормована освітленість для кабінтних приміщень становить від 200 до 400 лк.

Криві рівнів однакової освітленості для вестибюлю зображено на рис.

3.4.

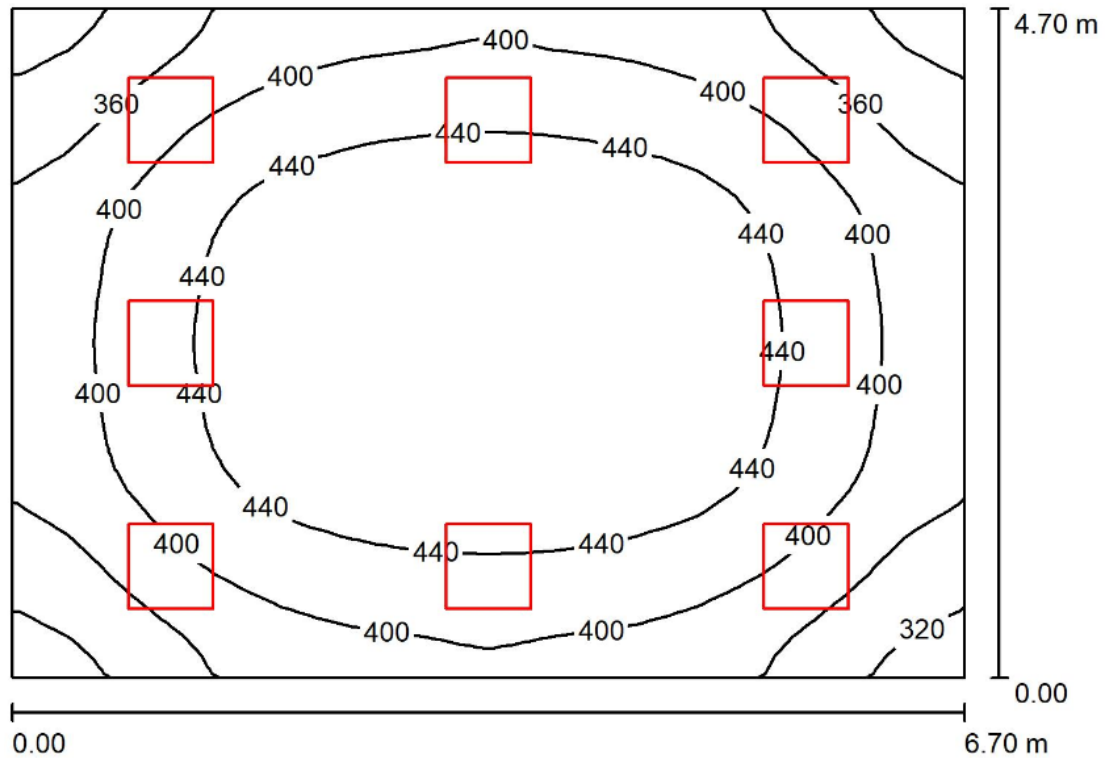


Рисунок 3.4 – Лінії однікової освітленості на робочій поверхні кабінету

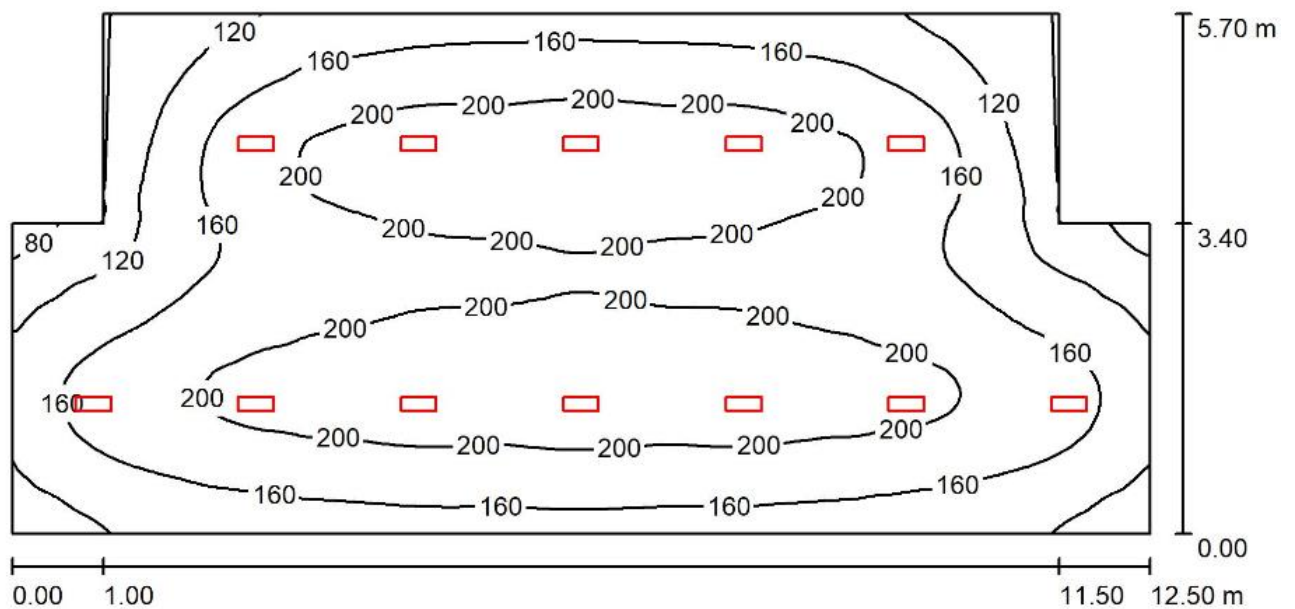


Рисунок 3.5 – Лінії однікової освітленості на робочій поверхні балкону

В результаті розрахунку освітлення балкону на основі метода коефіцієнта використання встановлено, що для забезпечення освітленості 150 лк необхідно 12 світильників зі світловим потоком 2500 лм. Враховуючи специфіку форми

балкона, сувітлові прилади розміщено у двох рядах в кількості по 7 та по 5 світильників. В процесі розрахунку отримано наступні результати:

мінімальна освітленість – 73 лк;

середня освітленість – 174;

максимальна освітленість – 225 лк.

Лінії однакової освітленості робочої поверхні балкону представлено на рис. 3.5.

В результаті розрахунку освітлення коридорного приміщення на основі метода коефіцієнта використання встановлено, що для забезпечення освітленості нарівні підлоги 75 лк необхідно 7 світлових приладів зі світловим потоком 5100 лм. Враховуючи специфіку форми коридору світлові прилади розміщено посеційно. В процесі розрахунку отримано наступні результати:

мінімальна освітленість – 46 лк;

середня освітленість – 89;

максимальна освітленість – 135 лк.

Лінії однакової освітленості робочої поверхні коридору представлено на рис. 3.6.

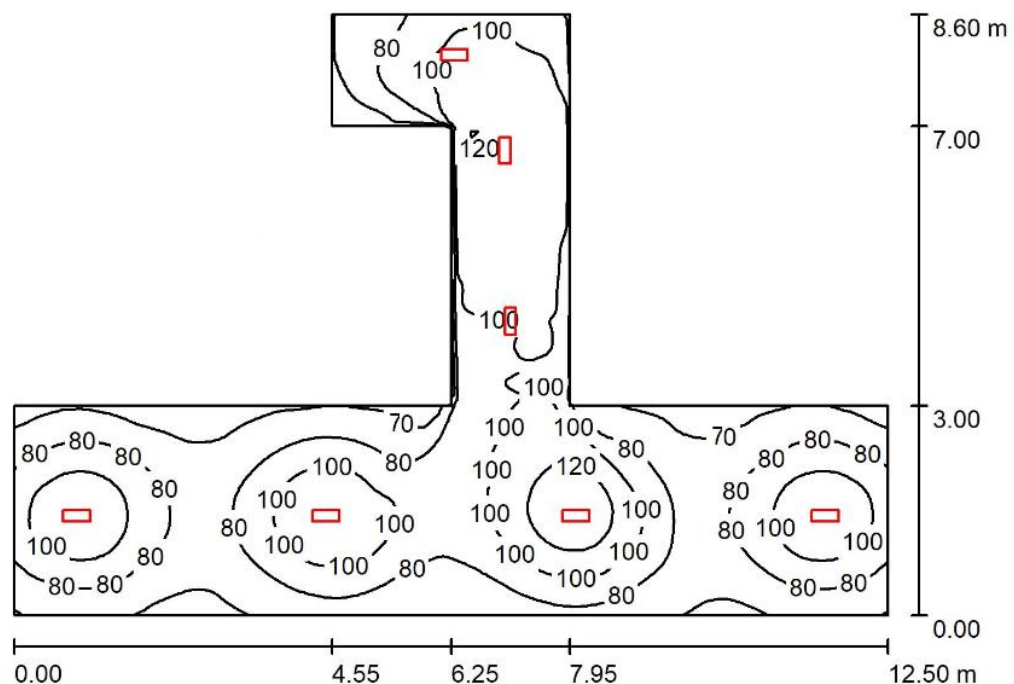


Рисунок 3.6 – Лінії однікової освітленості на робочій поверхні коридору

3.3 Розрахунок питомого енергоспоживання системою освітлення приміщень краєзнавчого музею

Згідно із методикою, наведеною в [33], для будівель питоме EP енергоспоживання системами освітлення потрібно розраховувати, використовуючи формулу:

$$EP = \frac{W_L + W_P}{A}, \quad (3.12)$$

де W_L – витрати електричної енергії, яка споживається для живлення освітлювальної системи будівлі;

W_P – витрати електричної енергії, яка використовується для заряджання акумуляторів світильників системи аварійного освітлення;

A_f – площа будівлі, що опалюється або кондиціонується.

Електричну енергію, яка є необхідною для реалізації функції штучного освітлення, можна розрахувати за формулою:

$$W = P_N \cdot F_c \cdot F_0 \cdot A_f \cdot T, \quad (3.13)$$

де P_N – питома потужність штучного освітлення, яке встановлено в будівлі;

F_c – постійний коефіцієнт яскравості, розрахунок якого здійснюється відповідно до показників типових значень.

F_0 – коефіцієнт, чисельне значення якого дорівнює відношенню використання загальної встановленої потужності системи освітлення до зонового періоду використання;

F_D – коефіцієнт, який розраховується як відношення загальної потужності системи штучного освітлення до наявного природного освітлення.

t_D, t_N – час використання природного освітлення в приміщеннях будівлі.

У відповідності з додатком Додатком 9 [34] при розрахунку питомого значення енергоспоживання системами освітлення для будівель культурно-розважальних закладів та дозвільних установ прийmemo наступне: $F_C = 1$, $F_0 = 1$, $F_D = 1$, $t_D = 2250$ год, $t_N = 250$ год.

Питому потужність P_N для штучного освітлення, встановленого в будівлі краєзнавчого музею розраховуємо як відношення сумарної загальної потужності світлових приладів до сумарної загальної площі приміщень, які освітлюються. Сумарна $P_{\Sigma P}$ потужність робочого освітлення становить $P_{\Sigma P} = 85,117$ кВт. В розрахунках площу освітлюваних приміщень прийmemo такою, що становить $A_f = 4873,70$ м². Отже, чисельне значення питомої потужності освітлювальної системи робочого освітлення:

$$P_N = \frac{85,117 \cdot 10^3}{4873,70} = 17,46 \text{ Вт/м}^2.$$

Підставляючи чисельні значення для P_N, F_C, F_0, F_D, t_D та t_N у вираз (3.13), отримаємо:

$$W_L = 17,46 \cdot 1 \cdot \frac{(2250 \cdot 1 \cdot 1 + 250 \cdot 1) \cdot 4873,70}{1000} = 212737,00 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Кількість електричної енергії W_P , яка є необхідною для процесу заряджання акумуляторних батарей світильників визначається за формулою:

$$W_p = (P_{em} + P_{pc}) \cdot A_f \quad (3.14)$$

де P_{em} – питома потужність, яку необхідно на заряджання акумуляторних батарей світильників аварійного освітлення, відповідно до Додатку 9 [34] приймається $P_{em} = 1$ ~~кВт/м²~~;

P_{pc} – значення питомої потужності, котра затрачається на живлення систем керування світильниками аварійного аварійного освітлення, в періоди, невикористання світлових приладів.

Приймаємо, що $P_{pc} = 5$ ~~кВт/м²~~.

Підставивши числові значення для P_{em} та P_{pc} у формулу (3.14), отримаємо:

$$W_p = (1 + 5) \cdot 4873,70 = 29242,20 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Підставивши чисельні значення для W_L , W_p та A_f у вираз (3.12), отримаємо:

$$EP = \frac{212737,00 + 29242,20}{4873,70} = 49,65 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Отже, питоме енергоспоживання запропонованої системи освітлення на 1 квадратний метр опалювальної площі приміщень краєзнавчого музею протягом одного року становить 49,65 кВт·год.

3.4. Висновки до розділу

1. На підставі світлотехнічного розрахунку системи освітлення встановлено кількість світлових приладів, необхідну для забезпечення рівня нормованої освітленості приміщень будівлі музею.

2. Для кожного виду приміщень з найбільшими площами здійснено моделювання освітлювальної в пакеті DIALux. В результаті чого отримано значення середньої, максимальної та мінімальної освітленості на робочих поверхнях цих приміщень. Встановлено, що у виставковій залі з розмірами 21,6×8,50 м та висотою 5 м при використанні в системі загального освітлення 15 світильників із світловим потоком 5100 лм значення середньої освітленості робочої поверхні становить 265 лк, а циліндричної – 118 лк.

3. Розраховано питоме річне енергоспоживання запропонованої системи освітлення, яке становить 49,65 кВт·год/м².

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Аналіз факторів на об'єкті проектування, які впливають на наслідки уражень електричним струмом

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

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

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

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

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

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

Наявність в опорі тіла людини ємнісної складової при зростанні частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла та зростанням струму, що проходить через тіло людини. Найнебезпечнішим для людини є діапазон частот до 50 Гц. Подальше збільшення частоти, супроводжується зниженням небезпеки ураження, котра повністю зникає при частоті 450–500 Гц, тобто струм такої та більшої частоти—не може викликати смертельного ураження внаслідок припинення роботи життєво важливих органів. Однак струми такої частоти зберігають небезпеку опіків при

виникненні електричної дуги та при проходженні їх безпосередньо через тіло людини. Значення фібриляційного струму при частотах 50–100 Гц практично однакові; при частоті 200 Гц фібриляційний струм зростає приблизно в два рази в порівнянні з його значенням при 50–100 Гц, а при частоті 400 Гц – більше, ніж в 3 рази.

Постійний струм є приблизно в 4–5 разів безпечнішим, ніж змінний струм частотою 50 Гц. Проходячи через тіло людини, постійний струм, викликає слабші скорочення м'язів і менш неприємні відчуття порівняно зі змінним того ж значення. Лише в момент замикання і розмикання ланки струму людина відчуває короточасні болісні відчуття внаслідок судомного скорочення м'язів. Порівняльна оцінка постійного та змінного струмів справедлива лише для напруг до 500 В. Вважається, що при більш високих напругах постійний струм стає небезпечнішим, ніж змінний частотою 50 Гц.

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

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

Із зростанням тривалості дії струму зростає ймовірність важкого або смертельного наслідку. Така залежність пояснюється тим, що зі зростанням часу впливу струму на живу тканину підвищується його значення, накопичуються наслідки впливу струму на організм. Зростає також імовірність співпадання моменту проходження струму через серце з уразливою фазою серцевого циклу (кардіоциклу). Зростання сили струму зі зростанням часу його дії пояснюється зниженням опору тіла людини внаслідок місцевого нагрівання шкіри та подразнювальної дії на тканини. Це викликає рефлекторну, тобто через центральну нервову систему, швидку зворотну реакцію організму у вигляді розширення судин шкіри, а відтак – посилення постачання її кров'ю і підвищення потовиділення, що й призводить до зниження електричного опору шкіри в цьому місці.

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

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

Відомо, що здорові та фізично міцні люди легше переносять електричні удари, ніж хворі та слабкі. Особливо сприйнятливими до електричного струму є

особи, котрі нездужають на захворювання шкіри, серцево-судинної системи, органів внутрішньої секреції, легенів, мають нервові хвороби. Важливе значення має психічна підготовленість до можливої небезпеки ураження струмом. В переважній більшості випадків несподіваний електричний удар навіть за низької напруги призводить до важких наслідків. Проте за умови, коли людина очікує удару, то ступінь ураження значно знижується. Тому великого значення набувають ступінь уваги, зосередженість людини на виконуваній роботі, втома.

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

4.2. Причини виникнення пожеж та основні шляхи їх запобігання в музейних приміщеннях

Основними причинами пожеж, що найбільш часто трапляються в музеях, є неправильна експлуатація електроприладів, аварійні режими в електромережах, необережність під час паління й користування відкритим вогнем тощо.

Розвитку пожеж сприяють:

- відсутність зв'язку, пожежної сигналізації й автоматичного пожежогасіння, неправильний монтаж та експлуатація приладів;
- недостатність первинних засобів пожежогасіння;
- невміння працівників музею локалізувати пожежу за допомогою первинних засобів пожежогасіння або автоматичних установок з ручним запуском;
- непомітне поширення тління;
- великі об'єми фондосховищ й інших приміщень, через що вогонь швидко поширюється;

- порушення протипожежних правил та інструкцій під час будівництва та ремонту будинків; розташування спеціалізованих служб у приміщеннях, небезпечних щодо пожеж; неакуратне застосування й зберігання горючих матеріалів тощо;

- незадовільна організація служби охорони в неробочий час (неповні обходи, великі проміжки часу між обходами). Більшість пожеж виникає вночі, тому не- правильні дії й неадекватні засоби гасіння служать причиною двох третин від завданого збитку.

Руйнівними чинниками під час пожежі:

- 5) вогонь, який може повністю знищити музейні предмети;
- 6) висока температура, яка призводить до повного чи часткового зуглення матеріалів;
- 7) гарячі гази та дим, які спричиняють хімічне руйнування матеріалів предметів або знебарвлювання зображень та тексту;
- 8) сильне забруднення предметів сажею та попелом.

Найпоширенішими матеріалами музейних предметів є папір, тканина, дерево, кераміка, метал та інші експонати на органічній основі, яким властива підвищена горючість, а в певних умовах – здатність до самозаймання. Тому захист музейних предметів від пожеж – першочергове завдання їх збереження.

Шляхами запобігання виникнення пожеж в музейних спорудах є:

- 9) визначення для кожного приміщення категорії пожежної небезпеки, виходячи з «Визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній та пожежній небезпеці» відповідно до ДБН В.1.1.7-2002;
- 10) застосування в усіх приміщеннях музеїв сучасних автоматичних систем виявлення диму й вогню, які одночасно запускають системи сигналізації в будівлі музею й у місцевому відділенні пожежної охорони відповідно до ДБН В.2.5.56-2014;
- 11) використання системи автоматичної пожежної сигналізації у виставкових залах;

- 12) встановлення в будівлях внутрішніх пожежних кранів, дренчерних та спринклерних установок пожежогасіння;
- 13) наявність первинних засобів захисту (наприклад, вогнегасники ВВПА-400) із розрахунку 1 вогнегасник на 50 м² площі;
- 14) забезпечити зв'язок автоматичних систем пожежної сигналізації та автоматичних установок пожежогасіння зі схемою централізованого увімкнення вентиляції та кондиціювання повітря;
- 15) щоденна перевірка стану систем сигналізації та пожежогасіння;
- 16) виконання вимог пожежної безпеки в приміщеннях;
- 17) обмеження місць паління для співробітників;
- 18) розробка планів та схем евакуації відвідувачів, персоналу та музейних цінностей, а також план заходів щодо дії адміністрації та персоналу на випадок виникнення пожеж;
- 19) розроблення інструкції з пожежної безпеки та дій персоналу із запобігання та гасіння пожежі.
- 20) призначення відповідальних за протипожежний стан;
- 21) розробка та дотримання «Планування дій на випадок надзвичайних ситуацій в установі».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

3.5. Проведено аналіз характеристик приміщень будівлі Полтавського краєзнавчого музею імені Василя Кричевського встановлено, що найбільшу площу приміщень музею (2176,1 м²) займають виставкові зали, що становить 44,65 % від усієї загальної площі. Під приміщення вестибюлів та кабінетів виділено відповідно 13,37 та 12,44 % від загальної площі. Частка решти приміщень кожного призначення не перевищує 7,5 %.

4. На основі аналізу основних функціональних вимог до освітлення визначено характер та тип випромінювання джерел світла для освітлення музейних приміщень. Проаналізовано нормативні вимоги до електрообладнання приміщень музейних будівель. Визначено характеристики, котрі використовуються в якості нормативних параметрів систем освітлення.

5. Для приміщень будівлі музею здійснено вибір виду та системи освітлення, нормованої освітленості, джерел світла та світлових приладів, що послужило вихідними даними для моделювання та світлотехнічного розрахунку приміщень.

6. На підставі світлотехнічного розрахунку системи освітлення встановлено кількість світлових приладів, необхідну для забезпечення рівня нормованої освітленості приміщень будівлі музею.

7. Для кожного виду приміщень з найбільшими площами здійснено моделювання освітлювальної в пакеті DIALux. В результаті чого отримано значення середньої, максимальної та мінімальної освітленості на робочих поверхнях цих приміщень. Встановлено, що у виставковій залі з розмірами 21,6×8,50 м та висотою 5 м при використанні в системі загального освітлення 15 світильників із світловим потоком 5100 лм значення середньої освітленості робочої поверхні становить 265 лк, а циліндричної – 118 лк.

8. Розраховано питоме річне енергоспоживання запропонованої системи освітлення, яке становить 49,65 кВт·год/м².

9. Здійснено вибір напруги, джерела живлення, марки проводу

електричної освітлювальної мережі музею, що послужило основою та вихідними даними для електротехнічного розрахунку системи освітлення.

10. На підставі розрахунку вибрано перерізи жил кабелів електричної освітлювальної мережі. Встановлено, що застосування чотирипровідних трифазних з нульовим проводом групових ліній дозволяє на 40 % зменшити перерізи жил кабелів основних ділянок.

11. По результатах розрахунку по струму навантаження вибрано апарати захисту для ділянок електричної освітлювальної мережі, а також групових ліній.

12. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано фактори, які впливають на наслідки ураження електричним струмом на об'єкті проектування. Відображено причини виникнення пожеж та основні шляхи їх запобігання в приміщеннях будівель музеїв.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Полтавський краєзнавчий музей імені Василя Кричевського. [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 02 грудня]. Режим доступу: <http://pkm.poltava.ua/ua/holovna.html>.
2. Полтавський краєзнавчий музей - перлина українського модерну [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 01 грудня]. Режим доступу: <http://incognita.day.kyiv.ua/poltavskij-krayeznavchij-muzej-perlina-ukrayinskogo-modernu.html>.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.: ил.
4. Северин В.Д. Сучасне освітлення в дизайні музейних експозицій / В.Д. Северин // Гуманітарний часопис. – 2018. – № 2. – С. 89-98.
5. Мешков В.В. Основы светотехники / В.В. Мешков. – М. – Энергоатомиздат. – 1989. – ч. II.
6. Бхаттачарджи А. Сравнение светодиодных и «традиционных» источников света по применимости к музейному освещению / Бхаттачарджи А Бхаттачарджи, С. Мазамдар //Светотехника: - М. - 2016. №2 – С. 29-32.
7. Девина Р.А. Хранение музейных коллекций: Учебное пособие / Р.А. Девина, А.В. Бредняков, Л.И. Душкина, Н.Л. Ребрикова, Г.А. Зайцева. – М., 1995. – 203 с.
8. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
9. ПУЕ: 2009. Правила улаштування електроустановок.
10. ДБН В.2.5-24:2012. Електрична кабельна система опалення.
11. ДБН В 2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
12. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
13. ДБН В.2.5-20-2001. Газопостачання.
14. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.

15. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
16. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом.
17. ДБН В.2.5-27:2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. 8) ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
18. ДБН В.2.2-16:2019. Культурно-видовищні та дозвілєві заклади.
19. ПУЕ: 2017. Правила улаштування електроустановок.
20. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення.
21. [Глазные болезни. Учебник Раздел I. История. анатомия и физиология органа зрения.](#) Глава 5. Оптическая система и рефракция глаза [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 05 грудня]. Режим доступу: <https://eypress.ru/article.aspx?42776>.
22. Критерии выбора источника света. [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 08 грудня]. – Режим доступу до журн.: <http://start-service.net/content/9-kriterii-vybora-istochnika-sveta>
23. LEDISON™. Каталог продукции . [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 09 грудня]. – Режим доступу до журн.: <http://ledison.ua/>.
24. SMD2835 LED. Datasheet pdf. Equivalent [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 09 грудня]. – Режим доступу до журн.: <https://datasheetpdf.com/pdf/1310602/Bridgelux/SMD2835/1>.
25. Панель потолочная офисная светодиодная армстронг LED FLF-87 60W NW [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 08 грудня]. – Режим доступу до журн.: <https://www.brille.ua/1121-083/>.
26. Світильник стельовий вбудований світлодіодний LED-28/25W 52 pcs CW DL [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 08 грудня]. – Режим доступу до журн.: <https://www.brille.ua/ua/163-006/>.
27. ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОДИОДА LED SMD 5630 [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 05 грудня]. – Режим доступу до журн.:

<http://led-obzor.ru/harakteristiki-svetodioda-led-smd-5630>.

28. Схеми живлення освітлювальних установок [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 03 грудня]. – Режим доступу до журн.: <https://lektsii.org/6-2336.html>.

29. Тищенко Г.А. Осветительные установки.: Учебник для учащихся техникумов специальности "Электроосветительные приборы и установки". / Г.А. Тищенко – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.; ил.

30. The IESNA LIGHTING HANDBOOK, Ninth Edition. Copyright © 2000 by the Illuminating Engineering Society of North America.

31. Назаренко Л.А. Світлотехнічні розрахунки: навч. посібник / Л.А. Назаренко, Т.В. Можаровська, В.С. Чернець; Харків. Нац. ун-т міськ. Госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 142 с.

32. Гончаров А.Д. Универсальный метод расчета коэффициента использования светового потока // А.Д. Гончаров, В.И. Туев. / Доклады ТУСУРа, том 20 – № 2, – 2017 – С. 55 – 60.

33. Макаров Д.Н. Методы компьютерного моделирования осветительных установок: дис. ... кандидата техн. наук: 05.09.07 / Макаров Денис Николаевич. – М, 2007. – 121 с.

34. НАКАЗ від 11.07.2018 № 169 "Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель".

35. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ ЗАХИСТУ В МЕРЕЖАХ ДО 1000 В Навчально - методичний посібник до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни "Електричні апарати" (для студентів 3 - 4 курсів денної та заочної форм навчання спеціальності 6.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання"). Укл.: В.М.Буряк, Н.А. Дейнеко. - Харків: ХНАМГ, 2007. – 62 с.

36. ВИМИКАЧІ-РОЗ'ЄДНУВАЧІ серії УКРЕМ ВА-2007-ВРН [Електронний ресурс] – [Цит. 2020, 04 грудня]. Режим доступу: <https://www.acko.ua/upload/uf/d43/ТехПаспорт%20Вимикачі%20навантаження%20ВА-2007.pdf>

37. Перетятко П.О. Світлотехнічний розрахунок системи аварійного освітлення // П.О. Перетятко, Є.В. Михалець, Р.В. Маїло, Я.М. Осадца. – Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25 – 26 листоп. 2020.). Том II / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – С. 125.

№ Назва приміщення	S, м ²	h _p , м	E, лк	κ _з	ДС (тип, потужність, світловий потік)	ОП (тип, кількість ламп в світильнику)	i	U	N, шт	P _{оу} , кВт
Перший поверх										
1 Тамбур	5,2	5	75	1,4	SMD 5630 потужністю 25Вт	LED-28/25W 52 pcs,2300лм	0,2	0,36	1	0,025
2 Вестибюль	92,5	5	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	1,02	0,50	9	0,432
3 виставкова	13,0	5	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 лм	0,3	0,36	4	0,24
4 Вестибюль	152,8	4	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	1,3	0,58	6	0,288
5 Виставкова зала	101,7	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	1,1	0,58	8 30	0,384 1,44
6 виставкова зала	117,2	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	1,3	0,58	10 28*	0,48 1,34
7 виставкова зала	82,9	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,9	0,50	8 30*	0,384 1,44
8 виставкова зала	51,6	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,8	0,50	5 16*	0,24 0,768
9 виставкова зала	33,2	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,4	0,36	5 16*	0,24 0,768
10 Кабінет	20,4	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 лм	0,5	0,36	6	0,36
11 сходи	20,2	4	100	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,4	0,36	2	0,096
12 кабінет	20,4	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 лм	0,5	0,36	6	0,36
13 виставкова зала	101,1	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	1,1	0,58	8 30*	0,384 1,44
14 виставкова зала	84,3	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,9	0,50	8 30*	0,384 1,44
15 виставкова зала	116,6	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	1,2	0,58	10 28*	0,48 1,34
16 сходи	19,7	4	100	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,4	0,36	2	0,096
17 коридор	19,7	4	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,3	0,36	3	0,144
18 виставкова зала	43,5	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-	0,8	0,50	4	0,192

№ Назва приміщення	S, м ²	h _p ,м	E, лк	к _з	ДС (тип, потужність, світловий потік)	ОП (тип, кількість ламп в світильнику)	i	U	N, шт	P _{оу} , кВт
						220-48 Вт 4000К,5100 Лм			12*	0,576
19 виставкова зала	29,7	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-220-48 Вт 4000К,5100 Лм	0,6	0,36	4	0,192
									14*	0,672
20 кабінет	8,0	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,3	0,36	2	0,12
21 коридор	19,5	3	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-220-48 Вт 4000К,5100 Лм	0,6	0,36	2	0,096
22 кабінет	12,3	3	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,5	0,36	2	0,12
23 виставкова	26,0	4	200	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,5	0,36	4	0,24
24 виставкова	21,0	4	200	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,5	0,36	3	0,18
25 виставкова зала	55,2	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-220-48 Вт 4000К,5100 Лм	0,9	0,50	5	0,24
									18*	0,864
26 електрощитова	7,8	4	75	1,4	SMD 5630 потужністю 25Вт	LED-28/25W 52 pcs ,2300Лм	0,3	0,36	1	0,025
27 умивальник	5,4	3	150	1,4	SMD 5630 потужністю 25Вт	LED-28/25W 52 pcs ,2300Лм	0,3	0,36	2	0,05
28 умивальник	9,1	3	150	1,4	SMD 5630 потужністю 25Вт	LED-28/25W 52 pcs ,2300Лм	0,5	0,36	3	0,075
29 сан. вузол	7,0	3	150	1,4	SMD 5630 потужністю 25Вт	LED-28/25W 52 pcs ,2300Лм	0,4	0,36	2	0,05
30 сан. вузол	20,3	3	150	1,4	SMD 5630 потужністю 25Вт	LED-28/25W 52 pcs ,2300Лм	0,8	0,50	5	0,125
31 виставкова зала	181,6	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-220-48 Вт 4000К,5100 Лм	1,5	0,58	15	0,72
									48*	2,02
32 виставкова зала	26,2	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-220-48 Вт 4000К,5100 Лм	0,5	0,36	4	0,132
									14*	0,672
33 коридор	12	4	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-220-48 Вт 4000К,5100 Лм	0,4	0,36	2	0,096
34 кабінет	25,8	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,5	0,36	7	0,42
35 коридор	55	4	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-220-48 Вт 4000К,5100 Лм	0,5	0,36	7	0,336
36 коридор	11,5	4	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H11-220-48 Вт 4000К,5100 Лм	0,4	0,36	2	0,096

№ Назва приміщення	S, м ²	h _p , м	E, лк	к _з	ДС (тип, потужність, світловий потік)	ОП (тип, кількість ламп в світильнику)	i	U	N, шт	P _{оу} , кВт
37 кабінет	17,4	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,5	0,36	4	0,24
38 кабінет	13,4	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,4	0,36	4	0,24
39 кабінет	16,4	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,5	0,36	5	0,3
40 кабінет	14,1	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,4	0,36	4	0,24
41 коридор	6	4	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	0,2	0,36	1	0,048
42 сан вузол	2,5	3	150	1,4	SMD 5630	LED-28/25W 52 pcs ,2300Лм	0,2	0,36	1	0,025
сума	1927,2									
Другий поверх										
43 кабінет	20,4	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,5	0,36	6	0,36
44 сходи	20,2	4	100	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	0,4	0,36	2	0,096
45 кабінет	20,4	4	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,5	0,36	6	0,36
46 виставкова зала	51,4	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	0,8	0,50	5	0,24
									16*	0,768
47 виставкова зала	33,2	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	0,4	0,36	5	0,24
									16*	0,768
48 виставкова зала	117,2	5	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	1,3	0,58	10	0,48
									28*	1,34
49 виставкова зала	82,9	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	0,9	0,50	8	0,384
									30	1,44
50 виставкова зала	101,7	4	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	1,1	0,58	8	0,384
									30*	1,44
51 виставкова зала	14,3	6	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	0,2	0,36	2	0,096
									10*	0,48
52 виставкова зала	87,6	6	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	0,7	0,50	8	0,384
									22*	1,056
53 виставкова зала	14,3	6	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000K,5100 Лм	0,2	0,36	2	0,096
									10*	0,48
54 вестибюль	262,7	6	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I-	1,1	0,58	10	0,480

№ Назва приміщення	S, м ²	h _p , м	E, лк	к _з	ДС (тип, потужність, світловий потік)	ОП (тип, кількість ламп в світильнику)	i	U	N, шт	P _{оу} , кВт
70кабінет	20,4	3	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,7	0,50	4	0,24
71сходи	20,5	3	100	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,6	0,36	2	0,096
72кабінет	20,4	3	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,7	0,50	4	0,24
73сховище	51,4	3	75	1,4	SMD 5630	LED-28/25W 52 pcs ,2300лм	1,1	0,58	5	0,125
74сховище	33,2	3	75	1,4	SMD 5630	LED-28/25W 52 pcs ,2300лм	0,8	0,50	4	0,1
75виставкова зала	82,3	3	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	1,3	0,58	7 30*	0,336 1,44
76допоміжне приміщення	87,6	3	75	1,4	SMD 5630	LED-28/25W 52 pcs ,2300лм	1,5	0,58	8	0,2
77 вестибюль	144	3	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	2,3	0,72	9	0,432
78 коридор	9,8	3	150	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,5	0,36	2	0,096
79 балкон	66,7	3	150	1,4	SMD 5630	LED-28/25W 52 pcs,2300лм	1,2	0,58	12	0,3
80 виставкова зала	9,5	3	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,5	0,36	2 6*	0,096 0,29
81 виставкова зала	14,6	3	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,6	0,36	2 10*	0,096 0,48
82 виставкова зала	35,2	3	200	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,9	0,50	4 16*	0,192 0,768
83 кабінет	19,1	3	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,4	0,36	5	0,3
84 кабінет	31,4	3	300	1,4	SMD2835 LED	FLF-87 60W NW 300 pcs 5100 Лм	0,9	0,50	6	0,36
85 сходи	15,1	3	100	1,4	SMD2835 LED	Ledison A36-5140-H1I- 220-48 Вт 4000К,5100 лм	0,6	0,36	2	0,096
86 бібліотека	32,1	3	75	1,4	SMD 5630	LED-28/25W 52 pcs ,2300лм	0,9	0,50	3	0,075
87 бібліотека	25	3	75	1,4	SMD 5630	LED-28/25W 52 pcs ,2300лм	0,7	0,50	3	0,075
88 бібліотека	39,1	3	75	1,4	SMD 5630	LED-28/25W 52 pcs	0,9	0,50	4	0,1

