

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Система освітлення приміщень будинку культури та мистецтв

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТ-41
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

		Гетманюк Н.І. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Зінь М.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Мовчан Л.Т. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Коваль В.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Золотий Р.З. (прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«26» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Гетманюку Назару Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система освітлення приміщень будинку культури та мистецтв

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

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1162

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Будівельні креслення будівлі, Державні будівельні норми, характеристики світлових приладів

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

ВСТУП

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

Титульний аркуш презентації – 1 арк.; Мета та завдання роботи – 1 арк., Інформація щодо будівлі – 1 арк.; Нормовані світлотехнічні параметри систем робочого та аварійного освітлення – 1 арк.; Технічні характеристики світлових приладів – 1 арк.; Світлотехнічний розрахунок робочого та аварійного освітлення – 3 – 5 арк.; Плани електричної освітлювальної мережі – 2 арк.; Розрахунок електричної освітлювальної мережі та вибір, вибір площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту – 2 – 5 арк.; Розрахунок втрат напруги в електричній освітлювальній мережі – 1 арк., Загальні висновки до кваліфікаційної роботи – 1 арк.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТ – 41. - Т.: ТНТУ, 2026.

Стор. 72; рис. 23; табл. 9; креслень (сторінок презентації) – 10; використаних джерел – 23, сторінок додатків – 7.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Система освітлення приміщень будинку культури та мистецтв».

Метою роботи є розроблення технічних рішень щодо проектування систем робочого та аварійного освітлення будинку культури та мистецтв.

На підставі результатів, отриманих шляхом світлотехнічного розрахунку в спеціалізованому програмному пакеті DIALux evo запропоновано систему робочого та аварійного освітлення приміщень будинку культури. Виконано розрахунок електричної освітлювальної мережі приміщень по струму навантаження та по втраті напруги, на основі чого вибрано кабелі та апарати захисту.

Ключові слова:

СВІТИЛЬНИК, ОСВІТЛЕНІСТЬ, РОБОЧЕ ОСВІТЛЕННЯ, АВАРІЙНЕ ОСВІТЛЕННЯ, РОБОЧИЙ СТРУМ НАВАНТАЖЕННЯ, АВТОМАТИЧНИЙ ВИМИКАЧ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Електрообладнання, електропостачання та електроосвітлення будівель культурно-видовищних закладів	8
1.2 Особливості освітлення приміщень будинків культури	11
1.3 Основні відомості про об'єкт проектування	15
1.4 Висновки до розділу	16
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Вибір систем освітлення приміщень будинку культури та мистецтв	18
2.2 Вибір нормованих світлотехнічних параметрів систем робочого та аварійного освітлення приміщень будинку культури	19
2.3 Вибір джерел світла та світлових приладів для систем робочого та аварійного освітлення	21
2.4 Електрична освітлювальна мережа будівлі	25
2.5 Розрахунок електричної освітлювальної мережі будівлі, вибір площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту	28
2.5.1 Розрахунок групових ліній	28
2.5.2 Розрахунок ліній живлення щитів освітлення	29
2.5.3 Вибір апаратів захисту ділянок електричної освітлювальної мережі будівлі	32
2.6 Висновки до розділу	36
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Вихідні дані для світлотехнічного розрахунку систем освітлення приміщень будинку культури	38
3.1.1 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення	40
3.1.2 Світлотехнічний розрахунок систем аварійного освітлення	46
3.2 Розрахунок втрат напруги в електричній освітлювальній мережі	50
3.3 Висновки до розділу	53

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Економічне та соціальне значення заходів з охорони праці та техніки безпеки	54
4.2 Надзвичайні ситуації та аналіз основних причин їх виникнення	55
4.3 Основні фактори небезпеки при експлуатації систем освітлення будівель та споруд	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТОК А	66
ДОДАТОК Б	70

ВСТУП

Будинки культури, центри дитячої та юнацької творчості, а також мультифункціональні дозвілєві заклади посідають особливе місце в соціально-культурній інфраструктурі будь-якого населеного пункту. На відміну від вузькоспеціалізованих об'єктів, таких як комерційні кінотеатри, професійні драматичні театри чи фітнес-центри, архітектура та внутрішній простір будинків культури характеризуються надзвичайно високим рівнем універсальності. В межах однієї будівлі одночасно функціонують видовищні зони (глядацькі зали, концертні майданчики), навчально-репетиційні простори (хореографічні класи, вокальні студії, гурткові кімнати), виставкові галереї, а також адміністративно-побутові та комунікаційні приміщення (вестибюлі, фое, гардеробні).

Така багатопрофільність висуває жорсткі й комплексні вимоги до проєктування інженерних систем, серед яких штучне та природне освітлення є ключовими факторами формування візуального комфорту, безпеки та художнього сприйняття простору. Освітлення в будинках культури перестає бути суто утилітарною інженерною мережею. Воно перетворюється на самостійний архітектурно-художній інструмент, здатний трансформувати приміщення залежно від поточного сценарію його використання: від проведення офіційних зборів і семінарів до масштабних театралізованих дійств та художніх виставок.

Сучасний етап розвитку світлотехніки характеризується тотальним переходом на твердотільні джерела світла (LED технології), інтеграцією цифрових протоколів керування та підвищенням вимог до енергоефективності й екологічності споруд.

Саме тому, проєктування енергоефективних систем освітлення будинків культури є необхідною умовою їх ефективного функціонування. Воно забезпечує комфорт і безпеку відвідувачів, сприяє реалізації художніх задумів, підвищує енергоефективність будівлі та гарантує відповідність сучасним нормативним вимогам. Якісно спроектована система освітлення є важливим

фактором успішної діяльності закладу культури та створення позитивного враження у його відвідувачів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Електрообладнання, електропостачання та електроосвітлення будівель культурно-видовищних закладів

Згідно з Національним класифікатором будівель та споруд [1] будинки культури та мистецтв можна віднести до групи Такий тип будівель, відповідно до Національного класифікатора будівель та споруд можна віднести до підгрупи 1261 Будівлі громадського дозвілля групи 126 Будівлі громадського дозвілля,, освіти, охорони здоров'я та соціального захисту підрозділу 12 Нежитлові будівлі розділу 1 Будівлі.

Проектування і будівництво однозальних і багатозальних будівель і споруд закладів культури та дозвілля (вбудованих у багато-функціональні центри чи окремо розташованих) необхідно виконувати у відповідності із нормами, наведеними в ДБН В.2.2-16 [2].

Відповідно до п. 12.3.1 [2] проектування електротехнічних систем будівель та споруд культурно-видовищних закладів необхідно виконувати, дотримуючись вимог, наведених в ПУЕ, ДБН В.2.5-23, ДБН В.2.5-24, ДБН В.2.5-28, ДСТУ Б В.2.5-82, СНіП 3.05.06, СНіП 3.05.07, НПАОП 40.1-1.32. А згідно п. 1.3.2 у будівлях та спорудах культурно-видовищних та закладів дозвілля необхідним є застосування таких систем:

- система електропостачання, яка включає в себе:
- високовольтні електричні мережі їх пристрої високої напруги;
- вбудовані трансформаторні підстанції;
- електричні мережі напруги 0,4 кВ;
- щити розподільчі;
- системи автономного резервного електропостачання для відвідувачів/глядачів;
- електрообладнання демонстраційного комплексу демонстрацій, яке включає в себе:

- освітлення постановочне;
- електрообладнання в оркестровій ямі;
- електрообладнання для сценічних механізмів;
- кінотехнологічне електрообладнання;
- електрообладнання для звукового підсилення;
- електрообладнання приміщень кафе, буфетів, барів тощо;
- електрообладнання цехів та майстерень;
- телевізійний напівстаціонар;
- електрообладнання санітарних технічних пристроїв, до якого відносять:
 - електрообладнання, яке використовується в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря;
 - електрообладнання у системах водопостачання та каналізації;
 - електрообладнання у системах захисту проти пожеж;
 - електрообладнання систем централізованого пилорибирання пилю;
 - електрообладнання систем автоматизації та контрольно-вимірювальних пристроїв;
- електрообладнання систем диспетчеризації інженерного обладнання;
- електричне освітлення будівель, до якого відносяться:
 - клубне електроосвітлення та електроосвітлення комплексів для глядачів та клубного електроосвітлення демонстраційних комплексів;
 - електроосвітлення приміщень, з яких ведеться обслуговування, адміністративно-господарських та приміщень виробничого характеру;
 - зовнішнє освітлення та архітектурне підсвічування;
 - електрообладнання систем безпеки контролю доступу;
 - електрообладнання систем охоронної сигналізації та відеонагляду;
 - електрообладнання систем автоматизації протипожежного захисту.

Відповідно до п. 12.3.3 [2] видами освітлення в будівлях і спорудах закладів дозвілля слід є:

- робоче – встановлюється у всіх приміщеннях (спеціалізованих за функцією закладу);

- аварійне – передбачається в приміщеннях електрощитових, вентиляційних камер вентиляційних, вузлів теплових, приміщеннях насосних, приміщеннях кінопроекційних, в гардеробних, машинних відділеннях ліфтів, пунктах надання медичної допомоги, пожежних постів, місць встановлення автоматичних приймальних станцій;

- чергове – встановлюється коридорних приміщеннях, приміщеннях вестибюлів, фойє, кулуарів, залах для глядацьких залів;

- евакуаційне – у прохідних та коридорних приміщеннях, сходових клітках, глядацьких залах, буфетах, фізкультурно-спортивних залах, а також у приміщеннях фойє, вестибюлів, роздягальнь.

Інформаційні світлові покажчики із надписом «Вихід» необхідно під'єднувати до мережі аварійного освітлення.

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

При проектуванні освітлення глядацьких залів місткістю від 800 місць, а також у дитячих глядацьких залах (незалежно від кількості місць) необхідно передбачати установки резервного електропостачання або автоматичного перемикачів світлових приладів аварійного освітлення на них.

У залах для глядачів місткістю 800 місць і більше, а також у залах для глядачів будь-якої місткості, призначених для дітей, має бути передбачена установка резервного електропостачання для живлення або автоматичного перемикачів на неї світильників аварійного (евакуаційного) освітлення та пожежної сигналізації в разі відключення зовнішніх джерел електропостачання. У залах кінотеатрів будь-якої місткості, з двома незалежними джерелами електропостачання, наявність автономної установки для резервного електропостачання передбачати не слід.

Системи постановочного освітлення повинні забезпечувати можливість об'ємного багатокольорового освітлення сцени (акторів та декораційних установок, а також світлової проекції та світіння флуоресцентних фарб). Вибір складу та системи регулювання постановочного освітлення сцен та естрад

залежить від призначення будівлі чи споруди і визначається проектним завданням.

1.2 Особливості освітлення приміщень будинків культури

Освітлення приміщень будинків культури є складним інженерним та художньо-архітектурним завданням. Воно безпосередньо впливає на емоційне сприйняття простору, працездатність артистів і комфорт глядачів. Будинки культури поєднують у собі приміщення різного функціонального призначення. Це вимагає впровадження гнучких, енергоефективних та безпечних систем штучного й природного освітлення.

Особливістю будинків культури є те, що в межах однієї будівлі можуть одночасно функціонувати:

- видовищні зони (концертні майданчики, зали для глядачів);
- простори для навчання та репетицій (класи хореографії, студії вокалу, кімнати гуртків);
- виставкові простори (галереї);
- адміністративно-побутові приміщення (кабінети, конференц-зали);
- комунікаційні приміщення (вестибюлі, фое).

Розглянемо у чому полягає специфіка систем освітлення цих зон, просторів та приміщень.

Простори видовищної зони є основним ядром будь-якого будинку культури. До цих просторів входять глядацькі зали та сценічні комплекси. Відповідно і освітлення цих зон може поділятися на:

- архітектурно-інтенсивне (для глядацьких залів);
- технологічне/постановочне (для сцен).

В залах для глядачів функціонування робочого освітлення виконується в режимах:

- режими очікування та антрактів, під час яких системи освітлення повинні відповідати світлотехнічним вимогам, забезпечуючи при цьому зоровий

комфорт. Це можна досягти шляхом використання як загального розсіяного світла (великі центральні люстри, підвісні або вбудовані LED панелі (рис. 1.1 [3])), архітектурного підсвічування (світлодіодні стрічки прихованого монтажу у нішах стелі та стін) або поєднанням цих двох прийомів;



Рисунок 1.1 – Освітлення глядацької зали в режимі очікування

- режим показу (темрява), під час якого (проведення вистав чи концертів) вистав загальне світло плавно згасає. Критично важливу роль в цьому режимі відіграє чергове та евакуаційне освітлення. Сходи, проходи між рядами, та світлові покажчики «ВИХІД» повинні мати автономне підсвічування, яке не заважає сприймати дії на сцені, але здатне забезпечувати безпеку та орієнтацію в темряві;

- режими проведення конференцій, лекцій або офіційних засідань, під час яких мають забезпечуватись умови для конспектування та виключатись умови появи відблисків від екранів та моніторів. При проведенні такого роду заходів використовуються кілька базових сценаріїв керування системами освітлення:

1) робочий пленарний режим (рис. 1.2 [4]) – зал освітлено повністю (використовується перед початком, під час перерв та дискусій);

2) режим лекції/презентації – світловий потік від системи освітлення над глядачами знижується до 30-50% або вимикається, а зони сцени, президії та екран залишаються освітлюються повністю;

3) гібридний/онлайн-режим – застосовується при введенні відеозаписів або трансляцій, при цьому освітлення повинне бути позбавлене пульсацій, а напрям свічення не повинен створювати різких тіней на обличчях спікерів.



Рисунок 1.2 – Освітлення галацької зали під час робочого пленарного режиму конференції

В таких системах освітлення має бути плавне регулювання яскравості (димування). Це може здійснюватись із використанням рішень на основі протоколів DALI або DMX512, що дозволяє здійснювати інтеграцію освітлення залів в загальні системи керування.

Сцена будинку культури є складним технологічним вузлом, а постановочне освітлення підпорядковується законам театрального мистецтва. Основне призначення постановочного освітлення – створення об'єму, атмосфери, емоційного фону та фокусування уваги на акторах чи декораціях.

За функціональним розташуванням обладнання сценічне освітлення поділяється на:

- виносне (фронтальне) світло: світлові прилади встановлюються у глядацьких залах на спеціальних софітних містках, балконах або бічних стінах

(ложах). Призначення цього освітлення – якісне освітлення облич акторів та переднього плану сцени (авансцени).

- верхнє (софітне) світло: світлові прилади встановлюються над планшетом сцени на спеціальних підйомних конструкціях (софітних балках). Використовується з метою забезпечення загального залиття сцени світлом та акцентного виділення окремих зон.

- бічне (прострільне) світло: монтаж світлових приладів здійснюється на спеціальні вертикальні стійки (башти, куліси) з боків сцени.

- фонове та ефектне світло: спрямовується на задню частину сцени з метою імітації неба, простору чи створення динамічних ефектів.

У будинках культури активно функціонують різноманітні класи для занять. Освітлення такого роду приміщень виконується відповідно до вимог санітарно-гігієнічних стандартів, оскільки наслідками тривалого перебування дітей та дорослих у несприятливому світловому середовищі є погіршення зору та зниження функцій зорової працездатності.

Основною вимогою до якісного освітлення танцювальних залів є те, що світлові прилади не повинні створювати засліплення танцюристам чи хореографам. Для цього в системах освітлення застосовуються світильники прямого світла із матовими опаловими розсіювачами або освітлювальними установками відбитого світла, коли світловий потік, корий паде на поверхню створюється шляхом відбивання стелею світлового потоку. При цьому рекомендується використання нейтрального білого світла (4000 К).

В приміщеннях гуртків, де вимагається найвища точність зорової роботи, застосовуються системи загального освітлення у поєднанні з місцевим (настільні лампи або регульовані споти над робочими столами). Світильники необхідно розташовувати таким чином, щоб не створювались тіні від руки чи тіла того, хто працює.

Фоє часто використовується в якості багатofункціональних простірв для проведення виставок картин, фотографій або майстрів виробів народної творчості. В системах освітлення таких приміщень крім загального заливаючого

світла встановлюються трекові системи (світильники на шинопроводах з можливістю легкої зміни їх положення та кута їх нахилу з метою світлової адаптації під конкретну експозицію). При цьому варто обмежувати застосування джерел світла, в спектральному складі яких присутнє ультра фіолетове або інфрачервоне випромінювання, які приводять до вицвітання та руйнування експонатів.

Вестибюлі та коридори є зонами, де відбувається перший контакт відвідувача із будівлею. Основне призначення систем освітлення – виконання функції навігації, причому більш інтенсивним має бути підсвічування зон гардеробу, каси та входів до глядацької зали.

1.3 Основні відомості про об'єкт проєктування

Об'єктом проєктування є двоповерхова будівля розмірами 33,0×35 м та максимальною висотою 8,3 м.

Приміщення в будівлі можна розділити за призначенням:

- видовищні приміщення (сцена та зал для глядачів на 200 місць з балконом на 25 місць);
- зал для занять танцями та спортивний зал на 20 чоловік кожен;
- бібліотечні приміщення (з кабінетом бібліотеки, читацьким каталогом та читальним залом);
- адміністративні приміщення (робочі кабінети та конференц зал);
- приміщення для перевдягання та гримерні;
- приміщення навігації (вестибюль, коридори, гардеробна тамбури та сходові клітки);
- приміщення санвузлів та душових;
- інженерні та допоміжні приміщення (електрощитова, кінопроекторна, приміщення для зберігання декорацій, службові приміщення).

Сумарна площа усіх приміщень становить 1640,47 м². Діаграму площ приміщень приведено на рис. 1.3.

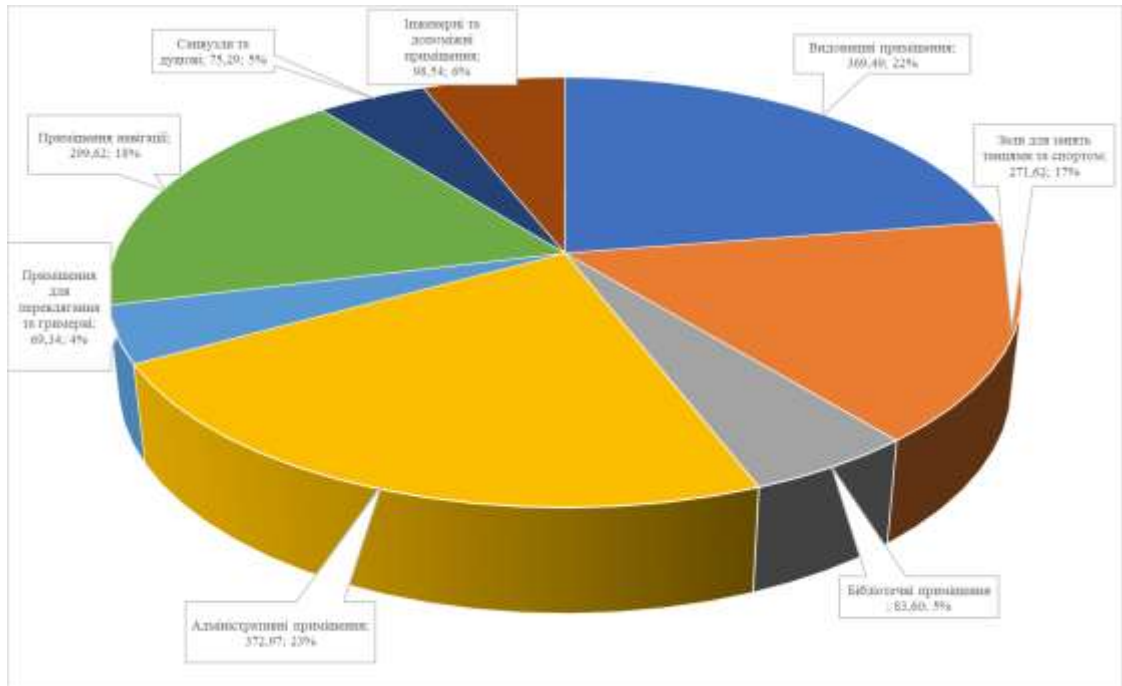


Рисунок 1.3 – Діаграма площ приміщень різного призначення будинку культури

З рисунку 1.3 видно, що найбільшу частку по площі займають адміністративні та видовищні приміщення (відповідно 23 та 22 %), частки площі приміщень навігації та залів для занять спортом і танцями становлять відповідно 18 та 17 %. Частки площ решти приміщень становлять від 4 до 6 %.

В приміщеннях залу для глядачів, кабінетів, гримерних, конференц залу, вестибюлю встановлено навісну стелю типу «Армстронг».

Висота приміщення сцени становить 8,0 м. Висота приміщення спортивного залу та залу для глядачів – 6,0 м. Висота решти приміщень – 3,0 м.

В приміщеннях сцени, для зберігання декорацій, деяких коридорах та бібліотечних приміщеннях є наявність пожежонебезпечної зони класу П-Па, тобто простору, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали [5].

1.4 Висновки до розділу

1. Наведено основні вимоги до систем електрообладнання, електропостачання та електросвітлення будівель культурно-видовищних

закладів.

2. Проаналізовано існуючі методи та технології освітлення приміщень різного призначення будівель видовищних закладів.

3. Наведено основні відомості про об'єкт проектування. Встановлено, що сумарна площа усіх приміщень становить 1640,47 м², з яких 23 та 22 % відведено відповідно під видовищні та адміністративні приміщення. Частка площ приміщень залів для занять спортом та танцями становить 22 %.

4. Метою даної роботи є розроблення технічних рішень щодо проектування систем освітлення приміщень будинку культури та мистецтв. Для досягнення цієї мети необхідними є: вибір видів та систем освітлення приміщень, нормованої освітленості та інших кількісних та якісних світлотехнічних параметрів, типу джерел світла та марок світлових приладів; виконання світлотехнічного розрахунку систем освітлення; проектування та розрахунок електричної освітлювальної мережі будівлі.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір систем освітлення приміщень будинку культури та мистецтв

В практиці освітлення приміщень будівель застосовуються системи загального і комбінованого освітлення. Системи загального освітлення поділяються на системи рівномірного (світильники розміщується у верхній частині приміщення, а відстань між ними та їх рядами є постійною) та системи локалізованого освітлення (світильники розміщуються відносно обладнання та/або робочих місць). Комбіноване освітлення полягає в розташуванні світильників як над робочими місцями чи обладнанням, так і у верхній частині приміщень (для освітлення проходів та зон руху) [6]. Для усіх приміщень будівлі виберемо систему загального рівномірного освітлення.

За призначенням системи освітлення поділяються на системи робочого (застосовуються у випадку безперебійної роботи систем електропостачання) та аварійного освітлення (застосовуються при припиненні електроживлення будівлі). Систему робочого освітлення передбачимо для усіх приміщень будівлі.

Аварійне освітлення поділяється на резервне (для забезпечення функціонування об'єкта при припиненні електропостачання) та евакуаційне освітлення, яке в свою чергу поділяється на освітлення зон підвищеної небезпеки, освітлення шляхів евакуації та антипанічне освітлення [7].

Призначення освітлення зон підвищеної небезпеки полягає в забезпечення безпеки людей, які є залученими в процеси, пов'язані з потенційними загрозами їх життю і здоров'ю і створенням умов щодо належного припинення робіт. Оскільки зони підвищеної небезпеки в будівлі відсутні, то цей вид евакуаційного освітлення в подальшому не розглядаємо.

Для запобігання паніки, забезпечення прийнятних візуальних умов для руху людей в напрямку шляхів евакуації та видимості будь-яких перешкод заввишки до 2 м над площиною руху застосовуються системи аварійного антипанічного освітлення. Такі системи передбачається встановлювати для

приміщень площею понад 60 м² та можливістю перебування одночасно 30 і більше людей.

Призначення аварійного освітлення шляхів евакуації – забезпечення візуальних умов для евакуації людей із будівлі та надійного виявлення засобів безпеки та обладнання для пожежогасіння.

Тому в якості аварійного освітлення приміщень застосуємо системи антипанічного освітлення та освітлення шляхів евакуації. Результати вибору систем аварійного освітлення приміщень приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати вибору систем аварійного евакуаційного освітлення

№ приміщень	Призначення приміщень	Вид аварійного евакуаційного освітлення
102	Вестибюль	Антипанічне
109, 117	Роздягальні	
118	Спортивний зал	
125	Електрощитова	
131	Глядацький зал	
132	Зал для занять танцями	
218	Конференц зал	
222_1	Балкон	
107, 208, 212, 219, 224, 224_1	Коридори	Освітлення шляхів евакуацій
106, 126, 205, 221	Сходові клітки	

2.2 Вибір нормованих світлотехнічних параметрів систем робочого та аварійного освітлення приміщень будинку культури

Для майже усіх приміщень будівлі основним регламентованим світлотехнічним параметром є середня горизонтальна освітленість на рівні підлоги або на умовно-робочій поверхні, розміщеній на висоті 0,8 м над підлогою. Виключенням є приміщення сцени та читацького каталогу, де регламентується вертикальна освітленість на висоті 1,5 м та 1,0 м над підлогою. Також вертикальна освітленість регламентується і для приміщення

електрощитової.

Для приміщень вестибюлю, глядацького залу з балконом, читального залу та конференц залу додатковим регламентованим світлотехнічним параметром є циліндрична освітленість.

Крім того, для усіх приміщень, окрім коридорів, сходових кліток, санвузлів, допоміжних приміщень, регламентованим світлотехнічним параметром є показник дискомфорту.

Значення нормованих світлотехнічних параметрів систем робочого освітлення приміщень будинку культури виберемо, виходячи із табл. Д1 [7]. Вибрані нормовані чисельні значення світлотехнічних параметрів приведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Вибрані чисельні значення нормованих світлотехнічних параметрів системи робочого освітлення приміщень будинку культури

Призначення приміщень	Середня освітленість, лк	Робоча поверхня – висота, м	Максимальний показник дискомфорту
Сцена	300	В – 1,5	
Читацький каталог	200	В – 1,0	60
Глядацький зал, балкон	200	Г – 0,8	90
	75	Циліндрична	
Зали для занять спортом та танцями	200	Г – 0,0	60
Кабінети, гримерні	300	Г – 0,8	40
Конференц зал	300	Г – 0,8	60
	75	Циліндрична	
Читальний зал	400	Г – 0,8	40
	150	Циліндрична	
Перевдягальні	150	Г – 0,0	90
Електрощитова	150	Г – 0,8	60
	75	В – 1,5	
Кінопроекторна	150	Г – 0,8	60

Призначення приміщень	Середня освітленість, лк	Робоча поверхня – висота, м	Максимальний показник дискомфорту
Службові приміщення	200	Г – 0,8	60
Вестибюль	150	Г – 0,8	90
	50	Циліндрична	90
Дитяча зона	200	Г – 0,0	40
Зона кафе	200	Г – 0,8	60
Приміщення санвузлів, душових, комори, для зберігання декорацій	75	Г – 0,0	

Варто зауважити, що мінімальний час роботи евакуаційного освітлення при відсутності електроживлення будівлі повинен становити 1 год, при цьому 50 % рівня нормованої освітленості повинні забезпечуватись через 5 с після припинення електропостачання та 100 % – після 60 с.

В якості нормованого світлотехнічного параметра систем освітлення шляхів евакуації та антипанічного освітлення регламентується мінімальна освітленість на рівні підлоги. Відповідно до табл. 8.52 [7] мінімальна освітленість освітлення шляхів евакуації на поверхні проходу та антипанічного освітлення на поверхні підлоги повинна становити не менше 0,5 лк, при чому відношення максимальної освітленості до мінімальної не має перевищувати 40.

2.3 Вибір джерел світла та світлових приладів для систем робочого та аварійного освітлення

В якості джерел світла використаємо в системах робочого та аварійного освітлення світловипромінювальні діоди (світлодіоди), які при порівнянні із лампами розжарення та розрядними лампами мають наступні переваги:

- нижче енергоспоживання за рахунок вищої світлової віддачі;
- низький або взагалі відсутній рівень пульсацій світлового потоку;
- тривалий термін служби (50 – 100 тис. год);

- вища механічна міцність (в порівнянні із лампами, в яких матеріалом колби є скло);

- миттєве перезапалювання (порівняно із газорозрядними лампами незначний час на вихід на номінальні світлотехнічні параметри після нетривалого припинення електроживлення);

- відсутність в спектральному складі ультрафіолетового випромінювання, що дозволяє застосовувати їх при освітленні матеріалів, чутливих до дії ультрафіолету;

- економічність утилізації (немає необхідності залучати додаткові кошти на утилізацію ртутних складових, оскільки їх в складі світлодіодів немає).

На підставі вищенаведеного і враховуючи, що для приміщення сцени притаманна наявність пожежонебезпечної зони класу П-Па, для системи робочого освітлення приміщення сцени виберемо світильник ДСП17В (рис. 2.1), який призначений для використання в системах загального освітлення приміщень різного призначення (виробничих, комерційних, сільськогосподарських, складських, допоміжних та інших), в тому числі для приміщень із наявною в ньому вибухонебезпечною зоною класу 22 та пожежонебезпечною зоною класів П-І, П-ІІ, що дозволяє використовувати його в приміщеннях із наявною вибухонебезпечною зоною класу П-Па. Характеристики цього та інших світильників приведено в табл. 2.1 [8].



Рисунок 2.1 -Зображення зовнішнього вигляду світильника ДСП17В

Для освітлення інших приміщень, де присутня вибухонебезпечна хона П-

Па, а також для освітлення приміщень спортивного та танцювального залів, електрощитової, сходових кліток використаємо світильники ДСП07У (рис. 2.2 [9]). Завдяки наявності у світильнику корпусних деталей із самозагазуючого полікарбонату це тип світлових приладів можна використовувати в приміщеннях із вибухонебезпечними зонами П-І та П-ІІ, а отже – із П-ІІа.



Рисунок 2.2 – Зображення зовнішнього вигляду світильника ДСП07У

В системах робочого освітлення залу для глядачів, кабінетів, гримерних, перевдягалень та конференц залу та вестибюлю, в яких встановлена стеля типу «Армостронг», використаємо світильники типу ДПО20У Юпітер-LED-панель (рис. 2.3 [10]).



Рисунок 2.3 – Зображення зовнішнього вигляду світильника ДПО20У Юпітер-LED-панель

В системах освітлення решти приміщень (коридори, санвузли та допоміжні приміщення) використаємо світильник ДББ26У Селена LED, зображення зовнішнього виду якого приведено на рис. 2.4 [11].

Технічні характеристики вищеперелічених світлових приладів, приведені в [8 – 11] приведені в табл. 2.3.



Рисунок 2.4 – Зображення зовнішнього вигляду світильника ДББ26У Селена LED

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики світлових приладів в системах освітлення будівлі будинку культури

Технічна характеристика	Типи світлових приладів				
	ДСП17В	ДСП07У	ДПО20У Юпітер- LED- панель	ДББ26У Селена LED	ДППО 6У
Потужність, Вт	60 ... 100	15 ... 80	36,45	12 ... 20	6
Світловий потік, лм	9000 ... 14500	2175 ... 11600	4320, 5400	1680 ... 2800	480
Світлова віддача, лм/Вт	145 ... 150	145	120	140	80
Тип КСС	К, Г, Л		Д		
Корельована колірна температура, К	4000		4000, 5000, 6000	4000	
Коефіцієнт активної потужності	0,95				
Ступінь пиловологозахисту	IP65	IP66	IP20	IP65	
Клас електрозахисту	I				
Час роботи в аварійному режимі (для модифікацій з БАЖ), год	-	3			3 або 8

Варто зауважити, що для світильників ДСП07У, ДПО20У Юпітер-LED-панель, ДББ26У Селена LED передбачені модифікації з блоками аварійного живлення, а потужність світильників в аварійному режимі становить 3 Вт. Тому використаємо ці світильники в системах як робочого, так і аварійного освітлення. Робота цих світильників (з блоком аварійного живлення) одночасно в системах робочого та аварійного освітлення здійснюватиметься в постійному режимі (схема під'єднання показана на рис. 2.5), тобто при роботі системи

електропостачання в нормальному режимі світильники живляться від електромережі з одночасним зарядженням акумуляторних батарей. При припиненні подачі напруги на клему «L» світильник переходить в аварійний режим, а живлення світлодіодів здійснюється від акумуляторної батареї.

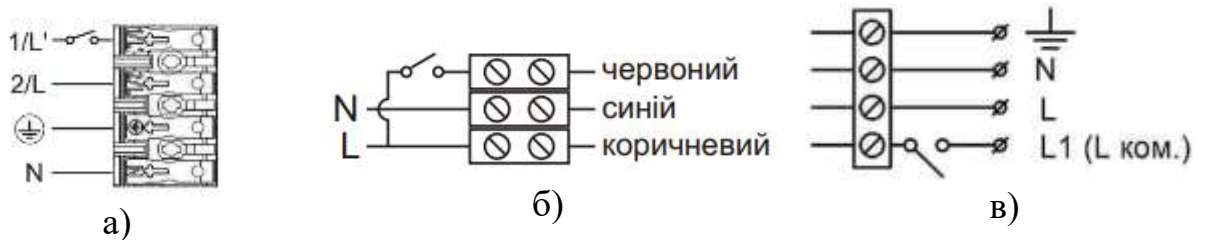


Рисунок 2.5 – Схема підключення світильників ДСП07У (а), ДПО20У Юпітер-LED-панель (б) та ДББ26У Селена LED (в)

В системах аварійного (антипанічного) освітлення залу для глядачів та балкону використовуємо світильник ДПП06У (рис. 2.6 а [12]). Оскільки робота цих світильника передбачатиметься лише при порушенні електропостачання будівлі, то виберемо для них непостійний режим роботи (світильники світять лише при відсутності напруги в мережі з живленням світлодіодів від акумуляторних батарей). Схему підключення світильників ДПП06У для непостійного режиму їх роботи приведено на рис. 2.6 б.

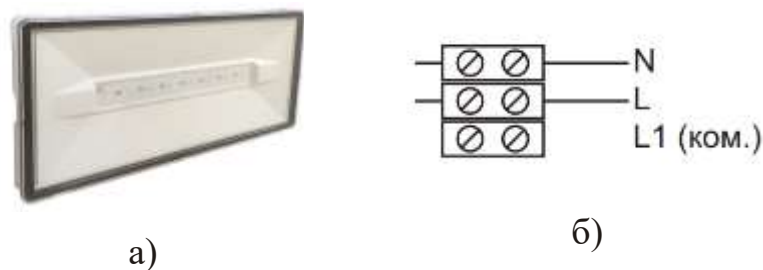


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд світлових приладів ДПП06У (а), та схема їх підключення для непостійного режиму роботи (б)

2.4 Електрична освітлювальна мережа будівлі

Живлення світлових приладів системи робочого освітлення будівлі

передбачимо по групових лініях від трьох щитів робочого освітлення 1ЩО, 2 ЩО та 3 ЩО. Щити робочого освітлення 1ЩО та 2 ЩО розмістимо на першому поверсі, а щити 3 ЩО – на другому поверсі будівлі.

Окрім живлення світильників робочого освітлення від щитів 1ЩО, 2 ЩО та 3ЩО, передбачимо також групові лінії для живлення розеток, до яких можуть підключатися світильники місцевого освітлення.

Для щита 2ЩО передбачимо окрему групову лінію для живлення ящика з понижувальним трансформатором потужністю 400 Вт, розміщеному в приміщенні електрощитової.

Живлення світильників аварійного освітлення виконаємо по групових лініях від одного жита (ЩАО), розміщеного на першому поверсі.

Для кабелів робочого та аварійного освітлення передбачимо прокладання різними трасами. Кріплення поодиноких кабелів передбачимо скобами за підшивною стелею – у негорючому ПВХ гофрорукаві. Проходи кабелів через стіни необхідно виконувати у відрізках ПВХ труб з використанням ущільнення легкопробивною негорючою сумішшю. Прокладання кабелів по стінах передбачимо в штрабах під штукатуркою.

Керування світильниками робочого, а також робочого і аварійного освітлення – місцеве за допомогою вимикачів, які розмістимо біля входів в приміщення. Керування світильниками аварійного освітлення виконаємо з аварійного щита.

В якості системи заземлення використаємо систему TN-C-S (рис. 2.7), у якій нульовий робочий «N» та захисний «PE» провідники розділені від джерела живлення ДЖ головного розподільного щита до самих споживачів [13].

Для ліній, які живлять групові лінії робочого освітлення та щити робочого та аварійного освітлення виберемо відповідно п'ятижильні (рис. 2.8 а) та трижильні силові кабелі (рис. 2.8 б) з мідними струмопровідними жилами та з ізоляцією з полівінілохлоридного пластикату зниженої пожежонебезпеки типу ВВГнгд [14].

Для ліній, які живлять світильники робочого аварійного та аварійного

освітлення застосуємо вогнетривкий кабель з мідними жилами ВВГнгд-FR (рис. 2.9 в), який (за даними виробника) рекомендується для використання у кабельних лініях живлення обладнання систем безпеки, пожежної безпеки, димовидалення та припливної вентиляції, а також систем освітлення шляхів евакуації за запасних виходів.

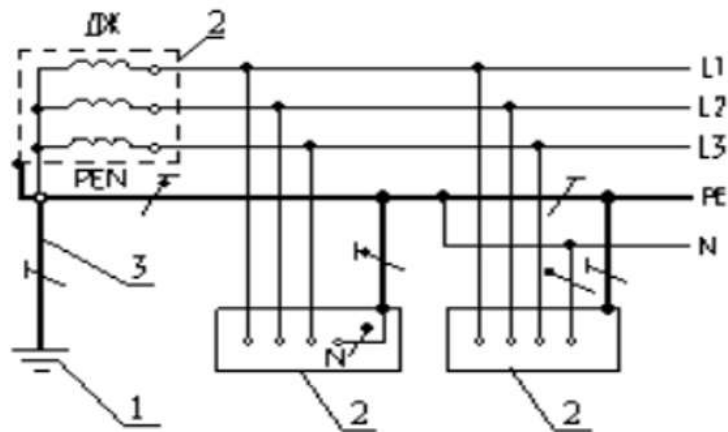


Рисунок 2.7 – Схема системи TN-C-S:

L1, L2, L3 – лінійні (фазні) провідники; 1 – пристрій заземлення джерела живлення; 2 – відкриті провідні частини обладнання; 3 – захисний провідник заземлення

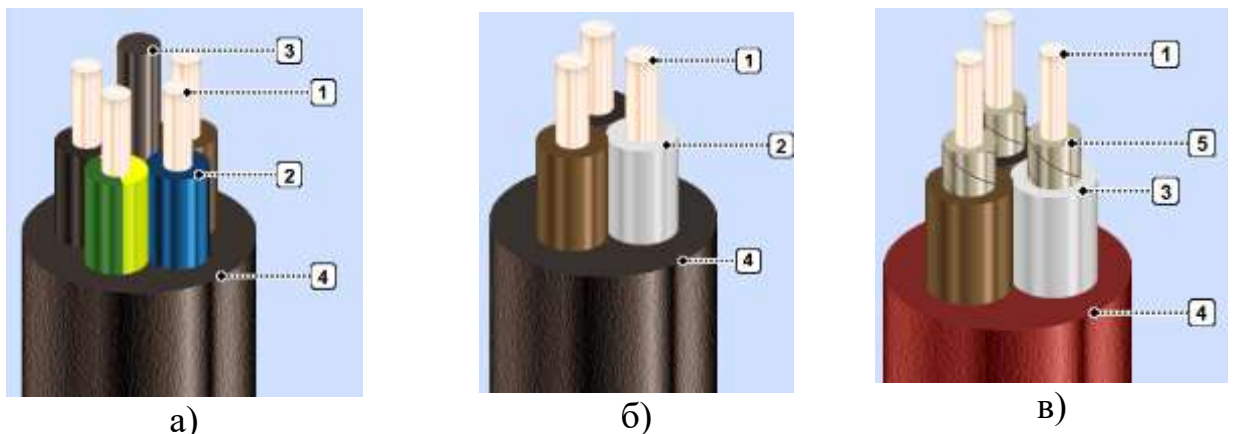


Рисунок 2.9 – Будова кабелю ВВГнгд (а, б) та ВВГнгд-FR:

1 – мідні жили; 2 – ізоляція з пластику зниженої пожежонебезпеки полівінілхлоридного; 3 – джгут з пластику зниженої пожежонебезпеки полівінілхлоридного; 4 – внутрішня оболонка з пластику зниженої пожежонебезпеки полівінілхлоридного; 5 – вогнестійкий бар'єр

В якості апаратів захисту групових ліній та ліній, які живлять щити робочого й аварійного освітлення застосуємо апарати захисту – відповідно однополюсні та триполюсні автоматичні вимикачі.

2.5 Розрахунок електричної освітлювальної мережі будівлі, вибір площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту

2.5.1 Розрахунок групових ліній

Розрахунок групових ліній, а також ліній, які живлять щити освітлення виконаємо по струму навантаження. Для групових ліній, по яких виконується живлення світильників робочого та аварійного освітлення, а також розеток розрахунок виконаємо за формулою [6]:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (2.1)$$

де P_p – сумарна розрахункова потужність, виражена в кВт, електроспоживачів, які живляться груповою лінією, для якої виконується розрахунок;

$U_\phi = 230$ В – чисельне номінальне значення фазової напруги;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт активної потужності;

При розрахунку групових ліній будемо виходити з наступного:

- сумарна розрахункова потужність дорівнює сумарній встановленій потужності;

- коефіцієнт активної потужності для світильників становить 0,95, а для розеток та ЯТП – 0,8.

Розрахунок продемонструємо на прикладі групових ліній гр2-1, гр2-5 та гр2-8. Попередньо, по умовах механічної міцності [16] для групових ліній, які живлять світильники вибираємо площу поперечного перерізу жил кабелів 1,5 мм², а для ліній, які живлять розетки та ЯТП – 2,5 мм².

Для групової лінії гр2-1 $P_p = 1,08$ кВт. Підставляючи чисельні значення у P_p , U_ϕ та $\cos \varphi$ у формулу (2.1), отримаємо:

$$I_p = \frac{1,08 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 4,94 \text{ А.}$$

Вибір площі поперечного перерізу жил кабеля виконаємо, виходячи із умови:

$$I_p \leq I_\phi, \quad (2.2)$$

де I_ϕ – допустимий струм кабелю по умовах нагріву.

Для кабелів ВВГнгд-3×1,5 та ВВГнгд-3×2,5 допустимий струм однієї жили при прокладання в повітрі становить відповідно 16 А та 21 А [16, 17], а отже умова (2.2) виконується.

Для групової лінії гр2-5 $P_p = 0,88$ кВт,

$$I_p = \frac{0,88 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,80} = 4,78 \text{ А.}$$

Для групової лінії гр2-8 $P_p = 0,40$ кВт,

$$I_p = \frac{0,40 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,80} = 2,17 \text{ А.}$$

Враховуючи, що для групових ліній гр2-5 та 2-8 виконується умова (2.2), то остаточно вибираємо кабель ВВГнгд-3×2,5.

Аналогічно виконуємо розрахунок по струму навантаження та вибір площі поперечного перерізу і для решти групових ліній щита 2ЩО та решти щитів. Результати розрахунку приведено в таблицях додатку А.

2.5.2 Розрахунок ліній живлення щитів освітлення

Розрахунок струмів навантаження ліній живлення щитів освітлення

виконаємо, використовуючи формулу [18]:

$$I_p = \frac{S_{p\Sigma} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (2.3)$$

де S_p – повна сумарна споживана потужність, кВА, світильників та розеток, які живляться розрахунковою ділянкою електричної мережі;

$U_n = 400$ В – лінійна напруга трифазної мережі.

Повну сумарну споживану потужність розрахуємо за формулою:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}, \quad (2.4)$$

де $P_{p\Sigma}$ – розрахункова сумарна активна потужність, кВт, навантаження;

$Q_{p\Sigma}$ – розрахункове сумарна реактивна потужність, кВАр, навантаження.

Розрахункову сумарну активну потужність навантаження при змішаному живленні освітлення та розеткової мережі визначимо, виходячи із формули [7]:

$$P_{p\Sigma} = P_{p\Sigma_{осв}} + P_{p\Sigma_{роз}}; \quad (2.5)$$

де $P_{p\Sigma_{осв}}$ – сумарне розрахункова активна потужність систем освітлення;

$P_{p\Sigma_{роз}}$ – сумарна розрахункова активна потужність мережі розеток;

Розрахункові активні потужності систем освітлення та розеток визначимо за формулою:

$$P_{p\Sigma} = \sum_{k=1}^{k=n} P_{yk} \cdot K_{пк}, \quad (2.6)$$

де n – кількість електричних споживачів, живлення яких здійснюється через ділянку, для якої ведеться розрахунок

$K_{пк}$ – коефіцієнт попиту k -го електроспоживача;

При розрахунку ліній живлення щитів приймемо:

- для систем робочого та аварійного освітлення $K_{пк} = 1$ (п. 6.22 [7]);

- для ліній розеток $K_{lk} = 0,4$ (табл. 6.10 [7]);
- для ЯТП $K_{lk} = 0,6$.

Розрахункову сумарну реактивну потужність навантаження визначимо за формулою:

$$Q_{p\Sigma} = \sum_{k=1}^{k=n} P_{pk} \cdot (tg\varphi)_k, \quad (2.7)$$

де $(tg\varphi)_k$ – відношення реактивної до повної потужностей k -го електроспоживача, яке можна розрахувати за формулою:

$$(tg\varphi)_k = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi)_k^2} - 1}, \quad (2.8)$$

де $(\cos\varphi)_k$ – коефіцієнт активної потужності k -го електроспоживача.

Розрахунок продемонструємо на прикладі лінії живлення щита 1ЩО, для якого $P_{y\Sigma osv} = 2,71$ кВт, $P_{y\Sigma роз} = 1,44$ кВт.

Підставляючи значення сумарних встановлених потужностей та коефіцієнтів попиту у формулу (2.5), отримаємо:

$$P_{p\Sigma 1ЩО} = 1 \cdot 2,71 + 0,4 \cdot 1,44 = 3,29 \text{ кВт.}$$

Для світильників та розеток

$$(tg\varphi)_{osv} = \sqrt{\frac{1}{0,95^2} - 1} = 0,33,$$

$$(tg\varphi)_{роз} = \sqrt{\frac{1}{0,80^2} - 1} = 0,75.$$

Звідси, сумарна реактивна потужність:

$$Q_{p\Sigma 1ЩО} = 1 \cdot 0,33 \cdot 2,71 + 0,4 \cdot 0,75 \cdot 1,44 = 1,32 \text{ кВАр.}$$

Підставляючи чисельні значення для $P_{p\Sigma 1ЩО}$ та $Q_{p\Sigma 1ЩО}$ у формулу (2.4),

отримаємо:

$$S_{p\Sigma 1ЩО} = \sqrt{3,29^2 + 1,32^2} = 3,54 \text{ кВА.}$$

Після підставлення чисельного значення для $S_{p\Sigma 1ЩО}$ у формулу (2.3), отримаємо

$$I_{p1ЩО} = \frac{3,54 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 5,11 \text{ А.}$$

Виходячи із умови (2.2) для лінії, яка живить щит 1ЩО вибираємо кабель ВВГнгд-3×4,0, для якого $I_0 = 37 \text{ А.}$

Розрахунок струмів навантаження для ліній, які живлять щити 2ЩО, 3ЩО та ЩАО виконуємо аналогічно. Результати розрахунку та вибору приведені в таблицях додатку А.

2.5.3 Вибір апаратів захисту ділянок електричної освітлювальної мережі будівлі

Для групових ліній, які живлять розетки та ЯТП, а також живильних ліній щитів вибір апаратів захисту виконаємо, виходячи із умов [5]:

$$I_p \leq I_n \leq I_z, \quad (2.9)$$

$$I_2 \leq kI_z, \quad (2.10)$$

де I_z – допустимий струм кабелю за умовами нагрівання;

I_n – номінальний струм автоматичного вимикача;

I_2 – сила струму, при якій забезпечується надійне спрацювання автоматичного вимикача;

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

Вибір автоматичних вимикачів покажемо на прикладі щита 2ЩО. Для групи гр2-5: $I_p = 4,78 \text{ А}$, $I_z = 21 \text{ А}$, для виконання умови (2.9), вибираємо

автоматичний вимикач з найближчим до I_p більшим номінальним струмом. Це автоматичний вимикач типу ЕТІМАТ 10 1р С6 з номінальним струмом $I_n = 6$ А [20]. Для цього автоматичного вимикача $I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 6 = 8,7$ А.

$$kI_z = 1,3 \cdot 21 = 27,3 \text{ А} > 8,7 \text{ А}, \text{ отже умова (2.10) виконується.}$$

Для групи Гр.2-8: $I_p = 3,23$ А , $I_z = 21$ А , для виконання умови (2.9), вибираємо автоматичний вимикач типу ЕТІМАТ 10 1р С4 з номінальним струмом $I_n = 4$ А [25].

$$\text{Для цього автоматичного вимикача } I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 4 = 5,8 \text{ А.}$$

$$kI_z = 1,3 \cdot 21 = 27,3 \text{ А} > 5,8 \text{ А}, \text{ отже умова (2.10) виконується.}$$

Для лінії, яка живить щит 2ЩО: $I_p = 5,14$ А , $I_z = 37$ А , для виконання умови (2.9), вибираємо, дотримуючись при цьому умови селективності, автоматичний вимикач ЕТІМАТ 10 3р С16 з номінальним струмом $I_n = 16$ А .

$$\text{Для цього автоматичного вимикача } I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 16 = 23,2 \text{ А.}$$

$$kI_z = 1,3 \cdot 37 = 48,1 \text{ А} > 23,2 \text{ А}, \text{ отже умова (2.10) виконується.}$$

Вибір апаратів захисту для інших групових ліній, які живлять розетки та для ліній живлення щитів вибираємо аналогічно. Результати приведені в таблицях додатку А.

Для групових ліній, які живлять освітлення, вибір апаратів захисту виконаємо, виходячи із умови запобігання хибного спрацьовування автоматичних вимикачів внаслідок дії пускових струмів при увімкненні світлових приладів із напівпровідниковими джерелами світла

Найбільша допустима кількість таких світлодіодних світлових приладів N_{\max} повинна становити [6, 7, 13]:

$$N_{\max} \leq \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}}, \quad (2.11)$$

де K – коефіцієнт кривої спрацьовування, який для амперсекундних захисних

типу С та D становить 5 та 10;

K_k – коефіцієнт нерозчеплення, залежність якого від тривалості імпульсу пускового струму показано на рис. 2.10. [7, 13];

I_n – номінальний струм вставки автоматичного вимикача;

I_{peak} – пусковий (стартовий) струм одного джерела світла (світлового приладу).

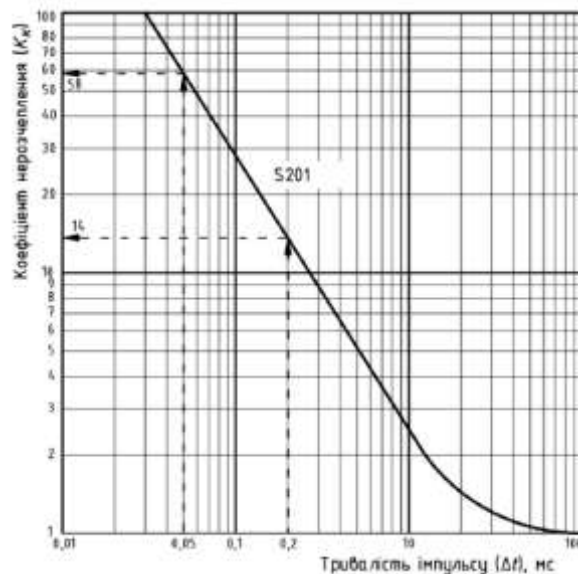


Рисунок 2.10 – Залежність коефіцієнта нерозчеплення від тривалості імпульсу струму

Розрахунок та вибір апаратів захисту продемонструємо на прикладі групової лінії гр2-1, якою живляться 18 світильників типу ДСП17В-60-132, які використовуються в системі робочого загального освітлення сцени. Для цих світильників, виходячи із даних заводу виробника [22], $I_{peak} = 50$ А , $\Delta t = 300$ мкс=0,30 мс.

З рис. 2.10 коефіцієнт вибираємо $K_k = 9$.

Робочий струм групи $I_p = 4,94$ А.

Тривалий допустимий струм для кабелю ВВГ нгд 3×1,5 становить $I_z = 19$ А.

Попередньо, відповідно до умови (2.9), вибираємо струмову вставку автоматичного вимикача 6 А.

За формулою (2.11) для автоматичного вимикача з $I_n = 6 \text{ А}$ та типом С струмо-часової характеристики:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 9 \cdot 6}{50} = 5;$$

для автоматичного вимикача з $I_n = 6 \text{ А}$ та типом D струмо-часової характеристики:

$$N_{\max} \leq \frac{10 \cdot 9 \cdot 6}{50} = 10.$$

Як бачимо із результатів розрахунку автоматичні з обома струмочасовими характеристиками С та D із $I_n = 6 \text{ А}$ не здатні виконати умову щодо уникнення хибного спрацювання. Тому збільшуємо номінальні струми їхніх вставок:

для автоматичного вимикача з $I_n = 10 \text{ А}$ та типом С струмо-часової характеристики:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 9 \cdot 10}{50} = 10;$$

для автоматичного вимикача з $I_n = 10 \text{ А}$ та типом D струмо-часової характеристики:

$$N_{\max} \leq \frac{10 \cdot 9 \cdot 10}{50} = 18.$$

для автоматичного вимикача з $I_n = 16 \text{ А}$ та типом С струмо-часової характеристики:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 9 \cdot 16}{50} = 14;$$

для автоматичного вимикача з $I_n = 20 \text{ А}$ та типом С струмо-часової характеристики:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 9 \cdot 20}{50} = 18.$$

Як видно із вище приведених результатів розрахунку, для групової лінії гр2-1 можна забезпечити нормальний режим увімкнення при використанні автоматичних вимикачів із типами струмочасових характеристик С та D та номінальними струмами вставок відповідно 20 А та 10 А. Проте, при використанні автоматичного вимикача ЕТІМАТ 10 1р С20 ($I_n = 20$ А, струмочасова характеристика – С) не задовільняється умова (2.9), тому для цієї групової лінії використаємо автоматичний вимикач ЕТІМАТ 6 1р D10.

Для цього автоматичного вимикача: $I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 10 = 14,5$ А, $kI_z = 1,3 \cdot 37 = 48,1$ А > 14,5 А, а отже умова (2.10) виконується.

Вибір автоматичних вимикачів для інших групових ліній, які живлять системи робочого та аварійного освітлення приміщень будівлі, виконуємо аналогічно. Результати приведено в таблицях додатку А.

2.6 Висновки до розділу

1. Виконано вибір систем освітлення приміщень будівлі, а також їх нормованих світлотехнічних параметрів. Для усіх приміщень застосовано систему робочого загального освітлення. Окрім робочого освітлення для приміщень коридорів та сходових кліток передбачено систему аварійного освітлення шляхів евакуації, а для глядацького залу з балконом, залу для занять танцями, спортивного залу, вестибюлю, конференц залу, роздягальнь – аварійного антипанічного освітлення.

2. Виконано вибір напівпровідникових світлових приладів для систем робочого та аварійного освітлення приміщень. Для систем аварійного антипанічного освітлення глядацького залу з балконом вибрано світильники типу ДПП06У. Для робочого та аварійного освітлення решти приміщень передбачено використати світильники ДПО20У Юпітер LED-панель, ДСП07У,

ДББ26У. Для приміщень, де передбачається аварійне освітлення запропоновано використати модифікації цих світильників із блоками аварійного живлення (акумуляторними батареями). Для освітлення сцени запропоновано використати світильники типу ДСП17В.

3. Живлення систем робочого освітлення передбачено по групових лініях від трьох щитів, живлення аварійного освітлення – від одного щита.

4. На підставі результатів розрахунку робочих струмів, виконаного для групових ліній та ліній живлення щитів електричної освітлювальної мережі, здійснено вибір типів та перерізу жил кабелів ліній живлення щитів та групових ліній, а також апаратів захисту. Для групових ліній робочого освітлення вибрано кабель ВВГнгд-3×1,5, для групових ліній розеткової мережі – ВВГнгд-3×2,5, для ліній живлення щитів – ВВГнгд-5×2,4. Для групових ліній аварійного освітлення вибрано кабель ВВГнгд-FR 3×1.5-1.

5. В якості апаратів захисту запропоновано вибрати автоматичні вимикачі з типом С струмочасової характеристики для усіх групових ліній та ліній живлення щитів, за винятком групової лінії, по якій живляться світильники робочого освітлення сцени, для якої запропоновано вибрати автоматичні вимикачів із струмочасовою характеристикою типу D.

6. Сумарна встановлена потужність систем робочого освітлення становить 10,47 кВт, аварійного – 0,81 кВт.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вихідні дані для світлотехнічного розрахунку систем освітлення приміщень будинку культури

Світлотехнічний розрахунок освітлювальних систем спрямований на визначення необхідної потужності та кількості світлових приладів їх оптимального розміщення відносно об'єктів освітлення для забезпечення виконання вимог щодо нормативних світлотехнічних показників і комфортних умов зорового сприйняття для людей.

Світлотехнічний розрахунок систем освітлення приміщень може виконуватись двома основними способами:

інженерними методами, серед яких метод коефіцієнта використання світлового потоку, що застосовується для визначення середньої освітленості, та точковий метод, який дозволяє розрахувати освітленість у конкретній точці від групи світильників;

із застосуванням спеціалізованих програмних засобів, робота яких базується на методі випромінюваності (Radiosity). Цей підхід дає можливість моделювати розподіл світлового потоку між усіма поверхнями освітлювальної сцени, включаючи джерела світла, розрахункові поверхні та інші об'єкти, що відбивають або пропускають світлове випромінювання.

Використання спеціалізованого програмного забезпечення для проведення світлотехнічних розрахунків має наступні переваги:

1. Висока точність розрахунків: враховуються геометричні параметри приміщень, властивості поверхонь, багаторазові відбиття світлового потоку та характеристики світильників, що дозволяє отримувати максимально наближені до реальних умов експлуатації результати.

2. Оперативність: Автоматизація розрахунків значно прискорює процес визначення необхідної кількості, потужності та розміщення світильників.

3. Можливість візуалізації результатів: за допомогою сучасного програмного забезпечення можливим є створення тривимірних моделей та візуалізації розподілу освітленості чи яскравості.

4. Використання реальних даних виробників: більшість програм підтримує імпорт фотометричних файлів світильників (IES, LDT), що забезпечує використання фактичних світлотехнічних характеристик обладнання під час розрахунків.

5. Автоматичне формування документації: за результатами, отриманими при моделюванні та розрахунку є можливість формування звітів для подальшого використання в розробці проєктної документації.

На підставі вище наведеного в якості засобу для виконання світлотехнічного розрахунку використаємо спеціалізований програмний пакет DIALux evo.

Вихідними даними для виконання світлотехнічного розрахунку в цьому програмному пакеті є:

- характеристики приміщень (їх геометричні розміри, розташування розрахункових площин, коефіцієнти відбивання поверхонь, які обмежують внутрішній простір приміщення);

- характеристики світлових приладів (світловий розподіл, світловий потік) вносяться в програмний пакет шляхом завантаження спеціальних фотометричних файлів (IES, LDT);

- коефіцієнт експлуатації (визначається відповідно до методики, приведеної в [7]) та враховує зниження світлового потоку, який падає на розрахункові об'єкти, внаслідок старіння та виходу з ладу джерел світла та світлових приладів, їхнього забруднення, а також забруднення і, як наслідок зниження коефіцієнтів відбивання внутрішніх огорожувальних поверхонь у приміщеннях.

Відповідно до методики, наведеної в додатку В [7], коефіцієнт експлуатації MF можна розрахувати, як добуток коефіцієнта зниження світлового потоку джерел світла $LLMF$, коефіцієнта LSF , що визначає частку працюючих

світильників в їх загальній кількості, коефіцієнта експлуатації світлових приладів LMF (вибирається в залежності від класу чистоти приміщення та ступеню захисту світильників від пилу) та коефіцієнта експлуатації $RSMF$ внутрішніх поверхонь, які оточують внутрішній простір приміщення (стелі, стін та підлоги):

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (3.1)$$

Для світлодіодних світильників, вибраних в проектно-кострукторському розділі час безерервної роботи світлодіодів становить не менше 50 тис. год, а підіння їх світлового потоку наприкінці терміну експлуатації не перевищуватиме 20 % , тобто світловий потік не знизиться до рівня нижчого, ніж 80 % від початкового свого значення. Виходячи з цього, з табл. В4 [7] вибираємо: $LLMF = 0,85$, $LSF = 1$.

Для приміщень, які відповідають класу чистоти С (Clean) з плановими інтервалами очищення світильників 1 рік та поверхонь 1,5 роки (В1 [7]) та світильників, які відносяться до типу D (табл. В3 [7]): $LMF = 0,79$ (табл. В5 [7]), $RSMF = 0,94$ (табл. В6 [7]), а для світильників із ступенем захисту IP65 (тип D) – $LMF = 0,79$, $RSMF = 0,94$;

Підставивши вибрані чисельні значення коефіцієнту формулу (3.1), отримаємо одержимо:

- для приміщень зі світловими приладами типу D

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

- для приміщень зі світловими приладами типу E

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

3.1.1 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення

Розрахунок робочого освітлення продемонструємо на прикладі приміщень сцени та глядацького залу з балконом.

Попередня кількість та розміщення світильників визначалися шляхом підбору.

Для забезпечення можливості розрахунку показника дискомфорту в глядацькому залі, як від його власної системи освітлення, так і від системи освітлення сцени, було створено спільну тривимірну модель сцени та приміщення глядацького залу. Розміщення площин для розрахунку освітленості приведено на рис. 3.1.

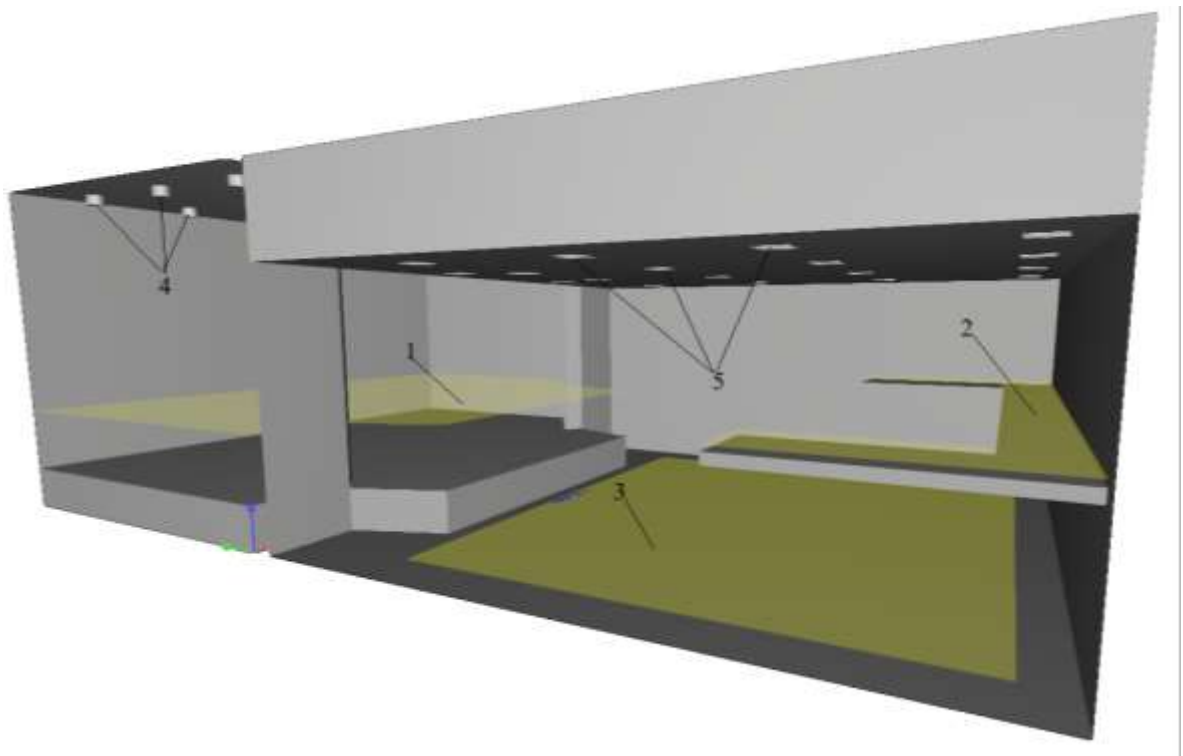


Рисунок 3.1 – Спільна тривимірна модель для виконання світлотехнічного систем робочого освітлення приміщень сцени та глядацького залу з балконом:

1 – площина розрахунку вертикальної освітленості на висоті 1,5 м над поверхнею підлоги сцени; 2 – площина розрахунку горизонтальної освітленості на висоті 0,8 м від підлоги балкону; 3 – площина розрахунку горизонтальної освітленості на висоті 0,8 м від підлоги глядацького залу; 4, 5 – світильники для освітлення відповідно сцени та глядацького залу

Як було зазначено в проектно-конструкторському розділі для освітлення сцени використано 18 світильників ДСП17В-60-131 з кривою сили світла типу К (рис. 3.2 а), розміщених на висоті 8,0 м.

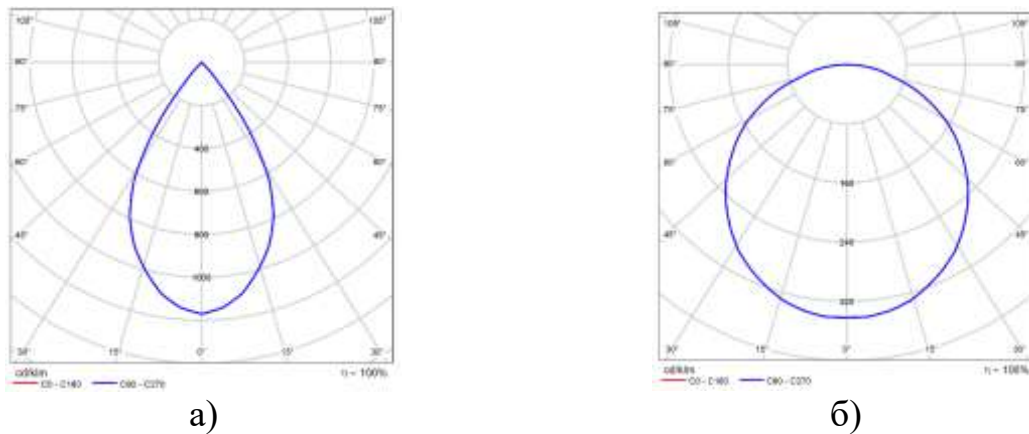


Рисунок 3.2 – Крива сили світла світильника ДСП17В-60-131 (а) та ДВО20У-45-012 Юпітер LED-панель (б)

Для робочого освітлення глядацького залу та балкону, а також додаткового підсвічування сцени використано 18 світильників (16 світильників розташовано над підлогою глядацького залу та 2 – над виступом сцени) типу ДВО20У-45-012 Юпітер LED-панель (з кривою сили світла типу Д (рис. 3.2 б), розміщених в отворах підвісної стелі на висоті 6,0 м над підлогою залу.

Світлотехнічний розрахунок виконаємо для наступних випадків:

- режим очікування (освітлюється лише глядацький зал, а світло від системи освітлення сцени не надходить);
- режим показу (освітлюється лише сцена);
- робочий пленарний режим (освітлюється сцена та глядацький зал одночасно).

При виконанні світлотехнічного розрахунку в режимі очікування в тривимірній спільній розрахунковій моделі врахуємо лише світловий потік від 16 світильників, розміщених над поверхнею підлоги глядацького залу, а світловий потік від 2 світильників ДВО20У-45-012 Юпітер LED-панель та світильників ДСП17В-60-131 враховувати не будемо (в програмі задаємо світловий потік цих світильників таким, що дорівнює 0).

В результаті розрахунку отримано:

- середня освітленість площини 2 (див. рис. 3.1) – 287 лк;
- середня освітленість площини 3 – 194 лк;
- середня циліндрична освітленість глядацького залу – 85,1 лк;

- об'єднаний показник дискомфорту UGR в глядацькому залі (для спостерігача, лінія зору якого розмішена на висоті 1,2 м над підлогою) – 18,7;
- об'єднаний показник дискомфорту UGR на балконі (для спостерігача, лінія зору якого розмішена на висоті 1,2 м над підлогою) – 21,1.

Графіки розподілу освітленості на площинах 2 та 3, а також циліндричної освітленості в приміщенні глядацького залу приведено на рис. 3.3.

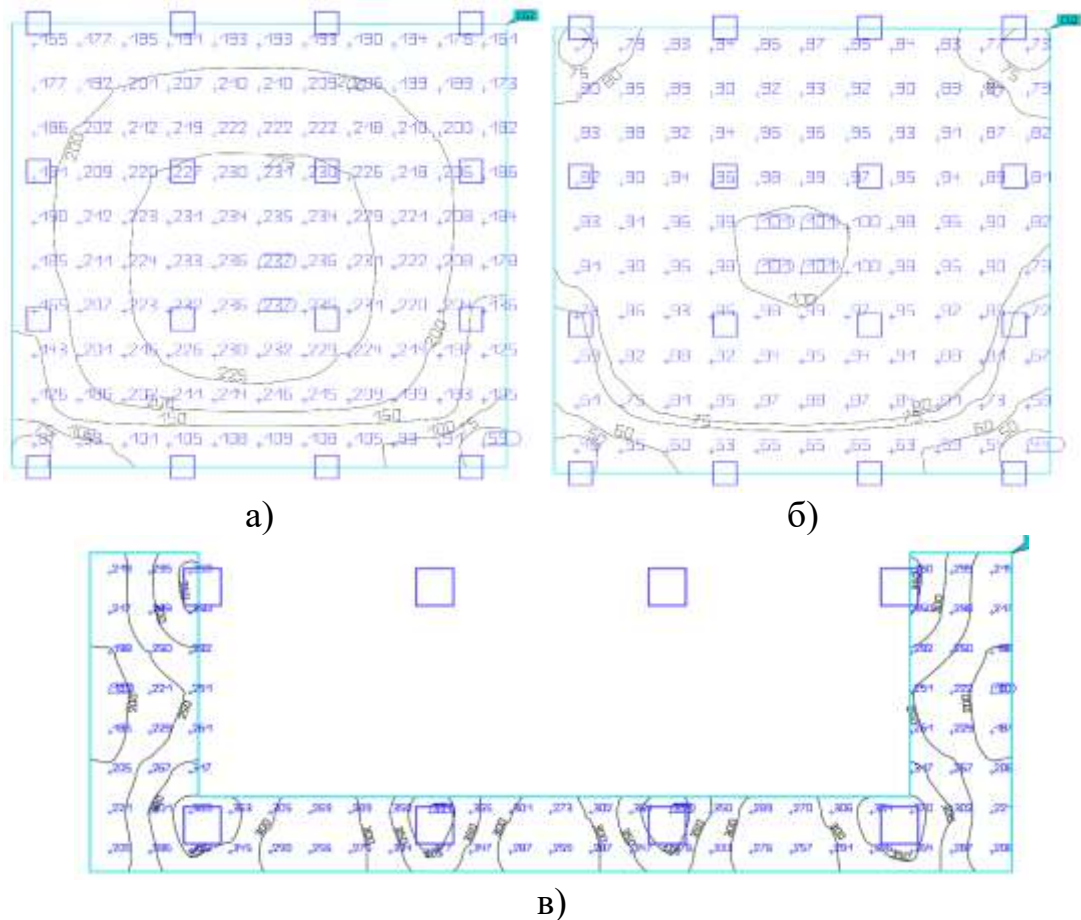


Рисунок 3.3 – Графіки розподілу горизонтальної освітленості на розрахункових площинах 3 (а) та 2 (в) та вертикальної освітленості в приміщенні глядацького залу

Відхилення δE розрахункової освітленості E_p від нормованої E_H визначимо за формулою:

$$\delta E = \frac{E_p - E_H}{E_H} \cdot 100\%. \quad (3.2)$$

Підставляючи розрахункові та нормовані значення освітленостей у формулу (3.2), отримаємо:

- для площини 3:

$$\delta E = \frac{194 - 200}{200} \cdot 100\% = -3,00\%,$$

- для циліндричної освітленості

$$\delta E = \frac{85,1 - 75}{200} \cdot 100\% = 13,47\%,$$

що допустимо, оскільки відхилення має становити в межах від -10 до +20 %.

Показник дискомфорту M розрахуємо, використовуючи формулу [7]:

$$M = 10^{\frac{UGR+4,8}{16}}. \quad (3.3)$$

Підставляючи значення для показника UGR у формулу (3.3), отримаємо:

- для глядацького залу

$$M = 10^{\frac{18,7+4,8}{16}} = 29;$$

- для балкону

$$M = 10^{\frac{21,1+4,8}{16}} = 42,$$

що допустимо, оскільки для глядацького залу нормоване значення показника дискомфорту становить 90.

В результаті світлотехнічного розрахунку в режимі показу врахуємо світловий потік світильників ДСП17В-60-131 та двох світильників ДВО20У-45-012 Юпітер LED-панель, розміщених над виступом сцени, а світловий потік 16 світильників ДВО20У-45-012 Юпітер LED-панель, розміщених в глядацькому залі прирівняємо до нуля.

В результаті розрахунку отримано:

- середня вертикальна освітленість на площині 1 (див. рис. 3.1) – 351 лк;

- об'єднаний показник дискомфорту UGR в глядацькому залі (для спостерігача, лінія зору якого розмішена на висоті 1,2 м над підлогою) – 19,6;
- об'єднаний показник дискомфорту UGR на балконі (для спостерігача, лінія зору якого розмішена на висоті 1,2 м над підлогою) – 13,6.

Відхилення освітленості та показники дискомфорту:

- для вертикальної освітленості сцени:

$$\delta E = \frac{351 - 300}{300} \cdot 100\% = 17,00\%$$

- для глядацького залу

$$M = 10^{\frac{19,6+4,8}{16}} = 33;$$

- для балкону

$$M = 10^{\frac{13,6+4,8}{16}} = 14,$$

що допустимо.

Графік розподілу вертикальної освітленості по розрахунковій площині 1 приведено на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Графік розподілу вертикальної освітленості на розрахунковій площині, розміщеній на висоті 1,5 м над поверхнею підлоги сцени

В результаті розрахунку системи освітлення сцени та глядацького залу в робочому пленарному режимі (враховується одночасно світловий потік всіх світильників) отримано такі результати:

- середня вертикальна освітленість на площині 1 (див. рис. 3.1) – 359 лк;
- середня освітленість площини 2 (див. рис. 3.1) – 300 лк;
- середня освітленість площини 3 (див. рис. 3.1) – 238 лк;
- середня циліндрична освітленість глядацького залу – 115 лк;
- об'єднаний показник дискомфорту UGR в глядацькому залі (для спостерігача, лінія зору якого розмішена на висоті 1,2 м над підлогою) – 18,3;
- об'єднаний показник дискомфорту UGR на балконі (для спостерігача, лінія зору якого розмішена на висоті 1,2 м над підлогою) – 19,7.

Як видно із результатів розрахунку, система освітлення, для якої ведеться розрахунок здатна забезпечити усі вимоги що висуваються до середньої вертикальної та горизонтальної, а також циліндричної освітленостей. При цьому показники дискомфорту:

- для глядацького залу

$$M = 10^{\frac{18,3+4,8}{16}} = 28;$$

- для балкону

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

Графіки розподілу освітленості по розрахункових площинах приведено на рис. 3.5.

Аналогічно виконуємо світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення для решти приміщень. Результати розрахунку приведено в додатку Б.

3.1.2 Світлотехнічний розрахунок систем аварійного освітлення

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщень глядацького залу з

балконом та приміщення залу для занять танцями.

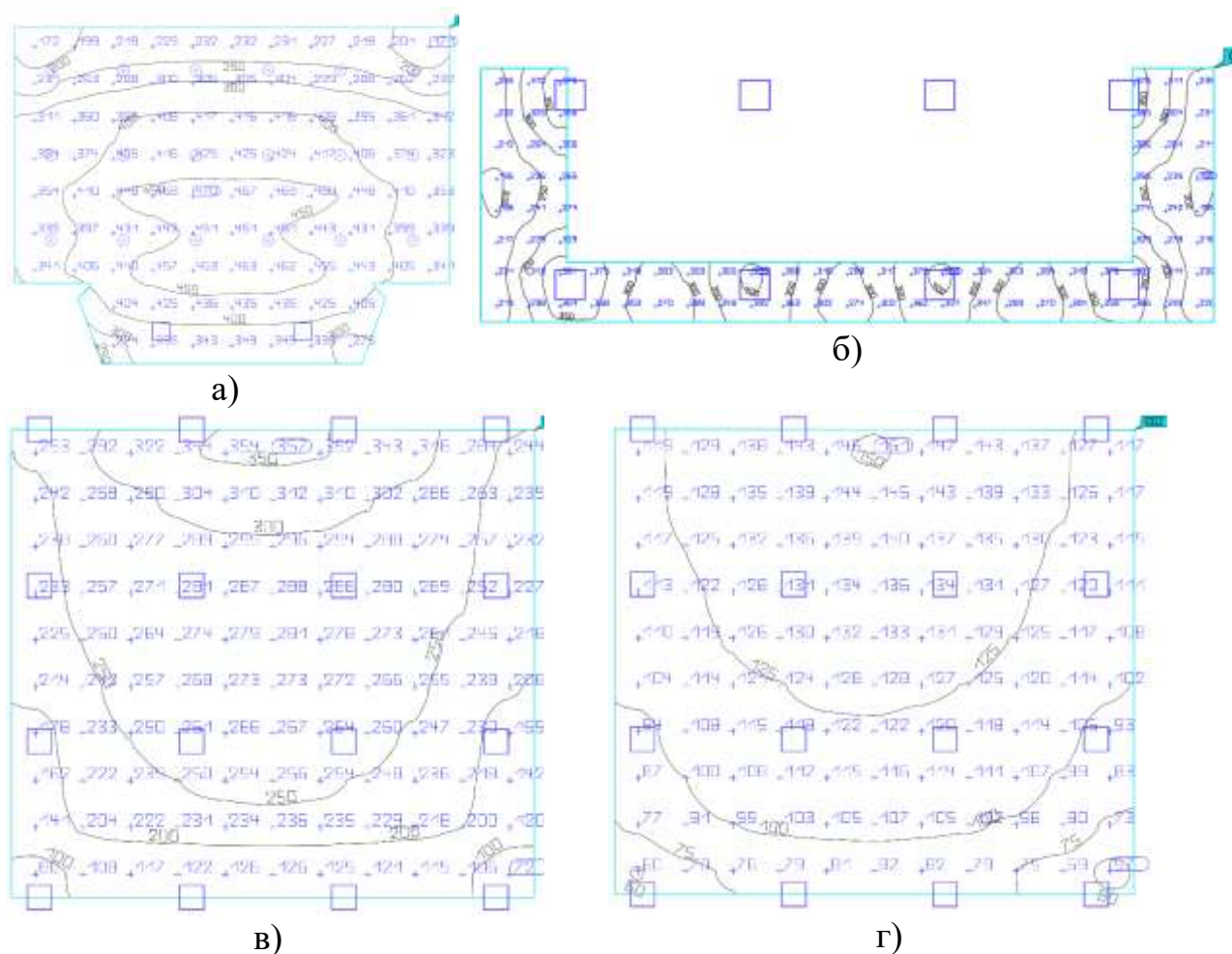


Рисунок 3.5 – Графіки розподілу:

вертикальної освітленості по розрахунковій площині, розміщеній на висоті 1,5 м над підлогою сцени (а); горизонтальної освітленості по розрахункових площинах, розміщених на висоті 0,8 м над підлогою балкону (б) та глядацького залу (в); циліндричної освітленості в глядацькому залі (г)

Для аварійного антипанічного освітлення приміщення глядацького залу з балконом використаємо 10 світильників ДПП06У-6-211, розміщених по стінах на висоті 2,5 над підлогою глядацького залу (7 світильників) та 2,5 м над підлогою балкону (3 світильники), як показано на рис. 3.6.

В результаті розрахунку отримали:

- мінімальна освітленість на поверхні підлоги глядацького залу – 3,08 лк;

- максимальна освітленість на поверхні підлоги глядацького залу – 16,40 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 5,32;
- мінімальна освітленість на поверхні підлоги балкону – 6,09 лк;
- максимальна освітленість на поверхні підлоги глядацького залу – 9,89 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 1,62.



Рисунок 3.6 – Розміщення світильників аварійного освітлення глядацького залу з балконом

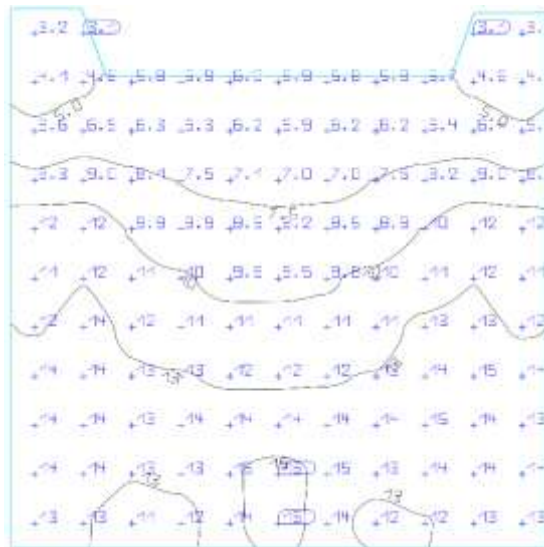
Як видно із результатів розрахунку така система освітлення забезпечує виконання нормативних вимог, які висуваються до систем аварійного (антипанічного освітлення). Результати розподілу освітленості по розрахункових поверхнях приведено на рис. 3.7.

В системі антипанічного освітлення конференц залу використаємо два світильники робочого освітлення, модифіковані блоками аварійного живлення. Світловий потік таких світильників в аварійному режимі становить 360 лм.

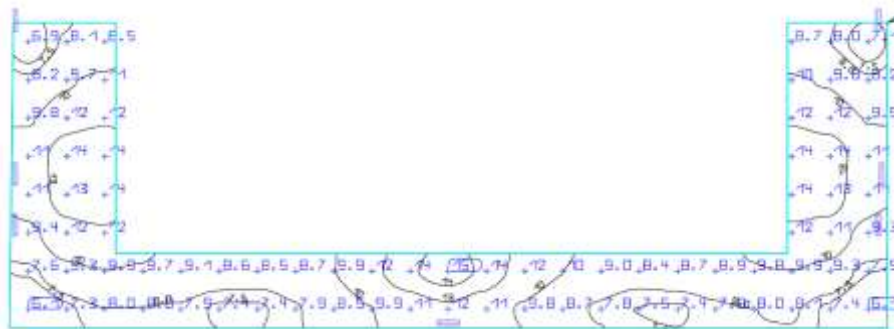
В результаті розрахунку було тримано:

- мінімальна освітленість – 0,69 лк;
- максимальна освітленість – 8,43 лк;

- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 12,22.



а)



б)

Рисунок 3.7 – Розподіл освітленості по поверхні підлоги глядацького залу (а) та балкону (б), створеною системою аварійного антипанічного освітлення

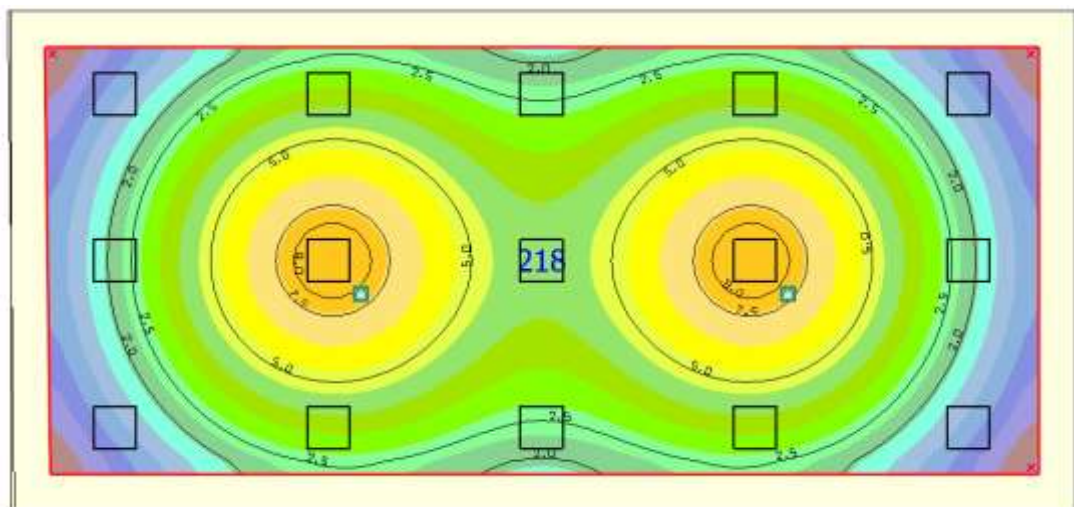


Рисунок 3.8 – Графік розподілу освітленості на поверхні підлоги конференц залу, створеної системою антипанічного освітлення

Тобто така система освітлення задовільняє нормативним вимогам. Графік розподілу освітленості приведено на рис. 3.8.

Світлотехнічний розрахунок систем аварійного освітлення для решти приміщень виконуємо аналогічно. Результати розрахунку представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати світлотехнічного розрахунку систем аварійного освітлення приміщень

№	Призначення приміщення	E_{\min} , лк	E_{\max} , лк	E_{\max}/E_{\min}	Тип світильника	Потужність, Вт	Кількість, шт	Потужність системи освітлення
102	Вестибюль	0,54	8,58	15,89	ДВО20У-36-011	36	3	108
107	Коридор	0,51	8,20	16,08	ДББ26У-20-106	20	1	20
109	Роздягальня	0,72	8,21	11,40	ДББ26У-20-106	20	1	20
117	Роздягальня	0,72	8,21	11,40	ДББ26У-20-106	20	1	20
118	Спортивний зал	0,80	2,95	3,69	ДСП07У-40-125	40	3	120
125	Електрощитова	4,56	9,43	2,07	ДСП07У-25-122	25	1	25
131	Глядацький зал	3,08	16,4	5,32	ДПП06У-6-211	6	7	42
132	Зал для занять танцями	1,05	10,2	9,71	ДСП07У-25-122	25	4	100
208, 212	Коридор	1,59	9,54	6,00	ДББ26У-20-106	20	4	80
218	Конференц зал	0,69	8,43	12,22	ДВО20У-36-011	36	2	72
219	Коридор	1,04	8,21	7,89	ДББ26У-20-106	20	1	20
222_1	Балкон	6,09	9,89	1,62	ДПП06У-6-211	6	3	18
224	Коридор	3,79	8,21	2,17	ДББ26У-12-102	12	1	12
224_1	Коридор	3,79	8,21	2,17	ДББ26У-12-102	12	1	12
	Сходові клітки	2,57	7,40	2,88	ДСП07У-25-122	25	3	75

3.2 Розрахунок втрат напруги в електричній освітлювальній мережі

Виконаємо розрахунок втрат напруги, використовуючи формулу:

$$\Delta U \% = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} M_k}{c \cdot S}, \quad (3.3)$$

де $\sum_{k=1}^{k=n} M_k$ – сумарний момент електричних навантажень для розрахункової ділянки;

c – коефіцієнт, що комплексно характеризує тип мережі, матеріал проводів та номінальну напруги, котрий для ділянок електричних освітлювальних мереж становить: 12,1 – для двопровідної з напругою 220 В та 72 – для трифазної з напругою 380/220 В.

S – площа поперечного перерізу жил кабелів розрахункової ділянки.

Розрахунок для групових ліній виконаємо на прикладі двох найбільш завантажених та з найвіддаленішими електроспоживачами. Це групові лінії гр2.1 та гр.1.6

Схема для розрахунку групової лінії гр.2.1 приведена на рис. 3.9.

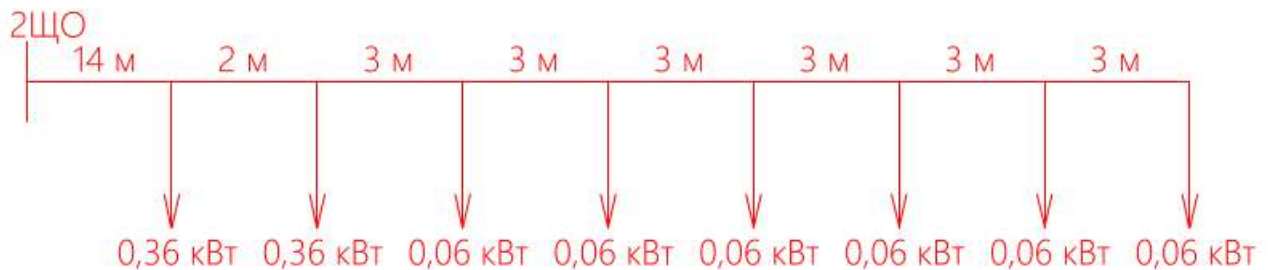


Рисунок 3.9 – Схема для розрахунку втрати напруги в груповій лінії гр2.1

Тоді

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,06 \cdot 34 + 0,06 \cdot 31 + 0,06 \cdot 28 + 0,06 \cdot 25 + 0,06 \cdot 22 + 0,16 \cdot 19 + 0,36 \cdot 16 + 0,36 \cdot 14 = 20,34 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Після підстановки чисельних значень для $\sum_{k=1}^{k=n} M_k$, $c = 12,1$ та $S = 1,5 \text{ мм}^2$ у формулу (3.3), отримаємо:

$$\Delta U \% = \frac{20,34}{12,1 \cdot 1,5} = 1,13 \%$$

Момент електричних навантажень для лінії живлення щита 2ЩО:

$$M_{2ЩО} = 3,16 \cdot 10 = 31,60 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Після підстановки чисельних значень для $M_{2ЩО}$, $c = 72$ та $S = 4,0 \text{ мм}^2$ у формулу (3.3), отримаємо:

$$\Delta U \% = \frac{36,10}{72 \cdot 4,0} = 0,13 \%$$

Сумарне падіння напруги від ГРЩ до найвіддаленішого світильника групової лінії гр2.1

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 0,13 + 1,13 = 1,26 \%$$

що допустимо, оскільки, відповідно до табл. 2.1.16 [16], максимальне падіння напруги в електропроводках електричних освітлювальних мереж не повинно перевищувати 3 %.

Схема для розрахунку групової лінії гр.1.6 приведена на рис. 3.10.

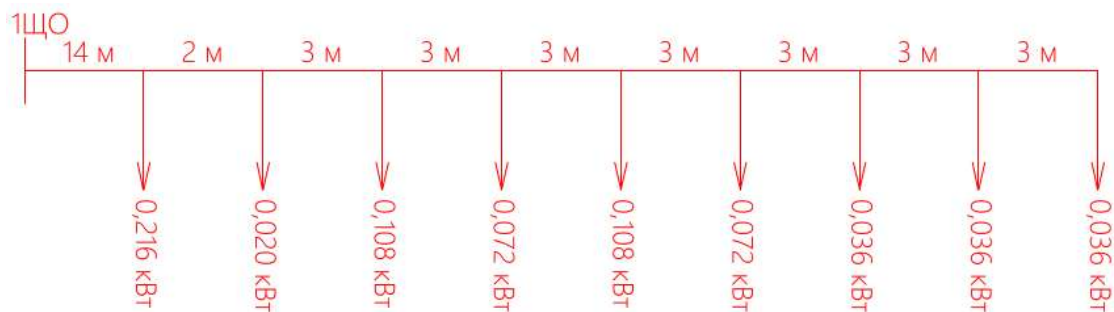


Рисунок 3.10 – Схема для розрахунку втрати напруги в груповій лінії гр1.6

Тоді, аналогічно, як і для групової лінії гр2.1:

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,036 \cdot 35 + 0,036 \cdot 32 + 0,036 \cdot 29 + 0,072 \cdot 25 + 0,108 \cdot 22 + 0,072 \cdot 19 + 0,108 \cdot 16 + 0,020 \cdot 13 + 0,216 \cdot 10 = 13,15 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

$$\Delta U \% = \frac{13,15}{12,1 \cdot 1,5} = 0,72 \%$$

$$M_{1ЩО} = 3,29 \cdot 45 = 148,05 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Після підстановки чисельних значень для $M_{1ЩО}$, $c = 72$ та $S = 4,0 \text{ мм}^2$ у

формулу (3.3), отримаємо:

$$\Delta U \% = \frac{148,05}{72 \cdot 4,0} = 0,51 \%$$

Сумарне падіння напруги від ГРЩ до найвіддаленішого світильника групової лінії гр1.6

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 0,51 + 0,72 = 1,23 \%$$

3.3 Висновки до розділу

1. На основі результатів світлотехнічних розрахунків, виконаних в спеціалізованій програмі DIALux evo встановлено потужність, кількість та розміщення світильників систем робочого та аварійного освітлення, використання яких дозволяє забезпечити (із врахуванням запасу) виконання вимог щодо нормованих світлотехнічних параметрів.

2. Виконано розрахунок втрат напруги в електричних освітлювальних мережах будівлі. За результатами розрахунку встановлено, що сумарне максимальне падіння напруги (від ГРЩ до найвіддаленішого світлового приладу) становить 1,26 % при допустимому значенні 3% (відповідно до ПУЕ).

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Економічне та соціальне значення заходів з охорони праці та техніки безпеки

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

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

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

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

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

4.2 Надзвичайні ситуації та аналіз основних причин їх виникнення

Основними причинами для виникнення надзвичайних ситуацій є:

- аварії і катастрофи;
- стихійні лиха (природні катаклізми);
- епідемії, епізоотії, епіфітотії;
- збройні конфлікти та інші фактори соціального і політичного характеру.

Аварія – небезпечна подія техногенного характеру, що створює на об'єкті, території, або акваторії загрозу для життя і здоров'я людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Катастрофа – великомасштабна аварія з тяжкими, трагічними наслідками.

Вивчення причин виникнення виробничих аварій і катастроф свідчить про їх велике різноманіття, але за суттю ці причини можна об'єднати в дві групи. Перша – це проектно-виробничі помилки і порушення (помилки при проектуванні підприємств, порушення будівельних норм і правил, низька якість будівельних робіт, використаних матеріалів і конструкцій, порушення техніки безпеки і технологічних процесів виробництва, відсутність постійного контролю за потенційно небезпечними об'єктами). Друга група причин обумовлена тим, що не всі явища природи пізнані.

Великі темпи сучасного науково-технічного прогресу створили умови для великої концентрації радіаційно-, хімічно-, та вибухонебезпечних виробництв. По залізницям і трубопроводам транспортуються в великій кількості небезпечні речовини, внаслідок чого зростає ймовірність виникнення значних аварій і катастроф.

Стихійні лиха є причиною утворення катастрофічних наслідків. За даними ООН за останні 20 років наслідки стихійних лих відчули більш ніж 1 млрд. людей, в них загинуло біля 3 млн.

На території України можуть виникати НС природного характеру досить часто і у великих масштабах. Так, землетрус силою 9 балів може охопити західні, південно-західні регіони і Крим на загальній площі біля 27 тис. кв. км. Прибережні райони басейну Чорного моря можуть виявитися під впливом цунамі (морські хвилі від підземного землетрусу). Щорічно окремі райони потерпають від дій бурь, ураганів, повеней та інших явищ. Особливо катастрофічним була повінь в Закарпатті у листопаді 1998 року.

Війна завжди була великим лихом. Людство Землі перенесло більше 14500 воєн, в яких загинуло 3640 млн. людей. На сьогодні накопичена велика кількість

сучасної зброї в тому числі ядерної, і сучасних засобів доставки її до цілей: міжконтинентальних балістичних ракет (МБР), підводних човнів-ракетоносців, стратегічної й тактичної авіації, що дозволяють доставити заряди до цілей в короткі терміни. Час польоту МБР на відстань 11-12 тис.км. складає всього 30-40 хв.

Враховуючи масштабність і збільшену ймовірність виникнення НС, перед суспільством існує проблема захисту населення, матеріальних цінностей і навколишнього середовища в умовах мирного і воєнного часу. Вирішення цієї проблеми базується на завчасному прогнозуванні та оцінці наслідків можливих НС в конкретному регіоні, на об'єкті і проведенні заходів щодо запобігання НС і зниженню їх негативних наслідків. Прогнозування обстановки можливе на знанні характеристик осередків ураження, що утворюються в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Осередком ураження (ОУ) називається територія, на якій в результаті дії уражаючих факторів виникли руйнування будівель і споруд, пожежі, зараження атмосфери і місцевості та ураження людей, сільськогосподарських тварин і рослин. ОУ може утворитися під впливом одного уражаючого фактора (простий), або під впливом декількох первинних і вторинних уражаючих факторів (складний). Осередок ураження характеризується:

- формою (положенням меж осередку на місцевості): коло, трикутник, еліпс і ін.
- розмірами (радіус, глибина, площа)
- завданими збитками (кількістю уражених людей і тварин, зруйнованих будинків і споруд, грошовою сумою втрат матеріальних цінностей).

4.3 Основні фактори небезпеки при експлуатації систем освітлення будівель та споруд

При монтажних та ремонтних роботах систем освітлення робочий персонал може зазнати впливу шкідливих факторів, а джерелами потенційної небезпеки для здоров'я людей є:

- електромагнітне та електричне поле;
- параметри мікроклімату;
- виробничий шум.

Електромагнітні поля (ЕМП) – це змінні електричні та магнітні поля, що поширюються у просторі у формі хвиль зі швидкістю світла. Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу. Учені встановили, що найбільшу небезпеку для організму представляє тривале опромінення впродовж декількох років. Унаслідок дії електромагнітних полів можливі як гострі, так і хронічні ураження, порушення в системах і органах, функціональні зсуви в діяльності нервово-психічної, серцево-судинної, ендокринної, кровотворної та інших систем організму людини. Найбільший вплив на електромагнітну обстановку будь-яких будівель в діапазоні промислової частоти 50 Гц вносить електротехнічне устаткування, а саме: кабельні лінії, що підводять електрику до усіх квартир та інших споживачів системи життєзабезпечення будівлі, а також розподільні щити і трансформатори.

Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем.

Відомо, що надлишкова вологість повітря негативно впливає на механізм терморегуляції організму. Особливо шкідливою є вологість повітря, яка перевищує 70 – 75 % за температури 30 °С і більше. Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до прискорення серцебиття, зниження артеріального тиску. За низької температури може статися переохолодження організму, що спричинить простудне захворювання. Згідно з результатами досліджень людина є працездатною і нормально себе почуває, якщо температура навколишнього повітря не виходить за межі 18 – 20 °С, відносна вологість – 40 –

60 %, швидкість руху повітря – 0,1 – 0,2 м/с. Висока температура послаблює організм, викликає млявість, а низька – сковує рухи, що при обслуговуванні електрообладнання спричиняє підвищену небезпеку травмування. За високої температури та вологості може статися перегрів тіла та тепловий удар, який може бути викликаний також інфрачервоним випромінюванням.

Несприятливі суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум з інтенсивністю 75 – 85 дБ. У персоналу, котрий має справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перевтоми, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на об'єкті. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху. Крім того, шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушується слуг, до 120 дБ – виникає нестерпний фізичний біль. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10 – 15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення.

Окрема група факторів, що впливає на здоров'я персоналу є важкість праці (навантаження на центральну нервову систему, органи чуття, емоційну сферу – інтелектуальне, емоційне навантаження, ступінь монотонності навантаження).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Наведено основні вимоги до систем електрообладнання, електропостачання та електросвітлення будівель культурно-видовищних закладів.

2. Проаналізовано існуючі методи та технології освітлення приміщень різного призначення будівель видовищних закладів.

3. Наведено основні відомості про об'єкт проектування. Встановлено, що сумарна площа усіх приміщень становить 1640,47 м², з яких 23 та 22 % відведено відповідно під видовищні та адміністративні приміщення. Частка площ приміщень залів для занять спортом та танцями становить 22 %.

4. Виконано вибір систем освітлення приміщень будівлі, а також їх нормованих світлотехнічних параметрів. Для усіх приміщень застосовано систему робочого загального освітлення. Окрім робочого освітлення для приміщень коридорів та сходових кліток передбачено систему аварійного освітлення шляхів евакуації, а для глядацького залу з балконом, залу для занять танцями, спортивного залу, вестибюлю, конференц залу, роздягальнь – аварійного антипанічного освітлення.

5. Виконано вибір напівпровідникових світлових приладів для систем робочого та аварійного освітлення приміщень. Для систем аварійного антипанічного освітлення глядацького залу з балконом вибрано світильники типу ДПП06У. Для робочого та аварійного освітлення решти приміщень передбачено використати світильники ДПО20У Юпітер LED-панель, ДСП07У, ДББ26У. Для приміщень, де передбачається аварійне освітлення запропоновано використати модифікації цих світильників із блоками аварійного живлення (акумуляторними батареями). Для освітлення сцени запропоновано використати світильники типу ДСП17В.

6. На основі результатів світлотехнічних розрахунків, виконаних в спеціалізованій програмі DIALux evo встановлено потужність, кількість та розміщення світильників систем робочого та аварійного освітлення,

використання яких дозволяє забезпечити (із врахуванням запасу) виконання вимог щодо нормованих світлотехнічних параметрів. Сумарна встановлена потужність систем робочого освітлення становить 10,47 кВт, аварійного – 0,81 кВт.

7. Живлення систем робочого освітлення передбачено по групових лініях від трьох щитів, живлення аварійного освітлення – від одного щита.

8. На підставі результатів розрахунку робочих струмів, виконаного для групових ліній та ліній живлення щитів електричної освітлювальної мережі, здійснено вибір типів та перерізу жил кабелів ліній живлення щитів та групових ліній, а також апаратів захисту. Для групових ліній робочого освітлення вибрано кабель ВВГнгд-3×1,5, для групових ліній розеткової мережі – ВВГнгд-3×2,5, для ліній живлення щитів – ВВГнгд-5×2,4. Для групових ліній аварійного освітлення вибрано кабель ВВГнгд-FR 3×1.5-1.

9. В якості апаратів захисту запропоновано вибрати автоматичні вимикачі з типом С струмочасової характеристики для усіх групових ліній та ліній живлення щитів, за винятком групової лінії, по якій живляться світильники робочого освітлення сцени, для якої запропоновано вибрати автоматичні вимикачів із струмочасовою характеристикою типу D.

10. Виконано розрахунок втрат напруги в електричних освітлювальних мережах будівлі. За результатами розрахунку встановлено, що сумарне максимальне падіння напруги (від ГРЩ до найвіддаленішого світлового приладу) становить 1,26 % при допустимому значенні 3% (відповідно до ПУЕ).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. НК 018:023. Класифікатор будівель і споруд. – [чинний від 2024– 01 – 01]. – К. : Мінрегіон України, 2023. – 17 с.
2. ДБН В.2.2-16-2019 "Культурно-видовищні та дозвіллієві заклади." – К.: Мінрегіон України, 2019.– 93 с.
3. Храми мистецтв: історія розвитку українських оперних театрів. URL: <https://pragmatika.media/khramy-mystetstv-istoriia-rozvytku-ukrainskykh-opernykh-teatriv/> (дата звернення: 03.06.2026).
4. Освітлення конференц-залів URL: <https://5watt.ua/uk/blog/statti/osvitlennya-konferenc-zaliv?srsId=AfmBOoqJasQPz3XNGvPyNeRN4QJfb0xhCgAEPfvVs4ySAHJqtF0Rhog3> (дата звернення: 03.06.2026).
5. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЙ ПРИМІЩЕНЬ, БУДИНКІВ ТА ЗОВНІШНІХ УСТАНОВОК ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ ТА ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ. Чинний від 2017-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 34 с.
6. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Світлотехнічні установки та системи» для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальностей 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та G3 Електрична інженерія / Уклад.: к.т.н., доцент Ярослав ОСАДЦА – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2026. – 46 с.
7. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
8. ДСП17В. URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP17V.pdf (дата звернення: 18.05.2026).
9. ДСП07У. URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP07U.pdf (дата звернення: 18.05.2026).

10. ДВО20У, ДПО20У, ДСО20У Юпітер-LED-панель. URL: [https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DVO20U-DSO20U-DPO20U_\(Jupiter-LED-panel\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DVO20U-DSO20U-DPO20U_(Jupiter-LED-panel).pdf) (дата звернення: 08.05.2026)
11. ДББ26У Селена LED. URL: [https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U\(SELENA-LED\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U(SELENA-LED).pdf) (дата звернення: 08.05.2026)
12. ДПП06У (аварійний). URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP06U.pdf (дата звернення: 08.05.2026)
13. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
14. Кабелі силові з мідними СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки. URL: <https://www.yuzhcable.info/cat/18/mri/180117> (дата звернення: 22.05.2026).
15. Вогнетривкий кабель (N) НХН FE 180/E30 3x1,5. URL: https://amperok.com.ua/vognetryvkyj_kabel_n_hxh_fe_180_e30_3x1_5?srsId=AfmBOooXbQRGFgyBWhrSprs3yAsTMJSO-Z6OJvChQR8XXAp1A6jRv7 (дата звернення: 12.05.2026)
16. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
17. Допустимі струмові навантаження для кабелів з мідними жилами. URL: <https://energoprom.net.ua/ua/information/tok-nagruzka/nagruzka-cu/> (дата звернення: 25.05.2026)
18. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.
19. ДБН В.2.5-23:2025. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.– К.: Мінрозвитку України, 2025.– 93 с.

20. ETIMAT Автоматичні вимикачі URL: <https://www.eti.ua/produksiya-ua/asti/etimat-miniature-circuit-breakers> (дата звернення: 30.05.2026)

21. Осадца Я.М. Світлотехнічні установки та системи [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 900): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2024. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>

22. Головна / Інфоматеріали URL: <https://vatra.ua/ukr/downloads> (дата звернення: 21.05.2026)

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

ДОДАТОК А

Результати розрахунку електричної освітлювальної мережі будівлі

Таблиця А1 – Результати розрахунку щита 1ЩО

Маркування щита		1ЩО										
Місце встановлення щита		106										
Встановлена активна потужність, кВт		4,15										
Розрахункова активна потужність, кВт		3,29										
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		1,32										
Розрахункова повна потужність, кВА		3,54										
Робочий струм, А		5,11										
Тип кабеля		ВВГнгд-5×4										
Апарат захисту		ЕТИМАТ 10 3р С16										
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту	
гр1-1	Світильники робочого освітлення	103_1 - 103_3, 104, 105	0,14	1	0,95	0,33	0,14	0,05	0,66	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С2	
гр1-2	Світильники робочого освітлення	107, 109 - 117	0,24	1	0,95	0,33	0,24	0,08	1,08	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С2	
гр1-3	Світильники робочого освітлення	118	0,48	1	0,95	0,33	0,48	0,16	2,20	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С10	
гр1-4	Світильники робочого освітлення	101, 102, 102_1, 133,134	0,60	1	0,95	0,33	0,60	0,20	2,75	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр1-5	Розетки	102, 13, 134	0,88	0,4	0,8	0,75	0,35	0,26	4,78	ВВГнгд-3×2,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр1-6	Світильники робочого освітлення	218, 220	0,68	1	0,95	0,33	0,68	0,22	3,13	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр1-7	Світильники робочого освітлення	222, 223, 225	0,36	1	0,95	0,33	0,36	0,12	1,65	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С4	
гр1-8	Розетки	222, 223, 225	0,56	0,4	0,8	0,75	0,22	0,17	3,04	ВВГнгд-3×2,5	ЕТИМАТ 10 1р С4	
гр1-9	Світильники робочого освітлення	213 - 217, 221_1, 221_2, 224, 224_1	0,21	1	0,95	0,33	0,21	0,07	0,94	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С10	

Таблиця А2 – Результати розрахунку щита 2ЩО

Маркування щита		2ЩО										
Місце встановлення щита		28										
Встановлена активна потужність, кВт		3,99										
Розрахункова активна потужність, кВт		3,30										
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		1,33										
Розрахункова повна потужність, кВА		3,56										
Робочий струм, А		5,14										
Тип кабеля		ВВГнгд-5×4										
Апарат захисту		ЕТИМАТ 10 3р С25										
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту	
гр2-1	Світильники робочого освітлення	121	1,08	1	0,95	0,33	1,08	0,35	4,94	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 6 1р D10	
гр2-2	Світильники робочого освітлення	121, 131	0,81	1	0,95	0,33	0,81	0,27	3,71	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр2-3	Світильники робочого освітлення	132	0,20	1	0,95	0,33	0,20	0,07	0,92	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр2-4	Світильники робочого освітлення	122_1, 123_1 - 123_6, 124, 125, 127 - 130	0,51	1	0,95	0,33	0,51	0,17	2,31	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С10	
гр2-5	Розетки	122_1, 123_2 123_3, 124, 132	0,88	0,4	0,8	0,75	0,35	0,26	4,78	ВВГнгд-3×2,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр2-6	Світильники робочого освітлення	119, 120, 122	0,11	1	0,95	0,33	0,11	0,04	0,51	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С2	
гр2-8	ЯТП	125	0,40	0,6	0,8	0,75	0,24	0,18	2,17	ВВГнгд-3×2,5	ЕТИМАТ 10 1р С4	

Таблиця АЗ – Результати розрахунку щита ЗЩО

Маркування щита		ЗЩО										
Місце встановлення щита		212										
Встановлена активна потужність, кВт		2,33										
Розрахункова активна потужність, кВт		1,41										
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,48										
Розрахункова повна потужність, кВА		1,49										
Робочий струм, А		2,15										
Тип кабеля		ВВГнгд-5×4										
Апарат захисту		ЕТИМАТ 10 3р С10										
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту	
гр3-1	Світильники робочого освітлення	211, 208, 212, 213	0,50	1	0,95	0,33	0,50	0,16	2,27	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр3-2	Світильники робочого освітлення	209, 210	0,28	1	0,95	0,33	0,28	0,09	1,28	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр3-3	Світильники робочого освітлення	201, 201_1, 202 - 204, 206, 207	0,60	1	0,95	0,33	0,60	0,20	2,73	ВВГнгд-3×1,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	
гр3-4	Розетки	01, 202, 204, 206, 207, 208, 210, 211	0,96	0,04	0,8	0,75	0,04	0,03	5,22	ВВГнгд-3×2,5	ЕТИМАТ 10 1р С6	

Таблиця А4 – Результати розрахунку щита ЩАО

Маркування щита		ЩАО										
Місце встановлення щита		106										
Встановлена активна потужність, кВт		0,81										
Розрахункова активна потужність, кВт		0,81										
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,27										
Розрахункова повна потужність, кВА		0,86										
Робочий струм, А		1,24										
Тип кабеля		ВВГнгд-5×4										
Апарат захисту		ЕТИМАТ 10 3р С16										
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту	
грА1	Світильники робочого та аварійного освітлення	102,107, 109, 117, 118, 132	0,39	1	0,95	0,33	0,39	0,13	1,78	ВВГнгд-FR 3×1.5-1	ЕТИМАТ 10 1р С10	
грА2	Світильники робочого та аварійного освітлення	106, 126, 205, 221	0,15	1	0,95	0,33	0,15	0,05	0,69	ВВГнгд-FR 3×1.5-1	ЕТИМАТ 10 1р С6	
грА3	Світильники аварійного освітлення	131, 222_1	0,06	1	0,95	0,33	0,06	0,02	0,27	ВВГнгд-FR 3×1.5-1	ЕТИМАТ 10 1р С6	
грА4	Світильники робочого та аварійного освітлення	208, 212, 218, 219, 224, 224_1	0,22	1	0,95	0,33	0,22	0,07	0,99	ВВГнгд-FR 3×1.5-1	ЕТИМАТ 10 1р С4	

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Результати світлотехнічного розрахунку системи робочого освітлення в пакеті DIALux evo

№ на плані	Призначення	E_H , лк	$E_{ВН}$, лк	$E_{ЦН}$, лк	M_H	Тип СП	N , шт	E_P , лк	$E_{ВР}$, лк	$E_{ЦР}$, лк	UGR	M_P	$P_{у, Вт}$
101	Тамбур	75				ДББ26У-12-102	1	77					12
102	Вестибюль	150		50	90	ДВО20У-36-011	6	152		67,4	19,1	31	216
102_1	Гардеробна	150			90	ДВО20У-36-011	2	198			18,9	30	72
103_1	Рукомийна	75				ДББ26У-12-102	1	92					12
103_2	Санвузол жіночий	75				ДББ26У-12-102	4	74					48
103_3	Санвузол МГН	75				ДББ26У-16-104	1	76					16
104	Санвузол чоловічий	75				ДББ26У-12-102	4	77					48
105	Рукомийна	75				ДББ26У-20-106	1	81					20
106, 221	Сходова клітка	75				ДСП07У-25-022	3	119					75
107	Коридор	75				ДББ26У-20-106	2	68					40
108	Коридор	75				ДББ26У-16-104	1	79					16
109	Роздягальня	75				ДББ26У-20-106	2	85					40
110	Санвузол	75				ДББ26У-16-106	1	78					16
110_1	Санвузол	75				ДББ26У-16-106	1	79					16
111	Душова	75				ДББ26У-16-106	1	77					16
111_1	Душова	75				ДББ26У-16-106	1	77					16
112	Підсобне приміщення	75				ДББ26У-16-106	1	77					16
113	Коридор	75				ДББ26У-16-104	1	68					16
114	Підсобне приміщення	75				ДББ26У-16-106	1	77					16
115	Душова	75				ДББ26У-16-106	1	77					16
115_1	Душова	75				ДББ26У-16-106	1	77					16
116	Санвузол	75				ДББ26У-16-106	1	79					16
116_1	Санвузол	75				ДББ26У-16-106	1	78					16
117	Роздягальня	75				ДББ26У-20-106	1	85					20
118	Спортивний зал	200			60	ДСП07У-40-025	15	237			21,0	41	600
119	Тамбур	75				ДББ26У-12-102	2	79					24

Продовження табл. В.1

№ на плані	Призначення	E_H , лк	E_{BH} , лк	$E_{ЦН}$, лк	M_H	Тип СП	N , шт	E_P , лк	E_{BP} , лк	$E_{ЦP}$, лк	UGR	M_P	$P_{у,}$ Вт
120	Комора	75				ДББ26У-16-104	2	86					32
121	Сцена		300			ДСП17В-60-132	18	305					1080
						ДВО20У-45-012	2						90
122	Приміщення для зберігання декорацій	75				ДББ26У-16-104	2	87					32
122_1	Гримерна	300			40	ДВО20У-36-011	2	300			15,8	19	72
123_1	Коридор	75				ДББ26У-12-102	2	69					24
123_2	Службове приміщення	200			60	ДВО20У-36-011	1	185			15,8	19	25
123_3	Службове приміщення	200			60	ДВО20У-36-011	1	239			17,4	24	36
123_4	Душова	75				ДББ26У-16-106	1	77					16
123_5	Санвузол	75				ДББ26У-16-106	1	76					16
123_6	Службове приміщення	200			60	ДВО20У-36-011	2	221			17,5	25	72
124	Гримерна	300			40	ДВО20У-36-011	2	351			15,2	18	72
125	Електрощитова	150			60	ДСП07У-25-022	2	318	177		17,9	26	50
126, 205	Сходова клітка	75				ДСП07У-25-022	3	115					75
127	Тамбур	75				ДСП07У-25-022	1	96					25
128	Коридор	75				ДББ26У-20-106	1	87					20
129	Перевдягальня	150			90	ДВО20У-45-012	1	155			16,5	21	45
130	Перевдягальня	150			90	ДВО20У-45-012	1	164			15,7	19	45
131	Глядацький зал	200		75	90	ДВО20У-45-012	16	209		93	18,9	30	720
222_1	Балкон							289			21,1	42	
132	Зал для занять танцями	200			60	ДСП07У-25-022	12	205			22,0	47	300
133	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	7	303			18,9	30	252
134	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	4	291			18,2	27	144
201	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	3	336			17,1	23	108
201_1	Службове приміщення	200			60	ДВО20У-36-011	1	184			15,00	17	36
202	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	4	281			18,1	27	144

Продовження табл. В.1

№ на плані	Призначення	E_H , лк	E_{BH} , лк	$E_{ЦН}$, лк	M_H	Тип СП	N , шт	E_P , лк	E_{BP} , лк	$E_{ЦP}$, лк	UGR	M_P	P_y , Вт
203	Коридор	75				ДББ26У-20-106	1	79					20
204	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	2	273			16,7	22	72
206	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	3	319			17,3	24	108
207	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	3	297			19,2	32	108
208,2 12	Коридор	75				ДББ26У-20-106	6	78					120
209	Кабінет бібліотеки	300			40	ДСП07У-25-022	4	336			19,5	33	100
210	Читацький каталог		200		60	ДСП07У-30-023	6		202		21,4	43	180
211	Читальний зал	400		150	40	ДВО20У-36-011	12	463		190	19,00	31	432
213	Підсобне приміщення	75				ДББ26У-12-102	2	76					24
214	Кінопроекторна	150			60	ДСП07У-25-022	2	178			19,7	34	50
215	Коридор	75				ДББ26У-16-104	1	80					16
216	Коридор	75				ДББ26У-16-104	1	76					16
217	Підсобне приміщення	75				ДББ26У-12-102	2	75					24
218	Конференц Зал	300		75	60	ДВО20У-36-011	15	350		153	19,00	31	540
219	Коридор	75				ДББ26У-20-106	2	76					40
220	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	6	325			18,6	29	216
221_1	Коридор	75				ДББ26У-12-102	2	79					24
221_2	Сходи	75				ДББ26У-16-104	1	80					16
222	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	3	343			17,8	26	108
223	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	3	300			17,4	24	108
224	Коридор	75				ДББ26У-12-102	2	86					24
224_1	Коридор	75				ДББ26У-12-102	2	88					24
225	Кабінет	300			40	ДВО20У-36-011	4	305			18,5	29	144