

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ,
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
КАФЕДРА СВІТЛОТЕХНІКИ І ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

РОЗРОБКА ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВИ КНИГАРНІ

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувач:

Данило ПОСОХОВ

гр. СДС2023-1у

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

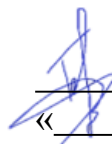
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Світлотехніка та дизайн світлового середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СДС

Віталій ГЕРАСИМЕНКО

«» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Посохову Данилу Володимировичу

1. Тема роботи: Розробка освітлювальної установи книгарні

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. План книгарні

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

4.1 Аналітична частина (огляд, аналіз, оцінка) провести аналіз сучасних тенденцій розвитку книгарень та світлотехнічні вимоги до них.

4.2 Світлотехнічна частина (вибір параметрів, метод розрахунку, алгоритм керування, програмне забезпечення) виконати світлотехнічні розрахунки методом коефіцієнта використання світлового потоку, визначити оптимальну кількість та параметри світильників для реалізації освітлювальної установки книгарні. Розрахувати показники встановленої та питомої потужності системи. Виконати комп'ютерне моделювання в програмі DIALux evo 13.0.

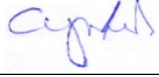
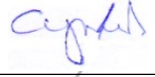
4.3 Аналіз результатів і рекомендації щодо застосування (напрями удосконалення, результати проведеної роботи) Надати результати роботи та рекомендації щодо застосування освітлювальної установки книгарні.

4.4 Охорона праці розглянути питання охорони праці та пожежної безпеки при монтажі освітлювальної установки книгарні, проаналізовано потенційні небезпечні та шкідливі чинники під час монтажу, розрахувати занулення.

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

Актуальність, Мета, Завдання. 1 Аналітична частина. 2 Світлотехнічний розділ. 3 Комп'ютерне моделювання 4 Аналіз результатів і рекомендації щодо застосування. 5 Охорона праці. Висновки.

6. Консультанти розділів бакалаврської кваліфікаційної 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		
Нормоконтроль	Роман ВОРОНОВ доцент		
Антиплагіат	Олена ДІДЕНКО, ст. викладач		

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



Данило ПОСОХОВ

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи



Олена ДІДЕНКО

АНОТАЦІЯ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглядається розробка освітлювальної установи книгарні, як багатофункціональний простір.

У першій частині роботи проведено аналіз сучасних тенденцій розвитку книгарень як культурно-освітніх центрів, розглянуто основні світлотехнічні й ергономічні вимоги до різних функціональних зон приміщення, а також найкращі варіанти технічних рішень в проєктуванні.

У другій частині роботи виконано світлотехнічні розрахунки методом коефіцієнта використання світлового потоку для шести зон книгарні, визначено оптимальну кількість та параметри світильників (зокрема, LEDVANCE PANEL COMFORT 33W), а також розраховано показники встановленої та питомої потужності системи. Здійснено комп'ютерне моделювання в програмному комплексі DIALux evo 13.0.

У третій частині роботи наведені візуалізації та результати розрахунків комп'ютерного моделювання та надані рекомендації щодо реалізації.

У четвертій частині комплексно розглянуто питання охорони праці та пожежної безпеки, проаналізовано потенційні небезпечні та шкідливі чинники під час монтажу освітлювальної установки, розраховане занулення.

Основними результатами бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка освітлювальної установи книгарні.

Ключові слова: освітлювальна установка, книгарня, світлодіодне освітлення, комп'ютерне моделювання, показник дискомфорту UGR.

Загальний обсяг бакалаврської кваліфікаційної роботи становить: сторінок – 62, рисунків – 20, таблиць – 6, формул – 14, літературних джерел – 29.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Принципи дизайну освітлення для книгарні	10
1.1.1 Вибір правильних типів освітлення: огляд рішень Halcon Lighting	13
1.1.2 Налаштування літературної атмосфери	15
1.1.3 Поширені помилки освітлення книгарень	16
2 СВІТЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Характеристика книгарні	18
2.2 Аналіз зорових завдань в книгарні	20
2.2.1 Основні зорові ризики та їхнє технічне усунення	22
2.3 Вибір виду та системи освітлення	23
2.4 Вибір нормованих значень освітленості і коефіцієнта запасу	25
2.5 Вибір джерел світла	26
2.6 Вибір світлових приладів та їх розміщення	28
2.7 Світлотехнічний розрахунок	29
2.8 Комп'ютерне моделювання книгарні	33
3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	45
4.1 Задачі в області охорони праці	45
4.2 Аналіз умов праці і виявлення небезпечних та шкідливих факторів при монтажі освітлювальної установки книгарні	46
4.2.1 Небезпечні та шкідливі фактори	47
4.2.2 Мікроклімат робочої зони	48
4.3 Організація робочого місця при монтажі освітлювальної установки книгарні	49
4.4 Організаційні заходи та вимоги електробезпеки при виконанні	

робіт	51
4.4.1 Електробезпека та розрахунок системи занулення	53
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59

ВСТУП

Книгарня у наш час – це вже не просто місце, де продають книги. Вона перетворюється на культурний простір, що поєднує комерційну діяльність із просвітницькою та соціальною функцією.

Сучасні книгарні опанували нові ролі, вони стали: культурними центрами, в яких проходять літературні вечори; освітніми просторами для проведення майстер-класів, лекцій та дитячих занять; місцем відпочинку – місце, де не просто можна придбати книгу, а попиту каву, прочитати перші сторінки книги у зоні читання; цифрової інтеграції тобто, продаж електронних книг, використання онлайн-платформ для замовлень і доставки та мають соціальну місію – популяризація читання, підтримка локальних авторів, формування читацьких спільнот.

Попри вагомій ролі, перед книгарнями виникають виклики сучасності:

- конкуренція з онлайн-магазинами та електронними книгами.
- необхідність створювати унікальний досвід для відвідувачів, який неможливо отримати онлайн.
- оптимізація простору та освітлення для комфорту клієнтів і персоналу.

У сучасній книгарні освітлення має особливу роль: воно не лише забезпечує видимість, а й формує атмосферу. Правильне світлотехнічне рішення допомагає: підкреслити естетику книжкових полиць, створити затишок для читання, виділити окремі функціональні зони (торговельна, відпочинку, касова) та знизити втому очей у відвідувачів і працівників.

Актуальність роботи: Книгарня сьогодні – це простір, де освітлення стає частиною бренду й атмосфери. Забезпечення якісного та комфортного освітлення у книгарні є важливим чинником для створення сприятливих умов праці персоналу та зручності відвідувачів. Рациональне світлотехнічне рішення сприяє підвищенню ефективності роботи, естетичному сприйняттю простору та економії енергоресурсів.

Мета бакалаврської кваліфікаційної роботи. Розробити освітлювальну установку для книгарні, яка забезпечить оптимальні умови освітлення відповідно до нормативних вимог, ергономічних та естетичних критеріїв.

Об'єкт роботи. Освітлювальна система книгарні.

Предмет дослідження. Методи та технічні рішення для проектування освітлювальної установки у книгарні.

Практичне значення. Розроблені рекомендації можуть бути використані для проектування та модернізації освітлювальних систем у торговельних закладах, що дозволить підвищити якість обслуговування клієнтів та знизити енерговитрати.

Задачі бакалаврської кваліфікаційної роботи

1. Проаналізувати сучасні тенденції розвитку книгарень та нормативні вимоги до освітлення торговельних приміщень.
2. Виконати світлотехнічні розрахунки для різних функціональних зон книгарні.
3. Оцінити результати розрахунків, визначити енергоефективність та надати практичні рекомендації щодо застосування освітлювальної установки.
4. Розглянути питання охорони праці при монтажі та експлуатації освітлювальної системи.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Сучасні книгарні у світі та в Україні трансформуються з торговельних точок у багатофункціональні культурні простори: вони поєднують продаж книг із кав'ярнями, лекторіями та клубними зонами, а дизайн і освітлення стають ключовими елементами їхньої привабливості, але основний акцент все ж таки є, на продаж та розповсюдження друкованої літератури.

Згідно з даними дослідження Українського інституту книги (УІК) за 2025 рік, опублікованими у травні 2026 року, український книжковий ринок демонструє стагнацію на тлі структурних змін [1].

Тенденції книгодруку (рис. 1.1): Зростання асортименту: Кількість виданих назв книг і брошур збільшилася на 4% (до 15 069 назв).



Рисунок 1.1 – Статистика друку книг в Україні [1]

Зменшення тиражів: Сукупний річний наклад скоротився на 1,75% (до понад 33 млн примірників).

Загальний стан: Виробництво відновлюється після падіння 2022 року, але все ще не досягло доковідного рівня.

З боку держави іде підтримка та пропозиції розвитку. Надані пільги з ПДВ, обмеження імпорту, програма «єКнига» для 18-річних та інтеграція книжок у програми держдопомоги.

За оцінкою Українського інституту книги необхідні наступні кроки для підтримки друкарської діяльності в Україні: масштабні закупівлі для бібліотек, субсидії для книгарень, розширення «єКниги» на батьків новонароджених та підвищення Національного кешбеку на книги до 50%. Але в реальності цікавість книжками не на високому рівні (рис. 1.2) [2].

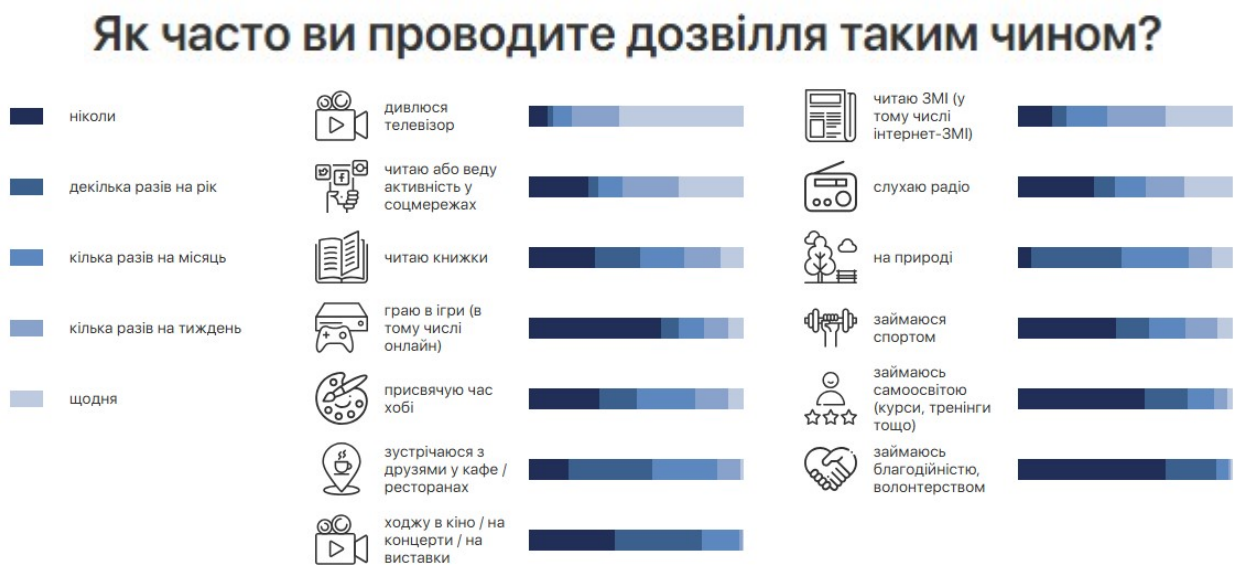


Рисунок 1.2 – Статистика дозвілля в Україні [2]

1.1 Принципи дизайну освітлення для книгарні

Перш за все книгарні відносяться до магазинів роздрібної торгівлі. В роботі [3, 4] автори звертають увагу, що перш ніж почати купувати світильники та розміщувати їх у своєму просторі, важливо зрозуміти кілька ключових концепцій дизайну освітлення. Ці принципи необхідно застосовувати по всьому магазину. Ніхто не зайде в задню частину вашого магазину, якщо там темно!

Акцентування. Акцентування досягається за допомогою прожектора або будь-якої іншої форми сфокусованого, помірно яскравого світла (рис. 1.3). Слід зосередити увагу на товарах, рекламних вивісках або будь-чому



Рисунок 1.3 – Акцентне освітлення

іншому, що клієнт повинен бачити.

Це освітлення не повинно бути надто яскравим. Магазин, повний різких прожекторів, має неприродний та заплутаний вигляд [5]. Варто зберегти найяскравіші лампи для представлених товарів.

Створення атмосфери (рис. 1.4). Освітлення є основою атмосфери. Книгарня, залита м'яким, теплим світлом, створює розслаблену та інтимну атмосферу, спонукаючи клієнтів сповільнитися, переглянути книги та зануритися у світ книг. Retail Customer Experience зазначає, що тепліше освітлені зони спонукають клієнтів затримуватися довше, що безпосередньо впливає на час перегляду та потенційні покупки. І навпаки, яскравіше, холодніше освітлення може створити більш енергійне середовище, придатне для виділення певних розділів або акцій. Стратегічне використання світла та тіні може відобразити шлях клієнта магазином, тонко спрямовуючи його до виділених зон та створюючи відчуття відкриття.

Функціональність: легка навігація світом слів: окрім атмосфери, функціональне освітлення є надзвичайно важливим. Клієнтам потрібно легко орієнтуватися в проходах, читати корінці книг і комфортно гортати сторінки. Вдало розміщене освітлення гарантує, що кожен куточок вашої книгарні буде доступним і привабливим. Вертикальне освітлення, що фокусує світло на стінах і книжкових полицях, посилює відчуття глибини та легкості, роблячи простір більш привабливим для дослідження. The Lighting Outlet наголошує на тому, що жоден покупець не наважиться зайти в погано освітлену зону в задній частині магазину, підкреслюючи необхідність рівномірного та привабливого освітлення в усьому просторі.

Виділення літературних “скарбів” та спрямування погляду: Стратегічне освітлення виконує роль візуального мерчендайзера, привертаючи увагу до представлених вітрин, нових релізів та спеціальних колекцій. Акцентне освітлення, що досягається за допомогою прожекторів або сфокусованих променів, може виділити ключові товари та рекламні вивіски, гарантуючи, що ці зони привернуть увагу покупців. The Lighting Outlet рекомендує зосередити акцентне освітлення на товарах та вивісках розпродажів, спрямовуючи погляд покупця на товари, що їх цікавлять, та стимулюючи продажі. Це створює візуальну ієрархію, що дозволяє покупцям легко знаходити те, що вони шукають, та відкривати для себе нові літературні скарби.



Рисунок 1.4 – Створення атмосфери, виділення літературних “скарбів” та спрямування погляду

Збереження сторінок: захист книг за допомогою продуманого освітлення: Освітлення книгарень також повинно враховувати делікатну природу книг. Надмірне ультрафіолетове випромінювання та тепло від традиційного освітлення можуть з часом пошкодити сторінки та вицвісти обкладинки. Перехід на світлодіодне освітлення без ультрафіолетового

випромінювання та низького нагрівання має вирішальне значення для збереження ваших товарів. Світлодіоди мінімізують ці ризики, гарантуючи, що ваші книги залишатимуться в ідеальному стані протягом багатьох років.

Енергоефективність: економія на освітленні та сталий розвиток: Книгарні часто потребують продовженого робочого часу, що робить енергоефективність критично важливим фактором. Світлодіодне освітлення пропонує значну економію енергії порівняно з традиційними лампами розжарювання або люмінесцентними лампами, знижуючи експлуатаційні витрати та сприяючи більш сталому бізнесу. Stouch Lighting підкреслює енергоефективність як ключову перевагу хорошого освітлення, що безпосередньо призводить до економії коштів для бізнесу. Крім того, світлодіоди мають значно довший термін служби, зменшуючи витрати на обслуговування та заміну. Р озгляньте можливість модернізації існуючих світильників за допомогою наших ефективних комплектів для модернізації світлодіодних світильників для економічно ефективного переходу на енергозберігаюче освітлення.

1.1.1 Вибір правильних типів освітлення: огляд рішень Halcon Lighting

Для досягнення оптимального освітлення книгарні важливо використовувати різні типи світла нашаруванням. Ось короткий огляд типів освітлення та відповідних світильників Halcon (табл. 1.1) [5]:

Зонування для літературного освітлення: адаптація освітлення до зон книгарень. Ефективне освітлення книгарні передбачає врахування конкретних потреб кожної зони у просторі (табл 1.2).

1.1.2 Налаштування літературної атмосфери

Правильне освітлення – це не просто типи світильників. Можна ще виділити декілька ключових моментів [3-5]:

Таблиця 1.1 – Рекомендації щодо освітлювальних приладів Halcon за типом освітлення [5]

Тип освітлення	Мета	Рекомендовані світильники Halcon
Освітлення навколишнього середовища	Загальне, габаритне освітлення	Трофери та панелі, світильники для прихованого монтажу, лінійні світильники (стрічкові/обгорткові)
Освітлення робочого місця	Сфокусоване світло для певних видів діяльності	Підвісні світильники, регульовані лінійні світильники, світлові панелі
Акцентне освітлення	Виділення особливостей та візуальної цікавості	Декоративні підвісні світильники, світлові панелі, спрямовані приховані світильники, решітчасті світильники

Таблиця 1.2 – Рекомендації щодо освітлення книгарень за зонами [5]

Зона книгарень	Фокус освітлення	Рекомендовані типи освітлення
Вхід та зона привітання	Привітний, яскравий, гостинний	Освітлення вивісок, декоративне підвісне/приховане кріплення
Переглянути проходи та стелажі	Рівномірне вертикальне освітлення, читабельність	Освітлення навколишнього середовища (трофери/панелі), вертикальне освітлення полиць (лінійні світильники/світлові панелі), контроль відблисків
Рекомендовані дисплеї	Драма, візуальний вплив, фокусні точки зору	Акцентне освітлення (підвісні світильники/світлові панелі), кольоровий контраст
Куточки для читання	Затишно, комфортно, розслаблено	М'яке навколишнє освітлення, робоче освітлення (підвісне/регульоване лінійне), тепліші колірні температури
Каса	Функціональні, яскраві, ефективні транзакції	Робоче освітлення (лінійні світильники), навколишнє заповнююче світло (прихований монтаж/панелі)
Бек-офіс та складське приміщення	Практичний, Ефективний, Безпечний	Високопродуктивне навколишнє освітлення (паронепроникні світильники/лінійні світильники)

1. Корельована колірна температура: вона суттєво впливає на настрій книгарні. Тепліші колірні температури (2700K-3000K) створюють затишну, розслаблюючи атмосферу, ідеальну для куточків для читання та перегляду книг, сприяючи довшому часу перебування клієнтів [3-5]. Холодніші температури (3500K-4000K) пропонують більш енергійне та яскраве відчуття, що підходить для загальних проходів та робочих зон, якщо потрібна більш яскрава атмосфера. Colour Graphics зазначає, що тепліші кольори створюють інтимність та комфорт, тоді як холодніші кольори мають більш природне відчуття та сприяють тривалішому перегляду книг. Warehouse Lighting рекомендує використовувати температуру від 2700K до 4500K, щоб ефективно імітувати денне світло, уникаючи крайнощів, які можуть бути занадто різкими або занадто тьмяними.

2. Інтенсивність світла: люмени та люкси для оптимальної читабельності: Інтенсивність світла визначає яскравість книгарні. Відповідний рівень освітлення має вирішальне значення для комфортного читання та перегляду обкладинок книг [3-5]. Прагніть до нижчого рівня освітленості в зонах сидіння, щоб підтримувати розслаблену атмосферу, та вищого рівня освітленості в проходах та робочих зонах для функціональності. Балансування інтенсивності світла запобігає появі тьмяно освітлених, непривабливих кутів та надмірно яскравих, сліпучих зон.

3. Світлодіоди без ультрафіолетового випромінювання та низького нагрівання: Краще надавати перевагу світлодіодному освітленню, щоб мінімізувати ультрафіолетове випромінювання та тепловиділення, захищаючи цінні книжкові запаси від пошкодження та вицвітання. Світлодіоди за своєю суттю не містять ультрафіолетового випромінювання та виробляють значно менше тепла, ніж традиційне освітлення, що забезпечує довговічність ваших книг, особливо старих або цінних видань [3-5].

4. Контроль відблисків: необхідно мінімізувати відблиски у книгарні, щоб створити комфортний та приємний досвід перегляду. Відблиски можуть відволікати та створювати дискомфорт, особливо коли покупці намагаються

читати обкладинки книг або переглядати полиці [3-5]. Вибирайте світильники з розсіювачами, відбивачами або лінзами, щоб пом'якшити світло та зменшити відблиски. Ретельне розміщення та націлювання світильників також відіграють вирішальну роль у контролі відблисків. Компанія «Освітлення складу» спеціально рекомендує уникати відблисків, оскільки вони можуть відволікати та створювати дискомфорт для покупців.

5. Керування освітленням: Гнучкість та управління енергоспоживанням: Розгляньте можливість використання елементів керування освітленням, таких як димери та інтелектуальні системи освітлення. Димери дозволяють регулювати рівень освітлення протягом дня, створюючи різну атмосферу для денного та вечірнього часу. Інтелектуальні системи освітлення пропонують автоматизоване керування, планування та управління енергоспоживанням, що ще більше оптимізує економію енергії та адаптує освітлення до потреб вашої книгарні. Кольорова графіка пропонує затемнювати освітлення на нижніх полицях, щоб привернути увагу покупців донизу та заохотити їх довший час перегляду книг. Також можна встановити таймери для автоматичного вимикання світла після закриття, запобігаючи втратам енергії. Освітлення складу виділяє таймери як чудовий спосіб скоротити витрати на освітлення [3-5].

1.1.3 Поширені помилки освітлення книгарень

Наводять кілька поширених помилок, яких слід уникати [3-5]:

Недостатнє вертикальне освітлення полиць: Недостатнє освітлення корінців книг на полицях є серйозною помилкою. Клієнтам потрібно легко бачити назви книг, щоб переглядати їх.

Надмірно яскраве або різке освітлення: створення стерильної та непривітної атмосфери за допомогою надмірно яскравого клінічного освітлення може відлякати клієнтів від затримки біля полиць.

Відблиски та відблиски: Неконтрольовані відблиски створюють дискомфорт і заважають перегляду, ускладнюючи для клієнтів оцінку вашої колекції книг.

Невідповідні стилі освітлення: Розрізнене поєднання стилів освітлення може створити хаотичний та непрофесійний вигляд. Підтримуйте цілісний дизайн освітлення по всій книгарні, щоб підкреслити свій бренд та створити вишукану естетику.

Ігнорування природного освітлення: максимально використовуйте природне денне світло, коли це можливо. Доведено, що природне світло покращує настрій, пам'ять і розуміння, покращуючи враження від перебування в книгарні. Освітлення складів підкреслює переваги природного освітлення в книгарнях, зазначаючи його позитивний вплив на настрій та потенціал економії коштів.

Нехтування технічним обслуговуванням: обирайте міцні, довговічні світильники, такі як світлодіодні, щоб мінімізувати потребу в технічному обслуговуванні. Регулярно перевіряйте та замініюйте перегорілі лампочки, щоб підтримувати стабільний рівень освітлення по всьому магазину.

Організація освітлення в торговельних просторах має вирішальне значення для створення комфортних умов для відвідувачів. Неправильно підібрані параметри, зокрема надмірна яскравість чи невідповідна колірна температура, можуть викликати перевтому очей, знижувати концентрацію та формувати відчуття дискомфорту. Натомість грамотно організоване освітлення забезпечує зручну орієнтацію у просторі, підсилює візуальну привабливість товарів і створює позитивне враження від перебування у закладі. Таким чином, освітлення в торгівлі поєднує естетичні, функціональні та психологічні аспекти, формуючи комплексний підхід до організації середовища.

2 СВІЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика книгарні

Технічна характеристика планування книгарні на основі архітектурного шаблону Bookstore Layout від EdrawMax визначає просторову структуру, ергономіку та функціональне зонування комерційного приміщення [10].

Проект орієнтований на створення вільного, інтуїтивно зрозумілого простору для відвідувачів.

- Загальні просторові характеристики: Відкрите комерційне планування (Open-space retail layout) з чіткими проходами для уникнення хаосу. Система класифікації товарів: Розміщення торгового обладнання оптимізоване під сортування книг за жанрами (бізнес, наука, мистецтво тощо) та за алфавітним порядком (прізвищами авторів).

- Функціональне зонування: Шаблон ділить площу на три ключові технологічні вузли:

Вхідна та розрахунково-касова зона: Обладнана стійкою рецепції/каси для обслуговування клієнтів, оформлення рахунків та формування замовлень.

Основний торговий зал: Зона розміщення книжкових стелажів. Проходи спроектовані так, щоб забезпечити безперешкодний доступ до всіх категорій літератури без створення заторів та скупчень людей.

Зона відпочинку та читання: Спеціально виділений простір із сидячими місцями (крісла, дивани або стільці), де покупці можуть ознайомитися з текстовим матеріалом перед прийняттям рішення про покупку.

- Технічні вимоги до обладнання та ергономіки. Меблеве обладнання: Пристінні книжкові шафи високої місткості, острівні двосторонні стелажі середньої висоти для збереження оглядовості залу, меблі для відпочинку.

- Ергономіка проходів: ширина технологічних проходів між стелажами розрахована на паралельний рух двох людей та вільний доступ до нижніх

полиць.

- Освітлення: багаторівнєве – загальне розсіяне світло для залу та спрямоване акцентне освітлення (індекс кольоропередачі CRI > 90) безпосередньо на полиці з книгами та у зоні для читання.

Книгарня займає 96 м² в частині одноповерхової будівлі.

- Основний торговий зал: 55 м² (57% площі)
- Дитяча ігрова зона: 12 м² (13% площі)
- Зона відпочинку та читання для дорослих: 10 м² (10% площі)
- Міні-склад: 10 м² (10% площі)
- Вхідна та касова зона: 6 м² (7% площі)
- Санвузол (WC): 3 м² (3% площі)

2. Кількості книжкових полиць (на 3000 книг).

Для розміщення такої кількості літератури знадобиться сумарно 50 окремих полиць (за умови, що на одній полиці довжиною 1,5 метр поміщається близько 50-60 книг):

У дорослому залі (30 полиць): 5 пристінних стелажів (висота 2.2 м, по 6 полиць на кожному).

В острівній зоні (12 полиць): 3 низькі двосторонні гондоли (висота 1.4 м, по 2 полиці з кожного боку).

У дитячій зоні (8 полиць): 2 безпечні низькі стелажі (висота 1.2 м, по 4 полиці для дитячих книжок та розмальовок).

На складі: додаткові посилені металеві стелажі для зберігання нерозібраних коробок і запасу.

План книгарні наведений на рисунку 2.1. Технічні особливості виділених зон:

1. Дитяча ігрова зона (12 м²): Розташована у дальньому лівому кутку, подалі від скляного входу та каси з міркувань безпеки. Вона межує із загальною зоною відпочинку, щоб батьки могли комфортно пити каву чи читати, тримаючи дітей у полі зору. Оснащується м'яким ковrolіном та меблями без гострих кутів.

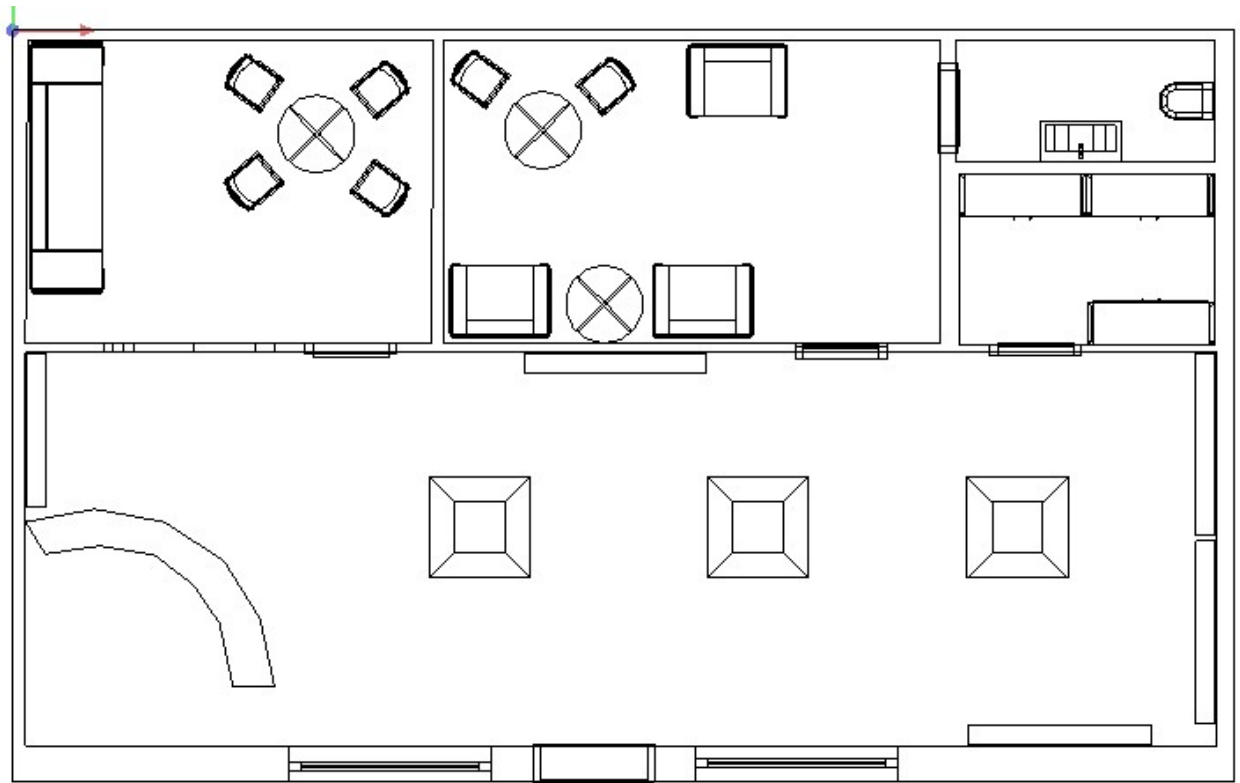


Рисунок 2.1 – План книгарні

2. Логістика складу та санвузол: розсташовані в правому кутку будівлі. Двері складу виходять у торгову зону прямо за касою, що дозволяє персоналу миттєво доносити книги на полиці та контролювати приміщення.

3. Безпека стін: всі 6 пристінних стелажів дорослого залу повинні мати упор на підлогу (самонесучий каркас) та фіксуватися до стіни анкерами.

2.2 Аналіз зорових завдань в книгарні

Аналіз зорових робіт у книгарні є основою для проектування безпечного простору згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [11, 12]. Основна мета аналізу – мінімізувати втому очей відвідувачів та персоналу під час взаємодії з текстом різного розміру та на різних площинах.

Усі зорові роботи в книгарні можна поділити на чотири основні категорії залежно від локації та характеру завдання.

1. Категорії та характеристики зорових робіт за зонами

- Основний торговий зал (Стелажі та книжні островні)

Тип зорової роботи: Розрізнення тексту на вертикальних та похилих площинах.

Об'єкт розрізнення: Назви книг на корінцях, анотації, дрібний шрифт цінників (розмір елементів від 1.5 до 4 мм).

Характеристика фону: Переважно строкатий (кольорові обкладинки), контраст між текстом та фоном – від середнього до високого.

Специфіка ніші: Робота відбувається на різній висоті (від 0.2 м на нижніх полицях до 2.2 м на верхніх), що вимагає специфічного розподілу світла.

Клас зорової роботи (за ДБН): IV (середньої точності) або V (малої точності).

- Зона відпочинку та читання для дорослих

Тип зорової роботи: Тривале читання друкованого або електронного тексту на горизонтальній або похилій площині (в руках відвідувача).

Об'єкт розрізнення: Шрифт книги (зазвичай кегль 8-11, розмір елементів менше 1 мм), книга.

Характеристика фону: Світлий (папір), контраст високий (чорний шрифт на білому/кремовому фоні). Проте тривалість процесу створює високе навантаження на акомодацийний апарат ока.

Клас зорової роботи (за ДБН): III (високої точності – через тривалість фокусування).

- Розрахунково-касова зона та рецепція

Тип зорової роботи: Комбінована робота «людина-екран-документ».

Об'єкт розрізнення: Текст на екрані монітора/POS-термінала, дрібний шрифт на фіскальних чеках, захисні елементи на банкнотах, номери дисконтних карток.

Характеристика фону: Контрастний, але ускладнений постійною зміною фокусу (зблизька на екран – вдалину на покупця).

Клас зорової роботи (за ДБН): III або IV (робота за комп'ютером).

- Дитяча ігрова зона

Тип зорової роботи: Розглядання великих кольорових об'єктів, малювання, читання великошрифтових дитячих книжок.

Об'єкт розрізнення: Великі літери (від 5 мм), іграшки, деталі конструкторів.

Характеристика фону: Переважно яскравий, насичений. Головна проблема – розрізнення предметів у динаміці (під час руху дітей).

Клас зорової роботи (за ДБН): VI (груба зорова робота).

2.2.1 Основні зорові ризики та їхнє технічне усунення

При проєктуванні книгарні площею 96 м² необхідно нівелювати три головні загрози для зору: прямий та відбитий блиск, зорова втома від пульсації (мерехтіння) та нерівномірність освітлення.

Прямий та відбитий блиск: Ризик: Глянцеві обкладинки книг, ламіновані цінники та екрани гаджетів відбивають світло від ламп прямо в очі, викликаючи засліплення та головний біль. Усунення: Використання світильників із захисним кутом (глибока посадка світлодіода) та антивідблискових розсіювачів. Напрямок світла від треків має йти під кутом до полиці, а не перпендикулярно до неї.

Зорова втома від пульсації (мерехтіння): Ризик: Дешеві LED-драйвери мають приховану пульсацію світла (понад 10%), яку мозок фіксує, хоча око не бачить. Це веде до швидкої втоми та небажання клієнта довго перебувати в магазині. Усунення: Коефіцієнт пульсації світлового потоку в залі та зоні читання повинен строго становити.

Нерівномірність освітлення: Ризик: Коли освітлена лише підлога, а верхні полиці або стеля залишаються в тіні, око постійно переадаптується під час переведення погляду. Усунення: Забезпечення циліндричної освітленості (світло має якісно падати на вертикальні поверхні шаф). Співвідношення

максимальної освітленості до мінімальної в торговому залі не повинно перевищувати 3:1.

Відповідно нормативним документам [11, 12] для різних зон магазину необхідно врахувати різні вимоги (табл 2.1).

Таблиця 2.1 – Вимог до параметрів зорового середовища

Локація (Зона)	Площина роботи	Норма освітленості (лк)	Індекс кольоропередачі (Ra/CRI)	Допустимий показник дискомфорту (UGR)
Торговий зал	Вертикальна (полиці)	400 - 500	≥ 90 (критично для обкладинок)	≤ 22
Каса	Горизонтальна (стіл)	500	≥ 80	≤ 19
Зона читання	Горизонтальна / Похила	300 - 400	≥ 90	≤ 19 (мінімум блиску)
Дитяча зона	Горизонтальна (підлога/столи)	300	≥ 90	≤ 22

2.3 Вибір виду та системи освітлення

Для книгарні найкращим вибором є комбінована система освітлення, яка поєднує загальну та місцеве/акцентне освітлення із застосуванням сучасних джерел світла.

Такий підхід дозволить створити затишну атмосферу, забезпечить якісне розрізнення тексту на корінцях книг і оптимізує витрати на електроенергію.

Технічне обґрунтування вибору виду та систем освітлення для кожної зони книгарні згідно з ДБН В.2.5-28:2018, таке [11]

1. Вибір виду освітлення:

- за джерелом світла: світлодіодне (LED). Це єдиний економічно та технічно виправданий варіант для комерційного простору. LED-лампи не нагріваються (що безпечно для паперових книг), мають термін служби понад 50 000 годин і забезпечують стабільний світловий потік без мерехтіння.

- за функціональним призначенням: Робоче: обов'язкове для всіх зон у години роботи книгарні. Чергове/Аварійне: окремі світильники (над касами, складом та виходом) з вбудованими акумуляторами на випадок вимкнення світла (номінал роботи від 1–3 годин).

2. Вибір систем освітлення за зонами книгарні

Для такого простору недоцільно використовувати лише загальне рівномірне освітлення (наприклад, просто закласти всю стелю армстронгом), оскільки це зробить інтер'єр пласким та неефективним. Необхідно застосувати систему комбінованого освітлення.

1. Основний торговий зал повинен мати комбіновану систему освітлення: загальну + акцентну системи освітлення;

Основу мають складати трекові LED-системи (шинопроводи). Рейки монтуються на стелі вздовж ліній книжкових стелажів. Прожектори спрямовуються безпосередньо на полиці під кутом 30° – 45° , щоб освітити вертикальні площини корінців книг і уникнути відблисків. Корельована колірна температура 4000K (нейтральне біле світло), індекс кольоропередачі $CRI > 90$ (щоб обкладинки виглядали яскравими).

2. Дитяча ігрова зона: запланована загальна рівномірна освітлення. Використовуються підвісні або вбудовані матові LED-панелі великої площі чи лінійні світильники з широким кутом розсіювання (110° – 120°). Це створює м'яке світло без тіней, безпечне для дитячих очей під час активних ігор на підлозі чи малювання. ККТ 4000K, високий рівень захисту світильників від механічних пошкоджень (пластикові розсіювачі замість скла).

3. Зона відпочинку та читання для дорослих: Система повинна бути комбінована (приглушене загальне з додаванням вираженого місцевого освітлення. Загальне світло робиться приглушеним за допомогою точкових світильників (downlights). Біля кожного крісла чи дивана встановлюється місцеве освітлення – підлогові торшери або настінні бра зі спрямованим світловим потоком на рівні рук читача, та ККТ: 2700K–

3000K (тепле затишне світло, що стимулює розслаблення та тривале перебування в зоні).

4. Вхідна та касова зона: система повинна бути комбінованою (загальне + місцеве над робочим столом продавця). Над самою стійкою касира опускаються підвісні декоративні світильники (на відстані 1.2–1.5 м від стійки). Вони створюють візуальний акцент на зоні розрахунку та дають касиру достатньо світла для роботи з грошима, чеками та терміналом. На вході встановлюється яскравий загальний плафон для приваблення клієнтів з вулиці. ККТ 4000K, низький показник дискомфорту ($UGR \leq 19$), щоб у касира не втомлювалися очі за монітором.

5. Міні-склад та Санвузол. Загальна рівномірна система, яка буде реалізована з використанням накладних або врізні LED-плафони. Для санвузла критично вибрати світильники із захистом від вологи та пилу (клас IP44 або вище), а для складу – лінійні герметичні світильники, що дають світло вздовж усього проходу між коробками. Параметри: 4000K, просте керування від стандартних вимикачів (або датчиків руху для економії).

2.4 Вибір нормованих значень освітленості і коефіцієнта запасу

Згідно з ДБН В.2.5-28:2018, у приміщеннях проектованої книгарні нормується мінімальна освітленість на робочих поверхнях відповідно до складності та точності зорових робіт. Це безпосередньо враховано у визначенні нормативних показників для різних розрядів і підрозділів робочого освітлення – від високої точності при тривалому читанні тексту в зоні відпочинку та розпізнаванні дрібного шрифту корінців на вертикальних площинах стелажів, до грубої зорової роботи в дитячій ігровій зоні.

Для гарантованого забезпечення мінімальної нормованої освітленості в процесі тривалої експлуатації книгарні, попри природне зниження світлового потоку через старіння світлодіодів та забруднення оптичних елементів світильників, у розрахунки введено коефіцієнт запасу. Його значення

встановлено відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 з урахуванням використання сучасних LED-джерел світла та специфіки умов їхньої роботи в комерційному просторі.

Значення нормованої освітленості для кожного функціонального приміщення та зони книгарні, із зазначенням рівня та типу площини (горизонтальної чи вертикальної), на якій вона регламентується, наведені у світлотехнічній відомості. Нище наведена порівняльна таблиця 2.2 можливих світлотехнічних рішень для книгарні.

Таблиця 2.2 – Порівняння світлотехнічних рішень для книгарні

Тип освітлення	Переваги	Недоліки
LED-освітлення	- Висока енергоефективність - Довгий термін служби - Рівномірне світло - Можливість регулювання яскравості та кольору	- Вища початкова вартість - Потреба у якісних драйверах для стабільної роботи
Трекові системи	- Гнучкість у розташуванні світильників - Легке переналаштування під різні експозиції - Добре підходять для акцентного освітлення полиць та зон	- Вища ціна порівняно зі стаціонарними системами - Потребують ретельного дизайну для уникнення «плям» світла
Декоративне освітлення	- Формує атмосферу затишку - Підкреслює інтер'єр та архітектурні деталі - Створює унікальний стиль книгарні	- Не забезпечує достатнього рівня робочої освітленості - Використовується лише як додаткове освітлення

2.5 Вибір джерел світла

Головними критеріями під час вибору типу джерел світла є їхні світлотехнічні параметри, які визначають загальну енергоефективність системи, та їхня відповідність специфічним умовам освітлюваного об'єкта.

До ключових характеристик джерел світла, що визначають можливість їхнього ефективного застосування в конкретних зонах, належать: електричні параметри (робоча напруга, споживана потужність); конструктивні особливості (габаритні розміри та форма світлових приладів); світлові показники (світловіддача, номінальний термін служби, яскравість); колориметричні властивості (спектральний склад випромінювання, колірна температура) та загальна економічна доцільність, що базується на оптимальному поєднанні зазначених параметрів.

Серед архітектурно-просторових параметрів книгарні, які необхідно враховувати на етапі вибору джерел світла, найважливішими є висота стелі, інтер'єрний стиль, відбивальні властивості поверхонь (стін, підлоги) і торгових меблів (стелажів, гондол), а також характер зорових робіт у кожній зоні. Останній фактор визначає вимоги не лише до точності сприйняття форм і розмірів об'єктів, але й до максимальної точності передачі кольорів книжкових обкладинок.

Зважаючи на високу експлуатаційну надійність та значну світлову ефективність сучасних світлодіодних (LED) джерел світла, вони є найбільш обґрунтованим вибором для комерційних приміщень громадських будівель із високими нормативними вимогами до рівнів освітленості. У порівнянні з традиційними газорозрядними лампами, світлодіоди є значно енергоефективнішими, оскільки мають тривалий життєвий цикл без потреби в регулярній заміні, що дозволяє швидко окупити вищі початкові капітальні інвестиції за рахунок зниження поточних експлуатаційних витрат. Крім того, повна відсутність у їхній структурі токсичних речовин (зокрема ртуті) гарантує екологічну безпеку та спрощує процес утилізації, а суттєве зниження пускових і робочих струмів зменшує навантаження на внутрішню мережу електропостачання книгарні, підвищуючи їхню загальну надійність.

2.6 Вибір світлових приладів та їх розміщення

Для забезпечення відповідності сучасним вимогам до систем освітлення необхідно здійснити вибір світлових приладів за такими критеріями: конструктивне виконання (дизайн та рівень захисту від пилу й вологи), світлорозподіл, показники блискості, енергоефективність, ступінь інтеграції в інтер'єр приміщення та умови його експлуатації.

Ці параметри були враховані при виборі світлодіодних світильників для освітлення книгарні. Обрані моделі мають ступінь захисту IP20, забезпечують оптимальний світлорозподіл, що сприяє енергоефективності розробленої системи освітлення та створенню комфортного світлового середовища. Це, у свою чергу, позитивно впливає на підвищення продажів товарів. Для 100 % реалізації проєкту краще обирати світлові прилади відомих виробників які є на ринку, світових виробників : Philips, Zumtobel, iGuzzini або українського виробника Intelis/Schreder, або українських Ledvance. У таблиці 2.3 наведені характеристики обраних світлових приладів.

Таблиця 2.3 – Параметри світильників

№	Тип СП	Ступінь захисту IP	Cos φ	Габаритні розміри, мм
1	LEDVANCE PANEL COMFORT	IP 20	0,9	600 x 600

Для загального освітлення необхідно розташовувати світлові прилади рівномірно враховують наступні аспекти:

1. відстань між світильниками повинна бути наближеною до оптимального співвідношення L/h (де L – відстань між світильниками, h – висота їх підвісу над робочою поверхнею), що безпосередньо залежить від форми кривої сили світла;

2. оптимальні інтервали визначаються відповідно до схеми розміщення та геометрії приміщення – як між світильниками в рядах, так і між самими рядами.

3. Для досягнення максимально рівномірного розподілу освітленості на робочих поверхнях книгарні світильники встановлені рядами з дотриманням оптимальних відстаней. Такий підхід забезпечує комфортне сприйняття широкого асортименту товарів відвідувачами, сприяє збільшенню часу їх перебування у магазині та, відповідно, підвищує обсяги продажів.

2.7 Світлотехнічний розрахунок

Світлотехнічний розрахунок передбачає визначення типів, потужності, кількості, схеми та координат розташування світильників, що забезпечують відповідність нормованим світлотехнічним характеристикам освітлювальної системи [13, 14].

Для визначення параметрів загального рівномірного освітлення поверхонь приміщень використовується метод коефіцієнта використання, який дозволяє врахувати як пряму, так і відбиту складові освітленості.

«Розрахунок за методом коефіцієнта використання полягає в визначенні коефіцієнта η , що дорівнює відношенню світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню до повного потоку світлового приладу [13, 14]. На практиці значення коефіцієнтів використання знаходяться по таблицях, що пов'язують геометричні параметри приміщень (індекс приміщень i) з їх оптичними характеристиками ($\rho_{\text{с}}, \rho_{\text{ст}}, \rho_{\text{р п}}$)» – посилання Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Світлотехнічні установки та системи», авторів В. С. Чернець, О. І. Лісна, О. М. Ляшенко, Д. П. Зубков.

Розрахункова висота для приміщення можна визначити за формулою [14]:

$$h_p = H - h_{pn} - h_{zc}, \quad (2.1)$$

де: h_p – розрахункова висота, м;

H – висота приміщення, м;

h_{pn} – висота робочої поверхні, м;

h_{zc} – висота звісу світильника, м.

«Для визначення табличного значення η знаходять індекс даного приміщення з коефіцієнти відбиття ρ_c – стелі, $\rho_{ст}$ – стін та ρ_{pn} – розрахункової поверхні або підлоги. Індекс приміщення визначають по формулі» [13, 14]:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_p \cdot (a + b)}, \quad (2.2)$$

де: a – довжина приміщення, м;

b – ширина приміщення, м;

h – розрахункова висота, м.

В методичних вказівках коефіцієнт використання наведений в таблицях [13, 14]. Далі розраховують необхідну кількість світлових приладів, які б забезпечували нормовану освітленість [16]»:

$$N = \frac{E \cdot \kappa \cdot z \cdot S}{\eta \cdot \Phi \cdot n}, \quad (2.3)$$

де: N – кількість світлових приладів в приміщенні, шт;

Φ – світловий потік ламп, лм;

E – нормоване значення освітленості, лк;

κ – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, 1 – 1,2;

S – площа приміщення, м²;

η – коефіцієнт використання;

n – кількість ламп в одному світловому приладі, шт.

Потужність освітлювальної установки можна визначити за формулою (2.4):

$$P_{oy} = N \cdot n \cdot P_l \cdot \kappa_{ПРА}, \quad (2.4)$$

де P_{oy} – потужність освітлювальної установки, кВт;

N – кількість світильників в приміщенні,

n – кількість ламп у світильнику;

P_l – потужність лампи, кВт;

$\kappa_{ПРА}$ – коефіцієнт потужності ПРА, $\kappa_{ПРА} = 1$.

Визначу необхідну кількість світлових приладів для торговельного залу. Площа торговельного залу становить 45,52 м². Освітлення всіх приміщень книгарні буде здійснено світлодіодними світильниками фірми LEDVANCE PANEL COMFORT 600 UGR<19 PS 33W 840 U19 PS, потужністю 33 Вт, світловий потік 4320 лм із світловою віддачею 130,9 лм/Вт.

Розрахункова висота:

$$h_p = 2,8 - 0,8 - 0 = 2,0 \text{ м}$$

Індекс приміщення дорівнює:

$$i = \frac{11,75 \cdot 3,874}{2,0 \cdot (11,75 + 3,874)} = 1,45$$

Коефіцієнти відбиття стелі, стін та робочої поверхні відповідно 0,7; 0,6 та 0,25, коефіцієнт використання $\eta = 90\%$.

Необхідну кількість світильників визначу по формулі (2.3) :

$$N = \frac{500 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 45,52}{0,9 \cdot 4320 \cdot 1} = 5,58 \approx 6 \text{ шт}$$

За формулою (2.4) розрахую потужність освітлювальної установки:

$$P_{oy} = 6 \cdot 1 \cdot 33 \cdot 1 = 0,198 \text{ кВт}$$

Для інших приміщень за цими ж формулами проведемо аналогічні розрахунки для інших приміщень, результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Світлотехнічні розрахунки для книгарні

	Найменування приміщень	Тип СП	Кількість СП	Установлена потужність, кВт	Питома потужність, кВт/м ²	
					визначена	норма
1	Торговельний зал	LEDVANCE PANEL COMFORT 600 UGR<19 PS 33W 840 U19 PS	6	0,195	0,004	0,011
2	Дитяча ігрова зона		2	0,068	0,006	0,009
3	Зона відпочинку		2	0,063	0,004	0,009
4	Санвузол		1	0,033	0,011	0,011
5	Міні-склад		1	0,033	0,005	0,007

За формулою 2.5 знайду питому потужність [13, 14]:

$$W = \frac{P}{S}, \quad (2.5)$$

де: P – установлена потужність, кВт,

S – площа приміщення, m^2 .

Для торговельного залу питома потужність становить (табл 2.1):

$$W_1 = \frac{0,195}{45,52} = 0,004 \text{ кВт} / m^2$$

для освітленості 300 лк не повинна перевищувати 0,011 кВт/м², що відповідає нормативним значенням, визначені значення питомої потужності для інших приміщень наведена в таблиці 2.4.

2.8 Комп'ютерне моделювання книгарні

Комп'ютер моделювання книгарні я буду виконувати в програмі DIALux evo 13.0.

Нище наведений алгоритмом виконання комп'ютерного моделювання [16].

1. Маючи креслення книгарні, я по ньому побудував план у DIALux evo з дотриманням відповідних розмірів книгарні.

2. Для кожного приміщення були задані відповідні профілі з визначенням нормативних значень освітленості, відповідно європейським стандартам [12].

3. Додавання відповідно плану дверей і вікон.

4. Оздоблення приміщень, розміщення меблів, обладнання..

5. Вибір текстур та кольорової гами поверхонь в приміщенні

6. Розміщення світлових приладів в приміщенні відповідно визначеній кількості.

7. Для комплексної оцінки візуального комфорту світлового середовища книгарні в розрахунковій моделі виконують розстановку контрольних точок та задають необхідні площини проектування за основними якісними критеріями (зокрема, узагальненим показником дискомфорту (UGR) та циліндричною освітленістю ($E_{\text{ц}}$). Це дозволяє

математично обґрунтувати створення ергономічних, безпечних та комфортних умов тривалого перебування як для обслуговуючого персоналу (касирів, менеджерів залу), так і для відвідувачів різного віку в кожній із функціональних зон.

Візуалізація змодельованих приміщень і результати розрахунків наведені на рисунках 2.2 – 2.11.

В торговельному залі є різні пристінні стелажі, острови та стійка продавця (рис. 2.2, 2.3).

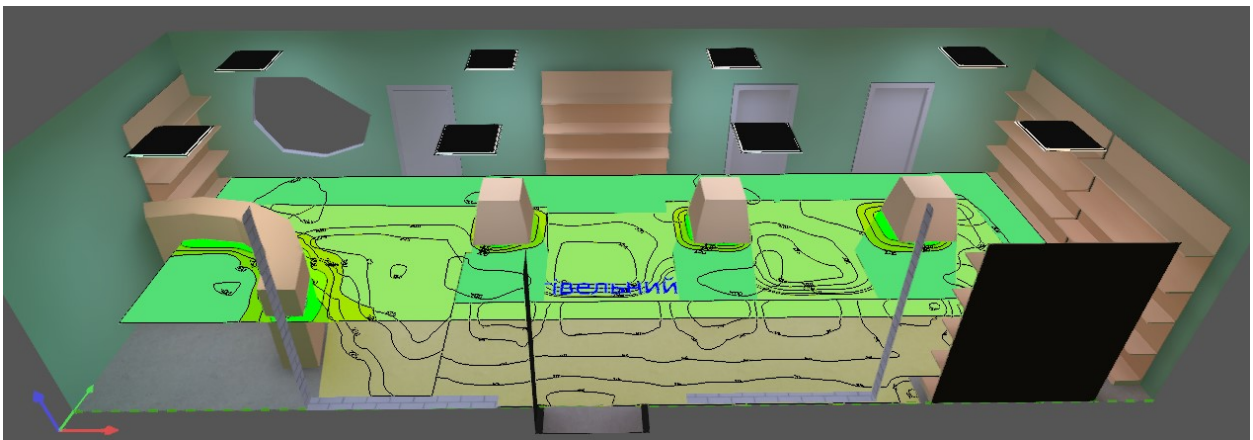


Рисунок 2.2 – Візуалізації торговельного залу книгарні

Результати

	Параметр	Розраховувано	Норматив	Відповідність	Позначення
Робоча площа	Е _{перпендикулярний}	331 lx	≥ 300 lx	✓	WPS
	U _o (g ₁)	0.44	≥ 0.40	✓	WPS
	Питома споживана потужність	8.55 W/m ²	–		
		2.58 W/m ² /100 lx	–		
Оцінка засліплення ⁽¹⁾	R _{UG, max}	18	≤ 22	✓	
Обсяги енергоспоживання ⁽²⁾	Енергоспоживання	[792 - 950] kWh/a	макс. 1600 kWh/a	✓	
Простір	Питома споживана потужність	5.80 W/m ²	–		
		1.75 W/m ² /100 lx	–		

(1) Базується на прямокутному просторі 11.750 m x 3.874 m та SHR 1.0.
 (2) Розраховано з використанням DIN:18599-4.

Профіль користування: Торговельні приміщення (35.1 Торговий зал)

Рисунок 2.3 – Результати розрахунків торговельного залу книгарні

Для маленьких відвідувачів книгарні є окрема кімнат з облаштованим простором (рис. 2.4, 2.5)

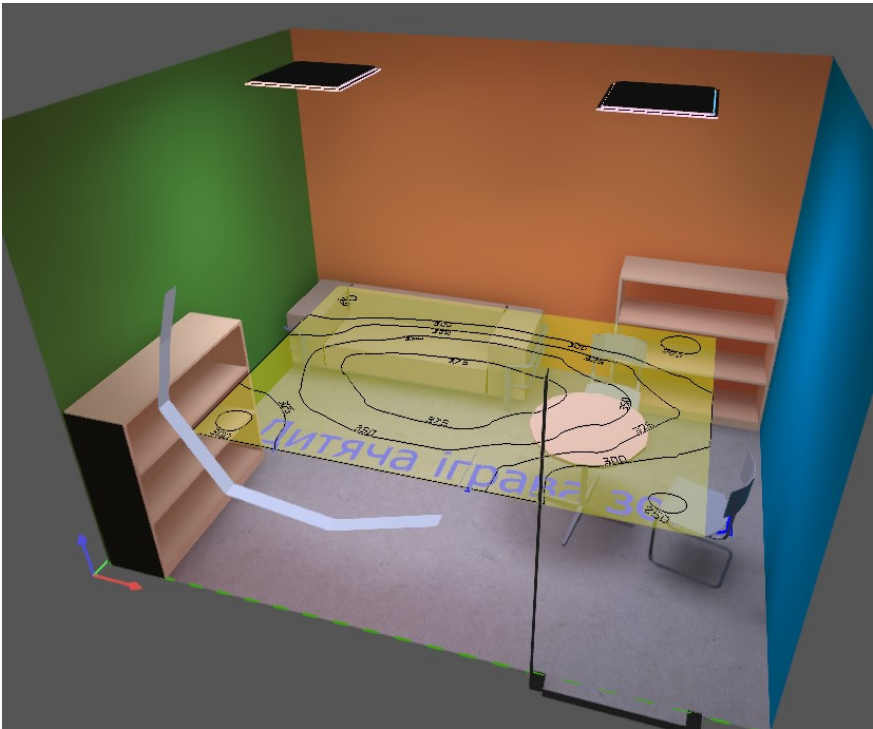


Рисунок 2.4 – Візуалізація дитячої ігрової зони

Результати

	Параметр	Розраховувано	Норматив	Відповідність	Позначення
Робоча площа	Е _{перпендикулярний}	327 lx	≥ 300 lx	✓	WP3
	U _o (g ₁)	0.75	≥ 0.40	✓	WP3
	Питома споживана потужність	10.14 W/m²	-		
		3.10 W/m²/100 lx	-		
Оцінка засліплення ⁽¹⁾	R _{UG, max}	17	≤ 22	✓	
Обсяги енергоспоживання ⁽²⁾	Енергоспоживання	87.8 kWh/a	макс. 450 kWh/a	✓	
Простір	Питома споживана потужність	5.50 W/m²	-		
		1.68 W/m²/100 lx	-		

(1) Базується на прямокутному просторі 4.027 m x 3.000 m та SHR 1.0.
(2) Розраховано з використанням DIN:18599-4.
Профіль користування: Навчальні приміщення - Дитячий садок, ігрова школа (43.1 Ігрові кімнати)

Рисунок 2.5 – Результати розрахунків дитячої ігрової зони

В зоні відпочинку передбачається, що покупець може в спокійній обстановці ознайомитись з книгою перед її придбанням, а може навіть зустрітись зі знайомими на чашку кави із гарною книгою (рис. 2.6, 2.7)



Рисунок 2.6 – Візуалізація зони відпочинку книгарні

Результати

	Параметр	Розраховувано	Норматив	Відповідність	Позначення
Робоча площа	Е _{перпендикулярний}	400 lx	≥ 400 lx	✓	WP4
	U _o (gr)	0.79	≥ 0.60	✓	WP4
	Питома споживана потужність	11.85 W/m ²	-		
		2.96 W/m ² /100 lx	-		
Оцінка засліплення ⁽¹⁾	R _{UG, max}	17	≤ 19	✓	
Обсяги енергоспоживання ⁽²⁾	Енергоспоживання	356 kWh/a	макс. 550 kWh/a	✓	
Простір	Питома споживана потужність	6.78 W/m ²	-		
		1.69 W/m ² /100 lx	-		

(1) Базується на прямокутному просторі 4.895 m x 2.984 m та SHR 1.0.
(2) Розраховано з використанням DIN:18599-4.
Профіль користування: Місця масових зібрань - Бібліотеки (41.2 Зони для читання)

Рисунок 2.7 – Результати розрахунків зони відпочинку книгарні

І залишається санвузол (рис. 2.8, 2.9) і міні-склад (рис. 2.10, 2.11).



Рисунок 2.8 – Візуалізація санвузла

Результати

	Параметр	Розраховувано	Норматив	Відповідність	Позначення
Робоча площа	Е _{перпендикулярний}	358 lx	≥ 75.0 lx	✓	WP1
	U _o (g _l)	0.85	≥ 0.40	✓	WP1
	Питома споживана потужність	17.94 W/m ²	–		
		5.01 W/m ² /100 lx	–		
Оцінка засліплення ⁽¹⁾	R _{UG, max}	14	≤ 25	✓	
Обсяги енергоспоживання ⁽²⁾	Енергоспоживання	27.2 kWh/a	макс. 150 kWh/a	✓	
Простір	Питома споживана потужність	10.78 W/m ²	–		
		3.01 W/m ² /100 lx	–		

(1) Базується на прямокутному просторі 2.550 m x 1.200 m та SHR 1.0.
(2) Розраховано з використанням DIN:18599-4.
Профіль користування: Зони загального користування всередині будівель - кімнати відпочинку, санітарні кімнати та кімнати для надання першої медичної допомоги (10.4 Гардеробні, умивальні, ванні кімнати, туалети)

Рисунок 2.9 – Результати розрахунків санвузла



Рисунок 2.10 – Візуалізація міні-складу

Результати

	Параметр	Розраховувано	Норматив	Відповідність	Позначення
Робоча площа	Е _{перпендикулярний}	230 lx	≥ 100 lx	✓	WP2
	U _o (g ₁)	0.45	≥ 0.40	✓	WP2
	Питома споживана потужність	13.86 W/m ²	–		
		6.03 W/m ² /100 lx	–		
Оцінка засліплення ⁽¹⁾	R _{UG, max}	14	≤ 25	✓	
Обсяги енергоспоживання ⁽²⁾	Енергоспоживання	119 kWh/a	макс. 200 kWh/a	✓	
Простір	Питома споживана потужність	7.75 W/m ²	–		
		3.37 W/m ² /100 lx	–		

(1) Базується на прямокутному просторі 2.519 m x 1.690 m та SHR 1.0.
(2) Розраховано з використанням DIN:18599-4.
Профіль користування: Торговельні приміщення (35.4 Складське приміщення)

Рисунок 2.11 – Результати розрахунків міні-складу

В результаті виконання світлотехнічного розділу бакалаврської каліфікаційної роботи, було розроблено проєкт освітлювальної установки книгарні. Запропонована концепція освітлення книгарні у відповідності до сучасних напрямків облаштування книгарень. Розроблена концепція базується на тому, що сучасні книгарні є не лише торговельним простором, а можуть стати осередком проведення якихось заходів, лекцій, літературних вечорів. Для реалізації концепції освітлення книгарні було обрано світлові прилади фірми LEDVANCE, Потужність освітлювальної установки становить 495 Вт. Розроблена освітлювальна установка створює рівень освітленості від 230 до 400 лк при нормі від 100 - 400лк. Оцінка засліплення знаходиться в межах від 14 до 18 при нормі від 17 до 22.

Проведене комп'ютерне моделювання дозволило отримати 3D-візуалізацію приміщень книгарні.

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ

Проектування освітлювальної установки книгарні виконано із суворим дотриманням нормативних значень національних стандартів України (ДБН В.2.5-28:2018) та з урахуванням сучасних європейських норм (EN 12464-1), що дозволило комплексно оцінити ключові кількісні та якісні показники світлового середовища.

На основі результатів проведеного аналізу об'єкта проектування, визначення специфічних нормативних вимог до зонованих просторів та дослідження актуальних тенденцій, було здійснено комп'ютерне моделювання книгарні в програмі DIALux evo 13.0. Таке тривимірне моделювання уможливило точне визначення технічних характеристик розробленої освітлювальної установки, а також детальну оцінку створеного світлового середовища у торговому залі, дитячій ігровій та відпочинковій зонах. Візуалізовані результати моделювання, карти ізоліній та світлотехнічні розрахунки наведені на рисунках 3.1 – 3.6.

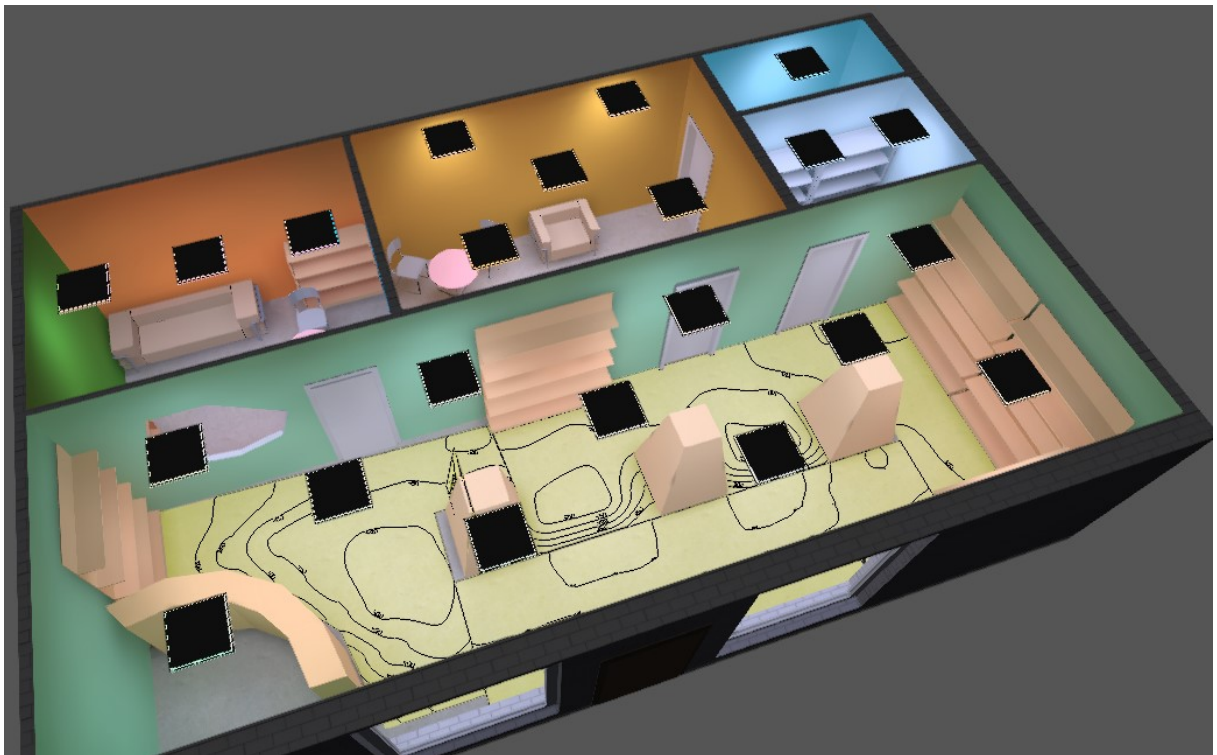


Рисунок 3.1 – Візуалізація розробленої освітлювальної установки книгарні

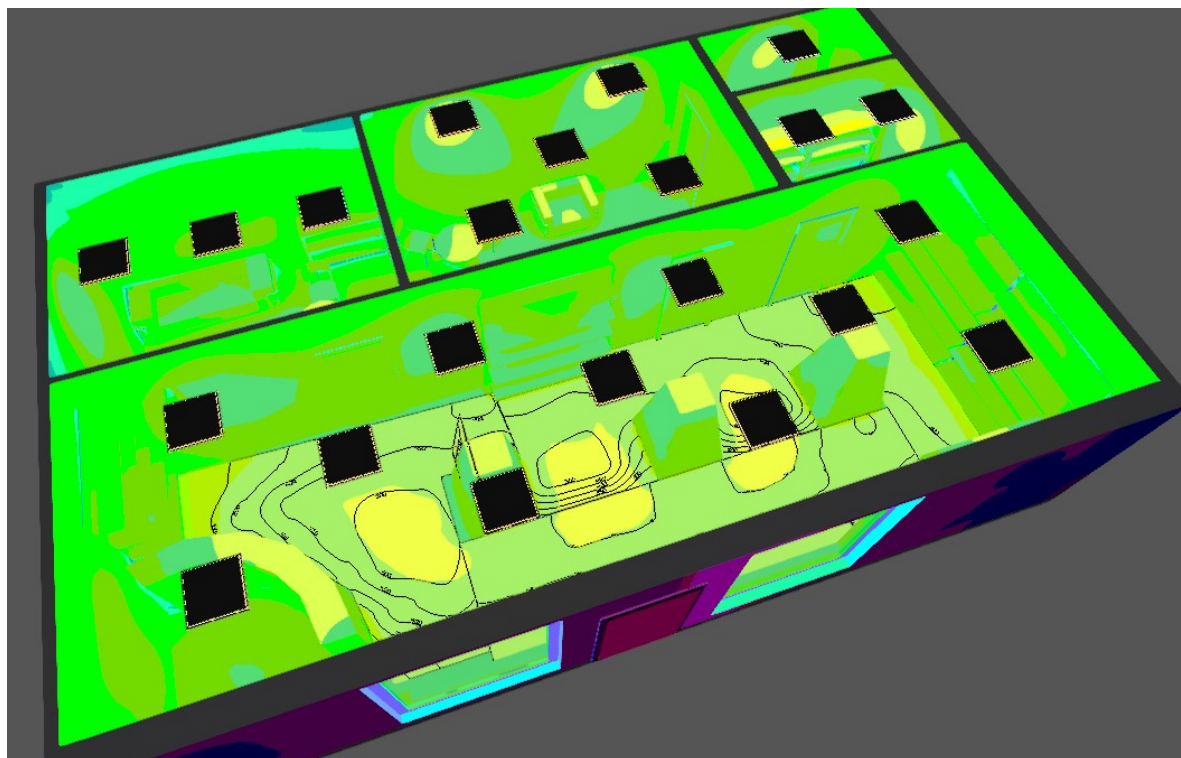


Рисунок 3.2 – Фіктивні кольори розробленої освітлювальної установки

Робочі площини

Властивості	E (Норматив)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0 (g_1)$ (Норматив)	$U_{\min}/\max$	Позначення
Робоча площа (Санвузол) Перпендикулярна освітленість Висота: 0.800 m, Відступ від стіни 0.180 m	358 lx (≥ 75.0 lx) ✓	304 lx	427 lx	0.85 (≥ 0.40) ✓	0.71	WP1
Робоча площа (міні склад) Перпендикулярна освітленість Висота: 0.800 m, Відступ від стіни 0.254 m	230 lx (≥ 100 lx) ✓	103 lx	331 lx	0.45 (≥ 0.40) ✓	0.31	WP2
Робоча площа (Дитяча ігрова зона) Перпендикулярна освітленість Висота: 0.800 m, Відступ від стіни 0.450 m	327 lx (≥ 300 lx) ✓	244 lx	394 lx	0.75 (≥ 0.40) ✓	0.62	WP3
Робоча площа (зона відпочинку) Перпендикулярна освітленість Висота: 0.800 m, Відступ від стіни 0.448 m	400 lx (≥ 400 lx) ✓	314 lx	473 lx	0.79 (≥ 0.60) ✓	0.66	WP4
Робоча площа (торгівельний зал) Перпендикулярна освітленість Висота: 0.800 m, Відступ від стіни 0.500 m	331 lx (≥ 300 lx) ✓	57.3 lx	432 lx	0.44 (≥ 0.40) ✓	0.13	WP5

Рисунок 3.3 – Результати розрахунків робочих площин

Дитяча іграва зона

Р _{всього} 66.0 W	Площа _{кімнати} 12.00 m ²	Питома споживана потужність 5.50 W/m ² = 1.68 W/m ² /100 lx (Простір) 10.14 W/m ² = 3.10 W/m ² /100 lx (Робоча площа)	Е _{перпендикулярний (Робоча площа)} 327 lx
-------------------------------	--	---	--

шт.	Виробник	Код виробу	Назва виробу	P	Ф _{світильник}
2	LEDVANCE	4099854015 113	PANEL COMFORT 600 UGR<19 PS 33W 840 U19 PS	33.0 W	4320 lm

зона відпочинку

Р _{всього} 99.0 W	Площа _{кімнати} 14.61 m ²	Питома споживана потужність 6.78 W/m ² = 1.69 W/m ² /100 lx (Простір) 11.85 W/m ² = 2.96 W/m ² /100 lx (Робоча площа)	Е _{перпендикулярний (Робоча площа)} 400 lx
-------------------------------	--	---	--

шт.	Виробник	Код виробу	Назва виробу	P	Ф _{світильник}
3	LEDVANCE	4099854015 113	PANEL COMFORT 600 UGR<19 PS 33W 840 U19 PS	33.0 W	4320 lm

мінісклад

Р _{всього} 33.0 W	Площа _{кімнати} 4.26 m ²	Питома споживана потужність 7.75 W/m ² = 3.37 W/m ² /100 lx (Простір) 13.86 W/m ² = 6.03 W/m ² /100 lx (Робоча площа)	Е _{перпендикулярний (Робоча площа)} 230 lx
-------------------------------	---	---	--

шт.	Виробник	Код виробу	Назва виробу	P	Ф _{світильник}
1	LEDVANCE	4099854015 113	PANEL COMFORT 600 UGR<19 PS 33W 840 U19 PS	33.0 W	4320 lm

Санвузол

Р _{всього} 33.0 W	Площа _{кімнати} 3.06 m ²	Питома споживана потужність 10.78 W/m ² = 3.01 W/m ² /100 lx (Простір) 17.94 W/m ² = 5.01 W/m ² /100 lx (Робоча площа)	Е _{перпендикулярний (Робоча площа)} 358 lx
-------------------------------	---	--	--

шт.	Виробник	Код виробу	Назва виробу	P	Ф _{світильник}
1	LEDVANCE	4099854015 113	PANEL COMFORT 600 UGR<19 PS 33W 840 U19 PS	33.0 W	4320 lm

торгівельний зал

Р _{всього} 264.0 W	Площа _{кімнати} 45.52 m ²	Питома споживана потужність 5.80 W/m ² = 1.75 W/m ² /100 lx (Простір) 8.55 W/m ² = 2.58 W/m ² /100 lx (Робоча площа)	Е _{перпендикулярний (Робоча площа)} 331 lx
--------------------------------	--	--	--

шт.	Виробник	Код виробу	Назва виробу	P	Ф _{світильник}
8	LEDVANCE	4099854015 113	PANEL COMFORT 600 UGR<19 PS 33W 840 U19 PS	33.0 W	4320 lm

Рисунок 3.4 – Результати розрахунків по приміщенням

Розрахункові поверхні

Властивості	E	E_{min}	E_{max}	$U_0 (g_1)$	U_{min}/max	Позначення
Розрахункова поверхня 1 Перпендикулярна освітленість Висота: 0.992 m	62.7 lx	0.00 lx	189 lx	0.00	0.00	CG1
Розрахункова поверхня 2 Перпендикулярна освітленість Висота: 0.000 m	290 lx	204 lx	351 lx	0.70	0.58	CG2
Розрахункова поверхня 3 Перпендикулярна освітленість Висота: 0.000 m	295 lx	233 lx	346 lx	0.79	0.67	CG3
Розрахункова поверхня 4 Перпендикулярна освітленість Висота: 0.000 m	293 lx	193 lx	343 lx	0.66	0.56	CG4

Рисунок 3.5 – Результати розрахунків розрахункових поверхонь

На основі отриманих результатів, рекомендується впровадити такі технічні та організаційні рішення:

1. Експлуатація та технічне обслуговування.

Регламент очищення: Оскільки в розрахунках закладено коефіцієнт запасу 1,4, необхідно проводити регулярне вологе очищення світлових приладів та розсіювачів світильників не менше 2 разів на рік. У дитячій ігровій зоні та торговому залі через паперовий пил від книг рекомендується проводити суху чистку (знепилення) щомісяця.

Контроль старіння LED: Попри тривалий термін служби світлодіодів (понад 50 000 годин), у процесі експлуатації відбувається їхнє природне старіння. Рекомендується кожні 2 роки проводити контрольні заміри освітленості люксометром у ключових точках.

2. Сценарне керування освітленням

Для оптимізації витрат на електроенергію рекомендується розділити живлення світильників на окремі групи (світлові сцени):

Денний сценарій: Використання природного світла з фасадних вікон. У сонячні дні світлові прилади, що розташовані ближче до вікон можна вимикати або димувати (зменшувати яскравість до 30-50%).

Вечірній / Атмосферний сценарій: У вечірній час яскравість загального світла в зоні відпочинку для дорослих знижується, а акцент переноситься виключно в торговельний зал. .

Встановлення датчиків руху: На міні-складі та в санвузлі рекомендується встановити інфрачервоні датчики руху. Світло вмиватиметься лише за наявності персоналу чи відвідувачів, що мінімізує холосту роботу ламп.

3. Візуальний контроль у торговому залі

У разі виходу з ладу окремого світлового приладу, новий прилад повинен чітко відповідати початковим значення для дотримання розробленої освітленої установки..

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Задачі в області охорони праці

Основне завдання охорони праці на підприємстві – запобігання травматизму, професійним захворюванням та аваріям. Це досягається створенням безпечних умов праці, дотриманням державних нормативів і впровадженням Системи управління охороною праці (СУОП) [18, 19, 20].

Ключові задачі в цій галузі можна розділити на кілька основних напрямків:

Профілактика травматизму: Організація попереджувальних заходів, усунення небезпечних і шкідливих виробничих факторів та контроль за їх дотриманням на кожному робочому місці.

Навчання та інструктажі: Проведення навчань, перевірка знань та регулярні інструктажі працівників із питань безпеки життєдіяльності та виробничої санітарії.

Медичні огляди: Організація обов'язкових попередніх (при влаштуванні) та періодичних медоглядів для осіб, зайнятих на важких роботах або роботах зі шкідливими умовами.

Засоби захисту: Забезпечення персоналу спеціальним одягом, взуттям та іншими якісними Засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

Атестація робочих місць: Систематична оцінка умов праці для виявлення шкідливих факторів та підтвердження права працівників на пільги й компенсації.

Документальне забезпечення: Розробка, затвердження та впровадження обов'язкових локальних актів (Положення про СУОП, інструкції з охорони праці тощо).

Конституція України, Закон України «Про охорону праці» та Кодекс законів про працю України [21-23] є головними нормативно-правовими актами, що регулюють безпеку праці в країні. Вся система законодавства з охорони праці має чітку ієрархію:

1. Законодавчі акти (Закони)

Конституція України – закріплює право кожного на належні, безпечні і здорові умови праці [21].

Закон України «Про охорону праці» – основний профільний закон, який визначає права громадян, обов'язки роботодавців та фінансування безпеки [22].

Кодекс законів про працю України (КЗпП) – регулює трудові відносини, робочий час, відпочинок та містить окрему главу про охорону праці [23].

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» – регулює відшкодування шкоди у разі ушкодження здоров'я [24].

2. Підзаконні нормативно-правові акти (НПАОП) [25, 26].

Постанови Кабінету Міністрів України – регулюють порядок розслідування нещасних випадків та видачу дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки.

Накази Міністерства економіки та Держпраці – затверджують Типове положення про службу охорони праці, порядок проведення навчання та перевірки знань, а також правила безпеки для конкретних галузей.

3. Локальні нормативні акти підприємства

Завданням розділу «Охорона праці» бакалаврської роботи є забезпечення охорони праці при монтажі освітлювальної установки.

4.2 Аналіз умов праці і виявлення небезпечних та шкідливих факторів при монтажі освітлювальної установки книгарні

Аналіз умов праці під час монтажу освітлювальної установки у приміщенні книгарні є обов'язковим етапом для мінімізації виробничих ризиків. Специфіка полягає в поєднанні небезпек електромонтажних робіт (робота під напругою, висота) та особливостей приміщення (наявність великої кількості легкозаймистих матеріалів – паперу, книг).

4.2.1 Небезпечні та шкідливі фактори

Під час монтажу освітлювальної установки в книгарні виявлення небезпечних (приводять до травм) та шкідливих (приводять до захворювань або зниження працездатності) виробничих факторів є основою безпеки.

Специфіка об'єкта поєднує ризики електромонтажу та пожежну небезпеку книжкового фонду.

Відповідно до класифікації, на ділянці монтажу виявляються такі фактори:

1. Фізичні небезпечні та шкідливі фактори

Небезпечна напруга в електричному ланцюзі: найкритичніший фактор. Прямий контакт із дротами під напругою 220/380 В загрожує електричним ударом, судомами, опіками або фібриляцією серця.

Розташування робочого місця на висоті: монтаж світильників на стелі та прокладання лотків вимагає використання драбин чи риштувань. Падіння працівника з висоти загрожує важкими переломами та забиттями.

Падіння предметів з висоти: інструменти (пасатижі, викрутки), кріплення або самі світильники можуть випасти з рук монтажника та травмувати колег, які працюють внизу.

Рухомі частини машин та інструментів: обертові елементи перфораторів, дрилів або шліфувальних машин можуть затягнути одяг або травмувати руки.

Підвищена запиленість повітря: під час свердління бетону, цегли або штроблення стін утворюється велика кількість дрібного будівельного пилу, який подразнює очі та дихальні шляхи.

Недостатня освітленість робочої зони: оскільки стара система освітлення демонтується або модернізується, робота в напівтемряві підвищує ризик помилок, порізів та падінь.

Підвищений рівень шуму та вібрації: тривала робота ударного інструменту (перфоратора) негативно впливає на слух та викликає швидку

ВТОМЛЮВАНІСТЬ.

2. Пожежна небезпека (особливий фактор для книгарень)

Займисті матеріали: папір, картонне пакування, дерев'яні стелажі та текстильний декор залів є палим середовищем. Іскри від короткого замикання тимчасової проводки або використання неізольованого інструменту можуть миттєво викликати пожежу.

3. Психофізіологічні фактори

Фізичне перенапруження: тривала робота з піднятими вгору руками (статичне навантаження при монтажі люстр чи плафонів) та перенесення важкого обладнання.

Нервово-психічне перенапруження: втома через високу концентрацію уваги під час підключення складних схем та роботи в обмеженому просторі (наприклад, між високими книжковими стелажми).

4.2.2 Мікроклімат робочої зони

Мікроклімат робочої зони під час монтажу освітлювальної установки в книгарні безпосередньо впливає на працездатність, концентрацію та безпеку електромонтажників. Специфіка параметрів повітря залежить від того, чи проводяться роботи у функціонуючому приміщенні (де підтримуються комфортні умови), чи на стадії капітального ремонту (де опалення чи вентиляція можуть бути відсутні).

Нормування мікроклімату в Україні здійснюється відповідно до Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень [27]. Оскільки монтаж освітлення належить до робіт середньої важкості (категорія Па – пов'язана з ходьбою, перенесенням вантажів до 10 кг та роботою стоячи), діють такі вимоги:

1. Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату (для категорії Па) Температура повітря: В теплий період року: оптимальна – 20–22 °С, допустима – до 27 °С. В холодний період року: оптимальна 17–19 °С,

допустима – не нижче 15 °С.

Відносна вологість повітря: оптимальна – 40–60%, допустима – до 75%.

Швидкість руху повітря: оптимальна – 0,2 м/с, допустима – не більше 0,3–0,4 м/с (для уникнення протягів).

2. Специфічні чинники мікроклімату в книгарні під час монтажу

Паперовий та будівельний пил: Книжкові фонди є джерелом специфічного органічного пилу. Під час свердління стелі під світильники до нього додається важкий мінеральний пил (бетон, цегла, штукатурка). Це різко погіршує якість повітря, сушить слизові оболонки та знижує видимість.

Порушення природного повітрообміну: На час монтажу часто доводиться вимикати загальну систему вентиляції та кондиціонування книгарні (через ризик засмоктування будівельного пилу у вентиляційні шахти та загрозу замикання). Це призводить до швидкого накопичення вуглекислого газу та застою повітря.

Теплове виділення від інструменту: Одночасна робота перфраторів, шліфмашин та використання тимчасових потужних прожекторів (особливо галогенних) у замкненому просторі між стелажми може локально підвищувати температуру повітря на 2–3 °С вище норми.

4.3 Організація робочого місця при монтажі освітлювальної установки книгарні

Правильна організація робочого місця під час монтажу освітлювальної установки в книгарні мінімізує зайві рухи працівника, знижує втому та унеможлиблює травматизм. Оскільки робоча зона постійно переміщується (від світильника до світильника), робоче місце монтажника вважається тимчасовим та рухомим.

Організація простору здійснюється за чіткими правилами безпеки та ергономіки:

1. Підготовка та зонування території.

У радіусі мінімум 2 метрів від місця проведення робіт (під стелею) повністю звільняють прохід. Книжкові стелажі, що потрапляють у зону монтажу, закривають цупкою захисною плівкою або брезентом для захисту від пилу та випадкових ударів.

Огородження зони ризику: Зону під місцем роботи на висоті захищають сигнальною стрічкою. Встановлюють попереджувальний знак «Обережно! Проводяться монтажні роботи», щоб перехожі або персонал книгарні не потрапили під можливе падіння інструментів.

Оскільки основна мережа знеструмлюється, робоче місце обладнують переносними світлодіодними прожекторами на стійках. Вони мають живитися від окремої, автономної лінії (або акумуляторів) і не створювати засліплювального ефекту чи тіней у точці монтажу.

2. Розміщення обладнання на висоті.

Основна робота виконується на висоті, тому правильне розташування засобів підмоцнування є критичним:

Використовують драбини-стрем'янки з широкими нековзними сходинками та верхньою площадкою, обладнаною дугою безпеки. Драбину встановлюють так, щоб майстру не доводилося тягнутися вбік – вісь тіла має бути по центру.

Заборонено тримати інструмент або деталі в руках під час підйому по драбині.

Розподіл інструментів на висоті: Дрібні деталі (клемники, саморізи, дюбелі) розміщують у спеціальному напоясному патронташі або сумці-поясі.

Важчий інструмент (перфоратор, шуруповерт) фіксують на страхувальних шнурах до пояса або кладуть у підвісну інструментальну сумку, закріплену на гаку до дуги безпеки стрем'янки.

Тимчасову платформу драбини використовують лише для легких елементів (наприклад, самого корпусу світильника).

3. Зона підготовки.

Безпосередньо біля підніжжя драбини організовують інструментальну

зону на підлозі:

Розкладання матеріалів: Кабелі, блоки живлення, захисні плафони та лампи розпаковують і готують до монтажу на спеціальному переносному верстаті або розбірному столі. Класти матеріали прямо на підлогу в зоні проходу заборонено, щоб працівник не перечепився.

Мобільне прибирання: Поруч із драбиною встановлюють будівельний пилосос. Його шланг фіксують на корпусі перфоратора під час свердління стелі, щоб пил не розлітався по приміщенню книгарні та не погіршував видимість у робочій зоні.

Евакуаційні шляхи: Навіть тимчасово розкладені дроти чи інструменти не повинні перекривати проходи до стаціонарних вогнегасників книгарні та евакуаційних виходів.

4. Порядок після закінчення зміни.

В кінці кожного робочого дня робоче місце повністю згортається: інструменти складають у кейси, драбини прибирають у відведене підсобне приміщення, будівельне сміття та залишки ізоляції кабелю утилізують. Напругу на змонтовані ділянки подають лише після повної ізоляції всіх відкритих кінців дротів.

4.4 Організаційні заходи та вимоги електробезпеки при виконанні робіт

Організаційні заходи та вимоги електробезпеки при монтажі освітлювальної установки в книгарні є головним бар'єром, який захищає персонал від ураження електричним струмом. Оскільки роботи виконуються в чинній або готовій до експлуатації будівлі (із напругою мережі 220/380 В), чітке дотримання регламентів є суворо обов'язковим відповідно до правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [28].

1. Організаційні заходи. Будь-які роботи в електроустановках не можуть починатися хаотично. Вони вимагають виконання чотирьох послідовних процедур:

Оформлення роботи: Монтаж виконується за нарядом-допуском (якщо роботи проводяться в зонах підвищеної небезпеки або поблизу діючих ліній) або за розпорядженням керівництва (у звичайних умовах на повністю знеструмлених ділянках).

Допуск до робіт: Відповідальна особа (допускач) безпосередньо на об'єкті перевіряє відповідність складу бригади, кваліфікацію працівників та безпеку робочої зони.

Нагляд під час роботи: Керівник робіт або спостерігач безперервно стежить за діями бригади, не відволікаючись на інші завдання.

Оформлення перерв та закінчення робіт: Після завершення зміни робоче місце прибирається, бригада виводиться, а наряд-допуск закривається.

2. Кваліфікаційні вимоги до персоналу

До монтажу допускаються особи віком від 18 років, які пройшли медичний огляд та спеціальне навчання з перевіркою знань.

Керівник робіт (або виконавець, якщо він працює один) повинен мати групу з електробезпеки не нижче IV.

Члени бригади (монтажники), які безпосередньо прокладають кабелі та кріплять світильники, повинні мати групу не нижче III.

3. Технічні заходи електробезпеки. Підготовка робочого місця відповідно до пункту 4.3.

4. Специфічні вимоги при монтажі в книгарні

Заборона робіт під напругою: Через високу концентрацію паперових матеріалів та ризик іскріння, будь-які підключення «наживо» категорично заборонені.

Вимоги до інструменту: Увесь ручний інструмент (викрутки, пасатижі, бокорізи) повинен мати неушкоджене ізолювальне покриття рукояток.

Заземлення світильників: Усі металеві корпуси світильників підлягають обов'язковому зануленню або заземленню (залежно від типу системи заземлення будівлі). Світильники з LED-драйверами повинні підключатися трижильним кабелем (із захисним провідником РЕ).

Захист від випадкового ввімкнення: Поки триває монтаж, кінці тимчасово прокладених дротів мають бути заізольовані клемниками (наприклад, типу Wago) або ізоляційною стрічкою, навіть якщо лінія вимкнена.

4.4.1 Електробезпека та розрахунок системи занулення

Під час встановлення, використання та сервісного обслуговування систем ілюмінації електробезпека виступає базовим елементом захисту персоналу. Головну загрозу при проведенні таких робіт становить імовірність травмування електричним струмом. Це може статися через дестrukцію ізоляційних матеріалів, випадковий контакт із металевими елементами, які раптово опинилися під напругою, або внаслідок утворення електричної дуги. Щоб мінімізувати ймовірність електротравматизму в електромережах з напругою до 1 кВ, впроваджують комплекс технічних рішень. Найбільш ефективними серед них вважаються: захисне заземлення, занулення, захисне автоматичне знеструмлення у разі аварійних режимів, перехід на малі напруги, а також інтеграція систем зрівнювання потенціалів.

У приміщенні шкільного спортзалу лінія живлення освітлювального обладнання підключається до електромережі 220 В із глухозаземленою нейтраллю (тип заземлення системи – TN-S). Задля гарантування безпеки людей у цьому проекті реалізовано схему захисного занулення.

Занулення передбачає цілеспрямоване створення електричного контуру між відкритими металевими частинами приладів, які у звичайному режимі не несуть струм (каркаси світильників, корпуси розподільчих щитів, комутаційні коробки, вимикачі), та нульовим захисним провідником (PE), безпосередньо з'єднаним із глухозаземленою нейтральною точкою трансформатора чи генератора.

Фізична суть цього методу базується на тому, що пробій фазної ізоляції на металевий корпус приладу провокує виникнення петлі короткого замикання

«фаза – нуль». Оскільки опір цього контуру мінімальний, у системі виникає надвисокий струм аварійного режиму, величина якого визначається за такою формулою:

$$I_{K3} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\Pi}} \quad (4.1)$$

де: U_{ϕ} – фазна напруга (220 В),

Z_{Π} – повний опір петлі «фаза – нуль».

Коли величина струму аварійного режиму перевищує номінальну уставку автоматичного вимикача, пристрій миттєво розриває електричне коло, нейтралізуючи потенціал небезпеки на металевому каркасі обладнання.

Данні для проведення розрахунку:

Кількість світильників – 15 штук;

Потужність одного світильника – 33 Вт;

Напруга мережі – 220 В;

$\cos \varphi = 0,9$;

Матеріал провідників – Мідь;

Довжина лінії до найдальшого світильника – 20 метрів;

Система живлення - TN-S

1. Визначення розрахункового струму навантаження

Загальна потужність мережі:

$$P = N \cdot P_{cv} = 15 \cdot 33 = 495 \text{ Вт} = 0,495 \text{ кВт} \quad (4.2)$$

Струм навантаження дорівнює:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{495}{220 \cdot 0,9} = 2,5 \text{ А} \quad (4.3)$$

Отже, робочий струм становить приблизно 4 А.

2. Вибір фазного та нульового робочого провідників

За струмом 2,5 А та довжиною лінії до 20 м приймаю мідний провід з

перерізом $S_p = 1,5 \text{ мм}^2$, допустимий струм до 15 А. Нульовий робочий провід (N) для системи TN-S беру з тим самим перерізом:

$$S_N = S_p = 1,5 \text{ мм}^2 \quad (4.4)$$

3. Визначення перерізу захисного провідника (РЕ)

Переріз нульового захисного провідника повинен відповідати рівнянн., відповідно ПУЕ:

$$S_{PE} \geq 0,5 S_p, \text{ якщо } S_p \leq 16 \text{ мм}^2 \quad (4.5)$$

$$S_{PE} \geq 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ мм}^2$$

Приймаю $S_{PE} = 1,5 \text{ мм}^2$.

4. Струму короткого замикання

Повний опір складається з опору фазного та нульового провідників:

$$z_{\Pi} = 2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (4.6)$$

де: ρ – питомий опір міді, дорівнює $0,018 \text{ мм}^2/\text{м}$;

l – довжина лінії (20 м);

S – переріз провідника ($1,5 \text{ мм}^2$).

Тож опір становить

$$z_{\Pi} = 2 \cdot 0,018 \cdot \frac{20}{1,5} = 0,48 \text{ Ом}$$

Струм короткого замикання:

$$I_{K3} = \frac{220}{0,48} = 458 \text{ А}$$

5. Перевірка умови автоматичного вимкнення

Для забезпечення безпеки потрібно щоб виконувалась умова:

$$I_{K3} \geq \kappa \cdot I_{НОМ} \quad (4.7)$$

де: $\kappa = 3$ для апаратів автоматичного захисту з кривою типу С,

$I_{НОМ}$ – номінальний струм апарату автоматичного захисту.

$$458 \geq 3 \cdot 6; 458 \geq 18$$

Умова виконується, тому апарат автоматичного захисту вимкнення забезпечить.

6. Перевірка падіння напруги

Падіння напруги на лінії не повинно перевищувати 5%, для забезпечення нормальної роботи освітлювальної установки:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot \rho \cdot l}{S} = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 0,018 \cdot 20}{1,5} = 1,2 \quad (4.8)$$

Відносне падіння:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{1,2}{220} = 0,55 \% \quad (4.9)$$

Падіння напруги не перевищує допустимого значення, і обраний провідник забезпечує нормальний режим роботи.

Після виконаних розрахунків приймається така конфігурація системи занулення:

- система TN-S, із глухозаземленою нейтраллю;
- фазний, нульовий та захисний провідники виконані з міді з перерізом 1,5 мм²;
- автоматичний вимикач – ВА47-29 (6 А, тип С);
- довжина лінії – 30 м;
- умови автоматичного вимкнення виконуються.

Отже розроблені організаційні та технічні заходи для забезпечення охорони праці при виконання монтажних робіт освітлювальної установки.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі вирішено актуальне завдання з проєктування сучасної освітлювальної установки для багатофункціонального простору книгарні загальною площею 96 м². За результатами виконаних досліджень та розрахунків сформульовано такі основні висновки:

Аналіз тенденцій та нормативних вимог. Встановлено, що сучасні книгарні трансформувалися з суто торговельних точок у культурно-освітні простори. Проведено детальний аналіз зорових робіт для різних функціональних зон відповідно до ДБН. Визначено ключові світлотехнічні вимоги: забезпечення нормованої освітленості від 100 до 500 лк залежно від зони, високої кольоропередачі ($CRI \geq 90$) для якісного сприйняття обкладинок та обмеження показника дискомфорту $UGR \leq 19-22$.

Обґрунтування світлотехнічних рішень. Технічно обґрунтовано доцільність застосування комбінованої системи освітлення на базі сучасних світлодіодних джерел світла, які є екологічно безпечними, не виділяють ультрафіолетового випромінювання (що критично для збереження паперових фондів) та мають тривалий термін служби. Для загального та робочого освітлення обрано вискоєфективні світлодіодні панелі LEDVANCE PANEL COMFORT 33W зі світловим потоком 4320 лм.

Світлотехнічні розрахунки. За методом коефіцієнта використання визначено необхідну кількість та параметри світлових приладів для кожної з шести зон книгарні (торговельний зал, дитяча зона, зона відпочинку, касовий вузол, міні-склад та санвузол). Загальна встановлена потужність освітлювальної установки становить 495 Вт, що свідчить про високу енергоефективність системи. Розрахункові показники питомої потужності повністю відповідають чинним нормам обмеження енергоспоживання.

Комп'ютерне моделювання у DIALux evo. За допомогою спеціалізованого програмного комплексу DIALux evo 13.0 створено

тривимірну модель об'єкта та проведено точний розрахунок якісних параметрів світлового середовища. Моделювання підтвердило, що розроблене рішення забезпечує рівні освітленості в межах 230–400 лк (при нормі 100–400 лк) та узагальнений показник засліпленості UGR на рівні 14–18 (при нормі 17–22), що повністю задовольняє критерії зорового комфорту.

Практичні рекомендації та сценарне керування. На основі результатів моделювання надано практичні рекомендації щодо експлуатації установки, включаючи регламент регулярного очищення світильників. Запропоновано впровадження систем сценарного керування (денний та вечірній сценарії) та встановлення інфрачервоних датчиків руху в допоміжних приміщеннях для додаткового заощадження електроенергії.

Охорона праці та безпека. У роботі комплексно розглянуто питання охорони праці та пожежної безпеки під час монтажу й експлуатації освітлювальної установки. Проаналізовано потенційні фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори (електричний струм, робота на висоті, будівельний пил) та визначено заходи щодо їх технічного й організаційного усунення згідно з чинним законодавством України.

Розроблений проєкт освітлювальної установки книгарні є повністю завершеним, технічно й економічно виправданим та може бути рекомендований до практичної реалізації під час модернізації або будівництва сучасних торговельно-культурних закладів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кількість назв на книжковому ринку зростає, а наклад зменшуються. *Український інститут книги*. URL: <https://ubi.org.ua/uk/news/kategoriya-2/kilkist-nazv-na-knizhkovomu-rinku-zrosta-a-naklad-zmenshu-tsya-ukra-nskiy-institut-knigi>. (дата звернення: 14.05.2026).
2. Читання в Україні. *Ukrainian Reading and Publishing Data 2018*. URL: <https://data.chytomo.com/chytannya-v-ukrayini/>. (дата звернення: 14.05.2026).
3. Retail Lighting Design Guide — Everything You Need to Know. *The lighting outlet*. URL: <https://thelightingoutlet.com.au/blogs/news/retail-lighting-design-guide-everything-you-need-to-know> (date of access: 14.05.2026).
4. Bookstore Lighting.. *Warehouse-Lighting.com*. URL: <https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/bookstore-lighting>. (date of access: 14.05.2026).
5. Modern Bookstore Lighting: Find the Best LED Solutions 2025. *HALCON*. URL: <https://www.halconlighting.com/blogs/news/modern-bookstore-led-lighting-solutions> (date of access: 15.05.2026).
6. How To: Use lighting to enhance customer experience. *Retail*. URL: <https://www.retailcustomerexperience.com/blogs/how-to-use-lighting-to-enhance-customer-experience/> (date of access: 15.05.2026).
7. James Birch How does lighting affect sales in retail? *COLOURGRAPHICS*. URL: <https://colourgraphics.com/blog/how-does-lighting-affect-sales-in-retail/> (date of access: 17.05.2026).
8. Книгарня «Є» на Левка Лук'яненка. *Mira Architects*. URL: <https://miraarch.com.ua/portfolio/knygarnya-ye-na-levka-lukyanyenka/> (дата звернення: 14.05.2026).
9. Stuff On Sundays: The Dream... URL: <https://bookdout.wordpress.com/2012/08/05/stuff-on-sundays-the-dream/> (date of access: 17.05.2026).

10. Bookstore Layout. *Wondershare* *EdrawMax*.

<https://www.edrawmax.com/templates/1003426/> (date of access: 17.05.2026).

11. 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).

12. ДСТУ EN 12464-1:2022. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця [Чинний від 2022-31-12]. Вид. офіц. Київ, 2023. 47 с. (Інформація та документація).

13. Ляшенко О. М. Світлотехнічні установки та системи: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / О. М. Ляшенко, Ю. О. Васильєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 90 с

14. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Світлотехнічні установки та системи» (для студентів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.050701 „Електротехніка та електротехнології” спеціальності “Світлотехніка і джерела світла”) / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. С. Чернець, О. І. Лісна, О. М. Ляшенко, Д. П. Зубков. – Х. : ХНУМГ, 2013. – 76 с.

15. Салтиков В. О. Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок: конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В. О. Салтиков, В. М. Поліщук, О. Ю. Коляда ; Харків. нац. унів. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 95 с.

16. Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «Комп’ютерні інформаційні технології у світлотехніці» (для студентів денної і заочної форм навчання

напрямку підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології і спеціальності 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О. М. Діденко, Ю. О. Васильєва, О. М. Ляшенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 46 с.

17. DIALux [Electronic resource] / DIAL GmbH : Webseite. – Electronic text data. – Constantly updated. – Lüdenschied, 2025. – Regime of access: <https://www.dialux.com/de-DE/>, free (date of the application: 1.06.2026). – Header from the screen.

18. Завдання та функції служби охорони праці на підприємстві. *Охорона праці і пожежна безпека*. URL: <https://oppb.com.ua/news/zavdannya-ta-funkciyi-sluzhby-ohorony-praci-na-pidpryyemstvi> (дата звернення: 4.06.2026).

19. Організація охорони праці на підприємстві. *На урок. Освітній проект*. URL: <https://naurok.com.ua/organizaciya-ohoroni-praci-na-pidpriemstvi-431243.html> (дата звернення: 5.06.2026).

20. Охорона праці на підприємстві: що потрібно знати? gov.ua. Державні сайти України. URL: <https://te.dsp.gov.ua/ohorona-pratsi-na-pidpryyemstvi-shho-potribno-znaty/> (дата звернення: 5.06.2026).

21. Конституція України. *Президент України*. Офіційне інтернет-представництво. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/constitution> (дата звернення: 05.06.2026).

22. Закон України «Про охорону праці». *Рада. Верховна рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 05.06.2026).

23. Кодекс законів про працю. *Рада. Верховна рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text> (дата звернення: 05.06.2026).

24. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» – регулює відшкодування шкоди у разі ушкодження здоров'я».

Рада. Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text>. (дата звернення: 05.06.2026).

25. 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: 09.06.2026).

26. 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: 09.06.2026).

27. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень *Рада. Верховна рада України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>. (дата звернення: 09.06.2026).

28. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» *Рада. Верховна рада України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text>. (дата звернення: 10.06.2026).

29. 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