

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

МЕНЕДЖМЕНТУ

**Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістр

(освітній ступінь)

на тему: Удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем освітлення з використанням середовища DiaLUX

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕСЕ-21м

Освітня програма: «Електротехнічні системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Станіслав Д. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

« 19 » \_\_\_\_\_ 12 \_\_\_\_\_ 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

« 19 » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Опонент \_\_\_\_\_

Васильєвський С.Я.

(прізвище та ініціали)

« 19 » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вишого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітній ступінь – магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

«03» жовтня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ**  
Станіславову Даниїлу Павловичу

1. Тема роботи Удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем освітлення з використанням середовища DiaLUX, керівник Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доц., затвержені наказом по ВНТУ від «14» вересня 2022 року, №203
2. Строк подання студентом роботи «12» грудня 2022 року.
3. Вихідні дані: лабораторний стенд для вимірювання параметрів світильників, характеристики світильника ЖКУ-11У-70-011 (Додаток Б), криві сили світла світильників, бази даних світильників для програмного середовища DiaLUX.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
  - Анотація
  - Вступ
  - 1. Світлотехнічні аспекти дослідження
  - 2. Використання програмного забезпечення під час дослідження світильників
  - 3. Дослідження світильника вуличного освітлення
  - 4. Економічна частина роботи
  - 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
  - Висновки.
  - Список літератури.
  - Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу
  - Схема лабораторної установки
  - Криві сили світла
  - Візуальні результати проектування світильника в DiaLUX

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Бабенко О.В., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н. доцент		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «24» вересня 2022 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Світлотехнічні аспекти дослідження	30.09.2022	Виконав
2	Використання програмного забезпечення під час дослідження світильників	10.11.2022	Виконав
3	Дослідження світильника вуличного освітлення	16.11.2022	Виконав
4	Економічна частина роботи	28.11.2022	Виконав
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.2022	Виконав

Студент

  
 (підпис)
Станіслав Д.П.  
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

  
 (підпис)
Бабенко О.В.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

  
 (підпис)
Войтюк Ю. П.  
(прізвище та ініціали)

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
**Факультет електроенергетики та електромеханіки**  
(повне найменування факультету)  
**Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного**  
(повна назва кафедри)  
**МЕНЕДЖМЕНТУ**

**Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_ Магістр \_\_\_\_\_

(освітній ступінь)

на тему: Удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем  
освітлення з використанням середовища DiaLUX

Виконав: студент 2-го курсу , групи ЕСЕ-21м

Освітня програма: «Електротехнічні системи електроспоживання»

(назва ОП)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ Станіславов Д. П. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

\_\_\_\_\_ проф. Бурбело М.Й. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Опонент \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Вінниця ВНТУ – 2022 року

# ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту  
Освітній ступінь – магістр  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕМ  
д.т.н., проф., Бурбело М.Й.

---

«03» жовтня 2022 р.

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ** Станіславову Даниїлу Павловичу

1. Тема роботи Удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем освітлення з використанням середовища DiaLUX, керівник Бабенко Олексій Вікторович, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «14» вересня 2022 року, №203
2. Строк подання студентом роботи «12» грудня 2022 року.
3. Вихідні дані: лабораторний стенд для вимірювання параметрів світильників, характеристики світильника ЖКУ-11У-70-011 (Додаток Б), криві сили світла світильників, бази даних світильників для програмного середовища DiaLUX.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
  - Анотація
  - Вступ
  - 1. Світлотехнічні аспекти дослідження
  - 2. Використання програмного забезпечення під час дослідження світильників
  - 3. Дослідження світильника вуличного освітлення
  - 4. Економічна частина роботи
  - 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
  - Висновки.
  - Список літератури.
  - Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу
  - Схема лабораторної установки
  - Криві сили світла
  - Візуальні результати проектування світильника в DiaLUX

### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний розділ роботи	Бабенко О.В., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н. доцент		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

### 7. Дата видачі завдання «24» вересня 2022 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Світлотехнічні аспекти дослідження	30.09.2022	
2	Використання програмного забезпечення під час дослідження світильників	10.11.2022	
3	Дослідження світильника вуличного освітлення	16.11.2022	
4	Економічна частина роботи	28.11.2022	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.2022	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Станіслав Д.П.  
(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Бабенко О.В.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис)

Войтюк Ю. П.  
(прізвище та ініціали)

УДК 628.9

## АНОТАЦІЯ

Станіславов Д. П. Удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем освітлення з використанням середовища DiaLUX. Магістерська кваліфікаційна робота. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, 2022 – 74 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання визначення параметрів світильників і їх застосування для ефективного розрахунку системи освітлення в середовищі DiaLux. Розглянуто питання аналізу методики побудови кривої сили світла для несиметричного світильника вуличного освітлення та проведено експериментальне дослідження, сформовано файл даних для його використання в програмному засобі DIALux, здійснено моделювання системи освітлення. Під час виконання роботи були використані методи аналітичного аналізу а також методи, що застосовуються під час проведення експериментальних досліджень.

Ключові слова: світильник, система освітлення, крива розподілу сили світла.

Сторінок – 74    Рисунків – 27    Таблиць – 17    Бібліографія – 31

## ANNOTATION

Stanislavov D. P. Improvement of information support for designing lighting systems using the DiaLUX environment. Master's degree. 141 – Electropoenetics, electrotechnics and electromechanics. FEEEM. ECEEM Department – Vinnytsia: VNTU, 2022 – 74 c.

In the master's qualification thesis, the issue of determining the parameters of lamps and their application for effective calculation of the lighting system in the DiaLux environment is considered. The issue of analysis of the method of constructing a light intensity curve for an asymmetric street lighting fixture was considered and an experimental study was carried out, a data file was created for its use in the DIALux software, and the lighting system was modeled. Analytical analysis methods as well as methods used during experimental research were used during the work.

Keywords: lamp, lighting system, light distribution curve.

Pages – 74   Pictures – 27   Tabela – 17   Bibliography – 31



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1 СВІЛОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ОСВІТЛЕННЯ.....	8
1.1 Характеристика термінів і основних визначень.....	8
1.2 Побудова кривої сили світла світильників .....	15
1.3 Характеристика лабораторного стенду для вимірювання світлотехнічних параметрів світильників.....	16
РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТИЛЬНИКІВ .....	18
2.1 Застосування програмного засобу DiaLUX для проектування систем освітлення.....	18
2.2 Внесення параметрів світильника середовище DiaLUX .....	18
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОВОГО ПРИЛАДУ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ .....	24
3.1 Налаштування стенду для вимірювання параметрів світильника .....	24
3.2 Визначення кривої сили світла світильника та світлового потоку.....	26
3.3 Отримання інформаційного забезпечення для середовища DiaLUX .....	34
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК .....	36
4.1 Теоретичні відомості.....	36
4.2 Економічний розрахунок .....	37
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	39
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта .....	39
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	45
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи....	52
5.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи елементів системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників НС.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ.....	61
ДОДАТОК А. Технічне завдання .....	62
ДОДАТОК Б. Вихідні дані .....	65
ДОДАТОК В. Протокол перевірки навчальної (кваліфікаційної) роботи ..	67
ДОДАТОК Г. Правила запису рядків із ключовими словами.....	68

ДОДАТОК Д. Правила запису рядків у разі залежності світлового потоку лампи від нахилу освітлювального приладу .....	70
ДОДАТОК Е. Приклади запису файлів фотометричних даних ОП у форматі IESNA:LM-63-1995 .....	71
ДОДАТОК Є. Правила вибору параметрів, що задають умовну геометрію освітлювального приладу .....	73
ДОДАТОК Ж. Криві освітленості для експериментального та заводського світильника в DiaLUX .....	74

## ВСТУП

**Актуальність теми:** На сьогоднішній день існує багато підприємств в яких застосовуються застарілі типи світильників що призводить до надмірного споживання електроенергії. Враховуючи те що ціна на електроенергію зростає, підприємці шукають усі варіанти для економії. Застосування сучасних світильників вимагає попереднього моделювання системи освітлення для прийняття оптимальних рішень по їх використанню. За останній час набули широкого розповсюдження системи автоматизованого проектування систем освітлення, які вимагають об'єктивних вхідних даних, отримання яких є актуальною задачею. Наявність світлотехнічних лабораторій дозволяє отримати світлотехнічні характеристики світильників вихідні дані в формі, що вимагається програмними засобами розрахунку систем освітлення. Разом з тим на ринку України помітно зростає асортимент світлотехнічної продукції, який вимагає часу і аналізу для вибору оптимальних світильників. Тому, актуальним є знаходження методів і підходів для оцінки параметрів світильників, які допоможуть звужити коло вибору і вибрати найоптимальніше світлотехнічне обладнання для наступного уточнення його параметрів в сертифікованих світлотехнічних лабораторіях.

**Мета роботи:** дослідити методику визначення світлорозподілу світильника та його застосування у системі DIALux

**Об'єкт дослідження:** проект освітлення в системі DIALux.

**Предмет дослідження** інформаційне забезпечення проектування систем освітлення з використанням середовища DiaLUX.

**Задача дослідження:** Основними задачами під час виконання роботи є аналіз методики побудови кривої сили світла для несиметричного світильника вуличного освітлення; експериментальне отримання даних для

побудови кривої сили світла; формування ies-файлу для його використання в програмі DiaLUX; моделювання вуличного освітлення.

**Наукова новизна:** Дістала подальшого розвитку методика побудови кривої сили світла світильників шляхом застосування лабораторного стенду, в якому нерухомим є давач освітлення а рухомим є світильник, що досліджується, яка дозволяє ефективно і швидко будувати криві сили світла світильників різних типів для попереднього оцінювання їх світлотехнічних характеристик і отримання інформаційного забезпечення для середовища проектування освітлення DialUX.

**Практичне значення одержаних результатів:** Проведені дослідження дозволяють будувати криві сили світла для круглосиметричних та несиметричних світильників будь-якої конфігурації з подальшим застосуванням цієї інформації для створення ies-файлу даних світильників з метою забезпечення моделювання системи освітлення в середовищі DIALux.

**Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи:** Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було опубліковано в тезі доповіді [19].

**Публікації:** За результатами досліджень опубліковано тезу доповіді [19].

## РОЗДІЛ 1 СВІЛОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Характеристика термінів і основних визначень

Одними з найважливіших параметрів, світлових приладів, є освітлювальні параметри, до яких відносять:

- світло розподільчі криві;
- освітленість світлового приладу та розподіл по поверхні об'єкта який освітлюється;
- яскравість освічуваної поверхні, та розподіл світлоперерозподільчого пристрою по поверхні;
- коефіцієнт корисної дії (ККД);
- захисні кути;
- світловий потік;
- структура випромінювання.

Освітлення – використання світлової енергії сонця та штучних джерел світла для забезпечення зорового сприйняття навколишнього світу. Світло є природною умовою життя людини, необхідною для здоров'я та високої продуктивності праці, яка застосовується через роботу зорового аналізатора, найтоншого та універсального органу почуттів [1-3].

Світлорозподіл - це світлова характеристика світлового прилада, яка визначає розподіл його світлового потоку в просторі що оточує світловий прилад. Прожектори і лампи, що використовуються на відносно великій відстані від освітлюваного об'єкта, що значно перевищує розміри самого приладу, характеризуються розподілом потужності світла - просторовою щільністю потоку. Ліхтарі малої відстані мають такий самий розподіл світла, як і самі пристрої. Ці лампи прагнуть до щільного розподілу освітлення.

Світловий потік – світловим потоком називають фізичну величину, яка характеризує кількість "світлової" потужності у відповідному потоці випромінювання, де під світловою потужністю розуміється світлова енергія,

що переноситься випромінюванням через деяку поверхню за одиницю часу. Іншими словами, «світловий потік є величиною, пропорційною до потоку випромінювання, оціненому відповідно до відносної спектральної чутливості середнього людського ока». У свою чергу величина "потік випромінювання" визначається як потужність, що переноситься випромінюванням через якусь поверхню.

Сила світла – фізична величина яка показує величину світлової енергії, яка переноситься в деякому напрямку за одиницю часу.

Кривою сили світла називають графічне зображення яке показує розподілення світлового потоку світильника, та яке представляється за допомогою графіка. Кути а і б це кути розподілення світлового потоку в поздовжніх та поперечних осях. Чим більше малюнок схожий на овал який витягнутий вздовж вертикальної осі світильника, тим вужче буде крива і вище освітленість в центрі світлового потоку.

Точкові світильники та інші освітлювальні прилади забезпечують рівномірне освітлення. Фотометричні тіла зі специфічними кривими визначають початкову зоряну величину об'єктів. Крива сили світла є водночас світловим тілом. Крім того, світловий прилад розглядається як фотометрично точний об'єкт де промені світла сходяться, утворюючи точкове місце, позначене кінцями радіусів-векторів. чим більша інтенсивність світла, тим довший пристрій Криву інтенсивності світла називають кривою світлозалежності. Від меридіонального та екваторіального кутів, отриманих перетином. Фотометрична площа SP тіла. SP мають різні типи фотометричних корпусів відповідно до їх класифікації. До них належать Stellar Penetrator, Photonic Charges і Photonic Lances. Кругосиметричні тіла обертаються навколо себе; Вони мають фотометричні тіла, симетричні в одній, двох і більше площинах. симетрія); Асиметричні істоти не мають світловипромінюючих компонентів своїх фотометричних тіл.

На площині зображено звичайний розподіл оптичної потужності СП.

для Серед них точка перетину фотометричного тіла в основному формується наступним чином Поверхня: півплощина меридіана, від осі Освітлювальний прилад; екваторіальна площина, перпендикулярна до осі обладнання.

Якщо розглядати світильник як освітлювальний прилад, то він виготовляється не для одного якогось об'єкта освітлення, тому ще на стадії проектування світильник розробляється як типовий, що може бути використаний масово, у багатьох місцях.

Також варто розуміти, що крива розподілу сили світла може бути симетричною або асиметричною, причому симетричні (найбільш поширені види) потоки світла бувають семи основних типів, що залежить від форми кривої розподілу сили світла світильника.

Кожен тип відрізняється власною зоною спрямованості, яка вимірюється в градусах, в залежності від кута розкриття світлового потоку. Типові криві є ідеалізованими, і в реальності криві розподілу світла можуть мати відмінності від них, однак загальний характер кривих зобов'язаний відповідати типовим, згідно з вимогами стандартів. Для зіставлення параметрів кривих розподілу сили світла береться джерело світла, наведене по світловому потоку (можливо сумарному) в 1000 Люмен.

Наведемо приклад всіх семи кривих розподілу світла:

Широка та півширока крива світла найчастіше використовуються для освітлення транспортних тунелів, підземні та надземні переходи, протяжні коридори громадських приміщень:

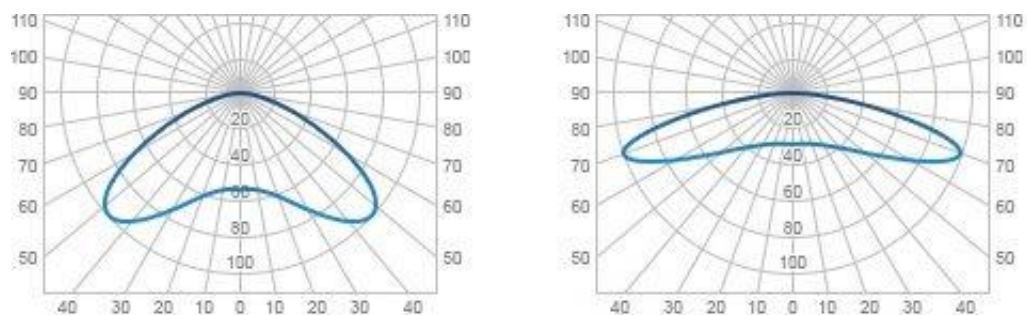


Рисунок 1.1 – Широка та напівширока криві сили світла

Концентровану криву застосовують для холів будівель, де потрібно отримати приглушене або відбите світло.

Якщо мова про підсвічування виділеної зони, особливої внутрішньої архітектурної композиції або незвичайної деталі інтер'єру – підійде світильник з «концентрованою» кривою світла:

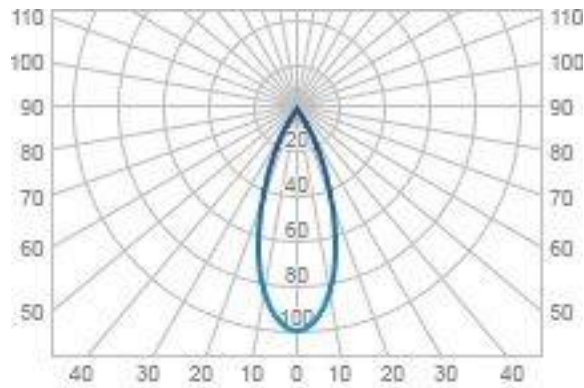


Рисунок 1.2 – Концентрована крива сили світла

Виробничі приміщення висвітлюють світильники з «концентрованою», «глибокою» або «косинусною» кривими розподілу світла. І чим вище підвішений світильник, тим зона максимального світла вийде вже. Офіси висвітлюються традиційно світильниками розсіяного або прямого світла з «глибокою» і «косинусною» кривими:

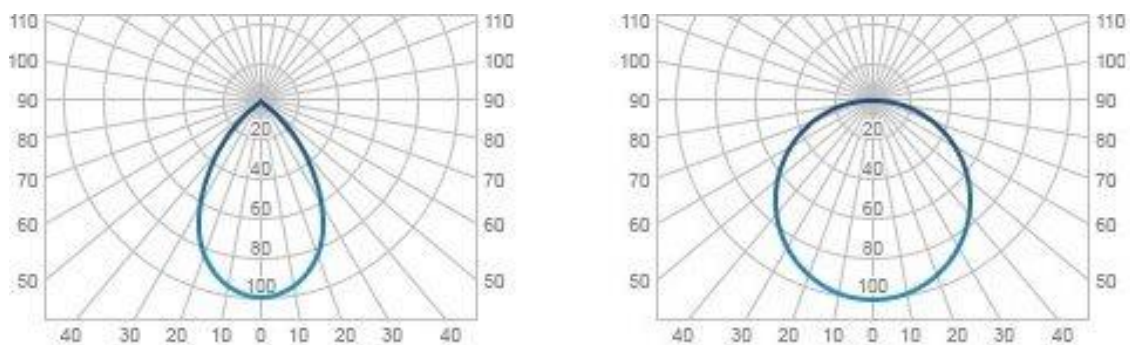


Рисунок 1.3 – Глибока та косинусна криві сили світла

Підсобні приміщення, вагончики, під'їзди, висвітлюють світильники з «рівномірної» кривої:



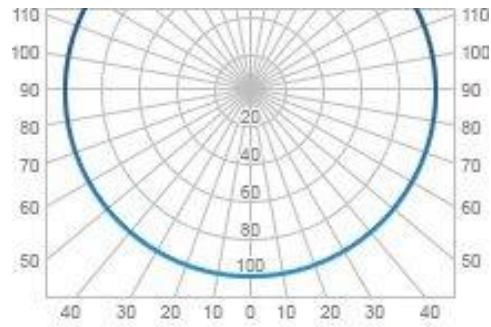


Рисунок 1.4 – Рівномірна крива сили світла

На рисунку 1.5 показано криву сили світла різних спільних підприємств. Суцільними лініями позначено криві в головних поперечних площинах (г, д, е) і меридіанній площині (г) фігури, штриховими — в головних поздовжній і меридіональній площинах, причому остання перпендикулярна площині малюнка. Кругосиметричні світлові прилади складаються з широко розподілених кругово-симетричних прожекторів і ламп, фотометричні тіла яких мають осі симетрії і які, крім того, концентрують потік світла в конусі (рис. 1.5 а, в), а також різноманітні світильники, що направляють світло по всьому простору. навколишній потік досить рівномірний у просторі (рис. 1.5 г). До симетричних належать прилади з двома площинами симетрії: лампи з лінійним освітленням (світлодіодні, ксенонові, галогенні та ін. (рисунок 1.5 г, д)) і точкові світильники з лінійним освітленням, які концентрують потік повітря у вентиляторі (рисунок 1.5, б) Цей тип ламп також має площину симетрії «Кососвітло» (рисунок 1.5, ж).

Залежність сили світла  $I$  від напрямку орієнтації в кутовому просторі  $\alpha$  і  $\beta$  (крива сили світла) зазвичай будується в полярних або декартових координатах. При цьому полярна система координат (рисунок 1.6) використовується переважно для побудови КТС диверсійного світильника у великому тілесному куті, а прямокутна система координат (рисунок 1.7) використовується для опису КТС прожектора з високим концентрація світлового потоку.

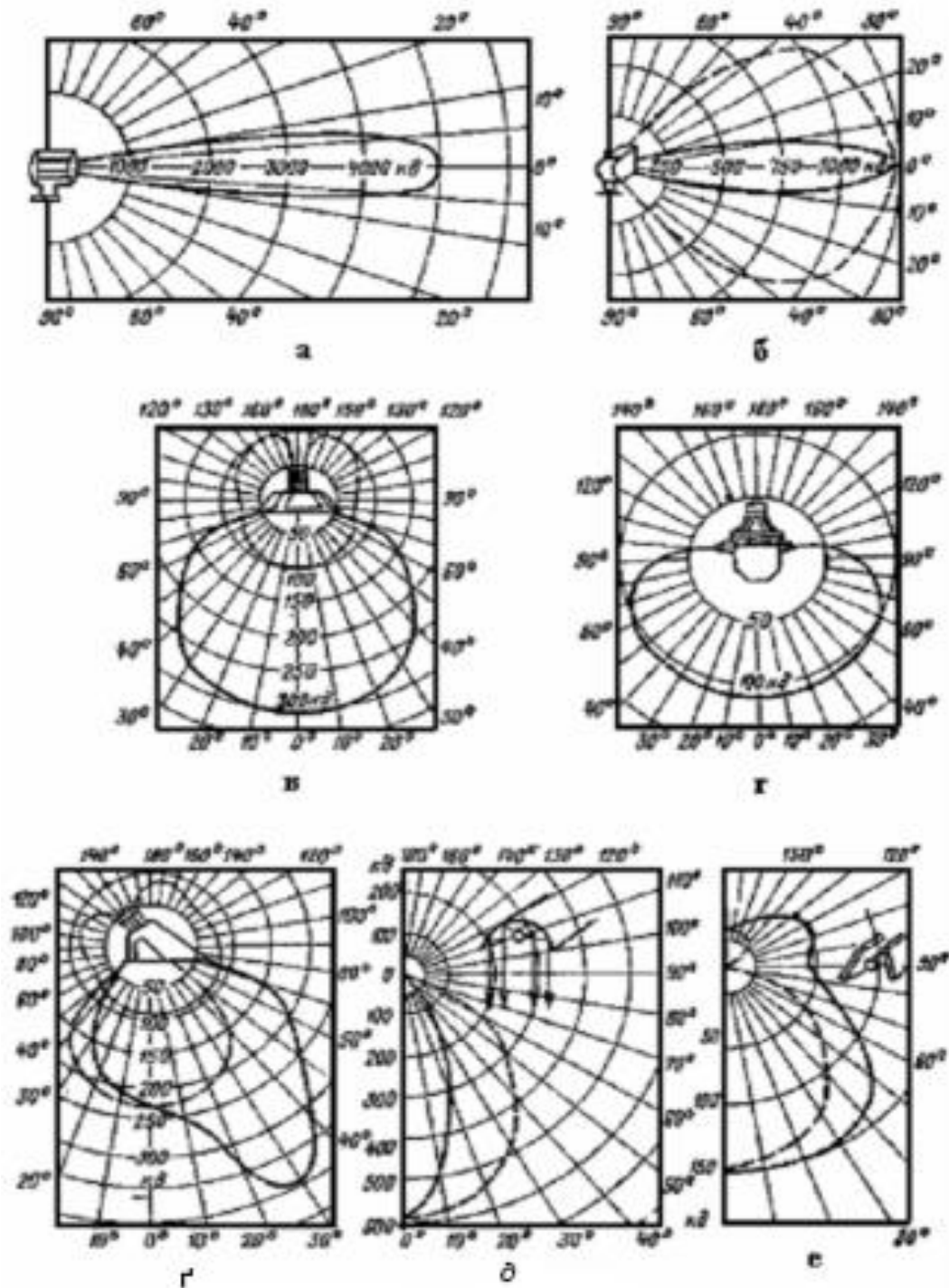


Рисунок 1.5– Криві сили світла для різних типів світлових приладів

Для того, щоб можна було порівняти кривих сили світла різних світлових пристроїв з різною кількістю, потужністю та кольорами ламп, ці криві зазвичай будуються для звичайних ламп зі світловим потоком 1000 лм (для багатолампових установок 1000 лм є сумарним потоком). n ламп). Відомо, що фактичним значенням сили світла світлового приладу світильника, що працює в заданих умовах приладу, є значення сили світла,



Для опису розподілу світла будь-якого кругово-симетричного світлового пристрою досить меридіональних кривих сили світла, оскільки фотометричний об'єм. Такий пристрій можна сформулювати обертянням кривої навколо оптичної осі (при відображенні в полярних координатах). Опишіть розподіл світла. Для симетричних пристроїв потрібна серія меридіанних кривих сили світла для різних площин меридіанів, що перетинаються, кількість яких вибирається відповідно до форми фотометричного об'єму. Для приладів з двома площинами симетрії (головним чином для ламп і прожекторів з лінійним світлом) зазвичай обмежується зведенням кривої сили світла у двох основних площинах - поздовжній і поперечній (рис. 1.5, б, г, д). Для великої кількості випадків необхідно знати не тільки КТС нижньої півкулі простору, а й КТС верхньої півкулі космосу.

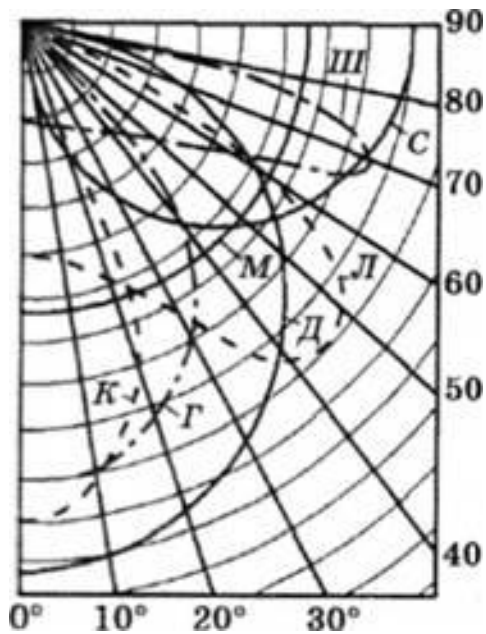
Обсяги світла від трубчастих ламп необхідно розділити між кількома секціями. Це пояснюється тим, що діаметр лампи лише в 10-60 разів перевищує її довжину. Рефлектори, які охоплюють довжину ламп кривих сили світла, дозволяючи їм охоплювати всю частину свого світла, крім основної, забезпечують поперечні площини. Це пояснюється тим, що довжина рефлектора ускладнює покриття значної частини світла лампи відбивною поверхнею, а потім перерозподіл його в просторі. Отже, відображення ламп КСС з лінійними відбивачами може істотно змінюватися за формою, шириною і висотою (рис. 2.4). Навпаки, незначні зміни відбуваються у відображенні, коли вони розташовані в поздовжніх площинах. близька до косинусної геометрії, як показано на рисунку 1.5 (д, е).

## 1.2 Побудова кривої сили світла світильників

Крива сили світла виражається залежністю  $I_{\alpha} = f(\alpha)$ , де  $I_{\alpha}$  – сила світла світильника в напрямку кута  $\alpha$ .

Крива розподілу сили світла створюється кінцями радіусів – векторів, довжина кожного із яких чисельно рівна силі світла в даному напрямку, а початок розташований в центрі джерела світла. Криві розподілу сили світла

будуються для умовної лампи із світловим потоком 1000 лм. На рисунку 1.8 зображені стандартні криві розподілу сили світла.



- М – рівномірна крива;
- Ш – Широка крива;
- С – синусна крива;
- Л – напівширока крива;
- Д – косинусна крива;
- Г – глибока крива;
- К – концентрична крива.

Рисунок 1.8 – Криві розподілу сили світла

Криву розподілу сили світла світильників – можна назвати одну з найбільш важливих їх параметрів, поряд з співвідношенням світлових потоків, які розповсюджуються в нижній і у верхній півсферах.

### 1.3 Характеристика лабораторного стенду для вимірювання світлотехнічних параметрів світильників

В роботі [4] було проаналізовано засоби, що застосовуються для вимірювання параметрів світлових приладів, що могли бути застосовані під час одержання наближених характеристик останніх за умов несистематичності дослідів (наприклад, під час енергетичних аудитів). Недоліком таких засобів є великий час проведення експерименту а також збільшена похибка отримання світлотехнічних характеристик, яка зумовлена впливом відбитої складової світлового потоку освітлювального приладу та впливом інших джерел світла. У випадку наявності регулярних дослідів а також необхідності отримання результатів більшої точності, що є

характерним для освітлювальних лабораторій, необхідно створити засіб, що дозволить суттєво зменшити такі впливи.

В результаті попередніх досліджень [4] світильників було встановлено, що необхідно розробити лабораторний стенд, який дозволить підвищити точність та швидкодію отримання світлотехнічних характеристик світильників. Фото та принципова схема стенду наведені на рис. 1.14.

Установка для вимірювання світлотехнічних характеристик світильників (рисунку 1.14) містить такі елементи:

1. Люксметр і пристрій утримання його давача в заданому положенні
2. Темний світлокоридор, стінки якого виконані з матового чорного агроволокна
3. Установка для утримання світильників
4. Темний екран для запобігання потрапляння світлового потоку з приміщення лабораторії на давач люксметра



Рисунок 1.14 – Схема установки для вимірювання світлотехнічних характеристик світильників

Принцип дії установки, на відміну від наведених в [4] полягає в тому, що нерухомим є давач освітленості. Рухається лише світильник, а світловий потік направлений завжди перпендикулярно по відношенню до давача освітленості.

## РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТИЛЬНИКІВ

### 2.1 Застосування програмного засобу DIALux для проектування систем освітлення

Програма DIALux - програма для проектних, дизайнерських організацій, які пов'язані із світлотехнікою [5]. За допомогою програми здійснюється розрахунок зовнішнього а також внутрішнього освітлення за заданого типу та кількості світильників з врахуванням їх розташування. При розрахунку враховується колір і текстура поверхонь, геометрія приміщень, а також розставлені в приміщенні об'єкти (меблі і т.п.). Найбільш вагомими результатами розрахунку є графічне зображення розподілу освітленості по робочій поверхні а також загальний тривимірний вигляд приміщення, що освітлюється.

Важливою перевагою програми є універсальність останньої. При розрахунку в програмі «Dialux» застосовуються вбудовані бази даних світильників, що надають всі світові виробники. В них світлотехнічні параметри світильників введені максимально повно з необхідною точністю. Всі бази даних світильників регулярно оновлюються. Найактуальніші їх версії є доступними для завантаження в Інтернеті. З використанням програми можна отримати інформацію про ізолінії постійної освітленості а також таблицю і графік освітленостей. Виводяться також дані про світильники і їх характеристики. Завдяки програмі «Dialux» з'являється можливість окрім безпосереднього освітленості здійснювати контроль показників якості освітлення: горизонтальну освітленість, рівномірність освітлення, насиченість приміщення світлом, і т. д. Тобто перевіряється відповідність освітлення діючим нормам [7, 8].

## 2.2 Внесення параметрів світильника у програмне середовище DiaLux

Алгоритм внесення параметрів світильників в програмний засіб DIALux наведено в численних джерелах, наприклад [6]. Фотометричні дані ОП записуються до текстового файлу в кодуванні ASCII. Основні параметри та приклади їх запису наведено в табл. 2.1.

У першому рядку вказується формат файлу IES за стандартом: IESNA:LM-63-1995. Далі слідує необов'язкові (опціональні) параметри з ключовими словами, значення та приклади запису яких наведені в табл. 2.1.

Правила запису рядків з ключовими словами та додаткові ключові слова наведені у додатку А.

Далі слідує обов'язковий рядок, в якому, починаючи з першої позиції, записується вираз TILT=. Якщо світловий потік лампи не залежить від нахилу ОП, то цей рядок набуває вигляду: TILT=NONE. Інакше використовується запис TILT=INCLUDE або TILT=<ім'я файлу>. Правила запису додаткових рядків або файлу для цього випадку наведено у Додатку Б.

Далі записуються обов'язкові рядки, які складаються з груп параметрів. Значення параметрів однієї групи можна записувати рядково, як у табл. 2.1, або всі в один рядок, як у додатку В. Але кожен групу параметрів, позначену окремим рядком у табл. 2.1, необхідно починати з нового рядка.

Послідовність рядків та параметрів у рядку має суворо відповідати таблиці.

Довжина всіх рядків після рядка TILT= не повинна перевищувати 132 символи. Якщо потрібний запис параметрів перевищує цю довжину, здійснюється перенесення на наступні рядки.

Значення параметрів у рядку відокремлюються один від одного роздільником: комою, одним або декількома пробілами або символом



переведення головки принтера на новий рядок. Усі числові дані мають бути у форматі REAL (числа з плаваючою точкою) за винятком наступних параметрів:

- орієнтація лампи (у разі TILT=INCLUDE);
- число пар кутів нахилу та множників (у разі TILT=INCLUDE);
- число ламп у світильнику;
- число полярних кутів;
- число азимутальних кутів;
- тип фотометрії;
- системи одиниць, які мають формат INTEGER (цілого числа).

Таблиця 2.1 – Параметри файлу даних світильника

Номер рядка	Параметр	Приклад запису	Примітки
1	2	3	4
1	IESNA:LM-631995	IESNA:LM-631995	Вказівник стандарту
2	[TEST]	[TEST] Протокол №25/2	Номер протоколу
3	[DATA]	[DATA] 28.12.2021	Дата протоколу
4	[MANUFAC]	[MANUFAC] Ledvance	Виробник
5	[LUCAT]	[LUCAT]	Назва по каталогу
6	[LUMINARE]	[LUMINARE]	Опис
7	[LAMPCAT]	[LAMPCAT]	Позначення по каталогу
8	[LAMP]	[LAMP]	Опис IC
9	[OTHER]	[OTHER]	Додаткова інформація
10	[MORE]	[MORE]	Рядок продовження
11	TILT=	TILT=	Див. додаток 2
12	Число ламп в світильнику	1	Див. додаток 1
	Світловий потік лампи	27000	Номінальний світловий потік
	Множник	27	Число помножене на силу світла

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
	Множник	27	Число помножене на силу світла
	Число полярних кутів	19	Кути $u$ в системі (C, $u$ ) або $B$ в системі (B, $b$ ) або $A$ в системі (A, $a$ )
	Число азимутальних кутів	37	Кути $u$ в системі (C, $u$ ) або $B$ в системі (B, $b$ ) або $A$ в системі (A, $a$ )
	Тип фотометрії	1	Параметр приймає наступні значення: Для системи (C, $u$ ) Для системи (B, $b$ ) Для системи (A, $a$ )
	Система одиниць	2	Параметр приймає наступні значення: 1 – розмір ОП в футах; 2 – розмір ОП в метрах.
	Ширина світильника	0.2	Розмір ОП по осі 90-270 градусів

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
12	Система одиниць	2	Параметр приймає наступні значення: 1 – розмір в футах; 2 – розмір ОП в метрах.
	Довжина світильника	0.43	Розмір ОП по осі 0- 180 градусів
	Висота світильника	0.15	Див. пояснення 4
13	Коефіцієнт баласту	1	Коефіцієнт, який враховує розбіжність у світловому потоку при фотометруванні з лабораторним реальним ПРА.
	Признак версії	1	Параметр який враховує версію стандарта
	Потужність світильника	275	Повна потужність ОП в Вт
14	Полярні кути	0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90	Список значень полярних кутів в град. в зростаючому порядку.
15	Азимутальні кути	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360	Список значень азимутальних кутів в зростаючому порядку.

## Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
16	Сили світла для всіх полярних кутів при першому азимувальному куті	262.1 252.8 234.1 234.1 234.1 234.1 248.1 248.1 224.7 229.4 238.7 243.4 229.4 182.6 84.3 23.4 9.4	Списки значень сил світла ОП по всім полярним кутам для кожного кута.
17	Сили світла для всіх полярних кутів при другому азимувальному куті	262.1 224.7 243.4 262.1 262.1 262.1 271.5 252.8 299.6 355.8 365.1 402.6 309.0 103.0 28.1 18.7	
18	Сили світла для всіх полярних кутів при останньому азимувальному куті	262.1 252.8 234.1 234.1 234.1 234.1 248.1 248.1 224.1 229.4 238.7 243.4 229.4 182.4 84.3 23.4 9.4	

## Пояснення до табл. 2.1:

1. У разі використання в одному ВП ламп з різними світловими потоками значення цього параметра повинно відповідати середньому значенню світлового потоку, віднесеному до однієї лампи. Таким чином, добуток параметрів число ламп у світильнику та світловий потік лампи в лм має дорівнювати сумарному світловому потоку ламп.

2. Якщо значення сил світла вводяться в абсолютних одиницях, а не приведених до потоку лампи 1000 лм, значення параметра світловий потік лампи в лм має бути –1.

3. Якщо значення сил світла приведені до потоку лампи 1000 лм, то значення параметра множник має дорівнювати значенню світлового потоку лампи, вираженого в кілолюменах.

4. Для імітації точкового ОП кожен із параметрів ширина світильника, повинен дорівнювати 0. Для імітації у вигляді світячого кола діаметром D параметр ширина світильника повинен дорівнювати –D, а параметри довжина світильника і висота світильника дорівнюють 0. Інші можливості завдання геометрії ГП наведено у додатку Г.

## РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТИЛЬНИКА ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

### 3.1 Налаштування стенду для вимірювання параметрів світильника

Проведемо виміри при куті світильника нуль градусів, та виміряємо освітленість люксометром при різних відстаннях світильника.



Рисунок 3.1 – Вимірювання освітленості при відстані світильника 0,2 метра

Отримали результат освітленості 1300лк.



Рисунок 3.2 – Вимірювання освітленості при відстані світильника 0,4 метра

Отримали результат освітленості 580лк.

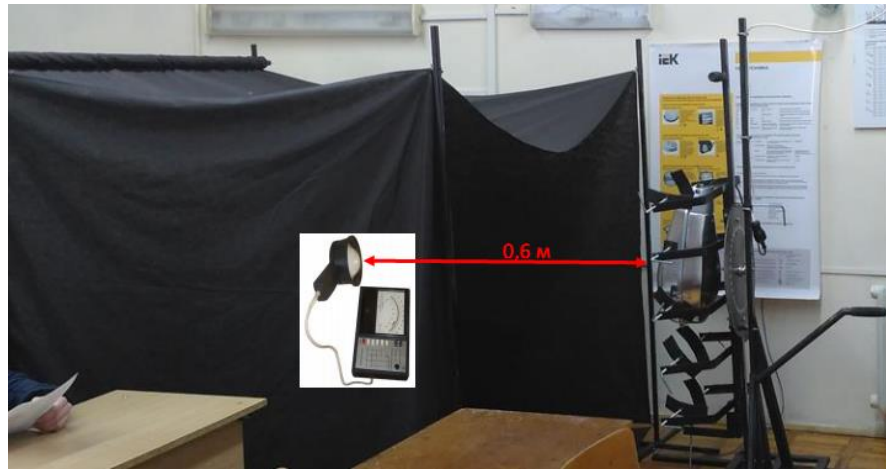


Рисунок 3.3 – Вимірювання освітленості при відстані світильника 0,6 метра

Отримали результат освітленості 292 лк.



Рисунок 3.4 – Вимірювання освітленості при відстані світильника 1 метра

Отримали результат освітленості 110 лк.

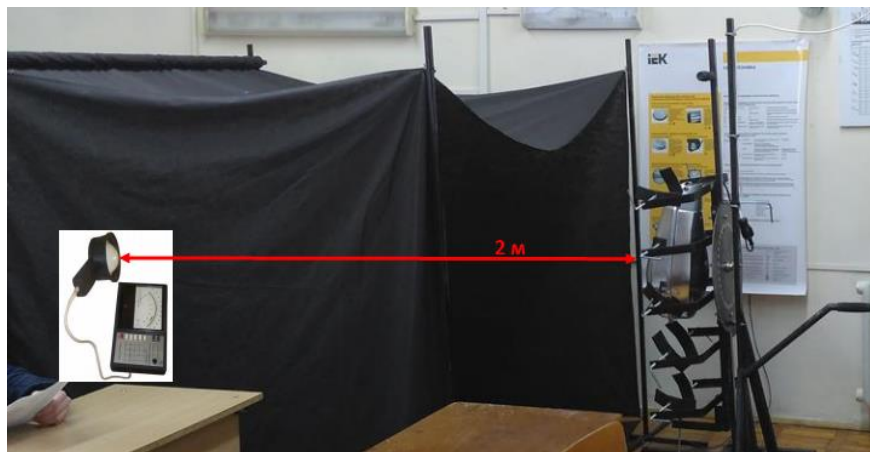


Рисунок 3.5 – Вимірювання освітленості при відстані світильника 2 метра

Отримали освітленість 31 лк.

Аналогічні вимірювання проведемо при різних кутах та отримаємо таблицю (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 – Залежність освітленості від відстані

$\alpha \backslash l$	E				
	0,2	0,4	0,6	1	2
0	1300	580	292	110	31
5	1280	500	292	110	32
15	1100	562	288	110	32
25	800	530	260	105	32
35	580	425	222	98	31
45	405	335	180	85	28
55	240	230	140	71	24
65	79	142	102	58	22
75	35	45	60	41	18
85	25	31	30	30	15

З цих розрахунків можемо зробити висновок що світловий потік на відстані більше за 1 метр змінється лінійно, тому ми будемо виконувати вимірювання освітленості на відстані 2,5 метра.

### 3.2 Визначення кривої сили світла світильника та світлового потоку

Для прикладу проведено дослідження системи освітлення із світильником ЖКУ – 11У – 70 – 011, для якого відомі заводські параметри [9, 10]. Проведено побудову кривої сили світла вказаного світильника шляхом вимірювання освітленості в світлотехнічній лабораторії. Фото лабораторної установки наведено на рисунку 3.6.

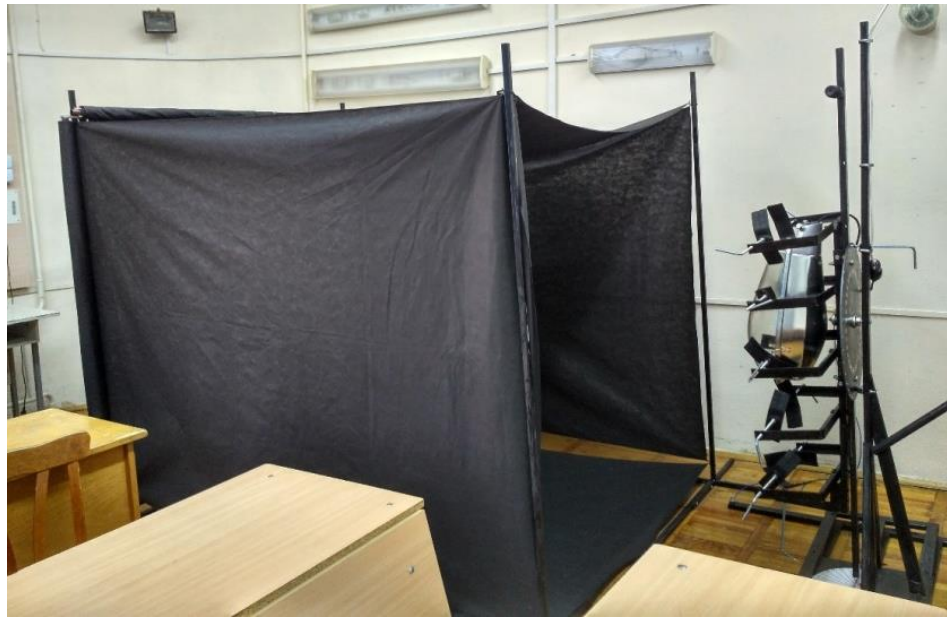


Рисунок 3.6 – Лабораторний стенд для вимірювання світлотехнічних параметрів світильників

Принцип дії установки, на відміну від наведених в [4] полягає в тому, що нерухомим є давач освітленості, а рухається саме світильник. Причому світловий потік направлений завжди перпендикулярно до давача освітленості.

При певних кутах повороту датчика знімаються покази освітленості, а сила світла розраховується за формулою [1, 2]

$$I_{\alpha} = E_{\alpha} \cdot l^2 \quad (3.1)$$

де  $I_{\alpha}$  – значення сили світла, що вимірюється при куті  $\alpha$  від центральної вісі світильника, кд;

$E_{\alpha}$  – значення освітленості, яка вимірюється за допомогою фотодатчика, лк;

$l$  – відстань від світильника до точки проведення вимірювання, м.

На рис. 3.7 наведено експериментально отримані криві сили світла для світильника, що досліджується. Криві побудовано для меридіанних площин перетину світильника  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ . Значення сили світла для інших кутів, які необхідно застосовувати для формування ies-файлу даних світильника для застосування в DIALux, отримано шляхом інтерполяції.



Виходячи з даних для побудови кривої сили світла круглосиметричного світильника необхідно розрахувати значення світлового потоку даного світильника

$$\Phi = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=\pi} \Phi_{\alpha} \quad (3.2)$$

де  $\Phi_{\alpha}$  - світловий потік, який визначається за розрахованими значеннями сили світла для кутів, що відповідають середнім значенням десятиградусних зон, на які розподіляється сфера освітлення:  $0^{\circ} - 10^{\circ}$ ,  $10^{\circ} - 20^{\circ} \dots 170^{\circ} - 180^{\circ}$  (рис. 3.8).

$$\Phi_{\alpha} = I_{\alpha} \cdot \Delta\omega \quad (3.3)$$

де  $I_{\alpha}$  - сила світла, яка відповідає середині десятиградусної зони. Наприклад, для десятиградусної зони  $10^{\circ} - 20^{\circ}$ ;

$\Delta\omega$  - зональний тілесний кут для десятиградусної зони.

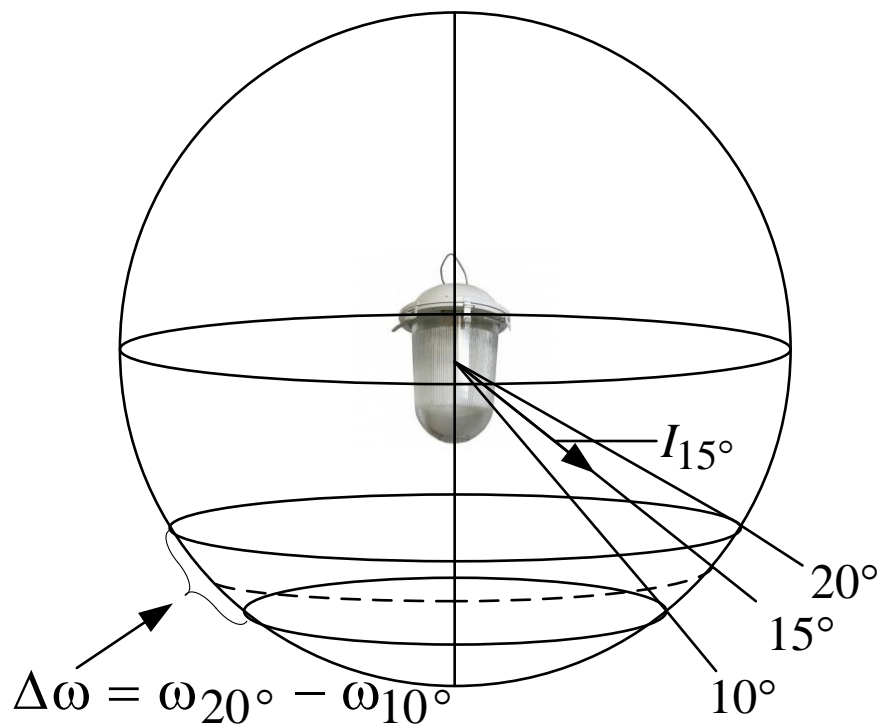


Рисунок 3.8 – До визначення світлового потоку круглосиметричного світильника

Значення зональних тілесних кутів для десятиградусних зон наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зональні тілесні кути

$\varphi_{cp}$ , град	$\Delta\varphi_i$ , град	$\Delta\omega$ , ср
5	0 – 10	0,095
15	10 – 20	0,283
25	20 – 30	0,463
35	30 – 40	0,628
45	40 – 50	0,774
55	50 – 60	0,897
65	60 – 70	0,993
75	70 – 80	1,058
85	80 – 90	1,091
95	90 – 100	1,091
105	100 – 110	1,058
115	110 – 120	0,993
125	120 – 130	0,897
135	130 – 140	0,774
145	140 – 150	0,628
155	150 – 160	0,463
165	160 – 170	0,283
175	170 – 180	0,095

Розглянемо на прикладі:

Крива сили світла для світильника, для якого потрібно визначити світловий потік, наведена на рис. 3.9

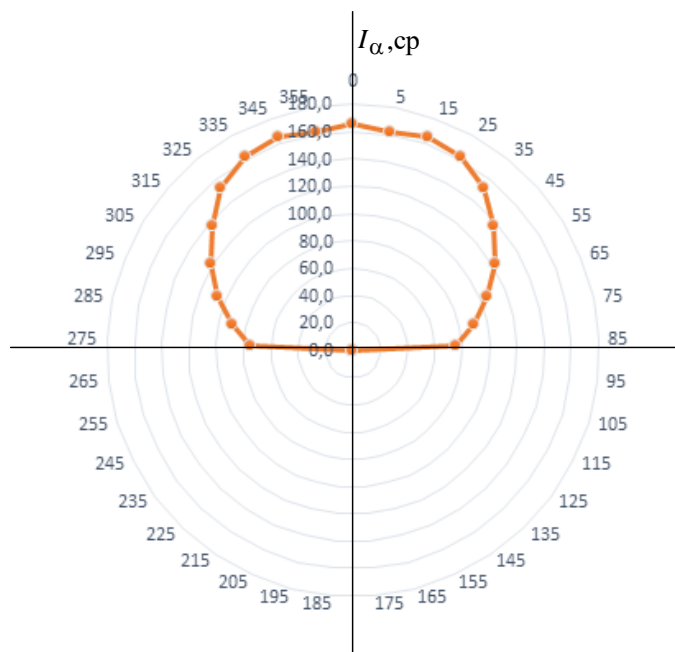


Рисунок 3.9 – Крива сили світла світильника

В табл. 3.2 наведено розрахунки світлового потоку вказаного світильника.

Таблиця 3.2 – Значення розрахункового світлового потоку

$\varphi, ^\circ$	$\Delta\omega, \text{ср}$	$I_\alpha, \text{кд}$	$\Phi_\alpha, \text{лм}$
5	0,095	162,5	15,4
15	0,283	165,6	46,9
25	0,463	162,5	75,2
35	0,628	153,1	96,1
45	0,774	137,5	106,4
55	0,897	121,9	109,3
65	0,993	106,3	105,6
75	1,058	90,6	95,9
85	1,091	75	81,8
			<b>732,6</b>

В першому стовпчику наведено середні значення десятиградусних зон: 5, 15, 25, 35...85°. В другому стовпчику наведено зональні тілесні кути для десятиградусних зон (з таблиці 3.8). В третьому стовпчику наведено значення сили світла для кутів 5, 15, 25, 35...85° (взяті з рисунка 3.9). В четвертому стовпчику наведено результати розрахунків світлових потоків для десятиградусних зон. Наприклад, для десятиградусної зони 0° – 10° з середнім значенням 5°, розраховуємо світловий потік за формулою 3.2:

$$\Phi_5 = I_5 \cdot \Delta\omega_{5^\circ} = 162,5 \cdot 0,095 = 15,4 [\text{лм}].$$

Аналогічно розраховано зональні світлові потоки для інших десятиградусних зон, сумуючи які отримано значення світлового потоку світильника 732,6 лм.

Для отримання світлового потоку некруглосиметричного світильника, фотометричне тіло, під яким розуміють частину простору, обмежену замкнутою поверхнею, яка проведена через кінці радіусів-векторів сили світла даного світильника, розбивають на декілька секторів, наприклад на 12

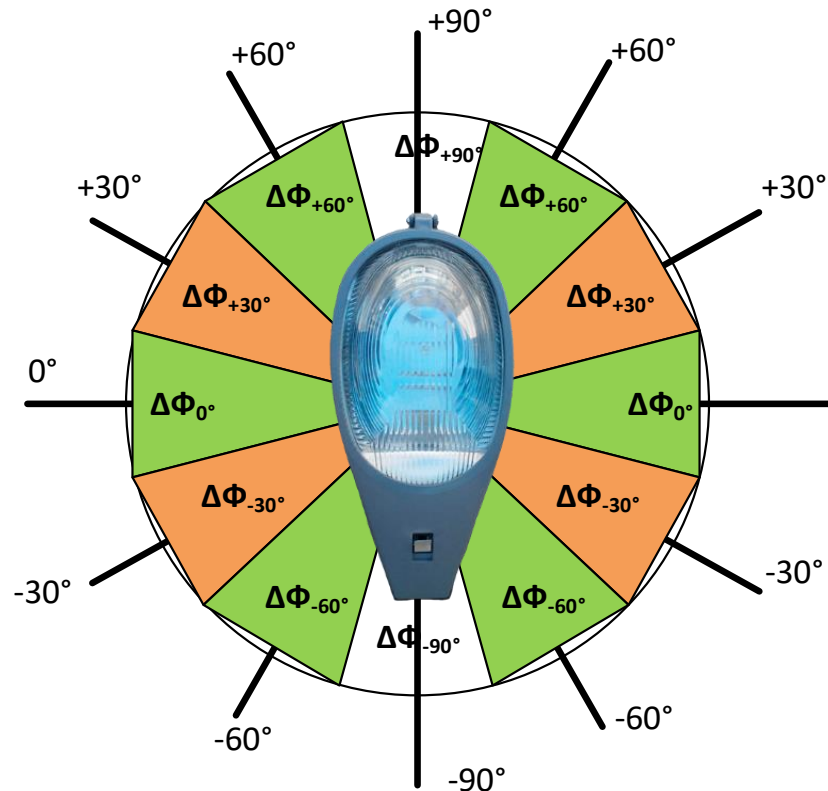


Рисунок 3.10 – Розбиття фотометричного тіла на зони.

Оскільки досліджується світильник з некруглосиметричним світлорозподіленням, то для такого світильника будуються декілька кривих сил світла.

Для прикладу візьмемо світильник вуличного освітлення ЖКУ-11У-70-011, для якого побудовано криві сили світла для меридіальних площин  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ . Причому для кожної площини будуються дві криві сили світла: в напрямку до проїжджої частини – крива сили світла, позначена знаком «+» ( $+30^\circ$ ,  $+60^\circ$ ,  $+90^\circ$ ) і в напрямку до тротуару на цій же стороні, де розташована опора із світильником – зі знаком «-» ( $-30^\circ$ ,  $-60^\circ$ ,  $-90^\circ$ ). Зауважимо, що крива сили світла, що побудована для вказаного світильника, є не приведена до світлового потоку 1000 лм

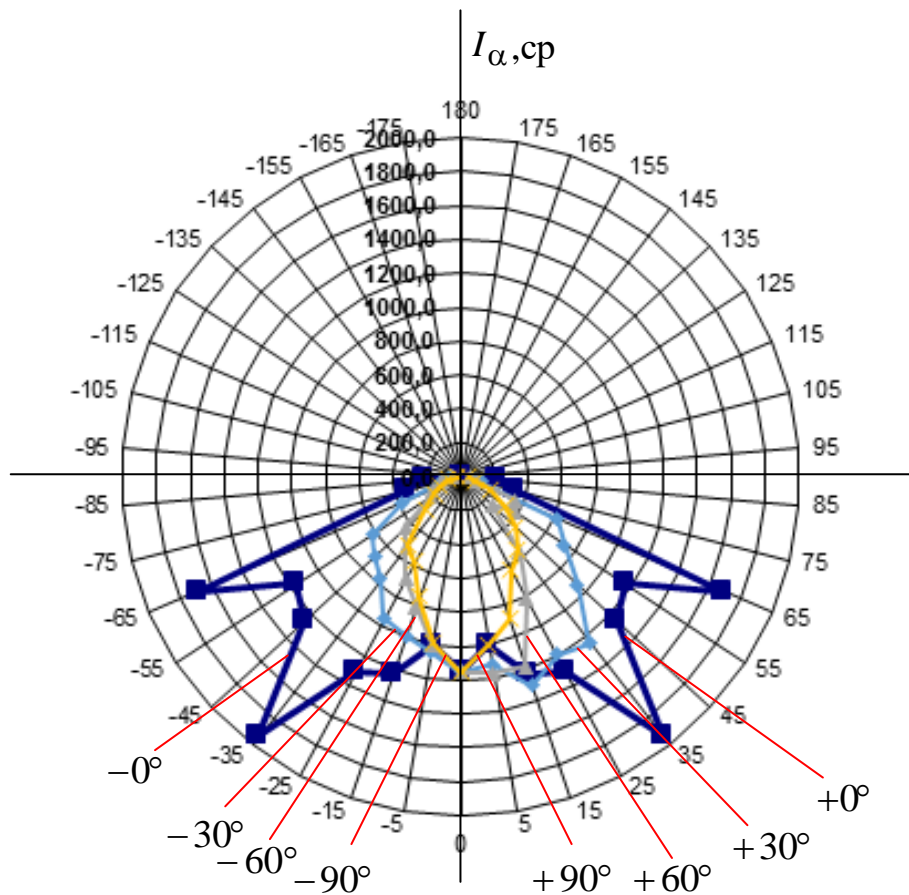


Рисунок 3.11 – криві сили світла для світильника ЖКУ-11У-70-011.

Для розрахунку світлового потоку світильника сформовано таблицю табл. 3.3, в якій за формулою (3.2) розраховано зональні світлові потоки для кожної із 10-градусних зон і для кожної меридіанної площини ( $0^\circ$ ,  $+30^\circ$ ,  $+60^\circ$ ,  $+90^\circ$ ,  $-30^\circ$ ,  $-60^\circ$ ,  $-90^\circ$ ). Однак, слід врахувати, що дані світлові потоки повинні характеризувати не всю десятиградусну зону світильника а тільки 1/12 його частину, як це показано на рис. 1.13. Наприклад, світловий потік для десятиградусної зони  $10^\circ - 20^\circ$  з середнім значенням  $15^\circ$  для меридіанної площини  $+90^\circ$ , визначається за виразом

$$\Delta\Phi_{15^\circ(+90^\circ)} = \frac{\Delta\Phi_{15^\circ}}{12} \text{ (лм)}.$$

Світловий потік цілого сектору фотометричного тіла визначається за формулою (1.1). Наприклад, світловий потік для сектору з меридіанною площиною  $+90^\circ$ , визначається за формулою



### 3.3 Отримання інформаційного забезпечення для середовища DIALux

Програма DIALux, починаючи з четвертої версії, підтримує динамічне управління освітленням відповідно до стандарту DIALux (Digital Addressable Lighting Interface).

У DIALux існує можливість об'єднувати світильники в групи, при цьому задавати параметри їх включення та вимкнення, встановлювати так звану «ступінь затемнення» для покрокової зміни кількості світла в 3М сцені. Для управління освітленням у програмі використовуються елементи управління, які дозволяють регулювати ступінь затемнення, колір світла, нахил, положення та (КСС) світильників, що знаходяться в певній групі. Таким чином, маючи кілька різних за властивостями елементів управління і об'єднавши їх в окрему групу, звану Сценою освітлення, можна моделювати автоматичне управління освітленням.

Моделювання передбачає врахування умов роботи світильника на відстані 8 метра до дороги. Результати моделювання наведено нижче. На рисунку 3.8 подано криві рівної освітленості світильника ЖКУ – 11У – 70 – 011, отримані з використанням розрахунків в DIALux на основі заводських даних про криві сили світла

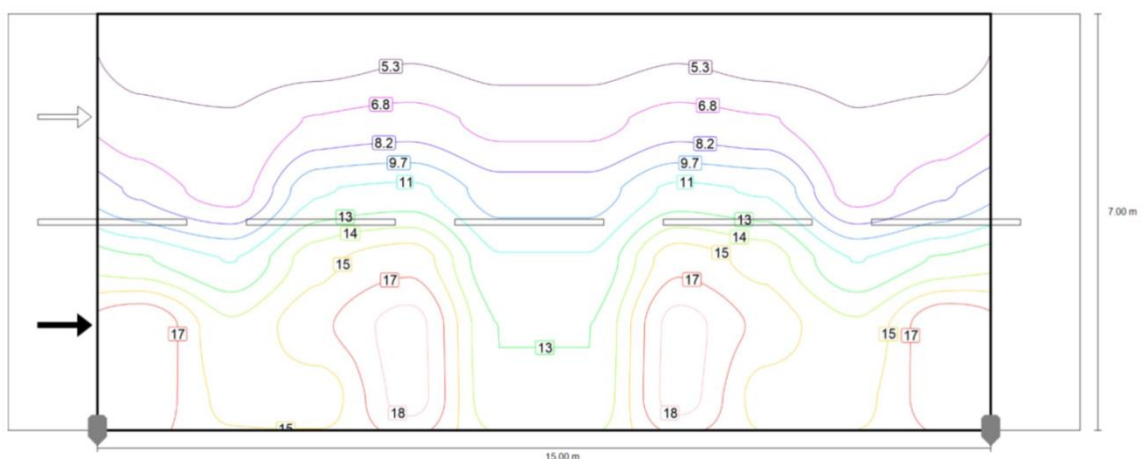


Рисунок 3.8 – Криві рівної освітленості для світильника з заводськими даними про значення сили світла

В результаті розрахунку, що проводився для досліджуваного

світильника з використанням даних про криві сили світла, які отримані за допомогою лабораторного стенду, отримано криві рівної освітленості на проїжджій частині (рисунку 3.9):

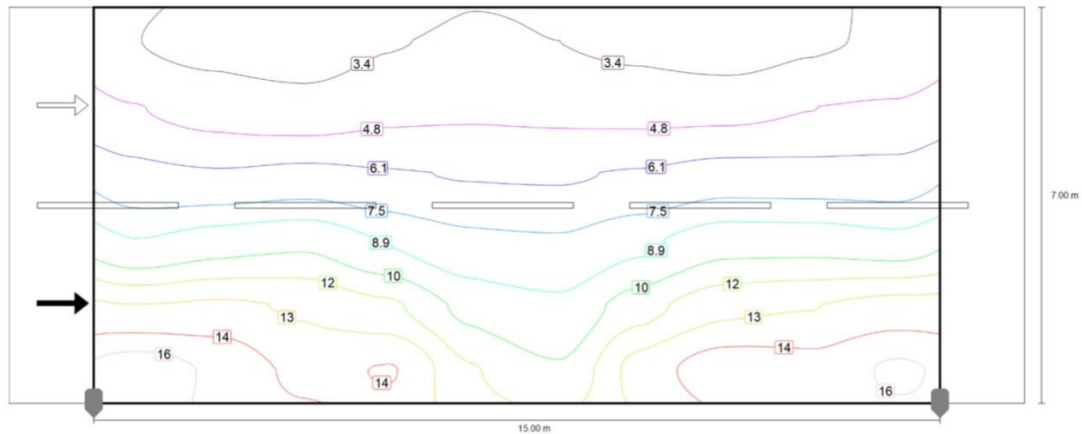


Рисунок 3.9 – Криві рівної освітленості для світильника з експериментальними даними про значення сили світла

За допомогою програмного забезпечення DIALux ми можемо змодельовати будь-яку криву розподілу світла для любого світильника, це дає нам змогу буди значно гнучкішим у виборі світильників при цьому ми не втрачаємо швидкість, точність та якість у проектуванні. Також це дає змогу перевірити існуючі світильники експериментальним методом.



## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

### 4.1 Теоретичні відомості

Собівартість електроенергії (собівартість електроенергії) вміщує загальну вартість виробництва, передачі та реалізації електроенергії та є основним показником роботи електроенергетики та підприємства в цілому.

Собівартість - це сукупні витрати, пов'язані з виробництвом і розподілом продукції на підприємстві. Іншим аспектом визначення вартості електроенергії є врахування вартості самої енергії, а не лише вартості її перетворення та передачі. Вартість корисної для підприємства електроенергії.

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E} \quad (4.1)$$

$C_{\text{сум}}$  – це загальна вартість електроенергії для підприємства, яка становить приблизно 1000 гривень на рік.

$E$  - загальна кількість корисної для підприємства електроенергії, цей показник розраховується без урахування втрат в ЛЕП і трансформаторах, кВт\*год/рік.

Велику роль у здешевленні продукції підприємства відіграло зниження вартості електроенергії. Реалізація ефективних заходів щодо зниження витрат електроенергії потребує їх аналізу та планування.

Капітальні інвестиції — це одноразові витрати на придбання основних фондів і оборотних коштів. Оскільки частка оборотних коштів у реалізації об'єктів електроенергетики невелика (не більше 2%), її можна не враховувати в техніко-економічних розрахунках, а інвестиції в інфраструктуру визначати за вартістю основних засобів.

Кпіталовкладення які необхідні для підприємства можна розрахувати за такою формулою:

$$K = K_{\text{л}} + K_{\text{пс}} + K_{\text{в}} \quad (4.2)$$

де  $K_{\text{л}}$ ,  $K_{\text{пс}}$ ,  $K_{\text{в}}$  – величини капітальних вкладень, в лінії, підстанції та вимикачі.

Річні експлуатаційні витрати з передачі та розподілу електричної енергії схеми електропостачання включають такі складові: основну та додаткову заробітну плату виробничого персоналу, внески на соціальне страхування, експлуатаційні витрати, амортизацію та інші витрати.

Річну вартість матеріалу визначають за такою формулою:

$$C_{\text{мпр}} = 0,01 \sum_{i=1}^f T_{\text{прі}} \sum_{j=1}^q m_{\text{прj}} \cdot Ц_{\text{mj}} \quad (4.3)$$

де 0,01 – коефіцієнт приведення;

$f$  – кількість груп устаткування і мереж у схемі електропостачання;

$T_{\text{прі}}$  – трудомісткість поточного ремонту  $i$ -ої групи енергоустаткування, люд-год;

$q$  – число різновидів матеріалів;

$m_{\text{прj}}$  – норма витрат  $j$ -го виду матеріалу на 100 люд-год. трудомісткості поточного ремонту  $i$ -ої групи устаткування і мереж;

$Ц_{\text{mj}}$  – ціна одиниці  $j$ -го виду матеріалу, грн.

Період окупності - це час, необхідний для відшкодування початкових витрат і витрат, а також вартості інвестицій, зроблених для досягнення проекту в момент, коли немає збитків або прибутку, тобто точка беззбитковості.

Заробітна плата - це доходи, обчислені, як правило, у грошовому виразі, які виплачуються власником або організацією, яка їх найме, за роботу чи послуги, надані за трудовим договором.

4.2 Техніко економічний розрахунок капіталовкладень в систему вуличного освітлення в гривнях.

У таблиці 4.1 наведений перелік матеріалів які використовувались в установці по вимірюванню параметрів світильників та виконаний розрахунок загальної вартості. Спочатку розрахуємо вартість матеріалу, тобто перемножимо кількість на ціну одного матеріалу. Аналогічно виконуємо розрахунок і роботи. Потім просумуємо вартість матеріалу та вартість роботи та знайдемо загальну ціну. Для кінцевого результату просумуємо вартість для усіх матеріалів.

Таблиця 4.1 – Зведені витрати на виготовлення установки по вимірюванню параметрів світильників

№ Позиції	Види роботи або матеріалу	Одиниця виміру	Кількість	Вартість матеріалу, грн	Оплата праці, грн	Всього, грн
1	Кабель ВВГнг 3х2,5	м	5,00	157,52	300,00	457,52
2	Тканина для обшиву	м	10,00	1 400,00	500,00	1 900,00
3	Рейка металева 2м	м	20,00	4 500,00	-	4 500,00
4	Уголок металевий 2м	м	2,00	220,00	300,00	520,00
5	Світильник ЖКУ-11У-70-011	шт	1,00	2 240,00	-	2 240,00
6	Зварювальні роботи	год	16,00	-	2 500,00	2 500,00
7	Метизні вироби	компл	1,00	1 000,00	250,00	1 250,00
8	Вимірювальні прилади	компл	1,00	3 000,00	-	3 000,00
9	Фарбування установки	год	6,00	500,00	1 000,00	1 500,00
10	Лакування установки	год	6,00	700,00	1 000,00	1 700,00
Загальна вартість						19 567,52

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці під час обслуговування удосконаленого обладнання системи освітлення з використанням середовища DiaLUX.

На електротехнічний персонал підприємства, що виконує ці роботи з модернізації системи освітлення та її подальшу експлуатацію, впливає комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Тому важливо розглянути питання з охорони праці, що передбачають заходи щодо їхнього виявлення, розроблення заходів зі зниження їхнього впливу, з промислової безпеки, з безпеки в надзвичайних ситуаціях, а також зі створення безпечних та нешкідливих умов праці робітників.

Отже, на оперативно-ремонтний електротехнічний персонал впливають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори [11, 12].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

### 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

5.1.1 Вимоги до організації робочих місць оперативно-ремонтного персоналу, який здійснює монтаж системи освітлення [14, 15].

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах струмопровідної підлоги.

Оперативно-ремонтний персонал, який здійснює монтаж системи освітлення, під час виконання робіт на висоті з використання електрифікованого інструменту повинен дотримуватися таких правил з охорони праці. До робіт на висоті і верхолазних робіт допускаються навчені особи, стан здоров'я яких має відповідати медичним вимогам, встановленим для даних видів робіт («Положення про медичний огляд працівників певних категорій»). Працівники, які виконують верхолазні роботи, повинні мати відповідний запис в посвідченні про перевірку знань.

До самостійних верхолазних робіт допускаються особи віком не молодші 18 років, які мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і кваліфікаційний розряд не нижче четвертого. Робітники, які вперше допускаються до верхолазних робіт, протягом одного року повинні працювати під безпосереднім наглядом досвідчених спеціалістів, призначених наказом керівника підприємства. Працівники мають бути навчені безпеці праці до початку виконання верхолазних робіт.

Драбини, риштування, помости, кігті, лази та інші пристосування, що застосовуються для виконання робіт на висоті і верхолазних робіт, повинні бути сертифіковані. Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним канатом. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу

повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

Під час роботи на конструкціях, під якими розташовані струмопровідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування і інструмент прив'язуються для запобігання їх падінню. Застосовувати в цих випадках монтерські запобіжні паски зі стропами з металевого ланцюга забороняється. Подавати деталі на конструкції чи устаткування слід за допомогою «нескінченного» канату. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдуванню і наближенню до струмовідних частин.

Працівники, які виконують роботи на висоті або верхолазні роботи, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент слід зберігати в сумці. Працівники, що здійснюють нагляд за членами бригади, які виконують верхолазні роботи або роботи на висоті, можуть розташовуватися на землі.

Електрифікований інструмент, що використовується при монтажі системи освітлення, за умовами безпеки поділяється на такі класи:

I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізолювані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією;

II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму;

III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Якщо безпечну наднизьку напругу одержують перетворенням вищої напруги, то це слід здійснювати за допомогою безпечного ізолювального трансформатора, далі за текстом – "розподільчий трансформатор безпеки", або перетворювача з окремими обмотками. Електроінструмент, який живиться від електромережі, слід обладнувати незнімним гнучким кабелем (шнуром) зі штепсельною вилкою. Незнімний гнучкий кабель електроінструмента класу I повинен мати жилу, яка з'єднує заземлювальний затискач електроінструмента із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється.

Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення. Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструмента класу I, які можуть опинитись під напругою, у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструмент класів II і III не заземлюють.

Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання.

Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможлилювати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Працівники, допущені до роботи з електроінструментом, повинні спочатку пройти навчання і перевірку знань щодо безпечного виконання робіт з застосуванням електроінструменту. До роботи з електроінструментом класу I в приміщеннях з підвищеною небезпекою та поза приміщеннями допускаються працівники з II групою електробезпеки. До роботи з електроінструментом II і III класу достатньо I групи з електробезпеки.

Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з протермінованою датою періодичної чергової перевірки.

#### 5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах струмопровідної підлоги. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати в закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ.



Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

### 3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [16]. Параметри мікроклімату під час виконання персоналом електромонтажних робіт наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочих місцях оперативно-ремонтного персоналу передбачається [17]:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

#### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup> [16]. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оперативного персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас
	Максимально разова	Середньодобова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації шкідливих речовин необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря [17].

#### 5.2.3 Виробниче освітлення

### Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає в приміщення через світлові пройми в зовнішніх огорожуючих конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне та суміщене освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО ( $e_n$ ). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

### Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосовуються до розташування обладнання. Комбіноване освітлення – це додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення – освітлення, яке створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [18], роботи з влаштування звукоізоляції внутрішніх стін, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в». Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	1,2

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Шум вище гранично допустимих рівнів несприятливо діє на людину. Шум у приміщенні широкосмуговий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях мають відповідати вимогам [19] і наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виконання усіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Устаткування, що є джерелом шуму (вентилятори, електроінструмент, технологічне обладнання з переробки деревини), слід розташовувати поза межами приміщень, де встановлені ПК.

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях слід застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками.

Акустична обробка приміщень – це облицювання частини внутрішніх поверхонь огорожень звукопоглинаючими матеріалами, а також

розміщення в приміщенні штучних звукопоглиначів, які представляють собою вільно підвішені об'ємні поглинаючі тіла довільної форми.

Найбільший ефект при акустичній обробці можливо отримати в точках, які розташовані в зоні відбитого звуку; в зоні прямого звуку акустичний ефект від застосування облицювання набагато менший.

Звукопоглинаючі облицювання розміщують на стелі і в верхніх частинах стін при висоті приміщення не більше 6-8 м таким чином, щоб акустично оброблена поверхня складала не менше 60 % від загальної площі обмежуючих приміщення поверхонь.

У вузьких і дуже високих приміщеннях доцільно облицювання розміщувати на стінах, залишаючи нижні частини стін (до 2 м висотою) не облицюваними, або проектувати конструкцію звукопоглинаючої підвісної стелі.

#### 5.2.5 Фактори умов праці

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [11]. Робота електротехнічного персоналу потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – 291-348; зовнішнє фізичнє динамічнє навантаженнє, вираженє в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 35 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичнє навантаженнє (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 140000; за участю мязів тулуба та ніг – до 200 000; робоча поза: періодичнє перебуваннє в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; перебуваннє у вимушеній

позі (навпочіпки, на колінах тощо) від 10 % до 25 % часу зміни; перебування в позі «стоячи» від 60% до 80% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

## 2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат: сумарна кількість годин, з напруженням голосового апарату протягом тижня – до 16.

Навантаження на зоровий аналізатор: розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працівника до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни – 5,0–1,1 мм більше 50% часу; 1,0–0,3 мм до 50 % часу; менше 0,3 мм до 25% часу.

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) – розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за виконання окремих елементів завдання; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – двозмінна (без нічної зміни).



5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації військового характеру є небезпечні тим, що застосування зброї масового ураження, негативно впливає на характеристики систем енергопостачання, вони погіршують свою роботу. Також, небезпечними є загрозливі чинники при надзвичайних ситуаціях техногенного характеру тому, що вони призводять до викидів шкідливих радіоактивних, біологічних речовин, які можуть пошкодити метали, що входять до складу радіоелементів.

З усіх загрозливих чинників найбільш небезпечними є дія іонізуючих випромінювань та електромагнітні імпульси. Дослідження стійкості роботи об'єкта в надзвичайних ситуаціях (НС) мирного та військового часу має велике значення, тому що вона дозволяє не тільки оцінити можливі ураження, нанесені об'єкту, але й розробити комплекс заходів, направлених на підвищення його стійкості.

Дослідження стійкості роботи складових об'єкта може бути проведена за допомогою моделювання його ураження при дії деяких еквівалентних факторів ураження, що враховують можливі наслідки руйнувань, пожеж і уражень людей у НС мирного та військового часу.

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опроміненої речовини та умов навколишнього середовища. В енергетичних системах використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та ін.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації.

В радіоелектронній апаратурі радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження апаратури і виходу з ладу системи електропостачання .

5.3.1 Дослідження стійкості роботи елементів СЕП в умовах дії іонізуючих випромінювань.

За критерій стійкості приймається максимальне значення дози радіоактивного опромінення. Функціонування РЕА при дії іонізуючих випромінювань залежить від стійкості її окремих елементів.

1) Визначаємо елементи, від яких залежить функціонування схеми.

2) Визначаємо граничні значення експозиційних доз, при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, але елемент ще буде працювати. Дані заносимо до таблиці 5.5

Таблиця 5.5 - Експозиційні дози для матеріалів і елементів обладнання СЕП.

№	Блоки СЕП	Елементи РЕА СЕП	$D_{гр1}, P$	$D_{гр}, P$
1	Блок живлення	Мікросхеми ТТЛ DA3	$10^5$	$10^3$
		Транзистори, діоди КТ531, VD 648	$10^4$	
		Інтегральні схеми К1553ЛА	$5 \cdot 10^5$	
2	Пульт управління	Конденсатори К-41	$10^7$	
3	Розвідна мережа	Резистори СП1-10	$10^3-10^7$	
		Напівпровідникові елементи	$10^5-10^6$	
		Електричні батареї Е48, Е96	$10^5-10^6$	
4	Управляючий МПК	Випрямлячі ВД-306	$10^6$	
		Діелектричні матеріали	$10^{10}$	

По мінімальному значенню визначаємо границю стійкості роботи апаратури СЕП в цілому  $D_{гр} = 10^3 P$ . Можлива експозиційна доза опромінення:

$$t_{п} = 1 \text{ год.}$$

$$t_{к} = 12 \text{ років} = 103800 \text{ год.}$$

$$K_{осл} = 1$$

$$D_{м} = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{нос}} [P] \quad (5.1)$$

$$D_{м} = \frac{2 \cdot 4,53 \cdot (\sqrt{103801} - \sqrt{1})}{1} = 2909,9 (P)$$

Визначаємо допустимий час роботи за формулою:

$$t_{\text{доп}} = \left( \frac{D_{\text{зр}} \cdot K_{\text{посл}} + 2 \cdot P_{1\text{max}} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [\text{год}] \quad (5.2)$$

$$t_{\text{доп}} = \left( \frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 4,53 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,53} \right)^2 = 111,375 \text{ (год)}$$

Отже,  $D_{\text{м}} > D_{\text{гр}}$ , робота системи електропостачання не стійка, допустимий час роботи РЕА СЕП складатиме 111,375 годин.

5.4.2 Дослідження стійкості роботи елементів системи електропостачання в умовах дії електромагнітного імпульсу.

За критерій стійкості роботи СЕП або окремих її елементів в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \lg \frac{U_{\text{доп}}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 [\text{дБ}]; \quad (5.3)$$

де  $U_{\text{д}}$  - допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$  - наруга наведення за рахунок електромагнітних випромінювань у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Вхідні дані.

Приймаємо вертикальну складову напруженості електричного поля,

$E_{\text{в}} = 9,07 \text{ кВ/м}$ .

Напруга живлення,  $U_{\text{ж}} = 12, 36, 220, 400 \text{ В}$ .

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля:

$$E_{\Gamma} = E_{\text{в}} \cdot 10^{-3} = 9,07 \cdot 10^{-3} \text{ (В/м)}.$$

Напруга наводки:

$$U_{\text{зл}} = E_{\text{в}} \cdot l_{\text{зл}}, [\text{кВ}]; U_{\text{вл}} = E_{\text{зл}} \cdot l_{\text{вл}}, [\text{кВ}]; \quad (5.4)$$

На кожній ділянці визначаємо максимальну довжину струмопровідних частин (в горизонтальній і вертикальній площинах)  $l_{B1}, l_{r1}$ , м.

$$l_{B1} = 7,5 \text{ м}, l_{B2} = 9 \text{ м}, l_{B3} = 4 \text{ м}, l_{B4} = 11 \text{ м},$$

$$l_{r1} = 6 \text{ м}, l_{r2} = 15 \text{ м}, l_{r3} = 12 \text{ м}, l_{r4} = 8 \text{ м}.$$

$$U_{c1} = 9070 \cdot 6 = 54420 \text{ (кВ)},$$

$$U_{e1} = 9,07 \cdot 7,5 = 68,025 \text{ (В)}.$$

Допустиме коливання напруги живлення дорівнює:

$$U_{д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N \text{ [В]}; \quad (5.5)$$

$$U_{д1} = 400 + \frac{400}{100} \cdot 10 = 440 \text{ (В)};$$

$$U_{д2} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 10 = 242 \text{ (В)};$$

$$U_{д3} = 36 + \frac{36}{100} \cdot 10 = 39,6 \text{ (В)};$$

$$U_{д4} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 10 = 13,2 \text{ (В)}.$$

Де  $U_{ж}$  – напруга живлення, В;

$N$  – допустиме відхилення напруги, 10%

Визначаються коефіцієнти безпеки для горизонтальних струмопровідних частин:

$$K_{\sigma_{c1}} = 20 \lg \frac{U_{\sigma_{c1}}}{U_{r}} \text{ [дБ]}; \quad (5.6)$$

$$K_{\sigma_{c1}} = 20 \lg \frac{440}{54420} = -41,8 \text{ (дБ)}.$$

Визначаються коефіцієнти безпеки для вертикальних струмопровідних частин:

$$K_{\sigma_{e1}} = 20 \lg \frac{U_{\sigma_{e1}}}{U_{B}} \text{ [дБ]}; \quad (5.7)$$

$$K_{\sigma_{e1}} = 20 \lg \frac{440}{68,025} = 30,3 \text{ (дБ)}.$$

Дані всіх розрахунків закосимо в таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 - Результати розрахунків по стійкості обладнання до ЕМІ

№	Дільниця	$U_{ж}, В$	$U_{в}, В$	$U_{г}, В$	$K_{бв}$	$K_{бг}$	Результати дії
1	Блок живлення	400	67,5	54000	16,3	-41,8	нестійкий
2	Розвідна мережа	220	81	135000	9,5	-54,9	нестійкий
3	Пульт управління	36	36	108000	0,8	-68,7	нестійкий
4	Управляючий МПК	12	99	72000	-17,5	-74,7	нестійкий

Так як  $K_{бгі}$  та  $K_{бві} < 40$  дБ, то апаратура СЕП буде не стійкою в роботі, а отже потрібно проводити екранування.

5.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи елементів системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників НС.

Для зменшення дії іонізуючих випромінювань використовують такі заходи: зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів, збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

Проводимо захисне екранування.

Розрахунок екрану для сталі:

$$t = \frac{A_{екр}}{k \cdot \sqrt{f}} \quad [см] \quad (5.8)$$

$k=5,2$ (для сталі);

$f$  - частота,  $f = 1500$ Гц;

$A_{екр}$  - затування в екрані, дБ:

$$A_{екр} = K_{бг} - K_{б,роз} \quad (5.9)$$

$$t_1 = \frac{40 - 16,3}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,04 \quad (см) ,$$

$$t_2 = \frac{40 - 9,5}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,05 \text{ (см) ,}$$

$$t_3 = \frac{40 - 0,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,07 \text{ (см) ,}$$

$$t_4 = \frac{40 - (-17,5)}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,09 \text{ (см) .}$$

Отже при екрануванні блоку живлення з використанням екрану товщиною 0,04 см зі сталі, розвідної мережі з використанням екрану товщиною що дорівнює 0,05 см, пульта управління 0,07 см та управляючого МПК що дорівнює 0,09 см, система електропостачання буде безпечно працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Також, в даному розділі приведено аналіз і дана оцінка стійкості роботи елементів системи електропостачання при дії іонізуючих випромінювань, при цьому виявлено, що система працює не стійко в заданих умовах, оскільки  $D_m > D_{гр}$ , тому запропоновано заходи по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання.

Оцінка стійкості роботи елементів системи електропостачання при дії електромагнітного імпульсу показала, що вона буде стійкою при застосуванні захисного екрану товщиною 0,04; 0,05; 0,07; 0,09 см зі сталі. Для чого може використовуватись кожух на лотках з кабелями.

## ВИСНОВКИ

Експериментально досліджено методику побудови кривої сили світла світильників шляхом застосування лабораторного стенду, в якому нерухомим є давач освітлення а рухомим є світильник, що досліджується.

Проведено дослідження світильника вуличного освітлення ЖКУ – 11У – 70 – 011 з використанням вдосконаленої методики та стенду для визначення світлотехнічних параметрів світильників, побудовано криві сили світла в декількох меридіанних площинах.

За результатами вимірювання, сформовано ies-файл даних про світильник, який застосовано для моделювання в середовищі DIALux. Результати моделювання порівнювались з результатами, отриманими з використанням ies-файлу даних, що розроблений підприємством світлотехнічного обладнання «Ватра».

Зручність і швидкодія отримання даних з використанням запропонованої методики дозволяє її використовувати під час проектування систем освітлення та техніко-економічного обґрунтування альтернативних варіантів.

Наведений в роботі підхід дає можливість ефективного дослідження систем освітлення з численними освітлювальними приладами, які широко представлені на світлотехнічному ринку України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кнорринг Г. М., Фадин И. М., Сидоров В. Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. СПб. : Энергоатомиздат, 1992. 448 с.
2. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. М. : Знак, 2006. 972 с.
3. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г. М. Кнорринга. Л. : Энергия, 1976. 384 с.
4. Бабенко О. В., Захаров В. В., Видмиш А. А. Наближений метод побудови кривої сили світла світильників вуличного освітлення. Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2015. № 2. С. 38–42.
5. Щодо питання застосування САПР під час проектування освітлення. URL: <http://en.iee.kpi.ua/files/ukr/23.pdf> (дата звернення: 08.02.2022)
6. Создание IES своими руками. URL: <https://render.ru/xen/threads/sozдание-ies-svoimi-rukami.138412/> (дата звернення: 08.02.2022)
7. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018. К. : Міністерство України, 2018. 133 с.
8. Бабенко О. В., Захаров В. В., Ферфецький Д. Л. Метод перехресної перевірки результатів оцінювання освітлювального навантаження під час проведення енергетичного аудиту виробничих приміщень. Наукові праці ВНТУ. 2014. № 2. С. 1–6.
9. Каталог - світильники і прожектори корпорації ВАТРА ООО «ОСП Корпорация ВАТРА. URL: [http://vatra.ua/download/VATRA-UKR\\_catalog\\_\(lighting\).pdf](http://vatra.ua/download/VATRA-UKR_catalog_(lighting).pdf) (дата звернення: 05.01.2022)
10. Терешкевич Л. Б., Терешкевич Н. В., Волоцький А. М. Проектування цехових електричних мереж і освітлювальних установок : довідник для студ. енергетичних спец. : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2005. 108 с.



11. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
12. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
13. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
14. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
15. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
16. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)
17. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
18. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
19. Удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем освітлення з використанням середовища DiaLUX / [Станіславов Д. П.], матеріали Науково-технічної конференції Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023) [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://conferences.vntu>

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
“ ” \_\_\_\_\_ 2022р.ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри ЕСЕМд.т.н., проф. Бурбело М.Й. \_\_\_\_\_  
“ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем  
освітлення з використанням середовища DiaLUX

08-17.МКР.010.01.022 ПЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Бабенко О.В. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Виконавець: студентка гр. ЕСЕ – 21м

Станіславов Д.П. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2022 р.

## 1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за №203 від 14.09.22 р.

Дата початку роботи 01.10.22 р.

Дата закінчення роботи 12.12.22 р.

## 2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем освітлення.

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

лабораторний стенд для вимірювання параметрів світильників, характеристики світильника ЖКУ-11У-70-011, криві сили світла світильників, бази даних світильників для програмного середовища DiaLUX.

## 3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Кнорринг Г. М., Фадин И. М., Сидоров В. Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. СПб. : Энергоатомиздат, 1992. 448 с.

3.3. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. М. : Знак, 2006. 972 с.

3.4 ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення.

3.5 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Л.Б. Терешкевич, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

#### 4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

#### 5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

#### 6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

#### 7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

##### 7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

#### 8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

## Додаток Б

## Вихідні дані

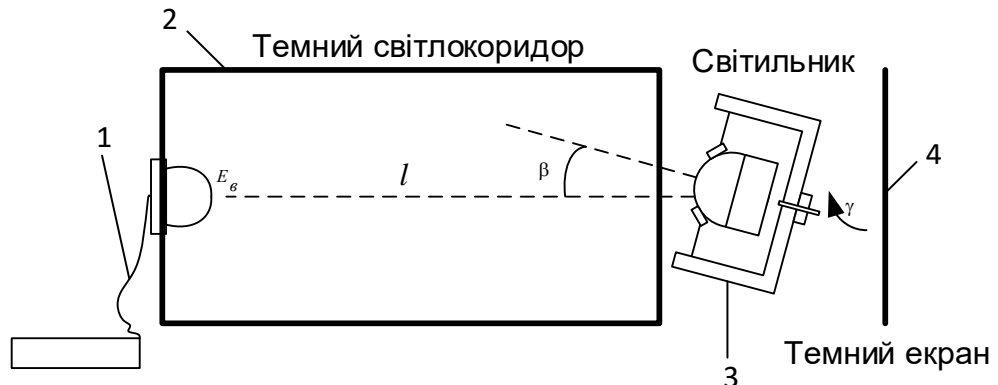


Рисунок Б.1 – Схема установки для вимірювання світлотехнічних характеристик світильників

Установка для вимірювання світлотехнічних характеристик світильників (рис. Б.1) містить такі елементи:

1. Люксометр і пристрій утримання його давача в заданому положенні
2. Темний світлокоридор, стінки якого виконані з матового чорного агроволокна
3. Установка для утримання світильників
4. Темний екран для запобігання потрапляння світлового потоку з приміщення лабораторії на давач люксометра

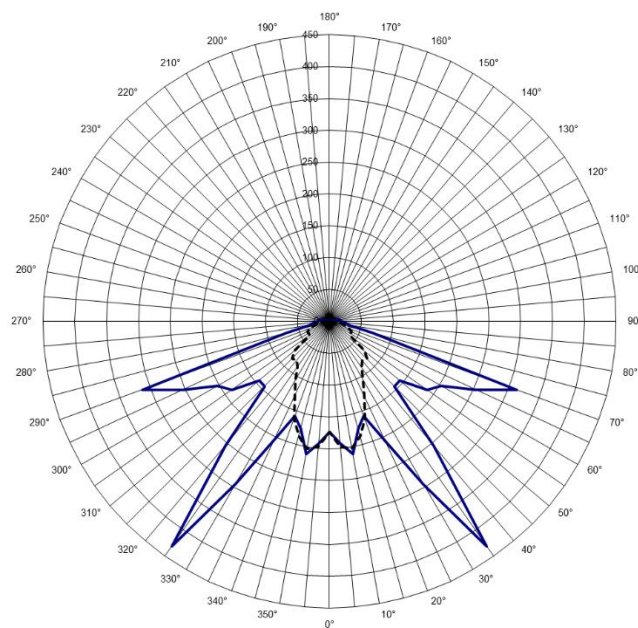


Рисунок Б.2 – Криві сили світла світильника ЖКУ-11У-70-011 з баз даних підприємства «ВАТРА»

Таблиця Б.1 – Значення сили світла світильника ЖКУ-11У-70-011, що відповідають кривим рис. Б.2

$\alpha$	0		90	
	I1000,кд	Iном,Кд	I1000,кд	Iном,Кд
0	174		174	-
5	192		198	-
10	212		203	-
15	174		186	-
20	158		162	-
25	205		130	-
30	295		106	-
35	431		88	-
40	255		80	-
45	144		83	-
50	144		71	-
55	187		38	-
60	203		38	-
65	254		38	-
70	313		32	-
75	71		24	-
80	31		18	-
85	24		12	-
90	19		3	-
95	18		-	-
100	15		-	-
105	7		-	-
110	2		-	-
115	1	-	-	-

## ДОДАТОК В

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)  
РОБОТИ**

Назва роботи: роботи Удосконалення інформаційного забезпечення проектування систем освітлення з використанням середовища DiaLUX.

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: к.т.н. доц. Бабенко О.В.

Показники звіту подібності	
UNICHECK	
Схожість	4.08%

Аналіз звіту подібності

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи.

Автор \_\_\_\_\_ Станіславов Д.П.

Опис прийнятого рішення

Магістерська кваліфікаційна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Лобода Ю.В.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Бабенко О.В.

Експерт \_\_\_\_\_ Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕЕМ



## Додаток Г.

### Правила запису рядків із ключовими словами

Кожен запис починається з нового рядка. Ключові слова полягають у квадратні дужки, записуються на верхньому регістрі та починаються з першої позиції у рядку.

Після ключового слова записується зміст, який відповідає даному ключовому слову. Рядок закінчується символами кінця рядка та переведення каретки на новий рядок (в ASCII кодуванні).

Повна довжина рядка не повинна перевищувати 82 символи. Якщо потрібний запис перевищує цю довжину, то для продовження запису в наступному рядку використовується ключове слово [MORE]. Число таких рядків не обмежене.

Основний набір ключових слів наведено у табл. 2.1. Додаткові ключові слова, встановлені стандартом, наведені у табл. А.1.

Для групування додаткових ключових рядків можна використовувати блок рядків, що починається рядком із ключем [BLOCK] і закінчується рядком із ключем [ENDBLOCK]. Між цими рядками можуть бути будь-які інші ключові рядки. Кількість блоків не обмежена.

Кожен ключовий рядок, за винятком рядка [MORE], поза блоком і в кожному блоці може бути лише один раз.

Крім встановлених стандартом, можуть використовуватися ключові слова, визначені користувачем. Такі слова повинні починатися з підкресленого пробілу, наприклад [\_USERKEYWORD].

Довжина ключових слів (включаючи дужки) не повинна перевищувати 20 символів.

Таблиця Г.1. – Додаткові ключові слова стандарту IESNA:LM-63-1995

Ключове слово	Призначення
[NEARFIELD] D1, D2, D3	<p>Вказує, що використовуються дані методом фотометрії ближньої зони.</p> <p>D1 – відстань від світлового центру ОП до горизонтальної поверхні.</p> <p>D2 – відстань від світлового центру ОП до вертикальної поверхні вздовж площини 00.</p> <p>D3 – відстань від світлового центру ОП до вертикальної поверхні вздовж площини 900.</p>
[BALAST]	Тип використовуваного ПРА
[BALASTCAT]	Позначення ПРА по каталогу
[MAINCAT]	Приймає значення від 1 до 6, що позначають категорію експлуатації ОП.
[DISTRIBUTION]	Основні показники світлорозподілу ВП, наприклад, Type II, Medium, Direct, SC=1.5)
[LASHAREA]	<p>Площа проекції поверхні, що світить, ВП (м<sup>2</sup>), видима під кутом 760 до оптичної осі.</p> <p>Використовується для розрахунку показника дискомфорту методом МКО.</p>
[COLORCONSTANT]	Використовується при розрахунку показника засліпленості методом МКО
[SEARCH]	Створений користувачем пошуковий рядок, який може бути використаний програмою для пошуку фотометричних файлів, заснованих на кодованих характеристиках.

## Додаток Д.

## Правила запису рядків у разі залежності світлового потоку лампи від нахилу освітлювального приладу

Якщо світловий потік лампи залежить від нахилу ОП, то в рядку з параметром TILT= використовуються запис TILT=INCLUDE або TILT=<ім'я файлу>. Якщо використовуються запис TILT=INCLUDE, то після цього рядка розміщуються чотири додаткові рядки, зміст яких наведено у табл. Б.1:

Таблиця Д.1 – Параметри та приклад запису додаткових рядків за TILT=INCLUDE

Номер рядка	Параметр	Приклад запису	Примітки
1	TILT=	TILT=INCLUDE	Нумерація рядку у відповідності з таблицею 1
	орієнтація лампи у світильнику	2	Параметр приймає такі значення (див. мал. 2): 1 - поздовжня вісь лампи по оптичній осі ВП; 2 - поздовжня вісь лампи по осі 90 ° -270 ° ВП; 3 - поздовжня вісь лампи по осі 0 ° -180 ° ВП.
	Число кутів нахилу	7	Число кутів нахилу ОП
	Кути нахилу	0 15 30 45 60 75 90	Список значень кутів нахилу ОП в град. у зростаючому порядку від 0 до 90 або 180
	Множник	1.0 0.95 0.94 0.9 0.88 0.87 0.94	Список множників, що враховують зміну світлового потоку лампи при нахилі ВП. Послідовність значень множників повинна відповідати списку значень кутів нахилу.

Цю інформацію (чотири рядки 11.1-11.4) можна подати у вигляді окремого текстового файлу, наприклад, з ім'ям tilt.tlt. У цьому випадку рядок з параметром TILT= використовується запис TILT=tilt.tlt. Довжина імені файлу не повинна перевищувати 75 символів.

## Додаток Е.

## Приклади запису файлів фотометричних даних ОП у форматі IESNA:LM-63-1995

Вихідна таблиця значень сил світла світильника у системі (С,  $\gamma$ ).  
Світлорозподіл - осесиметричний, тому значення сили світла наведено тільки для однієї площини С0

Таблиця Д.1 – Приклад вихідної таблиці значень сил світла

Полярний кут, град	Сила світла, кд/м2/1000лм	Полярний кут, град	Сила світла, кд/м2/1000лм
0	11	95	111
5	11	100	111
10	12	105	105
15	15	110	86
20	19	115	52
25	27	120	31
30	40	125	18
35	59	130	9
40	74	135	6
45	88	140	4
50	95	145	3
55	103	150	2
60	110	155	2
65	113	160	1
70	11	165	1
75	113	170	1
80	113	175	1
85	113	180	1
90	115		

## Приклад запису файлу цього світлорозподілу у форматі IES

IESNA:LM-63-1995

[TEST] Протокол №8-36-03

[DATA] 27.12.2021

[MANUFAC] ЛЗСІ "Світлотехніка"

[LUMCAT] ЖТУ08-24-001

[LUMINAIRE] Для домашнього освітлення

[LAMPCAT] Днат 24

[LAMP] Лампа, 24 Вт

[OTHER] Відбивач перекрито захисним склом зі світлостабілізованого

[MORE] полікарбонату

TILT=NONE

1 10000 10 37 1 1 2 -0.25 0 0

1 1 100

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135

140 1 5

0 11 11 12 15 19 27 40 59 74 88 95 103 110 113 111 113 113 113 115 111 111 105 86 52 31 18

9 6 1 1

## Додаток Є.

## Правила вибору параметрів, що задають умовну геометрію освітлювального приладу

За допомогою присвоєння відповідних значень параметрам <ширина світильника>, <довжина світильника> та <висота світильника> можна надати ОП (а точніше, його фотометричному тілу) одну з умовних геометричних форм, прийнятих у цьому стандарті, наведені в табл. Е.1.

Таблиця Е.1 – Значення параметрів <ширина світильника>, <довжина світильника> та <висота світильника> для завдання умовної геометрії ВП

Геометрична форма ОП	Значення параметра		
	Ширина світильника	Довжина світильника	Висота світильника
Точкове джерело	0	0	0
Паралелепіпед шириною W, довжиною L, висотою H	W	L	H
Круг діаметром	-D	0	0
Сфера діаметром	-D	0	-D
Вертикальний циліндр діаметром і висотою	-D	0	H
Горизонтальний циліндр довжиною L, діаметром D, розташований	0	L	-D
	L	0	-D
Еліптичний диск висотою H і осями L і W розташований відповідно	-W	L	H
	W	-L	H
Еліпсоїд з розташуванням осі H по осі Z а осі L і W відповідно по осям X і Y	-W	L	-H
	W	-L	-H

## Додаток Ж.

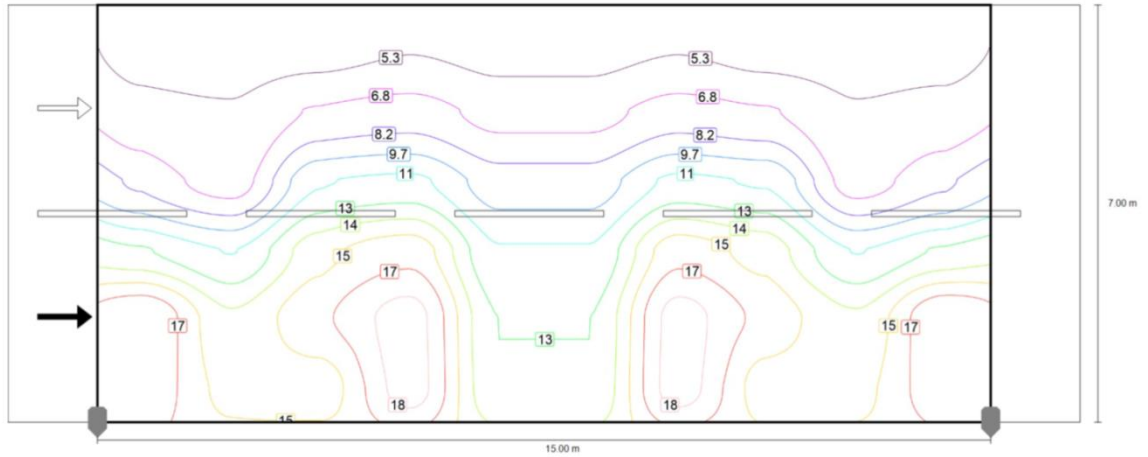
Криві освітленості для експериментального та заводського світильника в  
DiaLUX

Рисунок Ж.1 – Криві рівної освітленості для світильника з заводськими даними про значення сили світла

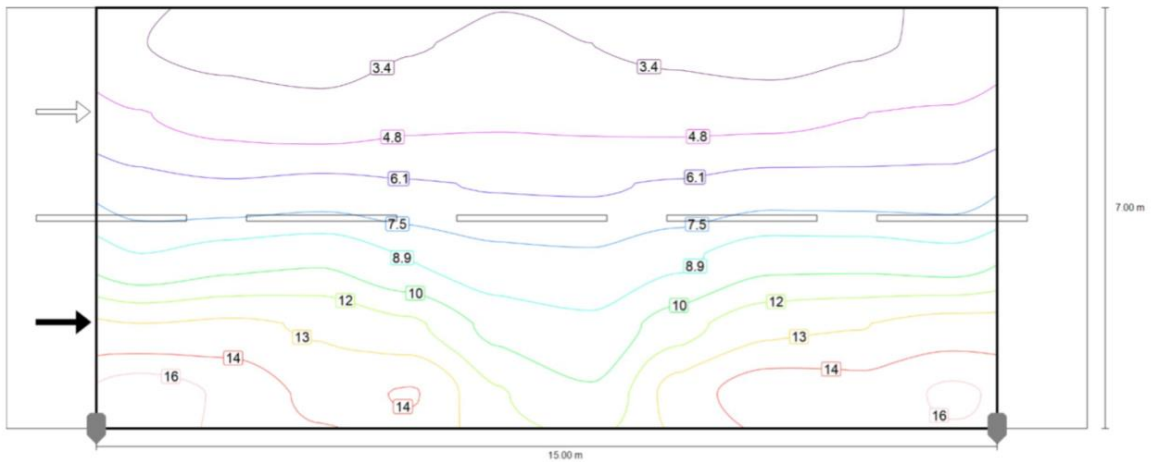


Рисунок Ж.2 – Криві рівної освітленості для світильника з експериментальними даними про значення сили світла