

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

**ОСВІТЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ АРХІТЕКТУРИ. РОЗРОБКА
КОНЦЕПЦІЇ ІЛЮМІНАЦІЇ БУДІВЛІ**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувач:

Іван БОРОДІН

гр. СДС2022-1

Керівник:

Олена ДІДЕНКО

К.Т.Н., СТ.ВИКЛ.

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

Освітня програма Світлотехніка та дизайн світлового середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СДС

Віталій ГЕРАСИМЕНКО

« » 2026 р.

ЗАВДАННЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Бородіну Івану Олексійовичу

1.Тема роботи: Освітлення об'єктів архітектури. Розробка концепції ілюмінації будівлі.

керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Діденко О.М., к.т.н., старший викладач кафедри СДС

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

2. Строк подання студентом бакалаврської кваліфікаційної роботи:
20.06.2026 р.

3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Матеріали переддипломної практики. 3D модель будівлі

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

4.1 Аналітична частина (огляд, аналіз, оцінка) зробити огляд концепцій архітектурного освітлення та варіанти їх реалізацій. Розглянути види архітектурного освітлення, основні освітлювальні прийоми та принципи ілюмінації

4.2 Світлотехнічна частина (вибір параметрів, метод розрахунку, алгоритм керування, програмне забезпечення) розробити концепцію ілюмінації з підкресленням архітектурних елементів будівлі та реалізувати її за допомогою комп'ютерного моделювання в DIALux evo 13.0. Визначити силу світла для прожекторів, які будуть використані в проєкті

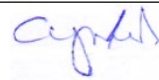
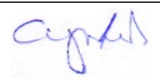
4.3 Аналіз результатів і рекомендації щодо застосування (напрями удосконалення, результати проведеної роботи) Надати візуалізацію комп'ютерного моделювання розробленої ілюмінації та рекомендації щодо розробки концепції ілюмінації і її режимів роботи.

4.4 Охорона праці розробити заходи з охорони праці в світлотехнічній лабораторії, де виконується проектування ілюмінації.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових слайдів):

Актуальність, Мета, Завдання. 1 Аналітична частина. 2 Світлотехнічний розділ. 3 Аналіз результатів і рекомендації щодо застосування. 4 Охорона праці. Висновки.

6. Консультанти розділів бакалаврської роботи роботи:

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

7. Дата видачі завдання 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	05.05.26 – 10.05.26	
2	Світлотехнічна частина	11.05.26 – 27.05.26	
3	Аналіз результатів і рекомендації щодо застосування	28.05.26 – 31.05.26	
4	Охорона праці	01.06.26 – 10.06.26	
5	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	11.06.26 – 16.06.26	
6	Підготовка доповіді та презентації	17.06.26 – 20.06.26	

Здобувач



Іван БОРОДІН

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**



Олена ДІДЕНКО

АНОТАЦІЯ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглядається освітлення об'єктів архітектури. Розробка концепції ілюмінації будівлі.

У першій частині роботи виконаний огляд літератури, щодо реалізацій та концепцій архітектурного освітлення та сучасних тенденцій їх реалізацій. Визначені види архітектурного освітлення та основні освітлювальні прийоми, а також принципи ілюмінації.

У другій частині роботи було визначено архітектурний стиль будівлі, які кольорові гами і архітектурні особливості притаманні неоготичному стилю. Відповідно до проведеного аналізу запропонована концепція освітлення, яка буде підкреслювати особливості будівлі. Для здійснення концепції було обрано світлотехнічне обладнання різних виробників: Panasonic, BEGA, LedsC4 та PAK у кількості 63 потужністю 1,52 кВт.

На основі розробленої концепції було виконано комп'ютерне моделювання в DIALux evo 13.0 та отримано візуалізацію проєкту

У третій частині роботи наведені загальні висновки та надані рекомендації щодо розробки концепції ілюмінації будівель і їх режиму роботи.

У четвертій частині розглянуті питання охорони праці в світлотехнічній лабораторії, де виконується проєктування ілюмінації, а також вимірювання світлотехнічних характеристик обладнання.

Основними результатами бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка концепції освітлення будівлі в неоготичному стилі та комп'ютерне моделювання DIALux evo 13.0.

Ключові слова: світловий прилад, настільна лампа, крива сили світла, візуальний комфорт, комп'ютерне моделювання.

Загальний обсяг бакалаврської кваліфікаційної роботи становить: сторінок – 72, рисунків – 28, таблиць – 2, формул – 11, літературних джерел – 31.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Огляд літератури та сучасних тенденцій у сфері архітектурного освітлення	9
1.2 Види архітектурного освітлення	11
1.2.1 Основні освітлювальні прийоми	12
1.2.2 Принципи ілюмінації архітектурних об'єктів	14
1.3 Визначення вимог до освітлення (естетика, енергоефективність, безпека)	17
2 СВІЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Характеристика настільної лампи	21
2.2 Характеристика об'єкта	23
2.2.1 Геотермія будівлі	24
2.3 Архітектурно-композиційний аналіз об'єкта дослідження	27
2.3.1 Пропозиція щодо концепції ілюмінації цієї будівлі	27
2.4 Комп'ютерне моделювання об'єкта	28
2.5 Визначення рівней яскравості на момент пуску об'єкта в експлуатацію	36
3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ	42
3.1 Аналіз отриманих результатів світлотехнічного проєктування	42
3.2. Рекомендації щодо практичного застосування проєкту	46
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	49
4.1 Задачі в області охорони праці	49
4.2 Визначення загальних вимог, що ставляться до приміщення світлотехнічної лабораторії	50
4.3 Опис робіт, що виконують в світлотехнічній лабораторії	52
4.4 Аналіз умов праці, виявлення небезпечних і шкідливих	

виробничих факторів в світлотехнічній лабораторії	53
4.5 Розробка організаційних заходів з охорони праці	55
4.6 Вибір та розрахунок параметрів засобів захисту	55
4.6.1 Вибір та розрахунок параметрів колективних засобів захисту	55
4.6.1.1 Системи кондиціювання повітря в лабораторії	57
4.6.1.2 Визначення кількості припливу повітря	57
4.6.1.3 Визначення потужності кондиціонера	59
4.6.2 Підбір індивідуальних засобів	60
4.7 Долікарської допомоги потерпілим при нещасних випадках	61
4.8 Пожежної безпеки	62
4.8.1 Правила попередження та ліквідації пожеж	65
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

ВСТУП

Сучасний розвиток міст вимагає нових підходів до формування вечірнього архітектурного вигляду міст. Світлове середовище сучасного міста вже не обмежується лише утилітарним функціональним освітленням вулиць. Важливою складовою стає архітектурно-художнє підсвічування та ілюмінація будівель, які формують нічну панораму, підкреслюють унікальну пластику фасадів, підвищують туристичну привабливість та створюють психологічний комфорт для мешканців.

Водночас розвиток світлотехнічних технологій, зокрема масове впровадження напівпровідникових джерел світла (світлодіодів) та цифрових систем керування (DMX, інтелектуальних систем інтернет-речей IoT), відкриває нові можливості для створення динамічних та адаптивних світлових сценаріїв. Проте проектування таких систем потребує комплексного підходу: балансу між художньою виразністю, візуальним комфортом, суворим дотриманням чинних нормативних вимог, енергетичною ефективністю та екологічною безпекою, включаючи обмеження світлового забруднення навколишнього середовища. Саме необхідність розробки збалансованого, енергоефективного та естетично цілісного проекту ілюмінації архітектурного об'єкта визначає актуальність теми даної бакалаврської роботи.

Робота виконана відповідно до навчальних планів підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти та узгоджується із сучасними напрямами розвитку декоративного освітлення міського середовища.

Актуальність теми. Освітлення архітектурних об'єктів є важливим елементом сучасного міського середовища. Воно не лише забезпечує функціональність та безпеку, але й формує естетичний образ міста, підкреслює культурну та історичну цінність будівель, створює атмосферу та впливає на сприйняття простору.

Мета дослідження полягає у розробці концепції освітлення будівлі, яка поєднує естетичні, функціональні та енергозберігаючі аспекти.

Об'єкт дослідження: Архітектурна будівля.

Предмет дослідження: Концепція ілюмінації та світлотехнічні рішення для підсвічування архітектурного об'єкта.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

1. Провести аналіз сучасних тенденцій архітектурної ілюмінації.
2. Дослідити технічні засоби та технології освітлення.
3. Розробити світлотехнічну концепцію для обраного об'єкта.
4. Виконати комп'ютерне моделювання розробленої концепції.
5. Розглянути питання охорони праці.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Огляд літератури та сучасних тенденцій у сфері архітектурного освітлення

Архітектурне освітлення сьогодні трансформувалося з базової інженерії на ключовий інструмент дизайну, який інтегрується в конструкцію будівель, керує емоціями людини та підпорядковується принципам сталого розвитку. [1-4]. Можна виділити головні сучасні тенденції в архітектурному освітленні:

Людиноцентричне освітлення (Human-Centric Lighting, HCL): Дизайн світла фокусується на біологічних ритмах (циркадних циклах) людини. Універсальні системи автоматично змінюють колірну температуру ввечері – тепле та м'яке, що знижує стрес і готує організм до сну.

Світло як частина архітектури (Invisible/Integrated Light): Відмова від громіздких прожекторів на користь прихованих джерел (рис. 1.1). Світильники монтують у тіньові шви, плінтуси або використовують безрамкові (Trimless) системи, створюючи ефект простору, що «світиться» сам по собі.

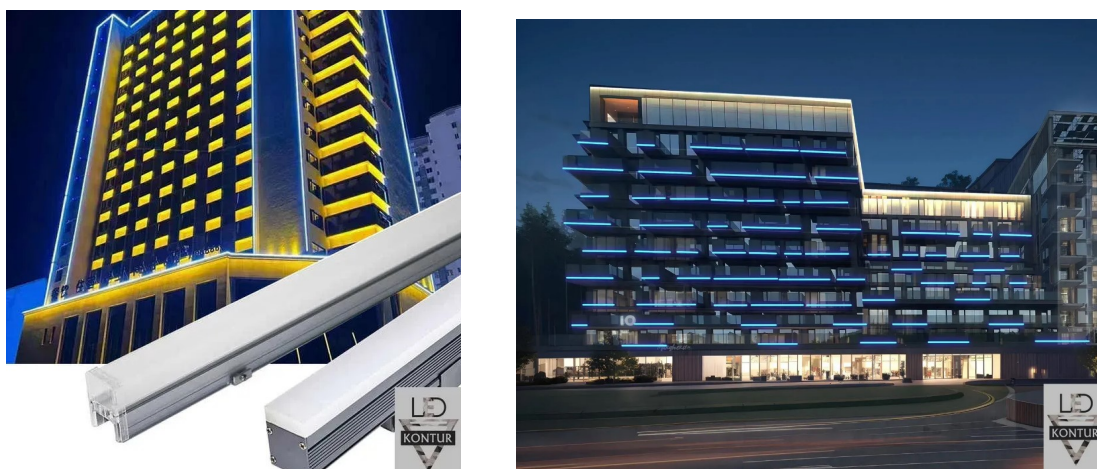


Рисунок 1.1 – Світло як частина архітектури [8]



Рисунок 1.2 – Світло як частина архітектури [8]

Smart-технології та IoT: Освітлення об'єднується в єдину мережу «розумного будинку» з датчиками присутності та денного світла [8-10] (рис. 1.2). Це дозволяє створювати динамічні сценарії залежно від призначення зони.

Енергоефективність та екологія: Повний перехід на високоефективні LED-технології із застосуванням вторинно перероблених або біо-матеріалів у корпусах світильників. (рис. 1.3) [11-13].



Рисунок 1.3 – Енергоефективність та екологія в світловому дизайні [12]

Контроль світлового забруднення (Dark Sky): Для фасадів та ландшафтів у містах застосовують спрямовані оптичні системи, які освітлюють лише необхідні архітектурні елементи, не розсіюючи світло в нічне небо [13, 14].

З кожним роком інтерес до світлового дизайну архітектурного середовища все більше зростає, це обумовлено розвитком світлотехнічної галузі, нових архітектурних матеріалів та нових архітектурних форм [2-5, 14, 15].

Стаття Шоланке, Фадесере та Еленду 2021 року показує, що штучне освітлення в архітектурі давно вийшло за межі простого «освітлення простору» й стало інструментом психологічного впливу, комунікації та формування середовища. Автори закликають інтегрувати освітлення на ранніх етапах проектування, щоб уникнути зайвих витрат і підвищити якість середовища. В своїй роботі [2] вони звертають увагу, що освітлення допомагає зонувати простір та створювати візуальні акценти, воно виконує функцію естетичного оформлення та прикрашання середовища, має психологічний вплив, а саме формує емоційний комфорт, служить засобом навігації та комунікації в міському середовищі.

В роботі А. Король, О. Ревун. «Особливості архітектурного освітлення» (Київ, 2023) автори приділили увагу зосередили дослідження на естетичних і композиційних аспектах освітлення в архітектурі [6]. Автори аналізують, як світло формує візуальну ідентичність будівлі, підкреслює її конструктивні елементи та створює художній ефект. Розглядаються різні типи освітлення: акцентне, декоративне, функціональне. Підкреслюється роль освітлення у нічному міському середовищі як засобу комунікації та безпеки.

1.2 Види архітектурного освітлення

Проектування зовнішнього світлового середовища є невід'ємною складовою формування цілісного архітектурно-художнього образу об'єктів. Фасадне підсвічування виступає як повноцінний композиційний елемент екстер'єру будівлі, спроможний як підкреслити пластику архітектурних форм, так і нівелювати художню

За даними сайту УБПГ «Промінь» «можна виділити кілька загальних положень, щодо реалізації архітектурного освітлення [16]:

- підсвічування має підкреслювати красу форми;
- виділяють лише ту частину будівлі, вулиці, рослинності, яка є найбільшою естетичною, культурною та історичною цінністю;
- кольорове світло використовують у стриманому режимі, щоб не було явно вираженого художнього несмаку;
- застосовують різні види підсвічування:»

цінність споруди у разі недотримання світлотехнічних регламентів.

У контексті розробки концепції ілюмінації, архітектурне освітлення за своїм цільовим призначенням поділяють на два базові типи:

Функціональне освітлення – інтегрується для забезпечення нормативних умов безпеки, орієнтації у просторі та комфортної експлуатації прилеглої території об'єкта в темну пору доби [1, 6, 16]. Основним інженерним завданням світлотехнічних приладів є досягнення регламентованих рівнів освітленості та яскравості поверхонь із обов'язковим дотриманням вимог щодо обмеження осліплювальної дії (мінімізації дискомфорту блескості) на органи зору людини.

Декоративне (художнє) освітлення – спрямоване на вирішення естетичних завдань, виявлення тектоніки споруди, акцентування на її стилістичних особливостях та створення виразного нічного візуального образу в структурі міського середовища.

Ці види архітектурного освітлення можна реалізувати використовуючи основні освітлювальні прийоми [16] та дотримуючись відповідних принципів ілюмінації [1, 6, 7].

1.2.1 Основні освітлювальні прийоми

До основних освітлювальних прийомів можна віднести [16]:

Світлові акценти на особливостях об'єкта (рис. 1.4): підкреслити рельєф фасаду з акцентом на колони, арки, підсвічування фресків та скульптурних композицій.

Світлове декорування поверхонь та об'ємів: створення святкової ілюмінації для вихідних та святкових днів, для створення певної атмосфери та налаштування городян і гостей міста на святковий лад.

Ландшафтні світильники (рис. 1.5): можна створити підсвічування алей паркових зон, дерев, квіткових клумб та кущів, фонтанів та водойм у паркових зонах.



Рисунок 1.4 – Світлові акценти на особливостях об'єкта [16]



Рисунок 1.5 – Світлові акценти на особливостях об'єкта [16]

Способами динамічної зміни напрямків світла: програмування алгоритму вмикання прожекторів їх силу світла та колір, підсилюють візуальний ефект сприйняття ілюмінації.

Безпечне освітлення (рис. 1.6): застосування прожекторів із датчиками руху, присутності, освітленості дають змогу попередити правопорушні дії.

Лінійне архітектурне підсвічування (рис. 1.7): базується на одному із принципів ілюмінації і дуже добре підкреслює контур будівлі в більшій якійно виділяє грані.



Рисунок 1.6 – Світлові акценти на особливостях об'єкта [16]

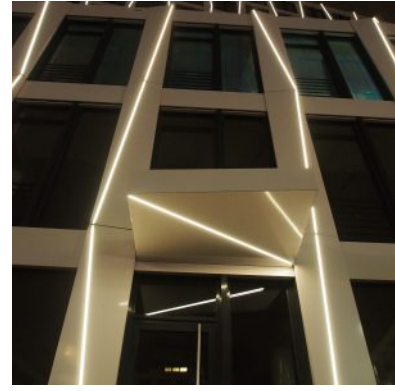


Рисунок 1.7 – Світлові акценти на особливостях об'єкта [16]

1.2.2 Принципи ілюмінації архітектурних об'єктів

Важко виділити один з принципів який буде використаний при створенні ілюмінації, дуже часто вони ідуть пліч-о-пліч один з одним.

Для створення якісної ілюмінації необхідно враховувати кількісні параметри, визначені вимогами до освітлення [1, 6, 7, 17]. Виділяють три рівні середньої яскравості, які застосовуються залежно від умов:

$L_1 \geq 12 \text{ кд/м}^2$ – для середовища з високим рівнем освітленості;

$L_2 \geq 6 \text{ кд/м}^2$ – для середнього рівня;

$L_3 \geq 4 \text{ кд/м}^2$ – для низького рівня.

Такі значення дозволяють виділити об'єкт на фоні навколишнього середовища. Якщо споруду спостерігають з великої відстані (наприклад, вежі, щогли, мости чи великі комплекси), рекомендовано підвищувати яскравість можна збільшити до 20 кд/м^2 .

При визначенні яскравості слід враховувати інтенсивність освітлення, відбивні властивості матеріалів фасаду та коефіцієнт відбивання ρ . У класичних схемах ілюмінації цей коефіцієнт наближений до дифузійного. За таких умов вимоги до яскравості можна замінити вимогами до інтенсивності освітлення [1, 6, 7]. Перерахунок здійснюється за рівнянням (1.1):

$$E \geq \pi \frac{L}{\rho}, \quad (1.1)$$

де: L – яскравість;

ρ – коефіцієнт відбивання.

Необхідно пам'ятати, що рівень яскравості фасаду має залишатися незмінним протягом усього періоду експлуатації, навіть за найбільш несприятливих умов [1, 8, 9]. Важливо також враховувати, що різні джерела світла зі своїми спектральними характеристиками можуть по-різному передавати реальний колір об'єкта.

На момент введення споруди в експлуатацію для визначення початкової освітленості вираз (1.1) набуває такого вигляду:

$$E \geq k_1 k_2 \pi \frac{L}{\rho}, \quad (1.2)$$

де k_1 – корекційний коефіцієнт, який враховує вид використаного джерела світла;

k_2 – корекційний коефіцієнт, який враховує забруднення фасаду (1,5 – 10,0).

Принцип цілісності образу. Принцип забезпечує можливість цілісного сприйняття та огляду будівлі з певного напрямку [1, 6, 7]. У такому випадку образ споруди формується з окремих деталей та світлових акцентів (плям) (рис. 1.8). Проте через значну відстань між акцентами іноді втрачається можливість їх об'єднання. Цілісність композиції визначається відстанню між світловими плямами, їхніми розмірами та контрастністю щодо фону. Однозначних норм щодо оптимальної відстані між акцентами не існує. Водночас рекомендовано, щоб ця відстань не перевищувала розміри самих світлових плям, а їхня яскравість не була більш ніж у 10 разів вищою за середню яскравість ділянок поза акцентами.

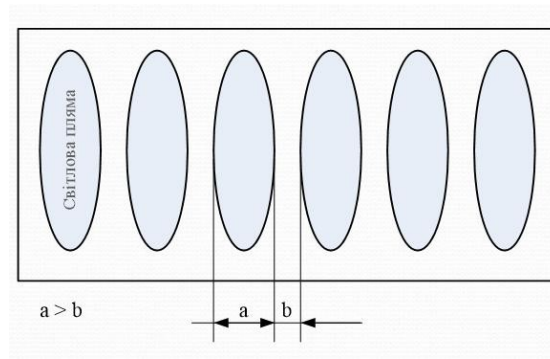


Рисунок 1.8 – Відстані між світловими плямами:

a – ширина світлової плями, b – відстань між світловими плямами

Принцип впорядкованості ілюмінаційного образу об'єкта. Якісна ілюмінація споруди передбачає не лише відповідний рівень яскравості та дотримання принципу цілісності, але й забезпечення гармонійності та впорядкованості освітленого виду [1, 6, 7]. Архітектурні об'єкти зазвичай характеризуються симетрією, горизонтальними (карнизи, поверхи) та вертикальними членуваннями (ризаліти, пілястри, колони) [1, 6, 7]. Для збереження впорядкованості необхідно дотримуватися таких вимог [8]:

- однакове освітлення повторюваних елементів;
- збереження симетрії, властивої денному вигляду, у нічному освітленні;
- акцентування горизонтальних ліній архітектурного членування;
- забезпечення виразності незалежно від кута огляду.

Принцип приховування освітлювальної арматури. Цей принцип ґрунтується на особливостях адаптації людського зору до умов темряви [6]. Оскільки рівень освітленості ілюмінаційних об'єктів зазвичай невисокий, небажано, щоб у полі зору з'являлися яскраві світлові плями від увімкнених світильників. Тому важливо передбачити місця їхнього монтажу так, щоб джерела світла залишалися непомітними і не засліплювали спостерігача. Запобігти цьому можна, використовуючи метод точкової ілюмінації з локальними освітлювачами, розташованими безпосередньо на фасаді або поруч із ним.

Принцип підсилення округлості об'єкта. До круглих споруд належать будівлі у формі вертикальних циліндрів або зрізаних конусів [1, 6, 7]. Поширеною помилкою при їх освітленні є прагнення досягти рівномірного розподілу світла. У такому випадку з відстані об'єкт виглядає плоским. Щоб зберегти відчуття об'ємності, необхідно частково зменшувати освітлення вздовж кола. Оптимальним рішенням є використання двох або трьох світильників [6].

Принцип акцентування граней взаємно перпендикулярних стін об'єкта.

Взаємна перпендикулярність стін є найбільш поширеним принципом побудови будівель [1, 8, 9]. Реалізувати це метод можна навіть з одним світильником, але при установці певним чином. Щоб утворювалася суттєва різниця між кутами падіння світлового пучка на кожну з перпендикулярних стін. Аналізуючи рівні яскравості треба визначити, що різниця в яскравості повинна бути 25-30%.

Принцип посилення глибини і висоти об'єкта. Загальний принцип зводиться до рекомендації: площа, яка знаходиться на більшій відстані або висоті, повинні бути світліше від ближньої або нижньої.

1.3 Визначення вимог до освітлення (естетика, енергоефективність, безпека)

В інженерній практиці вимоги до архітектурного освітлення завжди розглядаються у комплексі: як баланс між художнім задумом, економічною доцільністю та технічною безпекою.

1. Естетичні (архітектурно-художні) вимоги: Головна мета – збереження та підкреслення архітектурної унікальності будівлі в темний час доби без спотворення її первісного задуму, а можливо це із:

Збереження тектоніки та пластики фасаду. Світлопластичний малюнок повинен відповідати об'ємно-просторовій структурі будівлі. Напрямок

світлових потоків має підкреслювати, а не руйнувати природний рельєф фасаду (виступи, карнизи, ніші).

Гармонія корельованої колірної температури. Вибір спектрального складу джерел світла (від 2700 K до 6000 K) має чітко корелювати з колірною гамою та текстурою оздоблювальних матеріалів фасаду. Неприпустимо використовувати спектри, що візуально бруднять або знебарвлюють вид фасаду.

Стилістична відповідність. Для історичних об'єктів пріоритетним є статичне, стримане акцентне або заливаюче освітлення. Для сучасних комерційних та громадських споруд (модерн, хай-тек) допускається інтеграція динамічних (RGB/RGBW) систем та медіафасадів.

Інтеграція в міське середовище (світловий ансамбль). Яскравість та стилістика ілюмінації об'єкта не повинні дисонувати з навколишньою забудовою та загальною світловою концепцією вулиці чи площі.

2. Вимоги до енергоефективності та екологічності

Сучасне проектування вимагає мінімізації капітальних та експлуатаційних витрат, а також зменшення впливу на довкілля.

Енергетична ефективність обладнання. Використання виключно сучасних LED технологій з високою світловіддачею (не менше 120–140 лм/Вт) та високим коефіцієнтом потужності ($\cos \varphi \geq 95$).

Оптимізація питомої встановленої потужності. Суворе дотримання норм питомої потужності на квадратний метр освітлюваної поверхні (Вт/м²) відповідно до чинних енергетичних стандартів.

Впровадження систем автоматизованого керування. Обов'язкова наявність сценаріїв ілюмінації: святковий (максимальний), будній (помірний) та нічний/черговий (зниження яскравості або відключення декоративної частини після 23:00 чи 00:00 для економії електроенергії).

Контроль світлового забруднення (Light Pollution). Конструкція світильників та їхнє націлювання мають виключати емісію світлового потоку

вище лінії горизонту (у верхню півсферу), щоб запобігти утворенню освітлення над містами та захистити екосистему.

3. Вимоги до безпеки та надійності. Це необхідно для захисту людей, самого обладнання та конструкцій будівлі під час експлуатації системи.

Обмеження засліплюваної дії. Світлові прилади повинні мати захисні козирки, антиблікові решітки або вторинну оптику, яка виключає потрапляння прямого світла в очі пішоходів, водіїв транспорту, а також у вікна житлових приміщень цієї чи сусідніх будівель.

Електробезпека та заземлення. Усі металеві корпуси світильників, кронштейни та кабельні лотки підлягають обов'язковому заземленню відповідно до ПУЕ (Правил улаштування електроустановок). Лінії живлення мають бути захищені пристроями диференційного захисту (ПЗВ).

Стійкість до зовнішніх чинників. Оскільки обладнання працює на відкритому повітрі, рівень захисту оболонки має бути не меншим за IP65 (для фасадних) та IP67/IP68 (для ґрунтових). Прилади повинні стабільно працювати у температурному діапазоні України (від -30 до 45 °C) та мати високий клас антивандального захисту (IK08 – IK10).

Пожежна безпека. Світильники, що монтуються безпосередньо на фасаді, не повинні нагріватися до температур, які можуть викликати займання елементів оздоблення чи термоізоляції будівлі. Усі кабельні лінії виконуються негорючими матеріалами (наприклад, з індексом НГ-LS).

Сьогодні ілюмінація використовується практично всюди, адже саме вона дозволяє перетворити звичайні споруди на виразні та сучасні об'єкти, що привертають увагу та залишають сильне враження. Проте перед початком проєктування освітлення необхідно враховувати функціональне призначення будівлі. Так, заклади відпочинку та розваг оформлюють більш яскраво, офісні приміщення потребують стриманого та ненав'язливого світла, а історичні споруди підсвічують так, щоб не порушити задум архітектора.

Правильне виконання ілюмінації забезпечується спеціально розробленими рекомендаціями та принципами, що стосуються рівня

освітленості та її рівномірності. Щодо кольору світла, то він не регламентується, адже є елементом творчого підходу і залежить від індивідуального рішення автора проєкту.

У наступному розділі роботи буде запропонована концепція ілюмінації об'єкта. Це дозволить детально проаналізувати базові інженерно-композиційні принципи архітектурного освітлення..

2 СВІЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вимоги до архітектурного освітлення і його нормування

Нормування архітектурного освітлення будівель, споруд та монументів спрямоване на створення якісного світлового середовища, обмеження світлового забруднення та забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів. Основним нормативним параметром, який підлягає розрахунку та контролю при проєктуванні зовнішнього художнього освітлення, є середня яскравість фасаду ($L_{\text{ср}}$, кд/м²).

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, рівень нормованої яскравості фасаду залежить від трьох ключових чинників:

Значущості об'єкта у структурі міста (категорія території: загальноміські центри, магістральні вулиці, спальні райони тощо).

Світлового фону навколишнього середовища (яскравий, середній, слабкий фони).

Коефіцієнта відбиття оздоблювальних матеріалів фасаду (ρ) – світлі, середні чи темні матеріали).

Для будівель, що мають історико-архітектурну цінність, норми яскравості зазвичай встановлюються на вищому рівні для забезпечення композиційного домінування в нічному просторі.

Нормативні значення середньої яскравості фасадів ($L_{\text{ср}}$, кд/м²) за ДБН:

При яскравій навколишній світловій обстановці (центральні площі, зони активної торгівлі): $L_{\text{ср}} = 8\text{--}10$ кд/м².

При середній світловій обстановці (магістральні вулиці, міські райони): $L_{\text{ср}} = 4\text{--}6$ кд/м².

При слабкій світловій обстановці (периферія, паркові зони, зони житлової забудови): $L_{\text{ср}} = 2\text{--}3$ кд/м².

Нормування рівномірності розподілу яскравості. Для запобігання утворенню хаотичних світлових плям та збереження цілісності сприйняття

об'єкта нормується рівномірність освітлення фасаду. Вона визначається як відношення мінімальної яскравості до середньої або максимальної:

При заливаючому освітленні відношення мінімальної яскравості до середньої ($L_{\min}/L_{\text{cp}}$) має бути не меншим за 0,3, а для головних фасадів – не меншим за 0,5.

При локальному (акцентному) освітленні рівномірність не нормується, оскільки цей метод свідомо передбачає створення високих світлових контрастів для виділення пластики (колон, карнизів). Контраст між освітленою деталлю та основним тлом фасаду має становити від 3:1 до 5:1.

Обмеження світлового забруднення та засліпленості

Важливою інженерною вимогою є мінімізація негативного впливу штучного світла на мешканців міста та екосистему:

Захист житлових зон: Світлові прилади архітектурного освітлення не повинні створювати засвічення вікон сусідніх житлових будинків. Пряма освітленість на вікнах житлових кімнат від зовнішніх джерел не повинна перевищувати 5 лк у вечірній час та 2 лк у нічний час (після 23:00).

Обмеження емісії у верхню півсферу: Для запобігання утворенню «світлового купола» над містом кут націлювання прожекторів має бути чітко розрахований. Заборонено спрямовувати світлові потоки повз будівлю в небо. Категорично нормується частка світлового потоку світильника, що виходить вище горизонталі (показник ULOR має прагнути до 0%).

Безпека дорожнього руху: Світильники не повинні осліплювати водіїв транспорту та пішоходів. Для цього використовуються прилади з глибоким захисним кутом, екранувальними решітками (луврами) або шторками.

Режими роботи та енергоефективність

Проект ілюмінації обов'язково має передбачати кілька режимів експлуатації, що регулюються автоматикою (таймери, фотореле, системи керування DMX/DALI):

Святковий режим: Повне увімкнення всіх елементів функціонального, заливаючого та художньо-декоративного підсвічування.

Вечірній (будній) режим: Робота функціонального та основних елементів архітектурного освітлення (до 23:00 або 00:00).

Нічний (черговий) режим: Вимкнення декоративної ілюмінації з залишенням лише мінімального функціонального та охоронного освітлення прилеглої території для забезпечення безпеки.

2.2 Характеристика об'єкта

Для розробки концепції ілюмінації необхідно обрати об'єкт для моделювання, для цього була взята готова модель в DIALux (рис. 2.1).

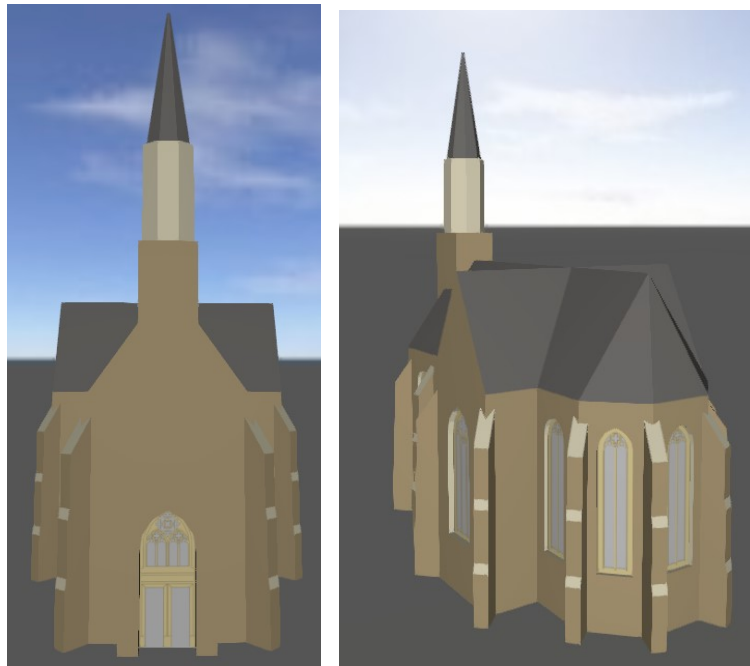


Рисунок 2.1 – Модель будівлі

Обрана модель немає кольорового забарвлення, тому необхідно спочатку з'ясувати до якого архітектурного стилю вона відноситься і відповідно до стилю обрати колір фасаду і даху. Будівля має високий шпиль, стрічасті вікна, контрфорси вздовж бокових фасадів і витягнуті вертикальні пропорції – будівля найбільше нагадує неоготичний храм (спрощену інтерпретацію готичної архітектури).

Неоготичний стиль в архітектурі, натхненний європейським Середньовіччям, характеризується глибокою, драматичною та виразною палітрою. Основний акцент робиться на природних фактурах, де кольори підкреслюють монументальність, вертикальність та величність споруд. [18]

Основні кольори неоготики:

Природні відтінки каменю та цегли: Це фундамент стилю. Характерні насичений червоний (теракотовий) колір облицювальної цегли, темно-сірий, графітовий, чорний та пісочний відтінки природного каменю. [18]

Темні благородні кольори: У внутрішньому оздобленні та деталях екстер'єру домінують глибокі тони – темно-коричневий (колір мореного дуба), бордовий, винний та темно-зелений. [18]

Акцентні "коштовні" кольори: Використовуються для контрасту та розкоші.

Найчастіше це насичений синій, сапфіровий, смарагдовий, королівський пурпурний, а також багатий золотий. [18]

Світлі відтінки для балансу: Застосовуються для розпису склепінь, декору стін та акцентування ліній. Це пергаментний, кольори слонової кістки, кремовий, світло-сірий та сріблястий. [18]

Тож, я оберу світлий пісковиковий фасад і теракотовий дах, тому що така комбінація найбільш природно підкреслить готичну архітектуру і добре працює як удень, так і в нічній візуалізації освітлення.

Цей об'єкт є ідеальним, оскільки він має складну вертикальну геометрію та багато унікальних архітектурних елементів.

2.2.1 Геотермія будівлі

Будівля має складну геометрію. Розміри будівлі 27x18 м (рис. 2.2) висота з вежею 34 м (рис. 2.3). Якщо звернутися до закономірності й засоби композиції, то в цій будівлі прослідковується поняття: величини, зорове сприйняття маси, пропорції, симетрія і на мою думку найцікавіше це ритм.

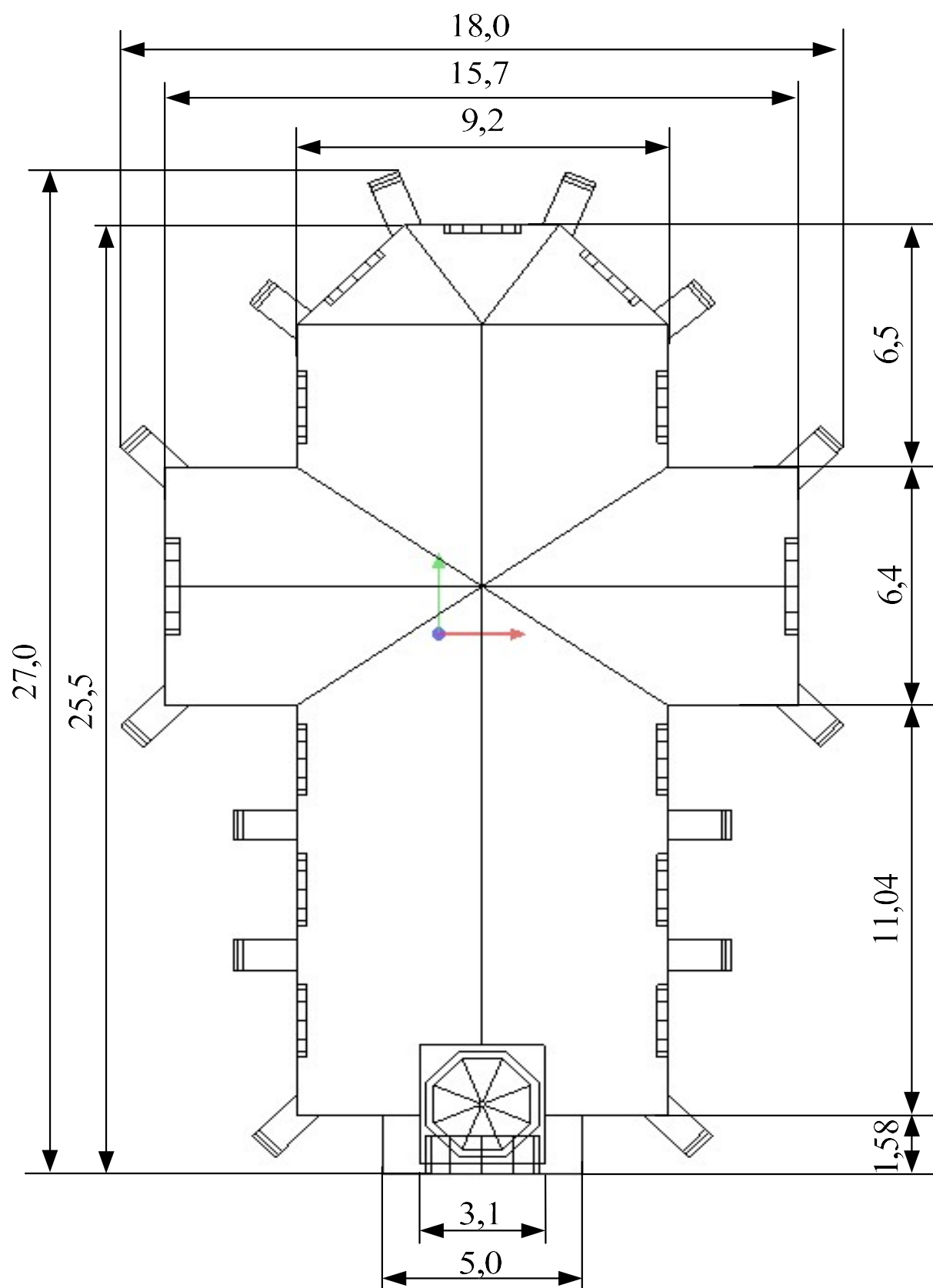


Рисунок 2.2 – Розміри будівлі, вид зверху

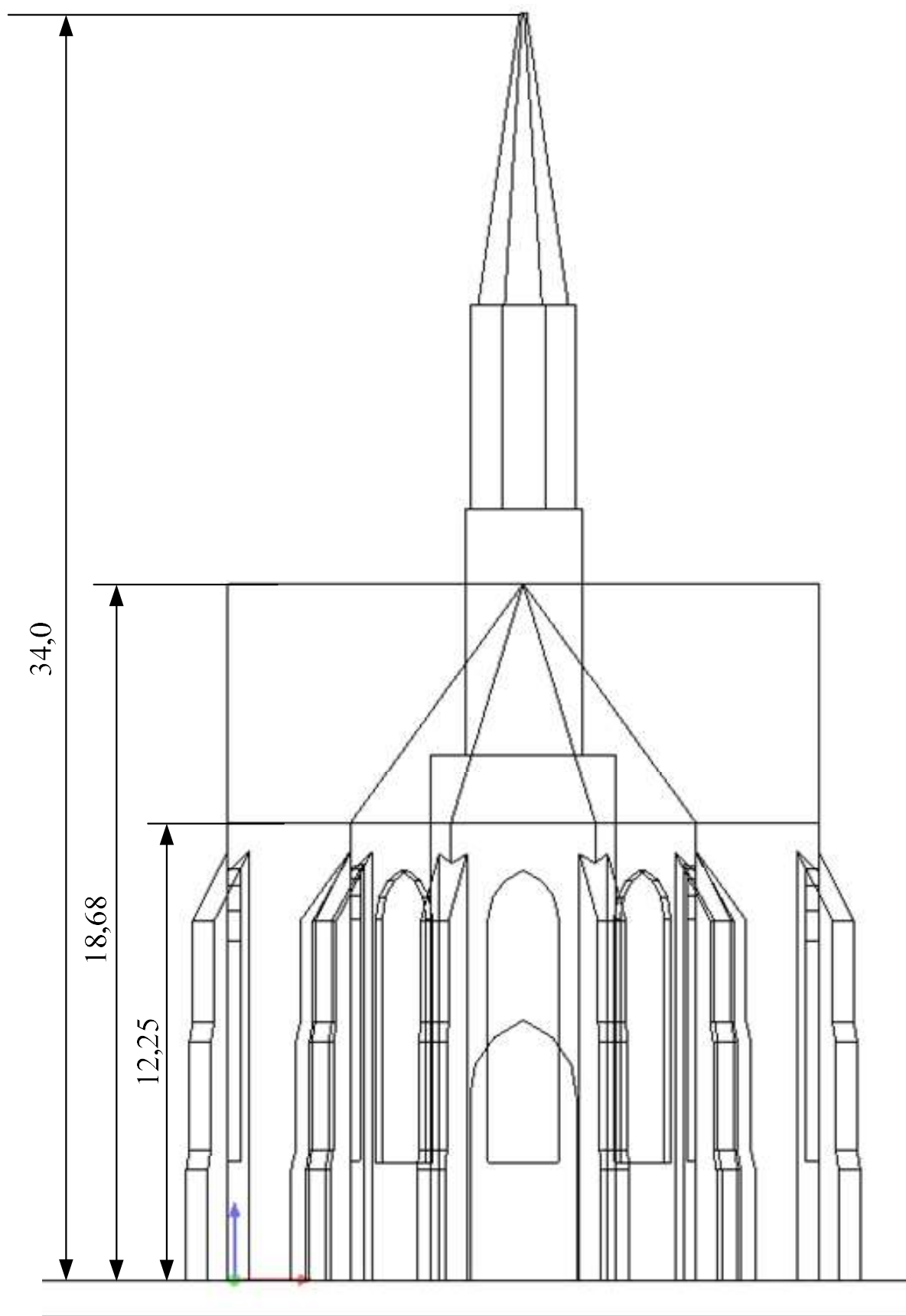


Рисунок 2.3 – Розміри будівлі, вид з головного входу

2.3 Архітектурно-композиційний аналіз об'єкта дослідження

Об'єктом проєктування концепції ілюмінації є культова (або суспільна) споруда, виконана в неоготичній стилістиці. Будівля має яскраво виражену вертикальну композицію, що є характерним для готичної архітектури.

Вертикальна домінанта (Вежа): Висока вежа зі стрімким чотиригранним (або багатогранним) шпилем темного кольору виступає головним орієнтиром будівлі. Вона потребує особливого світлового акцентування для підкреслення висоти та устремління споруди вгору.

Контрфорси: По всьому периметру бічних фасадів та апсиди розташовані потужні вертикальні виступи – контрфорси. Ці елементи створюють ритмічний малюнок фасаду. Вони є ідеальними для створення світлотіньової гри при застосуванні локального кососпрямованого освітлення.

Стрільчасті вікна: Високі готичні вікна зі стрільчастими арками та характерними обрамленнями (лиштвами). Вони створюють глибокі ніші на фасаді, які можна підкреслити прихованим або акцентним світлом.

Портал (Вхідна група): Головний вхід акцентований декоративним стрільчастим фронтоном (вімпергом). Це архітектурний центр головного фасаду, який вимагає підвищеного рівня освітленості з міркувань як естетики, так і функціональної безпеки пішоходів.

Апсида (Вівтарна частина): Багатогранна задня частина будівлі зі складною геометрією даху. Вона створює пластичний об'єм, який необхідно плавно виділити світлом з бічних ракурсів.

2.3.1 Пропозиція щодо концепції ілюмінації цієї будівлі

Зважаючи на неоготичний стиль та колірну гаму моделі (бежево-пісочні стіни та темний дах зі шпилем), пропонувати Комбіновану (акцентно-графічну) концепцію освітлення:

Колірна температура: Для стін кольору пісковику ідеально підійде

тепле біле світло (2700-3000 K). Воно підкреслить текстуру та зробить будівлю візуально «теплою». Для вежі можна використати нейтральне або холодне світло (4000-5000 K), щоб створити ефект відірваності від землі та підкреслити темний дах.

Світлові прилади та їх розміщення:

Для контрфорсів: Настінні вузькопроменеві LED-прожектори (6-15°), які світять по середини стіни вгору та вниз вздовж кожного вікна та виступу. Це допоможе підкреслити вертикальний ритм та рельєф споруди.

Для вежі: Вузькоспрямовані прожектори встановлені на карнизі у підніжжя вежі.

Для входу: Настінні вузькопроменеві LED-прожектори (6-15°), які світять по середини стіни

Для підкреслення лінії дах: LED стрічка для підкреслення по всьому периметру будівлі (м'яке заливне світло).

2.4 Комп'ютерне моделювання об'єкта

Для підтвердження ефективності розробленої концепції архітектурно-художнього освітлення неоготичної будівлі, а також для перевірки відповідності проєктних рішень вимогам чинних нормативних документів (ДБН В.2.5-28:2018), було виконано тривимірне комп'ютерне моделювання у спеціалізованому програмному комплексі DIALux evo 13.0.

Процес світлотехнічного моделювання та розрахунку складався з кількох послідовних етапів:

1. Геометричне моделювання та імпорт об'єкта. Створення тривимірної сцени: Процес моделювання є достатньо кропітким і вимагає певних зусиль, тому на основі наявних креслень та ракурсів візуалізації об'єкта у просторі DIALux можна побудувати точну тривимірну геометрію будівлі. Особливу увагу приділено побудові вертикальних елементів: стрімкої вежі зі шпилем, багатогранної апсиди та ритмічного ряду контрфорсів.

Моделювання елементів фасаду: Окремо опрацьовано архітектурні деталі, що створюють рельєф будівлі – заглиблення стрільчастих вікон та декоративний фронтон (вімперг) головного входного порталу.

2. Задання світлотехнічних властивостей поверхонь

- Для коректного розрахунку багаторазового відбиття світла всім елементам 3D-моделі було присвоєно відповідні текстури та фізико-оптичні параметри (коефіцієнт відбиття (ρ), коефіцієнт дзеркальності тощо):

- Елементи стін та контрфорсів (імітація пісковика/світлого бетону): встановлено дифузну текстуру з високим коефіцієнтом відбиття ($\rho = 0,4-0,5$), що забезпечує якісне сприйняття акцентного підсвічування.

Покрівля (імітація темного металу/черепиці): задано низький коефіцієнт відбиття ($\rho = 0,1 - 0,15$), що вимагає застосування більш потужних приладів або вузькоспрямованої оптики.

- Засклення стрільчастих вікон: встановлено параметри прозорості та відбиття скла для моделювання ефекту внутрішнього світла та оцінки засліпленості.

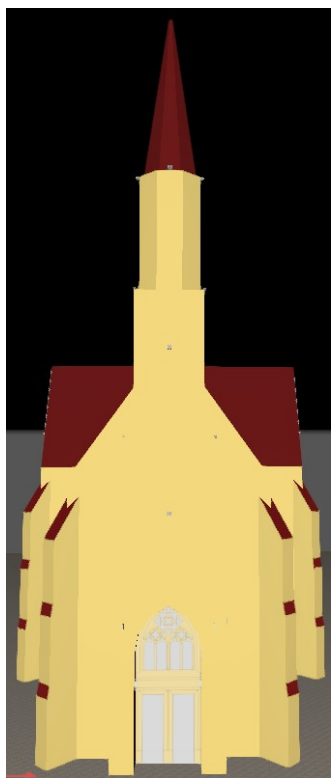
Як було сказано раніше, для цієї будівлі краще використати Тож я оберу світлий пісковиковий фасад і теракотовий дах, тому що така комбінація найбільш природно підкреслить готичну архітектуру і добре працює як удень, так і в нічній візуалізації освітлення (рис. 2.4).

3. Інтеграція та юстування світлотехнічного обладнання

Імпорт фотометричних даних: До бази даних проєкту було завантажено реальні фотометричні файли у форматі .IES (або .LDT) від провідних виробників світлодіодного обладнання. Так як споруда оглядається з усіх боків, то і проєкт ілюмінації теж повинен бути виконаний по всьому периметру будівлі.

Розстановка та націлювання приладів (рис. 2.5, 2.6):

Посередині контрфорса було віртуально змонтовано фасадні прожектори з вузькоспрямованою кривою сили світла (КСС) для формування вертикальних світлових ліній.



1



2



3



4

Рисунок 2.4 – Колір фасаду і даху, вид будівлі з різних боків:

1 - головний вхід, 2, 4 – вид збоку, 3 – вид з тильної сторони

- Навколо вежі розташовано потужні світлові прилади з концентрованою оптикою для підкреслення вертикальної домінанти.

- Під стелю інтегровано компактні лінійні світильники м'якого світла.

Головний вхід в будівлю має 4 яруси, нижній буде підкреслений накладними світильниками, як дають вертикальні лінії і вгору і вниз. Арочний вхід теж має свою підсвітку такими ж світильниками, що забезчить підкреслення визирункових дверелей і їх висоту, другий ярус має квадратну форму в з'єднується з дахом, тому тут необхідно підкреслити взаємоперпендикулярні грані. Третій ярус має форму шестигранник, тут так само, є на меті підкреслити взаємоперпендикулярні грані. І фінальним акордом формування є вежа, яка виконана у вигляді піраміди в основі якої лежить шестикутник, трохи меншого розміру ніж третій ярус.

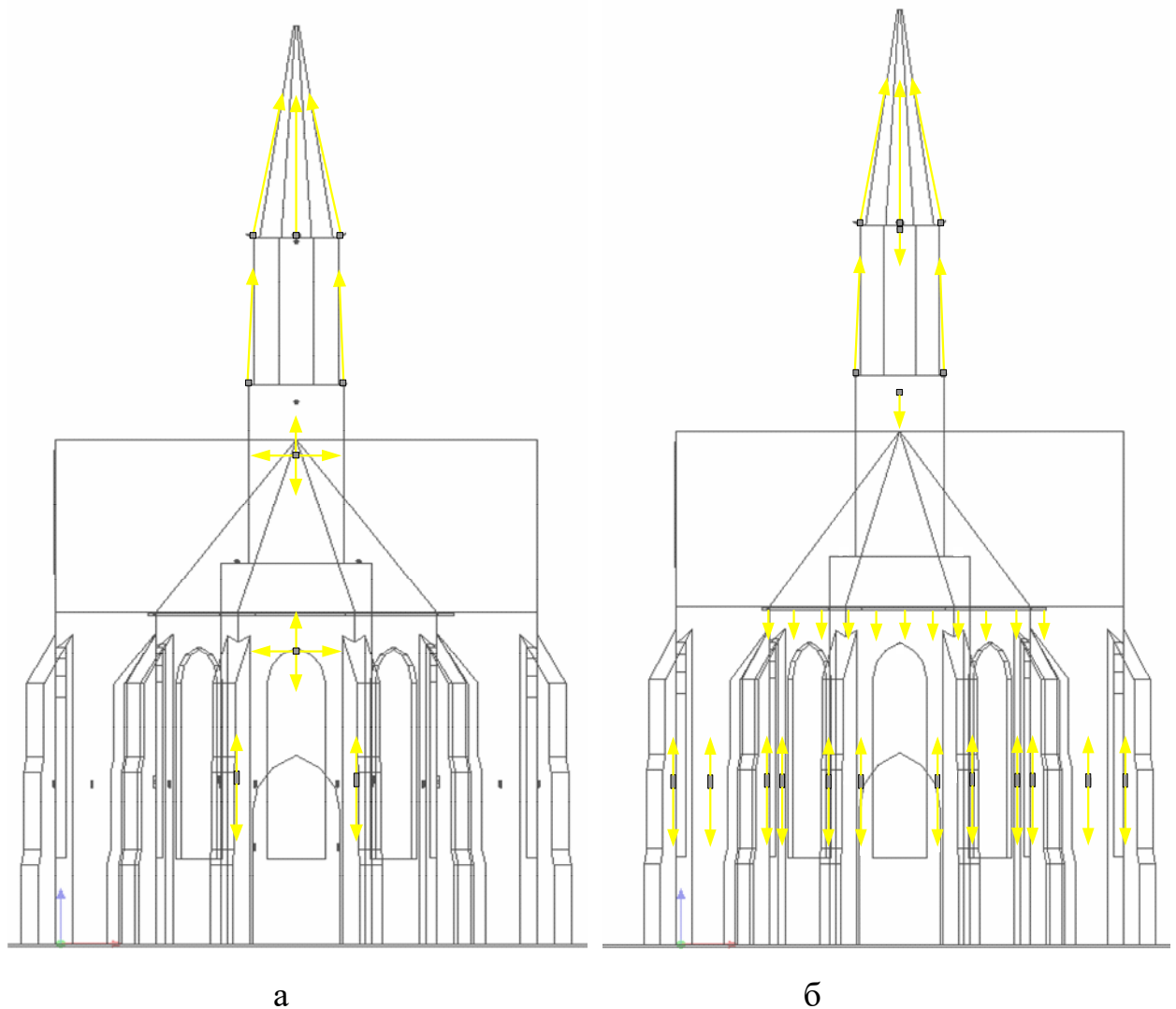


Рисунок 2.5 – Концепція розміщення прожекторів:

а – вхід в будівлю; б - вид ззаду

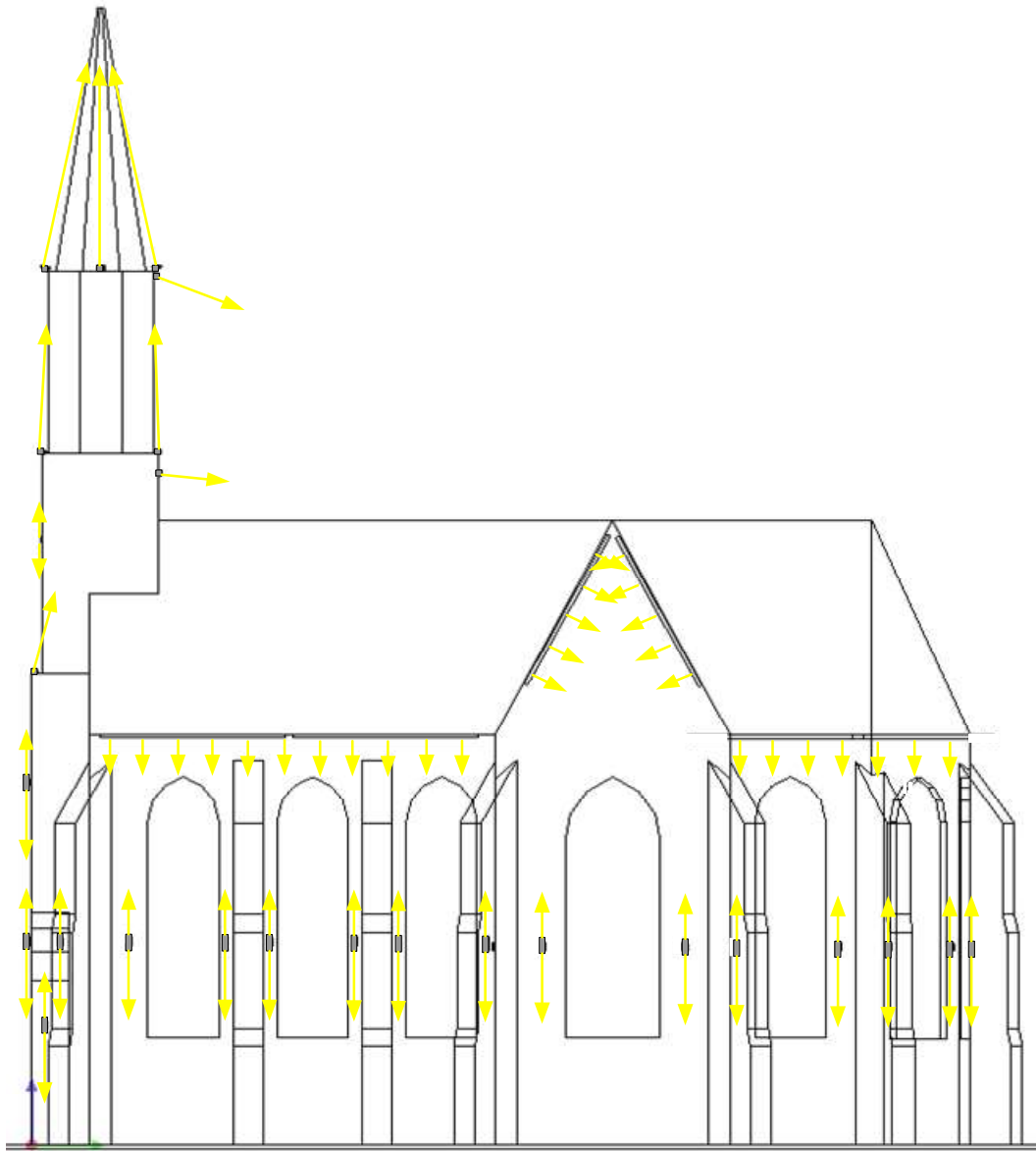


Рисунок 2.6 – Концепція розміщення прожекторів, вид збоку

Обладнання яке планується використовувати наведено на рисунку 2.7 – 2.12.

4. Конфігурація розрахункових поверхонь

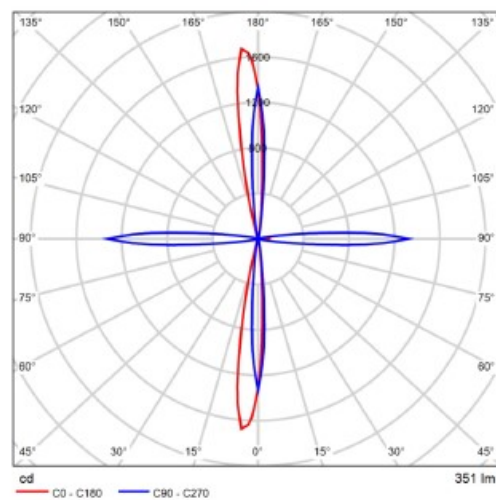
Для фіксації результатів моделювання на фасадах будівлі було встановлено віртуальні розрахункові площини (сітки розрахунку) відповідно до ДСТУ EN 12464-2. На цих поверхнях програма автоматично розраховує:

- Середню, мінімальну та максимальну освітленість ($E_{\text{ср}}$, $E_{\text{мін}}$, $E_{\text{макс}}$), лк).
- Середню яскравість поверхонь ($(L_{\text{ср}}$, кд/м²).
- Рівномірність розподілу освітленості ($U_0 = E_{\text{мін}}/E_{\text{ср}}$).

BEGA - Wall luminaire



Код виробу	24126K3
P	9.3 W
Фджерело світла	–
Фсвітильник	351 lm
η	–
Світловідача	37.7 lm/W
ССТ	3000 K
CRI	80



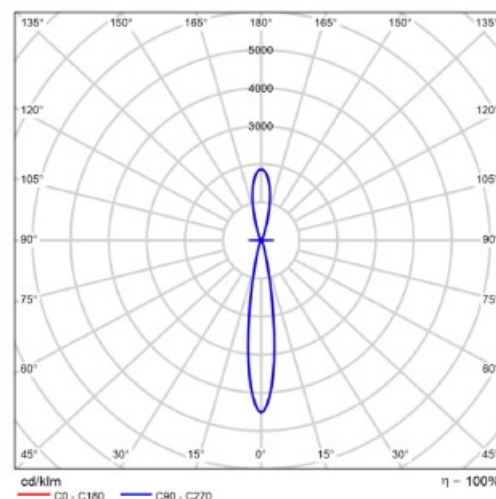
Полярна КСС

Рисунок 2.7 – Настінний світильник BEGA 24126K3

LedsC4 - Max Medium Double Emission



Код виробу	AI24-17X9S5DU34
P	24.0 W
Фджерело світла	1151 lm
Фсвітильник	1149 lm
η	99.85 %
Світловідача	47.9 lm/W
ССТ	4000 K
CRI	90



Полярна КСС

Рисунок 2.8 – Настінний світильник LedsC4Max Medium Double Emission

 	
Код виробу	PAK470308 PAK-LED-L03-015-830
P	15.0 W
Фджерело світла	–
Фсвітильник	1125 lm
η	–
Світловіддача	75.0 lm/W
ССТ	3000 K
CRI	80

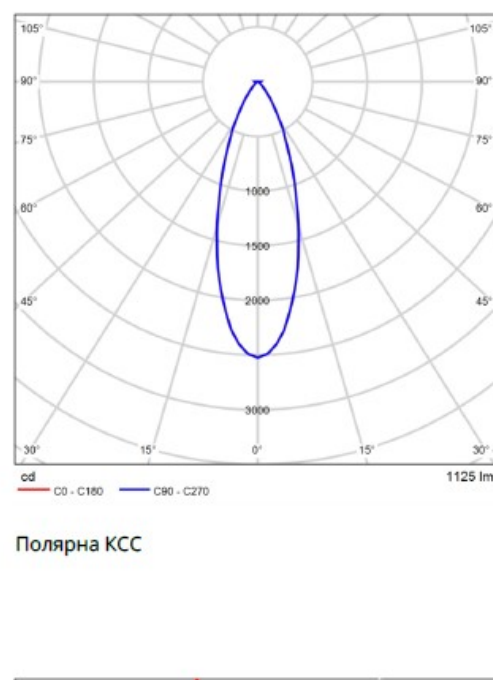


Рисунок 2.9 – Прожектор PAK470308 PAK-LEDL03-015-830 для освітлення 1 ярусу вежі

 	
Код виробу	PAK470306 PAK-LED-L03-009-830
P	9.0 W
Фджерело світла	–
Фсвітильник	675 lm
η	–
Світловіддача	75.0 lm/W
ССТ	3000 K
CRI	80

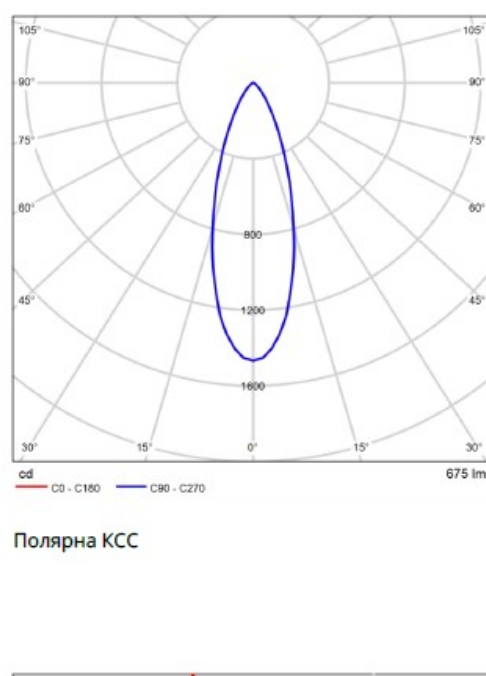
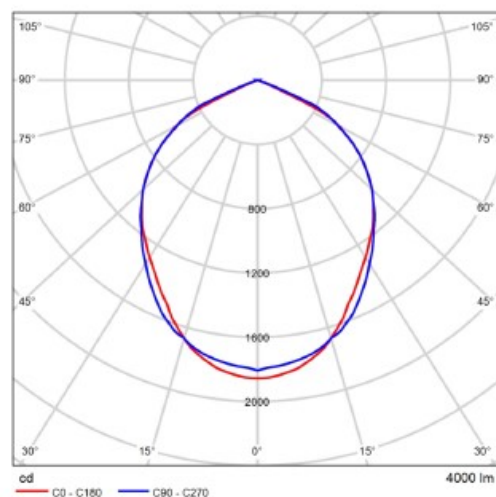


Рисунок 2.10 – Прожектор PAK470306 PAK-LEDL03-009-830 для освітлення 2 ярусу вежі



Код виробу	PAK460308 PAK-LED-L84-050-830
P	50.0 W
Фджерело світла	–
Фсвітильник	4000 lm
η	–
Світловідача	80.0 lm/W
ССТ	3000 K
CRI	80



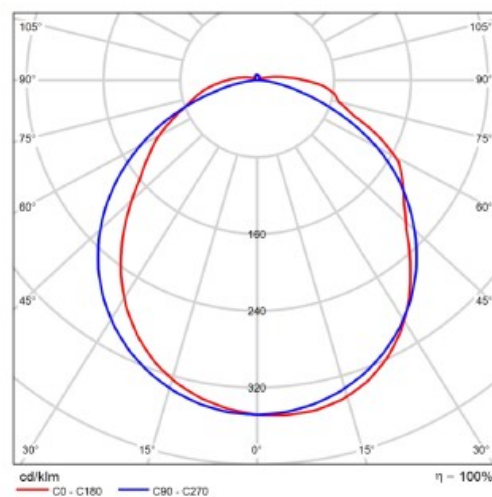
Полярна КСС

Рисунок 2.11 – Прожектор PAK460308 PAK-LEDL84-050-830 для освітлення
3 ярусу вежі

Panasonic - NNP95212



Код виробу	NNP95212
P	24.0 W
Фджерело світла	1800 lm
Фсвітильник	1801 lm
η	100.04 %
Світловідача	75.0 lm/W
ССТ	3000 K
CRI	100
Позначення	D



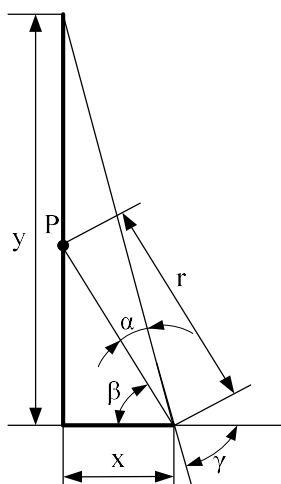
Полярна КСС

Рисунок 2.12 – Світлодіодна стрічка Panasonic

2.5 Визначення рівней яскравості на момент пуску об'єкта в експлуатацію

Роздробивши концепцію ілюмінації, можна визначити кількісні показники, які будуть враховувати старіння джерел світла, забруднення фасаду з часом. Скориставшись даними [1, 6, 7] задаюся вихідними значеннями для визначення яскравості об'єкта на момент його пуску в експлуатацію скориставшись формулами 1.1 та 1.2. Тож, для світлого піщовикового фасаду коефіцієнт відбиття становить 0,65. Моя споруда відноситься до культових споруд на території з нею є технічні не величні споруди які не освітлені, тому рекомендований рівень інтенсивності освітлення оточуючого середовища приймаю 20 лк, корекційні коефіцієнти $K_1 = 1$ – джерело світла (всі джерела світла світлодіодні) і $K_2 = 5$ – рівень чистоти фасаду приймаю, як брудний. Всі данні є, тепер можна з формули 1.2 визначити яскравість:

$$L = \frac{E \cdot \rho}{\pi \cdot k_1 \cdot k_2} = \frac{20 \cdot 0,65}{3,14 \cdot 1 \cdot 5} = 0,83 \text{ кд} / \text{м}^2$$



Знаючи параметри прожектора, який планується використовувати в проєкті, то можна визначити освітленість в будь-якій точці фасаду (рис. 2.13) [6].

$$E = \frac{I(\alpha)}{r^2} \cdot \cos \beta, \quad (2.1)$$

де: $I(\alpha)$ – сила світла, кд;

r – відстань, м;

$\cos \beta$ – кут нахилу.

Рисунок 2.13 – Схема розрахунку освітлення

На рисунку 2.5 наведений прожектор який встановлений близько до стані і в такому випадку світло від прожектора направлено майже паралельно стіні. Ті прожектори, що задіяні для освітлення 3-х ярусів вежі мають початкову силу світла 4000лм, 675лм і 1125лм, світлодіодні прожектори з потужністю 50 Вт, 9 Вт і 15 Вт.

Кут γ можна представити у вигляді різниці кутів:

$$\beta = \gamma - \alpha, \quad (2.2)$$

Скориставшись математичними законами, можна виразити освітленість в точці Р наступним виразом:

$$E_p = \frac{x}{\cos \beta}, \quad (2.3)$$

а кут β можна виразити через арктангенс наступним чином:

$$\beta = \arctg \frac{y}{x} - \alpha, \quad (2.4)$$

$$E_p = \frac{I(\alpha)}{x^2} \cdot \cos^3 \left(\arctg \frac{y}{x} - \alpha \right), \quad (2.5)$$

Якщо відома освітленість, то з формули 2.5 можна визначити силу світла:

$$I(\alpha) = \frac{E_p \cdot x^2}{\cos^3 \left(\arctg \frac{y}{x} - \alpha \right)}. \quad (2.6)$$

В таблиці 2.1 наведені вихідні данні для розрахунку

Таблиці 2.1 – Вихідні данні для розрахунку

	Відстань від прожектора до стіни, х, м	Висота ярусу 3, у, м	Освітленість, лк
PAK460308 PAK-LEDL84-050-830	0,42	6,6	1,5
PAK470306 PAK-LEDL03-009-830	0,75	5	4
PAK470308 PAK-LEDL03-015-830	0,3	8	1

Змінюючи кут від 0° до 90° розрахую силу світла для кожного прожектора за формулою 2.6. Розрахунки для PAK460308 PAK-LEDL84-050-830

$$I(0) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 0\right)} = 1033,01 \text{ кд} \quad , \quad I(2,5) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 2,5\right)} = 215,91 \text{ кд} ,$$

$$I(5) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 5\right)} = 78,05 \text{ кд} , \quad I(7,5) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 7,5\right)} = 36,70 \text{ кд} ,$$

$$I(10) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 10\right)} = 20,18 \text{ кд} , \quad I(15) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 15\right)} = 8,10 \text{ кд} ,$$

$$I(20) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 20\right)} = 4,26 \text{ кд} , \quad I(30) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 30\right)} = 1,56 \text{ кд} ,$$

$$I(40) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 40\right)} = 0,81 \text{ кд} , \quad I(50) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 50\right)} = 0,51 \text{ кд} ,$$

$$I(60) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 60\right)} = 0,37 \text{ кд}, \quad I(70) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 70\right)} = 0,30 \text{ кд},$$

$$I(80) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 80\right)} = 0,27 \text{ кд}, \quad I(90) = \frac{1,5 \cdot 0,42^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{6,6}{0,42}\right) - 90\right)} = 0,27 \text{ кд}.$$

За тією ж формулою 2.5 визначу силу світла для інших прожекторів:
для РАК470306 РАК-LEDL03-009-830

$$I(0) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 0\right)} = 689,19 \text{ кд}, \quad I(2,5) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 2,5\right)} = 428,27 \text{ кд},$$

$$I(5) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 5\right)} = 234,27 \text{ кд}, \quad I(7,5) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 7,5\right)} = 106,84 \text{ кд},$$

$$I(10) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 10\right)} = 93,43 \text{ кд}, \quad I(15) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 15\right)} = 35,36 \text{ кд},$$

$$I(20) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 20\right)} = 20,65 \text{ кд}, \quad I(30) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 30\right)} = 9,31 \text{ кд},$$

$$I(40) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 40\right)} = 5,34 \text{ кд}, \quad I(50) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 50\right)} = 3,64 \text{ кд},$$

$$I(60) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 60\right)} = 2,78 \text{ кд}, \quad I(70) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 70\right)} = 2,39 \text{ кд},$$

$$I(80) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 80\right)} = 2,25 \text{ кд}, \quad I(90) = \frac{4 \cdot 0,75^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{5}{0,75}\right) - 90\right)} = 2,23 \text{ кд}.$$

Для РАК470308 РАК-LEDL03-015-830 значення сили світла наступні:

$$I(0) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 0\right)} = 1710,1 \text{ кд}, \quad I(2,5) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 2,5\right)} = 169,1 \text{ кд},$$

$$I(5) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 5\right)} = 46,7 \text{ кд}, \quad I(7,5) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 7,5\right)} = 19,12 \text{ кд},$$

$$I(10) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 10\right)} = 9,66 \text{ кд}, \quad I(15) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 15\right)} = 3,51 \text{ кд},$$

$$I(20) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 20\right)} = 1,68 \text{ кд}, \quad I(30) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 30\right)} = 0,60 \text{ кд},$$

$$I(40) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 40\right)} = 0,298 \text{ кд}, \quad I(50) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 50\right)} = 0,183 \text{ кд},$$

$$I(60) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 60\right)} = 0,130 \text{ кд}, \quad I(70) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3\left(\left(\arctg \frac{8}{0,3}\right) - 70\right)} = 0,104 \text{ кд},$$

$$I(80) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3 \left(\left(\arctg \frac{8}{0,3} \right) - 80 \right)} = 0,093 \text{ кд}, \quad I(90) = \frac{1 \cdot 0,3^2}{\cos^3 \left(\left(\arctg \frac{8}{0,3} \right) - 90 \right)} = 0,090 \text{ кд}.$$

Визначу потужність ілюмінаційної установки, для її реалізації задіяно 7 видів світлотехнічного обладнання з різною потужністю:

$$P_{\text{л}} = (n_1 \cdot P_1) + (n_2 \cdot P_2) + (n_3 \cdot P_3) + (n_4 \cdot P_4) + \dots + (n_7 \cdot P_7) \quad (2.7)$$

де: $n_1, n_2, n_3, n_4, \dots, n_7$ – кількість світильників, шт,

$P_1, P_2, P_3, P_4, \dots, P_7$ – потужність світильників, Вт.

$$P_{\text{л}} = (9,3 \cdot 2) + (36 \cdot 24) + (4 \cdot 50) + (4 \cdot 9) + (2 \cdot 15) + (2 \cdot 30) + (13 \cdot 24) = 1520,6 \text{ Вт}$$

Це за умови, що всі світильники ввімкнені, але і можуть бути і інші сценарії освітлення.

Розроблена концепція основана на підкреслюванні архітектурних рис споруди, для реалізації концепції знадобиться 63 світлових прилади, загально потужність освітлювальної ілюмінації становить 1,52 кВт. Визначено силу світла для прожекторів які підсвічують вежу на різних ярусах.

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ

3.1 Аналіз отриманих результатів світлотехнічного проєктування

Після проведеного аналізу видів архітектурного освітлення і основних освітлювальних прийомів було поставлено на меті реалізувати їх на об'єкті. На основі проведеного аналізу архітектурно-художніх особливостей неоготичної будівлі, виконаних аналітичних розрахунків та тривимірного комп'ютерного моделювання у програмі DIALux evo 13.0 (рис. 3.1 – 3.3), було сформовано та оптимізовано систему ілюмінації об'єкта. Результати інженерних розрахунків дозволяють зробити такі висновки:

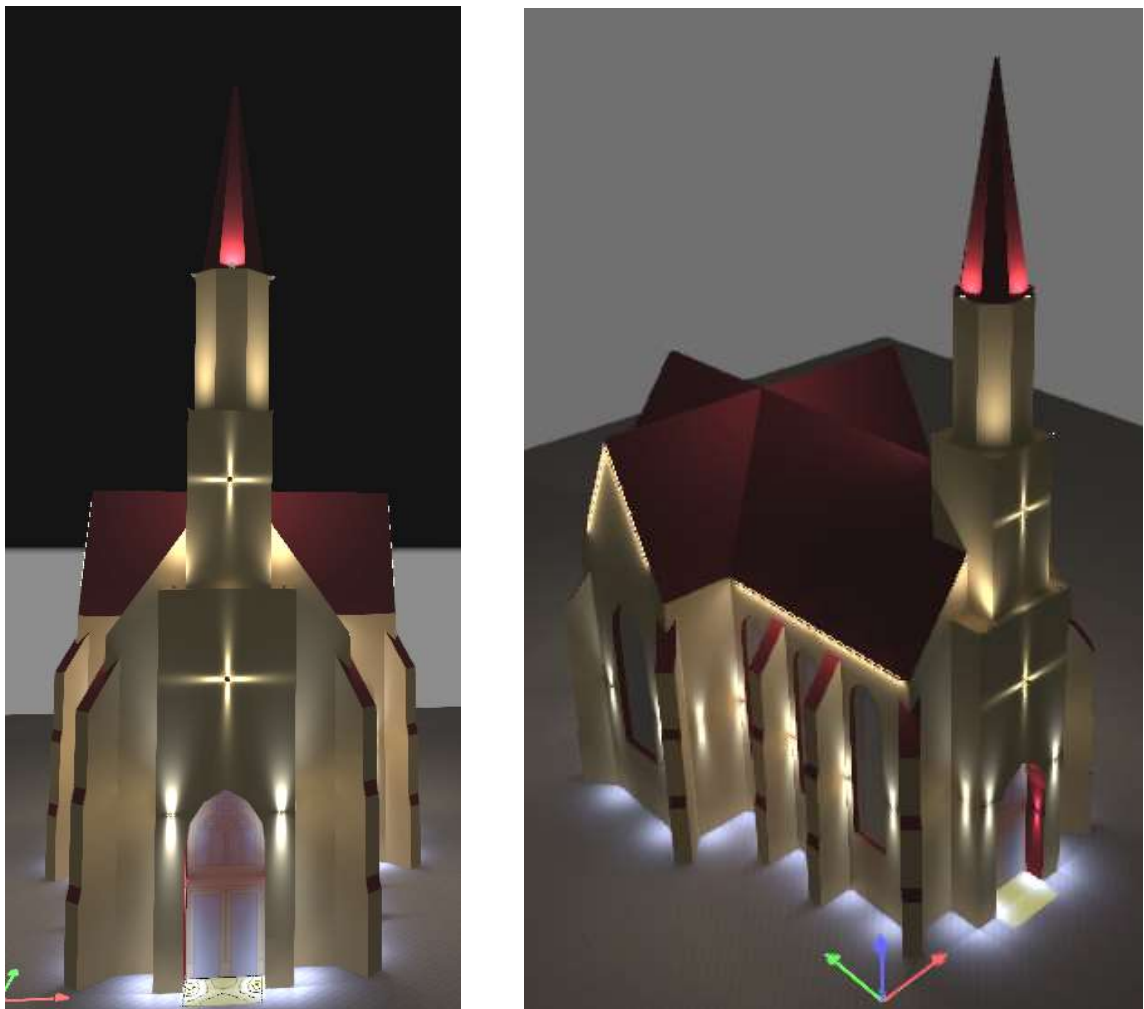


Рисунок 3.1 – Вид змодельованої ілюмінації, з головного входу

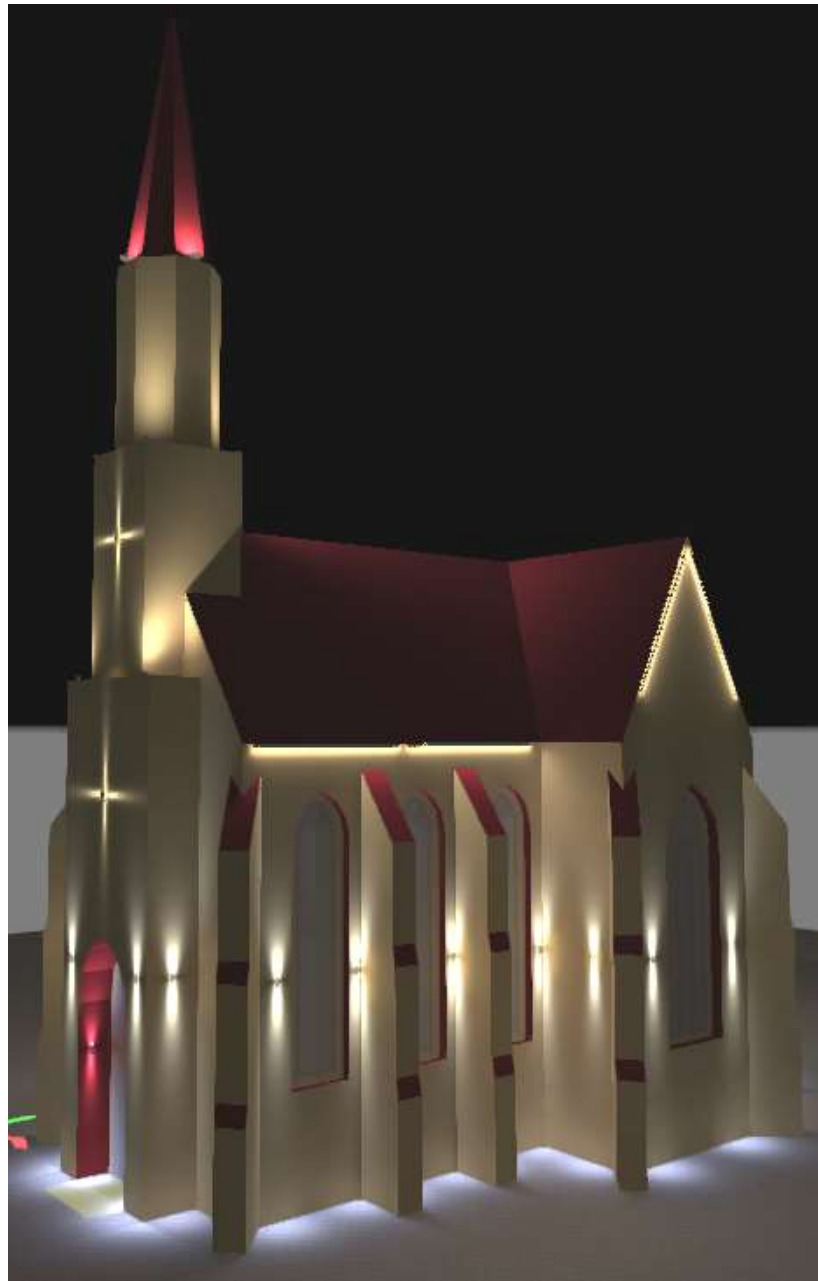


Рисунок 3.2 – Вид змодельованої ілюмінації, з боку будівлі

Проект ілюмінації, завдяки повному переходу на сучасні світлотехнічні технології (використано 7 видів LED-світильників брендів BEGA, LedsC4, PAK та Panasonic.) можна назвати енергетично ефективною системою. Для реалізації складної чотирьохрусної концепції ілюмінації знадобилося 63 світлові прилади. Загальна встановлена потужність всієї ілюмінаційної установки за умови 100% увімкнення становить $P_{\text{ил}} = 1,52 \text{ кВт}$ (рис. 3.4). Це свідчить про високу енергоефективність проекту для будівлі заввишки 34 метри та площею основи 27 x 18 м.



Рисунок 3.3 – Вид змодельованої ілюмінації, з заду будівлі

Показники, які закладаються в початковий проєкт, з часом можуть змінитися (старіння прожекторів їх забруднення і забруднення фасадів). У ході аналітичного розрахунку було враховано найнесприятливіші умови експлуатації установки, а саме коефіцієнт забруднення фасаду $k_2 = 5$, що відповідає брудному стану поверхонь з часом. На момент пуску об'єкта в експлуатацію початкове значення яскравості фасаду становить $L = 0,83 \text{ кд/м}^2$, при освітленні оточуючого фону 20 лк. Це гарантує, що навіть у процесі тривалого старіння джерел світла та накопичення пилу на стінах із пісковика, будівля зберігатиме виразний нічний образ.

Фесього		Рвсього		Світловідача			
90929 lm		1520.6 W		59.8 lm/W			
шт.	Виробник	Код виробу	Назва виробу	P	Ф	Світловідача	Позначення
2	BEGA	24126K3	Wall luminaire	9.3 W	351 lm	37.7 lm/W	
36	LedsC4	AI24-17X9SSDU34	Max Medium Double Emission	24.0 W	1149 lm	47.9 lm/W	
4	PAK □ □ □ □	PAK460308 PAK-LED- L84-050-830	□ □ □ □ LED □ □ □	50.0 W	4000 lm	80.0 lm/W	
4	PAK □ □ □ □	PAK470306 PAK-LED- L03-009-830	□ □ □ □ LED □ □ □	9.0 W	675 lm	75.0 lm/W	
2	PAK □ □ □ □	PAK470308 PAK-LED- L03-015-830	□ □ □ □ LED □ □ □	15.0 W	1125 lm	75.0 lm/W	
2	PAK □ □ □ □	PAK470310 PAK-LED- L03-030-830	□ □ □ □ LED □ □ □	30.0 W	2250 lm	75.0 lm/W	
13	Panasonic	NNP95212	NNP95212	24.0 W	1801 lm	75.0 lm/W	D

Рисунок 3.4 – Специфікація обладнання

Для освітлення трьох ярусів вежі (висота ярусів відповідно 5 м, 6,6 м та 8 м) було математично обґрунтовано криві сили світла (КСС) прожекторів серії PAK, які використані для їх підсвітки. Розрахунки за формулою косинусного закону (2.5) показали, що за умови встановлення прожекторів майже паралельно стіні (відстані x від 0,3 до 0,75 м) (табл 3.1, рис 3.4), максимальна сила світла зосереджена під кутами 0° і стрімко спадає при наближенні кута до 90° . Це доводить правильність вибору вузькоспрямованої концентрованої оптики, яка формує чіткі вертикальні світлові лінії вздовж контрфорсів та вежі, мінімізуючи розсіювання світла повз будівлю.

Головною метою спроектованої ілюмінації є дотримання ритму в архітектурній композиції, величини, зорове сприйняття маси, пропорції, симетрія

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків сили світла

$\alpha, ^\circ$	I, кд		
	PAK460308 PAK-LEDL84-050-830	PAK470306 PAK-LEDL03-009-830	PAK470308 PAK-LEDL03-015-830
0	1033,01	689,19	1710,10
2,5	215,91	428,27	169,1
5	78,05	234,27	46,7
7,5	36,70	106,84	19,12
10	20,1	93,43	9,66
15	8,10	35,36	3,51
20	4,26	20,65	1,68
30	1,56	9,31	0,6
40	0,81	5,34	0,298
50	0,51	3,64	0,183
60	0,37	2,78	0,13
70	0,3	2,39	0,104
80	0,27	2,25	0,093
90	0,27	2,23	0,09

Якщо звернутися до закономірності й засоби композиції, то в цій будівлі прослідковується поняття: величини, зорове сприйняття маси, пропорції, симетрія і на мою думку найцікавіше це ритм.

Також перед входом в будівлю було задано розрахункову області і визначена освітленість (рис. 3.5).

3.2 Рекомендації щодо практичного застосування проєкту

Для впровадження розробленої концепції на реальному об'єкті, можна надати такі інженерно-технічні рекомендації:

1. Сценарне керування ілюмінацією: Розрахована потужність складає 1,52 кВт при ввімкненні всіх світлотехнічних приладів. Тому, можна запропонувати використовувати інтелектуальну систему керування для ввімкнення різних сценаріїв:

«Святковий режим»: увімкнення всіх 63 приладів, можна використовувати у вихідні та святкові дні для створення урочистої атмосфери.

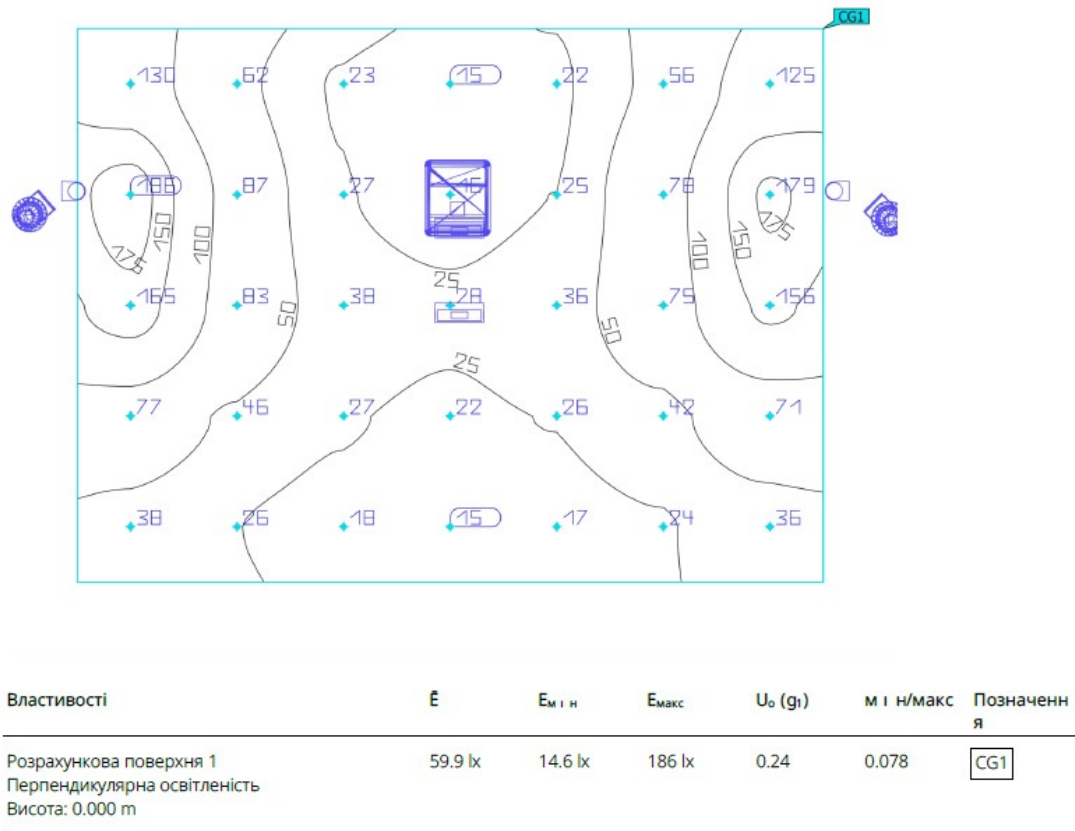


Рисунок 3.5 – Розрахункова область

«Будній (вечірній) режим»: Обмежена робота обладнання до 23:00. За такого сценарію можна відключати контурну LED-стрічку (підкреслення даху), що дозволить заощаджувати 312 Вт (13 стрічок по 24 Вт).

«Нічний (черговий) режим»: Після 23:00 повне вимкнення художнього підсвічування вежі та контрфорсів. Працювати повинні лише накладні настінні світильники вхідної групи (BEGA та LedsC4) загальною потужністю близько 67 Вт для забезпечення утилітарної безпеки, навігації пішоходів та охорони об'єкта.

2. Особливості монтажу та юстування приладів на фасаді:

Накладні фасадні світильники (BEGA та LedsC4), що створюють двоспрямовані лінії («вгору-вниз») на першому ярусі входу та на контрфорсах, повинні монтуватися суворо посередині архітектурних елементів. Будь-яке відхилення від осі порушить симетрію та ритм, що є критичним для неоготичного стилю.

Прожектори ярусів вежі (серії РАК) встановлюються на карнизах на дуже близькій відстані від стін 0,3–0,75 м.

3. Кліматичний захист та технічне обслуговування:

Оскільки всі прилади працюють у жорстких умовах відкритого повітря України, обладнання повинно мати клас захисту не менше IP65 (для фасадних приладів) та стабільно працювати в діапазоні температур від -30 до +45 °C.

З огляду на високий прийнятий коефіцієнт забруднення фасаду $k_2 = 5$, регламентне обслуговування (очищення захисного скла світильників від бруду) має проводитися не рідше двох разів на рік. Це дозволить підтримувати розрахункові параметри освітленості та сили світла на належному рівні протягом усього терміну експлуатації.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Задачі в області охорони праці

Охорона праці є цілісною системою заходів, що гарантують збереження життя, здоров'я та працездатності персоналу під час виконання посадових обов'язків. Головна мета цієї сфери полягає у створенні комфортного робочого середовища та зведенні до мінімуму професійних ризиків.

Відповідно до профільних джерел [19-24], діяльність із забезпечення безпеки на виробництві фокусується на виконанні таких базових завдань:

1. Побудова управлінської системи: створення й розвиток дієвих алгоритмів контролю та постійного покращення умов праці.

2. Попередження травматизму: виявлення потенційних загроз, оцінка ризиків та впровадження запобіжних заходів для недопущення аварій чи нещасних випадків.

3. Нагляд за правовідповідністю: моніторинг дотримання підприємством вимог чинного законодавства та галузевих стандартів.

4. Професійна підготовка персоналу: організація регулярного навчання, проведення інструктажів і практичних занять із безпечного ведення робіт.

5. Технологічна модернізація: інтеграція сучасних засобів індивідуального й колективного захисту, а також автоматизація процесів безпеки.

Ефективне розв'язання цих завдань можливе лише за умови побудови чіткої нормативно-правової бази та суворого виконання її вимог.

В Україні правовий фундамент безпеки праці формує низка взаємопов'язаних документів [19-24]:

1. Закон України «Про охорону праці» – базовий закон, що закріплює зобов'язання роботодавців і права працівників у сфері безпеки.

2. Кодекс законів про працю України (КЗпП) – регламентує тривалість робочого часу, відпочинку та загальні засади соціального захисту.

3. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» – визначає порядок нарахування компенсацій і допомоги у випадку ушкодження здоров'я на виробництві.

4. НПАОП (Нормативно-правові акти з охорони праці) – галузеві інструкції та правила, що містять детальні технічні вимоги безпеки.

5. Міжнародні стандарти та Директиви ЄС – акти, на основі яких відбувається планова адаптація та модернізація українського законодавства.

Завданням розділу «Охорона праці» бакалаврської роботи є організація відповідних умов праці в світлотехнічній лабораторії де виконують проєктування ілюмінації.

4.2 Визначення загальних вимог, що ставляться до приміщення світлотехнічної лабораторії

Приміщення дослідницької світлотехнічної лабораторії повинно відповідати низці вимог для забезпечення безпеки та ефективності роботи. Приміщення світлотехнічної лабораторії, де здійснюється проєктування та моделювання ілюмінації, має специфічні вимоги. Вони поєднують у собі стандарти для конструкторських бюро та метрологічних лабораторій [25].

Основні загальні вимоги розподіляються за такими ключовими категоріями:

1. Просторово-планувальні вимоги та зонування

Поділ на функціональні зони: обов'язкова наявність комп'ютерної зони (для САПР, Dialux), зони макетування (для фізичного тестування елементів ілюмінації, гірлянд, контролерів) та зони фотометричних вимірювань [25].

Фотометрична лабораторія: ізольоване приміщення, повністю захищене від проникнення природного чи стороннього штучного світла, з матовими чорними стінами та стелею. Вона необхідна для калібрування джерел світла, тестування кутів розсіювання та вимірювання світлового потоку [25].

Норма площі: не менше 14 м² на одного науково-технічного співробітника для забезпечення ергономіки та безпеки пересування.

2. Світлотехнічні характеристики приміщення

Робоче освітлення: у зоні проєктування за комп'ютерами рівень штучної освітленості на робочих столах має становити не менше 500 лк, а в зоні точного складання та макетування плат ілюмінації – 800–1200 лк [17, 25].

Якість світла: світильники загального освітлення повинні мати високий індекс передачі кольору CRI не нище 90 та нейтральну корельовану колірну температуру (4000 K), щоб уникнути викривлення кольорів під час підбору світлодіодних стрічок та ілюмінаційних RGB/RGBW-елементів.

Захист від засліпленості та відблисків: вікна комп'ютерної зони обладнуються щільними жалюзі або ролетами для уникнення бликування на моніторах під час тривимірного рендерингу проєктів.

3. Електротехнічна інфраструктура та безпека

Стабільність живлення: наявність джерел безперебійного живлення (ДБЖ) та стабілізаторів напруги, оскільки коливання мережі викривлюють результати світлотехнічних вимірювань та можуть пошкодити дорогі стенди.

Гнучкість підключень: столи в зоні макетування обладнуються регульованими джерелами постійного та змінного струму (ЛАДР, лабораторні блоки живлення) для симуляції різних режимів роботи ілюмінації (12В, 24В, 220В).

Заземлення: усі робочі місця мають бути підключені до загального контуру заземлення, а лінії живлення – захищені пристроями захисного вимкнення (ПЗВ) на випадок короткого замикання під час тестування дослідних зразків гірлянд.

4. Мікроклімат та вентиляція

Параметри повітря: температура влітку – не більше +22 °С, взимку – не менше +18 °С; відносна вологість – не вище ніж 60% (відповідно до вимог ISO 17025) [26]. Це критично для стабільної роботи лазерних люксометрів, спектрорадіометрів та комп'ютерних серверів.

Вентиляція: обов'язкова припливно-витяжна вентиляція. Особливо у зоні макетування, де під час паяння світлодіодних модулів чи використання клеїв/герметиків для вологозахисту (IP65/IP67) виділяються токсичні речовини [25].

5. Оздоблення та матеріали

Антистатичність: підлога в зоні роботи з електронікою та контролерами керування світлом повинна мати антистатичне покриття (лінолеум або плитку), щоб уникнути пошкодження мікросхем статичним розрядом.

Пожежна безпека: оскільки ілюмінаційне обладнання піддається тривалим тестуванням на прогрів та замикання, приміщення забезпечується вуглекислотними вогнегасниками, протипожежною сигналізацією та системою автоматичного сповіщення [25].

4.3 Опис робіт, що виконують в світлотехнічній лабораторії

Робота у світлотехнічній лабораторії, де проєктують ілюмінацію – це творчий інженерний процес, який перетворює технічні розрахунки на видовищні світлові шоу. Усе починається з ретельного тестування базових компонентів. Інженери досліджують світлодіодні стрічки та модулі за допомогою гоніофотометрів та спектрометрів, щоб точно визначити їхній світловий потік, колірну температуру та правильність передачі відтінків.

Наступний етап повністю переходить у цифровий простір. Фахівці створюють тривимірні моделі будівель, вулиць чи арт-об'єктів, для яких розробляється ілюмінація. У спеціальних програмах (таких як Dialux чи Relux) вони прораховують рівні освітленості та яскравості, щоб світло було ефектним, але не сліпило людей і не створювало світлового забруднення. Тут же народжується фінальна 3D-візуалізація майбутнього проєкту.

Паралельно розробляється «інтелектуальне серце» ілюмінації. Інженери розраховують електричні навантаження, підбирають надійні блоки

живлення і програмують контролери. Перед тим як відправити проєкт на виробництво, у лабораторії створюють фізичний макет. На спеціальних стендах збирають фрагменти майбутньої конструкції, щоб наочно перевірити роботу світлових ефектів, плавність димування та відсутність шкідливого для очей миготіння.

Оскільки ілюмінація найчастіше працює під відкритим небом, завершальним і найсуворішим етапом є випробування на живучість. У лабораторії імітують екстремальні погодні умови: обладнання тестують у гідрокамерах на вологозахист (відповідність класам IP65–IP68), перевіряють його стійкість до сильних морозів чи літньої спеки, а також ретельно вимірюють опір ізоляції, щоб гарантувати повну електробезпеку.

4.4 Аналіз умов праці, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів в світлотехнічній лабораторії

Робоче середовище світлотехнічної лабораторії має комплексний набір небезпечних факторів (переважно електричних, зорових та хімічних), мінімізація яких вимагає суворого впровадження інженерно-технічних засобів захисту та дотримання регламенту праці. До небезпечні і шкідливі виробничі факторів можна віднести

1. Фізичні небезпечні та шкідливі фактори

Небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі: найкритичніший фактор під час макетування та тестування ілюмінації. Робота з лініями 220 В, нестабільними блоками живлення, відкритими кріпленнями та конденсаторами створює пряму загрозу ураження електричним струмом.

Психофізіологічний та зоровий дискомфорт від пульсації світла: під час налаштування та димування світлодіодних систем за допомогою ШІМ (широтно-імпульсної модуляції) виникає високий рівень мерехтіння (флікера). Це призводить до швидкої втоми очей, головного болю та зниження концентрації.

Підвищена яскравість та засліпленість: тестування потужних LED-модулів, архітектурних прожекторів та медіафасадів у закритому приміщенні (особливо в «темній кімнаті») може викликати тимчасове осліплення або пошкодження сітківки ока (синій спектр випромінювання високої інтенсивності).

Електромагнітні поля: робота великої кількості комп'ютерної техніки, серверів керування (Art-Net/DMX), трансформаторів та імпульсних блоків живлення створює постійне електромагнітне навантаження на персонал.

Повишена температура поверхонь: під час тестів ілюмінації на «термопластичність» та прогрів, корпуси світильників та радіатори охолодження світлодіодів можуть нагріватися до температури $> 70^{\circ}\text{C}$, що створює ризик термічних опіків.

2. Хімічні шкідливі фактори

Токсичні аерозолі та гази при паянні: під час монтажу прототипів, паяння плат ілюмінації та лудіння дротів у повітря робочої зони виділяються шкідливі речовини (пари свинцю, каніфолі, флюсів), які подразнюють дихальні шляхи.

Пари хімічних речовин при герметизації: оскільки вулична ілюмінація потребує високого захисту (IP65-IP68), в лабораторії часто використовуються силіконові герметики, компаунди та клеї, які під час застигання виділяють оцтову кислоту або токсичні розчинники.

3. Психофізіологічні фактори умов праці

Перенапруження зорового аналізатора: тривала робота за моніторами під час 3D-моделювання та рендерингу в Dialux або Blender (понад 5-6 годин за зміну) викликає комп'ютерний зоровий синдром.

Гіподинамія та статичне навантаження: тривале перебування у сидячому положенні за комп'ютером або в одній позі під час паяння дрібних деталей спричиняє навантаження на хребет і порушення кровообігу.

Розумове перенапруження: висока концентрація уваги під час написання кодів і сценаріїв для динамічних світлових шоу, розрахунку

складних електричних мереж та суворе дотримання дедлайнів проєктів.

4.5 Розробка організаційних заходів з охорони праці

Виходячи з наведеного вище переліку небезпечних і шкідливих виробничих факторів які є в лабораторії, можна скласти перелік організаційних заходів з охорони праці:

1. проведення інструктажів: регулярний вступний, первинний та повторний (раз на 6 місяців) інструктажі з фіксацією у журналі реєстрації.
2. Спеціальне навчання: щорічна атестація та отримання групи з електробезпеки (не нижче III) для роботи з випробувальними стендами.
3. Режим праці та відпочинку: регламентовані перерви по 10–15 хвилин через кожні 2 години роботи за ПК для зниження зорової втоми.
4. Чергування процесів: обмеження безперервного перебування у «темній кімнаті» та чергування тестів яскравих LED з офісною роботою.
5. Медичний контроль: обов'язкові щорічні медогляди персоналу, з особливим фокусом на перевірку зору у лікаря-офтальмолога.
6. Планове обслуговування (ПЗР): регулярна технічна перевірка ізоляції, контурів заземлення, засобів захисту та калібрування люксметрів.
7. Візуалізація безпеки: розміщення попереджувальних знаків електричної напруги та маркування зон, де необхідні захисні окуляри.

Саме такий перелік заходи допоможе створити безпечні умови праці для працівників і дозволить зменшити ризики виробничого травматизму.

4.6 Вибір та розрахунок параметрів засобів захисту

4.6.1 Вибір та розрахунок параметрів колективних засобів захисту

Засоби колективного захисту (ЗКЗ) – це технічні засоби, системи чи споруди, які призначені для одночасного захисту двох або більше

працівників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників [27].

Головна особливість ЗКЗ полягає в тому, що вони закладаються ще на етапі проєктування приміщення чи обладнання. Вони роблять безпечним сам робочий простір навколо людини, на відміну від засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), які вдягає кожен окремий працівник (як-от окуляри, рукавички чи маска).

Залежно від призначення, засоби колективного захисту поділяються на класи:

Нормалізація повітряного середовища: сюди можна віднести вентиляційні системи, кондиціонери, димовловлювачі та витяжні шафи, які очищують повітря від токсичних парів чи пилу.

Нормалізація освітлення: сюди можна віднести вікна, загальні й місцеві світильники, сонцезахисні жалюзі та світлофільтри, що забезпечують правильний рівень світла без відблисків.

Захист від ураження струмом: до такого захисту відноситься заземлення, занулення, автоматичні пристрої захисного вимкнення (ПЗВ) та ізолювальні кабінки чи бар'єри навколо високовольтних стендів.

Захист від механічних пошкоджень, до такого захисту відноситься захисні кожухи на верстатах, сітки, бар'єри та екрани, які закривають рухомі деталі машин чи гарячі поверхні.

Захист від шуму та вібрації до такого захисту відноситься звукоізолювальні перегородки, глушники на витяжках та віброгасильні фундаменти під важким обладнанням.

У системі охорони праці колективний захист завжди має вищий пріоритет, ніж індивідуальний. Якщо небезпеку можна усунути за допомогою вентиляції чи екрана (ЗКЗ), роботодавець зобов'язаний це зробити, а не просто видати працівникам респіратори чи окуляри (ЗІЗ).

4.6.1.1 Системи кондиціювання повітря в лабораторії

Проектування системи кондиціювання повітря у світлотехнічній лабораторії, де проєктують ілюмінацію, суттєво відрізняється від побутового. Головна мета тут – не лише комфорт людей, а й забезпечення стабільного температурного режиму для високоточного фотометричного обладнання (люксметрів, спектрометрів), яке дає похибки при коливаннях температури.

Згідно з вимогами ДСТУ EN ISO/IEC 17025 та ДБН В.2.5-67:2013, проєкт базується на таких етапах.

1. Проведення аналізу приміщення: визначення площі, обладнання, освітлення, скільки людей працює.
2. Проведення визначення повітрообміну: розрахунок необхідної кількості свіжого повітря.
3. Підбір системи вентиляції: центральне кондиціонування або встановлення спліт-системи.
4. Розрахунок потужності системи кондиціонування.
5. Монтаж та налаштування системи кондиціонування.

4.6.1.2 Визначення кількості припливу повітря

Для забезпечення оптимального мікроклімату в лабораторії передбачено встановлення системи кондиціювання. Проте для точного підбору обладнання, яке повністю відповідатиме специфіці приміщення, необхідно попередньо розрахувати об'єм припливного повітря.

Згідно з чинними нормативними документами [29], мінімальна площа на одне робоче місце має становити 6 м², а мінімальний об'єм – 20 м³. Враховуючи, що в лабораторії постійно працюють 5 інженери, сумарний об'єм свіжого припливного повітря повинен розраховуватися на основі санітарних норм подачі повітря на одну особу. Це дозволить підібрати

кондиціонер з оптимальною потужністю та забезпечити належну кратність повітрообміну.

1. Визначення об'єму приміщення на одного працівника:

$$V_1 = V / n, \quad (4.1)$$

де: V_1 - об'єм приміщення на одного працівника, м^3 ;

V – загальний об'єм приміщення, 630 м^3 . Розміри лабораторії $18 \times 10 \times 3,5$;

n – кількість працівників, 5 осіб.

$$V_1 = 630 / 5 = 126 \text{ м}^3.$$

2. Визначення кількості припливу повітря з урахуванням кількості працівників в лабораторії за формулою:

$$G = G_1 \cdot n, \quad (4.2)$$

де: G – загальна кількість припливу повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

G_1 – нормативна кількість припливу повітря на одного працівника, $20 \text{ м}^3/\text{год}$;

n - кількість працівників, 5 осіб.

$$G = 20 \cdot 5 = 100 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для приміщення площею 180 м^2 , де працює 5 інженерів з комп'ютерами та світлотехнічним обладнанням, норма припливу свіжого повітря зазвичай становить мінімум $60 \text{ м}^3/\text{год}$ на кожну особу.

4.6.1.3 Визначення потужності кондиціонера

Для приміщення такої лабораторії та тепломістким світлотехнічним обладнанням звичайний побутовий кондиціонер не підійде. Тому потрібна напівпромислова система. Щоб кондиціонер справлявся, він має компенсувати всі виділення тепла:

Тепло від площі приміщення (при висоті стелі ~ 3 м): близько 18 кВт (із розрахунку 1 кВт на 10 м^2).

Тепло від людей: $5 \text{ інженерів} \times 0,13 \text{ кВт} = 0,65 \text{ кВт}$.

Тепло від техніки (5 потужних ПК + світлодіодні стенди): мінімум 3,5–4 кВт.

Виходить, що мінімальна необхідна потужність охолодження становить 22–24 кВт (у маркуванні напівпромислових кондиціонерів це відповідає класу потужності 72 або 90 кВт).

Оскільки в лабораторії потрібно не лише охолоджувати повітря, а й подавати $300 \text{ м}^3/\text{год}$ свіжого припливу, найкраще підійдуть каналний інверторний кондиціонер (рис. 4.1)



Рисунок 4.1 – Канальний інверторний кондиціонер

Блок встановлюється під стелею (або в підсобці), а повітря розводиться по лабораторії через мережу повітроводів. До нього можна підключити забір свіжого повітря з вулиці, закриваючи вашу норму припливу.

4.6.2 Підбір індивідуальних засобів

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) у світлотехнічній лабораторії є другим рубежем оборони (після колективних засобів) і підбираються індивідуально для кожного працівника для захисту від електричних, оптичних та хімічних ризиків.

ЗІЗ повинні бути на кожній ділянці окремі і направлені на захист:

1. Органів зору (Оптична безпека);
2. Від ураження електричним струмом;
3. Від статичної електрики (ESD-захист);
4. Ергономічні аспекти.

Виходячи з вищесказаного хочу підібрати ЗІЗ для працівника який працює за комп'ютером. Тому для працівників, які займаються виключно цифровою частиною проєктування ілюмінації (3D-моделювання, розрахунки в Dialux/Relux, написання коду для контролерів DMX/SPI), небезпечні фактори мають психофізіологічний та ергономічний характер.

Згідно з Технічним регламентом засобів індивідуального захисту та вимогами безпеки для роботи з екранними пристроями, підбір ЗІЗ для цієї категорії персоналу має свою специфіку:

1. Захист органів зору (Оптична безпека). Тривала робота за моніторами під час складання складних світлових сцен викликає комп'ютерний зоровий синдром. Основний засіб захисту тут:

Комп'ютерні окуляри з блю-блокерами (Blue Blocker): спеціальні лінзи зі світлофільтрами, які блокують надлишковий спектр короткохвильового синього світла від LED-моніторів. Вони знижують навантаження на зоровий нерв, зменшують сухість очей та запобігають порушенню біоритмів (мелатоніну) при роботі у вечірній час.

2. Захист від статичної електрики (Для збереження техніки). Оскільки інженери за комп'ютером часто працюють із підключеними до ПК відлагоджувальними платами, програматорами та чутливими

мікроконтролерами керування світлом, статичний розряд з тіла людини може спалити обладнання:

Антистатичний халат або одяг: виготовляється з бавовни з додаванням струмопровідних вуглецевих ниток у вигляді сітки. Запобігає накопиченню статичного заряду на тілі.

Антистатичне (ESD) взуття або ремінці на взуття: забезпечують постійне відведення статичного заряду з тіла через антистатичний лінолеум підлоги в контур заземлення.

3. Ергономічні засоби (Засоби захисту опорно-рухового апарату)

Хоча класично їх відносять до засобів ергономіки робочого місця, у випадку комп'ютерного персоналу вони індивідуально підбираються під антропометричні дані кожного працівника для захисту від тунельного синдрому кисті та остеохондрозу:

Ергономічні вертикальні миші та клавіатури: анатомічна форма знижує навантаження на зап'ястя і запобігає защемленню нервів під час тривалого клікання у CAD-програмах.

Килимки для миші з гелевою подушкою під зап'ястя: підтримують кисть у природному положенні.

Індивідуальні ортопедичні подушки під попереки: використовуються разом із робочим кріслом для підтримки правильної постави під час тривалої сидячої роботи.

4.7 Долікарської допомоги потерпілим при нещасних випадках

Надання першої долікарської допомоги у світлотехнічній лабораторії має свою специфіку, оскільки найімовірнішими ризиками є ураження електричним струмом, термічні чи хімічні опіки та травми очей.

Головне правило долікарської допомоги – переконатися у власній безпеці, перш ніж підходити до потерпілого.

Алгоритм дій при ураженні електричним струмом. Така ситуація є найнебезпечнішою під час випробувань ілюмінаційних стендів та блоків живлення.

Знеструмлення: негайно вимкніть джерело живлення за допомогою аварійної кнопки, автомата на щитку або висмикніть кабель із розетки.

Безпечне звільнення: Якщо вимкнути струм неможливо, відтягніть потерпілого від дроту за сухої одяг, використовуючи лише діелектричні предмети (суху дерев'яну палицю, пластикову трубу, діелектричні рукавички). Не торкайтеся голими руками шкіри потерпілого, поки він під напругою.

Оцінка стану (за протоколом ABC):

Перевірте свідомість (окликніть, легенько потрясіть за плече).

Перевірте дихання (протягом 10 секунд за принципом «чую, бачу, відчуваю»).

Реанімаційні заходи: Якщо дихання відсутнє, негайно викликайте швидку (103) та починайте серцево-легеневу реанімацію (СЛР) – 30 натискань на грудну клітку та 2 штучні вдихи.

Стабільне положення: Якщо людина непритомна, але дихає, поверніть її на бік (у стабільне бокове положення), щоб запобігти западанню язика чи асфіксії.

4.8 Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки у світлотехнічній лабораторії де виконується проєктування ілюмінації має критичне значення. Специфіка приміщення пов'язана з тривалими випробуваннями під напругою (тести світлодіодів на прогрів та «термопластичність») та наявністю великої кількості імпульсних блоків живлення, контролерів, полімерних матеріалів та хімічних речовин. Забезпечення пожежної безпеки регламентується

Правилами пожежної безпеки в Україні [31] та будується за кількома основними напрямками.

1. Категорія небезпеки: Зазвичай така лабораторія за вибухопожежною та пожежною небезпекою належить до категорії В (пожежонебезпечна), оскільки в ній присутні горючі речовини (пластикові корпуси, ізоляція кабелів, силіконові компаунди, клеї).

Клас зони за ПУЕ: Окремі ділянки макетування та герметизації (де використовуються розчинники та герметики) можуть належати до пожежонебезпечних зон класу П-Па.

Оздоблення: Стіни, стеля та фальшпідлога (якщо вона є для кабельних трас) повинні бути виконані з негорючих (НГ) або важкогорючих (Г1) матеріалів.

2. Первинні засоби пожежогасіння (Вибір вогнегасників)

Оскільки в лабораторії розміщено багато дорогого цифрового та електротехнічного обладнання під напругою, використання водних чи пінистих вогнегасників категорично заборонено (це знищить апаратуру та створить ризик ураження струмом).

Вуглекислотні вогнегасники (типу ВВ-3 або ВВ-5): є основними для лабораторії. Вуглекислота не пошкоджує плати, блоки живлення, оптичні датчики (гоніофотометри) та комп'ютери. Вони призначені для гасіння електроустановок під напругою до 1000 В (клас Е).

Порошкові вогнегасники (типу ВП-5): використовуються як додаткові для гасіння твердих горючих матеріалів (пластик, пакування, меблі), але їхній порошок забруднює оптику приладів.

Норма комплектації: не менше двох вогнегасників на приміщення (рекомендовано один вуглекислотний безпосередньо біля випробувального стенда і один біля виходу).

3. Технічні системи протипожежного захисту

Автоматична пожежна сигналізація: лабораторія обов'язково обладнується димовими пожежними сповіщувачами (наприклад, оптико-

електронними типу СПД). Вони реагують на перші ознаки тління ізоляції дротів чи пластику ще до появи відкритого вогню.

Система оповіщення: встановлення світло-звукових показників «ВИХІД» та сирен для організації швидкої евакуації 3–5 інженерів лабораторії.

Аварійне (евакуаційне) освітлення: окрема лінія світильників із вбудованими акумуляторами. У разі знеструмлення лабораторії під час пожежі вони повинні світити не менше 1 години для безпечного виходу людей із темних зон чи «темної кімнати».

4. Профілактичні вимоги до електрообладнання

Переважає більшість пожеж у таких лабораторіях виникає через коротке замикання чи перевантаження.

Захисна автоматика: кожна лінія живлення випробувальних стендів та комп'ютерів захищається автоматичними вимикачами, підібраними строго під переріз кабелю, та пристроями захисту від дугового розряду.

Режим випробувань: категорично забороняється залишати без нагляду ввімкнені дослідні зразки ілюмінації, особливо під час тестів на максимальну потужність, після закінчення робочого дня.

Протипожежний щиток: на виході з лабораторії встановлюється загальний рубильник (або кнопка аварійного вимкнення) для повного знеструмлення всіх силових розеток та стендів одним натисканням після завершення зміни.

5. Організаційні заходи

Інструктаж: проведення з персоналом повторних інструктажів з пожежної безпеки (раз на рік) та практичних тренувань з використання вуглекислотного вогнегасника.

План евакуації: на видному місці біля виходу вивішується графічний план евакуації з позначенням місць розміщення вогнегасників та кнопок сигналізації.

4.8.1 Правила попередження та ліквідації пожежі

Попередження та ліквідація пожежі в світлотехнічній лабораторії – це щоденна культура безпеки, яка захищає життя дослідників та дороге фотометричне обладнання.

Усе починається з профілактики, де головне правило – дисципліна та уважність. Кожен інженер знає, що тривалі випробування архітектурних прожекторів чи нових світлодіодних макетів на «термопластичність» та прогрів ніколи не можна залишати без нагляду. У лабораторії діє суворе табу на використання побутових подовжувачів чи «трійників»: уся потужна техніка й кліматичні камери підключаються лише до силових розеток, які розраховані на відповідне навантаження. Електропроводка та ізоляція лабораторних стендів регулярно перевіряються, а хімічні речовини – спирти для протирання оптики, флюси та горючі силіконові герметики – зберігаються виключно у спеціальній металевій шафі якомога далі від паяльних станцій. Евакуаційні проходи завжди залишаються вільними, а наприкінці робочого дня останній працівник повністю знеструмлює приміщення за допомогою головного рубильника біля виходу.

Проте, якщо пожежа все ж таки трапилася і з'явився запах горілої ізоляції чи дим, діяти потрібно миттєво та без паніки. Перший, хто помітив небезпеку, негайно тисне на кнопку ручного пожежного сповіщувача на стіні та викликає рятувальників за номером 101, чітко повідомляючи адресу, поверх та характер займання. Одночасно з цим інший працівник повністю знеструмлює лабораторію за допомогою аварійного вимкнувача, адже гасити прилади під напругою смертельно небезпечно.

Наступний крок – евакуація, згідно плану евакуації (рис. 4.2). Керівник лабораторії організовує швидкий вихід персоналу, обов'язково перевіряючи ізольовану «темну кімнату», де через відсутність вікон задимлення може стати пасткою.

Якщо осередок займання зовсім невеликий і життю людей нічого не

загрожує, інженери починають гасіння самотужки. Для цього вони використовують виключно вуглекислотні вогнегасники, оскільки вуглекислота ефективно збиває полум'я на електроустановках та, на відміну від води чи піни, не викликає нових замикань і не псує дорогі комп'ютери та оптичні датчики. Поки триває гасіння, один із працівників виходить на вулицю, щоб зустріти пожежну бригаду ДСНС, скоординувати їхній рух та повідомити, що будівля вже повністю знеструмлена.



Рисунок 4.2 – Приклад плану евакуації

Тож, оскільки робота інженерів поєднує тривале моделювання за комп'ютером із випробуваннями реального обладнання, головну увагу було приділено захисту від ураження струмом, зорової втоми..

Для нейтралізації технічних ризиків запроєктована потужна система кондиціонування, яка забезпечить чисте повітря в зоні макетування. Стабільний мікроклімат, критично важливий для точної роботи вимірювальних приладів.

Окремо подбали про індивідуальний захист: комп'ютерний персонал отримав спеціальні окуляри з фільтрами синього спектра та антистатичний одяг, а дослідники на стендах – діелектричне спорядження, що допоможе організувати безпечні умови праці.

ВИСНОВКИ

Узагальнюючи результати роботи, можна сказати, що вона має комплексний характер і поєднує технічні, естетичні та екологічні аспекти архітектурного освітлення.

Сучасний розвиток міст вимагає не лише утилітарного освітлення вулиць і будівель, а й створення цілісного художнього образу нічного міського середовища. Архітектурне освітлення сьогодні стало важливим інструментом дизайну, здатним впливати на емоції людини, формувати візуальну ідентичність споруди та підвищувати туристичну привабливість міста.

Для того щоб розробити концепцію ілюмінації було проведено огляд літератури, щодо реалізацій та концепцій архітектурного освітлення та сучасних тенденцій їх реалізацій. Визначені види архітектурного освітлення та основні освітлювальні прийоми та принципів ілюмінації.

Опираючись на проведений огляд для обраної будівлі було визначено архітектурний стиль і його особливості. Тому, було запропоновано використовувати світлий пісковиковий фасад і теракотовий дах, саме таке поєднання на мою думку є класичним прийомом для неоготичного стилю.

Концепція ілюмінації будується на дотриманні ритму та цілісності образу об'єкта. Було виділено 4 яруси ілюмінації: 1 ярус це основна будівля по периметру якого встановлені настінні світильники, які дають поздовжні лінії, які і створюють відчуття ритму, 2-4 яруси це освітлення вежі яка підноситься над входом, саме вхідна частина будівлі є родзинкою розробленої концепції. Для реалізації концепції було обрано світлотехнічне обладнання різних виробників: Panasonic, BEGA, LedsC4 та PAK у кількості 63 шт. Ілюмінаційна установка має загальну потужність 1,52 кВт, світловий потік 90 928 лм, а світлова віддача становить 59,8 лм/Вт.

На основі розробленої концепції було виконано комп'ютерне моделювання в DIALux evo 13.0 та отримано візуалізацію проєкту.

Завдяки чому було надані загальні висновки та надані рекомендації щодо розробки концепції ілюмінації будівель і їх режиму роботи.

Проектування ілюмінації і дослідження світлотехнічного обладнання проводять у світлотехнічній лабораторії. Тому аналіз умов праці в ній, дає змогу запропонувати колективні і індивідуальні засоби захисту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лісна О. І. Декоративно-художнє освітлення архітектурного середовища: навч. посібник / О. І. Лісна; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 275 с.
2. Anthony Babatunde Sholanke, Oladimeji Fadesere, Daniel Elendu The role of artificial lighting in architectural design: A literature review. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021. 665 012008. DOI 10.1088/1755-1315/665/1/012008.
3. О. Ляшенко, І. Іванов. Сталий світловий дизайн громадських будівель. Програма II Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці» [Електронний ресурс] / Харків. Україна. 2025. Режим доступу : <https://sds.kname.edu.ua/nayka/viii-mizhnarodna-naukovo-tekhnichnaon-lain-konferentsiia-aktualni-problemy-svitlotekhniky/konferentsiia-2025> (дата звернення 14.05.2026).
4. Krupiński, R. The Synergy of Architectural Lighting with Sustainable City Development-A Case Study. Buildings 2024, 14, 2371. <https://doi.org/10.3390/buildings14082371>.
5. А. Король, О. Ревун Особливості архітектурного освітлення / Король А., Ревун О. // матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного дизайну» Київ, КНУТД, 2023 – 348-351 с.
6. Жаган В. Ілюмінація об'єктів / В. Жаган : [пер. с пол.] – Л. : ЕКОінформ, 2006. - 242с.
7. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Світловий дизайн архітектурного середовища» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : О. М. Діденко, П. П. Говоров. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 39 с.

8. Лінійний світлодіодний світильник RGB/RGBW 12W IP67 для архітектурного та ландшафтного освітлення. *ЛедКонтур*. URL: <https://ledkontur.com.ua/liniinyi-svitlodiodnyi-svitylnyk-rgb-rgbw-12w-ip67-dlia-arkhitekturnoho-ta-landshaftnoho-osvitlennia/> (дата звернення: 26.05.2026).

9. Луцков О. В. Система адаптивного управління освітленням на базі технологій IoT: кваліфікаційна робота 126 «Інформаційні системи та технології». Житомир, 2025. 42с.

10. Роль IoT у будівництві енергоефективних житлових комплексів. *Jooby*. URL: <https://jooby.eu/uk/blog/rol-iot-u-budivnictvi-energoefektivnih-zhitlovih-kompleksiv/> (дата звернення: 26.05.2026).

11. Кононенко Г.Ю. Методи управління візуальними якостями освітлення публічних просторів міста. дис. ...докт. філ. за спеціальністю 191 «Архітектура та містобудування». Харків, 2023. 204 с.

12. Створення зображення: [ChatGPT - Порівняння старих та нових світильників](#)

13. Технології та екологія: 10 нових трендів будівництва, які ми побачимо у 2026. *24 Нерухомість*. URL: https://24tv.ua/realestate24/budivnitstvo-2026-rotsi-yaki-budut-trendi_n2959956 (дата звернення: 28.05.2026).

14. Жук А. В., Особливості світлового забруднення навколишнього середовища чернівецької області / А. В. Жук, О. Д. Зароченцева // Ураїнський гідрометеорологічний журнал, 2021, № 27, с. – 66-75 doi: 10.31481/uhmj.27.2021.07.

15. Голіус В. А., Данилов С. М. Аналіз рейтингових систем екологічної сертифікації архітектури BREEAM, LEED, WELL, DGNB у контексті врахування візуальних якостей будівель. Теорія та практика дизайну: 2025, (37), 70–79. <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.37.6>.

16. Архітектурне освітлення. УБПГ «Промінь». URL: <https://beam-group.com.ua/dekoratyvne-osvitlennia/arkhitekturne> (дата звернення: 29.05.2026).

17. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006; Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 76 с. (Інформація та документація).

18. Відродження неоготики. LibreTexts. Ukrayinska.. URL: <https://ukrayinska.libretexts.org/%> (дата звернення: 29.05.2026).

19. Закон України «Про охорону праці». Рада. Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 08.06.2026).

20. Кодекс законів про працю. Рада. Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text> (дата звернення: 08.06.2026)

21. Директива 89/391/ЄС «Про введення заходів, що сприяють поліпшенню безпеки та гігієни праці працівників». Будстандарт. Сервіс документів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=47940 (дата звернення: 08.06.2026)

22. ДСанПІН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами обчислювальних машин». Будстандарт. Сервіс документів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6007 (дата звернення: 08.06.2026).

23. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. Будстандарт. Сервіс документів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40230 (дата звернення: 08.06.2026).

24. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Будстандарт. Сервіс документів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=24622 (дата звернення: 08.06.2026).

25. Вимоги до лабораторії. Analit-pribor URL: <https://analit-pribor.com.ua/uk/catalog/laboratoriya-uk/vimogi-do-laboratoriyi/> (дата звернення: 09.06.2026).

26. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. [На заміну ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 (ISO/IEC17025:2017, IDT); Чинний від 2021-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2020. 79 с. (Інформація та документація).

27. Я. О. Серіков. Основи охорони праці: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти. – Харків, ХНАМГ, 2007. - 227с.

28. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник : у 2 ч. / Я. О. Серіков, Л. Ф. Коженевські, М. В. Хворост ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова [та ін.]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова ; Краків : ЄАС, 2021. – ISBN 978-966-695-528-2 Ч. 1 : Безпека життєдіяльності. – 2021. – 255 с. ISBN 978-966-695-529-9

29. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [На заміну СНиП 2.04.05-91 Опалення, вентиляція и кондиціювання. Крім розділу 5 та додатка 22); Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2013. 141 с. (Інформація та документація)

30. Канальний інверторний кондиціонер. NSK. URL: <https://tksaircon.com/catalog/airconditioners/commercial-air-conditioners/kanalni-kondytsionery-inverter/kanalnyj-invertornyj-kondytsioner/> (дата звернення: 10.06.2026).

31. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». Будстандарт. Сервіс документів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65419 (дата звернення: 10.06.2026).