

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

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТИЛЬНИКА ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувач:

Єгор ШЕЛУДЬКО

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

Шелудько Єгору Олексійовичу

1. Тема роботи: Дослідження світлотехнічних характеристик світильника для освітлення робочого місця

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, настільна лампа, джерела світла

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

4.1 Аналітична частина (огляд, аналіз, оцінка) Зробити огляд видів освітлення та питання, щодо організації робочого місця та освітлення на ньому. Зробити огляд світлотехнічних характеристик світильника та аналіз публікацій, щодо застосування настільних ламп.

4.2 Світлотехнічна частина (вибір параметрів, метод розрахунку, алгоритм керування, програмне забезпечення) зробити опис характеристик настільної ламп та описати хід виконання експерименту та комп'ютерного моделювання.

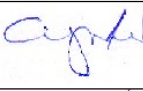
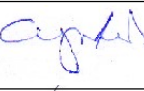
4.3 Аналіз результатів і рекомендації щодо застосування (напрями удосконалення, результати проведеної роботи) Провести аналіз отриманих результатів, побудувати горизонтальні ізолінії та КСС. Надати рекомендації щодо застосування настільних ламп на робочому місці.

4.4 Охорона праці Розробити організаційні та технічні заходи для організації безпечних умов праці на технологічній дільниці по збірці настільних ламп

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 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



Єгор ШЕЛУДЬКО

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи



Олена ДІДЕНКО

АНОТАЦІЯ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглядається дослідження світлотехнічних характеристик світильника для освітлення робочого місця.

У першій частині роботи виконано огляд видів освітлення та питання, щодо організації робочого місця та освітлення на ньому. Виконаний огляд світлотехнічних характеристик світильника та аналіз публікацій, щодо застосування настільних ламп.

У другій частині роботи, було зроблено опис настільної лампи та джерел світла, які були за діянні в експерименті. За допомогою наявних інструментів (люксметр, рулетка та сітка полярних координат) була визначена освітленість в точках на полярній сітці координат і в результаті визначені горизонтальні ізолюкси. Для більшої інформативності було виконано комп'ютерне моделювання в DIALux evo 13.0 робочого столу з розміщенням на ньому настільної лампи.

У третій частині роботи наведені результати розрахунку сили світла для кожного зразка і побудовані криві сили світла та надані рекомендації щодо застосування настільних ламп.

У четвертій частині розроблено організаційні та технічні заходи для організації безпечних умов праці на технологічній ділянці по збірці настільних ламп.

Основними результатами бакалаврської кваліфікаційної роботи є дослідження настільної лампи та 4 зразків джерел світла: 3 LED-лампи (5 і 10 Вт) та КЛЛ 20 Вт.

Ключові слова: настільна лампа, крива сили світла, горизонтальна ізолюкса, освітленість, сила світла, комп'ютерне моделювання.

Загальний обсяг бакалаврської кваліфікаційної роботи становить: сторінок – 59, рисунків – 31, таблиць – 6, формул – 8, літературних джерел – 36.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Види освітлення	9
1.2 Організація робочого місця	10
1.2.1 Організація освітлення на робочому столі	11
1.3 Світлотехнічні характеристики світильника	14
1.4 Аналіз публікацій	17
2 СВІТЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Характеристика настільної лампи	19
2.2 Проведення експерименту	20
2.3 Нормовані рівні освітленості для робочого місця	26
2.4 Комп'ютерне моделювання освітлення робочого столу настільною лампою	27
3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ	32
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	39
4.1 Задачі в області охорони праці	39
4.2 Коротка характеристика, описання технологічній дільниці по збірці настільних ламп для розробки заходів з охорони праці	40
4.3 Опис робіт, що виконують на технологічній дільниці по збірці настільних ламп	41
4.4 Аналіз умов праці, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів на технологічній дільниці по збірці настільних ламп	42
4.5 Розробка організаційних заходів з охорони праці	43
4.6 Вибір та розрахунок параметрів колективних засобів захисту на технологічній дільниці по збірці настільних ламп	45
4.6.1 Розрахунок звукоізолювального кожуха УЗ-зварювальної	

установки	46
4.6.2 Обґрунтування вибору захисного екрана лазерного маркера	43
4.6.3 Розрахунок локальної витяжної вентиляції (монтажний стіл пайки)	47
4.7 Правила надання долікарської допомоги потерпілим при нещасних випадках	48
4.8 Аналіз пожежовибухонебезпечності на технологічній ділянці по збірці настільних ламп, виявлення пожежовибухонебезпечних факторів	49
4.9 Розробка протипожежних організаційних та технічних заходів, підбір засобів пожежогасіння	50
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Впродовж всього дня людина перебуває під впливом світла, чи то природних джерела світла (сонце, луна, зірки), чи то від штучних (лампи розжарення, люмінесцентні, лампи високого тиску, світлодіодні та ін.).

Організація простору в приміщенні є важливою частиною облаштування, а освітлення в цьому випадку стоїть на вершині, бо без світла ми нічого не побачимо ніякого дизайнерського рішення, не гармонійного поєднання кольорових гам.

Тому, дуже важливо створити комфортні умови перебування в приміщенні з акцентом на потреби, на створення зорового комфорту. Тож, організація робочого місця вимагає встановлення локального світильника та вирішення ряду:

Актуальність роботи: Сучасні умови праці потребують якісного та безпечного освітлення робочих місць. Недостатній рівень освітленості або неправильні світлотехнічні параметри можуть негативно впливати на зорове сприйняття, продуктивність та здоров'я людини. Дослідження характеристик настільних ламп і джерел світла дозволяє оптимізувати умови праці та підвищити енергоефективність освітлювальних систем. .

Мета бакалаврської кваліфікаційної роботи. Визначити та проаналізувати світлотехнічні характеристики настільної лампи з різними джерелами світла, оцінити отримані криві сили світла.

Об'єкт роботи. Настільна лампа і різні джерела світла.

Предмет дослідження. Світлотехнічні параметри настільної лампи (світловий потік, освітленість, КСС).

Практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані для покращення умов освітлення робочих місць та вибору оптимальних джерел світла для настільних ламп.

Задачі бакалаврської кваліфікаційної роботи

- Ознайомитися з нормативними вимогами до освітлення робочих місць.
- Виконати експериментальні вимірювання світлотехнічних характеристик настільної лампи з різними джерелами світла.
- Сформулювати практичні рекомендації щодо вибору джерел світла та конструкції настільних ламп.

Апробація результатів. Шелудько Є., Діденко О. Сучасні рішення для освітлення адміністративних будівель / Є. Шелудько, О.Діденко // Матеріали XIX Всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти «Сталий розвиток міст: поствоєнний період» (91-ї науково-технічної конференції ХНУМГ ім. О. М. Бекетова) : в 5-и ч. / Ч. 2. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. 300 с.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Види освітлення

Ми звикли до наявності освітлення в приміщенні і сприймаємо його як невід'ємну частину нашого життя, але якщо поглянути з наукової точки зору то освітлення все набагато складніше. Види освітлення класифікують за джерелом (природне, штучне, суміщене), функціональним призначенням (робоче, аварійне, охоронне) та способом розміщення (загальне, місцеве, комбіноване) [1-4]. Вони забезпечують нормальні умови праці, безпеку та затишок у приміщеннях. Основні джерела світла – світлодіодні, галогенні, люмінесцентні лампи та лампи розжарювання. Тож основна класифікація освітлення виглядає наступним чином:

За джерелом світла:

Природне: Сонячне світло, що потрапляє через вікна (бічне), ліхтарі в даху (верхнє) або їх поєднання.

Штучне: Використання світильників (світлодіодні, галогенні, тощо).

Суміщене: Поєднання природного та штучного освітлення.

За функціональним призначенням (штучне) [2]:

Робоче: Обов'язкове для забезпечення роботи в усіх приміщеннях.

Аварійне: Вмикається у разі відключення основного живлення.

Евакуаційне: Для безпечного виходу людей із приміщення.

Охоронне: Для освітлення меж території в неробочий час.

Чергове: У неробочий час.

За способом розміщення системи освітлення (рис. 1.1):

Загальне: Рівномірно освітлює весь простір.

Місьцеве (локальне): Підсвічує конкретну робочу зону (наприклад, настільна лампа).

Комбіноване: Поєднання загального та місцевого освітлення.

Також освітлення розрізняють за колірною температурою (тепле, нейтральне, холодне), де тепліше світло (2700 – 3000K) створює затишок, а холодне (5000 – 6500K) підходить для робочих зон.



Рисунок 1.1 – Типи освітлення [1]

В продовження класифікації освітлення необхідно звернути увагу, як воно буде реалізовано, а це можливо при використанні світильників які теж мають свої класифікацію [5]: за типом монтажу, за джерелом світла, за призначенням, за конструкцією (табл. 1.1):

1.2 Організація робочого місця

«Робоче місце – це частина виробничого простору одного чи групи працівників, оснащена основним і допоміжним технологічним обладнанням, інвентарем, інструментом, робочими меблями, необхідними для проведення певного виду робіт» (рис. 1.2) [6]– зазначає в своїй роботі автор Огородник М. М. Економіка праці і соціально-трудові відносини.

Таблиця 1.1 – Класифікація світильників [6]

Критерій	Типи світильників	Характеристика
За способом монтажу	Підвісні	Кріпляться до стелі на тросах чи ланцюгах (люстри)
	Накладні	Монтуються безпосередньо на стелю або стіну
	Вбудовані	Встановлюються в стелю, стіну чи меблі (споти, LED-панелі)
	Настільні	Мобільні лампи для робочих столів
	Настінні (бра)	Кріпляться на стіну для акцентного освітлення
	Трекові	Світильники на рейках, що можна пересувати та регулювати
За джерелом світла	LED	Енергоефективні, довговічні, з регулюванням яскравості та кольору
	Люмінесцентні	Використовуються переважно в офісах і комерційних приміщеннях
	Галогенні	Дають яскраве тепле світло, але споживають більше енергії
	Неонові	Декоративні, з яскравими кольоровими ефектами
	Розжарювання	Класичні лампи з теплим світлом, але малоефективні
За призначенням	Загальні	Основне освітлення приміщення
	Робочі	Для робочих зон: столи, кухні
	Акцентні	Підсвічують картини, нішу, архітектурні елементи
	Декоративні	Створюють атмосферу (гірлянди, дизайнерські лампи)
	Аварійні	Автономні джерела світла для екстрених випадків

Виходячи з класифікації, організація робочого місця вимагає індивідуального підходу до його організації та облаштування.

Тож, важливе значення має організація освітлення як загального так і локального.

1.2.1 Організація освітлення на робочому столі

Освітлення – це не просто технічний аспект нашого робочого простору, а справжній фактор, що визначає самопочуття та продуктивність. Коли світло

організоване правильно, ми відчуваємо себе бадьорими, зосередженими й захищеними від зайвого навантаження на очі. Але варто лише порушити ці правила – і одразу з'являється втома, знижується працездатність, погіршується зір, а іноді навіть виникає сонливість. Особливо це помітно під час роботи за комп'ютером, де освітлення відіграє ключову роль у комфорті зору [7-9].



Рисунок 1.2 – Класифікація робочих місць [7]

Наші очі щодня працюють без перепочинку, і будь-яка діяльність – чи то офісна робота, чи керування верстатом – вимагає від них концентрації. Якщо освітлення організоване неправильно, навантаження лише посилюється. Наприклад, надто яскраве світло може засліплювати, а занадто тьмяне –

змушує очі напружуватися, щоб розгледіти деталі. Обидві крайності однаково шкідливі.

Тому варто пам'ятати кілька важливих моментів [7]:

Рівномірність світла. Робоча поверхня має бути освітлена без тіней і темних зон.

Відсутність відблисків. Блискучі поверхні спотворюють сприйняття предметів і графіки, що ускладнює роботу.

Правильна потужність і температура світла. Від цього залежить, наскільки швидко втомлюються очі.

Без мерехтіння. Навіть непомітні коливання світла можуть впливати на фізичний та емоційний стан, особливо у людей, схильних до мігрені чи епілепсії.

Коректна передача кольорів. Інтер'єр має виглядати природно: синє – залишатися синім, зелене – зеленим.

Не менш значущим є регулярний контроль стану освітлювальних приладів. Наприклад, люмінесцентні лампи з часом втрачають яскравість, а згодом починають блимати. Це не лише дратує, а й негативно впливає на самопочуття, викликаючи втому та головний біль.

На ринку світлотехнічної продукції можна знайти величезну кількість настільних ламп, які виконані в різних стилях, мають різні габарити, форму плафону тощо (рис. 1.3)



Рисунок 1.3 – Види настільних ламп [10]

Якщо говорити про організацію освітлення робочого місця з комп'ютером на ринку з'явилися спеціальні лампи, які не створюють відблисків від монітору, як іназивають скрінбари (рис. 1.4)

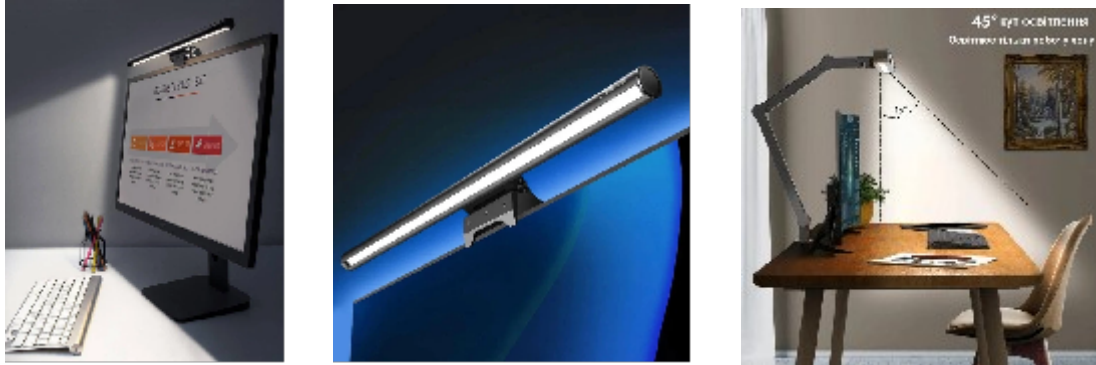


Рисунок 1.4 – Скрінбари [11]

1.3 Світлотехнічні характеристики світильника

Дизайнерів цікавить більше зовнішній вигляд світильника, а світлотехніків – його світлотехнічні характеристики, які є найважливішими параметрами для визначення технічного рівня світильника), це [5]:

- криві світлорозподілу (сила світла та її просторовий розподіл);
- освітленість і її рівномірність на поверхні об'єкта;
- яскравість світної поверхні та її розподіл у різних напрямках;
- коефіцієнт корисної дії (ККД);
- захисні кути;
- світловий потік;
- структура випромінювання (спектральний склад і ступінь поляризації).

Світлорозподіл – це характеристика, яка показує, як світловий потік приладу розподіляється у просторі [5].

Для локальних світильників, які розташовані близько до робочої поверхні, ключовим є розподіл освітленості – щільність потоку на самій поверхні.

«Світлорозподіл прожекторів і світильників загального освітлення визначається формою фотометричного тіла приладу та описується кривими сили світла (КСС). Фотометричне тіло – це геометричне місце кінців векторів, що виходять зі світлового центру приладу, довжина яких пропорційна силі світла у відповідному напрямку. Крива сили світла, своєю чергою, показує залежність сили світла від меридіональних та екваторіальних кутів.

За формою фотометричних тіл світильники поділяються на:

- круглосиметричні – тіла обертання;
- симетричні – мають одну чи кілька площин симетрії;
- несиметричні – не мають жодних елементів симетрії.

Зображення розподілу сили світла зазвичай виконують на площині, утворюючи перетини фотометричних тіл меридіональною напівплощиною (від осі приладу) та екваторіальною площиною (перпендикулярною до осі).» – наведено в роботі Литвиненко А. С. Світлові прилади, 2015. с 16.

Залежність сили світла I від орієнтувального напрямку у просторі кутів α і β (крива сили світла – КСС) будується зазвичай у системах полярних чи прямокутних координат. При цьому для побудови КСС світильників, які скеровують потік у межах великих тілесних кутів, використовується переважно система полярних координат (рис. 1.5).

Залежність I (β) при $\alpha = \text{const} \neq 90^\circ$ можна отримати перетином фотометричного тіла приладу з конічними поверхнями з кутами α у вершині. Із цією метою радіуси-вектори сили світла проєктуються з конічної поверхні на екваторіальну площину (рис. 1.6) [5].

Класифікація симетричних світильників (круглосиметричних та з двома площинами симетрії) будується на двох характеристиках [5]:

1. Розподіл потоку між півсферами: Співвідношення світла, що йде вгору та вниз. Це визначає, наскільки яскраво будуть підсвічені стіни та стеля в полі зору людини. За цим показником світильники ділять на 5 класів (згідно з часткою світла, спрямованого вниз).

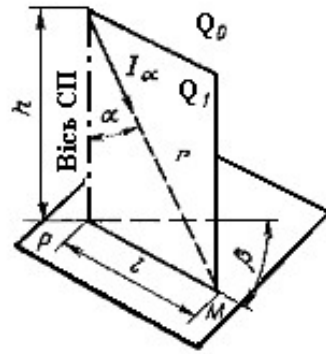


Рисунок 1.5 – Система полярних кутів α , β і відстаней r

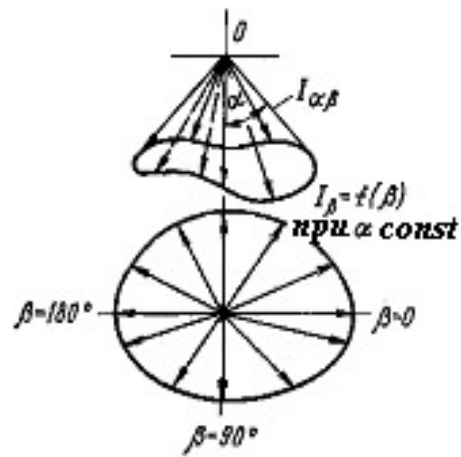


Рисунок 1.6 – Конічні поверхні

2. Форма кривої сили світла (КСС): Вона впливає на рівномірність освітлення, визначає оптимальну схему розміщення світильників та рівень їхньої сліпучої дії (дискомфорту для очей). Виділяють 5 класів світлорозподілу (рис. 1.7)

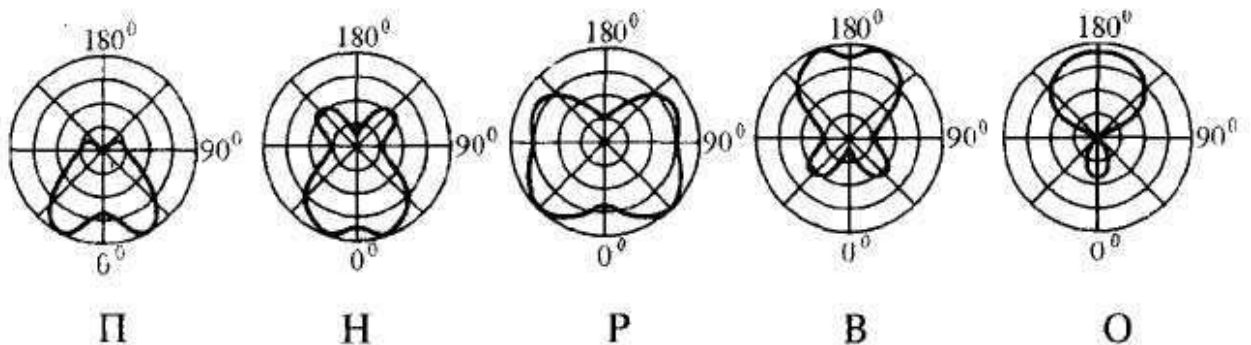


Рисунок 1.7 – Класи світильників за світлорозподілом [5]

П – Прямого світла: Майже все світло спрямоване вниз, до 10 % світла йде вгору. Такі світильники ідеально підходять для робочих місць.

Н – Світильник спрямованого світла: Основний потік йде вниз (60-90 %), але частина підсвічує стелю (10-40 %) , створюючи м'якші тіні.

Р – Світильник розсіяного світла: Світло розподіляється рівномірно і вгору і вниз (40-60 %). Часто зустрічається в побутових світильниках..

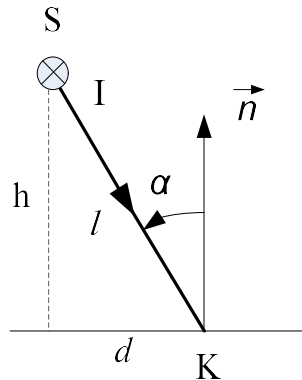
В – Світильник переважно відбитого світла. Більша частина світла йде

на стелю (60-90 %), а вниз потрапляє (10-40 %) лише м'яке відбите світло.

О – Світильник відбитого світла. Майже весь потік спрямований угору (90-100 %). Забезпечує максимально комфортне освітлення без відблисків [5].

Освітлюваність, яку створює точкове джерелом у точці К (рис. 1.8) (закон зворотних квадратів) можна визначити за формулою [17]:

$$E_k = \frac{I}{l^2} \cdot \cos \alpha \quad (1.1)$$



де: I – сила світла, кд;

l – відстань, м;

$\cos \alpha$ – кут.

З формули 1.1 можна визначити силу світла.

Рисунок 1.8 – Освітлюваність, створювана точковим джерелом

$$I = \frac{E l^2}{\cos \alpha} \quad (1.2)$$

В цих формулах не відома відстань і кут $\cos \alpha$

$$\cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + d^2}} \quad (1.3)$$

де: h – висота від поверхні до джерела світла, м;

d – відстань від центру до т.К, м.

$$\alpha = \arccos \left[\frac{h}{\sqrt{h^2 + d^2}} \right] \quad (1.4)$$

1.4 Аналіз публікацій

Велика кількість публікацій присвячена дослідженню освітленню саме робочого місця [12-16], але з певними особливостями. Одні присвячені

дотриманню нормованих значень освітленості на робочому місці, інші аспектам впливу світла на здоров'я [12-16].

Так у огляді літератури 2020 року, проведеному Ар'яні та ін., досліджується, як освітлення на робочому місці служить візуальним середовищем, що впливає на настрій та продуктивність працівників, підкреслюючи як фізіологічний, так і психологічний вплив [13]. У ньому встановлено, що оптимальні параметри освітлення, включаючи відповідні рівні освітленості, колірну температуру та зменшення відблисків, мають вирішальне значення для мінімізації стресу та підтримки позитивного емоційного стану [13]. Для отримання додаткової інформації ви можете прочитати статтю на веб-сайті Atlantis Press.

Стаття «STM32-Based Intelligent Desk Lamp Design and Implementation», опублікована Юйяном Лянем та його колегами, описує створення «розумної» лампи, яка фокусується на автоматизації та здоров'ї користувача. Вона є технічним втіленням тих характеристик освітлення, які наведені вище [14].

Публікація «Implementing product design methodology tools: a desk lamp case study» (2025) є комплексним дослідженням того, як сучасні інструменти проєктування допомагають створити продукт, що гармонійно поєднує естетику та функціональність [15]. Автори ставили за мету розробити прототип настільної лампи, який би не лише виконував свою пряму функцію (освітлення робочого місця для підвищення продуктивності), а й був декоративним елементом інтер'єру. Об'єктом обрано настільну лампу, оскільки вона є критично важливим предметом для робочого простору.

Огляд Fotios (2001) демонструє, що суб'єктивне сприйняття яскравості залежить від спектрального складу світла, а не лише від люменів, при цьому лампи з вищою колірною температурою (CCT) та кращою передачею кольору (CRI) сприймаються яскравішими [16].

А досліджень, щодо кривих сили світла від певних моделей настільних ламп я не бачив, тому далі, я планую провести дослідження світлорозподілу настільної лампи, при цьому змінюючи різні джерела світла.

2 СВІЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика настільної лампи

Для дослідження світлотехнічних характеристик світильника для освітлення робочого місця було взято настільну лампу (рис. 2.1), яка регулюється по висоті. Під час проведення експерименту, було використано лице одну висоту 0,27м до джерела світла.

Габарити настільної лампи наступні: висота 0,33 м, ширина 0,35 м, основа лампи 0,15 x 0,17 x 0,04 м, розсіювач лампи: 0,19 x 0,13 x 0,09 м.;

Патрон: Е 27;

Джерело світла: світлодіодні лампи та КЛЛ;

Стан світильника: Чистий.



Рисунок 2.1 – Настільна лампа, що досліджувалась

Настільна лампа створює локальне освітлення (в залежності від місця розташування). Розсіювач даної настільної лампи настільки важкий, що в іншому положенні її неможливо зафіксувати, не дивлячись на наявність гнучкої стійки. Дану настільну лампу можна віднести до світильників спрямованого світла зі світловим потоком вгору 10%, відповідно 90% світлового потоку униз.

2.2 Проведення експерименту

Для дослідження світлотехнічних характеристик світильника буду використовувати смартфон, як люксметр і сітку полярних координат, для визначення освітленості і горизонтальних ізолюксів та побудови кривих сили світла.

Вимірювання освітленості буде проводитись для різних джерел світла (табл. 2.1): 3 світлодіодні лампи потужність 10 і 5 Вт, і КЛЛ 20 Вт. Технічні характеристики джерел світла наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики джерел світла

Характеристики				
Зразок	1	2	3	4
Фірма	Enerligh	EUROLAMP	IEK	MAXUS
тип	LED	LED	LED	КЛЛ
P, Вт	10	5	10	20
Φ, лм	900	450	900	1430
ККТ	4100	4000	3000	2700
CRI	>80	80	>80	-
Е в центрі сітки полярних координат, лк	2005	1330	2380	1940

Відповідно методиці дослідження першим пунктом необхідно зробити опис настільної лампи, наведено в пункті 2.1

2. Визначити H (висота світильника) на якій буде проводитись вимірювання: $H = 27$ см.

3. Задати освітленість для кожного зразка була взята 800 лк.

4. Встановити джерело світла над центром полярної сітки координат (рис. 2.2).

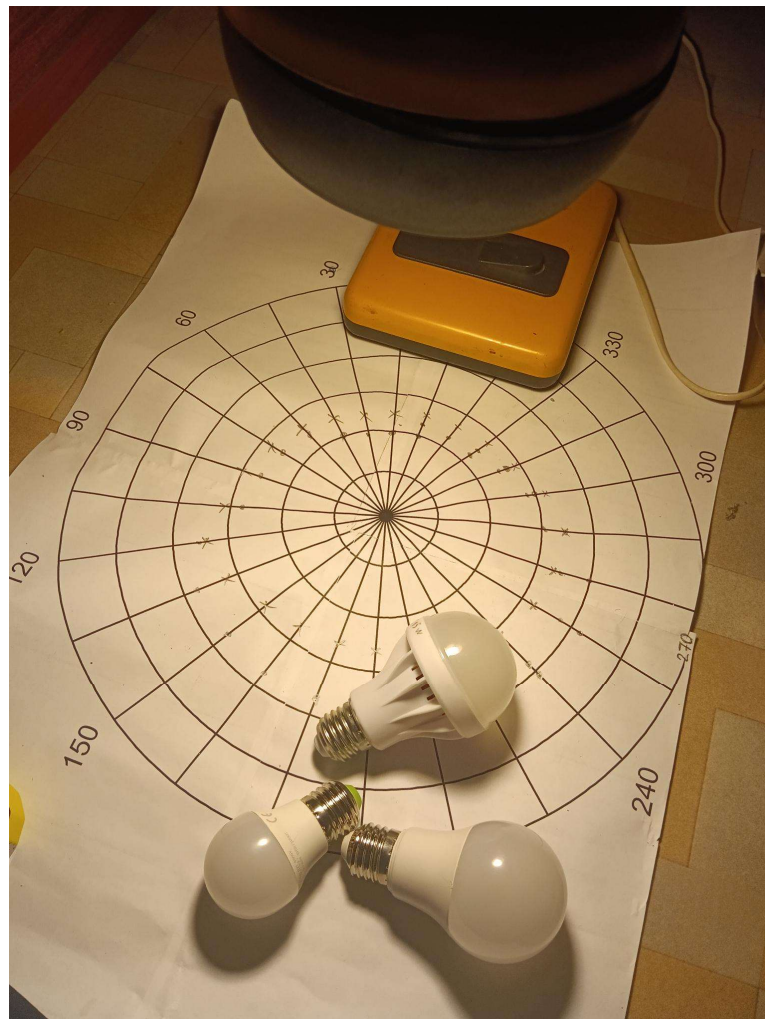


Рисунок 2.2 – Проведення дослідження

5. Задане значення освітленості необхідно знайти на радіальній лінії полярної сітки (тобто лінія, що відповідає куту від 0 до 360°) (рис. 2.3).

6. Вимірюємо відстань від центру до точки, отримані значення заносимо в таблицю 2.2 - 2.5.

Таблиця 2.2 – Результати вимірювання освітленості Enerligh

E = 800 лк													
β , град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
d, м	6,4	6,1	6,8	8,1	11,2	11,6	11,7	10,9	12,2	11,5	9,9	8,5	6,4
	6,4	6,0	7,2	8,5	11,3	11,5	11,6	10,8	12,0	10,0	8,3	7,1	6,4
	6,3	5,9	7,0	8,3	11,1	11,7	11,8	10,7	11,5	10,6	9,1	7,5	6,3
d _{ср} , м	6,4	6,6	7,0	8,3	11,2	11,5	11,7	10,8	11,9	10,7	9,1	7,7	6,4

Таблиця 2.3 – Результати вимірювання освітленості EUROLAMP

E = 800 лк													
β , град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
d, м	8,9	7,6	8,8	9,4	10,9	9,3	8,2	8,6	9,9	10,5	10,1	8,6	8,9
	8,2	7,9	8,2	9,4	10,5	9,0	8,8	8,4	9,7	10,8	10,1	8,8	8,2
	7,5	7,2	7,4	9,4	10,1	8,7	7,5	8,2	9,5	11,2	10,1	8,4	7,5
d _{ср} , м	8,2	7,5	8,2	9,4	10,5	9,0	8,3	8,4	9,7	10,8	10,1	8,6	8,2

Таблиця 2.4 – Результати вимірювання освітленості ІЕК

E = 800 лк													
β , град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
d, м	12,0	12,0	12,2	12,4	12,5	14,5	14,5	14,5	13,3	13,7	12,7	12,1	12,0
	11,5	11,6	12,4	12,0	12,7	14,5	14,6	14,5	13,0	13,8	12,6	12,0	11,5
	11,0	11,0	12,0	11,6	12,3	14,4	14,6	14,4	12,7	13,4	12,3	12,0	11,0
d _{ср} , м	11,5	11,6	12,2	12,0	12,5	14,5	14,6	14,5	13,0	13,8	12,5	12,0	11,5

Таблиця 2.5 – Результати вимірювання освітленості MAXUS

E = 800 лк													
β , град	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
d, м	12,7	11,6	7,6	6,3	5,5	5,3	5,2	6,8	8,2	8,3	10,7	12,3	12,7
	12,8	11,5	7,6	6,2	5,6	5,2	5,3	6,8	8,8	8,8	10,8	12,7	12,8
	12,6	11,4	7,5	6,3	5,5	5,3	5,4	6,7	7,5	7,5	10,6	12,5	12,6
d _{ср} , м	12,7	11,4	7,6	6,3	5,5	5,2	5,3	6,8	8,3	8,3	10,7	12,5	12,7

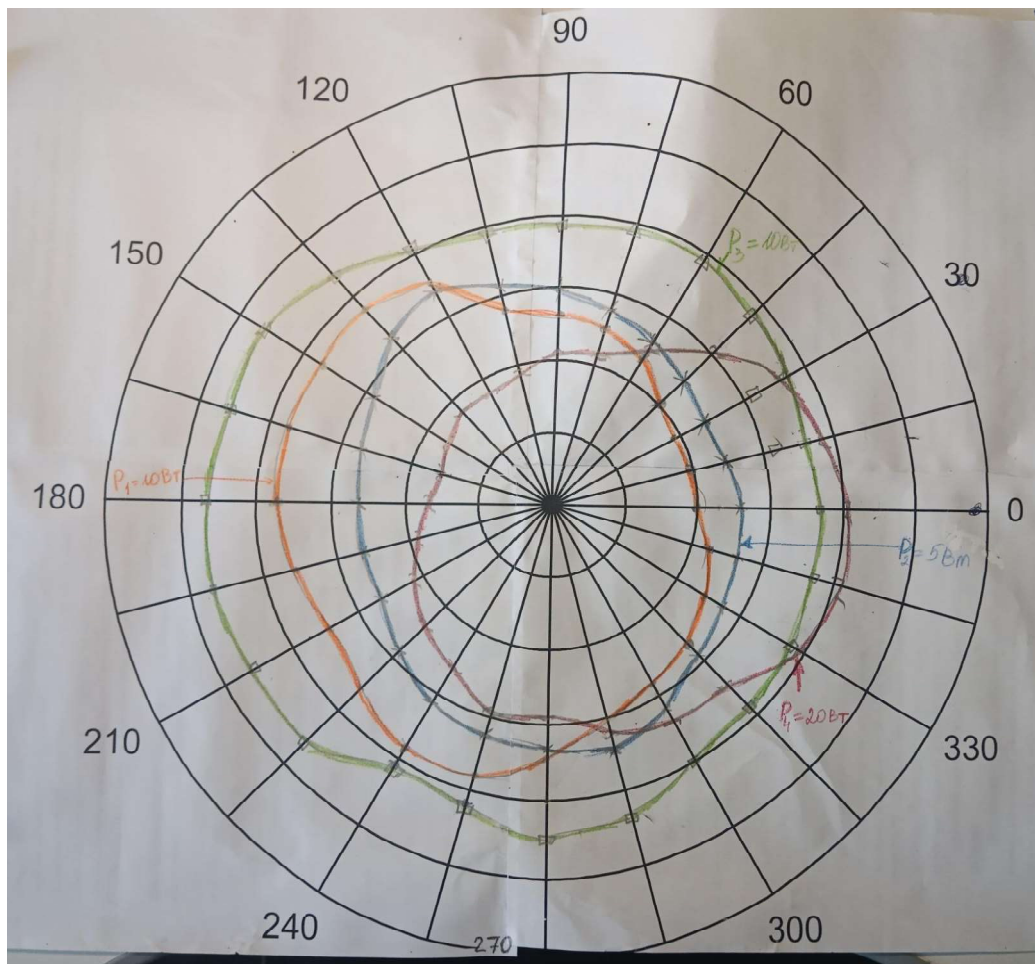


Рисунок 2.3 – Сітка полярних координат з виміряними горизонтальними ізолюксами

Знаючи, що у мене точкове джерело світла, за законом зворотніх квадратів, можна визначити силу світла для цього скористаюсь формулами 1.1 - 1.4. Схема вимірювання наведена на рисунку 2.4, виміряні данні в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати вимірювання освітленості на відстанях

h_1 , м	0,27								
d , м	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
E_1 , лк	2005	800	437	305	121	76	15	4	-
E_2 , лк	1330	732	322	172	84	21	6	0	-
E_3 , лк	2380	1362	729	486	310	197	92	17	3
E_4 , лк	1940	537	134	27	-	-	-	-	

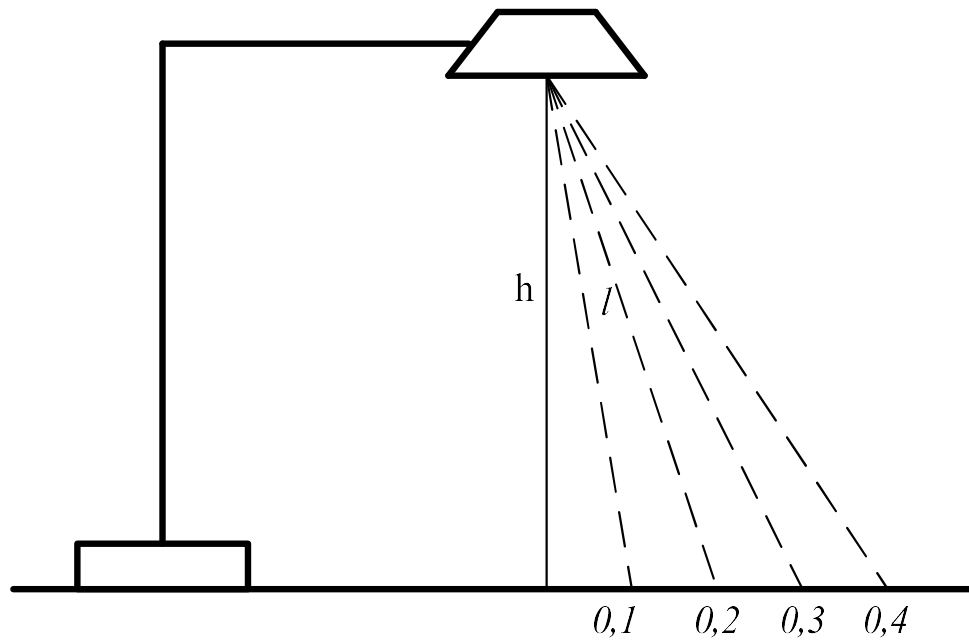


Рисунок 2.4 – Схема вимірювання

Тож, для 1 лампи Enerligh

$$\alpha_{1,1} = \arccos \left[\frac{h}{\sqrt{h^2 + d^2}} \right] = \arccos \left[\frac{0,27}{\sqrt{0,27^2 + 0,1^2}} \right] = 20,32^\circ,$$

$$\alpha_{1,2} = \arccos \left[\frac{0,27}{\sqrt{0,27^2 + 0,2^2}} \right] = 36,53^\circ,$$

$$\alpha_{1,3} = \arccos \left[\frac{0,27}{\sqrt{0,27^2 + 0,3^2}} \right] = 48,01^\circ,$$

$$\alpha_{1,4} = \arccos \left[\frac{0,27}{\sqrt{0,27^2 + 0,4^2}} \right] = 55,98^\circ,$$

$$\alpha_{1,5} = \arccos \left[\frac{0,27}{\sqrt{0,27^2 + 0,5^2}} \right] = 61,63^\circ,$$

$$\alpha_{1.6} = \arccos \left[\frac{0,27}{\sqrt{0,27^2 + 0,6^2}} \right] = 65,77^\circ,$$

$$\alpha_{1.7} = \arccos \left[\frac{0,27}{\sqrt{0,27^2 + 0,7^2}} \right] = 68,91^\circ.$$

$$\alpha_{1.8} = \arccos \left[\frac{0,27}{\sqrt{0,27^2 + 0,8^2}} \right] = 71,35^\circ.$$

Тепер з формули 1.1 можна знайти силу світла:

$$I_{1.1} = \frac{El^2}{\cos \alpha} = \frac{E \cdot (h^2 + d^2) \cdot \sqrt{h^2 + d^2}}{h} = \frac{800(0,27^2 + 0,1^2) \cdot \sqrt{0,27^2 + 0,1^2}}{0,27} = 70,72 \text{ кд}$$

$$I_{1.1} = \frac{800(0,27^2 + 0,1^2) \cdot \sqrt{0,27^2 + 0,1^2}}{0,27} = 70,72 \text{ кд}$$

$$I_{1.2} = \frac{473 \cdot (0,27^2 + 0,2^2) \cdot \sqrt{0,27^2 + 0,2^2}}{0,27} = 66,46 \text{ кд}$$

$$I_{1.3} = \frac{305 \cdot (0,27^2 + 0,3^2) \cdot \sqrt{0,27^2 + 0,3^2}}{0,27} = 74,27 \text{ кд}$$

$$I_{1.4} = \frac{121 \cdot (0,27^2 + 0,4^2) \cdot \sqrt{0,27^2 + 0,4^2}}{0,27} = 50,37 \text{ кд}$$

$$I_{1.5} = \frac{76 \cdot (0,27^2 + 0,5^2) \cdot \sqrt{0,27^2 + 0,5^2}}{0,27} = 51,65 \text{ кд}$$

$$I_{1.6} = \frac{15 \cdot (0,27^2 + 0,6^2) \cdot \sqrt{0,27^2 + 0,6^2}}{0,27} = 15,82 \text{ кд}$$

$$I_{1.7} = \frac{4 \cdot (0,27^2 + 0,7^2) \cdot \sqrt{0,27^2 + 0,7^2}}{0,27} = 6,26 \text{ кд}$$

Для інших зразків 2-4, за тими ж формулами визначу кут і силу світла, кут для всіх зразків буде однаковим. Результати розрахунків будуть наведені в 3 розділі. За результати вимірювання освітленості на відстані побудую залежність $E = f(d)$ (рис. 2.5).

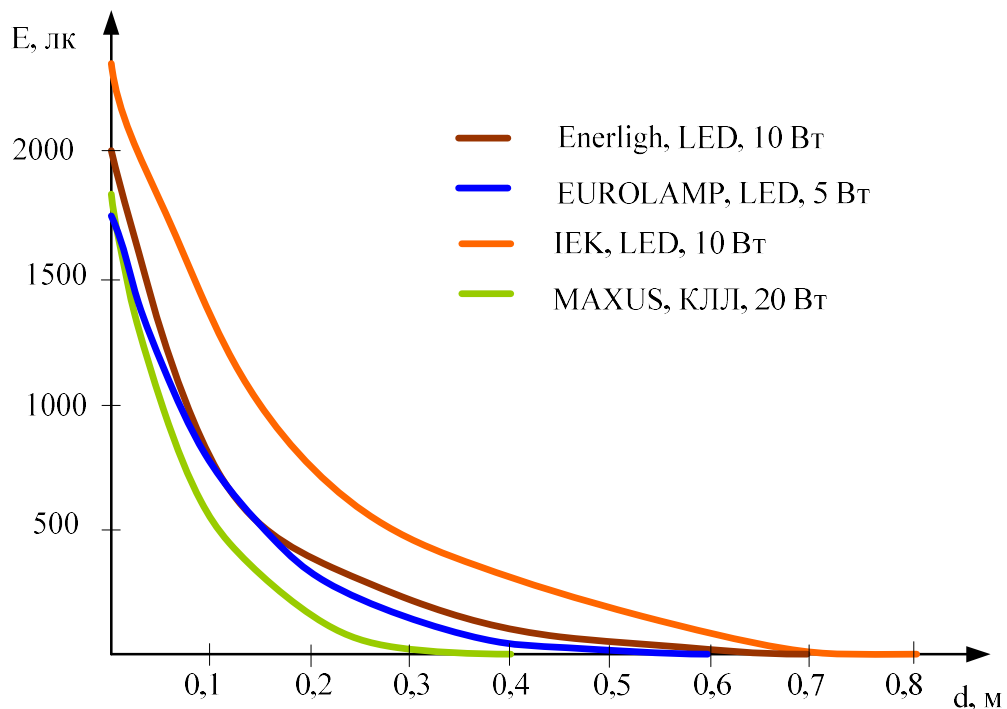


Рисунок 2.5 – Залежність $E = f(d)$

2.3 Нормовані рівні освітленості для робочого місця

У чинних нормативних документах ДБН В.2.5-28:2018 та ДСТУ EN 12464-2:2016 немає прямої згадки про настільні лампи як окремий тип світильника [2, 19]. Вони описують вимоги до освітлення робочих місць

загалом – тобто до рівня освітленості, рівномірності, пульсації, блиску, передачі кольору тощо.

ДБН [2]: розглядає місцеве освітлення як доповнення до загального. Настільна лампа підпадає під категорію «місцеві світильники», які повинні забезпечувати нормативну освітленість на робочій поверхні (300–500 лк залежно від характеру роботи).

В ДСТУ EN 12464-2:2016 [19] зазначено, що місцеве освітлення (task lighting) може використовуватися для досягнення потрібних рівнів освітленості, але вимоги до настільних ламп як окремого виробу не прописані.

2.4 Комп'ютерне моделювання освітлення робочого столу настільною лампою

Комп'ютерне моделювання освітлення робочого столу настільною лампою виконується для розрахунку нормативних показників освітленості, оцінки комфорту зору та правильного позиціонування світильника. Згідно з нормативних документів [12, 9], середня освітленість ($E_{\text{ср}}$) у зоні виконання зорової роботи (на столі) має становити щонайменше 300 лк, а коефіцієнт рівномірності ($U_0 = E_{\text{min}} / E$ не менше 0,6).

Для коректного моделювання необхідно врахувати три основні геометричні параметри, що впливають на розподіл світлового потоку:

1. Розрахункова площа: горизонтальна поверхня столу площею 1,2 на 0,8 м на висоті 0,8 м від підлоги.

2. Висота підвісу джерела (h_p): відстань від поверхні столу до світлодіодної матриці лампи (зазвичай від 0,4 м – 0,5 м).

3. Кут спрямування світла (α): кут нахилу плафона відносно вертикалі (оптимально $0^\circ - 15^\circ$ у бік від очей користувача для запобігання прямому сліпленню).

Програма DIALux обчислює освітленість у кожній точці методом радіоситі (Radiosity) або трасуванням променів [20]. Для прямої складової світла використовується закон квадрата відстані та закон косинуса.

Етапи моделювання в DIALux evo [21]:

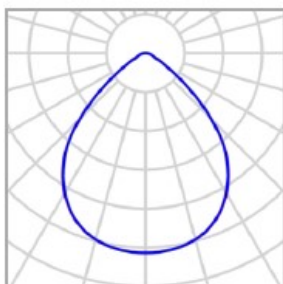
Створення геометрії: побудую кімнату з встановленою 3D-модель офісного столу з каталогу меблів DIALux Evo (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Побудова кімнати в DIALux Evo

В кімнаті встановлений 1 стельовий світильник фірми Philips (рис. 2.7), який на робочій поверхні створює освітленість від 0 до 270 лк.

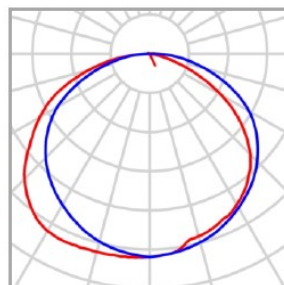
Було змодельовано, рівень освітленості на робочому столі з додаванням місцевого світильника (рис. 2.8), кут нахилу плафону буде мати 4 позиції: 0° , 10° , 15° та 20° (рис. 2.9). В результаті, на поверхні столу було отримано різні рівні середньої освітленості від 459-463 лк. (рис. 2.10). Рівень освітленості в кімнаті загалом є не достатнім (рис. 2.11).



Виробник	Philips
Назва виробу	RC461B PSD W60L60 PSD W60L60 VPC PIP LED40S/- NO
Комплектація	1x LED40S/940/-

P	28.5 W
Φ _{СВІТИЛЬНИК}	4000 lm

Рисунок 2.7 – Технічні характеристики світильника загальної системи освітлення



Виробник	Franklite
Код виробу	TL516
Назва виробу	Desk Lamp
Комплектація	1x L268

P	8.0 W
Φ _{СВІТИЛЬНИК}	669 lm

Рисунок 2.8 – Технічні характеристики настільна лампа

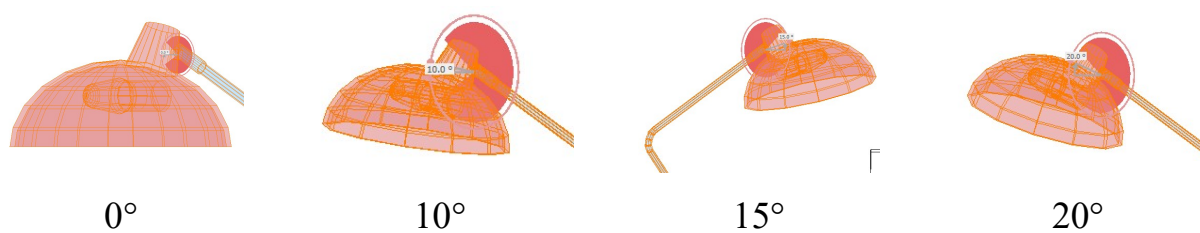


Рисунок 2.9 – Нахил плафону настільної ламп, DIALux Evo



0°



10°



15°



20°

Рисунок 2.10 – Результуюча освітленість на поверхні столу при різних кутах нахилу плафону настільної лампи

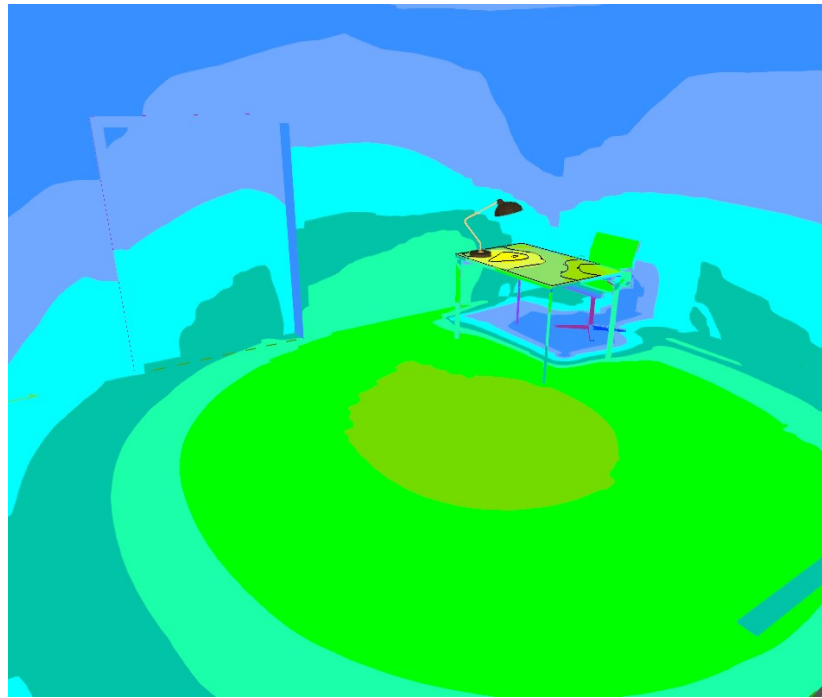


Рисунок 2.11– Умовні кольори в приміщенні

Світлотехнічна частина роботи показує, наскільки важливим є правильне проектування освітлення для робочого місця. Було розглянуто характеристики настільної лампи, яка впливає на якість світлового середовища. Криві сили світла (КСС) є ключовим параметром, адже вони показують, як розподіляється світловий потік у просторі від настільної лампи. Це дозволяє зрозуміти, чи буде світло рівномірним, чи виникатимуть тіні та відблиски. Важливим є також співвідношення світла, спрямованого вгору та вниз, адже саме воно визначає, наскільки освітленими будуть стіни й стеля, і чи не виникатиме дискомфорт для очей. Проведені експерименти показують, що вагоме значення має конструктивні особливості настільної лампи, а сила світла залежить від потужності і виду джерела світла.

Правильно підібрані параметри настільної лампи та системи освітлення дозволяють створити комфортні умови праці, відповідні нормативним вимогам, і водночас сприяють психологічному комфорту працівників.

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ

Як було з'ясовано, освітлення робочого місця вимагає підвищеної уваги, певних знань і умінь в проектуванні систем освітлення та повинен мати комплексний підхід до вирішення цього питання.

Провівши аналітичний огляд літератури було з'ясовано, що велика увага приділяється впливу освітлення саме на працездатність працівника, його психоемоційний стан, а дослідження саме конструктивних особливостей і видів джерел світла в настільних лампах відсутні.

Діючі стандарти регламентують параметри світлового середовища, а не конструкцію настільної лампи або види джерел світла в них. Тому лампа повинна відповідати загальним вимогам до освітлення робочого місця.

Тож, виходить, настільна лампа може бути як додаткове джерело освітлення яке буде доповнювати загальну систему освітлення, для підвищення рівней освітленості на робочому столі.

Проведення експерименту базувався на наявній настільній лампі і 4 видів джерел світла: 3 світлодіодні, різних виробників з потужність 5 і 10 Вт, і КЛЛ 20Вт. (рис. 3.1)



Рисунок 3.1 – Джерела світла, що досліджувались

Хочеться відзначити конструктивні особливості настільної лампи. Лампа має достатньо широку основу, але і дуже важкий плафон, тому під час експерименту початкова висота була встановлена на 0,27 м, а під кінець експерименту вона становилася меншою приблизно на 2 см., тому позитивним моментом є те, що настільна лампа регулюється, а негативним, що дуже важкий плафон. Регулювання настільної лампи дає більше переваг над фіксованими для досягнення комфортних умов і рівномірності на робочому столі. Ще є такий момент, що плафон лампи після заміни джерела світла вадко поставити одне і те саме положення, про це свідчить не однаковість розміщення отриманих горизонтальних ізолюксів (рис. 3.2).

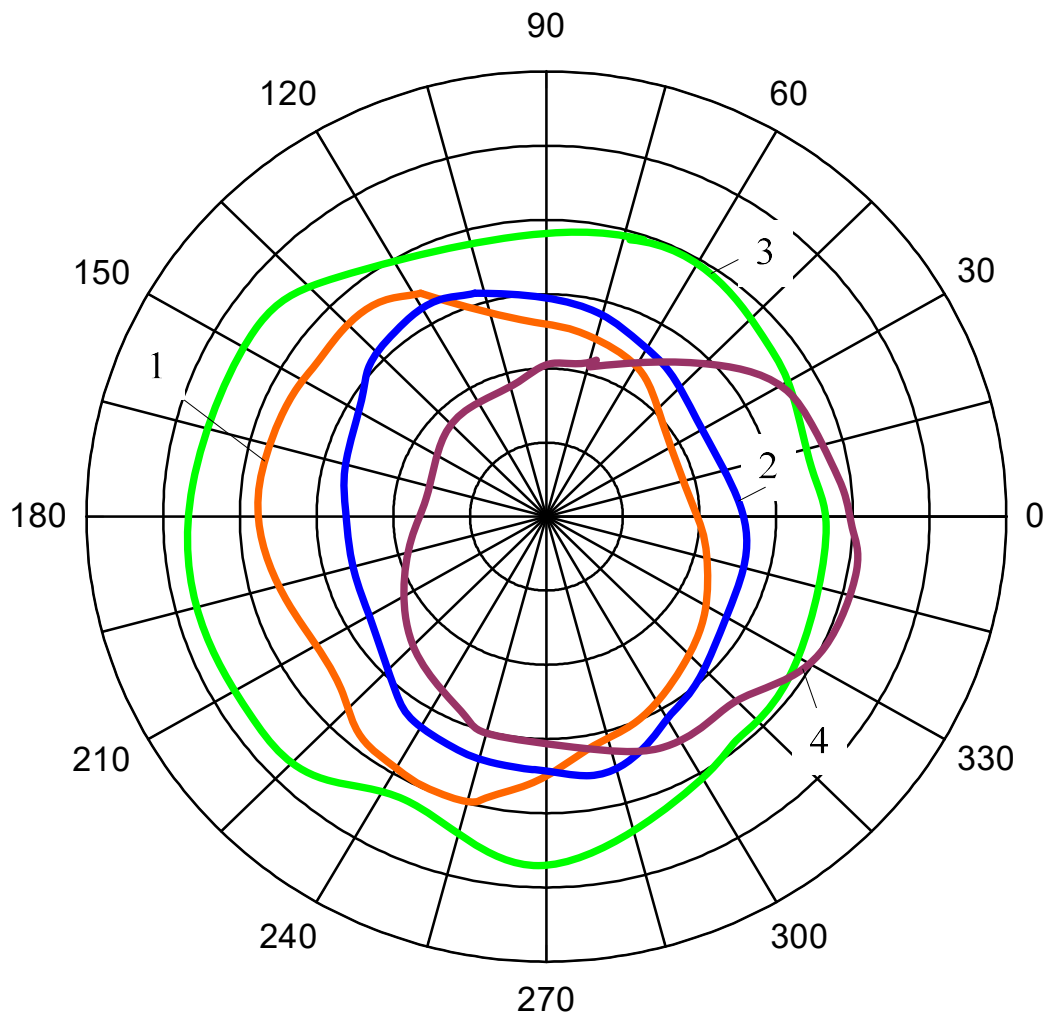


Рисунок 3.2 – Горизонтальні ізолюкси

Як було наведено в 2 розділі визначення кута та сили світла для джерела світла Enerligh, так само за формулами 1.1 – 1.4 для EUROLAMP, ІЕК, MAXUS, результати зведені в підсумковій таблиці 3.1. За отриманими значеннями сили світла і кутів побудую залежність $I = f(\alpha)$ КСС (рис. 3.3).

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

h, м	0,27								
d, м	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
E ₁ , лк	2005	800	437	305	121	76	15	4	-
E ₂ , лк	1330	732	322	172	84	21	6	0	-
E ₃ , лк	2380	1362	729	486	310	197	92	17	3
E ₄ , лк	1940	537	134	27	-	-	-	-	-
I, л	0,0729	0,0829	0,1129	0,1629	0,2329	0,3229	0,4329	0,5629	0,7129
α , °	0	20,32	36,53	48,01	55,98	61,63	65,77	68,91	71,35
I ₁ , кд	146,16	70,72	61,40	74,27	50,37	51,65	15,82	6,26	-
I ₂ , кд	96,96	64,71	45,24	41,88	34,97	14,27	6,33	-	-
I ₃ , кд	173,50	120,41	102,42	118,35	129,05	133,88	97,05	26,59	6,69
I ₄ , кд	141,43	47,47	18,83	6,57	-	-	-	-	-

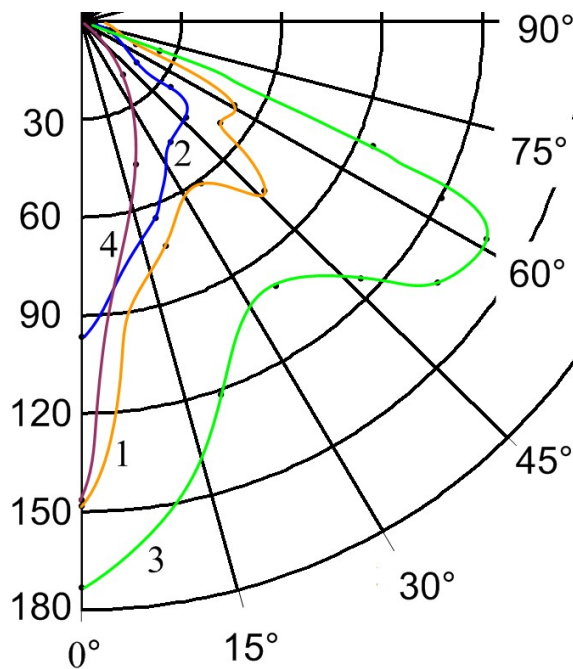


Рисунок 3.3 – КСС за різних джерел світла

Проведене комп'ютерне моделювання дало змогу змодельовати різними положеннями нахилу плафону настільної лампи. Було визначено, що при куті нахилу 0° на робочому столі створюється рівень освітленості 456 лк, при 10° – 463 лк, при 15° – 462 лк, при 20° 458 лк, але і цього не достатньо для забезпечення нормованого рівня в 500 лк. Тому одним із варіантів вирішення цього питання стало додавання світильника в загальну систему освітлення, результати наведені на рисунках 3.4 – 3.7

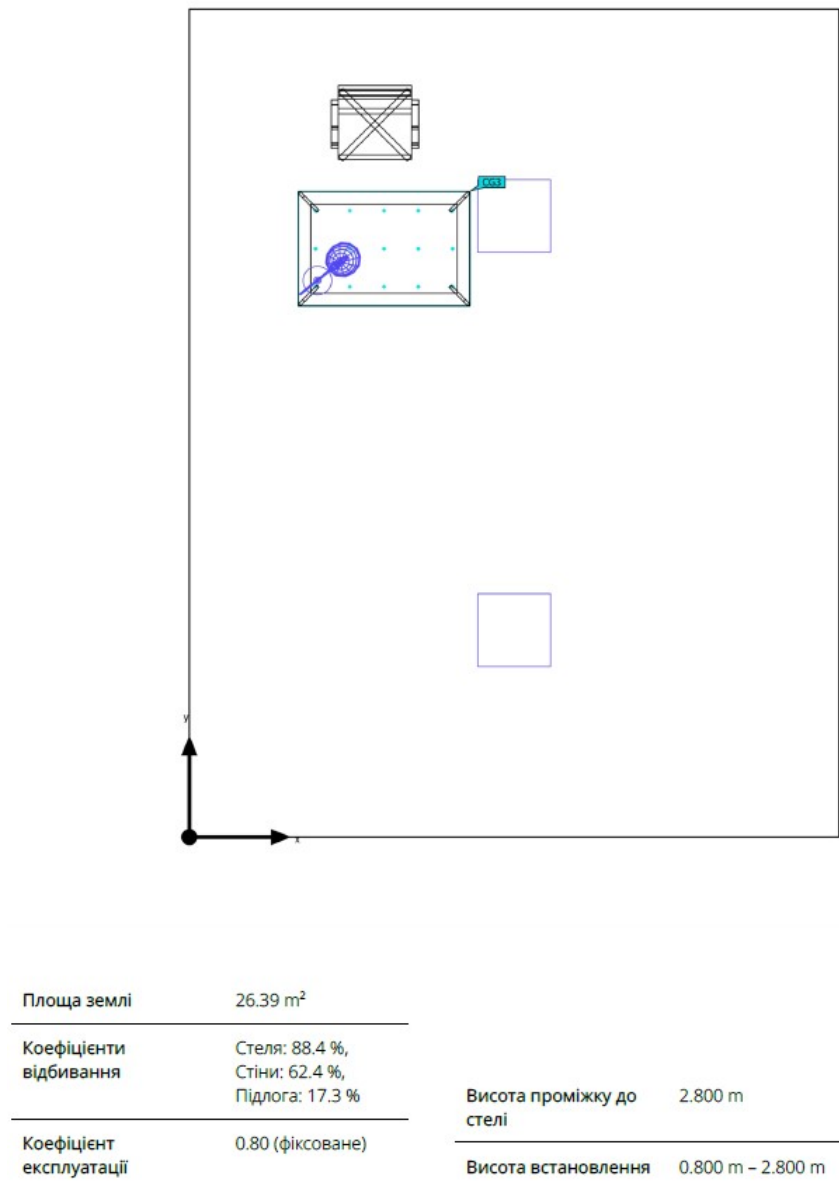


Рисунок 3.4 – Результати комп'ютерного моделювання

Будівля 1 · Поверх 1 · 2 (Сцена освітлення 1)
Звіт

Результати

	Параметр	Розраховано	Норматив	Відповідність	Позначення
Оцінка засліплення ⁽¹⁾	R _{UG,max}	13	≤ 19	✓	
Обсяги енергоспоживання ⁽²⁾	Енергоспоживання	[113 - 179] kWh/a	макс. 950 kWh/a	✓	
Простір	Питома споживана потужність	2.46 W/m²	–		

(1) Базується на прямокутному просторі 4.550 m x 5.800 m та SHR 1.0.
(2) Розраховано з використанням DIN:18599-4.
Профіль користування: Визначені налаштування DIALux (5.26.2 Стандарт (офісний))

Специфікація світильників

шт.	Виробник	Код виробу	Назва виробу	R _{UG}	P	Φ	Світловіддача
1	Franklite	TL516	Desk Lamp	–	8.0 W	669 lm	83.7 lm/W
2	Philips		RC461B PSD W60L60 PSD W60L60 VPC PIP LED40S/- NO	13	28.5 W	4000 lm	140.3 lm/W

Рисунок 3.5 – Звіт, результатів комп’ютерного моделювання

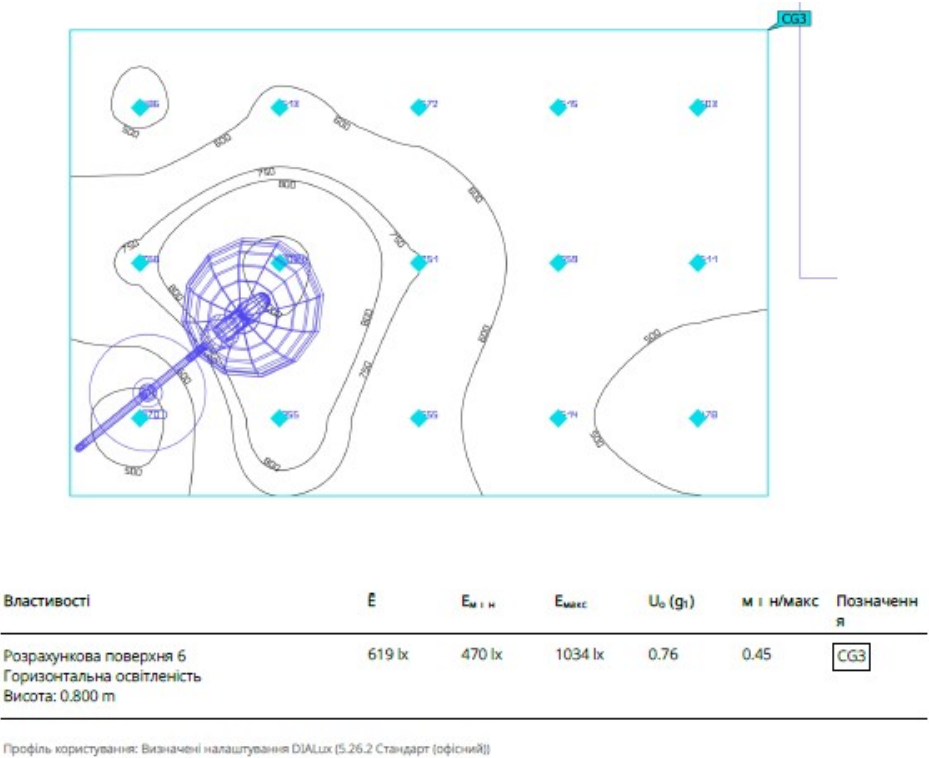


Рисунок 3.6 – Розподіл освітленості по робочій поверхні



Рисунок 3.7 – 3D візуалізація

Виходячи з вищесказаного можна надати такі рекомендації:

1. Для роботи за столом найкраще використовувати настільні лампи прямого або спрямованого світла. Якщо робота пов'язана з комп'ютером – варто обрати спеціальні лампи-скрінбари, які мінімізують відблиски від монітора.

2. LED-лампи є оптимальним вибором завдяки енергоефективності, довговічності та можливості регулювати яскравість і колірну температуру. Уникайте ламп розжарювання та галогенних – вони менш ефективні й створюють надмірне теплове навантаження.

3. Для роботи з документами та комп'ютером рекомендовано джерела світла з нейтральним світлом (4000–4500K), тепле світло (2700–3000K) підходить для відпочинку, але може знижувати концентрацію, холодне світло

(5000–6500K) варто застосовувати лише для короткочасних завдань, що потребують високої уваги.

4. Лампа має бути розташована так, щоб світло падало збоку (зліва для правші, справа для лівші). Висота джерела світла повинна забезпечувати рівномірне освітлення без тіней.

5. Важливо уникати мерехтіння бо воно викликає втому та головний біль. Лампа повинна мати високий індекс передачі кольору ($CRI > 80$), щоб кольори виглядали більш природно.

6. Краще використовувати комбіноване освітлення: загальне + локальне.

7. Регулярно перевіряти стан ламп, бо вони з часом втрачають яскравість і починають блимати.

Розглянута система освітлення відповідає нормативним вимогам: достатня освітленість, хороша рівномірність, низьке енергоспоживання, прийнятний рівень засліплення.

Таким чином, оптимальна настільна лампа для робочого місця – це LED-лампа з можливістю здійснювати регулювання яскравості та колірної температури, яка буде розташована збоку від робочої поверхні, з нейтральним світлом і високим CRI.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Задачі в області охорони праці

Система охорони праці є невіддільним комплексом правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і санітарно-гігієнічних заходів, що гарантують збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності. Ключові завдання у цій галузі спрямовані на превентивний захист персоналу від впливу шкідливих і небезпечних чинників та мінімізацію професійних ризиків. До них належать [22–26]:

Організація системи управління охороною праці (СУОП): створення та координація дієвих механізмів аудиту, контролю й планомірного покращення виробничого середовища.

Профілактика виробничого травматизму та профзахворювань: ідентифікація небезпек, моніторинг тригерів ризику, розробка та реалізація технічних рішень для локалізації нещасних випадків.

Наглядово-контрольна діяльність: систематична перевірка відповідності робочих місць чинним галузевим стандартам і регламентам безпеки.

Професійна підготовка з безпеки життєдіяльності: організація диференційованого навчання, регулярних інструктажів та практичного відпрацювання навичок безризикової роботи.

Модернізація інженерно-технічних засобів захисту: інтеграція інноваційних засобів індивідуального та колективного захисту (ЗІЗ і ЗКЗ), а також автоматизація процесів контролю безпеки.

Практична реалізація зазначених завдань можлива лише за умови функціонування чіткої нормативно-правової бази та неухильного виконання її вимог уповноваженими суб'єктами.

Правове регулювання безпеки праці в Україні базується на гармонізованій системі законодавчих актів, яка встановлює чіткі критерії для створення безпечного виробничого простору. Фундамент цієї системи утворюють такі нормативні документи [22–26]: Закон України «Про охорону праці» – базовий законодавчий акт, що закладає конституційні принципи безпеки життєдіяльності, а також регламентує зобов'язання і відповідальність роботодавців та найманих працівників.

Кодекс законів про працю України (КЗпП) – регулює правові засади організації трудового процесу, тривалість робочого часу, режими відпочинку та гарантії соціального захисту.

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» – визначає правові та фінансові механізми відшкодування збитків і реабілітації працівників у разі ушкодження здоров'я на виробництві.

Нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП) – спеціалізовані міжгалузеві та галузеві правила, інструкції та стандарти, які деталізують вимоги безпеки для конкретних видів робіт та технологічних процесів.

Директиви ЄС та міжнародні стандарти (зокрема серії ISO) – міжнародні нормативні орієнтири, у межах інтеграції з якими Україна здійснює реформування та адаптацію національного законодавства.

Отже, завданням розділу «Охорона праці» бакалаврської роботи є організація відповідних умов праці на технологічній дільниці по збірці настільних ламп.

4.2 Коротка характеристика, описання технологічній дільниці по збірці настільних ламп для розробки заходів з охорони праці

Об'єктом проектування заходів з охорони праці визначено технологічну дільницю збирання, ультразвукового зварювання, лазерного маркування та фотометричного випробування світлодіодних настільних ламп. Дана дільниця є високоавтоматизованим завершальним етапом виробництва,

де формується фінальний конструктивно-товарний вигляд готового виробу та контролюються його безпекові й світлотехнічні характеристики.

Дільниця розташована на другому поверсі триповерхового виробничого корпусу. За класифікацією вибухопожежної небезпеки приміщення належить до категорії В (пожежонебезпечне через наявність полімерних матеріалів), клас зон за НПАОП 40.1-1.32-01 – невибухонебезпечна.

Геометричні параметри: площа приміщення становить 72 м² (12 х 6 м), висота стелі – 3.2 м², загальний об'єм – 230,4м³.

Організація простору: на дільниці розгорнуто 5 спеціалізованих робочих місць, які об'єднані в єдиний технологічний ланцюжок. Кожне місце оснащено ергономічним монтажним столом з антистатичним (ESD) покриттям, локальними системами витяжної вентиляції та індивідуальним захисним заземленням.

4.3 Опис робіт, що виконують на технологічній дільниці по збірці настільних ламп

Технологічний цикл дільниці включає виконання таких послідовних операцій [27]:

Вхідний контроль та підготовка: дефектовка світлодіодних плат (матриць), імпульсних драйверів живлення та первинних литих заготовок корпусу.

Ультразвукове зварювання (УЗЗ) пластику: нероз'ємне з'єднання елементів плафона та шарнірних вузлів розсіювача з ABS-пластику або полікарбонату за допомогою ультразвукового зварювального верстата. Процес відбувається під дією високочастотних механічних коливань торця волновода (20 - 40 кГц), що забезпечує дифузію матеріалу без використання хімічних клеїв.

Механоскладальні та електромонтажні роботи: монтаж опорної стійки, прокладання внутрішньої проводки, пайка провідників живлення до LED-матриці та встановлення кнопок керування.

Лазерне маркування корпусу: нанесення на основу ламп технічної інформації (логотип, напруга, потужність, серійний номер, знаки сертифікації) за допомогою волоконного лазерного маркера твердотілого типу.

Технічний та фотометричний контроль: фінальне тестування виробу на автоматизованому стенді (вимірювання світлового потоку, індексу кольоропередачі та перевірка електричної міцності ізоляції).

4.4 Аналіз умов праці, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів на технологічній дільниці по збірці настільних ламп

Впровадження передових технологій обробки матеріалів вимагає врахування особливих шкідливих та небезпечних виробничих факторів (НШВФ) [28, 29] (табл 4.10):

Небезпека лазерного випромінювання: волоконний лазерний маркер генерує висококонцентроване когерентне випромінювання (клас небезпеки лазера – 3Б або 4). Пряме, дзеркально або дифузно відбите лазерне променіння створює критичну загрозу незворотного ураження сітківки та рогівки ока оператора, а також термічних опіків шкіри. Крім того, під час випалювання пластику лазером виділяється токсичний дрібнодисперсний аерозоль.

Ультразвук та вібрація: робота установки УЗ-зварювання супроводжується поширенням повітряного та контактного ультразвуку, а також локальної вібрації. Тривалий вплив високочастотних коливань на організм викликає порушення функцій нервової системи, швидко втому, головний біль та вегетативні розлади.

Електрична небезпека: наявність височастотних генераторів для УЗ-зварювання, високовольних блоків живлення лазерної головки та силовими ланцюгами випробувального стенда (220/380 В) створює підвищену небезпеку ураження електричним струмом.

Хімічні шкідливості: при ультразвуковому зварюванні та лазерному маркуванні відбувається локальний термічний розпад (деструкція) полімерів із виділенням у повітря робочої зони летких токсичних сполук (мономерів, окису вуглецю, акролеїну), які потребують негайного видалення.

Зорове напруження: етап тестування та калібрування настільних ламп пов'язаний із впливом прямої блискучості високої яскравості на органи зору контролера, що провокує явище засліпленості та астенопію.

Таблиця 4.1 – Небезпечні і шкідливі виробничі фактори

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори		
Фізичні:	Хімічні й біологічні	Психофізіологічні:
- температура - когерентне випромінювання - ультразвук та вібрація - електрична небезпека	- деструкція полімерів із виділенням у повітря робочої зони токсичних сполук. - зорове напруження.	- фізичні - нервово-психічні фактори

4.5 Розробка організаційних заходів з охорони праці

Виходячи з вище сказаного, можна розробити організаційні заходи з охорони праці при роботі на технологічній дільниці по збірці настільних ламп. Це є достатньо важливим етапом забезпечення безпеки працівників. До організаційних заходів належать:

1. Допуск до робіт та кваліфікація: на технологічну дільницю по збірці настільних ламп допускаються лише особи віком від 18 років після

обов'язкового медогляду (особлива увага – стану органів зору та нервової системи).

Електробезпека: оператори лазерів та УЗ-зварювання повинні мати кваліфікаційну групу не нижче III, монтажники – не нижче II.

2. Навчання та інструктажі (згідно з НПАОП 0.00-4.12-05) [30]:

Повторний інструктаж на робочому місці – не рідше 1 разу на 3 місяці.

Позаплановий інструктаж – у разі модернізації лазерного/УЗ обладнання або після порушень правил безпеки.

3. Режими праці та ергономіка:

Регламентовані перерви: по 10–15 хвилин через кожні 2 години роботи для профілактики зорової та статичної втоми.

Обов'язкове виконання комплексу вправ для очей контролерами фотометричного стенда під час відпочинку.

Впровадження внутрішньозмінної ротації персоналу між складальними та пакувальними операціями.

4. Безпека експлуатації спецобладнання:

Маркування лазерної зони (клас 3Б/4) знаками безпеки та обмеження доступу сторонніх.

Проведення ремонту та налаштування верстатів виключно за умови повного знеструмлення й вивішування заборонних плакатів.

Жорсткий адміністративний контроль за обов'язковим застосуванням ЗІЗ: окулярів із фільтром під довжину хвилі лазера (1064 нм) (рис. 4.1) та протишумних навушників (рис. 4.2).



Рисунок 4.1 – Окулярів із фільтром під довжину хвилі лазера (1064 нм) [31]



Рисунок 4.2 – Протишумні навушники [31]

5. Санітарно-виробничий контроль:

Щоквартальний моніторинг повітря робочої зони на вміст продуктів деструкції пластику (стирол, чадний газ) та парів каніфолі.

Обов'язкова перевірка ефективності роботи місцевої витяжної вентиляції майстром дільниці перед початком кожної зміни.

4.6 Вибір та розрахунок параметрів колективних засобів захисту на технологічній дільниці по збірці настільних ламп

Для технологічної дільниці збирання настільних ламп, враховуючи визначені небезпечні фактори (лазерне випромінювання, ультразвук, токсичні гази від пайки та деструкції пластику), необхідно розрахувати та впровадити три ключові засоби колективного захисту (ЗКЗ):

- захисний кожух для ультразвукового зварювального верстата (зниження шуму та ультразвуку).
- захисний екран (бокс) лазерного маркера (захист очей від когерентного випромінювання).
- локальну витяжну вентиляцію над зоною пайки та зварювання пластику.

4.6.1 Розрахунок звукоізолювального кожуха УЗ-зварювальної установки

Частота роботи УЗ-зварювання становить (20–40 кГц), що створює суб'єктивний високочастотний шум та повітряний ультразвук із рівнем звукового тиску до ($L = 95$ дБА). Норма за НПАОП для точних робіт становить ($L_{norm} = 60$ дБА).

Необхідна звукоізолювальна здатність кожуха ($R_{необ}$):

$$R_{необ} = L - L_{norm} + 5 = 95 - 60 + 5 = 40 \text{ дБА} \quad (4.1)$$

де: 5 – коефіцієнт безпеки.

Вибір конструкції для забезпечення $R = 40$ дБА обирається сталевий кожух завтовшки 2 мм, зсередини облицьований звукопоглинальним матеріалом (мінераловатна плита або акустичний поролон завтовшки 50). Товщина стінки перевіряється за законом маси:

$$R \approx 20 \lg(m \cdot f) - 48 = 20 \lg(16 \cdot 4000) - 48 = 48,12 \text{ дБА} \quad (4.2)$$

При масі стінки $m \approx 16$ кг/м² на частотах шуму верстата ($f \approx 4000$ Гц) фактична ізоляція перевищить (45 дБА), що повністю задовольняє норму.

4.6.2 Обґрунтування вибору захисного екрана лазерного маркера

Волоконний лазер має довжину хвилі $\lambda = 1064$ нм) (ІЧ-діапазон, клас 3Б/4). Для повного захисту оператора маркер розміщується в герметичному захисному боксі. Листова сталь або непрозорий щільний алюміній (повністю поглинають і розсіюють відбите лазерне випромінювання).

Розрахунок оглядового вікна: Якщо бокс має вікно для візуального контролю, воно повинно бути виконане з акрилового пластику (РММА) із

додаванням спеціальних абсорбентів або мінерального скла зі спеціальним напиленням.

Оптична щільність (OD) вікна має забезпечити зниження потужності розсіяного лазера до рівня гранично допустимого рівня ($\Gamma\text{ДР} = 10^{-3} \text{ Вт/см}^2$). При потужності лазера $P = 30 \text{ Вт}$:

$$OD = \lg\left(\frac{I_{nad}}{I_{don}}\right) \geq 6 \quad (4.3)$$

Вибір ЗКЗ: Захисне скло оглядового вікна повинно мати маркування 1064 nm LB6 або вище

4.6.3 Розрахунок локальної витяжної вентиляції (монтажний стіл пайки)

Для уловлювання парів свинцю та каніфолі безпосередньо від паяльника, а також газів деструкції пластику (стиролу) над робочими місцями встановлюються бічні похилі витяжні панелі (типу Черnobережського (рис. 4.3)) або місцевих витяжок (рис. 4.4) (табл).



Рисунок 4.3 – Бічні похилі витяжні панелі (типу Черnobережського [32])



Рисунок 4.4 – місцеві витяжні [32]

Розмір монтажного столу: 1,2 х 0,8 м. Розрахунок об'єму повітря, що видаляється $V_{\text{вит}}$, а формулою для вільного круглого всмоктувального отвору:

$$L_{\text{вит}} = v_x \cdot (7,7 \cdot x^2 + S) \cdot 3600 \quad (4.4)$$

де: x – відстань від місця пайки до всмоктувальної панелі, $x = 0,25$ м.

S – площа круглої всмоктувальної воронки з $d = 0,15$ м, площа $S = 0,0176$ м².

v_x – нормативна швидкість руху повітря у точці пайки для уловлювання токсичних аерозолів, $v_x = 0.5$ м/с.

$$L_{\text{вит}} = 0,5 \cdot (7,7 \cdot 0,25^2 + 0,0176) \cdot 3600 \approx 898 \text{ м}^3 / \text{год}$$

З урахуванням втрат тиску в повітроводах для одного робочого місця пайки приймається локальний витяжний пристрій продуктивністю 900 м³/год. На 5 робочих місць загальна потужність вентилятора локальної системи повинна становити не менше 4500 м³/год.

4.7 Правила надання долікарської допомоги потерпілим при нещасних випадках

На основі виявлених ризиків технологічної ділянки (ураження струмом, лазерні та термічні опіки, отруєння газами деструкції пластику) буду розробляти алгоритми домедичної допомоги при лазерних та термічних опіках. Згідно з вимогами чинного законодавства України, першочерговою дією є виклик екстреної медичної допомоги за номером 103 [34].

При ураженні очей лазерним випромінюванням

Негайне припинення впливу лазерного випромінювання, вимкніть лазерну установку кнопкою аварійної зупинки (E-Stop).

Захист органів зору, забороніть потерпілому терти очі руками, оскільки це посилить механічне пошкодження сітківки чи рогівки.

Ізоляція від світла, накладіть на обидва ока стерильну, м'яку, нетиснучу пов'язку (двобічна пов'язка запобігає синхронному руху очей і додатковому травмуванню).

Потерпілого необхідно доставити до офтальмологічного відділення виключно у горизонтальному положенні (лежачи), щоб мінімізувати внутрішньоочний тиск.

При термічних опіках (пайка, УЗ-зварювання, гарячий пластик):

Негайно промийте місце опіку прохолодною проточною водою протягом 10–15 хвилин. Це знизить температуру тканин та зупинить поглиблення опіку.

Накладіть на уражену ділянку чисту стерильну марлеву пов'язку.

Заборонено:

- зривати залишки одягу чи розплавленого пластику, які прилипли до рани.
- проколювати пухирі, що утворилися.
- змащувати опік олією, жиром, спиртом чи мазями на першому етапі.

4.8 Аналіз пожежовибухонебезпечності на технологічній дільниці по збірці настільних ламп, виявлення пожежовибухонебезпечних факторів

Аналіз пожежовибухонебезпечності дільниці

Згідно з СТУ Б В.1.1-36:2016, за вибухопожежною небезпекою приміщення належить до категорії В (пожежонебезпечне), а зона за НПАОП 40.1-1.32-01 – до класу П-Па (наявність твердих горючих речовин).

1. Горючі речовини:

Полімери: ABS-пластик, полікарбонат та полістирол (корпуси ламп і розсіювачі).

Електроніка: склотекстоліт друкованих плат FR-4 та ПВХ-ізоляція дротів.

Расходні матеріали: каніфольні флюси, спиртові розчинники для очищення плат.

Тара: картонне та паперове пакування готової продукції.

2. Джерела запалювання:

Електричні: короткі замикання, перевантаження силових ліній УЗ-зварювання або випробувальних стендів, великі перехідні опори.

Термічні (лазерні): розфокусування або збій програми лазера (клас 3Б/4), що викликає миттєве займання пластику корпусу.

Технологічні: контакт розпеченого жала паяльника (250–350 °С) з горючими матеріалами на столі.

Електростатичні: іскри статички під час тертя пластикових деталей, здатні підпалити пари спиртових очисників.

3. Класифікація потенційних пожеж:

Клас А: горіння твердих речовин (пластик, картон).

Клас В: горіння рідких речовин (спиртові флюси та очисники).

Клас Е: пожежі в електроустановках під напругою (стенди, верстати, проводка).

4.9 Розробка протипожежних організаційних та технічних заходів, підбір засобів пожежогасіння

На основі проведеного аналізу пожежної небезпеки (категорія В, клас зони П-Па), тож можна надати перелік протипожежних організаційних, технічних заходів та розрахунок первинних засобів пожежогасіння для вашої дільниці.

Протипожежні заходи та підбір засобів пожежогасіння

Організаційні заходи. Усі працівники проходять протипожежний інструктаж (первинний – при прийомі, повторний – 1 раз на рік) та навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму. Визначено чіткі місця для паяння та маркування. Паяльні станції після закінчення зміни обов'язково

знеструмлюються. Куріння та використання відкритого вогню на ділянці категорично заборонено. Шляхи евакуації, проходи та доступ до вогнегасників постійно утримуються вільними від картонної тари та готової продукції. На видному місці біля виходу вивішується тексто-графічний План евакуації персоналу на випадок пожежі, затверджений керівником, приклад приблизного плану наведено на рисунку 4.5.



Рисунок 4.5 – План евакуації [36]

Технічні заходи. Пожежна сигналізація та оповіщення: Приміщення обладнується автоматичною пожежною сигналізацією з димовими оптико-електронними сповіщувачами (оскільки пластик і картон при тлінні виділяють густий дим) та системою звукового оповіщення про пожежу (СО-2). Електрозахист: Силові мережі живлення верстатів УЗ-зварювання та лазерів захищаються автоматичними вимикачами від короткого замикання та перевантажень. Встановлюються пристрої захисного вимкнення (ПЗВ). Антистатичний захист: Для запобігання іскрам статичної електрики столи мають антистатичне покриття та підключені до контуру заземлення.

Аварійне вимкнення: На виході з ділянки встановлюється загальний рубильник для повного знеструмлення приміщення в неробочий час або у разі аварії.

Підбір та розрахунок первинних засобів пожежогасіння.

Враховуючи площу ділянки 72 м², категорію В та наявність електроустановок під напругою (клас пожежі Е), а також горючих пластиків (клас А), згідно з Нормами належності вогнегасників (Правила НАПБ Б.03.001-2016) ділянка забезпечується такими засобами:

Порошкові вогнегасники (типу ВП-5 або ВП-6) – 2 шт. Універсальні, ефективно гасять тверді полімери (клас А) та електропроводку під напругою до 1000 В (клас Е).

Вуглекислотні вогнегасники (типу ВВ-3 або ВВ-5) – 1 шт. Для гасіння дорогого оптико-електронного обладнання лазерного маркера та випробувальних стендів (клас Е) без пошкодження радіокомпонентів залишками порошку.

Пожежний щит (комплектація ЩП-В) – 1 шт, до складу якого входить: Протипожежне покривало (кошма або азбестове полотно 2 х 2 м для накриття паяльного столу у разі спалаху флюсу), гак, лом, сокира та відро.

Отже в розділі охорона праці розроблені організаційні та технічні заходи для організації безпечних умов праці на технологічній ділянці по збірці настільних ламп. Визначений перелік обладнання, яке використовується і які небезпечні і шкідливі виробничі фактори присутні.

Розроблені індивідуальні і колективні засоби захисту від лазерного випромінювання, ультразвуку, токсичні гази від пайки та деструкції пластику. Для забезпечення пожежної безпеки на технологічній ділянці була проведена розробка заходів, а також наведений план евакуації працівників під час евакуації. Розроблені протипожежні організаційні та технічні заходи, та визначено засоби пожежогасіння: 2 порошкових ВП-5 та 1 вуглекислотний ВВ-3 для захисту оптико-лазерного обладнання.

ВИСНОВКИ

Сучасне проектування освітлення робочого місця, це не лише про організацію загального освітлення, а і застосування місцевого освітлення. Тому сучасні настільні лампи давно залишили функціонал позаду, нині вони є арт об'єктами, які стали родзинкою дизайнерських рішень. Тому робота присвячена дослідженню світлотехнічних характеристик світильника для освітлення робочого місця

Доведено, що раціональне поєднання загального та місцевого світла є ключовим фактором забезпечення зорового комфорту, зниження втоми та збереження здоров'я працівників..

Виконано експериментальні дослідження: Проведено інструментальні вимірювання розподілу освітленості настільної лампи з 4 різними джерелами світла: трьома LED-лампами (5 і 10 Вт) та однією КЛЛ (20 Вт).

На основі закону зворотних квадратів математично розраховано просторові кути та силу світла для кожного зразка. Побудовано криві сили світла КСС та горизонтальні ізолюкси, що дозволило оцінити оптичну ефективність світильника.

Здійснено комп'ютерне моделювання та світлотехнічний розрахунок у програмі DIALux evo 13.0. Змодельовано 4 позиції нахилу плафона настільної лампи 0°, 10°, 15° та 20°. Виявлено, що окреме використання місцевого світла не забезпечує нормативні 500 лк (отримано 459–463 лк).

Впроваджено систему комбінованого освітлення на базі стельової панелі Philips RC461B (28,5 Вт) та настільної лампи Franklite TL516 (8,0 Вт). Досягнуто відмінних показників освітленості на робочій поверхні: середня освітленість $E = 619$ лк (при нормі ≥ 500 лк), рівномірність $U_0 = 0.76$ (норма $U_0 \geq 0.6$), питома потужність всього $2,46$ Вт/м².

Розроблені організаційні та технічні заходи для організації безпечних умов праці на технологічній дільниці по збірці настільних ламп. Розроблені

індивідуальні і колективні засоби захисту від лазерного випромінювання, ультразвуку, токсичні гази від пайки та деструкції пластику.

Сформульовано практичні рекомендації. Для роботи за столом найкраще використовувати настільні лампи прямого або спрямованого світла. Використовувати LED-лампи. Звертати увагу на корельовану колірну температуру. Лампа має бути розташована так, щоб світло падало збоку. Краще використовувати комбіноване освітлення.

Рекомендовано застосування ламп скрінбарів для усунення дзеркальних відблисків від моніторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Секрет створення затишку: магія правильного освітлення, яке перетворює інтер'єр! *АрАкс. Мережа меблевих центрів*. URL: <https://araks.ua/article/sekret-stvorenniya-zatishku-magiya-pravilnogo-osvitleniya-yake-peretvoryuye-interyer/>. (дата звернення: 10.05.2025).
2. 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).
3. Електронний посібник з дисципліни: Основи світлотехніки. Луцьк 2019. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/. (дата звернення: 10.05.2025).
4. Терешкевич, Л. Б. ТЗ5 Освітлення промислових споруд та житлових будинків : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Л. Б. Терешкевич, О. В. Бабенко. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 123 с.
5. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2011. – 384 с.
6. Литвиненко А. С. Світлові прилади: навч. посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / А. С. Литвиненко, О. Л. Черкашина ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 125 с.
7. Огородник М. М. Економіка праці і соціально-трудові відносини: конспект лекцій / М. Огородник, М. Падюка. – Л.: НЛТУ України, 2007. – 148 с.
8. Урок: організація робочого місця. *Vseosvita*. URL: <https://vseosvita.ua/lesson/orhanizatsiia-robochoho-mistsia-53039.html>. (дата звернення: 10.05.2025).
9. Як правильно організувати освітлення на робочому столі. *SVETUM*.

URL: <https://svetum.com.ua/ua/blog/sovety-pokupatelyam/kak-pravilno-organizovat-osveshchenie-> (дата доступу: 09.05.2026).

10. Як вибрати настільну лампу для роботи. *Brille*. URL: <https://brille.ua/yak-vybraty-nastilnu-lampu-dlia-> (дата доступу: 09.05.2026).

11. Настільні лампи для школярів та студентів. *5watt*. URL: <https://5watt.ua/uk/blog/statti/nastilni-lampi-dlya-shkolyariv-ta-studentiv?srsId=AfmBOopftvZo-8ar3kfUmiskhH18W7OummaY8WHVTsMd2LfuxwWw9ssy>. (дата доступу: 09.05.2026).

12. Скрінбари. *Rozetka*. URL: <https://build.rozetka.com.ua/ua/nastolnye-lampy/c105280/106954=skrinbari/>. (дата доступу: 09.05.2026).

13. Інноваційні технології в світлотехніці та електроенергетиці: сучасні тенденції та виклики : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 15–16 трав. 2025 р. / Нац. акад. наук вищ. освіти України, Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Нац. наук. центр «Ін-т метрології» [та ін.].— Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. — 100 с.

14. Aryani S. M., Kusumawanto A., Suryabrata J. Lighting in the workplace as the visual environment that affect the occupant's mood: A literature review / S. M. Aryani, A. Kusumawanto, Suryabrata // *Proceedings of the 3rd International Conference on Dwelling Form (IDWELL 2020)*. 2020. p. 10-19. 10.2991/assehr.k.201009.002.

15. Lian Y., Wu D., Ji Z. STM32-Based intelligent desk lamp design and implementation / Yuyang Lian, Dong Wu, Zelin Ji. *Open Access Library Journal*. Vol.8 №.8, 2021, p 1-11. doi: [10.4236/oalib.1107754](https://doi.org/10.4236/oalib.1107754).

16. Implementing product design methodology tools: a desk lamp case study. *Innovations in Publishing, Printing and Multimedia Technologies*. (2025), № 1(2), p. 22-29. <https://doi.org/10.59476/ilpmt2025.v1i2.22-29>.

17. Fotios SA. Lamp colour properties and apparent brightness: a review. *Lighting Research & Technology*. 2001;33(3):163-178. doi:[10.1177/136578280103300306](https://doi.org/10.1177/136578280103300306).

18. Методичні рекомендації до виконання практичних і лабораторних робіт, самостійної роботи та курсових і контрольних робіт із навчальної дисципліни «Основи світлотехніки» (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. : С. С. Овчинников, В. М. Поліщук, Г. О. Петченко, Л. Д. Гуракова, О. М. Діденко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 80 с.

19. Настільна лампа та кут її світлості. *Блог.stroyploshadka*. URL: <https://blog.stroyploshadka.ua/nastolnaya-lampa-i-ugol-ee-svetimosti> (дата доступу: 09.05.2026).

20. 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).

21. Васильєва Ю. О. Комп'ютерні інформаційні технології в світлотехніці: навч. посібник / Ю. О. Васильєва; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 115 с.

22. 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.

23. 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. 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: 05.06.2026)

25. ДСанПН 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: 05.06.2026)

26. 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: 05.06.2026).

27. Технологія світлотехнічного виробництва : навч. посібник / Г. О. Петченко, А. С. Литвиненко, О. М. Ляшенко, О. М. Діденко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 147 с.

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

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

30. 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: 06.06.2026).

31. Захисні протишумні навушники Alpine Defender –антифони для дорослих, багаторазові, чорні, захист слуху від гучного шуму. *Розетка*. URL: <https://rozetka.com.ua> (дата звернення: 06.06.2026).

32. Витяжні панелі Черnobережського для зварювальних постів 1П6 / 1П7,5 / 1П9 / 2П6 / 2П7,5 / 2П9. *Vent.kiev.ua*. URL: <https://vent.kiev.ua/vytiazhni-paneli-chernoberezhskoho-dlia-zvariuvalnykh-postiv-1p6-1p75-1p9/> (дата звернення: 06.06.2026).

33. Витяжка паяльного диму VEVOR ///5151792 зварювального диму з 3-ступінчастим фільтром, потужністю всмоктування 180 м³/г. *prom* URL: https://prom.ua/p2912444462-vityazhka-payalnogo-dimu.html?utm_source=google (дата звернення: 06.06.2026)

34. Наказ № 441 МОЗ України від 09.03.2022 «Про затвердження порядків надання домедичної допомоги особам при невідкладних станах». *Рада. Верховна рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0356-22#Text> (дата звернення: 21.04.2026).

35. 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: 06.06.2026).

36. План евакуації стенд. *prom* URL: <https://prom.ua/p975762331-plan-evakuatsiyi-s> (дата звернення: 06.06.2026)