

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ,
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

КАФЕДРА СВІЛОТЕХНІКИ І ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

**ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ СВІТЛОВОГО ЗОНУВАННЯ OPEN
SPACE ОФІСУ**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувач:

Володимир ЗУЄНКО

гр. СДС 2023-1у

Керівник:

Роман ВОРОНОВ

доц., к.т.н.

Харків – 2026

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені О. М. Бекетова

**Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури**

Кафедра світлотехніки і джерел світла

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма Світлотехніка та дизайн світлового
середовища



ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри СДС
Віталій ГЕРАСИМЕНКО
«__» червня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Зуєнко Володимир Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проектування системи світлового зонування open space офісу».

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи: Воронов Роман
Володимирович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом університету від «22» травня 2026 року № 440-03

2. Строк подання студентом роботи: «18» червня 2026 року

3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: 3.1. Наукова та навчально-методична література. 3.2. Матеріали, зібрані в ході переддипломної практики. 3.3. Нормативно-технічна документація. 3.4. Архітектурно-будівельні особливості приміщення офісу. 3.5. Параметри світлотехнічного обладнання.

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

4.1. Аналітична частина: розглядаються сучасні тенденції та інноваційні підходи до проектування світлового середовища офісних приміщень типу open space, зокрема принципи формування функціонально-зонованого освітлення, використання енергоефективних LED-технологій та адаптивних систем керування світлом.

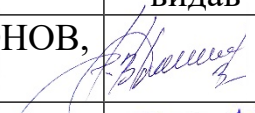
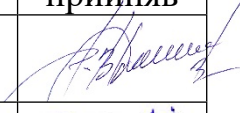
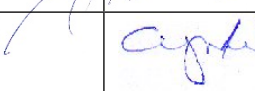
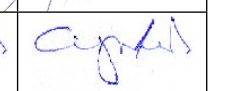
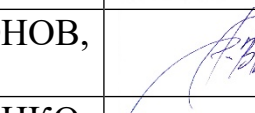
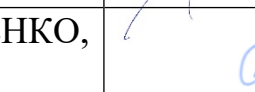
4.2. Світлотехнічна частина: виконується проектування та розрахунок системи штучного освітлення open space офісу, вибір світильників та їх розміщення з урахуванням нормативних вимог до освітленості.

4.3. Електротехнічна частина: виконується вибір схеми електроживлення системи освітлення, розрахунок електричних навантажень та підбір кабельно-провідникової продукції і захисної апаратури.

4.4. Охорона праці: аналіз умов праці в офісах типу open space. Визначення основних вимог щодо ергономіки робочого місця. Розробити технічні заходи щодо забезпечення енергобезпеки.

5. Перелік графічного матеріалу: 5.1. Актуальність, мета та завдання роботи. 5.2. Основні елементи сучасної системи освітлення офісних приміщень типу open space. 5.3. План приміщення. 5.4. Світлотехнічне обладнання для різних зон офісного приміщення. 5.5. Результати світлотехнічного моделювання в DIALux. 5.6. Запропоновані електротехнічні рішення.

6. Консультанти розділів бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Роман ВОРОНОВ, доцент		
Охорона праці	Яків СЕРІКОВ, доцент		
Нормоконтроль	Роман ВОРОНОВ, доцент		
Антиплагіат	Олена ДІДЕНКО, ст. викладач		

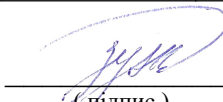
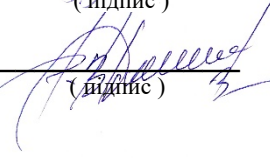
7. Дата видачі завдання: «21» травня 2026 рік

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	21.05.26 – 25.05.26	
2.	Світлотехнічна частини	26.05.26 – 30.05.26	
3.	Електротехнічна частина	31.05.26 – 04.06.26	
4.	Охорона праці	05.06.26 – 09.06.26	
5.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	10.06.26 – 13.06.26	
6.	Підготовка доповіді та презентації	14.06.26 – 18.06.26	

Здобувач

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи


(підпис)

(підпис)

Володимир ЗУЄНКО
(прізвище та ініціали)

Роман ВОРОНОВ
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглядається розробка освітлювальної установки для сучасного офісного приміщення типу open space з урахуванням функціонального призначення його зон.

В аналітичній частині роботи розглянуто сучасні тенденції та інноваційні підходи до проектування світлового середовища офісних приміщень типу open space. Виконано аналіз ролі освітлення у формуванні комфортного та продуктивного робочого середовища, а також впливу світлових рішень на функціональне зонування простору. Розглянуто особливості організації open space офісів та їх вплив на розподіл світлових потоків. Проаналізовано сучасні типи світлотехнічного обладнання, які наразі використовуються в світлових установках офісних приміщень. Окрему увагу приділено інноваційним підходам до формування світлового середовища, включаючи функціональне зонування, інтеграцію сучасних систем керування освітленням та використання енергоефективних технологій.

У світлотехнічній частині проаналізовано об'єкт проектування, визначено його архітектурно-планувальні особливості та функціональне зонування, що є основою для подальшого світлотехнічного розрахунку системи освітлення. Виконано вибір світлотехнічного обладнання. Проведено моделювання освітлення в програмному середовищі DIALux Evo. Виконано розрахунок методом коефіцієнта використання світлового потоку та визначено кількість світильників.

В електротехнічній виконано розрахунок електричних навантажень системи освітлення, визначено параметри групових ліній живлення, здійснено вибір кабельно-провідникової продукції та захисної апаратури (автоматичних вимикачів і пристроїв захисного відключення).

У розділі «Охорона праці» проаналізовано умови праці в офісному приміщенні типу open space під час виконання робіт. Розглянуто вимоги до організації робочих місць користувачів ПК та заходи забезпечення

електробезпеки, а також виконано розрахунок параметрів захисного заземлення.

Основними результатами бакалаврської кваліфікаційної роботи є: проєктування системи освітлення офісного приміщення типу open space.

Результати роботи апробовані: Воронов Р. В., Зуєнко В. В. СВІТЛОВЕ ЗОНУВАННЯ OPEN SPACE ЯК ІНСТРУМЕНТ СТВОРЕННЯ ЕРГОНОМІЧНОГО РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА // Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, Харків, 15-16 травня 2026 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. С. 183–185.

Ключові слова: open space офіс, світлове зонування, штучне освітлення, LED-світильники.

Загальний обсяг роботи становить: сторінок – 70, формул – 17, рисунків – 25, таблиць – 7, літературних джерел – 25.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Сучасні тенденції та інноваційні підходів щодо проектування світлового середовища офісних приміщень типу open space.....	9
2 СВІТОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Аналіз об'ємно-планувального рішення офісного приміщення типу open space.....	19
2.2 Нормативні значення світлотехнічних параметрів для офісів типу open space.....	22
2.3 Обґрунтування вибору освітлювального обладнання та аналіз його технічних характеристик.....	26
2.4 Моделювання світлового середовища офісу типу open-space.....	32
2.5 Розрахунок необхідної кількості світлових приладів.....	35
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	38
3.1 Обґрунтування вибору напруги та джерел живлення освітлювальної установки офісу типу open space	38
3.2 Аналіз та визначення категорії надійності електропостачання офісу	39
3.3 Обґрунтування та вибір схеми освітлювальної мережі офісу типу open space.....	41
3.4 Обґрунтування вибору марки кабелів та способів прокладання електропроводки.....	43
3.5 Розрахунок електричних навантажень та вибір групових ліній.....	47
3.6 Вибір засобів захисту.....	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	55
4.1 Завдання щодо забезпечення безпечних умов праці.....	55
4.2 Аналіз мікрокліматичних умов в приміщенні офісу	56
4.3 Вимоги до організації робочого місця користувача ПК.....	58
4.4 Забезпечення електробезпеки в приміщенні офісу.....	61
4.4.1 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою.....	63
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

ВСТУП

На сьогодні офісні приміщення все частіше переходять до формату відкритих просторів (open space), що забезпечує швидку комунікацію між працівниками, підвищує прозорість робочих процесів та сприяє ефективній командній взаємодії. Для таких типів офісів характерним є поділ самого приміщення на функціональні зони, які відрізняються за характером діяльності та умовами перебування працівників. Освітлювальні установки, які складаються з однотипних світильників, не завжди можуть забезпечити належний рівень комфорту в таких приміщеннях, тому у зв'язку з цим особливого значення набуває світлове зонування, яке передбачає підбір світлотехнічного обладнання з урахуванням його технічних характеристик та функціонального призначення кожної зони, що, в свою чергу, дозволяє реалізовувати різні сценарії освітлення: від робочого до релаксаційного.

З урахуванням цього все більшого значення набуває впровадження сучасних світлотехнічних рішень, що базуються на принципах енергоефективності, адаптивності та індивідуального налаштування світлового середовища. Сучасні системи освітлення дозволяють не лише забезпечити нормативні рівні освітленості, але й створювати комфортні умови для зорової роботи з урахуванням специфіки кожної функціональної зони.

Важливу роль у формуванні якісного світлового середовища відіграє використання світлодіодних джерел світла, які характеризуються високою енергоефективністю, тривалим терміном експлуатації та можливістю інтеграції в інтелектуальні системи керування. Це дає змогу реалізовувати, наприклад, динамічні світлові сценарії, адаптовані до часу доби, рівня природного освітлення та характеру виконуваних робіт тощо.

Таким чином актуальність теми зумовлена необхідністю впровадження сучасних підходів до проєктування систем штучного освітлення, що базуються на принципах функціонального зонування.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є проектування системи освітлення офісного приміщення за типом open space з урахуванням адаптації світлового середовища до різних функціональних зон простору.

Задачі роботи:

1. Провести аналіз сучасних систем освітлення офісних приміщень типу open space та основних підходів до їх проектування.
2. Визначення нормативних вимог до рівнів освітленості для функціональних зон на основі аналізу планувальних рішень офісного приміщення.
3. Виконати світлотехнічний розрахунок та комп'ютерне моделювання системи освітлення з обґрунтуванням вибору світлотехнічного обладнання і перевіркою відповідності проєктних рішень нормативним вимогам.
4. Розробити електротехнічну частину проєкту, що передбачає вибір системи живлення, розрахунок електричних навантажень і струмів, підбір кабельно-провідникової продукції та комутаційно-захисної апаратури для освітлювальної установки офісу типу open space.
5. Проаналізувати умови праці, визначити основні вимоги до організації робочих місць і забезпечення електробезпеки. Обґрунтувати та провести розрахунок параметрів захисного заземлення для електроустановок офісу.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Сучасні тенденції та інноваційні підходів щодо проєктування світлового середовища офісних приміщень типу open space

У сучасних офісних приміщеннях формування світлового середовища відіграє ключову роль у створенні якісного робочого середовища. Значення світла, в наш час, значно виходить за межі основного його призначення – забезпечення нормативних значень освітленості і стає багатогранною моделлю, яка охоплює комплексний вплив на психофізіологічний стан людини, її зорову працездатність, організацію простору та загальну ефективність виконання професійних завдань. Світлове середовище в офісах безпосередньо впливає на рівень зорового та когнітивного навантаження, концентрацію уваги, швидкість виконання операцій і загальний комфорт працівників. Крім того, освітлення є важливим фактором регуляції біологічних ритмів людини, що визначає її активність протягом робочого дня та рівень втомлюваності.

З огляду на стрімкий розвиток бізнесу, а також впровадження сучасних архітектурних підходів до планування внутрішніх просторів, широкого поширення набула концепція офісних приміщень із відкритим плануванням (open space). Open space офісне приміщення – це специфічний формат організації робочого простору, в якому робочі місця розміщуються у великому відкритому просторі без або з мінімальною кількістю стаціонарних перегородок і окремих кабінетів. Основна ідея такого планування полягає у створенні єдиного простору для спільної роботи великої кількості працівників із можливістю швидкої комунікації та гнучкого використання площі. Створення такого формату офісних приміщень передувало також і системне зростання вартості комерційної нерухомості, що стимулювало підприємців та архітекторів до пошуку технічних рішень для більш ефективного та раціонального використання площ. До того ж у XXI столітті відбувся

глобальний перехід до командної та проектної моделей роботи, у межах яких пріоритетного значення набуває швидка міжособистісна комунікація між співробітниками, що також передувало для створення офісів такого планування. Також на масштабність популярності застосування такого формату приміщення для ділових цілей став стрімкий розвиток інформаційних технологій, який трансформував характер офісної праці, зменшуючи потребу в ізольованих кабінетах, що в поєднанні із сучасними стратегіями управлінських підходів, орієнтованих на принципи відкритості, прозорості зумовило формування нової організації робочого середовища, у якій пріоритет надається спільній роботі, оперативній комунікації та гнучкості просторових рішень [1].



Рисунок 1.1 – Приклад офісу відкритого планування із системою загального освітлення

Слід зазначити, що характерні планувальні рішення для офісних приміщень типу open space мають безпосередній вплив на формування

світлового середовища, тому що саме відсутність стаціонарних перегородок, характер розміщення робочих місць та геометрія простору в цілому визначають розподіл світлових потоків і рівномірність освітлення. Тому особливу увагу при розробленні дизайнерських та інженерних рішень необхідно приділяти проектуванню системи освітлення, оскільки вона є одним із ключових факторів формування цілісного функціонально-комфортного середовища офісного простору.

Для того, щоб спроектувати коректне світлове середовище необхідно поєднати велику кількість функціональних компонентів, починаючи від світлотехнічних характеристик світлового обладнання, закінчуючи впровадженням складних систем інтелектуального керування [2]. Сукупність основних складових, які формують ефективне та функціонально-комфортне світлове середовище офісного приміщення типу open space, представлено у вигляді інфографіки на рисунку 1.2.

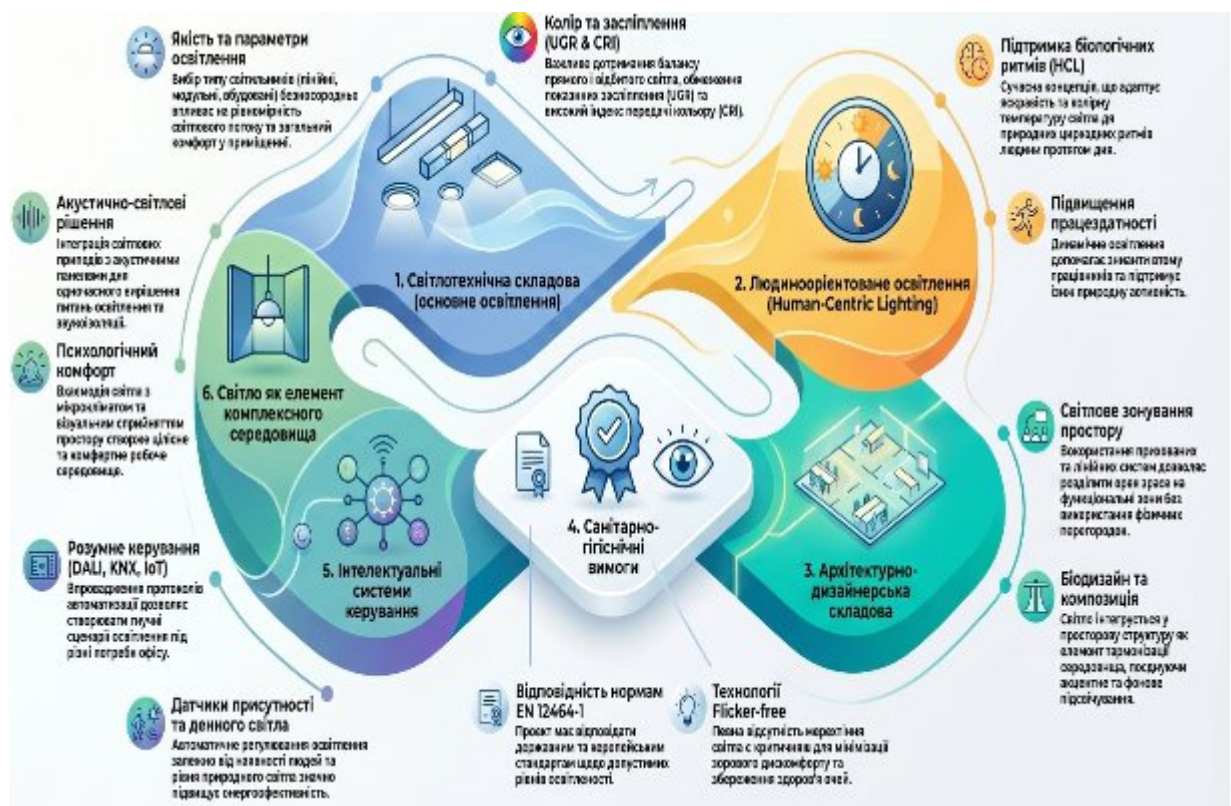


Рисунок 1.2 – Ключові складові сучасного освітлення офісу за плануванням open space

Тому, можна сказати, що проєктування світлового середовища сучасних офісів формату open space базується на системній інтеграції світлотехнічних параметрів, регламентованих вимог європейських стандартів та вітчизняною нормативно-правовою документацією, що у поєднанні з впровадженням принципів людиноорієнтованого освітлення (Human-Centric Lighting, HCL), прогресивними інтер'єрними рішеннями, елементами біофільного дизайну, архітектурною композицією простору формує цілісну парадигму сучасного високотехнологічного освітлення.

Розглянемо сучасні підходи до організації освітлення офісних приміщень, які передбачають переважне використання світлодіодних технологій, що на сьогодні є найбільш поширеним та енергоефективним рішенням для формування комфортного робочого середовища. Популярність вищезазначені світлові прилади набули через свої значні переваги, наприклад, над люмінесцентними системами, а це вища енергоефективність, тривалий терміном експлуатації, покращені показниками світловіддачі та можливістю інтеграції в інтелектуальні системи керування тощо [3].

Залежно від архітектурної концепції приміщення, функціональних вимог та бюджету проєкту, освітлення офісів типу open space може реалізовуватися із застосуванням різних типів світильників. Одним із найбільш поширених рішень залишаються світильники типу «Armstrong», які широко використовуються у бізнес-центрах. Свою популярність у застосуванні в офісних приміщеннях вони здобули через наступні переваги:

1. Високий рівень стандартизації та сумісності. Завдяки типовим габаритам, світильники ідеально інтегруються в модульні підвісні стелі, що спрощує процес проєктування без необхідності додаткового припасування конструкцій.
2. Економічна ефективність та широкий діапазон рішень. На ринку представлені варіанти в різних цінових сегментах – від бюджетних моделей до високоякісних систем.

3. Простота експлуатації та ремонтпридатності. У разі виходу з ладу окремої одиниці, її заміна проводиться оперативно без втручання в цілісність стельової конструкції та без необхідності тривалого відключення всієї групи освітлення.
4. Різні способи монтажу, що надають можливість забезпечити використання їх не лише як вбудовані елементи, а й як накладні або підвісні системи, що розширює архітектурні можливості оформлення простору.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд LED-світильника типу «Armstrong»

Такі світильники зазвичай інтегруються у модульні підвісні стелі та можуть мати різні варіанти виконання залежно від типу кріплення, конструкції корпусу, характеристик розсіювача та кількості світлодіодних модулів.



Рисунок 1.4 – Приклад застосування LED-світильника типу «Armstrong» в офісному приміщенні з відкритим робочим простором

З точки зору привабливості вищезазначені світильники базується переважно на принципах функціонального мінімалізму та геометричної впорядкованості простору. Лаконічність форми та геометрична точність ліній дозволяють інтегрувати такі світильники безпосередньо у структуру підвісної стелі, формуючи візуально стримане та впорядковане середовище. Якщо брати до уваги саме естетичні аспекти та оцінювати світильники Armstrong з точки зору візуальної привабливості, то вони характеризуються доволі простим зовнішнім виглядом, що обмежує їхню виражену дизайнерську привабливість у межах сучасних концепцій архітектурного освітлення. Надивлячись на практичність, доступність та простоту інтеграції, такі системи освітлення здебільшого орієнтовані саме на забезпечення базових функціональних потреб, а не на створення унікального візуального образу інтер'єру [4].

Слід відмітити, що на сучасному етапі, спостерігаються тенденції щодо проєктування освітлених установок, які все більше орієнтовані на використання профільних лінійних та фігурних світильників, популярність дуже швидко зростає. Таке активне використання подібних світильників зумовлене:

1. Високим ступенем архітектурної кастомізації та геометричної свободи. Завдяки можливості виготовлення модулів довільної довжини та створення складних фігурних конструкцій (кіл, квадратів, багатокутників або довільних криволінійних форм), ці світильники стають інструментом індивідуального дизайну, що дозволяє підкреслити унікальну геометрію приміщення та надати йому сучасної естетичної привабливості.
2. Ефективним функціональним зонуванням простору, особливо в умовах офісів формату open space такі світлові системи дозволяють візуально розділити різні функціональні зони без використання фізичних перегородок, створюючи інтуїтивно зрозумілу навігацію та логічну структуру робочого середовища.
3. Універсальністю монтажних рішень та адаптивністю, що дозволяє створити відповідні сценарії їх конфігурації в світловому середовищі, від мінімалістичної до складної багаторівневої системи.
4. Експлуатаційною надійністю та технологічністю. Використання, наприклад, алюмінієвого профілю забезпечує ефективне відведення тепла від світлодіодів, що суттєво подовжує термін служби компонентів, а модульна конструкція спрощує обслуговування, дозволяючи проводити заміну блоків живлення або світлодіодних ліній без демонтажу всієї системи.
5. Гармонійною сумісністю із Smart-технологіями. Системи легко інтегруються з сучасними протоколами керування, що дозволяє автоматизувати освітлення, реалізувати сценарії димування та динамічної зміни колірної температури, забезпечуючи значну економію енергоресурсів тощо.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд профільних лінійних та фігурних LED-світильників

Такі світильники виконуються у вбудованому, накладному або підвісному варіантах, а також мають різні геометричні форми – лінійні, кільцеві, квадратні, трапецієподібні чи асиметричні і т.д [5].



Рисунок 1.6 – Приклад застосування профільних лінійних LED-світильників в open space офісному приміщенні

Як можна зрозуміти, що такі світлові прилади поєднують високі функціональні характеристики з вираженою архітектурно-дизайнерською складовою, що дозволяє використовувати світильники не лише як джерело світла, а і як елемент формування візуальної композиції простору. Вони здатні формувати виразний архітектурний ритм, що гармонійно доповнює концепцію сучасного мінімалістичного дизайну та офісних просторів відкритого типу. Використання тонких підвісних конструкцій дозволяє інтегрувати освітлення безпосередньо у просторову структуру приміщення, забезпечуючи візуальну легкість, цілісність композиції та сучасний естетичний вигляд інтер'єру без перевантаження його складними технічними елементами. Однією з ключових переваг таких систем є створення чіткої візуальної перспективи за рахунок протяжних світлових ліній (якщо говорити саме про профільні лінійні світильники), які підкреслюють масштабність офісного простору та формують відчуття впорядкованості середовища.

Наступним підходом до розробки ефективного світлового середовища офісних приміщень є впровадження трекових систем. Трекове освітлення – це сучасна світлотехнічна система, що складається з треку, шинопроводу (накладний, підвісний, вбудовані рейки), який виконує функцію електропровідної направляючої, різних типів світильників (поворотні, підвісні чи лінійні моделі) та конекторів (з'єднувальні елементи). Світильники можуть вільно переміщуватися вздовж шинопроводу, що дозволяє змінювати конфігурацію освітлення без виконання додаткових електромонтажних робіт [6].



Рисунок 1.7 – Приклад застосування трекової системи освітлення

У сучасному інженерному проектуванні трекові системи розглядаються як найбільш адаптивні рішення, що дозволяють поєднувати загальне, акцентне та декоративне освітлення в межах однієї конструкції. Система дозволяє миттєво адаптувати освітлення під зміну планування офісу або, наприклад, перестановку меблів тощо. Також надає одночасного використання модулів для рівномірного заливаючого світла та спотів для акцентування робочих зон чи елементів інтер'єру.

2 СВІТОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз об'ємно-планувального рішення офісного приміщення типу *open space*

Для подальшого проектування світлого середовища офісного приміщення необхідно виконати ґрунтовний аналіз його об'ємно-планувального рішення та архітектурних параметрів. Це є одним з важливих етапів, тому що саме архітектурно-планувальні характеристики приміщення безпосередньо впливають на параметри системи освітлення, вибір світлотехнічного обладнання та результати подальшого моделювання. Проведення такого аналізу дозволяє врахувати геометричні особливості простору, функціональне зонування, висоту приміщення, розташування віконних прорізів, меблів, робочих місць та інших елементів інтер'єру, що формують умови розподілу світлового потоку.

Представлене офісне приміщення, в якому планується розробка освітлювальної установки має загальну площу 200 м² при габаритних розмірах 10 × 20 м, висота стелі 3 м і розміщується на 2 поверсі бізнес-центру, що відповідає сучасним вимогам до організації комерційних офісних просторів. Зовнішні стіни офісу виконані із залізобетонних конструкцій з теплоізоляційним шаром, а саме з монолітного залізобетону, який з зовнішнього боку утеплюється мінеральною ватою та завершується фінішним захисно-оздоблювальним шаром. Приміщення виконано за концепцією *open space*, що передбачає організацію єдиного відкритого робочого простору (тобто, передбачається відмова від стаціонарних капітальних перегородок на користь гнучкого функціонального зонування) з поєднанням окремих функціональних зон. Планувальне рішення приміщення характеризується раціональним розподілом площі між робочими, адміністративними, комунікаційними та зонами відпочинку, що забезпечує комфортні умови

праці, ефективну взаємодію працівників та ергономічну організацію внутрішнього середовища.



Рисунок 2.1 – Схематичний план офісу типу open space

Офіс має в собі такі функціональні зони:

1. Зона робочого простору є відкритою за своєю організацією та містить групи робочих місць для персоналу, при цьому робочі столи розташовані рядами, що дозволяє оптимізувати використання площі та забезпечує зручність пересування між функціональними секторами.
2. Адміністративні приміщення, які відокремлені напівпрозорими перегородками від основного простору, що забезпечує візуальну ізоляцію при збереженні відкритого характеру інтер'єру:
 - 2.1. Кабінет керівника, загальною площею 15 м² (ширина 3 метри, довжина 5 метрів), який створює умови для проведення робочих зустрічей та виконання адміністративних завдань у більш приватному середовищі.
 - 2.2. Кабінет головного бухгалтера, площа якого становить 9 м² (ширина 3 метри, довжина 3 метрів), призначений для виконання обліково-фінансових операцій у спокійних умовах.

3. Metting room – зона, яка також відокремлена перегородками, є окремим функціональним простором і призначена для проведення конференцій, нарад, зустрічей, презентацій та колективних обговорень із великим столом для зустрічей, проектором, а її загальна площа становить 25 м² при розмірах 5×5 метрів.
4. Lounge-зона. Являє собою спеціалізований багатофункціональний простір, інтегрований у структуру офісу для забезпечення психоемоційного розвантаження персоналу та стимулювання креативної взаємодії у неформальній обстановці.
5. Зона coffee-point є функціональною частиною офісного простору, призначеною насамперед для прийому їжі і включає обладнання для приготування та зберігання напоїв і легких перекусів, мийку та місця для короткочасного перебування, забезпечуючи комфортні умови саме для побутових потреб, а не для формального чи тривалого спілкування. При цьому вона візуально та просторово виокремлена від основного робочого середовища за допомогою перегородки у вигляді відкритих стелажів (полиць), що формує умовну межу без повного ізолювання простору та забезпечує зручну організацію зонування.
6. При вході до приміщення офісу існує зона reception та зона очікування, які виконують представницьку функцію
7. Передбачено санітарно-гігієнічні приміщення, відокремлені від основного простору капітальними огорожувальних конструкціями у вигляді внутрішніх стін.

Внутрішні стіни офісного приміщення пофарбовані у корпоративний синій відтінок та доповнені декоративним розписом у вигляді білих геометричних смуг, виконаних у футуристичній стилістиці, що підкреслює сучасний динамічний характер інтер'єру. Також з однієї сторони приміщення розміщені віконні отвори, що забезпечують потрапляння природнього освітлення до внутрішнього простору офісу.

2.2 Нормативні значення світлотехнічних параметрів для офісів типу open space

Параметри освітлення в офісних приміщеннях регламентуються відповідними нормативними документами, що мають юридичну силу та визначають основні вимоги до формування світлового середовища. Для офісних приміщень основними керівними документами є два нормативні акти, дотримання яких є необхідною умовою для проєктування комфортного, безпечного та функціонально ефективного освітлення.

Перший документ це ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», який визначає норми до параметрів природнього та штучного освітлення будівель і споруд, у тому числі і для офісних просторів типу open space. Зазначений документ визначає нормовані рівні освітленості, показники дискомфорту, коефіцієнти пульсації та інші світлотехнічні характеристики.

Другим документом, який також є основою для проєктування освітлювальної установки офісних приміщень є європейських норматив EN 12464-1, що відповідно регламентує також мінімально допустимі значення освітленості, встановлює вимоги щодо світлового розподілу, показників передачі кольору, обмеження сліпучої дії, напрямку поширення світла та загальної якості візуального сприйняття середовища. Зазначений документ не ґрунтується на переліку світлотехнічного обладнання для забезпечення правильного світлового середовища, а на основі інженерного підходу, що, в свою чергу, базується на комплексному розумінні особливостей зорового сприйняття та психофізіологічних характеристик людини. Даний нормативно-правовий документ був адаптований та офіційно впроваджений в Україні відповідно до національних вимог і нормативної бази, у результаті чого на його основі було розроблено актуалізовану українську версію стандарту – ДСТУ EN 12464-1:2022 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця в приміщенні».

Одним із пріоритетних завдань відповідно до вимог нормативної документації є забезпечення у межах робочої зони нормативного рівня освітленості, величина якого повинна становити не менше 500 лк.

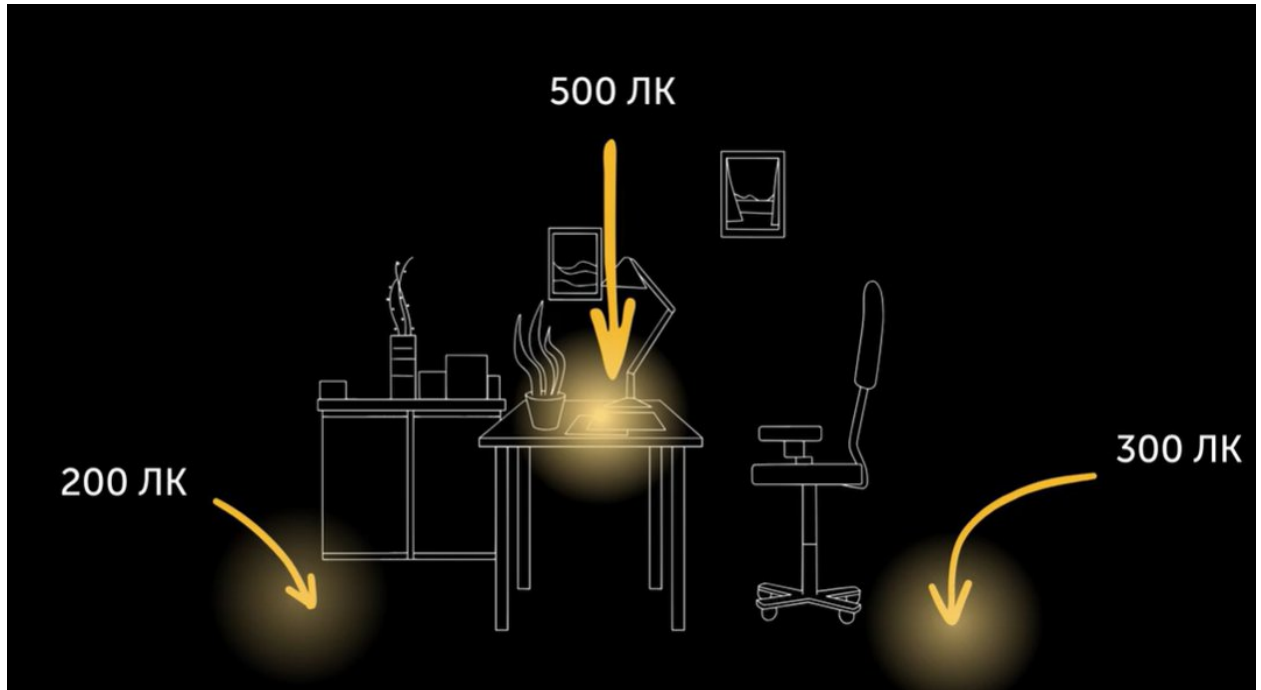


Рисунок 2.2 – Співвідношення рівнів освітленості робочої зони та суміжних областей для забезпечення візуального комфорту

У зв'язку з тим, що офісне приміщення має різні функціональні зони, параметри освітлення для кожної з них необхідно підбирати індивідуально з урахуванням їх призначення та характеру виконуваних процесів. Зокрема, першою зоною, яку бачить відвідувач, є ресепшн, тому тут доцільно створити комфортні візуальні умови, забезпечивши нормативний рівень освітленості не менше 300 лк при колірній температурі в межах 3000–4000 К.

Наступною зоною, яка потребує, так би мовити, індивідуального підходу є зона конференц-залу. Слід зазначити, що конференц-зал є одним із найбільш багатофункціональних та складних з точки зору світлотехнічного проєктування офісних просторів, оскільки в межах одного приміщення необхідно забезпечити реалізацію різноманітних світлових сценаріїв, що відповідають різним форматам використання, наприклад сценарії для

коротких ранковий зустрічей (бадьорість), ділових переговорів (комфорт, довірлива атмосфера) тощо. Саме тому ключовим аспектом є забезпечення гнучкості світлового середовища, яке повинно адаптуватися до змінних сценаріїв використання. Щодо нормованих параметрів освітлення, у конференц-залі доцільно забезпечувати рівень освітленості в межах 300–500 лк залежно від типу активності, при цьому для презентаційних режимів допускається регулювання освітленості до нижчих значень з метою підсилення контрасту екранних або проєкційних матеріалів. Оптимальна колірна температура світла становить 3000–4000 К, що дозволяє поєднувати комфортне сприйняття простору з достатнім рівнем концентрації уваги та забезпечує адаптивність освітлення під різні сценарії використання конференц-залу.

Для офісної кухні мінімальний рівень загальної освітленості може прийматися на рівні 150 лк як базовий показник безпечного орієнтування в просторі, при цьому для забезпечення комфортних умов експлуатації приміщення все жатки рекомендується підвищувати норму освітленості. Щодо колірної температури освітлення, для офісної кухні доцільно приймати нейтрально-білий з оптимальним значенням близько 4000 К.

Для санітарно-гігієнічних приміщень мінімальний рівень загальної освітленості може прийматися на рівні 75 лк як базовий показник, але все ж таки доцільно приймати рівень загальної освітленості з оптимальним значенням близько 150 лк. Колірну температуру освітлення рекомендується приймати в діапазоні 3000–4000 К.

Для лаунж-зон офісних приміщень доцільно приймати рівень освітленості на рівні 150 лк, колірна температура – 2700–3000 К.

Щодо освітлення коридорів та проходів, то воно повинно бути функціонально м'яким, рівномірним і ненав'язливим, з можливістю використання теплішої колірної температури порівняно з робочими зонами, тому що такі простори не призначені для тривалого перебування людей.

Мінімальний рівень освітленості повинен відповідати значенню 50 лк, а температура світла 3000 К [9].

Таблиця 2.1 – Мінімальні нормовані світлотехнічні параметри функціональних зон офісного приміщення типу open space

Функціональна зона	Ен, лк	Ra	UGR	Сценарій
Робоча зона (Open Space) на рівні підлоги	300	≥ 80	≤ 19	Стимуляція високої працездатності, концентрація уваги, мінімізація зорової втоми при роботі з дисплеями.
Адміністративні кабінети	300	≥ 80	≤ 19	Офіційне ділове середовище, зосередженість, високий зоровий комфорт для аналітичної діяльності.
Meeting room	300	≥ 80	≤ 19	Адаптивне середовище для ділових комунікацій.
Lounge-зона	150	≥ 80	≤ 22	Психоемоційне розвантаження, глибока релаксація. Затишна атмосфера.
Зона coffee-point	150	≥ 90	≤ 22	Короткочасне когнітивне перемикання, неформальне спілкування, приймання їжі
Reception (Вхідна група)	300	≥ 90	≤ 22	Презентабельність, відкритість, формування першого позитивного враження про компанію.
Санітарно-гігієнічні приміщення	75	≥ 80	≤ 25	Відчуття бездоганної чистоти, свіжості та приватності. Безконтрастне, рівномірне розсіяне світло.
Коридори та проходи	50	≥ 80	≤ 25	Візуальний комфорт, безпека пересування, навігація.

Варто наголосити, що взагалі проектування освітлювальної установки офісних приміщень важко здійснити за універсальними шаблонами виключно на основі нормативно-правової документації, тому що кожен офісний простір характеризується індивідуальною структурою функціональних зон, різним характером зорових навантажень та специфікою організації робочих процесів.

Тому підхід має бути диференційованим і передбачати адаптацію світлотехнічних параметрів залежно від конкретних умов експлуатації простору.

2.3 Обґрунтування вибору освітлювального обладнання та аналіз його технічних характеристик

Вибір світлових приладів для проектування освітлювальної установки є важливим етапом, який вимагає комплексного підходу, що повинен враховувати не лише естетичну привабливість, а й енергоефективні аспекти, забезпечуючи при цьому гармонійний баланс між ними.

Вибір світлових приладів впливає на низку ключових параметрів освітлювальної системи та загального сприйняття простору:

1. Визначення якісних та кількісних показників освітлення – рівня освітленості, її рівномірності, відсутності засліплення, колірна температура тощо – є базовим аспектом проектування. Безпосередньо конструкція та оптичні системи світильників забезпечують досягнення необхідних значень цих параметрів. Наприклад, від кривої сили світла та кількісного значення світлового потоку залежить рівень нормованої освітленості і рівномірність її розподілу в робочій зоні, а наявність захисного кута чи екрануючих елементів, таких як дифузори або мікропризматична оптика, прямо впливає на зоровий комфорт, обмежуючи узагальнений показник дискомфорту. Саме тому раціональний підбір та науково-технічне обґрунтування вибору світлових приладів є критично важливим етапом проектування.

2. Енергоефективність системи, яка прямо впливає на капітальні та експлуатаційні витрати. Світлова віддача приладу, яка враховує коефіцієнт корисного, формує загальне енергоспоживання установки. Водночас індекс надійності та номінальний термін служби обладнання визначають періодичність обслуговування, частоту замін тощо.

3. Світлове середовище суттєво впливає на психофізіологічний стан та продуктивність людини.

4. Естетика та архітектурне сприйняття простору. В даному випадку світильники виступають інструментами візуального моделювання простору. Індекс передачі кольору, конструктивне виконання та геометрія самих приладів (наприклад, лінійні, трекові чи акцентні системи), світлові сценарії дозволяють здійснювати функціональне зонування приміщень, візуально корегувати пропорції простору та підкреслювати дизайнерські рішення.

Для комплексного забезпечення всіх зазначених аспектів функціонування освітлювальної установки об'єкта проектування, пропонується застосувати такі технічні рішення:

1. Для кабінету директора, бухгалтера, робочої зони, конференц-залу, зони очікування пропонується обрати світильник високоефективний світлодіодний світильник iPlan Next (SU45.01 White).

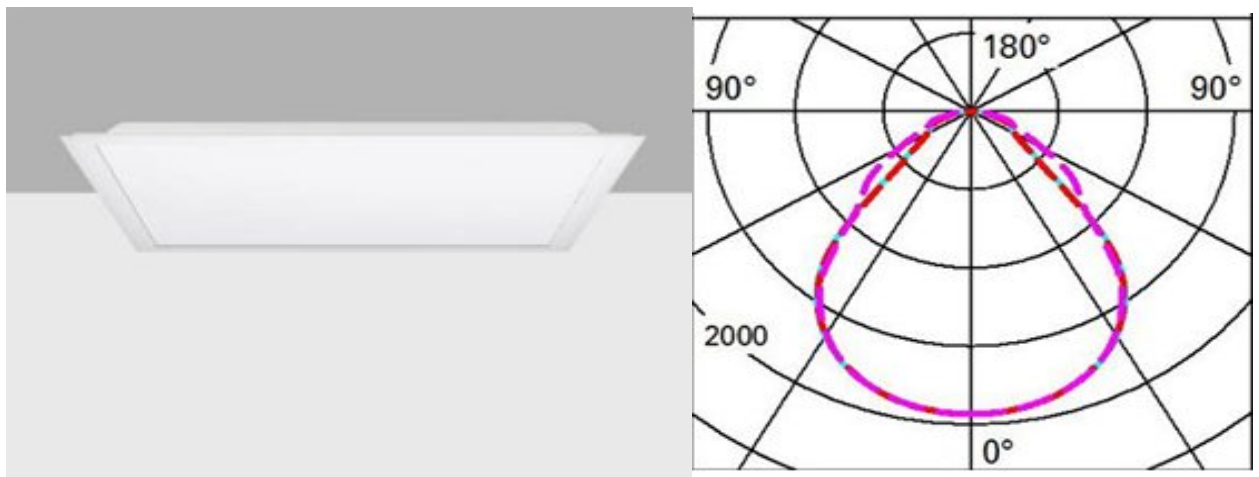


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд та крива сили світла світильника типу iPlan Next

Світильник виконано у формі квадратної LED-панелі з номінальними габаритними розмірами 625 × 625 мм (безпосередній розмір оптичного блока становить 620 × 620 мм). Конструкція корпусу складається з міцної сталевих рами, пофарбованої у білий колір, металевих задньої панелі та інтегрованого

у верхню частину електронного драйвера. Маса приладу становить 2.07 кг. Важливою перевагою моделі є її висока універсальність монтажу, але пропонується виконати монтаж саме в модульні підвісні стелі, так як конструкція стельового покриття складається саме з таких модулів. При повній системній споживаній потужності 27,4 Вт світильник генерує світловий потік у 4250 лм. Це забезпечує питому світлову віддачу приблизно на рівні 155 лм/Вт, гарантуючи низьке загальне енергоспоживання системи освітлення об'єкта. Колірна температура джерела світла становить 4000 К (нейтральний білий спектр). Також світильник має покращені параметри передачі кольору, загальний індекс CRI 90. Світильник оснащений спеціальним мікропризматичним дифузором (екраном), завдяки чому показник дискомфорту становить $UGR < 19$. Крім того, зазначений світильник підтримується сучасним цифровим протоколом керування DALI-2, що дає змогу гнучко регулювати світловий потік (димувати) та дозволяє інтегрувати світильники в загальну автоматизовану систему керування будівлею [10].

2. Для коридорів та транзитних зон пропонується використати компактні вбудовані світильники направленої світла, що дозволяє створити чітку візуальну навігацію. Для цього застосовується світлодіодний світильник серії ERD7859SB відомого світового виробника ENDO. Світильник за типом монтажу є повністю вбудованим, що дозволяє інтегрувати його в підвісні стельові конструкції. Прилад має круглу циліндричну форму та компактні геометричні розміри: зовнішній діаметр становить 85 мм, а монтажна висота (глибина вбудовування) – 109 мм. Положення оптичного блока в корпусі є фіксованим, що забезпечує стабільний світлорозподіл. Безпосередній світловий потік LED-модуля становить 326 лм при світловій віддачі матриці на рівні 36 лм/Вт. Загальна споживана потужність світильника разом із втратами в пускорегулювальній апаратурі становить 9 Вт. Колірна температура приладу становить 2700 К (теплий білий спектр), що є обґрунтованим із психофізіологічного погляду, оскільки теплі відтінки в транзитних зонах створюють відчуття затишку, візуально відокремлюють

подібних зон від робочих адміністративних просторів і знижують зорове напруження, також індекс передачі кольору становить $CRI = 83$, що є високим показником для коридорів і повністю задовольняє вимоги чинних нормативних стандартів щодо якісного відтворення відтінків в інтер'єрі [11].

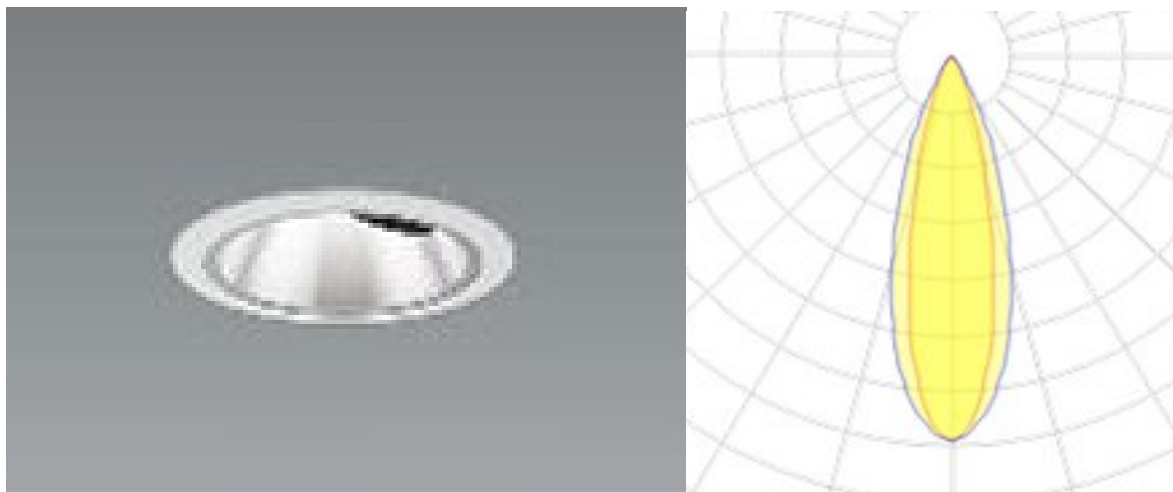


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд та крива сили світла світильника ERD7859SB

3. Для санітарно-технічних приміщень пропонується використати круглий вбудований світлодіодний світильник серії CoreLine SlimDownlight типу DN145B LED6S провідної компанії Philips. Вигляд зазначеного світильника відповідає сучасним принципам мінімалізму та функціонального дизайну, що дозволяє гармонійно інтегрувати його в будь-який сучасний інтер'єр. Світильник має правильну круглу форму. Його видима частина після монтажу представлена плоскою поверхнею, яка складається з матово-білого полімерного розсіювача, обрамленого витонченою тонкою рамкою білого кольору. Потужність світильника складає 6,5 Вт, забезпечуючи при такій потужності світловий потік у кількості 680 лм. Світлова віддача складає 110 лм/Вт. Колірна температура складає 3000 К, тобто, теплий білий спектр, індекс передачі кольору становить $CRI > 80$. Слід зазначити, що пропонований світильник має комбінований клас захисту: IP44 з фронтального (видимого) боку та IP20 з боку застельового простору. Таке виконання є критично важливим для експлуатації в зазначених зонах, оскільки забезпечує надійний

захист від потрапляння бризок води, накопичення пилу та інших зовнішніх чинників. Завдяки мінімальному енергоспоживанню та тривалому терміну експлуатації, застосування цієї моделі повністю відповідає сучасним принципам енергозбереження та сталого розвитку [12].

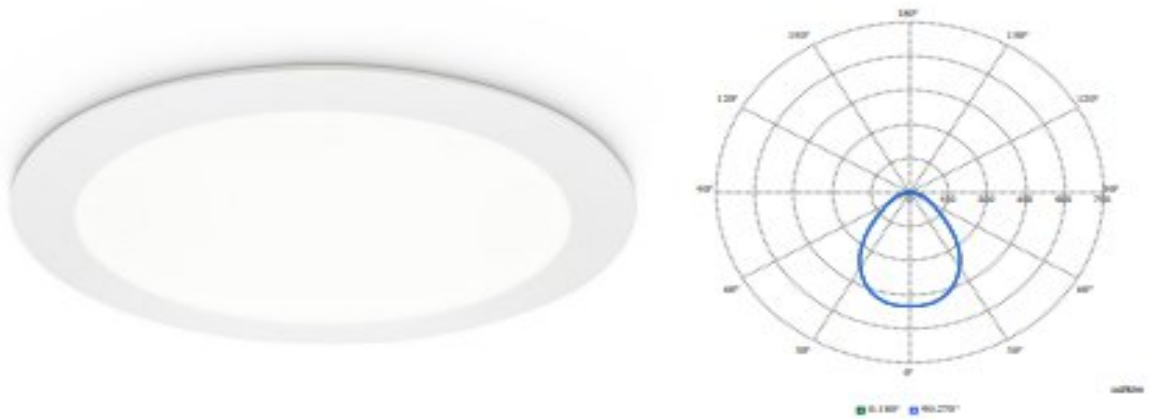


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд та крива сили світла світильника
DN145B LED6S

4. В зонах coffee-point і lounge-зона пропонується встановити світлодіодні світильники Ambiane HP111 Pendant. Зазначений світильник є підвісним, що дозволяє регулювати висоту його підвісу відносно робочих поверхонь, наприклад, кухонних столів або меблів лаунж-зони, забезпечуючи при цьому стильний і сучасний вигляд усього інтер'єру. Прилад виконано у лаконічному циліндричному корпусі з високоякісних матеріалів із компактними габаритними розмірами: висота – 268 мм, діаметр – 129 мм. З урахуванням специфічних вимог щодо зазначених просторів, які відрізняються насамперед за нормованими значенням колірної температури (для кухні – 4000 К, а для зони відпочинку – 2700 К), то передбачається використати обирається двох відповідних модифікацій даних світлових приладів. Одним світильник (для кухні) має потужність 19 Вт, світловий потік 1800 лм, світлову віддачу 95 лм/Вт, колірну температуру 4000 К. Для lounge-зони обирається аналогічний прилад, але з іншою колірною температурою – 2700 К. Світильники оснащені

широкою оптикою з кутом розсіювання променю 80° , що гарантує плавний, однорідний заливаючий світлорозподіл без утворення різких контрастних тіней. Світильники обладнані інтелектуальною системою керування, яка є повністю сумісною з найбільш поширеним і надійним цифровим інженерним протоколом DALI [13].

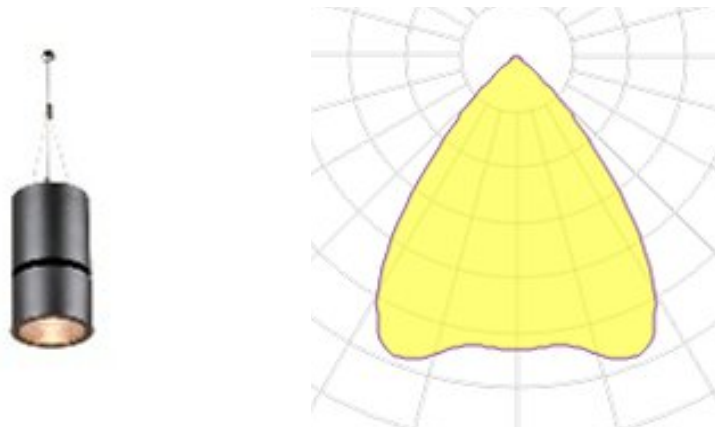


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд та крива сили світла світильника
Ambiane HP111 Pendant

5. Також додатково для локального освітлення у вхідній зоні пропонується застосувати підвісний світильник Ec1Pendant. Світильник виконано у витонченому та лаконічному корпусі циліндричної форми чорного кольору, а підвісне виконання якого дозволяє акцентувати увагу на столі зони та регулювати висоту розташування [13].



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд світла світильника Ec1Pendant

2.4 Моделювання світлового середовища офісу типу open-space

З метою підтвердження ефективності та доцільності обраних у проєкті світлотехнічних рішень, а також для перевірки їхньої повної відповідності вимогам виконано тривимірне комп'ютерне моделювання світлового середовища офісу типу open-space за допомогою сучасного спеціалізованого програмного комплексу DIALux evo.

DIALux evo – це професійне програмне забезпечення, призначене для світлотехнічного проєктування та розрахунку систем штучного освітлення внутрішніх і зовнішніх об'єктів. Програма широко використовується в світлотехніці як інструмент для інженерного аналізу освітлювальних установок [14].

Алгоритм моделювання представлений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Послідовність процесу моделювання у програмному забезпеченні DIALux evo



Рисунок 2.9 – 3D-модель офісу типу open-space



Рисунок 2.10 – 3D-модель офісу типу open-space в DIALux evo

Одним із головних результатів моделювання в програмі DIALux evo є розрахунок у фіктивних кольорах. Цей метод показує значення освітленості у вигляді кольорової графіки, де кожному рівню люксів відповідає свій колір. Такий підхід дозволяє наочно оцінити, як саме світло розподіляється по кімнаті, та швидко знайти занадто яскраві або затемнені ділянки.

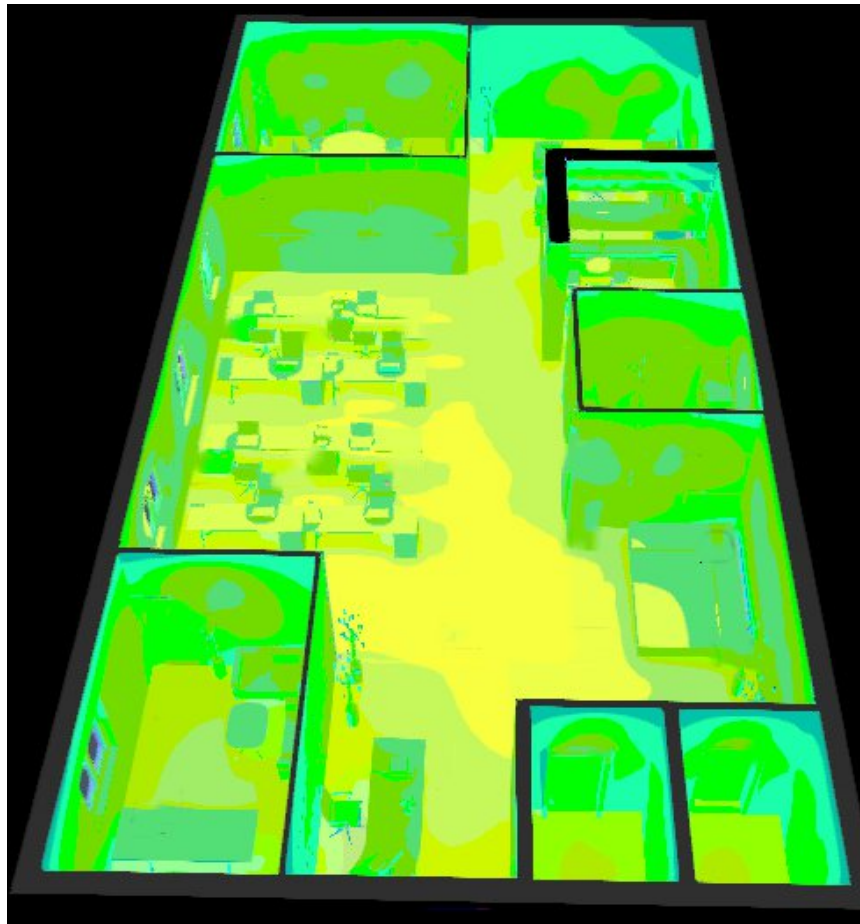


Рисунок 2.11 – Розподіл освітленості офісу типу open-space у фіктивних кольорах

Таким чином, можна спостерігати плавні колірні переходи, які підтверджують високу рівномірність світлового поля та доводять, що в проєкті повністю відсутні занадто яскраві світлові плями або глибокі тіні. Це дозволяє зробити висновок, що запроектована система штучного освітлення є якісною, комфортною для людей.

2.5 Розрахунок необхідної кількості світлових приладів

Для визначення необхідної кількості світильників використаємо метод коефіцієнта використання світлового потоку, що є класичним і нормативно обґрунтованим інженерним підходом для проектування загального рівномірного освітлення в приміщеннях громадського та житлового призначення [16].

Для використання зазначеного методу візьмемо за приклад одну із зон офісу типу open space – конференц-залу. У проєкті конференц-зала, що призначена для проведення ділових переговорів, нарад, командних зустрічей та брейнштормів тощо. Геометричні розміри залі наступні: ширина складає 5 м^2 , довжина становить також 5 м^2 , тобто загальна площа приміщення дорівнює $S = 25 \text{ м}^2$. Згідно з архітектурно-планувальним рішенням об'єкта проєктування, висота приміщень від рівня чистої підлоги до основної площини стелі становить 3,0 метри, що є оптимальним просторовим параметром для організації сучасного простору конференц-зали. Згідно з діючими нормативними актами та стандартами світлотехнічної ергономіки, встановлена нормована освітленість для зазначеної зони складає 300 лк. Для реалізації системи штучного освітлення об'єкта обрані та встановлені сучасні світлові LED прилади, які є основою енергоефективного та надійного освітлення, світловий потік одного світильника складає 4250 лм.

Обчислимо розрахункову висоту штучного освітлення. Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 рівень освітленості у 300 лк задається на умовній робочій поверхні (наприклад, на рівні столів для переговорів), висота цієї площини від рівня підлоги приймається рівною $h_{rp} = 0.85 \text{ м}$. Зважаючи на те, що в проєкті використовуються сучасні світлодіодні прилади, які повністю вмонтовуються в стелю, вертикальна відстань від площини стелі до світлового центру світильників становить $h_{zv} = 0 \text{ м}$.

$$h_p = H - h_{pp} - h_{зв}, \quad (2.1)$$

де H – висота конференц-зали, м;

h_{pp} – відстань від вертикальної площини виконання зорової роботи до підлоги, м;

$h_{зв}$ – відстань по вертикальній осі між базовою поверхнею будівельного перекриття стелі конференц-зали та фотометричним центром джерела випромінювання, м.

$$h_p = 3 - 0,85 - 0 = 2,15 \text{ м}$$

Знаходимо індекс приміщення, що характеризує співвідношення розмірів простору та впливає на вибір коефіцієнта використання світлового потоку світильників, за наступним виразом:

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (2.2)$$

де S – площа конференц-зали, м²;

A – поздовжній лінійний розмір конференц-зали (довжина), м;

B – поперечний лінійний розмір конференц-зали (ширина), м.

$$i = \frac{25}{2,15 \cdot (5 + 5)} \approx 1,16$$

На основі отриманого розрахункового значення індексу приміщення виконується визначення коефіцієнта використання світлового потоку. Враховуючи задані проєктні коефіцієнти відбиття огорожувальних поверхонь конференц-зали, а також беручи до уваги, що обраний світловий прилад має глибокий тип кривої сили світла (КСС типу Г), за фотометричною таблицею коефіцієнтів використання дорівнює $\eta = 0,58$.

Далі виконується визначення необхідної кількості світильників відповідно за наступною розрахунковою формулою:

$$N = \frac{E_n \cdot A \cdot B \cdot k \cdot z}{F_{\text{л}} \cdot \eta \cdot n}, \quad (2.3)$$

де E_n – нормативна освітленість, лк;

k – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності;

$F_{\text{л}}$ – номінальний світловий потік, лм;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

n – кількісний склад джерел світла у світловому приладі, шт.

$$N = \frac{300 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{4250 \cdot 0,58} = \frac{9900}{2465} \approx 4,01$$

Оскільки кількість світильників у реальних умовах може бути лише цілим значенням, виконується округлення, тоді отримуємо $N = 4$ шт.

Для перевірки знаходимо фактичну освітленість:

$$E_{\text{факт}} = \frac{N \cdot F_{\text{л}} \cdot \eta}{A \cdot B \cdot k \cdot z} \quad (2.4)$$

$$E_{\text{факт}} = \frac{4 \cdot 4250 \cdot 0,58}{5 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1,1} = \frac{9860}{33} \approx 298,78$$

При цьому оцінюється відхилення фактичної освітленості від нормативного значення, яке повинно знаходитися в допустимих межах від -10% до $+20\%$. Відхилення складає $-0,41\%$, що говорить про правильність виконаного світлотехнічного розрахунку.

3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування вибору напруги та джерел живлення освітлювальної установки офісу типу open space

Вибір величини номінальної напруги є першочерговим етапом у розробці електротехнічної частини проекту, оскільки саме від цього рішення залежить топологія розподільної мережі та групової мереж, перерізи кабельно-провідникової продукції, параметри комутаційно-захисної апаратури, а також загальна енергетична ефективність та економічна доцільність проекту.

Освітлювальна установка в офісних приміщеннях є одним із основних споживачів електричної енергії, оскільки її робота здійснюється протягом усього робочого дня. Слід підкреслити, що офісні приміщення відкритого типу, крім систем загального, аварійного та евакуаційного освітлення, характеризуються наявністю значної кількості інших споживачів електричної енергії, що зумовлено щільним розміщенням робочих місць, зокрема це системи кондиціонування повітря, велика кількість комп'ютерної техніки, периферійні пристрої, серверне та інше офісне обладнання.

У системах електропостачання громадських будівель (а офіс такого типу можна віднести до цієї категорії) для освітлювальних установок застосовують стандартні рівня напруги, яка встановлюється нормативними документами та стандартами електротехнічного обладнання. Для вибору правильного рівня напруги, необхідно провести аналіз призначення приміщення, тип електрообладнання, умов експлуатації та вимог електробезпеки.

Для живлення освітлювальної установки офісу типу open space використовується стандартна система електропостачання змінного струму напругою 380/220 В з частотою 50 Гц, яка є загальноприйнятою для об'єктів цивільного призначення та забезпечує живлення всіх електричних навантажень приміщення. Безпосередньо для живлення світильників використовується однофазна напруга 220 В, що отримується між фазним і

нульовим провідниками та відповідає вимогам більшості сучасних світлодіодних систем освітлення. При цьому, слід зазначити, що стабілізація та пониження параметрів електроживлення до рівня, необхідного для роботи світлодіодних модулів, виконується спеціальними драйверами (за умови наявності таких), які забезпечують стабілізацію струму та захист світлодіодних джерел світла від перевантажень.

3.2 Аналіз та визначення категорії надійності електропостачання офісу

Надійність електропостачання офісних приміщень відіграє визначальну роль при проектуванні, тому що безперервна робота персоналу, безперебійність функціонування комп'ютерної техніки, світлотехнічного обладнання є критично важливими умовами забезпечення стабільності бізнес-процесів.

Нормативне регулювання вимог до надійності електропостачання в Україні базується на застосуванні двох ключових документів, що формують єдину систему підходів до проектування електричних мереж. Перший документ це Правила улаштування електроустановок (далі – ПУЕ), який встановлює фундаментальні принципи класифікації електроприймачів за категоріями надійності електропостачання та визначають базові вимоги щодо безперервності та резервування живлення. Додатково ці положення конкретизуються другим документом – це державні будівельні норми ДБН В.2.5-23:2025 «Проектування електроустановок житлових будинків та громадських будівель і споруд», які конкретизують ці вимоги стосовно об'єктів цивільного призначення. Цей документ деталізує методики проектування внутрішніх мереж, встановлює вимоги до схем резервування живлення, зокрема систем автоматичного вводу резерву та регламентує технічні рішення для забезпечення надійності електропостачання, що відповідають категорії відповідальності споживачів даного об'єкта.

Відповідно до вищезазначених документів всі електроприймачі можна поділити на три категорії за ступенем надійності електропостачання залежно від можливих наслідків перерви живлення.



Рисунок 3.1 – Розподіл за категоріями надійності електроприймачів

Слід зазначити, що офісне приміщення типу open space в цілому відноситься до III категорії надійності електропостачання, оскільки основні електроприймачі, такі як робоче освітлення, комп'ютерне обладнання, офісна техніка та системи кондиціонування, не потребують підвищеного рівня безперервності живлення, а короточасне припинення подачі електричної енергії не призводить до виникнення небезпечних ситуацій для персоналу або значних матеріальних збитків.

Для електроприймачів III категорії допускається перерва електропостачання на час, необхідний для відновлення живлення шляхом оперативних дій обслуговуючого персоналу або після усунення можливих

аварійних ситуацій в системі електропостачання. У зв'язку з цим для даного типу об'єкта не передбачається складних схем резервування живлення на рівні основного електропостачання, а система проектується з урахуванням стандартної структури живлення від одного джерела з поділом на групові лінії відповідно до функціонального призначення електроприймачів.

Встановлення категорій надійності електропостачання для різних груп електроприймачів офісного приміщення дозволяє обґрунтувати подальші проєктні рішення щодо побудови системи електропостачання.

3.3 Обґрунтування та вибір схеми освітлювальної мережі офісу типу open space

Електрична мережа будівлі являє собою сукупність взаємопов'язаних електротехнічних елементів, призначених для приймання, розподілу та передачі електричної енергії до кінцевих споживачів. У загальному випадку електрична мережа складається з джерела електропостачання (трансформаторної підстанції або внутрішньої системи живлення), ввідно-розподільного пристрою, головного розподільного щита та групових розподільних щитів, від яких здійснюється живлення окремих ліній споживачів.

До складу електричної мережі також входять кабельні та провідникові лінії, які забезпечують передачу електроенергії між елементами системи, а також комутаційно-захисна апаратура, що призначена для оперативного вмикання та вимикання електричних кіл і захисту мережі від перевантажень, коротких замикань та інших аварійних режимів. Кінцевими елементами електричної мережі є електроприймачі, до яких належать освітлювальні прилади, розеткові групи, системи кондиціонування та інше електрообладнання офісного приміщення.

Вибір схеми електропостачання є одним із базових етапів проєктування електротехнічної частини об'єкта, оскільки саме схема живлення визначає

загальну структуру розподілу електричної енергії від джерела до кінцевих споживачів, рівень надійності електропостачання, гнучкість системи, а також техніко-економічні показники проєкту.

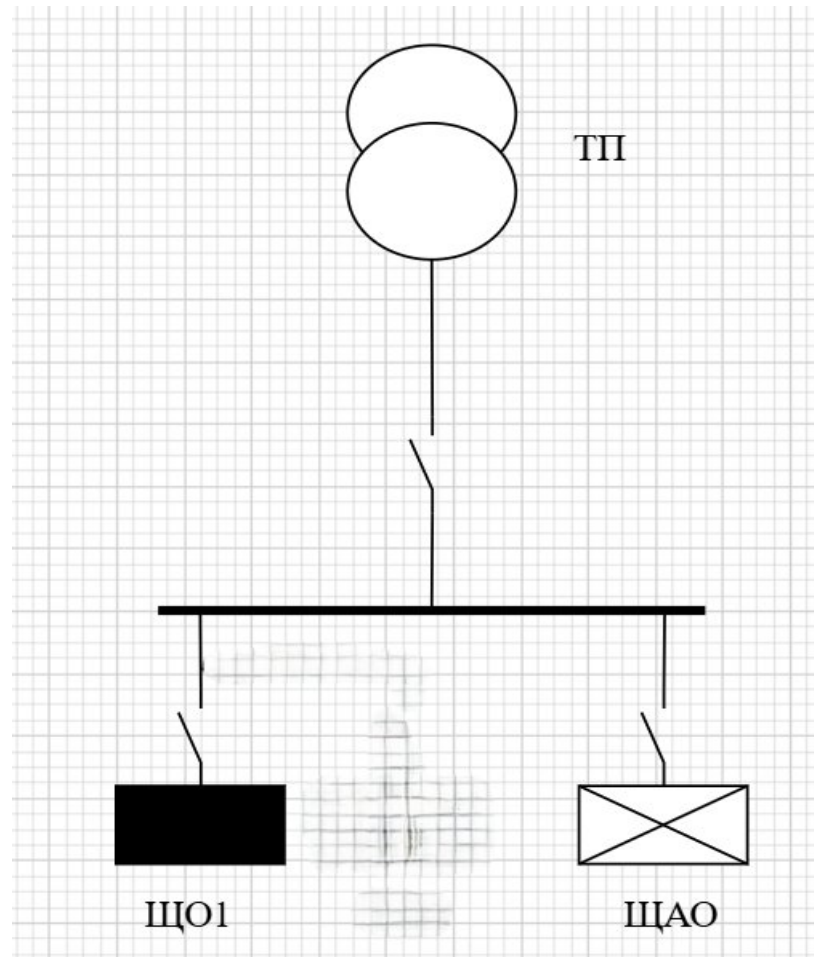


Рисунок 3.2 – Структурна схема живлення освітлювальної мережі офісу типу open space

Вибір такої схеми зумовлений віднесенням основних електроприймачів об'єкта до III категорії надійності електропостачання, для якої допускається живлення від одного джерела без обов'язкового резервування, що є достатнім для забезпечення нормального функціонування офісного обладнання та систем освітлення.

Також важливим питанням є вибір системи заземлення, оскільки вона є одним із ключових елементів забезпечення електробезпеки персоналу в офісному приміщенні. Її правильне виконання безпосередньо впливає на

ефективність захисту від ураження електричним струмом при непрямому дотику, а також на загальний рівень надійності та безпечної експлуатації електроустановки в цілому.

Для офісного приміщення типу open space, який розташовано на 2 поверсі в сучасному торговому центрі, найбільш доцільним є застосування системи заземлення TN-S, що забезпечує високий рівень електробезпеки та надійну роботу електрообладнання.

Живлення від міської трансформаторної підстанції до головного ввідно-розподільного щита торгового центру, як правило, здійснюється чотирипровідними кабельними лініями з суміщеним PEN-провідником, що відповідає системі TN-C. У головному розподільному щиті виконується розділення PEN-провідника на окремі провідники – робочий нейтральний N та захисний PE, з обов'язковим повторним заземленням через головну заземлювальну шину будівлі, з'єднану з контуром заземлення.

Таким чином, внутрішні електричні мережі будівлі функціонують як система TN-C-S, а починаючи від розподільного щита торгового центру до щита офісного приміщення прокладається п'ятижильна кабельна лінія (L1, L2, L3, N, PE). У межах офісу реалізується система TN-S, де всі групові лінії виконуються трижильними кабелями (L, N, PE), що забезпечує необхідний рівень електробезпеки та стабільність роботи електроприймачів.

3.4 Обґрунтування вибору марки кабелів та способів прокладання електропроводки

Вибір кабелів для живлення електроприймачів є одним із найбільш відповідальних етапів проєктування електромережі, що зумовлено особливостями офісних приміщень типу open space. Така структура характеризується значною кількістю робочих місць і, відповідно, одночасним перебуванням у приміщенні великої кількості людей, що підвищує вимоги до електро- та пожежної безпеки.

Слід зазначити, що в сучасних офісах експлуатується велика кількість електрообладнання, зокрема комп'ютерна техніка, обладнання систем кондиціонування, освітлювальні установки, а також інші електроприймачі, що працюють практично безперервно. Це обумовлює необхідність забезпечення стабільного та надійного електропостачання без перебоїв.

У таких умовах кабельні лінії повинні бути розраховані на підвищені навантаження, мати достатній запас пропускної здатності та відповідати вимогам пожежної безпеки. Використання неякісних або неправильно підібраних кабелів може призвести до перегріву, втрати працездатності обладнання, виникнення аварійних режимів і створення потенційно небезпечних ситуацій для персоналу.

Кабелі являють собою багатошарову конструкцію, що складається з провідникових, ізоляційних та захисних матеріалів, кожен з яких виконує окрему функцію в забезпеченні надійної та безпечної передачі електричної енергії. Основним елементом кабелю є струмопровідна жила, яка найчастіше виготовляється з міді або алюмінію. На сьогоднішній день, завдяки своїм перевагам, у більшості випадків для прокладання мереж електропостачання в громадських будівлях, зокрема в офісах типу open space, застосовуються саме мідні кабелі. Переваги та недоліки використання міді та алюмінію в кабелях представлені на рисунку 3.3.

Ізоляція струмопровідних жил виконується з полімерних матеріалів, основними з яких є полівінілхлорид (далі – ПВХ), зшитий поліетилен та гумові композити. Полівінілхлорид є найбільш поширеним ізоляційним матеріалом завдяки достатній міцності, гнучкості та стійкості до вологи й хімічних впливів, що робить його типовим для кабелів внутрішніх електромереж.

Зовнішня оболонка кабелю виконує функцію захисту від механічних пошкоджень, вологи та впливу навколишнього середовища і зазвичай виготовляється з ПВХ-композитів. Для підвищення пожежної безпеки у сучасних електромережах широко застосовуються кабелі з маркуванням нг, які не підтримують горіння та характеризуються зниженим рівнем

димопутворення під час пожежі, що є особливо важливим для громадських та офісних будівель.

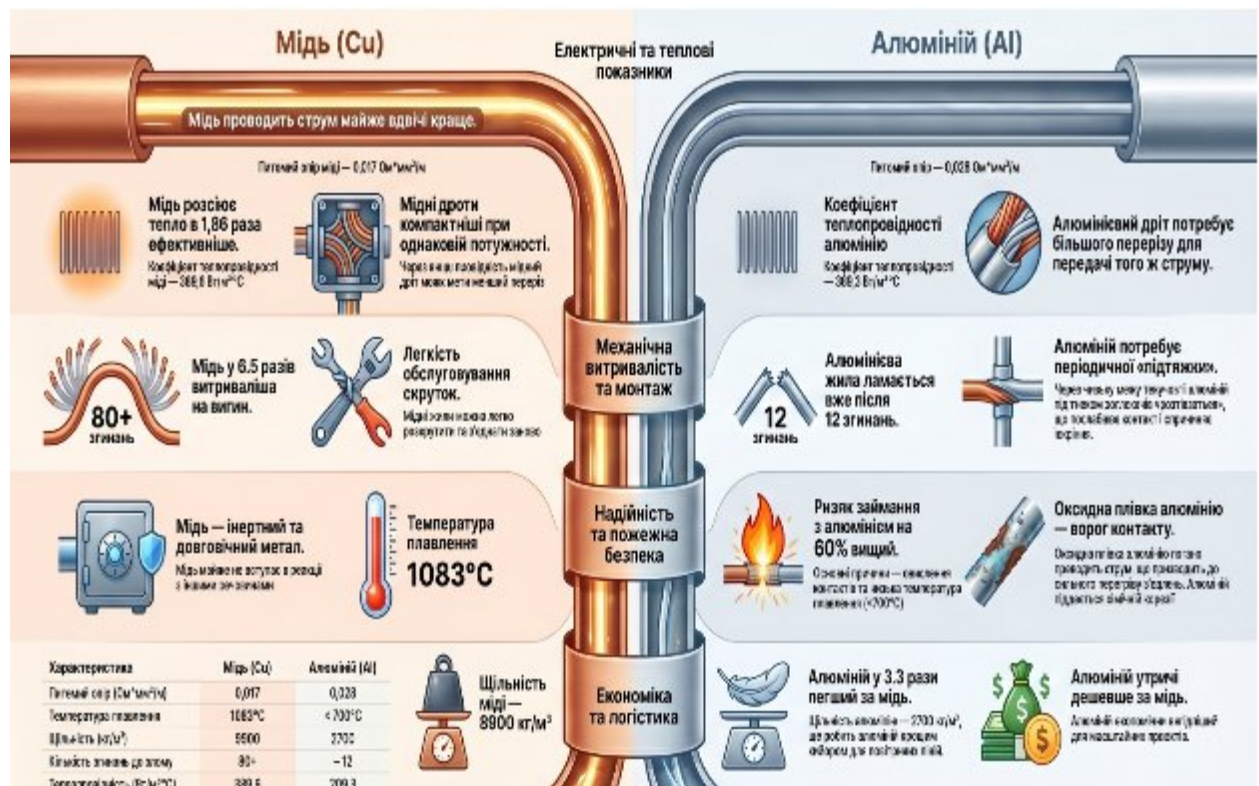


Рисунок 3.3 – Переваги та недоліки Cu і Al в кабелях

Для монтажу живлення системи освітлення та розеткової групи пропонується обрати силові кабелі з мідними струмопровідними жилами марки ВВГнгд:

- «В» – ПВХ ізоляція струмопровідних жил;
- «В» – ПВХ оболонка кабелю;
- «Г» – без додаткового захисного покриття (без броні);
- «нг» – не підтримує горіння (негорючий кабель);
- «д» – знижене димо- та газовиділення.

Кабель ВВГнгд поєднує в собі високі експлуатаційні характеристики, надійність та підвищений рівень пожежної безпеки, що робить його доцільним вибором для електропостачання офісних приміщень типу open space та інших громадських будівель.

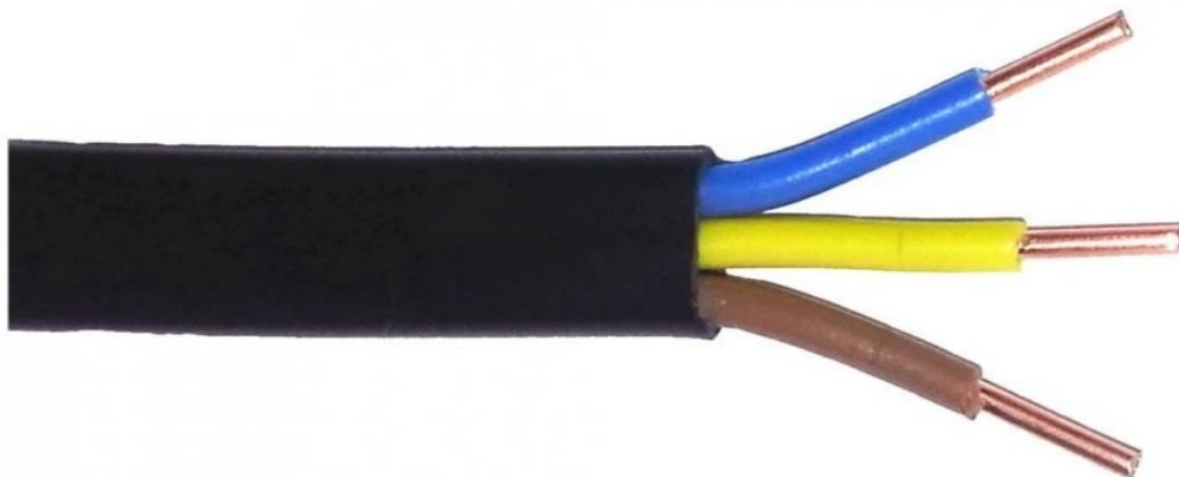


Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд трижильного кабелю марки ВВГнгд

Також важливо приділити увагу організації прокладання електропроводки в офісному приміщенні типу open space. Проектування електричних мереж у таких умовах потребує особливого підходу, оскільки планування робочих місць є змінним, а кількість силових та слабкострумових ліній є досить значною. Основною метою при прокладанні електропроводки є створення гнучкої, безпечної та естетично виконаної системи електропостачання.

Магістральні лінії силових мереж прокладаються у просторі за підвісною стелею з використанням перфорованих металевих кабельних лотків, які кріпляться до перекриття за допомогою підвісної системи. Такий спосіб монтажу забезпечує приховане та організоване прокладання кабельних трас, підвищує рівень електробезпеки, запобігає механічним пошкодженням кабелів і спрощує подальше обслуговування та модернізацію електромережі.

Від магістральних ліній, що проходять у стельовому просторі, виконуються вертикальні спуски до споживачів електроенергії – робочих місць, розеткових блоків, освітлювальних приладів та іншого обладнання. Такі спуски виконуються в кабель-каналах, що забезпечує додатковий захист проводки та сприяє збереженню естетичного вигляду інтер'єру.

У робочій зоні офісу для організації підключення робочих місць доцільно застосовувати кабельні колони, які встановлюються у підлоговому

виконанні та забезпечують доступ до силових мереж безпосередньо в межах робочих зон. Використання кабельних колон дозволяє реалізувати гнучку структуру робочих місць, спрощує їх перепланування та зменшує необхідність втручання в основні кабельні траси, розташовані у стельовому просторі.

3.5 Розрахунок електричних навантажень та вибір групових ліній

Розрахунок електричних навантажень виконується з метою визначення сумарної встановленої потужності електроприймачів офісного приміщення та їх розподілу по групових електричних лініях. На основі функціонального зонування приміщення здійснюється формування груп споживачів, що дозволяє забезпечити раціональний розподіл навантаження та підвищити надійність системи електропостачання.

Для електропостачання та керування освітлювальними і розетковими мережами офісного приміщення передбачається встановлення двох розподільчих щитів. Перший щит (ЩО1) призначений для живлення груп освітлення та розеткових мереж робочих і функціональних зон офісу. Другий щит (ЩАО) виконує функцію живлення мережі аварійного та евакуаційного освітлення, забезпечуючи безпечну евакуацію людей у разі виникнення аварійних ситуацій або відключення основного електропостачання.

Пропонується виконати розподіл електричних навантажень на групові мережі відповідно до функціонального призначення приміщень офісу:

- 1 група – розеткова мережа робочої зони офісу (open space), призначена для живлення комп'ютерної техніки та периферійного обладнання робочих місць.
- 2 група – розеткова мережа кухонної зони, яка забезпечує живлення побутових електроприймачів.
- 3 група – розеткові мережі адміністративних та інших приміщень.

- 4 група – освітлення коридорів, ресепшн-зони, зали очікування та санвузлів, яка забезпечує загальне та орієнтаційне освітлення допоміжних і транзитних приміщень офісу.
- 5 група – освітлення кабінету директора та частини робочої зони open space (половини залу), призначене для забезпечення загального та робочого освітлення відповідних функціональних ділянок офісного приміщення.
- 6 група – освітлення кабінету головного бухгалтера, кухонної та лаунж-зони.
- 7 група – освітлення конференц-зали та частини робочої зони open space (другої половини залу).

Наступним етапом проєктування електричної мережі офісного приміщення є визначення розрахункових потужностей для кожної групової лінії. Визначення розрахункової потужності є необхідним для подальшого правильного вибору перерізів кабелів, номінальних струмів автоматичних вимикачів, а також для перевірки допустимого навантаження на електричні мережі. Для визначення розеткового навантаження використовуємо наступну формулу:

$$P_{\text{роз}} = N \cdot P_{1\text{розетки}}, \quad (3.1)$$

де N – число розеток, що входять до складу групи, шт.;

$P_{1\text{розетки}}$ – прийнята розрахункова потужність однієї розеткової точки, кВт.

Для визначення розрахункового навантаження освітлювальної мережі використовується відповідна розрахункова формула:

$$P_{Ln} = P_{Oy} = (N \cdot P_L), \quad (3.2)$$

де N – загальна кількість світильників, шт;

P_L – потужність одного джерела живлення, кВт.

Для визначення сумарних електричних навантажень виконується їх групування за функціональним призначенням із подальшим підсумовуванням. Зокрема, окремо визначаються сумарні навантаження розеткових груп та окремо – освітлювальних груп. Отримані результати систематизуємо та заносимо до зведеної розрахункової таблиці.

Таблиця 3.1 – Зведена розрахункова таблиця електричних навантажень

Група	$P_{роз}$ кВт	P_{Ln} кВт
1 група	1,92	—
2 група	0,42	—
3 група	0,96	—
4 група	—	0,22
5 група	—	0,25
6 група	—	0,28
7 група	—	0,27
Σ	3,3	0,91

Також виконується визначення електричного навантаження щита аварійного (евакуаційного) освітлення, яке здійснюється шляхом підсумовування потужностей усіх світильників, підключених до даного щита (ЩАО). Загальна потужність становить $P_{LEO} = 0,03$ кВт.

Далі виконується розрахунок моментів навантаження для групових електричних ліній офісного приміщення. Розрахунок виконується на наступною формулою:

$$M = L \cdot P, \quad (3.3)$$

де L – відстань від щитка до відповідного споживача, м;

P – встановлена потужність окремого споживача або ділянки мережі, кВт.
Розрахункові дані заносимо до таблиці.

Таблиця 3.2 – Розрахункові дані

Група	1	2	3	4	5	6	7
M кВт · м	46,21	9,87	36,99	4,17	4,33	5,88	7,1

Загальний момент навантаження для електричної мережі офісного приміщення визначається як сума моментів навантаження всіх групових ліній, що входять до складу проєктованої системи електропостачання. Отримане значення дорівнює $M = 110,52$ кВт · м.

Також виконується розрахунок приведенного моменту навантаження для щита евакуаційного освітлення, який визначається на основі сумарної потужності аварійних світильників та довжин відповідних групових ліній. Відповідно момент склав 1,2 кВт · м.

Далі виконується розрахунок перерізів проводів (кабельних ліній) для кожної групової мережі офісного приміщення. Зазначений переріз знаходимо за наступною формулою:

$$s = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{c \cdot \Delta U}, \quad (3.4)$$

де $\sum M$ – сума моментів даної та всіх наступних за напрямком струму ділянок мережі з однаковою кількістю провідників у лінії, що й на розглядуваній ділянці, кВт · м;

$\sum \alpha m$ – сума моментів усіх відгалужених ліній, що живляться від даної ділянки та мають іншу кількість провідників у порівнянні з розглядуваною ділянкою, кВт · м;

ΔU – допустима втрата напруги, %;

c – це коефіцієнт, який враховує питомий опір матеріалу провідника (мідь) та робочу напругу мережі.

Таблиця 3.3 – Розрахункові дані

Група	1	2	3	4	5	6	7
$s \text{ мм}^2$	2,37	1,6	1,9	0,21	0,3	0,3	0,36

Отримані розрахункові значення округлюються до найближчих більших стандартних перерізів відповідно до нормованого ряду перерізів струмопровідних жил.

Незалежно від результатів електричного розрахунку, перерізи мідних жил кабелів приймаються не менше нормативно встановлених значень: 1,5 мм^2 для освітлювальних мереж та 2,5 мм^2 для розеткових груп, що забезпечує надійність та безпечні умови експлуатації електроустановок.

Таблиця 3.4 – Обрані перерізи кабелів

Група	1	2	3	4	5	6	7
$s \text{ мм}^2$	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Обрані кабельні вироби марок ВВГнгд 3 х 1,5 мм^2 (для мереж освітлення) та ВВГнгд 3 х 2,5 мм^2 (для розеточних груп) забезпечують надійне електропостачання споживачів з урахуванням нормативних запасів. Для мережі евакуаційного освітлення приймається мідний кабель ВВГнгд перерізом 3 х 1,5 мм^2 .

3.6 Вибір засобів захисту

Наступним етапом, який є також ключовим, проєктування електричної мережі офісного приміщення типу open-space є вибір засобів захисту групових ліній. Зазначені пристрої забезпечують безпечну та надійну експлуатацію

освітлювальної установки, запобігають розвитку аварійних режимів і мінімізують ризик ураження людей електричним струмом. Надійність, селективність та безпека роботи системи безпосередньо визначаються коректним вибором і налаштуванням комутаційно-захисної апаратури в розподільному щиті офісу. Обрана апаратура повинна забезпечувати миттєве відключення струмів короткого замикання, спрацьовувати із заданою витримкою часу в разі струмів перевантаження для запобігання неприпустимому нагріванню кабелів, а також своєчасно реагувати на струми витоку на землю у випадку пошкодження ізоляції.

Для захисту групових ліній освітлення та силових мереж у проєкті передбачено застосування автоматичних вимикачів модульного типу, які встановлюються у розподільчому щиті.

Вибір апаратів захисту здійснюється з урахуванням наступних вимог:

1. Правильне визначення номінального струму, що визначає максимальний струм, що може тривалий час проходити через апарат без його відключення. При виборі необхідно наступну нерівність:

$$I_p \leq I_n \leq I_{дк}, \quad (3.5)$$

де I_n – номінальний струм автоматичного вимикача, А;

I_p – розрахунковий струм лінії, А;

$I_{дк}$ – допустимий струм обраного кабелю, А.

Розрахунок струму лінії знаходимо через навантаження відповідної групової лінії за такою формулою:

$$I_p = \frac{P_n}{U \cdot \cos\varphi}, \quad (3.6)$$

де P_n – розрахункова активна потужність відповідної групової лінії, кВт;

U – номінальна напруга мережі, кВ;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунків та вибір автоматичних вимикачів

Груп а	Потужність, кВт	Марка кабелю	Переріз кабелю, мм ²	I_p , А	I_n , А	Тип автоматичного вимикача
1	1,92	ВВГнгД	2,5	10,3	16	iC60N1P 16АС
2	0,42	ВВГнгД	2,5	2,2	16	iC60N 1P 16А С
3	0,96	ВВГнгД	2,5	5,1	10	iC60N 1P 10А С
4	0,22	ВВГнгД	1,5	1,05	10	iC60N 1P 10А С
5	0,25	ВВГнгД	1,5	1,2	10	iC60N 1P 10А С
6	0,28	ВВГнгД	1,5	1,3	10	iC60N 1P 10А С
7	0,27	ВВГнгД	1,5	1,3	10	iC60N 1P 10А С

Для захисту групових мереж освітлення та груп розеток обрано автоматичні вимикачі серії Schneider Electric Acti9 iC60N, що вирізняються високою надійністю та відповідністю сучасним стандартам безпеки.



Рисунок 3.5 – Вигляд автоматичного вимикача виробництва Schneider Electric серії Acti9 iC60N

Усі обрані автоматичні вимикачі мають час-струмову характеристику типу «С», що є важливим для офісних приміщень типу open-space, оскільки сучасні світлодіодні світильники та імпульсні блоки живлення офісної

оргтехніки створюють значні пускові струми в момент увімкнення. Характеристика «С» дозволяє апаратам успішно проходити ці короткочасні імпульсні перевантаження без хибних спрацювань, забезпечуючи при цьому швидке відключення при виникненні струмів короткого замикання. Прийнято використання однополюсних автоматичних вимикачів. Відповідно до розрахункових навантажень, для групових ліній освітлення прийнято автоматичні вимикачі iC60N 1P 10A, а для груп розеток – iC60N 1P 16A та iC60N 1P 10A, що гарантує надійний захист провідників від перегріву та аварійних режимів роботи.

З метою підвищення рівня електробезпеки персоналу та запобігання ризикам ураження електричним струмом, групи розеток офісного приміщення додатково захищені пристроями захисного відключення (далі – ПЗВ). Встановлюємо ПЗВ з номінальним диференційним струмом витоку 30 мА. Вибір ПЗВ типу «А», що гарантує миттєве відключення живлення у разі порушення цілісності ізоляції обладнання або випадкового дотику до струмопровідних частин. Пропонується встановити ПЗВ Schneider Electric Acti9 ID 2P 40A 30mA A.



Рисунок 3.6 – Вигляд пристрою захисного відключення виробництва Schneider Electric серії Acti9 iID

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Завдання щодо забезпечення безпечних умов праці

Забезпечення безпечних і здорових умов праці є одним із пріоритетних напрямів державної політики України. Збереження життя, здоров'я та працездатності працівників під час виконання трудових обов'язків є важливою соціальною та економічною складовою функціонування будь-якого підприємства. Створення належних умов праці сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню рівня виробничого травматизму та професійних захворювань, а також забезпечує ефективне виконання виробничих процесів.

Основоположним нормативно-правовим актом держави є Конституція України, відповідно до статті 3 якої людина, її життя і здоров'я, честь, гідність та безпека визнаються найвищою соціальною цінністю. Статтею 43 Конституції України гарантовано право кожного громадянина на працю в належних, безпечних і здорових умовах. Крім того, законодавством забороняється залучення жінок та неповнолітніх до виконання робіт, що можуть негативно впливати на їх здоров'я або становити підвищену небезпеку.

Правові, соціально-економічні, організаційно-технічні та санітарно-гігієнічні основи забезпечення безпеки праці визначаються Законом України «Про охорону праці». Дія цього закону поширюється на всіх суб'єктів господарювання незалежно від форми власності та виду діяльності. Нормативний документ встановлює права та обов'язки роботодавців і працівників, регламентує порядок організації охорони праці на підприємствах, а також визначає механізми контролю за дотриманням вимог безпеки [21].

Важливу роль у забезпеченні належного рівня безпеки відіграє система управління охороною праці на підприємстві. Її функціонування передбачає проведення оцінювання професійних ризиків, розроблення інструкцій з

охорони праці, організацію навчання та перевірки знань працівників, здійснення контролю за технічним станом обладнання, а також впровадження профілактичних заходів щодо попередження нещасних випадків і аварійних ситуацій.

Відповідно до статті 4 Закону України «Про охорону праці», державна політика у сфері охорони праці ґрунтується на принципі пріоритетності життя і здоров'я працівника над результатами виробничої діяльності. При цьому роботодавець несе повну відповідальність за створення безпечних і нешкідливих умов праці. Важливими складовими цієї політики є комплексне вирішення питань безпеки на основі сучасних досягнень науки і техніки, впровадження новітніх технологій, механізація та автоматизація виробничих процесів, а також соціальний захист працівників у разі виникнення професійних захворювань або виробничого травматизму.

4.2 Аналіз мікрокліматичних умов в приміщенні офісу

Одним із важливих факторів, що впливають на працездатність персоналу, самопочуття працівників та ефективність виконання службових обов'язків, є мікроклімат робочого середовища. Для офісних приміщень типу open space забезпечення нормативних параметрів мікроклімату має особливе значення, оскільки працівники перебувають у приміщенні протягом тривалого часу та виконують переважно розумову роботу із застосуванням комп'ютерної техніки.

Мікрокліматичні умови робочої зони характеризуються такими основними параметрами [22]:

- температурою повітря;
- відносною вологістю повітря;
- швидкістю руху повітря;
- атмосферним тиском.

Температура повітря є одним із найважливіших показників мікроклімату. Вона визначає тепловий стан організму людини та безпосередньо впливає на її працездатність. В офісних приміщеннях температура формується під впливом систем опалення, кондиціонування, освітлювального обладнання, комп'ютерної техніки та кількості працівників, які одночасно перебувають у приміщенні. Відхилення температури від нормативних значень може призводити до швидкої втомлюваності, зниження концентрації уваги та погіршення загального самопочуття персоналу.

Відносна вологість повітря також суттєво впливає на комфортність умов праці. Недостатня вологість спричиняє пересихання слизових оболонок очей і дихальних шляхів, що особливо відчутно під час тривалої роботи за комп'ютером. Надмірна вологість, навпаки, погіршує теплообмін організму з навколишнім середовищем і створює відчуття задухи та дискомфорту.

Швидкість руху повітря забезпечує ефективний теплообмін між людиною та навколишнім середовищем. Разом із тим надмірні повітряні потоки, спричинені роботою вентиляційних або кондиціонерних систем, можуть викликати локальне переохолодження працівників та підвищувати ризик виникнення простудних захворювань.

Для підтримання сприятливих умов праці в офісному приміщенні необхідно забезпечити ефективну роботу систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря, а також здійснювати регулярний контроль параметрів мікроклімату відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Оскільки працівники офісу виконують роботи, пов'язані переважно з розумовою діяльністю та роботою за персональними комп'ютерами, даний вид робіт належить до категорії легких робіт 1а [22]. Нормативні значення температури повітря, відносної вологості та швидкості руху повітря для цієї категорії наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення основних параметрів мікроклімату для робіт, що виконують в офісах (категорія робіт 1а)

Категорія робіт	Період року	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Легка 1а	Холодний	22 – 24	40 – 60	0,1
Легка 1а	Теплий	23 – 25	40 – 60	0,1

4.3 Вимоги до організації робочого місця користувача ПК

Організація робочих місць користувачів екранних пристроїв та персональних комп'ютерів в офісному приміщенні типу повинна відповідати вимогам чинних нормативних документів, зокрема ДСТУ 8604:2015 та НПАОП 0.00-7.15-18, а також загальним ергономічним принципам організації праці. Дотримання цих вимог є необхідною умовою забезпечення безпечних і комфортних умов праці, зниження втомлюваності працівників та підтримання високої продуктивності під час тривалої роботи за комп'ютером [24, 25].

Планування робочих місць в офісі повинно враховувати достатню площу та об'єм приміщення на одного працівника. Мінімальні параметри простору повинні забезпечувати вільне розміщення обладнання, можливість переміщення працівника, а також нормальну циркуляцію повітря. Крім того, важливим є дотримання вимог щодо організації проходів між робочими місцями та забезпечення доступу до евакуаційних виходів [24].

Розміщення робочих місць з екранними пристроями відносно світлових прорізів повинно виконуватися таким чином, щоб природне освітлення надходило збоку від робочого місця, переважно з лівого боку користувача. Такий підхід дозволяє мінімізувати утворення тіней від руки під час письма та зменшує рівень відблисків на екрані монітора, що позитивно впливає на зорову працездатність.

Під час планування розміщення робочих місць необхідно дотримуватися низки просторових вимог, які забезпечують безпечну експлуатацію

комп'ютерної техніки та комфорт працівників. Зокрема, робочі місця повинні розташовуватися на відстані не менше 1 м від стін із віконними прорізами. Відстань між бічними поверхнями моніторів має становити не менше 1,2 м, що дозволяє уникнути взаємного зорового та психофізіологічного впливу працівників. Відстань між тильною поверхнею одного робочого місця та екраном іншого повинна бути не меншою ніж 2,5 м. Ширина основних проходів між рядами робочих місць має становити не менше 1 м.

Зазначені вимоги також враховуються при розміщенні робочих місць у суміжних офісних приміщеннях з урахуванням конструктивних особливостей перегородок, що дозволяє забезпечити нормативні параметри безпеки та ергономіки.

Ергономічна організація робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати формування фізіологічно правильної робочої пози з урахуванням характеру переважно розумової праці. При роботі сидячи рекомендоване положення тіла передбачає, що ступні ніг знаходяться на підлозі або на спеціальній підставці для ніг, стегна розташовані горизонтально, передпліччя займають вертикальне положення, а лікті згинаються під кутом приблизно $70-90^{\circ}$ до вертикальної площини. Зап'ястя рук повинні бути розташовані без надмірного згинання, а кут нахилу голови відносно вертикальної осі не повинен перевищувати $15-20^{\circ}$.

У випадку, коли робота за комп'ютером є основним видом діяльності працівника, екранний пристрій і периферійне обладнання розміщуються на основному робочому столі, зазвичай з урахуванням зручності доступу домінантної руки, найчастіше з лівого боку. Якщо використання комп'ютера є періодичним, допускається розміщення обладнання на приставному столі, який встановлюється збоку від основного робочого місця. При цьому кут між поздовжніми осями основного та приставного столів повинен становити $90-140^{\circ}$.

У деяких випадках в офісах допускається організація робочих місць колективного користування персональними комп'ютерами, за умови відповідності приміщення вимогам охорони праці та ергономіки.

Параметри робочої поверхні столу для розміщення екранного обладнання повинні забезпечувати зручність виконання всіх операцій. Висота робочого столу зазвичай знаходиться в межах 680–800 мм, а його ширина повинна забезпечувати достатній простір для розміщення обладнання та документів. Рекомендованими є такі розміри столу: висота близько 725 мм, ширина 600–1400 мм, глибина 800–1000 мм.

Конструкція робочого столу повинна передбачати достатній простір для ніг: не менше 600 мм по висоті, не менше 500 мм по ширині, а також не менше 450 мм у зоні колін і до 650 мм у зоні витягнутої ноги. За потреби стіл оснащується підставкою для ніг, яка повинна мати рифлену поверхню та бортик для запобігання зісковзуванню стопи. Використання підставки є обов'язковим у випадках, коли висота сидіння не дозволяє працівнику впевнено розташувати ноги на підлозі.

Робоче крісло користувача ПК повинно мати ергономічну конструкцію, що включає сидіння, спинку та підлокітники. Додатково можуть передбачатися підголівник і регульована підставка для ніг. Крісло повинно бути підйомно-поворотним, із можливістю регулювання висоти, нахилу спинки та сидіння, а також положення підлокітників. Усі регулювання мають здійснюватися незалежно, мати надійну фіксацію та забезпечувати плавність налаштувань.

Поверхня сидіння повинна мати оптимальні габарити, бути злегка заокругленою спереду та виготовленою з матеріалів, що запобігають ковзанню та електростатичному накопиченню. Спинка крісла повинна забезпечувати підтримку поперекового відділу та мати регулювання кута нахилу. Підлокітники використовуються для зниження навантаження на плечовий пояс і мають бути розташовані на оптимальній висоті відносно сидіння.

Екран монітора повинен розташовуватися на відстані не менше 600 мм від очей користувача з урахуванням розміру діагоналі та роздільної здатності. Оптимальна відстань може змінюватися в межах 600–1000 мм залежно від характеристик дисплея. Розташування екрана повинно забезпечувати комфортний кут зорового спостереження у вертикальній площині в межах $\pm 30^\circ$ від лінії погляду.

Клавіатура розміщується на робочій поверхні столу або на спеціальній висувній полиці на відстані 100–300 мм від переднього краю столу. Кут нахилу клавіатури повинен бути в межах $5\text{--}15^\circ$, що забезпечує природне положення кистей рук під час друку.

Робоче місце користувача ПК рекомендується додатково оснащувати пюпітром для документів, який встановлюється на однаковій відстані та висоті з монітором, що дозволяє зменшити навантаження на зоровий апарат під час роботи з текстовими матеріалами.

Розміщення принтерів, сканерів та інших периферійних пристроїв повинно забезпечувати їх доступність, а також не створювати перешкод для зорового контролю екрану. Для зменшення шумового навантаження рекомендується використання віброізоляційних підкладок, особливо для матричних принтерів.

У разі щільного розміщення робочих місць доцільно застосовувати акустичні перегородки висотою 1,5–2 м, що дозволяє зменшити взаємний вплив працівників та підвищити рівень концентрації під час виконання завдань, які потребують підвищеної уваги.

4.4 Забезпечення електробезпеки в приміщенні офісу

Вимоги щодо забезпечення електробезпеки під час експлуатації електроустановок та електрообладнання регламентуються чинними нормативними документами, зокрема ДНАОП 0.00-1.21-98 [23]. Дотримання встановлених норм є обов'язковою умовою безпечної організації праці в

офісних приміщеннях, де широко використовується електронно-обчислювальна техніка, системи освітлення та інше електрообладнання.

Умови підвищеної електробезпеки в офісному середовищі можуть виникати внаслідок використання великої кількості електропристроїв, наявності розгалужених кабельних мереж, а також постійної взаємодії працівників з електрообладнанням у процесі виконання трудових функцій.

Основними причинами ураження людини електричним струмом є:

- випадковий дотик або наближення до струмоведучих частин, які перебувають під напругою;
- поява напруги на металевих неструмоведучих частинах обладнання внаслідок пошкодження ізоляції;
- помилкове або самовільне вмикання електроустановок під час проведення ремонтних чи обслуговуючих робіт;
- несправність електропроводки або використання пошкодженого електрообладнання.

З метою зниження ризику ураження електричним струмом у офісних приміщеннях застосовується комплекс організаційних та технічних заходів захисту. До основних із них належать:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин шляхом їх конструктивного захисту, ізоляції або розміщення в закритих електрощитах;
- використання захисного заземлення та занулення електрообладнання;
- застосування пристроїв захисного вимкнення, які забезпечують автоматичне відключення живлення при виникненні аварійних режимів;
- контроль стану ізоляції електричних мереж та своєчасне проведення профілактичних оглядів;
- електричне розділення мереж для зниження ризику ураження струмом;
- використання малих напруг у випадках підвищеної небезпеки.

Особливе значення в системі електробезпеки має застосування малих напруг. Використання зниженої напруги дозволяє суттєво зменшити ризик ураження електричним струмом при випадковому контакті з електричними

колами. До малих напруг відносять напругу в діапазоні 12–42 В, яка застосовується для живлення окремих видів освітлювальних систем, переносного обладнання та засобів локального освітлення робочих місць.

У сучасних офісних приміщеннях типу особлива увага приділяється також правильній організації кабельних систем, недопущенню перевантаження електричних мереж, використанню сертифікованого електрообладнання та регулярному технічному обслуговуванню електроустановок.

Комплексне впровадження зазначених заходів дозволяє мінімізувати ймовірність виникнення аварійних ситуацій, забезпечити надійний захист працівників від ураження електричним струмом та створити безпечні умови експлуатації електрообладнання в офісному середовищі.

4.4.1 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою

Для забезпечення електробезпеки персоналу та надійної експлуатації електрообладнання в офісному приміщенні передбачається виконання захисного заземлення електроустановок. Захисне заземлення є одним із основних технічних засобів, що знижують ризик ураження людини електричним струмом у разі пошкодження ізоляції або появи небезпечного потенціалу на металевих неструмоведучих частинах обладнання.

Розрахунок захисного заземлення виконується з метою визначення необхідних параметрів заземлювального пристрою, який забезпечує нормативне значення опору розтікання струму в ґрунті відповідно до вимог чинних нормативних документів з електробезпеки.

Схема заземлювального пристрою наведена на рисунку 4.1.

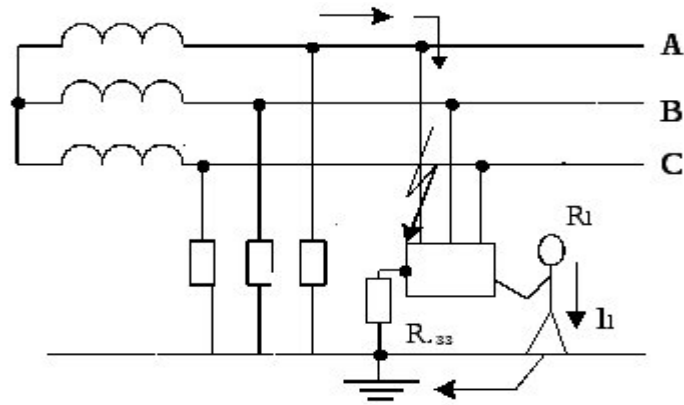


Рисунок 4.1 – Схема електрична принципова:

$R_{зз}$ – опір захисного заземлення; R_l – опір тіла людини; I_l – струм через тіло людини

Для виконання розрахунку захисного заземлювального пристрою приймаються вихідні конструктивні та геоелектричні параметри, що відповідають умовам його розміщення в ґрунті.

Геометричні параметри заземлювального контуру:

- площа, обмежена заземлювальним пристроєм: $S = 100 \text{ м}^2$;
- загальна довжина горизонтальних заземлювальних провідників: $L = 24 \text{ м}$;
- довжина одного вертикального заземлювача (електрода): $l = 2,6 \text{ м}$;
- відстань між вертикальними заземлювачами: $a = 10 \text{ м}$.

Геоелектричні характеристики ґрунту:

- питомий електричний опір суглинного ґрунту: $\rho_1 = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- питомий електричний опір чорнозему: $\rho_2 = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

При розрахунку захисного заземлювального пристрою необхідно враховувати неоднорідність ґрунту, зокрема наявність шарів із різним питомим електричним опором. Для цього вводиться розрахунковий коефіцієнт (параметр) T , який характеризує співвідношення питомих опорів верхнього та нижнього шарів ґрунту.

У даному випадку розглядається двошаровий ґрунт: суглинок та чорнозем, які мають різні електрофізичні властивості. Відношення питомих опорів шарів визначається за формулою:

$$\frac{P_1}{P_2} = 2 \quad (4.1)$$

$$T = \frac{(H+l+h) L}{a \sqrt{S}} = \frac{(0,5+2,6+1) 24}{10 \sqrt{100}} = 0,98 \quad (4.2)$$

де $H = 0,5$ м – глибина закладення горизонтальних електродів;

$h = 1$ м – товщина верхнього шару ґрунту.

При $\frac{P_1}{P_2} = 2$: $C_B = 0,71$; $E_B = 0,24$; $C_b = 0,15$; $E_b = 0,32$.

Визначаємо значення параметрів B і b по формулах:

$$B = C_B \frac{P_1}{P_2}^{E_B} = 0,71 \cdot 2^{0,24} = 0,839 \quad (4.3)$$

$$b = C_b \frac{P_1}{P_2}^{E_b} = 0,15 \cdot 2^{0,32} = 0,187 \quad (4.4)$$

Визначаємо опір захисного заземлення:

$$R_3 = \frac{B T^{E_B} P_2}{\sqrt{S}} = \frac{0,84 \cdot 0,98^{-0,181} \cdot 50}{\sqrt{100}} = 0,42 \quad (4.5)$$

Визначаємо коефіцієнт напруги дотику:

$$A = m T^{-\frac{P_1}{P_2}} = 0,602 \cdot 0,98^{-2} = 0,626 \quad (4.6)$$

Визначаємо напругу дотику:

$$U = I_3 \cdot R_3 \cdot A = 20 \cdot 0,42 \cdot 0,626 = 5,25 \quad (4.7)$$

Допустиме значення напруги дотику згідно з вимогами ПУЕ становить $U = 42$ В. Отримане в результаті розрахунку значення напруги дотику не перевищує встановлену допустиму межу, що свідчить про забезпечення необхідного рівня електробезпеки для персоналу.

Таким чином, спроектовані параметри захисного заземлювального пристрою для електроустановок офісного приміщення типу open space є обґрунтованими та відповідають чинним нормативним вимогам. Реалізація даного технічного рішення забезпечує надійний захист працівників від ураження електричним струмом у разі виникнення аварійних режимів роботи електрообладнання.

ВИСНОВКИ

1. У роботі було проаналізовано сучасні вектори формування світлого середовища офісних приміщень. Визначено їх основні переваги та недоліки як з технічної точки зору, так і з естетичної. Узагальнено ключові фактори, що впливають на створення якісного та комфортного світлового середовища в офісних просторах.
2. Встановлені нормативні значення світлотехнічних параметрів для функціональних зон офісного приміщення, з урахуванням забезпечення відповідності чинним нормативним документам.
3. Здійснено вибір світильників для кожної функціональної зони офісного приміщення з урахуванням їх світлотехнічних характеристик. Для реалізації проєкту обрано сучасні LED-світильники.
4. Виконано моделювання системи освітлення, яке підтвердило відповідність нормативним вимогам та забезпечення необхідних рівнів освітленості. Також проведено розрахунок методом коефіцієнта використання світлового потоку та визначено кількість світильників.
5. Обґрунтовано параметри живлення освітлювальної системи, визначено основні електротехнічні параметри, на основі яких обрані перерізи кабелів, автоматичні вимикачі та пристрої захисного відключення.
6. Проаналізовано умови роботи в офісі типу open space. Сформовано основні організаційно-технічні заходи щодо забезпечення безпечних і комфортних умов праці при роботі за ПК. Визначено вимоги до організації робочих місць та заходів електробезпеки. Виконано розрахунок параметрів захисного заземлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Булгакова Т. В., Сова І. В. Особливості формування інтер'єрів офісних приміщень типу open space. *Технології та дизайн*. 2019. № 4 (33). С. 1–10.
2. Булгакова Т., Ситник В. Сучасні технології освітлення інтер'єру громадських приміщень // Актуальні проблеми сучасного дизайну: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 27 квіт. 2023 р. / Київський національний університет технологій та дизайну – Київ : 2023. – С. 179–182.
3. Тросюк А. В. Перспективи використання світлодіодного освітлення для реалізації енергозбереження // Еколого-збалансований розвиток суспільства: стан, проблеми, перспективи: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Вінниця, 12 грудня 2024 р. / Вінницька академія безперервної освіти – Вінниця : 2024. – С. 198–207.
4. Гріффен Л. О., Чирчик С. В. Основи світлотехніки для дизайнерів : навч. посібник. – Чернігів : Видавець Лозовий В. М., 2021. – 184 с.
5. Що таке лінійний світильник? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.optimaltd.com.ua/ua/blog/chto-takoye-lineyny-svetilnik/> (дата звернення: 22.05.2026).
6. Трекові світильники в інтер'єрі: особливості та переваги [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://brille.ua/trekovi-svitylnyky-v-interieri/> (дата звернення: 22.05.2026).
7. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».
8. ДСТУ EN 12464-1:2022 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця в приміщенні».
9. Крискевич Б. В. Рівень освітлення та якість кольоропередачі на робочому місці // Проблеми інформатизації: матеріали XII Міжнар. наук.-техн. конф., Київ, [дата проведення] р. / Національний авіаційний університет – Київ : 2024. – С. 95.

10. Iplan Next : офіційний сайт компанії iGuzzini [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iguzzini.com/en/iplan-next/> (дата звернення: 26.05.2026).
11. ENDO Lighting : офіційний сайт компанії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.endo-lighting.com/> (дата звернення: 26.05.2026).
12. Philips Lighting : офіційний сайт компанії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.lighting.philips.ua/> (дата звернення: 26.05.2026).
13. Anolis Lighting : офіційний сайт компанії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.anolislighting.com/> (дата звернення: 26.05.2026).
14. Демидов О., Косенко Л., Коваль О., Юрченко Є. Дослідження та моделювання освітлення офісного приміщення. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2024. Вип. 49. С. 7–15.
15. Белякова І.В., Осадца Я.М.. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Моделювання світлотехнічних установок» для студентів за напрямом підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя ; – Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2018. – 35 с.
16. Назаренко Л. А. Світлотехнічні розрахунки: навч. посібник / Л. А. Назаренко, Т. В. Можаровська, В. С. Чернець ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 142 с.
17. Салтиков В. О., Поліщук В. М. Проєктування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок : конспект лекцій з навчальної дисципліни «Проєктування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок» (для студентів денної та заочної форм навчання освітніх рівнів «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 81 с.
18. Салтиков В. О., Поліщук В. М., Коляда О. Ю. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту за темою «Розробка електротехнічної частини проєкту освітлювальної установки» з навчальної дисципліни

«Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок» (для студентів денної та заочної форм навчання освітніх рівнів «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 38 с.

19. Державні будівельні норми України. Проектування електроустановок житлових будинків та громадських будівель і споруд. ДБН В.2.5-23:2025 / Мінрозвитку. – Київ : 2025. – 93 с.

20. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.

21. Закон України «Про охорону праці» : офіційний вебпортал Державної податкової служби України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tax.gov.ua/pro-sts-ukraini/robota-z-personalom/profesiyniy-rozvitok-personalu/vnutrishni-navchannya/prezentatsii/764197.html> (дата звернення: 07.06.2026).

22. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1999. 24 с.

23. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [Чинний від 1998-02-19]. Вид. офіц. Київ : Держнагляд охорони праці, 1998. 384 с.

24. ДСТУ 8604:2015. Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 14 с.

25. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [Чинний від 2018-04-13]. Вид. офіц. Київ : Міністерство соціальної політики України, 2018. 9 с.