

**Національний лісотехнічний університет України**  
Інститут деревообробних технологій і дизайну  
Кафедра технологій меблів і виробів з деревини

## **Пояснювальна записка**

до магістерської роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **“Аналіз систем світлодіодного освітлення для меблів від  
компанії Häfele”**

**Виконав:** студент II курсу, групи ДМТ-61м

**Коваль Андрій Степанович**

**Спеціальність:** 187 «Деревообробні та меблеві технології»

**Керівник:** асист., Ph.D Подібка Т.І.

**Рецензент:** Сомар Г.В.

**Національний лісотехнічний університет України**

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій меблів і виробів з деревини

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В.о. завідувача кафедри ТМВД**

проф. Кійко О.А.

“ 16 ” 07 2025 року

## **ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

**Ковалю Андрію Степановичу**

1. Тема роботи: **Аналіз систем світлодіодного освітлення для меблів від компанії Häfele**

керівник роботи: асист., Ph.D Подібка Т.І.

затверджені наказом по університету від 10 червня 2025 року, № С-344

2. Термін подання студентом роботи: 18 грудня 2025 року.

3. Вихідні дані до магістерської роботи:

Опис компанії, лабораторії. Технологічний процес виготовлення, технічні каталоги продукції. Існуюче обладнання та пристрої. Аналіз стану питання та завдання досліджень. Методика проведення досліджень. Відомості з охорони праці.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Техніко-економічне обґрунтування. Науково-методичний розділ. Охорона праці. Висновки. Список джерел. Додатки.


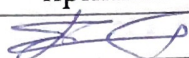
5. Перелік графічного матеріалу:

1. Лабораторії випробувань.

2. Техніко-економічні показники.

3. Презентація магістерської роботи у вигляді слайдів, представлених у програмі “Power-Point”.


6. Консультанти розділів роботи:


Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доц. Сомар Г.В.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 16 липня 2025 р. \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз стану питання	26.09.25	Виконав
2.	Складання методики досліджень	06.10.25	Виконав
3.	Експериментальні дослідження	03.11.25	Виконав
4.	Обробка даних досліджень	08.12.25	Виконав
5.	Написання розділу охорони праці	12.12.25	Виконав
6.	Написання висновків та пропозицій	15.12.25	Виконав
7.	Оформлення пояснювальної записки	18.12.25	Виконав
8.	Збір рецензій	19.12.25	Виконав

Студент:  студ. Коваль А.С.

Керівник роботи:  асист., Ph.D Подібка Т.І.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ.....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ В МЕБЛЕВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ</b>	
<b>1.1. Еволюція освітлювальних систем для меблів.....</b>	<b>7</b>
1.1.1. Історія розвитку. Перехід від традиційних джерел до LED-технологій.....	7
1.1.2. Огляд ринку меблевого освітлення. Ключові виробники.	9
1.1.3. Сучасні тенденції у світлодизайні меблів. Перспективи розвитку.....	10
<b>1.2. Класифікація систем світлодіодного освітлення.....</b>	<b>11</b>
1.2.1. Класифікація за функціональним призначенням.....	12
1.2.2. Класифікація систем керування.....	13
<b>1.3. Фізичні та технічні основи LED-технологій.....</b>	<b>14</b>
1.3.1. Конструкції та принципи роботи світлодіодів.....	15
1.3.2. Основні світлотехнічні параметри LED-освітлення.....	16
1.3.3. Електротехнічні характеристики.....	17
<b>1.4. Етапи проектування та монтажу освітлювальних систем..</b>	<b>18</b>
<b>1.5. Нормативно-правова база у сфері освітлення.....</b>	<b>20</b>
1.5.1. Вимоги до енергоефективності та екологічності .....	21
1.5.2. Ергономічні норми освітлення житлових приміщень....	22
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ КОМПАНІЇ HÄFELE</b>	
<b>2.1. Огляд діяльності компанія Häfele у сфері освітлення.....</b>	<b>23</b>
2.1.1. Історія та позиціонування компанії. Інноваційна діяльність.....	25
<b>2.2. Огляд систем освітлення компанії Häfele.....</b>	<b>27</b>

2.2.1. Основні лінійки меблевих світлодіодних рішень Häfele.	28
2.2.2. Компоненти освітлювальної системи Loox5.....	29
2.2.3. Порівняльний аналіз систем різних поколінь: Loox та Loox5.....	30

### **РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

3.1. Вибір об'єкта дослідження.....	32
3.3. Методика вимірювання світлотехнічних показників .....	37
3.1.1. Опис характеристик люксметра для вимірювання рівня освітленості.....	37
3.1.2. Методика вимірювання рівня освітлення робочої зони кухонної стільниці.....	39

### **РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

4.1. Результати вимірювань освітленості робочої зони кухонної стільниці.....	44
4.2. Інтерпретація результатів дослідження.....	45
4.3. Висновки до розділу.....	48

### **РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....49**

5.1. Загальні положення та нормативно-правова база.....	49
5.2. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів.....	50
5.3. Рекомендації щодо забезпечення безпеки експлуатації.....	51

### **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....52**

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....56**

### **ДОДАТКИ.....60**

## **АНОТАЦІЯ**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра  
за спеціальністю G14 «Деревообробні та меблеві технології»

Коваля Андрія Степановича

на тему: "Аналіз систем світлодіодного освітлення для меблів від компанії  
Häfele»

Обсяг пояснювальної записки — 60 ст. Робота містить 4 таблиці 14  
рисуноків та 5 додатків (19 сторінок)

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків та  
рекомендацій, списку використаних джерел та додатків.

Ключові слова: світлодіодне освітлення (LED освітлення), меблі,  
Häfele, люксометр.

## **ABSTRACT**

of the Master's Thesis for obtaining the Master's degree

in the specialty G14 Woodworking and Furniture Technologies

by Andrii Stepanovych Koval

on the topic: "Analysis of LED lighting systems for furniture from Häfele"

The explanatory note of the master's thesis comprises 60 pages and  
includes 4 tables, 14 figures, and 5 appendices with a total volume of 19 pages.  
The thesis consists of an introduction, five chapters, general conclusions and  
recommendations, a list of references, and appendices.

Keywords: LED lighting, furniture, Häfele, lux meter.

## ВСТУП

**Актуальність теми:** зростаючий попит на інтегровані та енергоефективні освітлювальні рішення у дизайні меблевих виробів.

**Мета дослідження:** необхідність комплексного аналізу технічних, ергономічних та естетичних характеристик систем світлодіодного освітлення Häfele для обґрунтованого вибору споживачами та фахівцями галузі.

**Об'єкт дослідження:** системи світлодіодного освітлення для меблів

**Предмет дослідження:** технічні, функціональні та дизайнерські характеристики систем світлодіодного освітлення компанії Häfele.

**Завдання дослідження:**

- дослідити ринок та класифікувати системи світлодіодного освітлення для меблів;
- проаналізувати асортимент та технічні характеристики систем освітлення Häfele;
- оцінити ергономічні, естетичні та економічні аспекти застосування систем освітлення Häfele;
- розробити практичні рекомендації щодо вибору та застосування систем Häfele для різних типів меблів.

- **Методи дослідження:** системний аналіз, ергономічний аналіз, статистичний аналіз
- **Практична значущість роботи:** результати можуть бути використані кінцевими споживачами меблів, дизайнерами, виробниками меблів та менеджерами з продажу для підвищення ефективності роботи.

# **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ В МЕБЛЕВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

## **1.1. Еволюція освітлювальних систем для меблів**

Розвиток освітлювальних систем для меблів тісно пов'язаний із загальним прогресом у світлотехнічній галузі та характеризується поступовою заміною традиційних джерел світла на високоефективні світлодіодні технології з інтегрованими системами керування.

### **1.1.1. Історія розвитку. Перехід від традиційних джерел до LED-технологій**

На початковому етапі в меблевому освітленні використовувалися лампи розжарювання, які мали низьку світлову віддачу (близько 12 лм/Вт) і значні теплові втрати, що зумовлювало їхню низьку енергоефективність. Подальше впровадження люмінесцентних ламп дозволило зменшити енергоспоживання та збільшити термін служби джерел світла до 6–15 тис. годин. Водночас ці технології характеризувалися наявністю пульсацій світлового потоку з частотою електромережі та використанням шкідливих речовин, зокрема ртуті, що обмежувало їх застосування в житлових і меблевих конструкціях.

Новий якісний стрибок відбувся з винайденням світлодіодних джерел світла. Світлодіоди відзначаються високою енергоефективністю, забезпечуючи світлову віддачу понад 100 лм/Вт, та значно нижчим енергоспоживанням порівняно з традиційними лампами. Термін їх експлуатації досягає 40–50 тис. годин, що зменшує витрати на обслуговування та заміну. Низький рівень тепловиділення, відсутність мерехтіння, миттєве досягнення робочої яскравості та екологічна безпека

роблять світлодіодні системи оптимальними для інтеграції в меблеві вироби.

Сучасний етап розвитку меблевого освітлення характеризується впровадженням модульних низьковольтних систем (12–24 В) з інтелектуальним керуванням. Такі системи передбачають використання лінійних і точкових світильників, підтримують змінну колірну температуру та багатоколірні режими роботи. Регулювання яскравості та застосування бездротових мережевих технологій керування забезпечують підвищення енергоефективності, комфорту користування та функціональності меблевих освітлювальних рішень. Додаткове використання сенсорних елементів автоматизації сприяє оптимізації режимів роботи освітлення та зниженню експлуатаційних витрат.

Таблиця 1. Порівняння LED-технологій з традиційними джерелами світла

Критерій	Лампи розжарювання (ЛР)	Люмінесцентні лампи (ЛЛ)	Світлодіоди (LED)
<b>Екологічність (Шкідливі речовини)</b>	Екологічні.	Деякі газорозрядні ЛЛ містили шкідливі речовини, наприклад, ртуть.	Безпечні - не містять шкідливих речовин (ртуті, свинцю). Утилізуються як побутові відходи.
<b>Енергоефективність (Світлова віддача)</b>	Дуже низька (12 Лм/Вт).	Середня (50–90 Лм/Вт).	Висока (50–120 Лм/Вт) Використовують до.
<b>Довговічність (Термін служби)</b>	Низька (близько 1000 годин).	Середня (від 6000 до 15000 годин).	Висока (до 50 000 – 100 000 годин).
<b>Якість світла та тепловиділення</b>	Створюють "гаряче" світло, виділяють багато тепла.	Можлива пульсація світла (50 Гц), що викликає стомлюваність.	Миттєве ввімкнення, відсутність мерехтіння. Майже не виділяють тепла.
<b>Вартість</b>	Низька	Середня	Висока. Компенсується швидкою окупністю та економією в довгостроковій перспективі.

### **1.1.2. Огляд ринку меблевого освітлення. Ключові виробники.**

Сучасний ринок меблевого освітлення здебільшого ґрунтується на світлодіодних (LED) технологіях, які витісняють традиційні джерела світла завдяки високій енергоефективності, тривалому терміну служби та безпечності. Прогнозується, що до 2030 року світлодіоди становитимуть більшість джерел освітлення, забезпечуючи значну економію електроенергії та зниження експлуатаційних витрат.

Серед ключових виробників виділяється компанія Häfele зі своєю модульною системою Loox5, яка включає драйвери, світильники, сенсори та дистриб'ютори, забезпечує просте поєднання компонентів та підтримує бездротове керування через Connect Mesh. Іншими відомими учасниками ринку є CREE, Samsung, Lumileds, Nimbus та LG Chem.

Häfele (Loox5): пропонує комплексну модульну систему з драйверами, світильниками, сенсорами та інтелектуальним керуванням; сильна сторона — інтеграція та зручність монтажу.

CREE: спеціалізується на високоефективних LED-елементах; відзначається надійністю та стабільною світловою віддачею.

Samsung та Lumileds: постачальники довговічних та високоякісних LED-чипів для світлодіодних стрічок; сильна сторона — енергетична ефективність і стабільність світла.

Nimbus: орієнтований на інтегровані освітлювальні рішення з високою якістю світла та дизайном; сильна сторона — естетика та гармонійне освітлення.

LG Chem: виробник гнучких OLED-панелей; відзначається інноваційністю та перспективними тонкоплівковими системами для меблевого освітлення.

### 1.1.3. Сучасні тенденції у світлодизайні меблів. Перспективи розвитку

Сучасний світлодизайн меблів активно використовує світлодіодні (LED) технології. Основні тенденції розвитку включають:

- Пріоритет LED-технологій. Інтеграція та мініатюризація: Малорозмірні та механічно міцні LED-елементи дозволяють створювати лінійне (стрічки) та точкове освітлення (споти, даунлайти) із гомогенним світловим потоком.
- Ергономіка та якість світла: Системи підтримують димірування, зміну колірної температури (монохромне, мульти-біле, RGB), а також реалізацію концепції Human Centric Lighting, що адаптує світло до часу доби та підвищує комфорт і продуктивність користувачів.
- Сенсорне керування: Автоматизація за допомогою безконтактних вимикачів, дверних сенсорів і детекторів руху забезпечує комфортне та енергоефективне використання освітлення.
- Інтеграція LED-освітлення у системи "розумного будинку":
- Бездротове керування: Використання Mesh-мереж на базі Bluetooth дозволяє централізовано керувати світлом, налаштовувати індивідуальні параметри кожного джерела та створювати сценарії освітлення.
- Розширена інтеграція: Системи керують не лише освітленням, а й іншими електричними компонентами меблів, включно із зарядними станціями та аудіосистемами.

Таким чином, сучасний світлодизайн меблів орієнтований на створення інтелектуального, адаптивного та багатофункціонального середовища, де освітлення інтегровано у ширшу систему управління комфортом і безпекою житлового простору.

## 1.2. Класифікація систем світлодіодного освітлення

Системи світлодіодного освітлення за фактором зовнішнього вигляду (фактором форми) поділяються на лінійні, точкові та тонкоплівкові елементи.

Гнучкі світлодіодні стрічки (LED strip lights), є основним елементом лінійного освітлення, доступні різної ширини (5 мм, 8 мм, 10 мм). Сюди ж відносять і світлодіодні модулі. Стрічки можуть бути:

- COB (Chip On Board): Забезпечує гомогенне освітлення без видимих світлодіодних точок, оскільки світлодіоди покриті спільним шаром люмінофора;
- Constant Current: Технологія, що забезпечує рівномірну яскравість по всій довжині стрічки, усуваючи падіння світлового потоку (drop in luminous lux).

Точкові елементи (Point light). До цієї категорії входять світильники, що забезпечують спрямоване або акцентоване освітлення: вбудовані в меблі та стіни (Recess mounted) та накладні (Surface mounted) даунлайти (downlights), та споти (spotlights). Споти часто використовуються для фокусованого презентаційного світла та мають вузький кут заломлення.

Тонкоплівкові елементи - сучасні пласкі електролюмінесцентні освітлювальні системи, наприклад, гнучкі OLED-панелі (органічні світлодіоди), які є дуже тонкими (товщина може бути не більше 0,1 мм).

### **1.2.1. Класифікація за функціональним призначенням та типом керування.**

Класифікація систем світлодіодного освітлення за використанням у різних типах приміщення:

- кухня (підсвітка робочої поверхні (under-cabinet lighting), освітлення верхніх шаф, підсвітка ящиків та висувних систем, освітлення острова та барної стійки);
- вітальня (підсвітка стінок та модульних систем, Floating ефект меблів, освітлення стелажів та полиць, освітлення ТВ-зони);
- спальня (освітлення гардеробних та шаф, приліжкове освітлення, підсвітка дзеркал та туалетних столиків);
- ванна кімната (вологостійке освітлення для “мокрих зон” (wet areas), підсвітка дзеркал, освітлення ніш та полиць);
- комерційні приміщення (бутіки та магазини, офісні меблі, готельні номери, презентаційні зони).

За функціональним призначенням світлодіодні системи класифікують:

- ✓ Робоче освітлення (Task light): висока яскравість для виконання завдань (>500 лк).
- ✓ Загальне освітлення (Ambient light): для підсвічування та зонування простору (підсвітка робочих зон на кухні, освітлення шаф та гардеробних, підсвітка ящиків та внутрішніх відділень (150–500 лк)).
- ✓ Орієнтаційне (orientation light): підсвічування окремих зон або об’єктів, нічне освітлення приліжкових зон, коридори, підсвітка сходів та цоколів, навігаційне освітлення у великих гардеробних (<150 лк).

- ✓ Декоративне: кольорове RGB-світло для створення декоративних ефектів. Багатобарвне рішення, що дозволяє змішувати сотні колірних комбінацій з трьох основних кольорів: червоного, зеленого та синього.
- ✓ Атмосферне освітлення (Ambient lighting) у житлових приміщеннях для створення настрою та атмосфери, а також непряме освітлення меблів.

### 1.2.2. Класифікація систем керування

Сучасні системи керування світлодіодним освітленням меблів охоплюють широкий спектр рішень – від традиційних механічних вимикачів до складних інтелектуальних систем, що забезпечують регулювання яскравості, кольору та створення сценаріїв освітлення.

Традиційні та сенсорні вимикачі:

- Механічні вимикачі: кнопкові, клавішні та дверні контактні, забезпечують базове увімкнення/вимкнення світла.
- Сенсорні вимикачі: безконтактні, дверні та детектори руху, а також димери, що автоматично активують або вимикають освітлення.

Димірування (регулювання яскравості). Димери дозволяють плавно регулювати рівень освітленості (0–100 %), створюючи комфортні умови, економію енергії та продовження терміну служби LED-ламп. Регулювання яскравості відбувається без затримок і не впливає на колірну температуру. Для інтеграції використовуються димери-інтерфейси (1–10 V).

Керування кольором (RGB / Multi-white)

- Multi-white: змішування двох білих кольорів (теплий і денний) для регулювання колірної температури, керується через спеціальні адаптери.

- RGB: формування різних кольорових комбінацій з трьох основних кольорів; керування можливе через RGB-адаптери або дистриб'ютори з функцією RGB Switching.

Розумні системи (Smart / Networking). Сучасні бездротові системи, наприклад Häfele Connect Mesh, використовують Bluetooth Low Energy для створення Mesh-мереж. Центральний елемент: 6-way distributor керує монохромним, Multi-white та RGB світлом, а також іншими електричними компонентами меблів. Дає можливість створення різних сценаріїв освітлення.

Отже, сучасні LED-системи меблевого освітлення забезпечують високий рівень гнучкості, інтеграції та адаптації до різних функціональних і ергономічних потреб користувачів.

### **1.3. Фізичні та технічні основи LED-технологій**

Світлодіоди (Light Emitting Diodes, LED) є напівпровідниковими приладами, що здійснюють пряме перетворення електричної енергії у світлове випромінювання, завдяки чому характеризуються високою енергоефективністю та тривалим ресурсом роботи.

Будова та принцип роботи: активна частина LED складається з p-n переходу, де рекомбінація електронів та дірок супроводжується випромінюванням фотонів. Колір світла визначається енергетичним бар'єром, що залежить від матеріалу напівпровідника та домішок.

Спектральні характеристики: світлодіоди випромінюють світло у вузькій частині спектра, біле світло отримують шляхом змішування кольорів або люмінофорного покриття.

### 1.3.1. Конструкції та принципи роботи світлодіодів

Основним елементом світлодіода є напівпровідниковий кристал, сформований із зон р- та n-типу провідності, на межі яких утворюється р–n перехід. Кристал закріплюється на підкладці, яка у потужних LED виконує функцію тепловідведення. Оптична частина світлодіода зазвичай представлена прозорим корпусом або лінзою, що забезпечує механічний захист і формування світлового потоку. Для отримання білого світла застосовується люмінофорне покриття, яке перетворює первинне випромінювання кристала у широкий спектр видимого світла.

За технологією виконання світлодіоди поділяються на DIP, SMD та COB.

DIP-світлодіоди (Dual In-line Package) використовуються переважно у сигнальних та декоративних системах (класичні діоди для гірлянд та вивісок).

SMD -світлодіоди (Surface Mounted Device) мають компактні розміри та покращені теплові характеристики, що дозволяє їх масове застосування у світлотехніці.

Технологія COB (Chip On Board) передбачає розміщення декількох кристалів на спільній підкладці з єдиним люмінофорним шаром, що забезпечує рівномірне світловипромінювання без видимих точок.

Функціонування світлодіода базується на явищі електролюмінесценції. При подачі прямої напруги електрони з n-області рекомбінують з дірками з р-області, унаслідок чого виділяється енергія у вигляді фотонів. Довжина хвилі випромінюваного світла визначається шириною забороненої зони напівпровідникового матеріалу, що дозволяє отримувати випромінювання різного спектрального складу.

### 1.3.2. Основні світлотехнічні параметри LED-освітлення

Світлотехнічні параметри LED-освітлення є визначальними для оцінювання якості, енергоефективності та безпеки освітлювальних систем. Вони дозволяють кількісно й якісно охарактеризувати випромінюване світло та використовуються при проектуванні і нормуванні освітлення.

До основних фотометричних параметрів належить:

- освітленість ( $E$ , лк), що визначає щільність світлового потоку на одиницю поверхні та нормується залежно від призначення приміщення;

$$E = \Phi / S, \text{ лк.}$$

де:  $\Phi$  — світловий потік, лм;  $S$  — площа поверхні, м<sup>2</sup>.

- світловий потік ( $\Phi$ , лм), який відображає потужність видимого випромінювання незалежно від напрямку його поширення;
- сила світла ( $I$ , кд) - просторовий розподіл світла що є відношенням світлового потоку до тілесного кута.

$$I = \Phi / \omega, \text{ кд.}$$

де:  $\Phi$  — світловий потік, лм;  $\omega$  — тілесний кут, ср.

До енергетичних показників належить споживана потужність ( $P$ , Вт), яка характеризує електричні витрати світильника. На її основі визначається світлова ефективність або світловіддача ( $\eta$ , лм/Вт), що є одним з основних показників енергоекономічності LED-джерел.

$$\eta = \Phi / P, \text{ лм/Вт}$$

де:  $\Phi$  — світловий потік, лм;  $P$  — споживана потужність, Вт.

Якість світла визначається колориметричними параметрами, зокрема колірною температурою ( $T_s$ , К), яка впливає на візуальне сприйняття

простору, та індексом передачі кольору (CRI,  $R_a$ ), що характеризує точність відтворення кольорів освітлюваних об'єктів.

Важливе значення має спектральний склад випромінювання ( $\varphi(\lambda)$ ), оскільки він визначає колірне подання та зоровий комфорт. Спектр більшості світлодіодних джерел відрізняється від природного сонячного світла, що необхідно враховувати при їх застосуванні.

### 1.3.3. Електротехнічні характеристики

Електротехнічні характеристики світлодіодних джерел світла визначають умови їх живлення, стабільність функціонування, енергоефективність та безпечність експлуатації. До основних параметрів належать робочі значення напруги і струму, характеристики джерел живлення (драйверів), коефіцієнт потужності та показники пульсації світлового потоку.

Світлодіодні світильники, як правило, призначені для підключення до централізованих електричних мереж змінного струму напругою до 250 В з частотою 50 або 60 Гц. Водночас напівпровідникові світлодіоди є низьковольтними елементами, тому в освітлювальних системах застосовують понижувальні джерела живлення з вихідною напругою зазвичай 12 В або 24 В. Для окремих світлодіодних кристалів характерна пряма робоча напруга  $U_f$  у межах 1,2–3,6 В та прямий струм  $I_f$  від 10 до 30 мА.

Коефіцієнт потужності PF визначається:

$$PF = P_{\text{active}} / P_{\text{apparent}} = P / (U \cdot I)$$

де:  $P_{\text{active}}$  (P) – активна (споживана) потужність, Вт (ват)

$P_{\text{apparent}}$  ( $U \cdot I$ ) – повна (заявлена) потужність, В·А (вольт-ампер)

Для світильників потужністю до 25 Вт коефіцієнт потужності має бути не меншим за 0,8, а для світильників більшої потужності — не меншим за 0,9.

Коефіцієнт пульсації освітленості ( $K_p$ , %), відображає глибину коливань світлового потоку в часі. Перевищення допустимих значень цього показника може негативно впливати на зорову та нервову системи людини. Для більшості зорових робіт встановлено значення  $K_p \leq 20\%$ .

$$K_p = (E_{\max} - E_{\min}) / (2 \cdot E_{\text{cp}}) \cdot 100\%, \%$$

де:  $E_{\max}$  і  $E_{\min}$  — максимальне та мінімальне значення освітленості, лк;  
 $E_{\text{cp}}$  — середнє значення освітленості, лк.

Живлення світлодіодів здійснюється за допомогою драйверів, які забезпечують стабілізацію струму та напруги, а також захист від аварійних режимів.

#### **1.4. Етапи проєктування та монтажу освітлювальних систем**

Етапи проєктування освітлення для меблів:

- визначення призначення освітлення;
- вибір типу світильників;
- розрахунок необхідної потужності;
- планування комутації та керування;
- проєктування кабельної розводки.

Проєктування та монтаж освітлювальних систем здійснюється послідовно та включає підготовчий аналіз, розрахунок системи, розміщення світильників і підключення аксесуарів.

Підготовчий аналіз включає: аналіз плану приміщення та вихідних даних об'єкта; вибір нормованої освітленості ( $E_n$ ) та коефіцієнта запасу ( $K_3$ ); вибір джерел світла; визначення системи освітлення.

Світлотехнічні розрахунки на етапі проєктування включають: розрахунок освітленості робочих поверхонь, визначення кількості світильників, розрахунок сумарної потужності, вибір драйвера.

Розрахунок системи освітлення здійснюється методом коефіцієнта використання світлового потоку. Кількість світильників визначається за формулою:

$$N = (E_n \cdot S \cdot K_3) / (F_{л} \cdot \eta), \text{ шт.}$$

де:  $S$  — площа приміщення,  $F_{л}$  — світловий потік однієї лампи.

Розміщення та монтаж світильників здійснюється відповідно до обраної схеми. Відстань від стін — не менше 20 см.

З'єднання та аксесуари Для низьковольтних систем застосовуються драйвери та блоки живлення, кабелі, конектори, адаптери та клемні затискачі, що забезпечують надійність і безпеку експлуатації.

Особливості монтажу світлодіодного освітлення передбачає: підготовку меблів (отвори, пази, канали), прокладання кабелів, встановлення світильників різних типів, підключення та налаштування системи керування.

Типові помилки при проєктуванні та монтажі:

- недостатня потужність драйвера;
- неправильний вибір колірної температури;
- помилки в кабельній розводці;
- проблеми з вологозахистом;
- вибір компонентів залежно від бюджету.

## 1.5. Нормативно-правова база у сфері освітлення

Нормативно-правова база та система стандартів, що регулюють сфери освітлення, електротехніки та безпеки праці, охоплюють сукупність національних і міжнародних документів. Вони визначають вимоги до проектування, виготовлення та експлуатації освітлювальних установок, а також до забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці.

Базові вимоги до світильників, зокрема світлодіодних, регламентуються стандартами, що встановлюють загальні технічні, безпекові та експлуатаційні характеристики, а також методи їх випробувань.

ДСТУ ІЕС 60598-1:2014, ідентичний міжнародному стандарту ІЕС 60598-1:2014, встановлює загальні вимоги та методи випробувань світильників з електричними джерелами світла напругою до 1000 В. Стандарт охоплює питання класифікації, маркування, механічної та електричної безпеки.

ДСТУ 8546:2015 встановлює загальні технічні умови для світильників зі світлодіодними джерелами світла, призначених для внутрішнього та зовнішнього освітлення і роботи в мережах змінної напруги до 250 В частотою 50 або 60 Гц. Стандарт регламентує вимоги до електричних, світлових, колірних та ресурсних характеристик і розроблений з урахуванням чинного законодавства України та рекомендацій міжнародних нормативних документів.

Норми освітленості та вимоги до якості світлового середовища встановлюються ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», який поширюється на проектування освітлення територій, будівель і приміщень житлового, громадського та виробничого призначення (Додатки А1-А5).

ДСТУ EN 12464-1:2016 визначає світлотехнічні вимоги до освітлення внутрішніх робочих місць з метою забезпечення зорового комфорту та

працездатності. Стандарт регламентує рівні освітленості в межах від 20 до 5000 лк, а також вимоги до розподілу яскравості, показника блискавості (UGR), індексу кольоропередачі (Ra) та рівномірності освітленості ( $U_0$ ). Додатково стандарт висуває вимоги щодо правил вимірювання освітлення у конкретних точках з заданим кроком вимірювання (Додаток А6).

Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) регламентують вимоги до безпеки експлуатації електроустановок, заземлення та захисних заходів. Вимоги до електрообладнання спеціальних установок визначаються ДНАОП 0.00-1.32-01. Класифікація світильників за ступенем захисту від впливу пилу та вологи.

### **1.5.1. Вимоги до енергоефективності та екологічності**

Світлодіодні джерела світла належать до високоефективних електричних споживачів і забезпечують значне зниження енергоспоживання протягом усього життєвого циклу освітлювальних установок.

Світлодіоди мають один із найвищих коефіцієнтів корисної дії серед сучасних джерел світла. Відповідно до нормативних вимог мінімальні значення світлової віддачі світильників (без урахування оптичних та екранувальних елементів) повинні становити від 75 до 144 лм/Вт залежно від індексу кольоропередачі Ra та корельованої колірної температури.

Коефіцієнт потужності (PF). Для світлодіодних світильників потужністю до 25 Вт значення коефіцієнта потужності має бути не менше 0,8, а для світильників потужністю понад 25 Вт — не менше 0,9, що забезпечує зменшення реактивних втрат у електричних мережах.

Для забезпечення стабільної роботи світлодіодних світильників необхідне ефективне тепловідведення. З цією метою застосовуються радіатори, охолоджувальні ребра та інші тепловідвідні елементи. Максимальна температура корпусу-радіатора світильника не повинна перевищувати 60 °С.

Світлодіодні джерела світла вважаються екологічно безпечними завдяки особливостям їх конструкції та матеріалів. Вони не містять ртуті, свинцю та інших токсичних речовин, що мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище під час експлуатації. Світлодіодні лампи дозволено утилізувати як побутові відходи, однак рекомендованим є роздільне збирання та перероблення окремих їх компонентів.

### **1.5.2. Ергономічні норми освітлення житлових приміщень**

Ергономічні норми освітлення житлових приміщень розроблені з метою забезпечення зорового комфорту, підтримання працездатності та гарантування безпеки людини. Світлове середовище істотно впливає на фізіологічний і психологічний стан людини, визначаючи рівень втоми, концентрації уваги та загального самопочуття.

Належний рівень освітленості є критично важливим для збереження здоров'я органів зору та нервової системи. Надмірно яскраве світло може негативно впливати на сітківку ока, спричиняти зорове перенапруження та подразнення нервової системи, що проявляється у підвищеній дратівливості й погіршенні психоемоційного стану. У протилежному випадку недостатня освітленість призводить до швидкої втоми, сонливості, зниження зорової працездатності та поступового погіршення зору.

Для забезпечення комфортних умов зорової роботи необхідно уникати значних контрастів яскравості в полі зору. Надмірна різниця яскравостей

між робочою поверхнею та навколишнім середовищем спричиняє підвищене напруження зорового аналізатора. Якщо об'єкти зорового сприйняття мають малий розмір або низький контраст із фоном, експлуатаційну освітленість доцільно підвищувати з метою компенсації складності зорового завдання.

Нормовані значення освітленості в житлових будинках встановлюються залежно від функціонального призначення приміщень відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Освітленість нормується на характерній для кожного приміщення базовій поверхні.

Таблиця 2. Рекомендовані норми освітленості [5]

Приміщення / Зона	Базова поверхня	Рекомендована освітленість ( $E_n$ ), лк
Житлові кімнати, вітальні, спальні	Підлога	<b>150</b>
Кухні, кухні-їдальні	На рівні 0,8 м	<b>150</b>
Кабінети, бібліотеки (робочі столи)	На рівні 0,8 м	<b>300</b>
Гардеробні	Підлога	<b>75</b>
Внутрішньоквартирні коридори, ванні кімнати, вбиральні	Підлога	<b>50</b>

Освітленість у зоні виконання зорового завдання повинна не перевищує 500 лк, а середня освітленість навколишньої зони повинна становити не менше однієї третини освітленості робочої зони.

Створення комфортного освітлення в житлових приміщеннях передбачає врахування не лише кількісних показників освітленості, але й якісних характеристик світла, зокрема колірної температури, рівномірності освітлення, показників засліплення та пульсації.

Для приміщень, призначених для відпочинку та релаксації, таких як спальні та вітальні, доцільно застосовувати тепле біле світло з корельованою колірною температурою до 3300 К. Таке світло сприймається як психологічно комфортне та сприяє розслабленню.

Для приміщень, де виконуються зорovo напружені роботи, зокрема в кабінетах або на кухнях, доцільно використовувати нейтральне або природне біле світло з колірною температурою близько 4200 К, яке сприяє концентрації уваги та підвищенню працездатності.

Яскравість робочих поверхонь рекомендується обмежувати значенням  $2000 \text{ кд/м}^2$  з метою уникнення віддзеркаленої блискавості.

При проєктуванні освітлення житлових приміщень рекомендовано застосовувати джерела світла з корельованою колірною температурою в діапазоні від 2400 К до 6800 К. При використанні світлодіодних джерел зі зростанням колірної температури доцільно збільшувати нормовані значення освітленості, що пов'язано з особливостями зорового сприйняття та зоною комфортності, визначеною номограмою Крюїтгофа.

Загальний індекс кольоропередачі  $R_a$  повинен бути не менше 80, що забезпечує природне відтворення кольорів і комфортне зорове сприйняття інтер'єру. Важливим параметром є також коефіцієнт пульсації освітленості, який необхідно обмежувати для запобігання виникненню зорової втоми, головного болю та інших несприятливих фізіологічних ефектів.

## **РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ КОМПАНІЇ HÄFELE**

### **2.1. Огляд діяльності компанія Häfele у сфері освітлення**

Компанія Häfele спеціалізується на виготовленні меблевої фурнітури і є одним із світових лідерів у цій галузі. Одним із асортиментів товарів компанії, які вона активно розвиває, є системи освітлення. Häfele є конкурентоспроможною у розробці та постачанні модульних світлодіодних систем освітлення Loox для меблевої та інтер'єрної промисловості. Основна продукція — система Loox5, що розвиває досвід чотирьох попередніх поколінь СД-світильників.

#### **2.1.1. Історія та позиціонування компанії. Інноваційна діяльність**

Häfele — німецька сімейна компанія, заснована в 1923 році Адольфом Хефеле. Початково як невеликий склад столярних товарів, компанія швидко розширила мережу постачання і вже наприкінці 1930-х років експортувала продукти для меблів і будівництва.

Сьогодні Häfele присутня більш ніж у 150 країнах, має понад 38 дочірніх компаній та численні представництва. Компанія позиціонує себе як глобальний експерт у сфері функціональності меблів та інтелектуальних рішень для житлових і комерційних просторів, орієнтуючись на професіоналів — виробників меблів, архітекторів і дизайнерів. Компанія пропонує широкий асортимент продуктів (Рисунок 1), сучасні цифрові сервіси, глобальну дистрибуцію та партнерські програми, оскільки практичне застосування продукції потребує ретельного планування щодо сумісності, сервісного обслуговування та логістики.

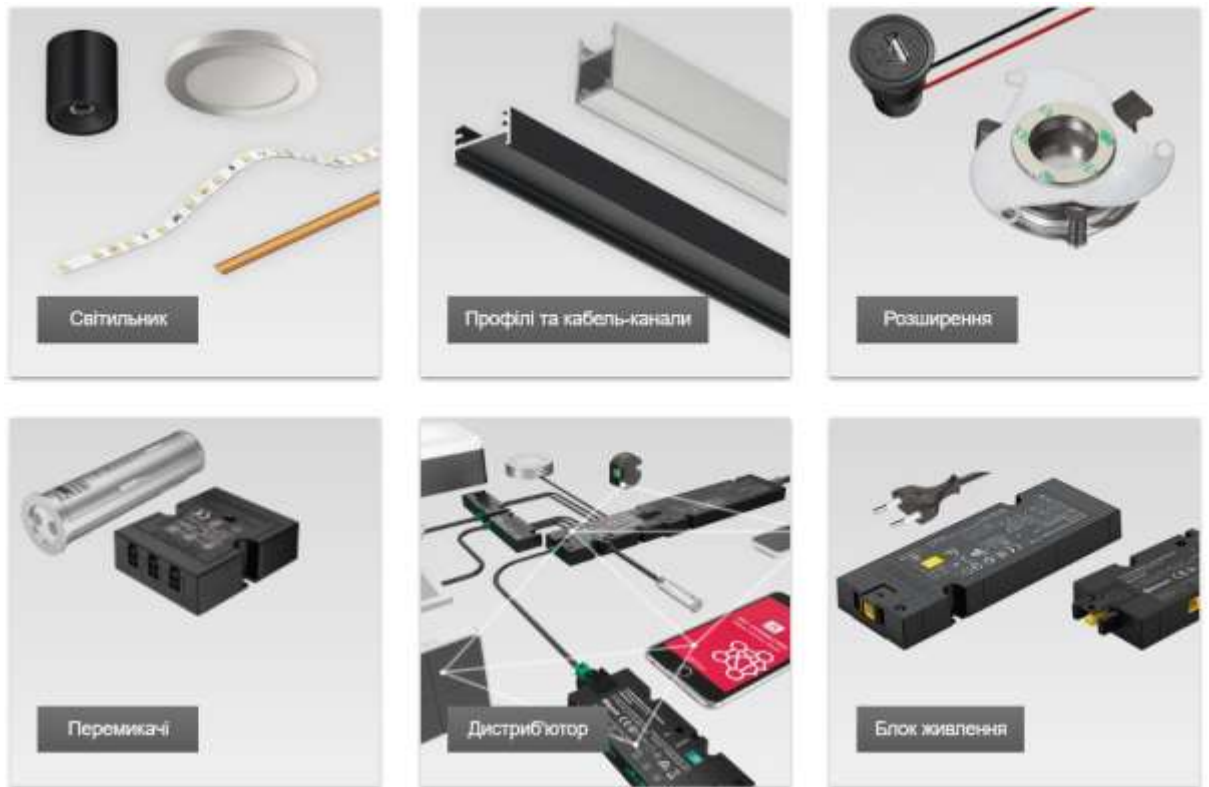


Рисунок 1. Асортимент продукції компанії Häfele [1]

Компанія надає своїм клієнтам такі послуги, щодо світлодіодної продукції:

- смарт-технології: лінійки Loox, Connect, Nimbus — інтеграція освітлення та IoT-контроль у меблях та просторі;
- цифрові платформи: «Hafele Discoveries» — навчальна і виставкова платформа;
- комплексні проєктні рішення (360° Project Service): від планування та консультацій до повної реалізації;
- Häfele Partner Programme: платформа для підтримки партнерів, збільшення продажів і впізнаваності бренду;
- співпраця з дизайнерами, архітекторами та меблевими фабриками; технічна підтримка та консультації;
- локальні дилери та шоуруми у всьому світі, включно з Україною;

- технічна підтримка: консультації з монтажу, вибору компонентів і планування простору;
- інтернет-сервіси: онлайн-замовлення, цифрові каталоги та презентації продуктів;
- глобальна логістична мережа зі сховищами і розподільчими центрами.
- онлайн-дистрибуція і інтегровані інтернет-канали з доступом до понад 100 000 артикулів меблевої фурнітури.

## **2.2. Огляд систем освітлення компанії Häfele**

Häfele пропонує комплексне, гнучке та технологічне рішення для інтеграції освітлення в меблі та інтер'єр, орієнтоване на енергоефективність, екологічність, довговічність та простоту монтажу.

Енергоефективність систем Häfele Loox полягає у економному споживанні електроенергії, тривалому терміні служби LED-компонентів (понад 50,000 годин), низькому тепловиділенні, економія коштів порівняно з традиційним освітленням.

Екологічні аспекти системи полягають у зменшенні відходів завдяки довговічності, відсутності шкідливих речовин, можливість утилізації та низькому рівні впливу на вуглецевий слід.

Ергономічні та психофізіологічні аспекти полягають у позитивному впливі колірної температури на самопочуття, Human Centric Lighting концепція компанії по відношенні до клієнта, комфортності та зручність використання систем освітлення, адаптивність освітлення до потреб користувачів

### 2.2.1. Основні лінійки меблевих світлодіодних рішень Häfele.

**Гнучкі стрічки (LED stripes)** — використовуються для декоративно-функціональної підсвітки полиць, підвісних шаф, ніш. Відрізняються форматом (8 мм, 10 мм), щільністю LED, живленням (12V/24V), класом IP. Поділяються:

- Standard (базові) — монохромні стрічки (тепла/нейтральна/холодна біла), просте живлення 12V/24V, IP20 для внутрішнього застосування;
- High-End (професійні/Loox5) — багатозонні/двоконтактні /3-контактні стрічки з високою щільністю LED (наприклад 2×120 LED/m), можливістю Tunable White, RGB+W або multi-white, довшими прогонами та просунутими драйверами (Loox5) з контролем кольору/яскравості та інтеграцією в систему. Loox5 спеціально позиціонується як «система для меблів і кімнат» з більшими можливостями управління.

Стрічки з високою щільністю (наприклад 120 LED/m або 2×120 LED/m) дають більш однорідне, «безточкове» світло — підходить для підсвічування стільниць або фасадів, де видно стрічку. Низька щільність — достатня для акцентів і декоративних ефектів. Конкретні моделі Loox5 доступні в різних конфігураціях потужності (W/m) і щільності LED/m.

**Точкові світильники / даунлайти (spots, downlights)** — для фокусної підсвітки полиць, вітрин, робочих зон; мають різні діаметри, потужності і кути розсіювання. Стандартні врізні даунлайти вимагають діаметру отвору Ø=57 мм. для більшості моделей Loox.

Кут розсіювання: вузькі кути (spot) дають акцентну підсвітку (наприклад для вітрини), широкі — для загального або рівномірного підсвічування полиць.

Призначення: маленькі точкові модулі — ідеальні для підсвічування ніш, полиць, комодів; більш потужні — для підсвічування робочих зон або вітрин. Loox пропонує як врізні, так і поверхневі варіанти.

### **Спеціалізовані рішення**

Гардеробні (wardrobe lighting): рейки з інтегрованими стрічками або спеціальні лампи для штанг/поличок; важлива міцність монтажу (навантаження) та приховане розведення кабелів. Häfele має профілі/рейки, спроектовані спеціально для шаф.

Скляні полиці / вітрини: лінійні вузькі стрічки або тонкі даунлайти з високим CRI для рівномірного підсвічування скла; часто застосовують підсвітку по краю скла (edge-lighting) — потребує ретельного підбору джерела і профілю.

Ліжка / підсвічування спального узголів'я: тонкі гнучкі стрічки з регулюванням світла (tunable white або dimmable) для створення комфортної атмосфери; важлива перемикач/диммер з м'яким затемненням.

### **2.2.2. Компоненти освітлювальної системи Loox5**

Світильники та їх типи системи Loox5 поділяються : вбудовані (recess-mounted) світильники, накладні (surface-mounted) світильники, стрічкові світильники (LED strips), точкові світильники (puck lights), лінійні світильники та профілі.

Світильники системи Loox5 мають такі технічні характеристики:

- напруга живлення (12V, 24V, 350mA системи);
- колірна температура (2700K-6500K);
- системи Multi-White та RGB;
- потужність драйверів (від 15W до 180W);

- функції диммування;
- багатофункціональні можливості (живлення зарядних станцій, аудіосистем).

Керувати системи Loox5 можна за допомогою механічних вимикачів та кнопки, сенсорних датчики руху (одно- та двоступеневі), безконтактних (capacitive) вимикачів, датчиків відкривання дверей, дистанційних пультів керування.

Система Häfele Connect Mesh використовує 6-канальні розподільники (distributors) та має можливість використання Bluetooth-мережі для керування освітленням, можливість мережевого об'єднання, дистанційне керування за допомогою мобільний додатка Connect Mesh.

Компанія Häfele надає спектр додаткових послуг щодо покупки аксесуарів для монтування системи освітлення, зокрема Loox5, пропонуючи подовжувачі та розподільники, профілі та оправи (алюмінієві, чорні, нержавіюча сталь), монтажні кронштейни та кріплення.

### **2.2.3. Порівняльний аналіз систем різних поколінь: Loox та Loox5.**

Основні переваги ситеми Loox5 в порівнянні з системою Loox: зменшення габаритів (стрічки 5 та 8 мм); покращення якості світла; розширення можливостей керування.

Можливості системи Loox:

- тривалий термін експлуатації: СД-світильники працюють понад 25 років або 40 000–50 000 годин. Драйвери Loox5 — понад 50 000 годин у режимі постійної напруги;
- енергоефективність: використання на 90% менше енергії порівняно з лампами розжарювання;

- низьке вироблення тепла: безпечні для меблів та дисплеїв; підтримка постійного струму для довшого терміну служби та стабільної світловіддачі.
- якість світла: Миттєве досягнення повної яскравості, «чисте» світло.

#### Модульна структура Loox5:

- драйвери: підтримка 12 В, 24 В, 350 мА постійного струму, сумісність із глобальними мережами (100–250 В);
- конвертери: дозволяють підключати світильники різної напруги до одного драйвера;
- кабелі та з'єднання: стандартні кабелі (24, 20, 18 AWG), макс. довжина 10 м.

Система Loox орієнтована на базове модульне меблеве підсвічування з обмеженими можливостями керування, тоді як Loox5 є технологічно вдосконаленим поколінням із підвищеною потужністю, розширеними інтерфейсами управління та кращою інтеграцією в комплексні світлотехнічні рішення.

## РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Вибір об'єкта дослідження

**Об'єкт дослідження:** системи світлодіодного освітлення для меблів.

Дослідження будуть проведені на виставковому кухонному гарнітурі компанії Häfele (Рисунок 2), де представлена основна лінійка товарів меблевої фурнітури, функціональних рішень наповнення кухонних корпусів та систем освітлення для підсвітки робочих зон, полиць та висувних шухляд. Виставкова кухня знаходиться на кафедрі технологій меблів та виробів з деревини Національного лісотехнічного університету України.



Рисунок 2. Виставковий кухонний гарнітур компанії Häfele

Розмір робочої поверхні кухонної стільниці становить 1840×600 мм. Висота стільниці 950 мм. Висота верхніх шафок від робочої стільниці 530 мм. Відстань від задньої сторони робочої поверхні (від фартуха) до центру розміщення світлодіодної стрічки у верхніх модулях становить 320 мм.

Для дослідження вибрана світлодіодна стрічка Häfele Loox5 LED 2065, яка вмонтована знизу верхніх модулів кухонного гарнітуру Free Fold, Free Space 1.11 та Free UP і тому складається з трьох частини однакового розміру за довжиною, які обмежені габаритами кожного з корпусів верхніх шафок (Рисунок 3). Довжина кожної частини стрічки становить 565 мм. Сумарна довжина стрічки 1695 мм, що займає понад 92% робочої довжини стільниці ( $1695 / 1840 \cdot 100\% = 92,12\%$ ). Кожна частина стрічки складається з 68 діодів (разом 204 діода), що в розрахунку на показник діодів на метр (Leds/m) становить 120,35 Leds/m і відповідає заявленому виробником 120 Leds/m.



Рисунок 3. світлодіодна стрічка Loox5 LED 2065, яка вмонтована знизу верхніх модулів кухонного гарнітуру

Стрічка LED 2065 є елементом модульної системи меблевого освітлення Häfele Loox5, призначеної для інтеграції світла у внутрішні конструкції меблів та елементи інтер'єру. Виріб працює від джерела постійної напруги 12 В, що відповідає вимогам електробезпеки при використанні в житлових і громадських приміщеннях. Детальний вигляд будови стрічки показано на рисунку 4 [1].



Рисунок 4. Будова LED-стрічки [1]

Конструктивно стрічка виконана у вигляді гнучкої плати шириною 8 мм з високою щільністю розміщення світлодіодів — 120 світлодіодів на метр, що забезпечує рівномірний світловий потік без вираженої точковості. Потужність становить 4,8 Вт/м, завдяки чому стрічка може використовуватися як для декоративного, так і для функціонального освітлення меблевих поверхонь, ніш та полиць. Технічні світлодіодні характеристики стрічки показані на рисунку 5 [1]

2700 K	3000 K	4000 K	5000 K	120°	
1050 lx	1090 lx	1120 lx	1130 lx		250 mm
435 lx	455 lx	460 lx	470 lx		500 mm
240 lx	245 lx	260 lx	260 lx		750 mm
145 lx	150 lx	155 lx	160 lx		1000 mm

Рисунок 5. Технічні світлодіодні характеристики стрічки Loox5 LED 2065 [1]

Світлодіодна стрічка має ступінь захисту IP20 і призначена для експлуатації у сухих внутрішніх приміщеннях. Вона підтримує регулювання яскравості за умови використання сумісних драйверів і систем керування Looh5. Стрічка доступна у декількох варіантах корельованої колірної температури — від теплого до холодного білого світла, для дослідження обрано стрічку з колірною температурою 4000 К. На рисунку 6 показано функціональні рішення використання LED стрічок в меблях.

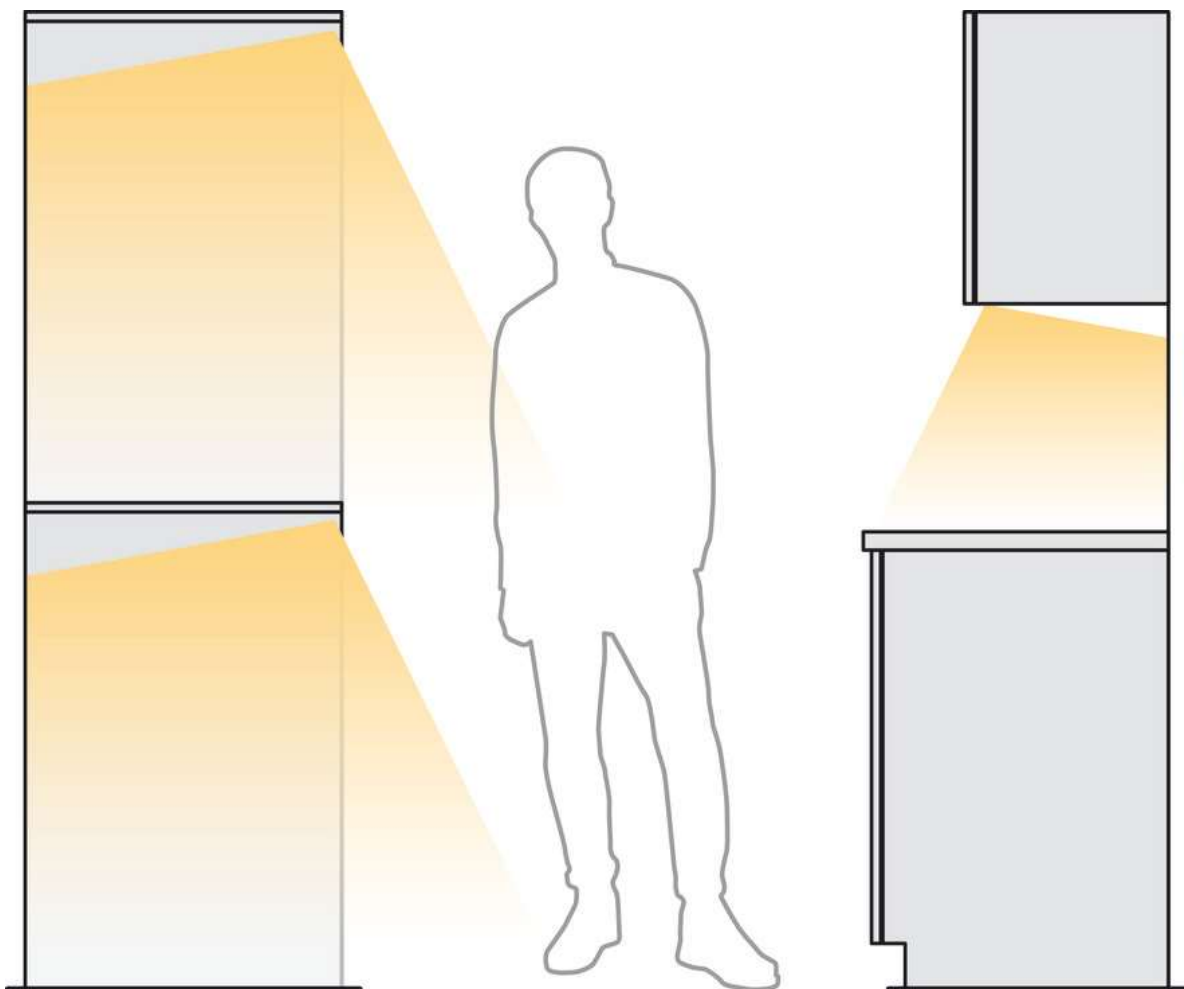


Рисунок 6. Функціональні рішення використання LED стрічок в меблях [1 ]

Світлодіодна стрічка вмонтована у розсіювач (лінійну лінзу) Linear Lens. Розсіювач це не окремий світлодіодне джерело, а оптичний компонент

системи підсвітки, який розсіює світло зі стрічки всередині профілю (Рисунок 7), одночасно зменшуючи сліпучість підвищуючи якість освітлення.

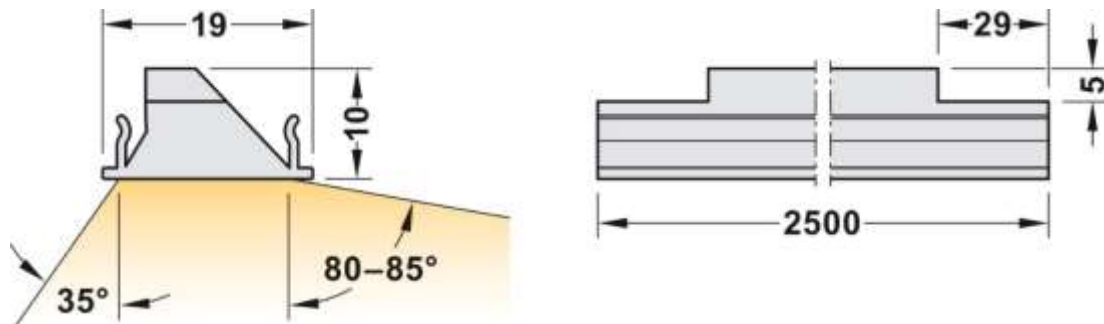


Рисунок 7. Кути розсіювання світла LED-стрічки всередині профілю[1]

Світлопроникність розсіювача складає 89%. Він складається з довгого полікарбонатного (пластикового) елемента світлорозсіювання, що встановлюється в алюмінієвий LED-профіль (3101, 3103, 4107) для формування рівного, контрольованого світлового потоку від LED-стрічки. В даному виробі використовується профіль 3101 — нижній монтаж, поєднання ручки і підсвітки, стрічка до 8 мм шириною (Рисунок 8).

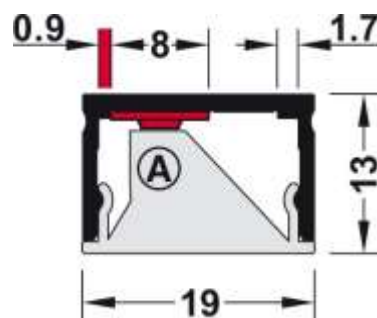


Рисунок 8. Розмірні характеристики монтажного профілю для встановлення LED-стрічки [1]

На боковій панелі вертикального меблевого корпусу розміщений емісійний прихований димер (Рисунок 9). Вимикач-димер Dimmer/Sensor Switch Häfele Loox modular (артикул 833.89.133) — сенсорний вмикач-

вимикач для LED-світильників системи Häfele Loox з модульним дизайном snap-in. Він встановлюється як окремий модуль у меблевий корпус і підключається до живлення/драйверів через snap-in роз'єм усередині системи Loox.

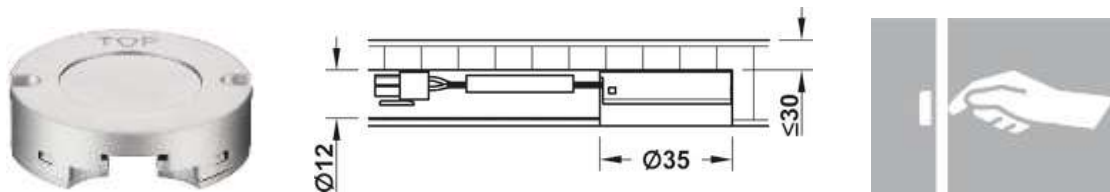


Рисунок 9. Схематичне зображення димера Dimmer/Sensor Switch Häfele Loox modular [1]

Сенсор працює від легкого дотику або жесту біля поверхні. Має функцію димування – може змінювати яскравість освітлення при тривалому утриманні дотику на сенсорі. Вимикач – димер 833.89.133 є врізним і для його монтажу потрібен стандартний діаметр отвору  $\varnothing 35$  мм. Максимальна глибина монтажу 30 мм, оскільки на більшій глибині сенсор не зможе сприймати рухи та дотики людини. Ступінь захисту димера: IP20 — для внутрішнього застосування, без захисту від вологи.

### **3.2. Методика вимірювання світлотехнічних показників**

Серед основних світлотехнічних параметрів у даній роботі буде виміряно показник освітленості робочої зони кухонної стільниці.

#### **3.2.1. Опис характеристик люксметра для вимірювання рівня освітленості**

Вимірювання освітлення буде проведено сучасним портативним люксметром Tenmars 201L (Рисунок 10). За технічними параметрами пристрій відповідає специфікації класу А згідно з JISC 1609:1993 та CNS

5119. Основою вимірювальної системи приладу є кремнієвий фотодіод із оптичним фільтром, що забезпечує перетворення світлового випромінювання у пропорційний електричний сигнал, придатний для цифрового опрацювання.



Рисунок 10. Портативний люксометр Tenmars 201L

Значення освітленості можуть бути представлені у двох одиницях: люксах (lux) та футканделах (footcandles), що дозволяє використовувати прилад у різних метрологічних і практичних контекстах.

Прилад має чотири діапазони вимірювання освітленості: до 200 lux, 2000 lux, 20 000 lux і 200 000 lux, що дозволяє охоплювати широке коло умов освітлення від низьких до високих рівнів інтенсивності світла. Діапазон значень забезпечується за рахунок ручного вибору діапазону оператором.

Точність вимірювань люксометра Tenmars 201L для класичного калібрування світлом лампи розжарювання з колірною температурою 2856

К, а також після корекції під спектр денного світла світлодіодів, становить приблизно  $\pm 3\%$ , тоді як для інших джерел видимого світла цей показник може досягати  $\pm 8\%$ . Така точність є типовою для середнього класу люксометрів і дозволяє здійснювати адекватний контроль освітленості у виробничих, офісних чи лабораторних умовах.

Датчик світла під'єднаний до корпусу люксометра кабелем довжиною близько 1,5 метра, що дозволяє проводити вимірювання у важкодоступних місцях, не переміщуючи основний прилад.

Габаритні розміри основного корпусу становлять приблизно  $130 \times 55 \times 38$  мм, а сенсорної головки — близько  $80 \times 55 \times 25$  мм; маса приладу з батареєю складає близько 250 г.

Портативний формат робить цей люксометр придатним для польових вимірювань, контролю інтенсивності освітлення на робочих місцях та у навчальних приміщеннях, а також для досліджень у сфері ергономіки робочого середовища.

Живлення приладу забезпечується батареєю 9 В, що дозволяє автономну роботу без під'єднання до мережі, а конструкція пристрою включає індикатор низького заряду батареї, що сприяє своєчасній

### **3.2.2. Методика вимірювання рівня освітлення робочої зони кухонної стільниці**

Вимірювання освітлення на робочій поверхні кухонної стільниці будемо проводити згідно нормативних документів. Зокрема визначення точок вимірювання та відстаней між ними визначаємо згідно стандарту ДСТУ EN 12464-1:2016. Згідно документу, максимальна відстань між точками для кухонної стільниці довжиною до 2 м. повинна не перевищувати 300 мм. (0,3 м.), а мінімальна кількість точок для замірювання показника освітленості не менше 6 (Додаток Б).

У даній магістерській роботі будемо проводити показник визначення освітленості по трьом умовним лініям: фактично посередині та поздовжніх краях робочої зони стільниці (Рисунок 11).



Рисунок 11. Процес вимірювання освітлення люксометром.

Відстань між точками у кожній з ліній становитиме 50 мм (0,05 м.), а відстань між самими лініями 247 мм. (0,247 м.) та фактична кількість точок вимірювання на кожній з умовних ліній становитиме 36, а загальна кількість точок для одного вимірювання 108 (Рисунок 12), що забезпечує вимоги стандарту ДСТУ EN 12464-1:2016.

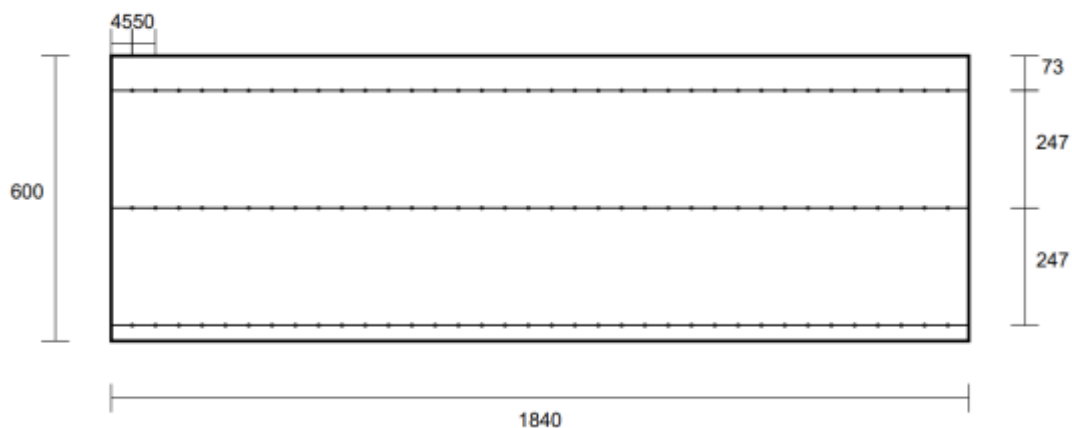


Рисунок 12. Схема вимірювання освітлення робочої зони стільниці.

Центральна лінія вимірювання знаходитиметься строго вертикально під центральною віссю світлодіодної стрічки де світловий потік найбільший, а крайні лінії вибираються на відстані 247 мм з огляду на те, щоб кут падіння світлових променів на крайні зони був під кутом  $25^\circ$  ( $\tan \alpha = 247 / 530 \approx 0,466 \rightarrow \alpha = \arctan(0,466) \approx 25^\circ$ )

Основним завданням є визначення рівня освітленості, що досягається світлодіодними джерелами за ідеальних умов (без впливу стороннього світла). Такі випробування проводять у спеціальних установках (інтегруючих сферах за допомогою спектрометра). Щоб досягти максимально наближеного ефекту основне вимірювання освітлення проводитимемо люксометром Tenmars 201L у темну пору доби з включеною лише робочою світлодіодною підсвіткою робочої зони кухні.

Для визначення усіх можливих варіантів освітлення робочої зони кухонної стільниці, не лише робочого світлодіодного, а й бокового природного та штучного загального складемо матрицю ПФП-плану (Таблиця 3).

Таблиця 3. Матриця планування ПФП-плану для проведення досліджень визначення показника освітленості робочої поверхні

№ досліджу	Світлодіодне освітлення	Штучне загальне освітлення	Природне освітлення	x1	x2	x3
1	Так	Так	Так	-1	-1	-1
2	Ні	Так	Так	1	-1	-1
3	Так	Ні	Так	-1	1	-1
4	Ні	Ні	Так	1	1	-1
5	Так	Так	Ні	-1	-1	1
6	Ні	Так	Ні	1	-1	1
7	<b>Так</b>	<b>Ні</b>	<b>Ні</b>	<b>-1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
8	Ні	Ні	Ні	1	1	1

Основне дослідження у повнофакторному плані на позиції №7. Визначення освітлення досліджу №8 провести неможливо з технічних причин, оскільки не буде задіяне жодне джерело світла.

Проведемо аналогічні дослідження згідно обраного плану для трьох умовних ліній вимірювання освітленості робочої поверхні.

У роботі будемо визначати рівномірності освітлення (коефіцієнт однорідності: мін/середнє), ефективність розсіювання у робочих точках меблів, оцінка тіней/структури для профіля з розсіювачем, зміну освітленості в часі.

## РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У процесі експериментальних досліджень згідно матриці планування проведено 7 основних дослідів, щодо визначення рівня освітленості робочої зони кухонної стільниці, як за допомогою світлодіодного робочого освітлення, так і в комбінації з штучним загальним та денним природнім боковим світлом. У ході кожного заміру отримано статистичну сукупність із 108 значень заміряних точок освітленості люксометром.

Додатково проведено ще 5 дослідів визначення світлових показників LED-стрічки у темну пору доби. Вимірювання проведено по центральній лінії робочої поверхні з інтервалом між вимірюваннями у 10 хв, з метою визначення показника стабільності світлового потоку протягом невеликого часу роботи системи світлодіодної підсвітки. Отримано ще 5 статистичних сукупностей по 36 значень.

Загалом у ході магістерської роботи було проведено 8 дослідів та отримано 936 замірів освітленості робочої поверхні кухні. Зокрема було виміряно освітленість від наступних джерел світла:

- №1 – робоче LED-світло + штучне загальне світло + денне природне бокове світло;
- №2 – штучне загальне світло + денне природне бокове світло;
- №3 – робоче LED-світло + денне природне бокове світло;
- №4 – денне природне бокове світло;
- №5 – робоче LED-світло + штучне загальне світло;
- №6 – штучне загальне світло;
- №7 – робоче LED-світло;
- додатковий дослід визначення стабільності освітлення в часі (№7 – робоче LED-світло; вимірювання по центральній лінії).

#### 4.1. Результати вимірювань освітленості робочої зони кухонної стільниці

Результати отриманих статистичних сукупностей розміщені у додатках В1-В8. Для їх коректного порівняння визначаємо мінімальні, максимальні та середні значення показників освітленості для кожного дослідження для 3 ліній вимірювання та результати зводимо у таблицю 4.

Таблиця 4. Мінімальні, максимальні та середні значення показників освітлення, Лк.

№ дослідження	Лінія	Мінімальне	Максимальне	Середнє
№1	під фартухом	196	264	242
	посередині РЗ	226	308	285
	на краю РЗ	241	320	297
№2	під фартухом	131	168	158
	посередині РЗ	157	232	194
	на краю РЗ	218	278	264
№3	під фартухом	73,7	116,5	102,1
	посередині РЗ	75,5	125,3	113
	на краю РЗ	55,5	81,4	74,8
№4	під фартухом	6,6	11,2	32,3
	посередині РЗ	30,7	74,5	76,7
	на краю РЗ	17,6	28,5	42,4
№5	під фартухом	192	219	226
	посередині РЗ	255	291	297
	на краю РЗ	234	267	271
№6	під фартухом	134	155	147
	посередині РЗ	155	186	174
	на краю РЗ	188	244	227
№7	під фартухом	51	99,4	86,1
	посередині РЗ	49,1	103	89,2
	на краю РЗ	22,2	89,2	40,2

Результати додаткового дослідження становлять наступні значення показників після роботи світлодіодного освітлення протягом 10\_20\_30\_40\_50 хвилин:

- мінімальні значення 49,4\_49,3\_49,4\_48,9\_49,5 Лк;
- максимальні значення 103,1\_102,9\_103\_103\_102,8 Лк;
- середні значення 89,26\_89,06\_89,29\_89,30\_89,53 Лк.

#### 4.2. Інтерпретація результатів дослідження

Для інтерпретації та порівняння результатів досліджень дослідів №1-№7 проведено розрахунки їх середніх значень згідно стандартної методики (додаток Д1) і побудовано гістограму (Рисунок 13).

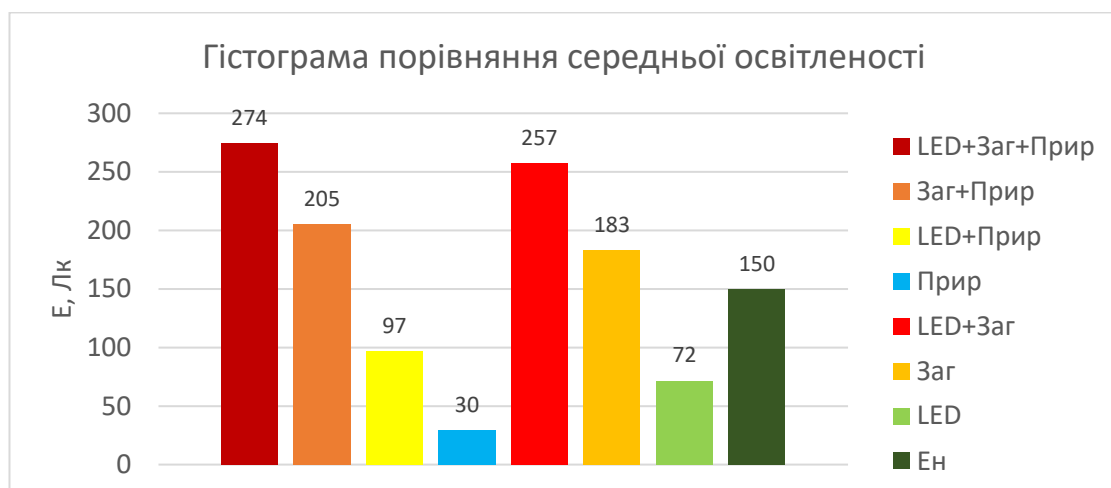


Рисунок 13: Гістограма результатів вимірювань освітленості

У гістограмі, для порівняння результатів, останнім стовпцем додано нормативне значення робочої зони кухонної стільниці згідно ДБН В.2.5-28:2018 [5] (Додаток А1-А2), яке становить не менше 150 люкс.

Із отриманих результатів можна зробити кілька висновків:

- 1- використання лише світлодіодного освітлення у темну пору доби дає середню освітленість у 72 люкси, а у денний час із впливом денного природного освітлення 97 люксів, однак це нижче номінального значення у 150 люксів.
- 2- використання загального штучного світла у парі з світлодіодним дає середню освітленість робочої поверхні у вечірній час 257 люксів, а в денну пору доби 274 люкси, що відповідає вимогам;
- 3- використання лише загального штучного освітлення (без світлодіодного) вдещо знижує показники освітленості і становить 183 люкси у темну пору доби та 205 люксів удень, що теж відповідає вимогам стандартів;
- 4- середня освітленість лише денного світла (у осінній період ополудні) становить 30 люксів і є значно нижчою за нормативні значення у 150 люксів. Тому виконання зорових робіт з малим показником об'єкту розрізнення з використанням лише денного світла на виставковому гарнітурі Häfele є шкідливими для здоров'я;
- 5- найбільш ефективним є використання комбінованого освітлення (штучне загальне + робоче світлодіодне) однак існує вирогідність, що режим роботи LED-стрічки налаштований на економний режим освітлення і потрібно провести додаткові налаштування для збільшення світлового потоку (світлової потужності) світлодіодного джерела.

За результатами додаткового дослідження (додаток Д2) будуємо гістограму (Рисунок 14)

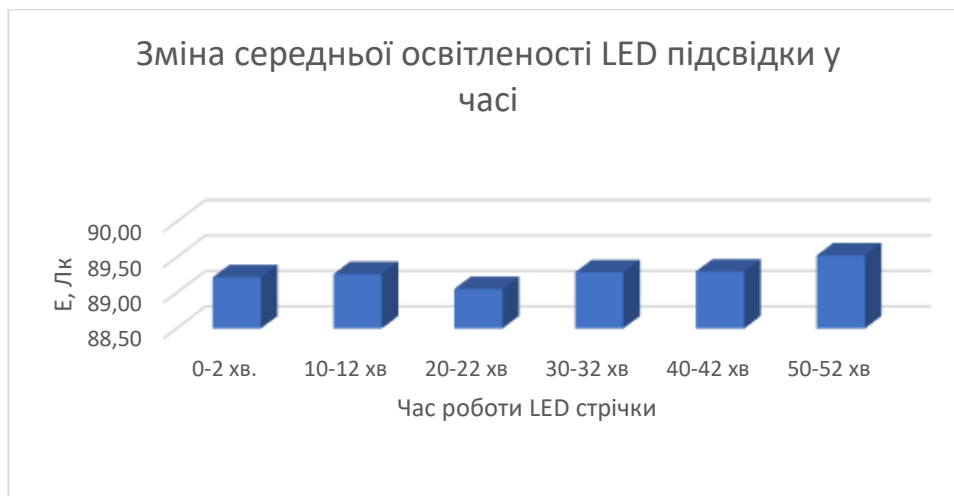


Рисунок 14. Зміна середньої освітленості LED підсвідки в часі.

Коефіцієнт пульсації освітленості ( $K_p$ , %), який відображає глибину коливань світлового потоку в часі, номінальне значення якого для більшості зорових робіт встановлено значення  $K_p \leq 20\%$ .

$$K_p = (E_{\max} - E_{\min}) / (2 \cdot E_{\text{cp}}) \cdot 100\%, \%$$

де:  $E_{\max}$  і  $E_{\min}$  — максимальне та мінімальне значення освітленості, лк;  
 $E_{\text{cp}}$  — середнє значення освітленості, лк.

Цей коефіцієнт визначаємо на проміжку роботи світлодіодної стрічки у 50 хвилин. Для цього із даних результатів досліджень (5 дослідів з інтервалом у 10 хв та початкового дослідження №7.2) вибираємо найбільше середнє ( $E_{\max}$ ) та найменше середнє значення ( $E_{\min}$ ). Середнє значення знаходимо, як середнє арифметичне середніх значень всіх вимірювань.

$$E_{\text{cp}} = (89,2 + 89,26 + 89,06 + 89,29 + 89,3 + 89,59) / 6 = 89,28 \text{ Лк.}$$

$$K_p = (89,59 - 89,06) / (2 \cdot 89,28) \cdot 100\% = 0,3\% \leq 20\%$$

Отже, отриманий розрахунок свідчить, що коефіцієнт пульсації на проміжку 50 хвилин становить 0,3%, що відповідає нормативному значенню ( $\leq 20\%$ ). Це означає, що світловий потік від світлодіодного підсвічування робочої поверхні є стабільним на невеликому проміжку часу, а незначний коефіцієнт пульсації може бути спричинений похибкою досліду, оскільки в технічному паспорті вимірювального приладу люксметра Tenmars 201L класу якості А зазначена можлива похибка  $\pm 2\%$ .

### **4.3. Висновки до розділу**

За результатами проведених досліджень можемо зробити висновок, що використання виключно світлодіодного дослідження на виставковому гарнітурі не може забезпечити нормативні вимоги стандарту, тому його можна рекомендувати як додаткове джерело збільшення показника освітленості робочої поверхні кухонної стільниці.

Доцільно провести налаштування освітлювальної системи, для збільшення світлових показників світлодіодної стрічки Loox5 LED 2065 до норм зазначених виробником Häfele, або замінити саму стрічку чи компоненти системи.

Стабільність світлового потоку на проміжку у 50 хв зберігається, що свідчить про те, що світло освітлює робочу зону рівномірно без мерехтінь та пульсацій та несе негативного впливу на зорове сприйняття людини.

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Загальні положення та нормативно-правова база

Охорона праці є однією з ключових складових системи управління виробничою діяльністю та спрямована на створення безпечних і здорових умов праці, запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням. У сучасних умовах розвитку світлотехнічних технологій питання охорони праці набувають особливої актуальності, оскільки впровадження нових джерел світла супроводжується появою специфічних факторів впливу на людину.

Система управління охороною праці передбачає комплексне застосування правових, соціально-економічних, організаційних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на ідентифікацію, оцінювання та мінімізацію професійних ризиків. Особлива роль у цьому процесі належить нормативно-правовому регулюванню, яке встановлює обов'язкові вимоги до проектування, монтажу та експлуатації освітлювальних установок.

Під час аналізу світлодіодних систем освітлення компанії Häfele серій Loox і Loox5 необхідно керуватися положеннями чинних національних і міжнародних стандартів, зокрема ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Загальні вимоги та випробування», а також рекомендаціями Міжнародної електротехнічної комісії (ІЕС). Зазначені нормативні документи регламентують вимоги до електробезпеки, теплового режиму, фотобіологічної безпеки та зорового комфорту.

Проектування штучного освітлення з використанням світлодіодних джерел повинно здійснюватися з урахуванням допустимих рівнів ультрафіолетового та синього випромінювання, рівномірності освітлення, коефіцієнта пульсації світлового потоку та показників обмеження блискавості. Дотримання цих вимог забезпечує безпечні умови праці та знижує ризик негативного впливу освітлення на органи зору.

## **5.2. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів**

Безпека експлуатації світлодіодних систем освітлення Häfele визначається сукупністю факторів виробничого середовища, які можуть негативно впливати на працівників або користувачів освітлювальних установок. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів дозволяє оцінити рівень потенційного ризику та обґрунтувати необхідні заходи захисту.

До основних факторів, пов'язаних з експлуатацією світлодіодного освітлення, належать електричні, теплові, фотобіологічні та візуально-ергономічні чинники. Кожен із них має специфічні особливості прояву та вимагає застосування відповідних технічних і організаційних рішень.

### **5.2.1. Електробезпека**

Однією з основних переваг систем освітлення Häfele Loox/Loox5 є використання безпечної наднизької напруги (SELV) номіналом 12 В або 24 В. Зазначений діапазон напруги відповідає вимогам класу захисту III та забезпечує високий рівень захисту від ураження електричним струмом навіть у разі пошкодження ізоляції або контакту з струмопровідними частинами.

Застосування технології SELV є ефективним запобіжним заходом, оскільки напруга живлення світильників не перевищує гранично допустимих значень, установлених нормативними документами (до 42 В). Це особливо важливо при використанні освітлення в житлових приміщеннях, меблевих конструкціях, торговельних залах та зонах з обмеженим доступом до електрообладнання.

Джерела живлення (драйвери) системи Loox5 мають вбудовані функції захисту від короткого замикання, перевантаження та перегріву. Вони підтримують універсальний діапазон вхідної напруги змінного струму 100–240 В, що дозволяє експлуатувати обладнання в різних електромережах. При цьому живлення світлодіодних модулів здійснюється стабілізованою постійною напругою, що підвищує надійність роботи системи та зменшує ризик аварійних ситуацій.

### **5.2.2. Теплові фактори**

Світлодіодні джерела світла відрізняються підвищеною енергоефективністю та порівняно низьким рівнем тепловиділення, що позитивно впливає на умови експлуатації освітлювальних систем. Водночас значна частина електричної енергії все ж перетворюється на тепло, яке концентрується в зоні кристала світлодіода.

При використанні світлодіодних стрічок середньої та високої потужності (понад 9,6 Вт/м) виникає ризик локального перегрівання, особливо за умов недостатнього тепловідведення або обмеженої вентиляції. Для запобігання цьому необхідно застосовувати алюмінієві профілі, які виконують функцію теплових радіаторів і забезпечують ефективне відведення тепла.

Температура корпусу світильника або профілю не повинна перевищувати 60 °С, оскільки перевищення цього значення призводить до деградації напівпровідникового кристала, зниження світлового потоку та скорочення ресурсу світлодіода. Таким чином, забезпечення оптимального теплового режиму є важливою умовою як безпеки, так і довговічності освітлювальних систем.

### **5.2.3. Фотобіологічні та візуальні фактори**

Світлодіодні джерела світла характеризуються підвищеною часткою випромінювання у синій області спектра, що зумовлює необхідність оцінки фотобіологічної безпеки. Потенційний вплив синього світла на сітківку ока може спричинити зорову втому та, за тривалої дії, негативні функціональні зміни.

Оцінка фотобіологічного ризику здійснюється відповідно до стандарту IEC/TR 62778, який визначає методику класифікації світильників за групами ризику. Світлодіодні системи Häfele, призначені для внутрішнього освітлення, як правило, належать до груп з мінімальним або відсутнім ризиком за умови правильного вибору світлових параметрів.

Важливим аспектом безпеки є обмеження пульсації світлового потоку. Пульсація може викликати зорову втому, головний біль та зниження працездатності, а в умовах виробництва — спричинити стробоскопічний ефект. Відповідно до нормативних вимог коефіцієнт пульсації освітленості не повинен перевищувати 10 %, а для робочих місць з відеодисплейними терміналами — 5 %.

Окрему увагу слід приділяти обмеженню блискавості, яка виникає внаслідок надмірної яскравості світильників або їх неправильного

розташування. Раціональне проектування освітлення дозволяє забезпечити зоровий комфорт та запобігти появі засліплювального ефекту.

### **5.3. Рекомендації щодо забезпечення безпеки експлуатації**

Для забезпечення безпечної та надійної експлуатації світлодіодних систем освітлення Häfele Loox/Loox5 необхідно реалізувати комплекс технічних, організаційних та експлуатаційних заходів. До технічних заходів належить використання сертифікованих компонентів системи, зокрема драйверів із вбудованими засобами електричного та теплового захисту.

Монтаж і підключення освітлювального обладнання до електричної мережі повинні виконуватися кваліфікованим персоналом з дотриманням вимог електробезпеки та інструкцій виробника. Для світлодіодних стрічок підвищеної потужності необхідно передбачати ефективні засоби охолодження та забезпечувати достатню циркуляцію повітря в місцях їх встановлення.

В умовах підвищеної вологості доцільно застосовувати світлодіодні стрічки та світильники зі ступенем захисту не нижче IP44, що забезпечує захист від бризок води та підвищує безпеку експлуатації. Проектування освітлення має здійснюватися з урахуванням функціонального призначення приміщення та характеру зорової роботи, при цьому рівень освітленості робочих поверхонь повинен відповідати нормативним значенням (300–500 лк для робіт підвищеної точності).

З метою забезпечення довговічності світлодіодних джерел світла (понад 50 000 годин) і підтримання належного рівня безпеки необхідно дотримуватися рекомендованих температурних режимів експлуатації та не допускати роботи обладнання за температури навколишнього середовища, що перевищує нормовані межі, зокрема 40–45 °С.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Магістерська робота на тему “Аналіз систем світлодіодного освітлення для меблів від компанії Häfele”, складається з п’яти розділів.

У першому розділі детально проаналізовано теоретичні основи світлодіодного освітлення в меблевій промисловості, Акцент зроблено на аналізі фізичних та технічних основ LED технологій.

У другому розділі детально розглянуто асортимент світлодіодної продукції компанії Häfele, з усіма можливостями та технологічними рішеннями, які надає компанія для розробників меблевих інтер’єрів.

У третьому розділі детально проаналізовано методику проведення експериментальних досліджень, щодо визначення одного із основних світлотехнічних показників – освітленості. Для об’єкту дослідження було обрано кухонний шоурум з сучасною фурнітурою та системою підсвічування від компанії Häfele. Для порівняння рівня освітленості робочої зони кухонної стільниці прийнято рішення визначити різні варіанти освітлення, поєднуючи LED-підсвітку робочої зони, загальне штучне освітлення, та природне освітлення.

У четвертому розділі детально проаналізовано отримані результати дослідження та здійснено їх порівняння із нормативними значення згідно стандартів з метою забезпечення безпечних та комфортних ергономічних умов перебування людини біля кухонної стільниці.

У п’ятому розділі проаналізовані заходи, щодо дотримання електричних, теплових, фотобіологічних та візуально-ергономічних факторів використання систем освітлення Häfele.

Результати магістерської роботи є важливими для фахівців деревообробної та меблевої галузей, дизайнерів інтер’єру, та кінцевих споживачів,

щодо прийняття раціональних рішень при виборі освітлювальних систем для підсвічування елементів простору в інтер'єрі, зокрема робочих меблевих зон.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Häfele** [Електронний ресурс] : офіційний сайт. – Режим доступу: <https://www.hafele.com.de/en/>
2. **Häfele Shop Україна** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hafeleshop.com.ua/>
3. **Системи світлодіодного освітлення Häfele Loox5** : каталог (Update 2022) / Häfele. – Німеччина, 2022. – 180 с. : іл.
4. **Системи світлодіодного освітлення LOOX** : каталог / розробл. Häfele. – Львів : Гефеле Україна ТзОВ, – 42 с. : іл.
5. **Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення** : ДБН В.2.5-28:2018 / [розроб. Ю. Громадський та ін.] ; Мінрегіон України. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 133 с.,,,.
6. **ДСТУ EN 12464-1:2014. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця у приміщеннях (EN 12464-1:2011, IDT).** — Чинний від 2015-01-01. — Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. — 64 с.
7. **ДСТУ 8546:2015. Світильники зі світлодіодними джерелами світла. Загальні технічні умови.** — Чинний від 2017-01-01. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. — 33 с.
8. **ДСТУ EN 60598-1:2017. Світильники. Частина 1. Загальні вимоги та випробування (EN 60598-1:2014, IDT).** — Чинний від 2019-01-01. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. — 326 с.
9. **Сторожук В. М.** Конспект лекцій з дисципліни «Охорона праці в галузі та цивільний захист». Львів : Національний лісотехнічний університет України, 2024. 88 с.
10. **Сторожук В.М., Сомар Г.В., Соколовський І.А.** *Охорона праці в галузі та цивільний захист. Методичні рекомендації для виконання*

*практичних робіт.* – Львів: Національний лісотехнічний університет України, 2025. – 106 с.

- 11. Апостолюк С. О., Апостолюк А. С., Джигирей В. С.** Охорона навколишнього середовища в деревообробній промисловості : навч. посіб. — Київ : Основа, 2003. — 174 с.
- 12. Апостолюк С. О., Джигирей В. С., Геврик Е. О.** Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Безпека життєдіяльності». — Львів : УкрДЛТУ, 1994. — 98 с.
- 13. Сторожук В. М., Джигирей В. С., Апостолюк С. О.** Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи охорони праці». — Львів : УкрДЛТУ, 2004. — 46 с.
- 14. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В.** Основи охорони праці : підручник. — Львів : Афіша, 2000. — 341 с.
- 15. IESNA.** Lighting Handbook: Reference & Application. 10th ed. New York : Illuminating Engineering Society, 2011. 1360 p.
- 16. Юрченко А. О.** Розробка енергозберігаючої системи освітлення : дипломна робота бакалавра за спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Київ : Національний авіаційний університет, 2021. 36 с.
- 17. Присяник М. С.** Дослідження системи світлодіодного освітлення : кваліфікаційна робота магістра за спец. 176 «Мікро- та наносистемна техніка». Харків : Харківський національний університет радіоелектроніки, 2025. 72 с.
- 18. Матіяш В. Б.** Алгоритми та засіб дослідження світлодіодних джерел світла : дипломна робота магістра / В. Б. Матіяш ; Тернопільський національний економічний університет, факультет комп'ютерних інформаційних технологій, кафедра комп'ютерної інженерії. – Тернопіль, 2017. – 71 с.

- 19. Сурмак В. В.** Розробка енергоефективного світильника для освітлення пташника : кваліфікаційна робота магістра / В. В. Сурмак ; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, кафедра електричної інженерії. – Тернопіль, 2022. – 73 с.
- 20. Костенко В. В.** Реверсивна фоточутливість світлодіодів в джерелах білого світла : дипломна робота бакалавра / В. В. Костенко ; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», факультет електроніки, кафедра мікроелектроніки. – Київ, 2021. – 45 с.
- 21. Савчук М. В.** Дослідження ергономічних показників робочих місць на меблевому підприємстві : поясн. зап. до магістер. роботи / М. В. Савчук ; керівник роботи Г. В. Сомар ; Нац. лісотехн. ун-т України, Навч.-наук. ін-т деревооброб. технологій та дизайну, Каф. технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності. Львів, 2024.,.
- 22. Слабiцький, С. В.** Дослідження факторів впливу на нормалізацію параметрів мікроклімату в лісопильно-розкрійному цеху : поясн. зап. до магістер. роботи / С. В. Слабiцький ; керівник роботи І. А. Соколовський ; Нац. лісотехн. ун-т України, Навч.-наук. ін-т деревооброб. технологій та дизайну, Каф. технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності. Львів, 2024.
- 23.** Розрахунок кількості ламп для освітлення приміщення [Електронний ресурс]. – Vestum LED Test. – Режим доступу: <https://ledtest.vestum.ua/uk/study/rozrahunok-kilkosti-lamp-dlja-osvitlennja-primishhennja/>

24. Метод розрахунку освітлення у приміщенні. Норми освітленості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://watt.ua/metod-rozrakhunku-osvitlennia-u-prymishchenni-normy/>
25. Методика вимірювання освітленості люксометром // Simvolt – вимірювальні прилади : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua>
26. LED / SSL Measurement – Instrument Systems : вебсайт. URL: <https://www.instrumentsystems.com>
27. Measurement of LEDs // LED professional : вебсайт. URL: <https://www.led-professional.com>
28. LED Characterization (Newport) : вебсайт. URL: <https://www.newport.com>
29. Integrating sphere setup for the LED light measurement // LISUN Group : вебсайт. URL: <https://www.lisungroup.com>
30. Lumen maintenance // Wikipedia : вільна енциклопедія. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lumen\\_maintenance](https://en.wikipedia.org/wiki/Lumen_maintenance)
31. Measurement of LEDs // LED professional : вебсайт. URL: <https://www.led-professional.com>
32. Lighting Research Center. Lighting Answers: LED Flicker. 2021. URL: <https://www.lrc.rpi.edu>
33. Electrical Engineering Portal. How to Measure Light Flicker Using an Oscilloscope. 2023. URL: <https://electrical-engineering-portal.com>
34. European Commission. Ecodesign Directive for Lighting Products. Brussels, 2019. URL: <https://energy.ec.europa.eu>
35. DIAL GmbH. DIALux evo: User Manual for Lighting Design Software. Lüdenscheid, 2023. URL: <https://www.dial.de>

# Додатки

## ДОДАТОК А1

ДБН В.2.5-28:2018

Вимоги до освітлення приміщень житлових, цивільних та адміністративно-побутових споруд

Примітка: вибрано дані параметрів освітленості для робочої зони кухонної стільниці

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Відносна тривалість зорової роботи в напрямку зору на робочу поверхню, %	Штучне освітлення				Природне освітлення	
					освітленість на робочій поверхні від системи загального освітлення, лк	циліндрична освітленість, лк	показник дискомфорту, $M$	коефіцієнт пульсації освітленості $K_p$ , %	КПО, $D_n$ , %	
									середнє $D_{сер}^{н пр}$	мінімальне $D_{мін}^{н пр}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
– середньої точності	Більше ніж 0,50	В	1	Не менше ніж 70	150	50 <sup>1)</sup>	60	15	2,0	0,5
			2	Менше ніж 70	100	Не нормується	25 <sup>2)</sup> 60 25 <sup>2)</sup>	15 <sup>3)</sup> 10 15 <sup>3)</sup>	2,0	0,5

1) Додатково регламентується у випадках спеціальних архітектурно-художніх вимог.

2) Нормоване значення показника дискомфорту у приміщеннях при спрямуванні лінії зору переважно вгору під кутом 45° і більше ніж до горизонту і в приміщеннях з підвищеними вимогами до якості освітлення (спальні кімнати в дитячих садках, яслах, санаторіях, дисплейні класи в школах, середніх спеціальних навчальних закладах тощо).

## ДОДАТОК А2

ДБН В.2.5-28:2018

Нормовані показники освітлення основних приміщень житлових будинків

Приміщення	Площина (Г – горизонтальна, В – вертикальна) нормування освітленості та КПО, висота площини над рівнем підлоги, м	Розряд і підроз- ряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість робочих поверхонь, лк		цилін- дрична освіт- леність, лк	показник диском- форту, $M$ не більше	коєфі- цієнт пуль- сації, $K_3$ , %, не більше	КПО $D_{н}$ , %		КПО $D_{н}$ , %	
			при комбіно- ваному освіт- ленні	при загаль- ному освіт- ленні				середнє $D_{сер}^{н пр}$	міні- мальне $D_{min}^{н пр}$	середнє $D_{сер}^{н сум}$	міні- мальне $D_{min}^{н сум}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Житлові кімнати, вітальні, спальні, житлові кімнати гуртожитків	Г – підлога	В-1	—	150 <sup>1)</sup>	—	—	—	2,0	0,5	—	—
2. Кухні, кухні-їдальні	Г – 0,8	В-1	—	150 <sup>1)</sup>	—	—	—	2,0	0,5	1,2	0,3

## ДОДАТОК АЗ

ДБН В.2.5-28:2018

Мінімальна світлова віддача джерел світла для штучного освітлення приміщень при мінімально допустимих індексах кольоропередавання

Тип джерела світла	Колірна температура	Світлова віддача $e$ , лм/Вт, не менше, при мінімально допустимих індексах кольоропередавання $R_a^*$				
		$\geq 90$	90-80	80-60	$\geq 45$	$\geq 25$
Люмінесцентні лампи	2700-6500	—	70	75	—	—
Компактні люмінесцентні лампи	2700-6500	—	65	—	—	—
Металогалогенні лампи	2700-6500	—	75	90	—	—
Дугові ртутні лампи	4000-6500	—	—	—	55	—
Натрієві лампи високого тиску	2100-2400	—	—	75	—	100
Світлодіодні лампи	2700-3500	75	98-75	144-98	—	—
Світлодіодні лампи	4000-5700	75	98-75	144-98	—	—
Світлодіодні лампи	5700-6500	75	98-75	144-98	—	—
Світлодіодні світильники з розсіювальними елементами та вторинною оптикою	2700-3500	75	98-75	144-98	—	—
Світлодіодні світильники з розсіювальними елементами та вторинною оптикою	4000-5700	75	98-75	144-98	—	—
Світлодіодні світильники	5700-6500	75	98-75	144-98	—	—

**Примітка.** Мінімальне значення світлової віддачі  $e$  при заданих значеннях індексу кольоропередачі визначається за формулою:  $e = 282 - 2,3 \square R_a$ .

## ДОДАТОК А4

ДБН В.2.5-28:2018

### ВИБІР ЗОНИ КОМФОРТНОГО ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ СВІТЛОДІОДІВ

Необхідний вибір зони комфортного освітлення залежно від колірної температури світло- діодних джерел світла при заміні ламп розжарювання.

Норми освітленості для світлодіодних джерел світла з колірною температурою від 2700К до 6000К і більше треба пов'язувати з зоною комфорту за номограмою і збільшувати із зростанням колірної температури.

Нормована середня освітленість залежить від колірної температури і має бути суттєво збіль- шена при збільшенні колірної температури джерела світла відповідно до номограми Крюїтгофа (рисунок Н.1).

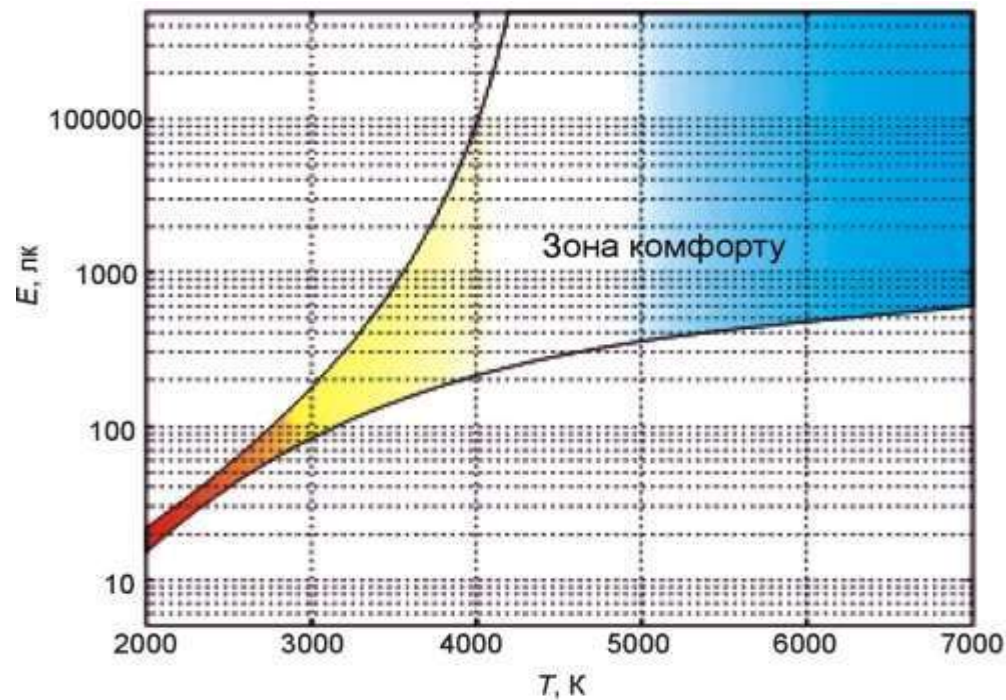


Рисунок Н.1 – Номограма Крюїтгофа

## ДОДАТОК А5

ДБН В.2.5-28:2018

Розрахункові коефіцієнти відбивання поверхні фасадів освітлюваних об'єктів

Матеріали поверхні або колір фасаду	Середньозважений коефіцієнт відбиття матеріалу поверхні
<b>Білий:</b> атмосферостійкі фасадні фарби, гіпс, керамічна плитка, матовий алюміній, нержавіюча сталь тощо	0,7
<b>Світлий:</b> фарби, мармур, білий камінь (вапняк, доломіт, піщаник), бетон і декоративні штукатурки на білому цементі та світлих наповнювачах, керамічні плитки, силікатна цегла, латунь матова, травертин, черепашник тощо	0,6
<b>Середньо-світлий:</b> фарби, мармур, камінь (туф, піщаник, вапняк), бетон, кольорові штукатурки, керамічна цегла, блоки, плитка, дерево (дошки) тощо	0,5
<b>Темний:</b> фарби, мармур, граніт, глиняна цегла, декоративні штукатурки і керамічні плитки, потемніле дерево, мідь, листя дерев тощо	0,3
<b>Чорний:</b> фарби, камінь (габро, лабрадорит, діорит, базальт, граніт), чавун, платинована бронза, декоративні штукатурки, листя дерев тощо	0,15

## ДОДАТОК А6

ДСТУ EN 12464-1:2016

ДОДАТОК А  
(довідковий)

### ТИПОВІ ЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ МІЖ ТОЧКАМИ СІТКИ

Типові значення відстані між точками сітки, наведені в таблиці А.1, ґрунтуються на формулі (1) з 4.4.

Таблиця А1 — Рекомендована кількість точок сітки

Довжина ділянки, м	Максимальна відстань між точками сітки, м	Мінімальна кількість точок сітки
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

**Додаток Б**

**Сертифікат калібрування люксметра**

**TENMARS**

**TENMARS ELECTRONICS CO., LTD.**

6F, 586 Rui Guang Road, Neihu 114, Taipei, Taiwan

Tel: 886-2-26585770; Fax: 886-2-26585075

E-mail: [service@tenmars.com](mailto:service@tenmars.com) <http://www.tenmars.com>

**CERTIFICATE OF CALIBRATION**

This certificate guarantee that the product has been inspected and tested in accordance with the published specifications.

The instrument has been calibrated by using equipment which already calibrated to standards traceable to international standards.

ISO 9001:2015(CNS12681)



**TENMARS ELECTRONICS CO., LTD**

### Додаток В1

№ вимірювання	№1.1	№1.2	№1.3
Робоче штучне світло	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче
Загальне штучне світло	люміцентне загальне	люміцентне загальне	люміцентне загальне
Природне світло	денне бокове	денне бокове	денне бокове
Зона вимірювання	під фартухом	посередині РЗ	на краю РЗ
Вимірювання у точці	Результати вимірювання освітленості, Лк.		
1	216	273	282
2	227	272	287
3	232	275	291
4	234	278	295
5	238	280	297
6	242	282	301
7	247	287	302
8	252	292	305
9	253	295	307
10	259	297	309
11	258	299	310
12	258	302	312
13	260	304	314
14	263	306	315
15	264	307	317
16	264	307	319
17	263	308	320
18	260	307	319
19	260	306	319
20	257	305	318
21	257	304	316
22	257	301	315
23	252	298	313
24	251	296	308
25	247	293	305
26	244	291	300
27	241	286	294
28	237	282	289
29	230	276	285
30	226	272	279
31	221	264	272
32	216	256	266
33	211	247	259
34	205	239	253
35	201	232	247
36	196	226	241
<b>MIN</b>	<b>196</b>	<b>226</b>	<b>241</b>
<b>MAX</b>	<b>264</b>	<b>308</b>	<b>320</b>
<b>AVERAGE</b>	<b>242</b>	<b>285</b>	<b>297</b>
MODE	260	307	319
MEDIAN	247	292	304

## Додаток В2

№ вимірювання	№2.1	№2.2	№2.3
Робоче штучне світло			
Загальне штучне світло	люміцентне загальне	люміцентне загальне	люміцентне загальне
Природне світло	денне бокове	денне бокове	денне бокове
Зона вимірювання	під фартухом	посередині РЗ	на краю РЗ
Вимірювання у точці	Результати вимірювання освітленості, Лк.		
1	166,4	232	275
2	164	221	274
3	164,6	216	274
4	162,7	211	275
5	164,5	207	275
6	164	203	275
7	163,4	202	277
8	165,8	201	278
9	165	203	278
10	164,9	204	278
11	165,2	203	278
12	164,5	202	278
13	167,7	207	278
14	165,8	205	278
15	166,3	203	278
16	164,8	204	278
17	167,3	205	278
18	166,7	206	276
19	166	199,3	276
20	164,2	197,1	274
21	162,7	193,9	273
22	163,7	196,3	271
23	160	193,3	270
24	158,6	189,1	267
25	155,5	193,1	265
26	152,9	189,4	262
27	153,2	184,6	256
28	149,1	180,7	253
29	148,1	172,5	249
30	147,8	177,7	243
31	145,7	173,5	240
32	141,5	167,6	236
33	138,7	163,5	232
34	136,6	159,9	226
35	132,9	157,4	224
36	131,4	156,5	218
<b>MIN</b>	<b>131</b>	<b>157</b>	<b>218</b>
<b>MAX</b>	<b>168</b>	<b>232</b>	<b>278</b>
<b>AVERAGE</b>	<b>158</b>	<b>194</b>	<b>264</b>
MODE	164	203	278
MEDIAN	164	200	274

Додаток ВЗ			
№ вимірювання	№3.1	№3.2	№3.3
Робоче штучне світло	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче
Загальне штучне світло	-	-	-
Природне світло	денне бокове	денне бокове	денне бокове
Зона вимірювання	під фартухом	посередині РЗ	на краю РЗ
Вимірювання у точці	Результати вимірювання освітленості, Лк.		
1	77,6	105,1	81,4
2	82,1	103,7	81,1
3	88,3	106,1	80,1
4	93,2	107,1	79,9
5	97,3	108,7	78,7
6	102,3	109,8	78,4
7	106,1	112	78,4
8	108,2	114,8	78,4
9	111	116,4	77,3
10	113,1	118,3	76,8
11	114,2	119,6	76,7
12	116,4	120,9	76,1
13	116,4	122,2	76,5
14	116,5	123,3	77,6
15	116,1	124,5	77,6
16	114,9	124,4	78,9
17	115,8	124,4	79,8
18	115,2	124,6	80,8
19	114,3	125,1	80,9
20	113,6	125,3	80,6
21	112,1	123,9	81
22	111	122,9	80,2
23	109,5	122	79,9
24	108,5	121,7	79
25	106,3	120,3	77,7
26	103,8	119,2	76,3
27	101,6	118	73,8
28	99	116,2	72
29	97,3	112,4	70
30	94,7	109,8	67,8
31	91,9	105,8	65,1
32	89,1	99	63,3
33	85,5	94,2	60,3
34	82,1	87,6	58,6
35	77,7	81,6	56,5
36	73,7	75,5	55,5
<b>MIN</b>	<b>73,7</b>	<b>75,5</b>	<b>55,5</b>
<b>MAX</b>	<b>116,5</b>	<b>125,3</b>	<b>81,4</b>
<b>AVERAGE</b>	<b>102,1</b>	<b>113,0</b>	<b>74,8</b>
MODE	82,1	109,8	78,4
MEDIAN	106,2	117,2	77,7

### Додаток В4

№ вимірювання	№4.1	№4.2	№4.3
Робоче штучне світло	-	-	-
Загальне штучне світло	-	-	-
Природне світло	денне бокове	денне бокове	денне бокове
Зона вимірювання	під фартухом	посередині РЗ	на краю РЗ
Вимірювання у точці	Результати вимірювання освітленості, Лк.		
1	30,7	74,5	76,7
2	28,8	61,8	71,3
3	27,5	54,9	67
4	26,7	47,2	64
5	25,3	41,1	59,6
6	24,4	34,7	55,4
7	23,5	32,2	53,5
8	23	31,2	50,9
9	22,3	30,7	47,7
10	21,7	30,3	45,4
11	21,4	30,2	42,8
12	20,9	28,6	40,5
13	20,4	28,3	39,1
14	19,7	28,7	38,8
15	19,5	28,6	38,1
16	19,2	27,3	37,6
17	19	26,6	36,9
18	18,8	26,6	36,7
19	18,4	26,5	36,7
20	18,1	26,6	36,8
21	17,8	24,8	36,5
22	17	23,7	36,6
23	16,5	22,9	36,7
24	15,6	23,6	36,7
25	14,5	22	35,2
26	13,5	21,7	34,8
27	12,2	21,3	34,5
28	11,5	20,9	33,8
29	10,6	21,2	33,5
30	9,6	21,7	33,7
31	9,1	18,4	33,5
32	8,6	16,2	33,5
33	8,1	14,7	32,9
34	7,6	13,3	33
35	6,9	12,3	32,3
36	6,6	11,2	32,4
<b>MIN</b>	<b>6,6</b>	<b>11,2</b>	<b>32,3</b>
<b>MAX</b>	<b>30,7</b>	<b>74,5</b>	<b>76,7</b>
<b>AVERAGE</b>	<b>17,6</b>	<b>28,5</b>	<b>42,4</b>
MODE	#Н/Д	26,6	36,7
MEDIAN	18,6	26,6	36,8

### Додаток В5

№ вимірювання	№5.1	№5.2	№5.3
Робоче штучне світло	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче
Загальне штучне світло	люміцентне загальне	люміцентне загальне	люміцентне загальне
Природне світло	-	-	-
Зона вимірювання	під фартухом	посередині РЗ	на краю РЗ
Вимірювання у точці	Результати вимірювання освітленості, Лк.		
1	197	219	231
2	204	227	239
3	212	236	245
4	218	244	252
5	227	253	258
6	232	259	263
7	237	265	268
8	241	272	273
9	247	275	277
10	250	278	281
11	251	281	284
12	253	284	287
13	254	286	290
14	255	288	292
15	255	289	294
16	254	289	296
17	254	290	297
18	255	291	296
19	254	291	296
20	251	290	296
21	249	290	295
22	248	288	293
23	246	285	291
24	242	283	288
25	240	280	285
26	238	277	280
27	235	274	276
28	234	270	270
29	225	266	266
30	223	261	260
31	220	254	254
32	212	247	248
33	205	240	243
34	203	234	237
35	195	228	231
36	192	224	226
<b>MIN</b>	<b>192</b>	<b>219</b>	<b>226</b>
<b>MAX</b>	<b>255</b>	<b>291</b>	<b>297</b>
<b>AVERAGE</b>	<b>234</b>	<b>267</b>	<b>271</b>
MODE	254	290	296
MEDIAN	239	275	277

### Додаток В6

№ вимірювання	№6.1	№6.2	№6.3
Робоче штучне світло	-	-	-
Загальне штучне світло	люміцентне загальне	люміцентне загальне	люміцентне загальне
Природне світло	-	-	-
Зона вимірювання	під фартухом	посередині РЗ	на краю РЗ
Вимірювання у точці	Результати вимірювання освітленості, Лк.		
1	142,9	165,7	208
2	143,6	167,6	213
3	143,8	170,3	216
4	144,1	170,8	220
5	145,6	171,8	223
6	147,3	173,8	226
7	148,3	176	229
8	149,5	176,4	232
9	150,2	176,1	235
10	151,2	178,8	237
11	152,6	181,3	239
12	153	182,8	241
13	153,8	184,3	242
14	153,2	185,2	243
15	154,1	185,9	244
16	154,6	185,8	244
17	153,9	184,8	244
18	154,1	184,8	244
19	154,4	184,6	244
20	153,2	183,7	243
21	151,9	183	242
22	151	181,3	240
23	150,8	179,4	238
24	150,7	177,8	236
25	148,3	176,4	233
26	147,1	173,8	231
27	146,6	170,8	227
28	145,1	170,8	224
29	144,3	169,3	220
30	141,8	165,4	216
31	140,7	164,2	213
32	138	162,8	209
33	136,8	160,6	204
34	135	157,9	197
35	134,2	156	193
36	134,3	155	188
<b>MIN</b>	<b>134</b>	<b>155</b>	<b>188</b>
<b>MAX</b>	<b>155</b>	<b>186</b>	<b>244</b>
<b>AVERAGE</b>	<b>147</b>	<b>174</b>	<b>227</b>
MODE	148	171	244
MEDIAN	148	176	232

### Додаток В7

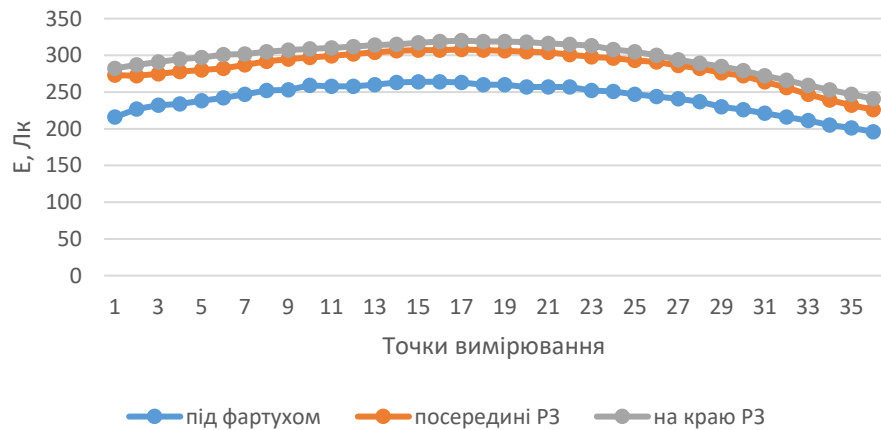
№ вимірювання	№7.1	№7.2	№7.3
Робоче штучне світло	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче
Загальне штучне світло	-	-	-
Природне світло	-	-	-
Зона вимірювання	під фартухом	посередині РЗ	на краю РЗ
Вимірювання у точці	Результати вимірювання освітленості, Лк.		
1	51	49,1	22,2
2	57,9	56,2	25
3	64,2	62,8	28
4	70,6	68,6	29,6
5	75,5	75,3	31,7
6	80,5	79,1	34,2
7	85,5	83,4	36,3
8	88,4	87,6	38,1
9	92	90	39,3
10	94,3	91,7	40,5
11	95,5	93,8	42,5
12	96,5	95,6	43,2
13	97,8	97,2	44,4
14	98,5	98,5	45,3
15	99,4	99,8	46,5
16	99,3	100,7	47,4
17	99,1	101,2	48,1
18	98,1	102,2	49
19	98	102,9	49,5
20	97,5	103	50,3
21	97,1	102,8	49,6
22	95,4	102,7	49,1
23	94,4	102	48,9
24	92,8	101,6	48,4
25	91,9	100,8	48
26	91,4	99,9	45,7
27	89,7	99,5	44,1
28	88,2	97,3	43,2
29	86	96,1	42
30	85	93,4	40,2
31	83,1	90,1	38,7
32	79,7	86,9	35,8
33	76,3	83	33,8
34	73,6	77,2	31,7
35	70,3	72,6	29,9
36	66,5	67,3	28,4
<b>MIN</b>	<b>51,0</b>	<b>49,1</b>	<b>22,2</b>
<b>MAX</b>	<b>99,4</b>	<b>103,0</b>	<b>50,3</b>
<b>AVERAGE</b>	<b>86,1</b>	<b>89,2</b>	<b>40,2</b>
MODE	#Н/Д	#Н/Д	31,7
MEDIAN	90,6	94,7	42,3

### Додаток В8

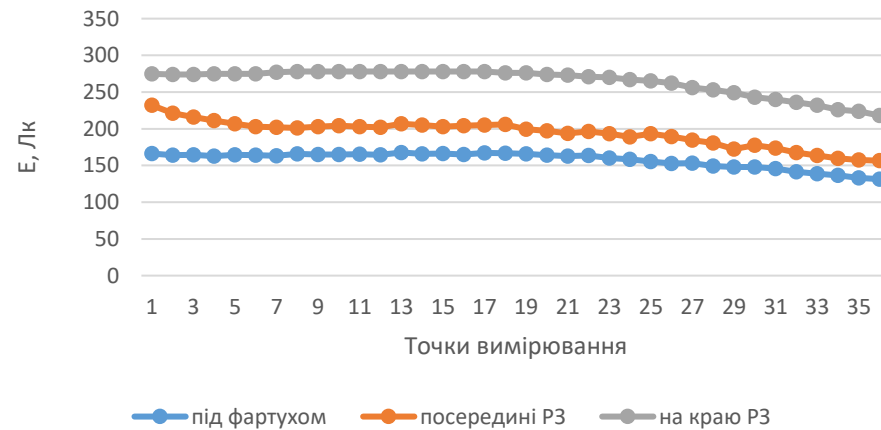
№ вимірювання	№7.2.1	№7.2.2	№7.2.3	№7.2.4	№7.2.5
Робоче штучне	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче
Тривалість роботи підсв.	10-12 хв	20-22 хв	30-32 хв	40-42 хв	50-52 хв
Зона вимір.	Посередині РЗ				
Вимір. у точці	Результати вимірювання освітленості, Лк.				
1	49,4	49,3	49,4	48,9	49,5
2	56,2	55,9	56,5	56,7	57,2
3	62,4	62,9	63,8	64,1	63,6
4	69,2	69,4	70	70	70,2
5	74,5	74,4	74,8	75,4	75,7
6	80	79,6	80	79,9	80,6
7	83,8	83,6	83,9	84,4	85,1
8	87,1	87,3	87,2	87,7	87,7
9	89,9	89,9	89,7	90,5	90,6
10	92,1	92	92,3	92,2	92,8
11	94,1	94,1	94,2	94,1	94,5
12	95,9	95,7	95,6	95,7	96,1
13	97,1	96,9	97,3	97,2	97,6
14	98,3	98	98,4	98,7	98,7
15	99,3	99	99,4	100	100,2
16	100	100,1	100	100,3	100,7
17	101	100,5	100,9	101,1	100,9
18	101,8	102	101,3	101,8	101,5
19	102,7	102,3	102,5	102,3	102,5
20	102,8	102,6	102,5	103	102,7
21	103,1	102,9	103	102,8	102,8
22	102,9	102	102,7	102,4	102,7
23	102,3	101,8	102,1	101,9	101,8
24	101,6	101,4	101,7	100,6	101,7
25	101	100,7	100,3	100,8	101,1
26	100,4	99,6	100,1	99,9	99,9
27	99,3	98,7	99,5	99,2	99,5
28	97,8	97,2	98,1	97,1	97,3
29	95,9	96	96,3	95,8	96,3
30	94	93,5	93,6	93,3	93,8
31	90,7	90,7	90,7	90,6	90,8
32	86,9	86,8	87,2	87,1	87
33	82,4	82	82,4	82,4	82,8
34	78,1	77,9	77,6	77,5	77,5
35	72,3	72,3	72,2	72,5	72,5
36	67,2	67	67,2	66,9	67,1
<b>MIN</b>	<b>49,4</b>	<b>49,3</b>	<b>49,4</b>	<b>48,9</b>	<b>49,5</b>
<b>MAX</b>	<b>103,1</b>	<b>102,9</b>	<b>103,0</b>	<b>103,0</b>	<b>102,8</b>
<b>AVERAGE</b>	<b>89,26</b>	<b>89,06</b>	<b>89,29</b>	<b>89,30</b>	<b>89,53</b>
MODE	95,9	102,0	87,2	#Н/Д	102,7
MEDIAN	95,0	94,9	94,9	94,9	95,3

## Додаток Г1

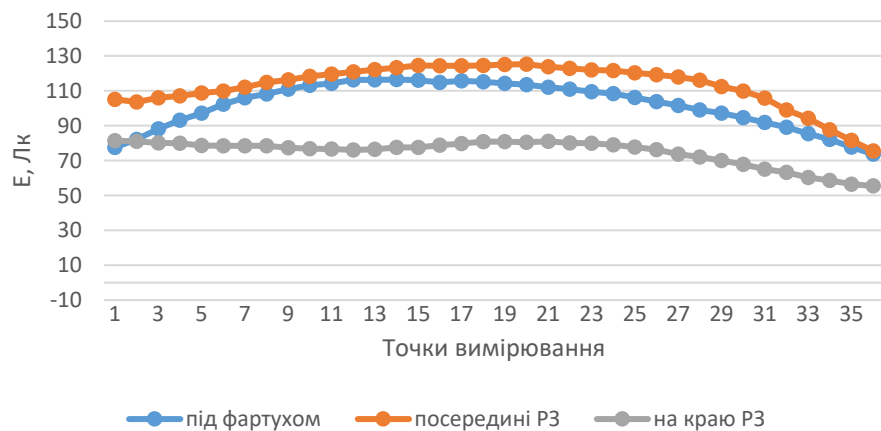
Визначення освітленості №1: робоче LED + загальне штучне + природне



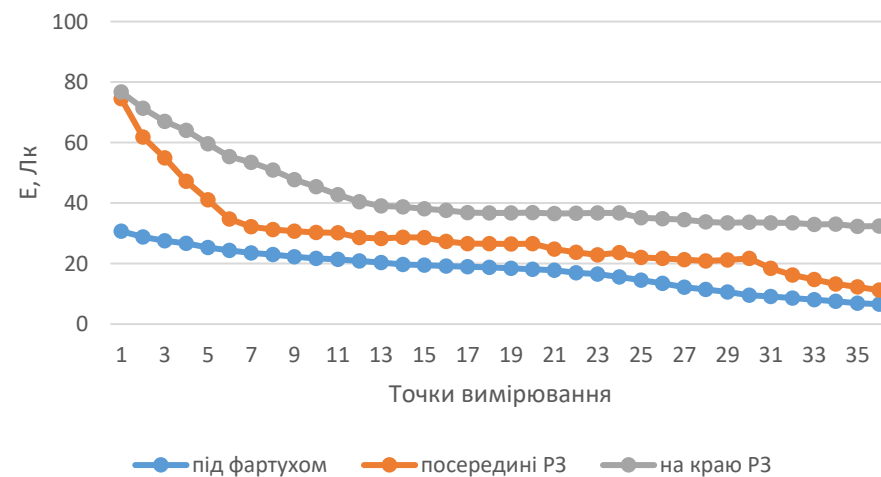
Визначення освітленості №2: загальне штучне + природне



Визначення освітленості №3: робоче LED + природне

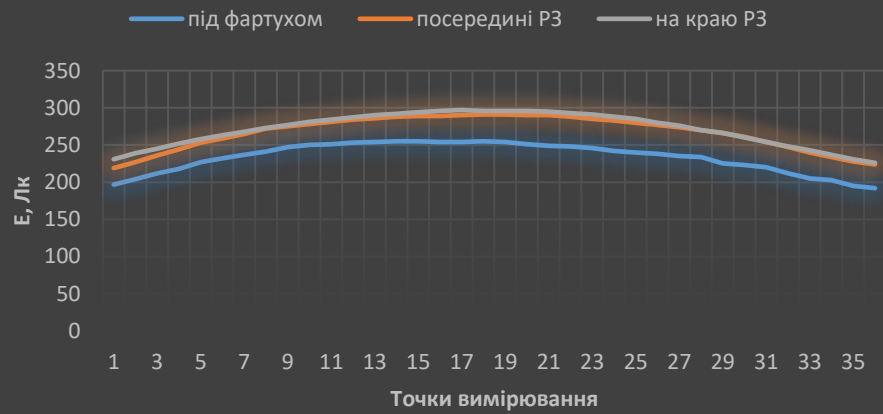


Визначення освітленості №4: природне

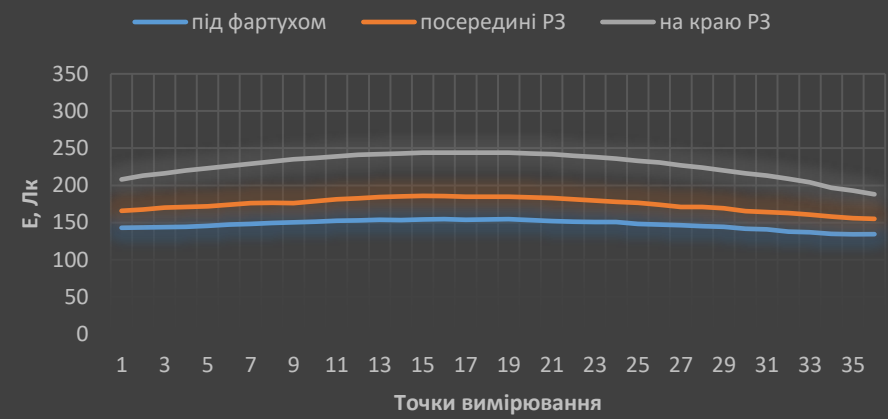


## Додаток Г2

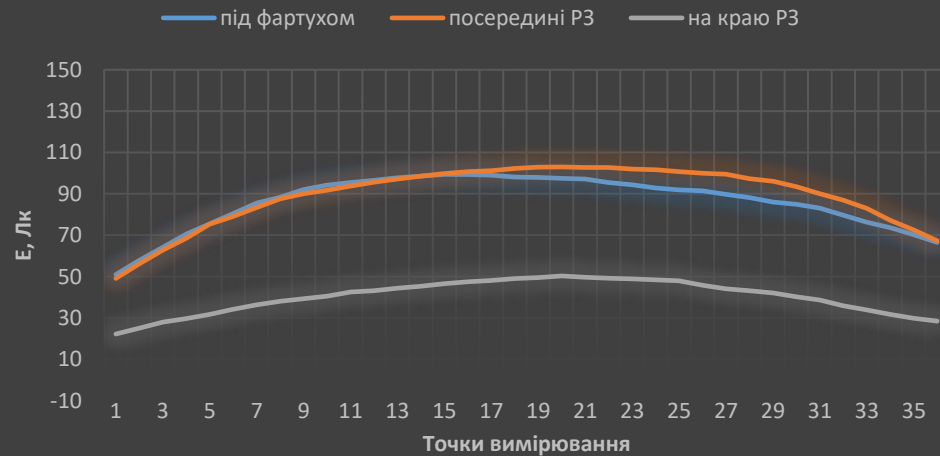
### Визначення освітленості №5: робоче LED + загальне штучне



### Визначення освітленості №6: загальне штучне



### Визначення освітленості №7: робоче LED



### Додаток Д1

№ вимірювання	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	Ен, Лк
Робоче штучне світло	LED-робоче	-	LED-робоче	-	LED-робоче	-	LED-робоче	
Загальне штучне світло	люміцентне загальне	люміцентне загальне	-	-	люміцентне загальне	люміцентне загальне	-	
Природне світло	денне бокове	денне бокове	денне бокове	денне бокове	-	-	-	
Середня освітленість, Лк.	274	205	97	30	257	183	72	150



## Додаток Д2

№ вимірювання	№7.2	№7.2.1	№7.2.2	№7.2.3	№7.2.4	№7.2.5
Робоче штучне світло	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче	LED-робоче
Тривалість роботи підсвітки	0-2 хв.	10-12 хв	20-22 хв	30-32 хв	40-42 хв	50-52 хв
Середня освітленість, Лк.	89,22	89,26	89,06	89,29	89,30	89,53

