

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Проектування енергоощадної системи освітлення
закладу загальної середньої освіти
I-II ступеня с.Щуровичі.**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

(шифр і назва спеціальності)

_____ Кривоніжка Б.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Костик Л.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Мовчан Л.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Дідич І.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кривоніжці Богдану Олегувичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування енергоощадної системи освітлення закладу загальної середньої освіти І-ІІ ступеня с.Щуровичі.

Керівник роботи Костик Любов Миколаївна, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 31 » грудня 2026 року № 4/7-1162

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2026 року

3. Вихідні дані до роботи По-поверхові плани навчальних приміщень, технічні характеристики світлотехнічних установок, державні будівельні норми.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
ВСТУП

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

План поверхів будівлі школи

Світлові прилади для внутрішнього освітлення школи, їх параметри та характеристики

Результати світлотехнічного розрахунку освітлення приміщень різного призначення

Результати розрахунку та проектування електричної частини освітлювальної мережі

Загальні висновки кваліфікаційної роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

5 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оформлення титульного аркушу	01.03.2026	
2	Написання реферату	14.03.2026	
3	Оформлення вступу	15.03.2026	
4	Аналітичний розділ	30.03.2026	
5	Проектно-конструкторський розділ	18.04.2026	
6	Розрахунковий розділ	02.05.2026	
7	Підбиття висновків кваліфікаційної роботи	25.05.2026	
8	Упорядкування списку використаних джерел	30.05.2026	
9	Побудова змісту	30.05.2026	
10	Оформлення графічної частини та пояснювальної записки	10.06.2026	
11	Приведення кваліфікаційної роботи до остаточного варіанту для здачі.	18.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Кривоніжка Б.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Костик Л.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних та інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТ-41. – Тернопіль: ТНТУ, 2026.

Кількість сторінок: 73 , рис: 26 , табл: 11, використаних джерел: 19.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Проектування енергоощадної системи освітлення для закладу загальної середньої освіти І-ІІ ступеня с. Щуровичі».

Мета роботи полягає у розробці проекту енергоощадної системи освітлення закладу загальної середньої освіти І–ІІ ступеня, розташованого в селі Щуровичі, із забезпеченням нормативних параметрів освітленості навчальних приміщень відповідно до чинних стандартів. Для досягнення поставленої мети передбачається виконання світлотехнічних та електротехнічних розрахунків системи освітлення, вибір сучасних світлодіодних світильників та електротехнічного обладнання, розроблення оптимальної схеми електропостачання освітлювальної мережі, визначення встановленої та розрахункової потужності.

Ключові слова: ЕНЕРГООЩАДНА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СВІТЛОДІОДНІ СВІТИЛЬНИКИ, ПОКАЗНИК ДИСКОМФОРТУ, ОСВІТЛЕНІСТЬ, КОЛЬОРОПЕРЕДАЧА, ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНА УСТАНОВКА, ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГІЇ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА, ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Основні дані про будівлю та її навчальних приміщень	9
1.2 Нормативні вимоги до освітлення закладів освіти	13
1.3 Передумови модернізації системи освітлення закладу освіти	15
1.4 Висновки по розділу	16
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Вибір характеристик освітлювальної системи	18
2.2 Формування нормативних світлотехнічних показників системи освітлення шкільних закладів	20
2.3 Визначення типу джерел світла для приміщень школи	22
2.4 Обчислення коефіцієнта запасу та висоти розміщення джерел світла для системи освітлення	29
2.5 Світлотехнічний розрахунок освітлення шкільних приміщень за методом коефіцієнта використання світлового потоку	34
2.6 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень школи у програмі DIALux	41
2.6.1 Розрахунок середньої освітленості робочих поверхонь навчальних та допоміжних приміщень школи	42
2.6.2 Визначення показника дискомфорту	46
2.6.3 Розрахунок світлотехнічних показників аварійного освітлення	48
2.7 Висновки по розділу	49
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	50
3.1 Вибір марки кабелів освітлювальної мережі та площі поперечного перерізу жил за умовою механічної міцності	50
3.2 Розміщення щитів освітлення та формування груп навантаження	51
3.3 Електричний розрахунок групових і живильних ліній освітлення та вибір апаратів захисту по умові струмового навантаження	53
3.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по втраті напруги	57

3.5 Висновки по розділу	60
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	62
4.1 Вплив освітленості на здоров'я та працездатність людини	62
4.2 Порядок надання до медичної допомоги при електротравмах	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	71
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Енергоефективність освітлювальної системи є одним із основних напрямів сучасного енергозбереження в будівлях різного призначення, особливо в освітніх закладах, де значна частина внутрішньої електроенергії витрачається саме на штучне освітлювання загальних приміщень. Згідно з даними спостережень, оптимальне освітлення навчальних приміщень не лише підтримує нормативні рівні освітленості, але й сприяє зниженню загального енергоспоживання будівель та покращенню умов навчання. Виявлено, що правильно спроектовані сучасні системи освітлення здатні забезпечити до 40 % економії електричної енергії у будівлях із традиційними світильниками. Сучасні підходи до проектування освітлення враховують не лише енергозбереження, а й візуальний комфорт та якість освітлення. Проведені наукові дослідження свідчать що рівень та якість світла впливають на сприйняття інформації, продуктивність, концентрацію уваги та загальний стан здоров'я користувачів приміщень.

Сучасні LED-джерела світла є більш ефективними порівняно з лампами попередніх поколінь. До їх основних переваг належать високий рівень світловіддачі, низьке енергоспоживання та довговічність, низьким енергоспоживанням та екологічною безпечністю. Крім того, використання світлодіодних світильників дає можливість ефективно керувати системами освітлення, застосовувати автоматичні системи керування, оптимізувати режими роботи освітлювальних установок та рівномірно розсіювати штучне світло по всьому внутрішньому об'єму. Особливої уваги потребує освітлення закладів навчального процесу, оскільки воно повинно відповідати санітарно-гігієнічним та технічним вимогам. Недостатній або неправильно організований рівень освітлення може виступати каталізатором передчасного стомлення та призводить до погіршення самопочуття дітей, викликати перевтому очей, знижувати концентрацію уваги та продуктивність навчання. Саме тому під час проектування систем освітлення необхідно враховувати вимоги нормативних документів щодо освітленості, рівномірності освітлення, коефіцієнта запасу, а

також особливості планування навчальних приміщень. Крім того, нормативно-правові вимоги до освітлення навчальних закладів визначають мінімально дозволеними рівнями світла, передбачені для споруд різного типу. Згідно з чинними санітарними нормами та будівельними правилами, освітленість у навчальних кабінетах повинна забезпечувати певні мінімальні значення, що гарантують безпечні та комфортні умови для навчання. Недотримання цих стандартів позначається на навчальній активності вихованців, знижуючи її, та призводить до погіршення засвоєння матеріалу погіршення умов освітнього середовища.

Актуальність теми бакалаврської роботи зумовлена необхідністю підвищення енергоефективності будівель освітніх закладів, зниження витрат електроенергії та впровадження сучасних технологій освітлення. Раціонально спроектована система освітлення дозволяє не лише покращити умови навчання, але й зменшити навантаження на електричні мережі, підвищити надійність електропостачання та знизити експлуатаційні витрати.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування енергоощадної системи освітлення для закладу зальної середньої освіти I-II ступеня с. Щуровичі.

Завдання даної роботи полягають у:

- провести аналіз існуючих систем освітлення та сучасних енергоощадних технологій;
- визначити вимоги нормативних документів до освітлення навчальних приміщень;
- виконати світлотехнічний розрахунок системи освітлення;
- здійснити вибір типу світильників та основного електротехнічного обладнання;
- розробити схему електропостачання освітлювальної мережі;
- визначити електричні навантаження та встановлену потужність системи освітлення.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні дані про будівлю та її навчальних приміщень

1 вересня 1950 року даній освітній установі було офіційно присвоєно статус Щуровицької середньої школи, хоча до цього періоду він функціонував як школа молодших класів. На сьогоднішній час офіційна назва школи: «Заклад загальної середньої освіти I-II ступеня с.Щуровичі філія Миколаївського опорного закладу загальної середньої освіти Лопатинської селищної ради». Школа знаходиться за адресою: вул. Лопатинська, 3, с. Щуровичі, Шептицький (раніше Радехівський) район, Львівська область.



Рисунок 1.1. Загальний вигляд будівлі Щуровицької школи

Загальна площа першого поверху складає 444,88 м². На ньому розміщені такі приміщення: коридор №1, коридор №2, навчальне приміщення №1, навчальне приміщення №2, навчальне приміщення №3, навчальне приміщення №4, навчальне приміщення №5, харчоблок, туалет, бібліотека та інструментальне приміщення.

Загальна площа другого поверху складає 396,35 м². Тут розташовані коридор №1, коридор №2, навчальне приміщення №6, навчальне приміщення №7, навчальне приміщення №8, навчальне приміщення №9, кабінет директора, учительська, архів та складське приміщення.

Різноманітність функціонального призначення приміщень обумовлює різні вимоги до параметрів освітлення, зокрема до рівня освітленості, характеру світлорозподілу й конструктивного типу застосовуваних світильників. Саме тому під час проектування системи освітлення кожне приміщення розглядається окремо з урахуванням його геометричних розмірів та особливостей експлуатації.

Для розширеного представлення інформації про об'єкт проектування було створено таблиці 1.1 та 1.2 для першого і другого поверхів відповідно. В зазначених таблицях подано ключові геометричні параметри шкільних приміщень. Ці дані є вихідними параметрами для подальших світлотехнічних розрахунків і визначення необхідної кількості освітлювальних приладів у кожному приміщенні.

Таблиця 1.1 Вихідні дані щодо приміщень, які знаходяться на першому поверсі школи

№ згідно плану про приміщення школи	Найменування функціональних зон	Розрахункова висота h, м.	Розрахункова довжина А, м.	Розрахункова ширина В, м.	Площа поверхні приміщення S, м ²
1	Коридор № 1	3,5	23.25 та 2.96	2.54 та 6.39	77,96
2	Харчоблок	3	8,68	4,72	40,96
3	Туалет	3,5	5,98	2,54	15,18
4	Коридор № 2	3,5	4.65 та 2.3	5.03 та 2.14	16,62
5	Складське приміщення	3,5	2,18	2,87	6,25
6	Навчальне приміщення №1	3,5	4,73	5,03	23,79
7	Бібліотека	3,5	4,73	4,72	22,32

8	Навчальне приміщення №2	3,5	4,65	4,72	21,94
9	Навчальне приміщення №3	3,5	8,54	6,05	51,66
10	Навчальне приміщення №4	3,5	8,54	6,05	51,66
11	Навчальне приміщення №5	3,5	8,54	6,05	51,66

Таблиця 1.2 Вихідні дані щодо приміщень, які знаходяться на другому поверсі школи

№ згідно плану про приміщення школи	Найменування функціональних зон	Розрахункова висота h, м.	Розрахункова довжина А, м.	Розрахункова ширина В, м.	Площа поверхні приміщення S, м ²
12	Коридор № 3	3,5	29,6	2,54	75,18
13	Коридор № 4	3,5	4.65 та 2.3	5.03 та 2.14	16,62
14	Архів	3,5	2,18	2,87	6,25
15	Учительська	3,5	4,73	5,03	23,79
16	Навчальне приміщення №6	3,5	7,45	4,72	35,16
17	Складське приміщення	3,5	1,95	4,72	9,2
18	Навчальне приміщення №7	3,5	8,54	6,05	51,66
19	Навчальне приміщення №8	3,5	8,54	6,05	51,66
20	Навчальне приміщення №9	3,5	8,54	6,05	51,66
21	Кабінет директора	3,5	3	6,05	18,15

Висота приміщень будівлі школи, за винятком харчоблоку, становить 3,5 м, тоді як висота харчоблоку зменшена до 3,0 м, що зумовлено його функціональним призначенням. Зовнішні стіни будівлі мають товщину приблизно 0,5 м, товщина внутрішніх стін становить близько 0,2 м. Будівля школи зведена з цегли, має два підвальні приміщення та характеризується якісним виконанням будівельної конструкції.

Будівля школи є двох поверховою та призначена для організації освітнього процесу дітей молодшого шкільного віку та підлітків, які проходять навчання на рівні базової середньої програми навчання. Приміщення школи налічує навчальні кабінети, адміністративні та допоміжні приміщення, а також приміщення загального користування. Для створення сприятливих умов перебування учнів і працівників закладу важливе значення має належне освітлення внутрішніх приміщень. Навчальні кабінети повинні забезпечувати комфортне виконання освітніх завдань, що потребує достатньої видимості робочих зон та відсутності надмірного навантаження на зір.

У денний період значну частину освітлення забезпечують світлові прорізи зовнішніх стін, через які до приміщень надходить природне світло. Проте залежно від пори року, погодних умов та тривалості навчального дня виникає потреба у використанні електричного освітлення. Тому система штучного освітлення повинна гарантувати нормативні показники освітленості в усіх приміщеннях закладу.

Враховуючи тривале перебування учнів та педагогічних працівників у приміщеннях школи, важливим завданням є впровадження енергоефективних освітлювальних приладів і раціональне розміщення джерел світла. Це дозволяє не лише покращити умови навчання, а й зменшити витрати електроенергії та підвищити надійність роботи електротехнічного обладнання закладу.

Особливо важливим є забезпечення якісного освітлення навчальних кабінетів, де учні тривалий час працюють з підручниками, зошитами та комп'ютерною технікою. Раціонально спроектована освітлювальна система сприяє підвищенню ефективності навчального процесу, збереженню

працездатності та створенню безпечних умов експлуатації електрообладнання в будівлі школи.

1.2 Нормативні вимоги до освітлення закладів освіти

Забезпечення комфортного безпечного освітлення у закладах освіти є невід’ємною складовою процесу проектування освітлювальних установок. Саме освітлення забезпечує якісний навчальний процес з точки зору візуалізації сприйняття навчального матеріалу, якісної комунікації між вчителем та учнями, мінімізації зорової втоми під час виконання зорових робіт високої точності. Тому показники світлового середовища задаються в нормативних документах, які стосуються приміщень закладів освіти.

Основним нормативним європейським документом, який встановлює необхідні вимоги до якості створення освітлення робочих місць у різного типу приміщеннях є стандарт ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина I. Внутрішні робочі місця» [1]. У ньому нормуються рівень освітлення робочої поверхні, рівномірність розподілу світлового потоку по поверхнях та у просторі, рівень значення кольоропередачі, захист від сліпучої дії світильників.

Згідно цього стандарту рекомендовано освітленість робочої площини створювати на рівні 300-500 лк, індекс кольоропередачі не менше 80, узагальнений показник блиску UGR не більше 19 (рис.1.2). Також у стандарті вказується на необхідність забезпечувати рівномірне освітлення для створення комфортного світлового середовища та уникнення зорової втоми.

Тип приміщення	Освітленість	UGR
Класи, спортивна зала	300 лк	19
Кабінети практик і лабораторних робіт	500 лк	19
Комп’ютерні класи	300 лк	19
Кабінети креслення і класи художніх шкіл	750 лк	16
Коридори	100 лк	25
Бібліотечні полиці	200 лк	19
Сходи	150 лк	25

Рисунок 1.2 – Рекомендовані рівні освітленості для приміщень різного призначення згідно з ДСТУ EN 12464-1:2016

Національним нормативним документом, який встановлює вимоги до природного та штучного освітлення прру нормативних иміщень та будівель різного призначення, у т.ч. закладів освіти, є ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [2].

У цьому документі рекомендовано у повній мірі використовувати природне освітлення за рахунок правильного влаштування світлових отворів у приміщеннях. Для вибору нормативних значень параметрів світлового середовища необхідно задати призначення приміщення, характер зорової роботи, яка виконується у даному приміщенні, коефіцієнта запасу, врахувати доцільність і можливість впровадження інтелектуальних систем освітлення з можливістю керування освітлювальною установкою та показників енергоефективності проєктованої системи освітлення.

Ще одним нормативним документом є ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти» [3], у якому особлива увага приділяється архітектурному та інтер'єрному аспектам будівлі, розміщенням світлових отворів та робочих зон відносно них, енергетичним, екологічним та гігієнічним вимогам.

На основі аналізу та систематизації вимог щодо параметрів світлового середовища згідно розглянутих параметрів, задано рівень освітленості, UGR, коефіцієнти неоднорідності для кожного приміщення школи.

Згідно розглянутої нормативної літератури, під час проєктування системи освітлення необхідно враховувати призначення кожного приміщення, зорове навантаження, коефіцієнт запасу та показники енергоефективності. Особлива увага приділяється автоматизованому керуванню та енергоощадним технологіям, які дозволяють скоротити витрати світла без втрати його якості.

Саме тому норми рекомендують переходити на світлодіодні світильники. Вони світять яскравіше, служать значно довше, споживають мінімум електрики та є абсолютно екологічними.

Враховуючи важливість економного використання електроенергії, екологічність, надійність, відсутність пульсацій, високий індекс кольоропередачі, можливість керування колірною температурою, ве лике

значення світлової віддачі, можливість впровадження систем керування освітлювальними установками, беззаперечними світловими приладами є світлодіодні світильники. Саме такий тип світлових приладів був вибраний для проектування освітлювальної установки Щуровицької середньої школи.

1.3. Передумови модернізації системи освітлення закладу освіти

Проведений аналіз системи освітлення Закладу загальної середньої освіти І–ІІ ступенів с. Щуровичі показав необхідність її модернізації. На сьогодні в більшості приміщень школи використовуються світильники з компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ), які експлуатуються протягом тривалого часу та мають значний ступінь зношення.

У процесі обстеження встановлено, що частина ламп вийшла з ладу або працює нестабільно. У багатьох навчальних кабінетах та коридорах функціонує лише частина встановлених світильників, що призводить до нерівномірного розподілу світлового потоку та зниження рівня освітленості. Недостатнє освітлення робочих місць учнів негативно впливає на комфортність навчального процесу, підвищує втомлюваність та створює несприятливі умови для сприйняття навчальної інформації.



Рисунок 1.7 – Порівняльна характеристика систем освітлення на базі КЛЛ та LED-світильників

Крім того, компактні люмінесцентні лампи характеризуються більшим споживанням електричної енергії порівняно із сучасними світлодіодними джерелами світла. З часом їх світловий потік зменшується, що додатково погіршує якість освітлення приміщень. Також використання КЛЛ пов'язане з необхідністю спеціальної утилізації через наявність у їх складі ртуті.

Зважаючи на виявлені недоліки, доцільним є впровадження сучасної енергоощадної системи освітлення на базі світлодіодних світильників. Використання LED-технологій дозволить забезпечити нормативний рівень освітленості в навчальних приміщеннях, знизити споживання електричної енергії, скоротити експлуатаційні витрати та підвищити надійність роботи системи освітлення. Реалізація зазначених заходів сприятиме створенню комфортних і безпечних умов для навчання та праці в закладі освіти.

Додатковим недоліком існуючої системи освітлення є відсутність можливостей для ефективного керування споживанням електроенергії. Наявні освітлювальні прилади не забезпечують достатнього рівня енергоефективності та потребують частого технічного обслуговування. У зв'язку зі збільшенням вартості електричної енергії питання раціонального використання енергетичних ресурсів набуває особливої актуальності для закладів освіти. Проектування енергоощадної системи освітлення дозволить не лише підвищити якість освітлення приміщень, а й забезпечити зменшення навантаження на електричну мережу будівлі. Крім того, використання сучасних LED-світильників сприятиме дотриманню чинних нормативних вимог щодо освітлення навчальних кабінетів та інших приміщень. Реалізація проєктованої енергоощадної системи освітлення дозволить створити комфортне та безпечне освітнє середовище, покращити умови навчання учнів і праці педагогічних працівників, а також забезпечити раціональне використання електричної енергії.

1.4 Висновки по розділу

1. У цьому розділі подано параметри закладу освіти як об'єкта проєктування освітлення — розглянуто основні конструкцію будівлі ЗЗСО І–ІІ ступеня с. Щуровичі. Виконано оцінку планувальної структури будівлі, розглянуто її

конструктивні характеристики та специфіку експлуатації приміщень різного функціональних особливостей.

2. На основі аналізу нормативних документів визначено основні вимоги до освітлення приміщень закладів освіти. Встановлено нормативні значення освітленості, показників якості світлового середовища та енергоефективності освітлювальних установок. Для проєктування системи освітлення ЗЗСО I–II ступенів с. Щуровичі обрано світлодіодні світильники, які найбільшою мірою відповідають сучасним вимогам щодо якості освітлення, енергоощадності та надійності.

3. У результаті проведеного аналізу встановлено, що існуюча система освітлення ЗЗСО I–II ступенів с. Щуровичі не повністю відповідає сучасним вимогам щодо енергоефективності та якості освітлення. Це обґрунтовує доцільність проєктування енергоощадної LED-системи освітлення, яка забезпечить нормативний рівень освітленості, зменшить споживання електроенергії та покращить умови навчання і праці.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір характеристик освітлювальної системи

Визначення параметрів системи освітлювальної системи є одним із ключових етапів проектування енергоефективної освітлювальної установки для навчальних приміщень. Від правильного визначення основних світлотехнічних параметрів залежить не лише якість освітлення, а й комфортність перебування учнів та вчителів, їх працездатність і стан зору. При цьому важливо забезпечити відповідність системи освітлення чинним нормативним вимогам, а також врахувати особливості експлуатації конкретного об'єкта.

До основних характеристик системи освітлення входить рівень освітленості, рівномірність розподілу світлового потоку, показники якості світла (показник кольоропередачі та температурний баланс світла), коефіцієнт пульсації, а також енергоефективність освітлювальної установки. Вибір цих параметрів здійснюється з урахуванням функціонального призначення приміщень, характеру зорових робіт та умов експлуатації.

Водночас при визначенні параметрів системи освітлення слід брати до уваги не лише нормативні вимоги, а й практичні аспекти використання освітлювальних установок. У даному випадку важливе значення мають критерії вибору, які базуються на потребах кінцевого користувача та особливостях експлуатації освітлювальних приладів.

До головних критеріїв, які приймаються до уваги під час вибору характеристик освітлювальної системи, належать:

- необхідний рівень яскравості (освітленості);
- умови використання (температура, вологість повітря та ін.);
- естетичні вимоги до освітлення;
- якість кольоропередачі та колірна температура;
- термін служби джерел світла;
- частота вмикання та вимикання;
- час досягнення робочого стану;
- можливість регулювання світлового потоку;

- сумісність із наявними світильниками;
- тип освітлення світлової установки та висота її встановлення;
- безпека експлуатації;
- простота обслуговування;
- загальна ціла освітлювальної системи, разом з експлуатаційні витрати та початковими інвестиціями для монтажу та встановлення.

Обґрунтований вибір параметрів освітлювальної системи не лише створює оптимальні умови для навчання, а й підвищує енергоефективність усієї установки, забезпечуючи суттєве зниження експлуатаційних витрат.



Рисунок 2.1 – Приклад освітлення навчального приміщення із застосуванням сучасної електричної системи з використанням світлодіодних джерел світла

Вибір параметрів системи освітлення для навчальних приміщень є комплексним завданням, що вимагає збалансованого підходу між нормативними вимогами, фізіологічними потребами користувачів та техніко-економічними обмеженнями. З урахуванням наведених критеріїв та особливостей об'єкта

проектування встановлено доцільність застосування сучасних світлодіодних джерел світла, які забезпечують необхідні параметри освітлення, високу надійність та мінімальне енергоспоживання. Крім того, використання таких джерел світла дозволяє реалізувати ефективні системи керування освітленням та підвищити загальний рівень енергоефективності будівлі.

Отже, обґрунтований вибір параметрів системи освітлення створює передумови для подальшого виконання світлотехнічного розрахунку та проектування енергоощадної освітлювальної установки, що забезпечить комфортні та безпечні умови для освітнього процесу.

2.2 Формування нормативних світлотехнічних показників системи освітлення шкільних закладів

Важливим етапом проектування системи освітлення є вибір належних нормованих світлотехнічних величин, для всіх об'єктів школи. Правильний вибір цих параметрів забезпечує зручні умови для формування знань і навичок, які сприяє збереженню зору учнів і педагогічного персоналу, а також гарантує відповідність системи освітлення встановленими вимогами нормативної документації

Під час визначення необхідних параметрів освітлення враховуються функціональне призначення приміщень, характер виконуваних зорових робіт, висота розташування робочих поверхонь та особливості експлуатації окремих зон будівлі. Основним нормованим показником при цьому є освітленість робочої поверхні, значення якої регламентуються правилами ДБН В.2.5-28:2018 і ДСТУ EN 12464-1:2016.

За планом школи, який включає два поверхи, визначено 21 функціональну ділянку. У таблицю 2.1 в яку заносимо нормовані значення типів робочих поверхонь, висоти стель та умов експлуатації для усіх типів кімнат школи, ці показники вибираються згідно таблиць і норм які вказанні по ДБН В.2.5-28:2018.

№ з.п	№ згідно з планом будівлі школи.	Назва об'єкта для розрахунку	Висота S, м.	Освітленість за ДБН В.2.5-28:2018, Е _{з.с.} лк.	Висота та вид робочої площини, $h_{р.п}$ м.	Примітка
Перший поверх						
1	1,4	Коридори	3,5	100	Г-0 (на рівні підлоги)	Освітленість на рівні підлоги.
2	2	Харчоблок	3	200	Г-0,8	-
3	3	Туалет	3,5	150	Г-0 (на рівні підлоги)	Освітленість на рівні підлоги.
4	5	Інструментальне приміщення	3,5	200	Г-0,8	-
5	6,8,9, 10,11	Навчальні приміщення	3,5	500	В- 1,5 (в центрі дошки)	Освітлення повинно бути з можливістю регулювання.
				400	Г-0,8 (на робочій поверхності)	
6	7	Бібліотека	3,5	300	Г-0,8 на робочій парті	-
Другий поверх						
7	12,13	Коридори	3,5	100	Г-0 (на рівні підлоги)	Освітленість на рівні підлоги.
8	14	Архів	3,5	100	Г- 1,0 (на поличках)	-
9	15	Учительська	3,5	300	Г-0,8 (робоче місце)	-
10	16,18, 19,20	Навчальні приміщення	3,5	500	В- 1,5 в центрі дошки)	Освітлення повинно бути з можливістю регулювання.
				400	Г-0,8 (на робочій поверхності)	
11	17	Складське приміщення	3,5	150	Г-0,8	-
12	21	Кабінет директора	3,5	300	Г-0,8 (місце на якому працюють)	-

Таблиця 2.1 — Нормативні світлотехнічні параметри для об'єктів навчального закладу

Як видно з таблиці 2.1, найвищі значення нормативної освітленості на горизонтальній площині прийняті саме для навчальних приміщень, де освітленість робочої поверхні повинна становити 400 лк. Такі вимоги обумовлені специфікою навчального процесу, який передбачає виконання зорових робіт підвищеної точності, зокрема читання, письма, роботи з навчальними матеріалами. Для забезпечення комфортних умов навчання система освітлення в цих приміщеннях повинна мати можливість регулювання залежить від інтенсивності природного освітлення та особливостей виконуваної роботи.

Для приміщень адміністративного та навчально-допоміжного призначення, таких як учительська, кабінет директора та бібліотека, нормативне значення освітленості становить забезпечується на робочій поверхні, яка розташована на висоті 0,8 м від підлоги. Такий показник освітлення створює сприятливі умови для роботи з веденням та опрацювання документів, для вивчення навчальної інформації та виконання інших видів діяльності персоналом закладу освіти.

У приміщеннях із короткочасним перебуванням людей, зокрема в коридорах та туалетів, нормована освітленість приймається на рівні 100 лк на поверхні підлоги. Для складських та інструментальних приміщень встановлено значення 150 та 200 лк, що є достатнім для безпечного пересування, виконання господарських робіт та обслуговування обладнання.

2.3 Визначення типу джерел світла для приміщень школи

Для всіх приміщень школи в системі загального робочого освітлення передбачено використання освітлювальних приладів, монтаж яких здійснюється безпосередньо до стелі. Оскільки стельове покриття в усіх приміщеннях виконане із бетону, обраний спосіб встановлення світильників забезпечує надійність кріплення, рівномірний розподіл світлового потоку та зручність експлуатації системи освітлення.

У приміщеннях бібліотеки, харчоблоку та архіву, для системи загального робочого освітлення прийнято світильники типу *OTIS-30603040N* [4]. Даний тип світильників широко використовується в громадських та адміністративних

будівлях завдяки своїм світлотехнічним характеристикам і високій енергоефективності.

В проєкті застосовано світильники потужністю 30 Вт із світловим потоком 2795 лм, що дозволяють досягти регламентованого рівня освітлення. Обраний світильник характеризується економічністю, тривалим терміном експлуатації та рівномірним розподілом світлового потоку, що є важливим для комфортного використання приміщень різного функціонального призначення.

На рисунку 2.2 наведено загальний вигляд світильника *OTIS-30603040N* та КСС.

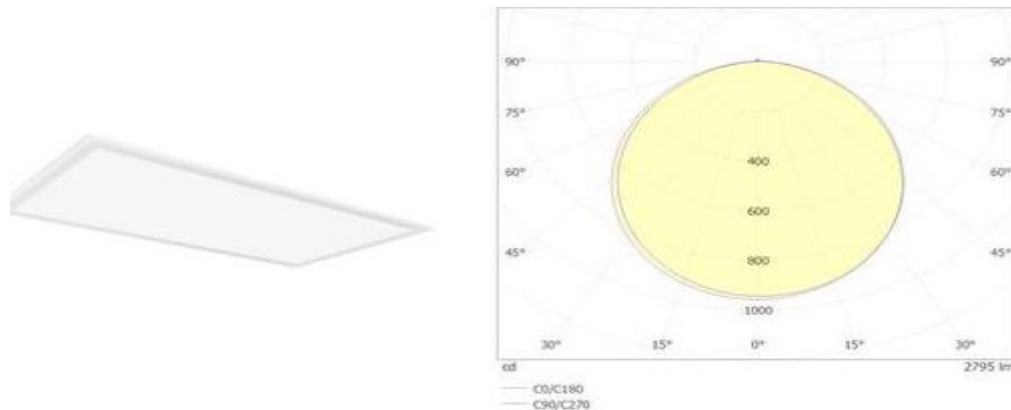


Рисунок 2.2 – Візуальний вигляд джерела світла типу *OTIS-30603040N* та КСС

Базові світлотехнічні характеристики освітлювального джерела світла *OTIS-30603040N* :

- Світловий потік 2795 лм;
- Потужність 30 Вт;
- Світлова ефективність 93,2 лм/Вт;
- Температура кольору 4000 К;
- Вид КСС — Д (косинусна);
- Клас захисту від пилу та вологи IP-20;
- Ступінь захисту від механічних ударів IK-02;
- Індекс кольору передачі 80 (R_a);
- Робоча напруга 230 В.

Для таких приміщень, як навчальні кабінети, кабінет директора та учительська, у системі загального освітлення прийнято світильник типу *OTIS-60604040N* [5]. Даний тип світильників призначений для використання в

системах загального освітлення громадських, адміністративних та навчальних приміщень.

Для проєктованої системи освітлення обрано модифікацію світильника потужністю 40 Вт зі світловим потоком 4121 лм. Вибір саме цього світильника обумовлений його високою енергоефективністю, достатнім рівнем світловіддачі та відповідністю вимогам до освітлення навчальних приміщень.

На рисунку 2.3 наведено загальний вигляд світильника *OTIS-60604040N* та КСС.

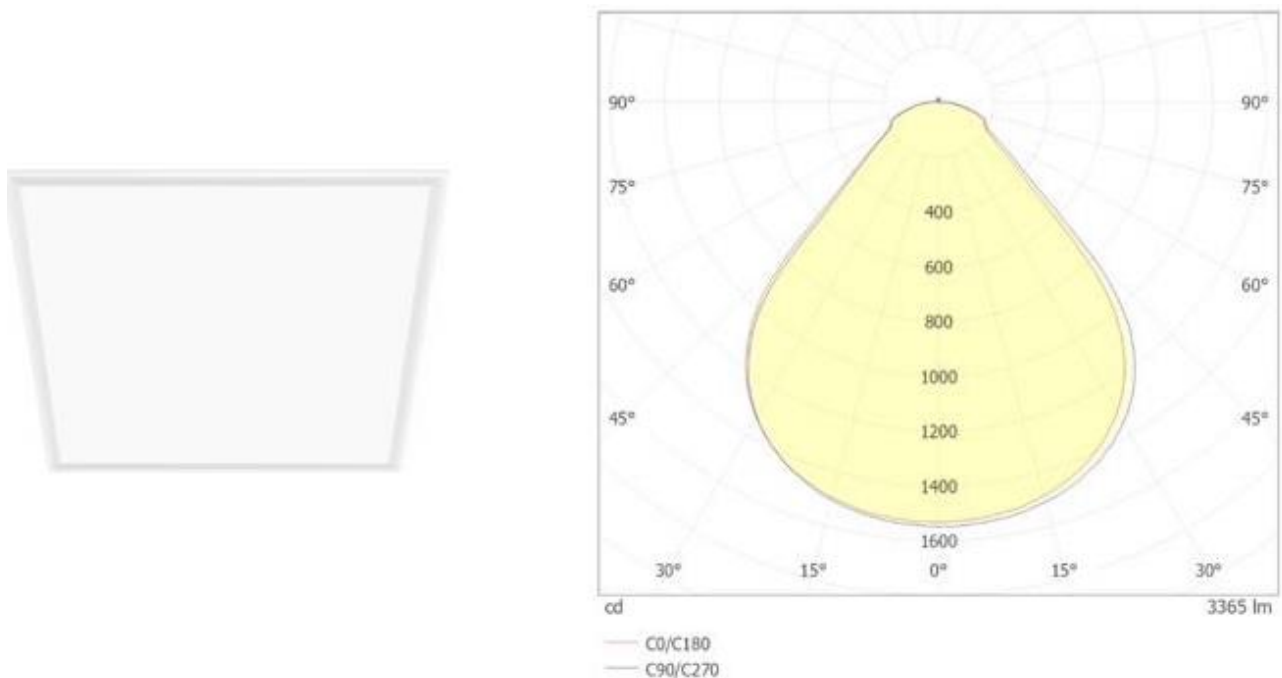


Рисунок 2.3 – Візуальний вигляд джерела світла типу *OTIS-60604040N* та КСС

Базові світлотехнічні характеристики освітлювального джерела світла *OTIS-60604040N* :

- Світловий потік 4121 лм;
- Потужність 40 Вт;
- Світлова ефективність 103 лм/Вт;
- Температура кольору 4000 К;
- Вид ККС — Д (косинусна);
- Клас захисту від пилу та вологи IP-20;
- Ступінь захисту від механічних ударів IK-02;
- Індекс кольоропередачі 80 (R_a);

- Робоча напруга 230 В.

Освітлення коридорів, туалету, складських та інструментальних приміщень у проєктованій системі освітлення прийнято світильники типу **RIMO-3730** [6]. Даний тип світильників доцільно використовувати у допоміжних та технічних приміщеннях завдяки їх надійності, достатньому рівню освітленості та економічності в експлуатації.

Для системи освітлення обрано світильника потужністю 37 Вт зі світловим потоком 3488 лм. Вибір саме цього світильника обумовлений його високими показниками енергоефективності, хорошою світло віддачою, а також можливістю формувати помірний розподіл світлової енергії в приміщеннях різного функціонального призначення.

Застосування світильників типу **RIMO-3730** у коридорах забезпечує комфортні умови пересування та належний рівень освітленості шляхів евакуації. У туалеті і складських приміщеннях дані світильники створюють достатнє освітлення для безпечної та зручної експлуатації приміщень, а також характеризуються тривалим терміном служби та низьким рівнем енергоспоживання.

На рисунку 2.4 наведено загальний вигляд світильника **RIMO-3730** та криву сили світла.

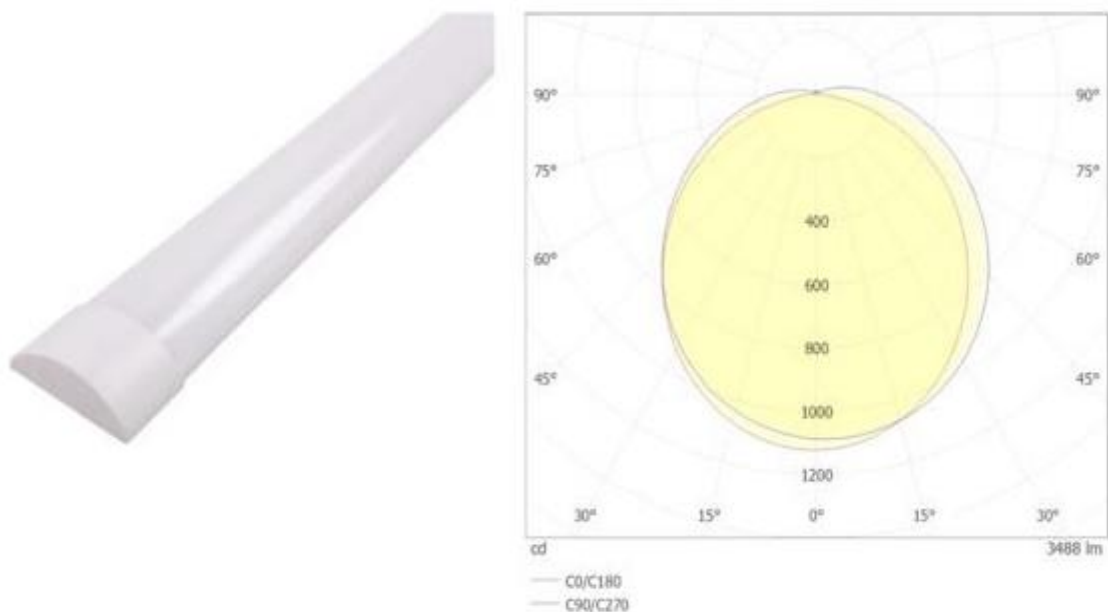


Рисунок 2.4 – Візуальний вигляд джерела світла типу **RIMO-3730** та КСС

Базові світлотехнічні характеристики освітлювального джерела світла *RIMO-3730* :

- Світловий потік 3488 лм;
- Потужність 37 Вт;
- Світлова ефективність 93,4 лм/Вт;
- Температура кольору 3000 К;
- Вид КСС — Д (косинусна);
- Клас захисту від пилу та вологи IP-40;
- Ступінь захисту від механічних ударів IK-02;
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a);
- Робоча напруга 230 В.

У системі аварійного освітлення для коридорів використовується світловий прилад типу **LYR160** [7] (рис. 2.5), що відповідно до норм дає необхідний рівень освітленості евакуаційних шляхів за аварійних відключень електроенергії та дозволяє безпечно експлуатувати будівлю у даних ситуаціях, та використаємо світловий показник типу **ДБО02ВСП** для позначення евакуаційних шляхів [8] (рис. 2.6).

На рисунку 2.5 наведено загальний вигляд світильника *LYR160* та криву сили світла.

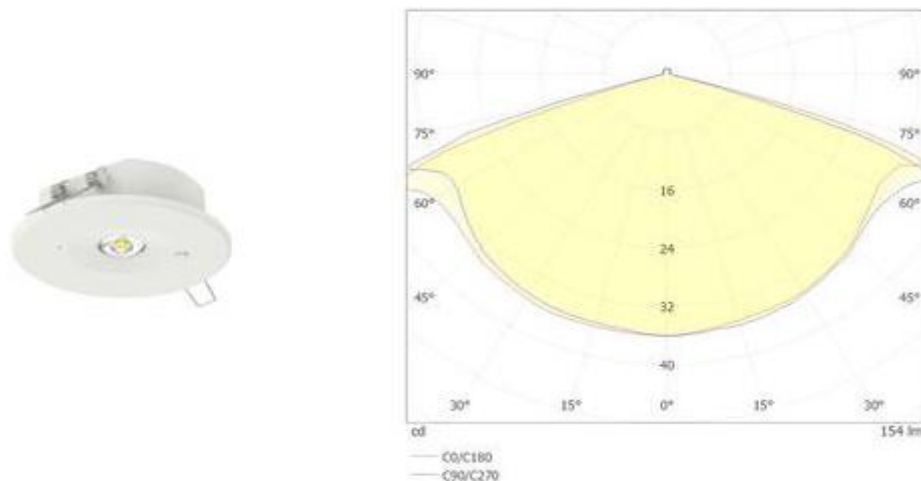


Рисунок 2.5 – Візуальний зображення джерела світла виду *LYR160* та КСС

Базові світлотехнічні характеристики освітлювального джерела світла *LYR160* :

- Світловий потік 154 лм;

- Потужність 1,4 Вт;
- Світлова ефективність 110 лм/Вт;
- Температура кольора 6000 К;
- Клас захисту від пилу та вологи IP-20;
- Ступінь захисту від механічних ударів IK-02;
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a);
- Робоча напруга 230 В.

Для Щоб позначити евакуаційні шляхи обраємо світловий покажчик типу *ДБО02ВСП* (рис. 2.6). Він застосовується для забезпечення видимості інформаційних покажчиків та знаків евакуації у штатному й аварійному режимах. Світильник може працювати автономно в умовах надзвичайної ситуації протягом щонайменше трьох годин, що є прийнятним згідно з вимогами до освітлення в евакуаційних умовах.

На рисунку 2.6 показано візуальний зображення джерела *ДБО02ВСП* та КСС.



Рисунок 2.6 – Візуальний зображення джерела світла типу *ДБО02ВСП*

Базові світлотехнічні характеристики освітлювального джерела світла типу *ДБО02ВСП* :

- Потужність 6 Вт.
- Температура кольора 6400 К.
- Клас захисту від пилу та вологи IP-65.
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a).
- Робоча напруга 230 В.
- Вид КСС — Д (косинусна).

Для освітлення об'єкта обрано три базові моделі світлодіодних світильників: *OTIS-30603040N*, *OTIS-60604040N* та *RIMO-3730*. Систему аварійного та евакуаційного освітлення реалізовано на базі моделей *LYR160* та показчиків ДБО02ВСП.

Джерела світла виду *OTIS-30603040N* прийнято для бібліотеки, харчоблоку та архівного приміщення, оскільки вони мають високу світло віддачу, є економічними та здатні забезпечити нормативні параметри освітленості. Для навчальних кабінетів, учительської та кабінету директора вибрано джерела світла типу *OTIS-60604040N*, вони гарантують рівномірний розподіл світлового потоку та комфортне зорове середовище, що повністю відповідає посиленним вимогам для зальних приміщень шкіл.

Для коридорів, санітарних вузлів, складських та інструментальних приміщень застосовано світильники типу *RIMO-3730*, що вирізняються надійною роботою, належним рівнем освітлення та енергоефективністю.

Для організації безпечної евакуації людей під час виникнення надзвичайної ситуації в коридорах школи передбачено встановлення джерел світла виду *LYR160*, які входять до системи аварійного освітлення. Вони забезпечують нормативний рівень освітленості евакуаційних шляхів у випадку відключення основного електроживлення, що дає змогу безпечно орієнтуватися в просторі будівлі та здійснювати евакуацію.

Поблизу евакуаційних виходів із будівлі передбачено монтаж аварійних світлових показчиків типу ДБО02ВСП. Вони використовуються для позначення напрямку евакуації та забезпечують зрозумілу візуальну орієнтацію у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Застосування таких показчиків узгоджується з вимогами нормативної документації щодо безпечної евакуації людей із закладів освіти.

Всі обрані світильники відповідають сучасним вимогам до систем освітлення громадських і навчальних будівель, володіють значним терміном експлуатації та високими параметрами енергоефективності та забезпечують нормативні параметри освітлення у приміщеннях школи. Використання світлодіодних світильників у проєктованій системі освітлення дає змогу

зменшити енергоспоживання та підвищити рівень енергетичної ефективності об'єкта та створити комфортні й сприятливі та безпечні умови для здобувачів освіти і працівників навчального закладу.

2.4 Обчислення коефіцієнта запасу та висоти розміщення джерел світла для системи освітлення

Під час проєктування системи освітлення навчальних приміщень важливим етапом є визначення коефіцієнта запасу та оптимальної висоти встановлення світильників. Ці параметри безпосередньо мають суттєвий вплив на підтримання встановленого рівня освітленості протягом строку служби освітлювального обладнання. У процесі роботи системи освітлення світлотехнічні характеристики джерел світла та світильників поступово погіршуються, що призводить до зниження освітленості робочих поверхонь. Для компенсації цього явища при виконанні світлотехнічних розрахунків вводиться коефіцієнт запасу, який враховує можливе зменшення світлового потоку та інші експлуатаційні фактори. Зниження ефективності роботи освітлювальної системи зумовлене такими основними причинами:

1. Поступовим зниженням світлового потоку ламп унаслідок їх старіння;
2. Виходом окремих джерел світла з ладу протягом експлуатаційного періоду;
3. Забрудненням оптичних елементів світильників;
4. Накопиченням пилу та забруднень на світло-пропускних поверхнях ламп;
5. Зменшенням ефективності світильників через старіння матеріалів, зокрема відбивачів і розсіювачів (особливо полімерних).

Зазначені фактори враховуються під час світлотехнічних розрахунків шляхом введення коефіцієнта запасу K_3 , який відповідає міжнародному коефіцієнту експлуатації (Maintenance Factor), прийнятому Міжнародною комісією з освітлення, коефіцієнт запасу рахується по формулі [7,8,9]:

$$K_3 = \frac{1}{MF}, \quad (2.1)$$

При виконанні світлотехнічних обчислень коефіцієнт експлуатації знаходять по формулі [7,8,9]:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF , \quad (2.2)$$

LLMF – даний показник відображає спад світлової енергії джерела світла;

LSF – величина, яка враховує кількість джерел світла, встановлених у кімнаті та що працюють у ній;

LMF – параметр експлуатаційної роботи даного джерела світла;

RSMF – параметр, який відображає ефективність використання поверхонь у приміщенні

Показник LLMF та LSF рахується за даними таблиці В4 (стор. 61) [2]. Для світлодіодних джерел світла з ресурсом 50 000 годин приймаємо що; LLMF = 0,85; LSF = 1.

Для визначення показників LMF та RSMF потрібно врахувати такі параметри, як коефіцієнти відбивання поверхонь, ступень чистоти об'єкта, тип світлорозподілу світильників, а також рівень захисту від пилу та вологи. Відповідно до таблиці В1 (стор. 58) [2] встановлюється ступень чистоти об'єкта. Усі кабінети умовно діляться на дві групи. До групи один відносим – нормальні приміщень Normal (N) – до них належать: інструментальне приміщення, коридори, туалет та складське приміщення. До другої групи відносим – чисті приміщень Clean (C) – до них належать: навчальні класи, бібліотека, архів, харчоблок, кабінет директора та учительська.

Планове технічне обслуговування світильників здійснюється з періодичністю один раз на рік, для поверхонь приміщення – кожні три роки.

Відповідно до таблиці В3 [2], джерела світлу типу *OTIS-60604040N*, *OTIS-30603040N* і *LYR160*, з індексом захисту IP20 належать до типу D, джерела світла типу *RIMO-3730* та *ДБО02ВСП* з індексом захисту IP40 підходять до складу типу E.

Враховуючи відбиваючий коефіцієнт для поверхонь (стеля – 0,7; стіни – 0,5; підлога – 0,3), за поданими значеннями в таблиці В5 і В6 можемо визначити значення коефіцієнтів RSMF і LMF для шуканих приміщень:

- нормальні приміщення (N) з D світильниками: RSMF = 0,9; LMF = 0,82;
- нормальні приміщення (N) з E світильниками RSMF = 0,9; LMF = 0,9;
- чисті приміщення (C) з D світильниками: – RSMF = 0,94; LMF = 0,88;
- чисті приміщення (C) з E світильниками: E – RSMF = 0,94; LMF = 0,94.

Значення коефіцієнта експлуатації і коефіцієнта запасу обчислюються по формулі (2.2) та (2.1) :

Для просторів класу Normal (N) передбачено застосування джерел світла класу D.

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 0,9 = 0,63$$

$$K_z = \frac{1}{0,63} = 1,59$$

Для просторів класу Normal (N) передбачено застосування джерел світла класу E.

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,69$$

$$K_z = \frac{1}{0,69} = 1,45$$

Для просторів класу Clean (C) передбачено застосування джерел світла класу D.

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 0,94 = 0,71$$

$$K_z = \frac{1}{0,71} = 1,41$$

Для просторів класу Clean (C) передбачено застосування джерел світла класу E.

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,94 = 0,75$$

$$K_3 = \frac{1}{0,71} = 1,3$$

Результати, отримані шляхом розв'язання прикладів вписуємо у таблицю 2.2.

Крім урахування коефіцієнта запасу, значним показником світлотехнічного розрахунку є визначення висоти встановлення світильників. Правильно обрана висота їх розміщення забезпечує нормальний розподіл світлової енергії, мінімізує утворення зон недостатньої освітленості та сприяє досягненню нормативних показників якості освітлення в навчальному приміщенні.

Узагальнені геометричні характеристики приміщень (висота, довжина, ширина та площа) представлено в таблиці 1.1. Ці вихідні дані слугують основою для подальшого обчислення розрахункової висоти h_p .

Висота монтажу світильників над робочою площиною приймається як відстань між світильником і горизонтальною поверхнею, до неї встановлюються вимоги щодо освітленості і рахується по формулі [7,8,9]:

$$h_p = h - h_{\Pi} - h_{p,\Pi}, \quad (2.3)$$

h – висота приміщення;

h_{Π} – відстань від стелі до низу світної поверхні, або висота підвісу;

$h_{p,\Pi}$ – висота на якій нормується освітленість, тобто площа парти, підлога тощо.

Висота об'єктів школи, за винятком харчоблоку, становить 3,5 м, тоді як висота харчоблоку зменшена до 3,0 м, що зумовлено його функціональним призначенням.

На зального плану школи, який включає перший та другий поверх, визначено 21 функціональний об'єкт. Посилаючись на ДБН В.2.5-28;2018 для кожного типу приміщень регламентовані показники освітленості, висоти стель, типи робочих поверхонь та особливі умови експлуатації, які зіставленні у таблицю 2.1.

Розміри для висоти підвісу h_{π} отримуємо з габаритних значень, знайдених у відповідному каталозі.

- для джерел світла типу RIMO 3730 – $h_{\pi} = 0,024$ м;
- для джерел світла типу OTIS 30603040N – $h_{\pi} = 0,032$ м;
- для джерел світла типу OTIS 60604040N – $h_{\pi} = 0,032$ м.

Шляхом підстановки числових значень параметрів h , та h_n у формулу (2.3) визначемо розрахункову висоту встановлення світильників. Приклад обчислення наведено для типового навчального кабінету. Для них, згідно з табл. 2.1, висоту робочої поверхні прийнято рівною $h_{p.n.} = 0,8$ м:

$$h_p = 3,5 - 0,032 - 0,8 = 2,668 \text{ м.}$$

Для інших приміщень значення h_p визначається за аналогічною зразком.

Результати обчислент наведено в таблиці 2.2.

№ на плані	Назва кабінета	Тип світлових приладів	MF	Кз	h _{рп} , м.	h _п , м.	h _р , м.
Перший поверх							
1	Коридор № 1	RIMO3730	0,69	1,45	0	0,024	3,476
2	Харчоблок	OTIS30603040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,168
3	Туалет	RIMO3730	0,63	1,59	0	0,024	3,476
4	Коридор № 2	RIMO3730	0,69	1,45	0	0,024	3,476
5	Інструментальне приміщення	RIMO3730	0,63	1,59	0,8	0,024	2,676
6	Навчальне приміщення №1	OTIS60604040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
7	Бібліотека	OTIS30603040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
8	Навчальне приміщення №2	OTIS60604040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
9	Навчальне приміщення №3	OTIS60604040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
10	Навчальне приміщення №4	OTIS60604040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
11	Навчальне приміщення №5	OTIS60604040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668

Другий поверх							
12	Коридор № 3	RIMO3730	0,69	1,45	0	0,024	3,476
13	Коридор № 4	RIMO3730	0,69	1,45	0	0,024	3,476
14	Архів	RIMO3730	0,75	1,3	1	0,024	2,476
15	Учительський кабінет	OTIS30603040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
16	Навчальне приміщення №6	OTIS60604040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
17	Складське приміщення	RIMO3730	0,63	1,59	0,8	0,024	2,676
18	Навчальне приміщення №7	OTIS60604040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
19	Навчальне приміщення №8	OTIS60604040 N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
20	Навчальне приміщення №9	OTIS60604040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668
21	Кабінет директора	OTIS30603040N	0,71	1,41	0,8	0,032	2,668

Таблиця 2.2 – Результати обрахунків розрахункової висоти встановлення джерел світла, а також коефіцієнтів експлуатації та запасу для всіх об’єктів школи

2.5 Світлотехнічний розрахунок освітлення шкільних приміщень за методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Для забезпечення нормативних показників освітленості робочих зон у шкільних приміщеннях необхідно визначити оптимальну кількість світильників. Розрахунок виконується із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку. Основна формула для визначення рівня освітленості E виглядає наступним чином [7,8,9]:

$$E = \frac{N \cdot \Phi \cdot U}{S \cdot K_3 \cdot z}, \quad (2.4)$$

де:

- N — вся кількість освітлювальних приладів у приміщенні;
- Φ — світловий потік джерела світла для одного світильника;
- U — коефіцієнт застосування світлової енергії;

- S — площа досліджуваного об'єкта, щодо якого здійснюється розрахунок;
- K_3 — коефіцієнт запасу.
- z — коефіцієнт найменшою освітленості, який у розрахунках середнього рівня освітленості не враховується.

Розрахунок коефіцієнта використання здійснюється за аналітичною формулою [8,10]:

$$U = n_{\text{СП}} \cdot n_{\text{П}}, \quad (2.5)$$

де $n_{\text{СП}}$ — коефіцієнт світлотехнічної ефективності світильника;

$n_{\text{П}}$ — ККД об'єкта;

Прийнявши, що для світлового приладу із заданим світловим потоком $n_{\text{СП}} = 1$, з урахуванням цього, вираз (2.5) набуває такого вигляду:

$$U = n_{\text{П}}, \quad (2.6)$$

На рис. 2.1 наведено залежності коефіцієнта використання світлового потоку U для світильників з різними КСС та коефіцієнтами відбиття поверхонь стелі, стін і підлоги (0,7; 0,5; 0,3 відповідно) залежно від індексу приміщення i . [10,11]. Значення індексу визначається за геометричними параметрами площі S , при заданих довжині A , ширині B та розрахованій висоті приміщення h_p розраховується по формулі [7,8,9]:

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (2.7)$$

Розрахунок індексу приміщення виконаємо на прикладі навчального приміщення № 9 відповідно до по-поверхового плану будівлі школи:

Для виконання розрахунку використовуємо дані приміщення № 9, наведені в таблицях 1.1 та 2.2:

$$A = 8,54 \text{ м};$$

$$B = 6,05 \text{ м};$$

$$S = 51,66 \text{ м}^2;$$

$$h_p = 2,668 \text{ м}.$$

Визначимо значення індексу приміщення:

$$i = \frac{51,66}{2,668 \cdot (8,54 + 6,05)} = 1,33$$

У випадку об'єктів складної форми, таких як Г-подібні коридори, індекс приміщення вираховується за відповідною формулою для непрямокутних об'єктів [7,8]:

$$i = 0,47 \cdot \frac{\sqrt{S}}{h_p}, \quad (2.8)$$

Виконаємо розрахунок індексу приміщення для коридору №1, який має складною конфігурацією:

$$S = 77,96 \text{ м}^2;$$

$$h_p = 3,476 \text{ м}.$$

$$i = 0,47 \cdot \frac{\sqrt{77,96}}{3,476} = 1,2$$

За вище наведеним прикладом проведемо обрахунок для всіх інших освітніх приміщень. Отримані результати вносимо у зведену таблицю 2.3.

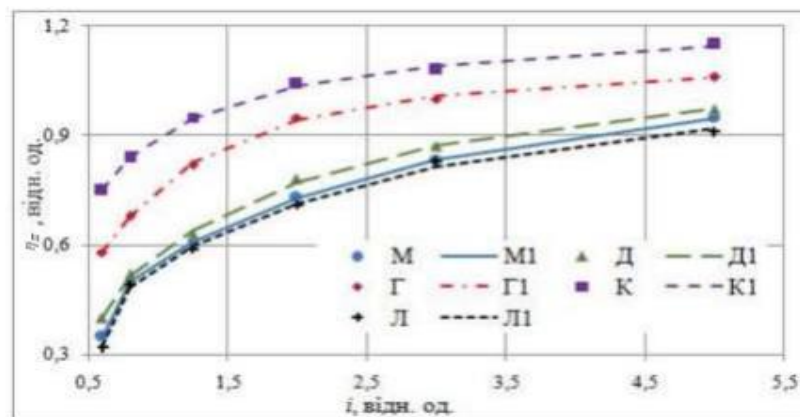


Рисунок 2.7 – Графік зміни коефіцієнта використання світлового потоку залежно від геометричної величини індексу приміщення

Щоб врахувати геометричні параметри приміщення та відбивні властивості його поверхонь (підлоги і стін та стелі), визначимо коефіцієнт використання за формулою [11]:

$$U_{(i)} = \frac{a_0}{i^3} + \frac{a_1}{i^2} + \frac{a_2}{i} + a_3, \quad (2.9)$$

де a_0, a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти, розрахунок які отримано з використанням методу найменших квадратів (рис. 2.8).

Тип КСС	a_0	a_1	a_2	a_3	Відносна максимальна похибка, %
М	-0,312	1,014	-1,317	1,172	0,80
Д	-0,177	0,663	-1,067	1,160	1,70
Г	0,040	-0,036	-0,384	1,137	1,04
К	-0,050	0,202	-0,487	1,233	0,90
Л	-0,298	0,944	-1,229	1,129	2,97

Рисунок 2.8 – Результати розрахунку коефіцієнтів апроксимації [11]

Обчислення коефіцієнта використання для приміщення № 9 виконується на основі виразу (2.9). При цьому враховано, що в кімнаті встановлено світильники з косинусною КСС типу Д, а індекс приміщення розрахований вище:

$$U = \frac{-0,177}{1,33^3} + \frac{0,663}{1,33^2} + \frac{-1,067}{1,33} + 1,160 = 0,657$$

Коефіцієнт використання для коридору № 1 визначено з урахуванням того, що в цьому приміщенні передбачено встановлення освітлювальних приладів типу Д із косинусною кривою сили світла:

$$U = \frac{-0,177}{1,2^3} + \frac{0,663}{1,2^2} + \frac{-1,067}{1,2} + 1,160 = 0,628$$

Розрахунок коефіцієнта використання світлового потоку для решти приміщень школи виконується за аналогічним алгоритмом, а розраховані значення внесено до зведеної таблиці 2.3.

При обчисленні на середню освітленість цього коефіцієнта з ми враховувати не будемо. Використовуючи базову формулу (2.4) та виконавши її математичне перетворення, отримуємо вираз для розрахунку необхідної кількості світильників у приміщенні. На основі визначеної кількості світильників надалі розраховується розрахункова освітленість, що дозволяє перевірити відповідність системи освітлення нормативним вимогам. Необхідна кількість світильників розраховується по формулі:

$$N = \frac{E_c \cdot S \cdot K_3}{\Phi \cdot U}, \quad (2.10)$$

Усі вихідні дані для визначення кількості світильників розраховані вище або наведені в таблицях 1.1 та 2.2. Значення світлового потоку прийнято відповідно до типу освітлювального приладу є в описі до цього світильника, обраного для конкретного приміщення. Нижче наведено приклад розрахунку за методом коефіцієнту витання світлового потоку для визначення кількості світильників для коридору № 1, розрахункову освітленість та відхилення розрахункової освітленості від нормативного значення освітленості у відсотках :

$$N = \frac{100 \cdot 77,96 \cdot 1,45}{3488 \cdot 0,628} \approx 5,16 = 5$$

$$E_{\text{роз}} = \frac{5 \cdot 3488 \cdot 0,628}{77,96 \cdot 1,45} = 96,88 \text{ лк.}$$

Процентне відхилення між розрахованим і нормованим значеннями освітленості розраховується по формулі:

$$\Delta E = \frac{E_p - E_n}{E_n} \cdot 100\% \quad (2.11)$$

$$\Delta E = \frac{96,88 - 100}{100} \cdot 100\% = -3,12 \%$$

що вважається допустимим, адже відносна різниця освітленості повинна перебувати в межах $-10\dots+20 \%$.

Розглянемо порядок обчислень на прикладі ще одного об'єкта — приміщення №9 :

$$N = \frac{400 \cdot 51,66 \cdot 1,41}{4121 \cdot 0,657} \approx 10,76 = 11$$

$$E_{\text{роз}} = \frac{11 \cdot 4121 \cdot 0,657}{51,66 \cdot 1,41} = 408,87 \text{ лк.}$$

Процентне відхилення між розрахованим і нормованим значеннями освітленості розраховується по формулі:

$$\Delta E = \frac{408,87 - 400}{400} \cdot 100\% = 2,21 \%$$

що вважається допустимим, адже відносна різниця освітленості повинна перебувати в межах $-10\dots+20 \%$.

Аналогічні обчислення виконано для решти приміщень навчального закладу. Усі одержані результати зведено в таблицю 2.3, де зазначено кількість світильників, розрахункову освітленість, а також її відхилення розрахункової освітленості від нормативного значення освітленості у відсотках.

№ згідно з планом будівлі школи.	Назва об'єкта.	Тип світлових приладів.	i	U	N	Ероз, лк.	ΔE , %
Перший поверх							
1	Коридор № 1	RIMO3730	1,2	0,628	5	96,88	-3,12
2	Харчоблок	OTIS30603040N	1,41	0,673	6	195,42	-2,29
3	Туалет	RIMO3730	0,52	0,318	3	137,86	8,1
4	Коридор № 2	RIMO3730	0,55	0,347	2	100,44	0,44
5	Інструментальне приміщення	RIMO3730	0,44	0,262	2	183,82	-8,09
6	Навчальний кабінет №1	OTIS60604040N	0,92	0,556	6	409,84	2,46
7	Бібліотека	OTIS30603040N	0,89	0,547	6	291,47	-2,84
8	Навчальний кабінет №2	OTIS60604040N	0,88	0,543	6	434	8,5
9	Навчальний кабінет №3	OTIS60604040N	1,33	0,657	11	408,87	2,12
10	Навчальний кабінет №4	OTIS60604040N	1,33	0,657	11	408,87	2,12
11	Навчальний кабінет №5	OTIS60604040N	1,33	0,657	11	408,87	2,12
Другий поверх							
12	Коридор № 3	RIMO3730	0,68	0,461	7	103,25	3,25
13	Коридор № 4	RIMO3730	0,55	0,347	2	100,44	0,44
14	Архів	RIMO3730	0,48	0,262	1	112,47	12,47
15	Учительський кабінет	OTIS30603040N	0,92	0,556	6	277,96	-7,34
16	Навчальний кабінет №6	OTIS60604040N	1,1	0,604	8	401,66	0,41
17	Складське приміщення	RIMO3730	0,52	0,301	1	143,54	-4,3
18	Навчальний кабінет №7	OTIS60604040N	1,33	0,657	11	408,87	2,12
19	Навчальний кабінет №8	OTIS60604040N	1,33	0,657	11	408,87	2,12
20	Навчальний кабінет №9	OTIS60604040N	1,33	0,657	11	408,87	2,12
21	Кабінет директора	OTIS30603040N	0,75	0,496	6	325,02	8,34

Таблиця 2.3 – Підсумкові результати світлотехнічного розрахунку приміщень по методу коефіцієнта використання світлової енергії

2.6 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень школи у програмі DIALux

Для досягнення більшої точності результатів і комплексної оцінки якості освітлення доцільно використовувати спеціалізовані програмні комплекси світлотехнічного моделювання. Однією з найбільш поширених програм у даній галузі є DIALux, яка дозволяє виконувати тривимірне моделювання приміщень, здійснювати детальний аналіз параметрів освітлення та перевіряти відповідність проєктних рішень вимогам чинних нормативних документів.

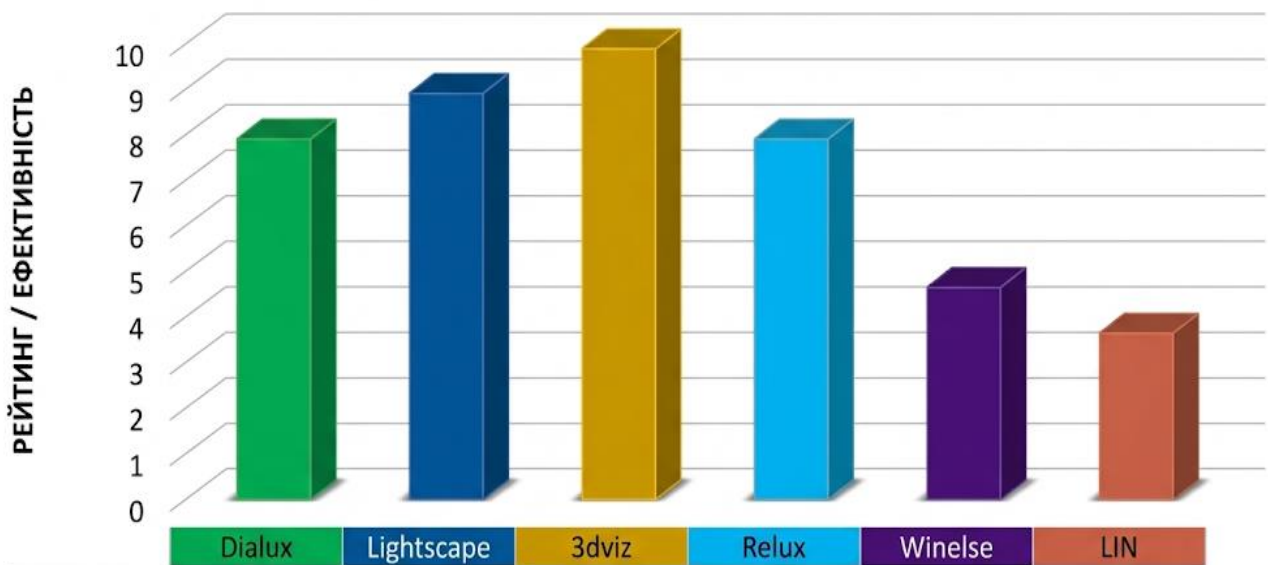


Рисунок 2.9 – Порівняльний аналіз програмного забезпечення для світлотехнічного проєктування [8].

З метою більш детальної перевірки результатів світлотехнічного розрахунку подальше моделювання системи освітлення виконується у програмному середовищі DIALux.

За допомогою програмного комплексу DIALux буде виконано розрахунок основних світлотехнічних параметрів, зокрема середньої освітленості горизонтальної робочої поверхні, показника дискомфорту (UGR). Також буде проведено аналіз системи аварійного освітлення для перевірки забезпечення нормативних [2] умов безпечної евакуації людей у разі виникнення аварійних ситуацій.

2.6.1 Розрахунок середньої освітленості робочих поверхонь навчальних та допоміжних приміщень школи

Як об'єкт дослідження обрано приміщення харчоблоку (на плані креслення позначене як приміщення №2), яке належить до приміщень з постійним перебуванням людей та потребує забезпечення нормативних показників освітленості для безпечного і комфортного виконання робіт. На прикладі даного приміщення буде продемонстровано послідовність створення моделі, налаштування параметрів освітлення та аналіз отриманих результатів в програмі DIALux.

Крок 1: на початковій стадії проектування в DIALux створюється тривимірна модель приміщення харчоблоку із зазначенням його реальних габаритів та висоти розташування робочої площини (рис. 2.10).

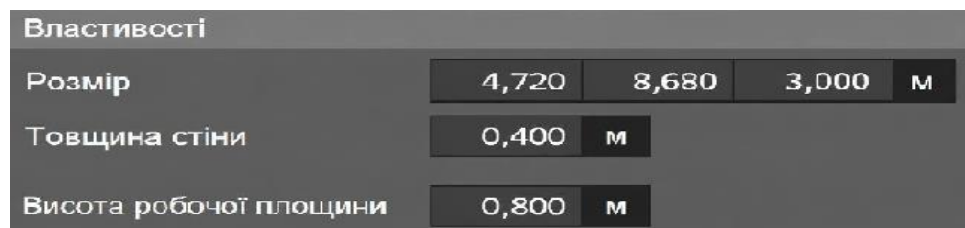


Рисунок 2.10 – Введення геометричних параметрів приміщення харчоблоку

Крок 2: далі здійснюється перехід до вкладки «Технічне обслуговування», де фіксується розрахунковий коефіцієнт експлуатації (рис. 2.11).

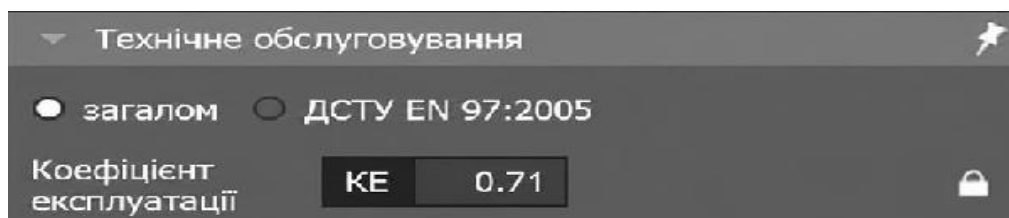


Рисунок 2.11 – Вводимо розрахункове значення коефіцієнта експлуатації

Крок 3: для забезпечення відповідності санітарним нормам, у вікні «Активний ефективний профіль» обирається категорія, пов'язана з обробкою харчових продуктів та приготуванням їжі. Це дозволяє системі в автоматичному режимі встановити цільові рівні горизонтальної освітленості (рис. 2.12).

Активний ефективний профіль	
Зона	заклади загальної середньої освіти - школи...
Застосування	шкільні їдальні

Рисунок 2.12 – Вибір категорії приміщення

Крок 3: підготовка моделі є призначення індивідуальних коефіцієнтів відбиття для внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій у меню «Матеріали» (рис. 2.13).

Змінити коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення		
Стеля	70.0	%
Стіни	50.0	%
Підлога	30.0	%

Рисунок 2.13 – Налаштування коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення

Крок 4: наступним кроком є робота з базою джерел світла у вкладці «Джерела світла». Програма дозволяє імпортувати обраний на етапі попередніх розрахунків тип освітлювального приладу, адаптований для використання в приміщеннях громадського харчування (рис. 2.14).

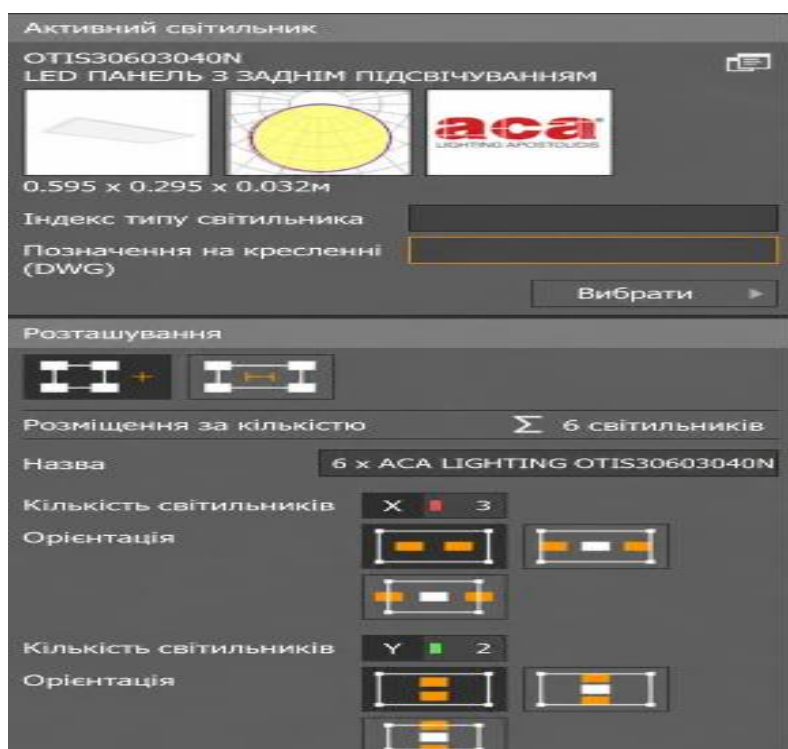


Рисунок 2.14 – Вибір та параметри світильника для приміщення харчоблоку

Крок 5: далі відкриваємо вкладку "Розрахунок приміщення" та ініціюємо обчислювальний процес. На основі отриманих даних виконується візуалізація розподілу світлового потоку: на план приміщення додаються лінії рівної освітленості (ізолінії) та відображаються точкові числові показники освітленості (рис. 2.15).



Рисунок 2.15 – Розподіл ізолюксів на розрахунковій площині харчоблоку.

Результати світлотехнічного розрахунку освітлення приміщення №2 (харчоблок) подано нижче:

Середнє значення освітленості: 211 лк;

Мінімальне значення освітленості: 129 лк;

Максимальне значення освітленості: 265 лк;

Відношення найменшого значення освітленості до середнього значення: 0,61.

Похибка між розрахованим та нормованим рівнями освітленості становить:

$$\Delta E = \frac{211 - 200}{200} \cdot 100\% = 5,5 \%$$

що вважається допустимим, адже відносна різниця освітленості повинна перебувати в межах $-10...+20 \%$.

Як ще один приклад, наведено розрахунок світлотехнічного освітлення для приміщення № 9, виконаний у програмі DIALux. Цей вибір зумовлений тим, що

більшу частину функціональних приміщень школи становлять саме навчальні кабінети, загальна кількість яких складає 9 одиниць.

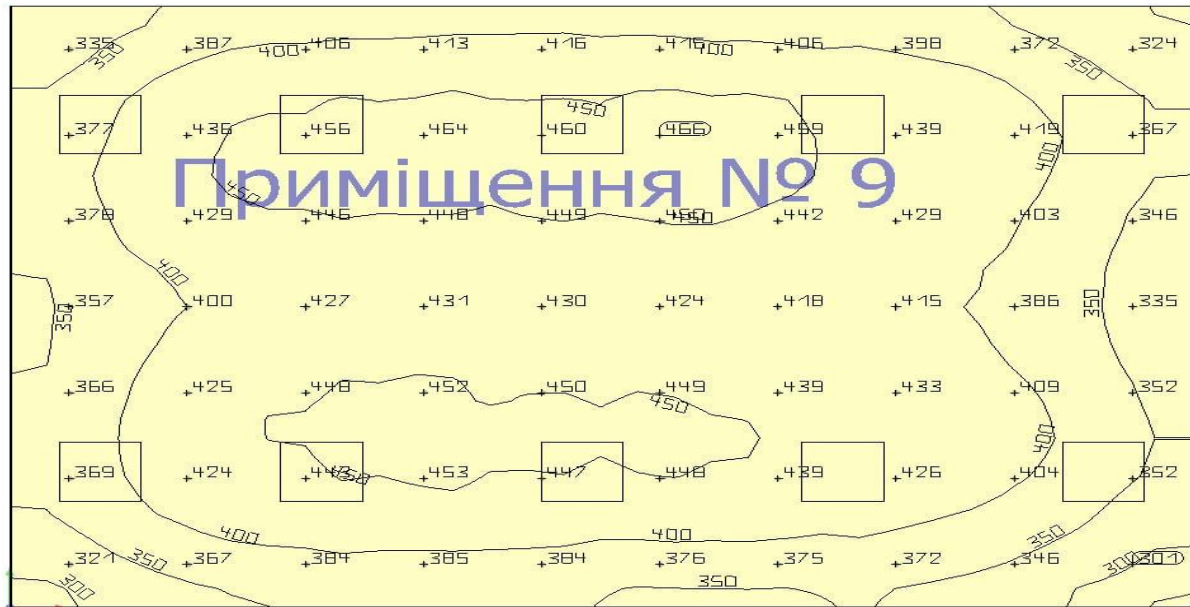


Рисунок 2.16 – Розподіл ізолюксів на розрахунковій площині навчального приміщення № 9.

Результати світлотехнічного розрахунку освітлення приміщення №9 подано нижче:

Середнє значення освітленості: 407 лк;

Мінімальне значення освітленості: 273 лк;

Максимальне значення освітленості: 467 лк;

Відношення найменшого значення освітленості до середнього значення: 0,67.

Похибка між розрахованим та нормованим рівнями освітленості становить:

$$\Delta E = \frac{407 - 400}{400} \cdot 100\% = 1,75 \%$$

що вважається допустимим, адже відносна різниця освітленості повинна перебувати в межах $-10...+20 \%$.

Обчислення середньої освітленості для решти приміщень об'єкта здійснюється за аналогічним алгоритмом. Зведені результати цих розрахунків представлено в таблиці Додатка А.

2.6.2 Визначення показника дискомфорту

Розрахунок показника дискомфорту виконано для приміщення харчоблоку. Для цього в моделі освітлення було створено розрахункову горизонтальну UGR-площину, яка відповідає геометричним розмірам приміщення та розташована на висоті 1,2 м від рівня підлоги.

Робоча площина (Перпендикулярне освітлення)		
Середнє	Фактичне: 211 lx	Задане: ≥ 200 lx
Мінімальне	129 lx	-
Максимальне	265 lx	-
Мін./середнє	0.61	-
Мін./макс.	0.49	-
Параметри		
Висота	0.800 м	

Розрахункові поверхні 10		
Мінімальне	Фактичне: 17.9	Задане: < 10
Максимальне	17.9	≤ 19.0
Параметри		
Висота	1.400 м	
Розмір кроку	15.00 °	
Кутовий діапазон	0.00 °	
до	360.00 °	

Рисунок 2.17 – Значення дискомфорту в приміщенні харчоблоку

За результатами розрахунку отримано розподіл значень узагальненого показника дискомфорту (UGR) на зазначеній таблиці (рис. 2.17). Звідси видно що максимальне значення UGR становить 17,9.

Розрахунок дискомфорту M розраховується за формулою [1,8]:

$$M = 10^{\frac{UGR+4,8}{16}} \quad (2.12)$$

де UGR — узагальнений показник дискомфорту, що визначається за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для розрахункової точки спостереження, розташованої на висоті 1,2 м від рівня підлоги.

Підставивши числові значення у формулу (2.12), обчислимо показник дискомфорту для харчоблоку.

$$M = 10^{\frac{17,9+4,8}{16}} = 26,22 \approx 27$$

Отриманий результат перебуває в межах норми за ДБН В.2.5-28:2018, оскільки для робочого простору шкільного харчоблоку стандартне значення цього параметра становить 60. Аналогічні обчислення показника дискомфорту виконано для решти приміщень об'єкта, а отримані результати внесено до зведеної таблиці 2.8.

№ згідно з планом будівлі школи.	Назва приміщення.	М, нормоване значення за ДБН В.2.5-28:2018	Розрахункові значення за DIALux.	
			UGR	М
Перший поверх				
1	Коридор № 1	-	-	-
2	Харчоблок	60	17,9	27
3	Туалет	25	12,6	13
4	Коридор № 2	-	-	-
5	Інструментальне приміщення	40	16,9	23
6	Навчальне приміщення №1	40	17,5	25
7	Бібліотека	60	18,1	27
8	Навчальне приміщення №2	40	17,5	25
9	Навчальне приміщення №3	40	18,1	27
10	Навчальне приміщення №4	40	18,1	27
11	Навчальне приміщення №5	40	18,1	27
Другий поверх				
12	Коридор № 3	-	-	-
13	Коридор № 4	-	-	-
14	Архів	60	18,9	31
15	Учительський кабінет	40	17	24
16	Навчальне приміщення №6	40	17,5	25
17	Складське приміщення	-	-	-
18	Навчальне приміщення №7	40	18,1	27
19	Навчальне приміщення №8	40	18,1	27
20	Навчальне приміщення №9	40	18,1	27
21	Кабінет директора	40	17	24

Таблиця 2.4 – Порівняння нормованих і розрахункових значень показника дискомфорту для приміщень різного функціонального призначення при використанні штучного освітлення.

2.6.3 Розрахунок світлотехнічних показників аварійного освітлення

Проведемо розрахунок аварійного освітлення на прикладі приміщення № 12, а саме коридору № 3. Аварійні світильники розміщуються на стелі відповідно до плану, наведеного на рис. 2.18. Висота їх встановлення становить 3,5 м від рівня підлоги.

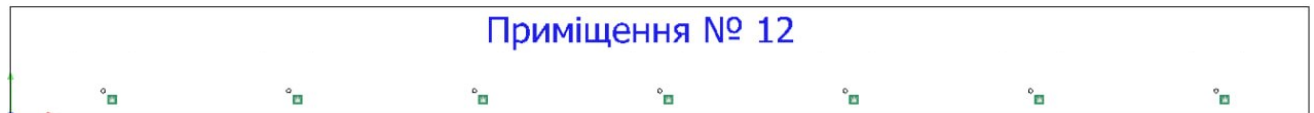


Рисунок 2.18 – План розставлення світильників мережі аварійного освітлення для коридору № 3 другого поверху

На рисунку 2.19 представлено графічне відображення розподілу ізолюксів аварійної освітленості в приміщенні коридору № 3.



Рисунок 2.19 – Ізолінії аварійної освітленості в приміщенні коридору № 3

Результатами світлотехнічного розрахунку аварійної системи освітлення є:

Середнє значення освітленості: 2,65 лк;

Мінімальне значення освітленості: 1,17 лк;

Максимальне значення освітленості: 3,25 лк;

Відношення найменшого значення освітленості до середнього значення: 0,44.

Отримані значення аварійної освітленості відповідають вимогам чинних нормативних документів [2]. Мінімальна освітленість на розрахунковій поверхні забезпечується на рівні не менше 1 лк, а нерівномірність освітлення, яка характеризується відношенням максимальної освітленості до мінімальної, не перевищує встановленого нормативами значення 40. Система аварійного освітлення гарантує безпечну евакуацію людей у випадку аварійної ситуації та відключення основного освітлення, повністю відповідаючи вимогам безпеки життєдіяльності та нормам для евакуаційного освітлення.

2.7 Висновки по розділу

2.1 У розділі наведено основні характеристики освітлювальної системи для будівлі школи з урахуванням їх функціонального призначення та вимог нормативних документів. Розглянуто критерії вибору освітлювальних установок, що дозволило сформулювати вимоги до майбутньої системи освітлення та забезпечити комфортні умови для навчального процесу.

2.2 Розрахунок освітлення виконано відповідно до чинних нормативних вимог для всіх приміщень школи. Для кожного кабінету й зони визначено цільові рівні освітленості, типи та висоту робочих поверхонь, а також враховано специфіку їхньої експлуатації.

2.3 Виконано вибір світильників для кожної робочої зони закладу. Світильники OTIS-60604040N було використано для освітлення навчальних кабінетів, світильник OTIS-30603040N було використано для освітлення кабінету директора, харчоблоку, бібліотеки, учительської, світильники RIMO-3730, а для освітлення коридорів та приміщень допоміжного персоналу.

2.4 Кожному приміщенню школи визначено коефіцієнт запасу та експлуатаційний коефіцієнт, висоту для правильного встановлення світильників та індекс кабінетів. Отримані значення дозволили врахувати особливості експлуатації освітлювальної системи та забезпечити коректне виконання наступних розрахунків світлотехнічної роботи.

2.5 За методом коефіцієнта використання потоку світла обраховано необхідний обсяг світильників для кожного приміщення закладу освіти та розраховано фактичні значення освітленості. Перевірка показала відповідність отриманих результатів чинним нормативним вимогам, а відхилення освітленості перебувають у допустимих межах.

2.6 У програмному середовищі DIALux виконано моделювання освітлювальних установок для всіх приміщень школи. Отримані результати підтверджують правильність вибору типів світильників, їх кількості та схеми розміщення, а також забезпечення нормативних значень освітленості для приміщень різного функціонального призначення.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір марки кабелів освітлювальної мережі та площі поперечного перерізу жил за умовою механічної міцності

Марку проводів освітлювальної мережі та спосіб їх прокладання необхідно вибирати відповідно до зовнішніх умов та функціонального призначення приміщень та вимог нормативних документів [13]. Експлуатація освітніх приміщень школи відбувається за нормальних умов оточуючого середовища, за умов відсутності підвищеної вологості та агресивних середовищ рекомендується застосування мідних кабелів із негорючою ізоляцією при прокладанні електричних мереж.

Відповідно до вимог ПУЕ, вибір перерізу струмовідних жил здійснюється за критеріями допустимого струмового навантаження, втрати напруги та механічної міцності. Згідно з табл. 2.1.1 ПУЕ [13], для стаціонарних освітлювальних мереж встановлено струмопровідні жил, які застосовуються в різних електричних мережах та виготовляються з різних матеріалів, а саме такі:

- при прокладанні мідних жил – 1,5 мм²;
- при прокладанні алюмінієвих жил – 2,5 мм².

Для проєктування освітлювальної мережі освітнього закладу обрано кабелі з мідними жилами перерізом від 1,5 мм², що є стандартом для сучасних громадських будівель. Порівняно з алюмінієвими аналогами, мідні провідники мають вищу електропровідність, механічну міцність, надійність контактів та триваліший термін служби.

Живлення групових ліній здійснюється кабелем марки ВВГнг-LS. Його ізоляція та оболонка з ПВХ-пластикату зі зниженим димо- й газовиділенням повністю задовольняють вимоги пожежної безпеки для навчальних закладів. Монтаж мережі передбачено прихованим способом: у будівельних конструкціях та кабельних каналах.

Саме тому розташування щитів освітлення забезпечує мінімальну довжину кабелів до світильників, що сприяє зниженню втрат напруги. Рівномірність завантаження фаз досягається раціональним групуванням споживачів, що у свою

чергу, підвищує надійність функціонування мережі та зручність її обслуговування. На основі виконаних розрахунків і згідно з рекомендаціями [12], прийнято такі кабелі марки ВВГнг-LS: трижильні — для групових ліній, п'ятижильні — для живлення щитів.

Обрані кабелі забезпечують надійну передачу електричної енергії до споживачів та відповідають вимогам щодо електричної і пожежної безпеки. Застосування кабелів марки ВВГнг-LS дозволяє підвищити рівень безпеки експлуатації освітлювальної мережі завдяки зниженому димо- та газовиділенню у випадку виникнення пожежі. Крім того, прийняті перерізи жил забезпечують пропускання розрахункових струмів навантаження без перевищення допустимого нагрівання провідників та гарантують тривалий термін експлуатації електромережі.

3.2 Розміщення щитів освітлення та формування груп навантаження

Після виконання світлотехнічного розрахунку та визначення встановленої потужності освітлювальних установок необхідно здійснити розподіл навантаження між груповими лініями та вибрати місця встановлення щитів освітлення. Правильне формування груп навантаження забезпечує надійність роботи системи освітлення, зручність її експлуатації та обслуговування, а також дозволяє раціонально використовувати кабельну продукцію та захисну апаратуру.

Групові освітлювальні лінії об'єднуються за функціональним призначенням і потужністю споживачів. Кожну групу захищає окремий автоматичний вимикач, вибраний за розрахунковим струмом. Щити освітлення розміщуються у місцях зі зручним доступом для обслуговування та ремонту, з урахуванням вимог електробезпеки, мінімізації довжини ліній та можливості подальшого розширення. Типові місця встановлення — коридори, електрощитові або технічні приміщення з необмеженим доступом.

При формуванні групових ліній також враховується рівномірність розподілу навантаження між фазами трифазної мережі, що дозволяє зменшити

перекоси напруги та підвищити ефективність роботи системи електропостачання.

Для живлення освітлювальних установок школи передбачено встановлення двох щитів освітлення — ЩО1 та ЩО2, від яких здійснюється живлення групових ліній відповідних приміщень. Місце встановлення щита ЩО1 для першого поверху обрано в коридорі № 1 поблизу харчоблоку. Таке розташування є доцільним, оскільки щит знаходиться в центральній частині поверху, що дозволяє зменшити довжину групових мереж та забезпечити рівномірний розподіл навантаження між споживачами. Для другого поверху щит ЩО2 передбачено встановити в коридорі № 3 безпосередньо над щитом першого поверху, що спрощує прокладання вертикальних стояків та монтаж електричної мережі.

Крім того, від ЩО1 та ЩО2 передбачено живлення аварійної групи освітлення (зокрема Гр. 1.a1 та Гр. 2.a1), від яких груповими лініями подаватиметься живлення на аварійні світлові прилади. Інформацію щодо груп щитів освітлення та встановленої потужності обладнання, яке живиться через цю ділянку мережі, наведено в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Групи споживачів щита ЩО1

Щит	№ групи	Споживачі, котрі підключені до даної групи приміщень	Встановлена потужність, P_p кВт
ЩО1	Гр. 1.1.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 1-2	0,439
	Гр. 1.2.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 3-6	0,499
	Гр. 1.3.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 7-8	0,420
	Гр. 1.4.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 9	0,400
	Гр. 1.5.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 10	0,400
	Гр. 1.6.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 11	0,400
	Гр. 1.a1.	Світильники аварійного освітлення евакуаційного шляху з 1-го поверху	0,0288
Разом			2,5868

Таблиця 3.2 – Групи споживачів щита ЩО2

Щит	№ групи	Споживачі, котрі підключені до даної групи приміщень	Встановлена потужність, P_p кВт
ЩО2	Гр. 2.1.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 12,21	0,439
	Гр. 2.2.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 13-15	0,291
	Гр. 2.3.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 16,17	0,394
	Гр. 2.4.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 18	0,400
	Гр. 2.5.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 19	0,400
	Гр. 2.6.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 20	0,400
	Гр. 2.a1.	Світильники аварійного освітлення евакуаційного шляху з 2-го поверху	0,026
Разом			2,35

Загальна потужність, що споживається світильниками, встановленими у приміщеннях першого та другого поверхів школи, становить 4,9368 кВт.

3.3 Електричний розрахунок групових і живильних ліній освітлення та вибір апаратів захисту по умові струмового навантаження

Для визначення розрахункових параметрів освітлювальної мережі необхідно провести обчислення струмів як на ділянках, що живлять окремі світильники, так і на магістралях, які подають живлення на розподільчі пункти. При цьому для трифазних і однофазних ліній застосовуються різні розрахункові формули [7]:

- для трифазних ліній розрахунковий струм навантаження розраховується по формулі:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (3.1)$$

де – $U_n = 400$ В – лінійна напруга;

P_p – обчислене значення встановленої потужності для всіх струмоприймачів, які отримують живлення від даної ділянки, кВт.

$\cos \varphi = 0,92$ – коефіцієнт потужності;

- обчислення величини розрахункового струму для однофазних ділянок мережі здійснюється за такою математичною формулою:

$$I_p = \frac{P_p}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (3.2)$$

де $U_\phi = 230$ В – фазова напруга.

Розрахунок виконаємо на прикладі Гр. 1.2, оскільки вона характеризується найбільшим навантаженням за потужністю. До складу цієї групи входять чотири приміщення, що живляться від щита освітлення ЩО1: туалет, коридор № 2, інструментальне приміщення та навчальний кабінет № 1.

Дані для групової лінії Гр. 1.2, яка живиться від однофазної мережі:

$P_p = 0,499$ кВт;

$\cos \varphi = 0,92$;

$U_\phi = 230$ В.

Підставляємо вихідні дані у формулу (3.2) та виконуємо розрахунок:

$$I_p = \frac{0,499 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,92} = 2,6 \text{ А}$$

Для розрахунку лінії розподільчої мережі, що забезпечує живлення щита ЩО1, скористаємося формулою (3.1). При цьому вихідними параметрами є: $\cos \varphi = 0,92$, розрахункова потужність $P_p = 2,5868$ кВт та напруга живлення, яка становить $U_\Delta = 400$ В. Підстановка цих значень дає наступний результат:

$$I_p = \frac{2,5868 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,94} = 4 \text{ А}$$

Заздалегідь для цієї ділянки обрано кабель марки $5 \times 1,5$ мм².

На основі виконаних розрахунків приймаємо такі кабелі: для групових ліній — ВВГнг-3×1,5; для ліній, що живлять щити ЩО1 та ЩО2, — ВВГнг-5×2,5. Для всіх інших ділянок обчислення проводимо за аналогічним зразком, а отримані дані заносимо в зведену таблиці 3.3.

Для захисту проєктованої електричної мережі передбачено застосування автоматичних вимикачів. Належний рівень захищеності електричної мережі від дії струмів перевантаження досягається виключно за сукупного виконання вимог поданих у виразах (3.3) та (3.4), які наведені в «Правилах улаштування електроустановок» [13]. Ці умови є обов'язковими згідно з положеннями нормативної документації та забезпечують коректне налаштування апаратів захисту. Номінальні струми спрацювання автоматичних вимикачів визначаються на основі розрахункових параметрів мережі та характеристик навантаження відповідно до вимог.

$$I_p \leq I_n \leq I_d \quad (3.3)$$

$$I_n \geq k \cdot I_p \quad (3.4)$$

де I_d – тривало допустимий струм кабелю, який визначається умовами його нагрівання. Для кабелю з трьома жилами та перерізом провідників $1,5 \text{ мм}^2$ допустиме значення струму становить 19 А , а для п'ятижильного кабелю з площею поперечного перерізу жил $2,5 \text{ мм}^2$ — 28 А ;

k – параметр, що враховує характеристики захисного апарата. Для автоматичних вимикачів, обладнаних тепловими розчеплювачами, його значення приймається рівним $1,3$.

Підставимо розрахункове значення робочого струму та параметр, який враховує характеристики захисного апарата, у формулу (3.4) та визначимо необхідне значення номінального струму автоматичного вимикача. Розрахунок виконаємо для групи Гр. 1.2. Розрахунок проводиться на прикладі даної групи, оскільки вона була обрана як базова при виконанні попередніх обчислень. У результаті отримуємо:

$$I_n \geq 1,3 \cdot 2,6 = 3,38$$

За результатом виконаного розрахунку встановлено, що перша умова (вираз 3.4) повністю задовольняє розрахованим значенням. Для підтвердження загальної надійності захисту виконаємо перевірку другої умови, підставивши отримані дані у формулу (3.3):

$$2,6 \leq 3,38 \leq 19$$

Умови (3.3) та (3.4) виконуються, тому отримані результати дають підстави вважати, що для захисту даної групи доцільно застосувати автоматичний вимикач типу ВА-2017/С 1р 4А АСКО. Обраний апарат захисту відповідає розрахунковим параметрам електричного кола та забезпечує надійний захист лінії від перевантажень і струмів короткого замикання. Аналогічний розрахунок виконується для всіх інших груп освітлювальної мережі. Отримані результати вибору автоматичних вимикачів для всіх груп споживачів подано у вигляді зведеної таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати визначення струмів навантаження та підбору апаратів захисту

ЩО	Група	Потужність групи, кВт.	I_p , А.	I_n , А.	Різновид кабелю	Захисний комутаційний апарат
Перший поверх						
ЩО1	Група 1.1.	0,439	2,1	2,73	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Група 1.2.	0,499	2,6	3,38	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 4А АСКО
	Група 1.3.	0,42	2	2,6	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Група 1.4.	0.400	1,9	2,47	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Група 1.5.	0.400	1,9	2,47	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Група 1.6.	0.400	1,9	2,47	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Група 1.а1.	0,0288	0,2	0,26	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 2А АСКО
	ЩО1	2,5868	4	5,2	ВВГнг-5х2,5	ВА-2017/С 3р 10А АСКО
Другий поверх						
ЩО2	Гр. 2.1	0,439	2,1	2,73	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.2	0,291	1,4	1,82	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.3	0,394	1,9	2,47	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.4	0.400	1,9	2,47	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.5	0.400	1,9	2,47	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.6	0.400	1,9	2,47	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 3А АСКО
	Гр. 2.а1	0,026	0,13	0,17	ВВГнг-3х1,5	ВА-2017/С 1р 2А АСКО
	ЩО2	2,35	3,6	4,68	ВВГнг-5х2,5	ВА-2017/С 3р 10А АСКО

3.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по втраті напруги

Для прикладу розглянемо розрахунок втрат напруги в освітлювальній мережі на груповій лінії Гр. 1.1, оскільки її крайній світильник знаходиться найдалі від щитка освітлення і має найбільшу довжину лінії. Втрата на напругу $\Delta U\%$ мережі для даної ділянки розраховується по формулі [8]:

$$\Delta U\% = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_i}{c \cdot S} \quad (3.5)$$

де $\sum_{i=1}^{i=n} M_i$ – загальний електричний момент навантажень на заданій ділянці освітлювальної мережі;

c – визначається типом мережі, матеріалом провідників і значенням напруги та приймає значення 72,2 для трифазних і 12,1 для двопровідних мідних проводів для мереж.

S – переріз жил кабелів, що використовуються на цій ділянці.

На рисунку 3.1 зображено графічне живлення групи 1.

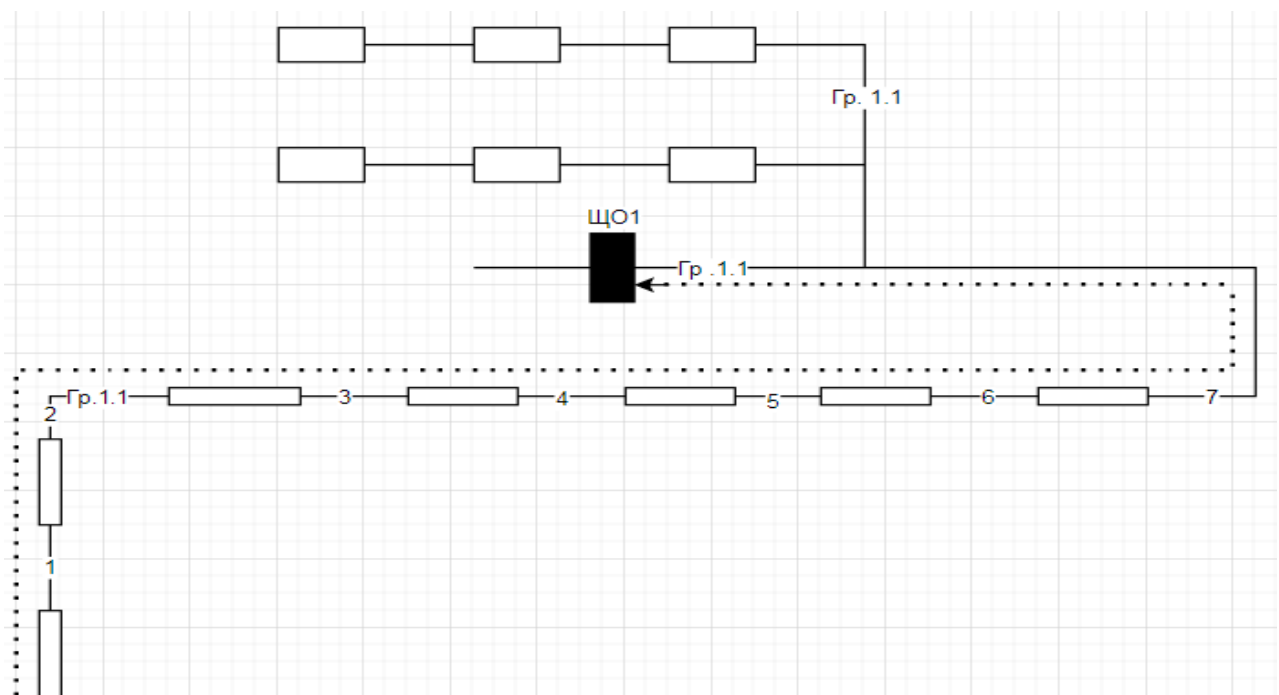


Рисунок 3.1. – Зображена графічне живлення групової лінії один-один

На основі графічної схеми групової лінії Гр. 1.1, наведеної на рисунку 3.1, побудовано розрахункову схему, яка представлена на рисунку 3.2. Саме за цією схемою виконуються подальший розрахунок для визначення моменту навантажень цієї частини освітлювальної електричної мережі:

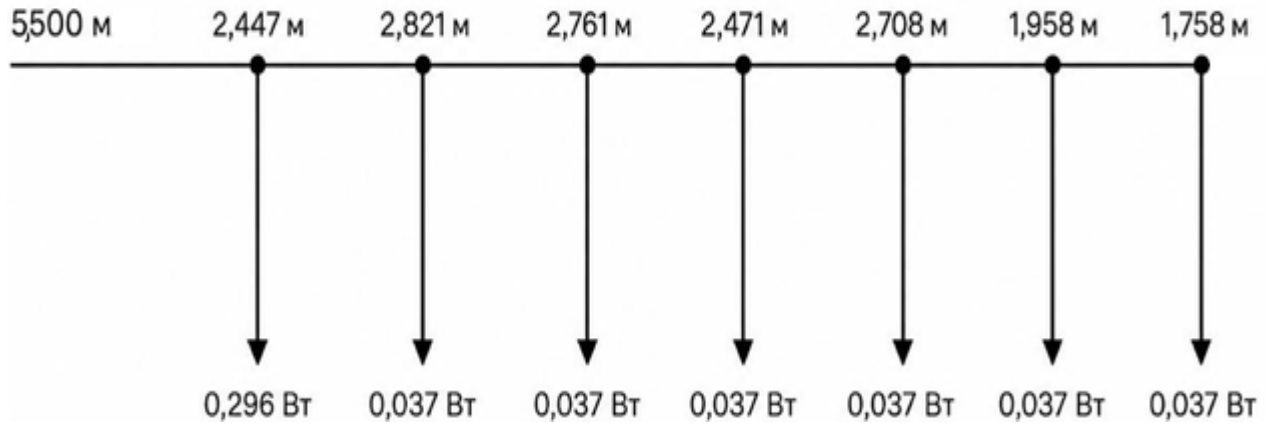


Рисунок 3.2. – Розрахункова схема живлення групової лінії один-один

Для визначення моментів навантажень на розрахунковій ділянці електричної мережі застосовується схема, зображена на рисунку 3.2. Зазначена схема відповідає конфігурації групової лінії один та враховує всі необхідні параметри для подальшого моменту навантажень даної мережі:

$$\sum_{i=1}^{i=7} M_7 = 5,5 \cdot 0,296 + 2,447 \cdot 0,037 + 2,821 \cdot 0,037 + 2,761 \cdot 0,037 + 2,471 \cdot 0,037 + 2,708 \cdot 0,037 + 1,958 \cdot 0,037 + 1,758 \cdot 0,037 = 2,3 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Підставивши значення $\sum_{i=1}^{i=n} M_i$, $c = 12,1$ та $S = 1,5 \text{ мм}^2$ у формулу (3.5), отримаємо:

$$\Delta U\% = \frac{2,3}{12,1 \cdot 1,5} = 0,126 \%$$

Для інших групових ліній розрахунок втрат напруги виконано аналогічно. Отримані результати подано в табл. 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4 – Підсумки розрахунку по втраті напрузі для групових ліній
першого поверху.

Щит	Група	Споживачі	P_p , кВт.	S мм ² .	c	$\sum_{i=1}^n M_i$ кВт· м.	$\Delta U\%$
ЩО1	Гр. 2.1.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 1-2	0,439	1,5	12,1	2,3	0,126
	Гр. 2.2.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 3-6	0,499			0,63	0,034
	Гр. 2.3.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 7-8	0,42			1,46	0,08
	Гр. 2.4.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 9	0,400			1,04	0,057
	Гр. 2.5.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 10	0,400			1,43	0,078
	Гр. 2.6.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 11	0,400			2,23	0,122
	Гр. 2.a1.	Світильники аварійного освітлення евакуаційного шляху з 1-го поверху	0,0288			2,5	0,137

Таблиця 3.5 – Підсумки розрахунку по втраті напрузі для групових ліній
другого поверху.

Щит	Група	Споживачі	P_p , кВт.	S мм ² .	c	$\sum_{i=1}^n M_i$ кВт· м.	$\Delta U\%$
	Гр. 1.1.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 12,21	0,439			2,1	0,115
	Гр. 1.2.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 13-15	0,291			0,71	0,04
	Гр. 1.3.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 16,17	0,394			1,85	0,102

ЩО2	Гр. 1.4.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 18	0.400	1,5	12,1	0,99	0,055
	Гр. 1.5.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 19	0.400			1,45	0,08
	Гр. 1.6.	Освітлювальні прилади в приміщенні № 20	0.400			2,28	0,126
	Гр. 1.а1.	Світильники аварійного освітлення евакуаційного шляху з 2-го поверху	0,026			2,2	0,12

3.5 Висновки по розділу

3.1. Проведено вибір марки кабелів освітлювальної мережі та визначено мінімально допустимі площі поперечного перерізу жил за умовою механічної міцності. Для проєктованої мережі прийнято кабелі марки ВВГнг-LS з мідними жилами, які відповідають вимогам електричної та пожежної безпеки. Обраний переріз жил забезпечує необхідну механічну міцність, надійність роботи мережі та тривалий термін її експлуатації.

3.2. У результаті виконаного розподілу навантажень сформовано групові лінії освітлення та визначено місця встановлення щитів освітлення ЩО1 і ЩО2. Прийняте розташування щитів дозволяє скоротити довжину кабельних ліній, зменшити втрати напруги та забезпечити рівномірний розподіл навантаження між групами споживачів. Сформована структура мережі забезпечує зручність експлуатації, обслуговування та можливість подальшого розширення системи освітлення.

3.3. Проведений електричний розрахунок групових і живильних ліній освітлення; виконано підбір апаратів захисту відповідно до струмового навантаження. На основі розрахункових значень струмів обрано кабелі відповідних перерізів і автоматичні вимикачі, параметри яких відповідають вимогам нормативних документів. Прийняті технічні рішення забезпечують

надійний захист мережі від перевантажень і коротких замикань та гарантують безпечну експлуатацію освітлювальної установки.

3.4 Проведено перевірку освітлювальної мережі за допустимою втратою напруги, яка підтвердила, що значення втрат напруги на всіх групових лініях не перевищують нормативно допустимих величин. Це підтверджує правильність вибору перерізів кабелів та забезпечує стабільну роботу освітлювальних установок із дотриманням необхідних показників якості електроенергії.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.

4.1 Вплив освітленості на здоров'я та працездатність людини.

При розгляді енергоощадної системи освітлення для закладу загальної середньої освіти I–II ступеня с. Щуровичі, особливу увагу необхідно приділяти впливу освітленості на здоров'я та працездатність людини. Освітлення є одним із ключових факторів, що визначає комфортність перебування у навчальних приміщеннях та безпосередньо впливає на ефективність навчального процесу. Умови освітлення мають суттєвий вплив як на учнів, так і на вчителів, оскільки більша частина навчальної діяльності пов'язана з інтенсивною зоровою роботою. Недостатній або надмірний рівень освітленості може призводити до швидкої втоми, зниження концентрації уваги, погіршення зору та загального самопочуття. Особливо це актуально для учнів молодшого та середнього віку, у яких органи зору ще перебувають у стадії формування [16].

Освітлення — фундаментальний фактор, який безпосередньо впливає на здоров'я очей і загальний комфорт при роботі за столом або комп'ютером. При занадто темному або, навпаки, занадто яскравому освітленні збільшується навантаження на зір, що може призводити до втоми очей, головного болю і зниження концентрації. Дослідження підтверджують, що погане освітлення в житлових і робочих приміщеннях негативно впливає не лише на зір, а й на загальне самопочуття. Очі один з найчутливіших органів людини, і освітлення безпосередньо впливає на їхнє здоров'я. При недостатньому або надмірно яскравому освітленні очі змушені постійно адаптуватися до умов, що призводить до перенапруження очних м'язів. Це може викликати втому, сухість, слезотечу, зниження концентрації та головні болі. З часом може спостерігатися поступове зниження гостроти зору [16].

Крім того, важливу роль відіграє рівномірність освітлення та відсутність різких контрастів між яскравими і затемненими ділянками робочої зони. Наявність відблисків на екранах або робочих поверхнях також підвищує зорове навантаження і знижує ефективність роботи. Правильно організоване освітлення

повинно забезпечувати достатній рівень освітленості, оптимальний розподіл світлового потоку та мінімізацію засліплюючої дії джерел світла. Використання сучасних світильників із відповідною кривою сили світла та врахування коефіцієнтів відбиття поверхонь дозволяє створити комфортні умови праці та зменшити негативний вплив на органи зору. Таким чином, раціональний вибір і розрахунок освітлювальної установки є необхідною умовою збереження здоров'я людини та підвищення її працездатності.

Особливо вразливі очі при роботі за комп'ютером або читанні в умовах слабкого або неправильного світла. При тьмяному освітленні зіниця розширюється, а фокусування погіршується. Очам доводиться прикладати більше зусиль, щоб розрізнити деталі, що посилює напруження. Також за даними Американської оптометричної асоціації, до 70% людей, які працюють за комп'ютером більше 3–4 годин на день, стикаються з симптомами синдрому зорової втоми (Computer Vision Syndrome). Один з головних факторів ризику при цьому — неякісне або неправильно направлене освітлення. Правильно підібране світло допомагає знизити навантаження на очі і підтримувати зір у стабільному стані [16].

Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини у процесі праці, світло посідає одне з перших місць. Адже відомо, що майже 90% всієї інформації про довкілля людина одержує через органи зору. Під час здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів відносяться адаптація, акомодация та конвергенція [17].

Адаптація – пристосування ока до зміни умов освітлення (рівня освітленості).

Акомодация – пристосування ока до зрозумілого бачення предметів, що знаходяться від нього на неоднаковій відстані за рахунок зміни кривизни кришталика.

Конвергенція – здатність ока при розгляданні близьких предметів займати положення, при якому зорові осі обох очей перетинаються на предметі.

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно зі статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад таких, як робоча міопія (короткозорість), спазм акомодациї [17].

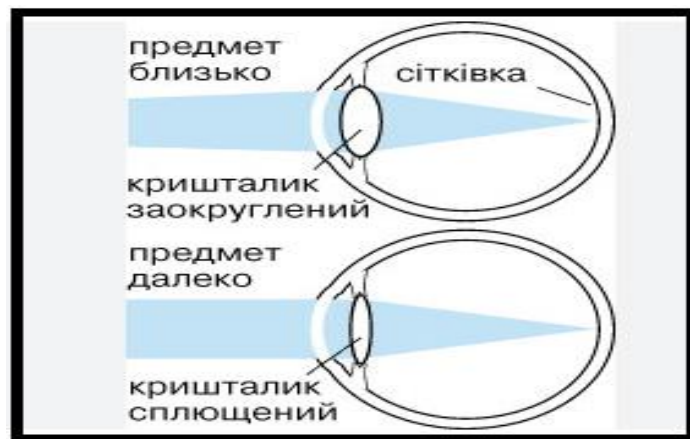


Рисунок 4.1. Акомодација ока

Забезпечення оптимальних параметрів освітлення у навчальних приміщеннях сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню сприйняття інформації та створенню безпечних умов для освітнього процесу. Водночас використання сучасних енергоощадних технологій освітлення дозволяє не лише досягти необхідного рівня якості освітлення, але й підвищити енергоефективність будівлі, що є важливим завданням моєї роботи на тему «Проектування енергоощадної системи освітлення закладу загальної середньої освіти І–ІІ ступеня с. Щуровичі».

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20-40% (при тій ж потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення. При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись

засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частоті переадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору. Тому поверхні, що добре освітлюються і знаходяться у полі зору, краще фарбувати в кольори середньої світлості, коефіцієнт відбивання яких знаходиться в межах 0,3-0,6, і, бажано, щоб вони мали матову поверхню [17].

Освітлення в виробничому просторі поділяється на три основних типи: природне, штучне та суміщене. Для збереження здоров'я очей важливо розуміти, як кожен з них впливає на зір і як правильно їх комбінувати [16].



Рисунок 4.2. Класифікація видів виробничого освітлення [18].

Природне освітлення - це пряме або відбите світло сонця (небосхилу), що освітлює приміщення через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях (через вікна). Денне світло вважається найбільш сприятливим для зору. Воно рівномірне, м'яке і допомагає очам зберігати природний ритм активності. Найкраще розташовувати робоче місце біля вікна з бічним світлом — так, щоб світло падало зліва для правшів і справа для лівшів. Це дозволяє уникнути відблисків на екрані або папері. Важливо враховувати, що надмірно яскраве сонячне світло також може викликати дискомфорт і втому. У таких випадках рекомендується використовувати регульовані жалюзі або напівпрозорі штори для розсіювання потоку [18].

Бокове освітлення проходить через вікна в зовнішніх стінах, *верхнє* — через світлові отвори які, розмішені в перекриттях, *комбіноване* — через вікна і світлові отвори.

Штучне освітлення - здійснюється штучними джерелами світла (лампами розжарювання) і призначене для освітлення приміщень у темні години доби, або таких приміщень, які не мають природного освітлення .

Загальним називаються освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення не нижче 2,5 м над підлогою рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з врахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Загальне освітлення створюється стельовими світильниками, рівномірно розподіляючи світло по кімнаті .

Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо па робочих місцях. Застосовування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань [18].

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове .

Робоче освітлення призначене для забезпечення виробничого процесу, переміщення людей, руху транспорту і є обов'язковим для всіх виробничих приміщень .

Аварійне освітлення використовується для продовження роботи у випадках, коли раптове відключення робочого освітлення, та пов'язане з ним порушення нормального обслуговування обладнання може викликати вибух, пожежу, отруєння людей порушення технологічного процесу .

Евакуаційне освітлення призначене для забезпечення евакуації людей з приміщень при аварійному відключенні робочого освітлення. Його необхідно влаштовувати в місцях, небезпечних для проходу людей; в приміщеннях допоміжних будівель, де можуть одночасно знаходитись 100 осіб; в проходах, на

сходових клітках, у виробничих приміщеннях, в яких працює більше 50 працівників.

Охоронне освітлення влаштовується вздовж меж території, яка охороняється в нічний час спеціальним персоналом .

Чергове освітлення передбачається у неробочий час, як правило використовують частину світильників інших видів штучного освітлення.

Сполучене (суміщене) — одночасне поєднання природного і штучного освітлення [18].

4.2 Порядок надання домедичної допомоги при електротравмах..

Ураження електричним струмом виникає при його проходженні крізь організм людини і складається із загальних і місцевих проявів. Загальні прояви електротравми виникають від дії струму, насамперед на нервову систему. В момент проходження електричного струму завжди спостерігається судорожне скорочення скелетних м'язів, що ускладнює будь-які дії потерпілого, навіть якщо він залишається в свідомості. Так, якщо потерпілий тримає дрот руками, його пальці так сильно стикаються, що витягти дрот з його рук стає неможливим.

При більш тяжких ураженнях, крім втрати свідомості, виникає порушення дихання і роботи серця. Місцеві прояви електротравми нагадують термічні опіки. Звільнення потерпілого від дії електричного струму треба проводити із дотриманням заходів власної безпеки, якщо напруга не перевищує 1000 В. Першою дією того, хто надає допомогу, повинно бути негайне відключення електричного струму вимикачем, рубильником чи викручуванням запобіжників. Якщо це неможливо, треба перерізати чи перерубати електричний провід. У випадку неможливості відключення струму потерпілого слід відтягнути від джерела струму. Для цього використовують підручні предмети, які не проводять струм - сухі дерево, вовну, тканину та інше. У всіх випадках треба діяти однією рукою, замотаною в тканину, другу тримають за спиною.

Якщо напруга перевищує 1000 В, наближатися до потерпілого без спеціальних засобів захисту небезпечно. У цих випадках використовуються діелектричні рукавички, чоботи і килимок. Можна також застосовувати

ізолюючу штангу або кліщі. Якщо дихання у потерпілого відсутнє, треба проводити штучне дихання. Якщо, крім того, немає пульсу на шії, одночасно роблять закритий масаж серця.

Після звільнення потерпілого від дії електричного струму необхідно негайно надати йому домедичну допомогу. Залежно від стану постраждалого розрізняють три основні стани організму:

- I стан — потерпілий перебуває у свідомості. У цьому випадку необхідно забезпечити йому повний спокій, організувати спостереження протягом 2–3 годин та викликати лікаря.

- II стан — потерпілий непритомний, але зберігається дихання. Постраждалого слід покласти у горизонтальне положення, розстебнути тісний одяг (комір, пасок), забезпечити доступ свіжого повітря, за необхідності дати вдихнути пари нашатирного спирту та викликати лікаря.

- III стан — потерпілий не дихає або дихання є нерегулярним, переривчастим. У такому випадку необхідно негайно розпочати проведення штучного дихання та непрямого масажу серця [19].

Навіть якщо після надання допомоги потерпілий прийшов до тями, його не можна залишати без нагляду, самостійно відпускати додому або допускати до виконання роботи. Постраждалого необхідно обов'язково доставити до медичного закладу для подальшого обстеження та спостереження, оскільки наслідки ураження електричним струмом можуть проявитися через певний час і спричинити серйозні ускладнення.[19]

Ураження електричним струмом - це ситуація, де вирішальну роль відіграють перші хвилини після інциденту. Чітке розуміння того, що робити і чого не можна, дозволяє зменшити ризик тяжких ускладнень і захистити як постраждалого, так і того, хто надає допомогу. Правильна перша допомога при ураженні електричним струмом починається з безпеки, продовжується оцінкою стану людини та завершується уважним спостереженням до отримання професійної медичної допомоги. Навіть прості, але вчасні дії можуть запобігти порушенню роботи серця, дихання та нервової системи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано загальну будівлю та приміщення загальної середньої освіти I–II ступеня с. Щуровичі, здійснено класифікацію приміщень закладу освіти відповідно до характеру зорової діяльності.
2. Розглянуто та узагальнено положення нормативно-технічних документів (ДСТУ EN 12464-1:2016, ДБН В.2.5-28:2018, ДБН В.2.2-3:2018) щодо освітлення різних типів приміщень закладів освіти. Для всіх приміщень визначено регламентовані світлотехнічні показники: рівень освітленості (100 до 400 лк), показник дискомфорту ($UGR \leq 19$), індекс кольоропередачі ($Ra \geq 80$) та допустимий коефіцієнт пульсацій.
3. Здійснено підбір освітлювальних приладів для різних приміщень освітнього закладу з урахуванням функціонального призначення для кожного кабінету, характеру зорових робіт та нормованих показників освітлювального середовища..
4. Виконано світлотехнічний розрахунок освітлювальних установок із застосуванням методу коефіцієнта використання світлового потоку. Визначено необхідну кількість світильників для кожного приміщення, розраховано фактичну освітленість. Відхилення розрахункових значень від нормативних становлять від $-8,09\%$ до $+12,47\%$, що знаходиться в допустимих межах ($-10\% \dots +20\%$) і підтверджує коректність проєктних рішень.
5. З використанням спеціалізованого програмного середовища DIALux Evo, розроблено моделювання освітлювальних джерел світла та проведено розрахунок освітленості всіх основних приміщень освітнього закладу з графічним відтворенням. Порівняння результатів теоретичного розрахунку та результатів комп'ютерного моделювання вказало на правильність та достовірність отриманих результатів обчислень.
6. Розроблено електричну схему освітлювальної мережі, сформовано групові лінії навантаження, визначено місця встановлення щитів освітлення ЩО1 та ЩО2. Виконано вибір перерізів кабелів (ВВГнг-LS

3×1,5 мм² для всіх групових ліній та 5×2,5 мм² для живильних) за умовами механічної міцності, струмового навантаження та пожежної безпеки. Перевірка мережі за допустимою втратою напруги показала, що максимальні втрати не перевищують 0,137%, що значно менше допустимих 2,5%.

7. Для кожної групової та живильної лінії підібрано автоматичні вимикачі ВА-2017/С з відповідними номінальними струмами (2А, 3А, 4А та 10А), що забезпечують надійний захист від перевантажень та струмів короткого замикання.
8. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

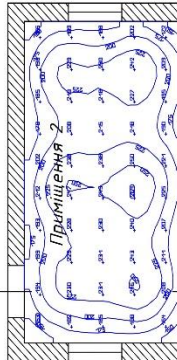
1. ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця» (EN 12464-1:2011, IDT). – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 47 с.
2. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне світлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
3. ДБН В.2.2 – 3:2018. Будинки і споруди. Заклади освіти. – К.: Мінрегіон України, 2018.– 57 с.
4. OTIS-30603040N. Режим доступу: <https://silver.dialux.com/ACALIGHTING> (дата звернення: 05.04.2026)
5. OTIS-60604040N. Режим доступу: <https://silver.dialux.com/ACALIGHTING> (дата звернення: 05.04.2026)
6. RIMO-3730. Режим доступу: <https://silver.dialux.com/ACALIGHTING> (дата звернення: 05.04.2026)
7. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” ID 900 для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: Я.М. Осадца. – Тернопіль: ТНТУ 2020 – 146 с.
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Світлотехнічні установки та системи» для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальностей 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та G3 Електрична інженерія / Уклад.: к.т.н., доцент Ярослав ОСАДЦА – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2026. – 46 с.
9. Ляшенко О. М. Світлотехнічні установки та системи: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / О. М. Ляшенко, Ю. О. Васильєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 90 с.

10. Говоров П.П., Пилипчук Р.В. Освітлення промислових об'єктів. Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти / П.П. Говоров, Р.В. Пилипчук, А.І. Токмань, В.В. Щиренко, Р.Ю. Яремчук — Тернопіль: Джура, 2008. - 388., арк. іл.
11. Козар Р.О. Апроксимація залежностей коефіцієнта використання світлового потоку // Р.О. Козар; І.О. Присяжнюк; О.М. Рудницька; Т.М. Козак; Я.М.Осадца – Актуальні задачі сучасних технологій: : зб. тез доповідей XI міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 7-8 грудня 2022) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – С. 96.
12. Кабельний завод «Тумен». Каталог кабельно-провідникової продукції). URL: <https://www.twomen.odessa.ua/downloads/catalogue.pdf> (дата звернення: 28.05.2026).
13. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
14. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.
15. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський) / укл. : О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
16. Режим доступу: <https://opticaluxor.ua/blog/vplyv-osvitlennia-na-zir?srsltid=AfmBOorwRngEBBmIoq8Cboz2Ob87tWUnIiblie23qUIwFTfFnZefWbCY> (дата звернення: 11.04.2026).
17. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5597940/page:27/>(дата звернення: 11.04.2026).
18. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5196741/page:2/>(дата звернення: 29.04.2026).

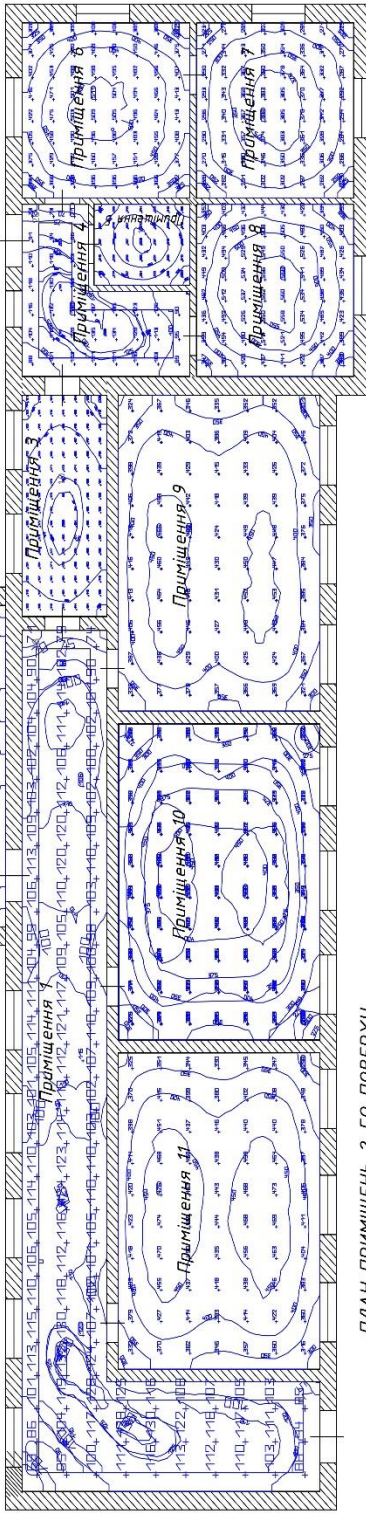
19.Режим доступу: <https://lviv.dsp.gov.ua/pravy-la-nadannia-pershoi-dopomohy-ry-u/10723/> (дата звернення: 28.04.2026).

Вхідні дані про навчальний заклад					Нормативні показники ДБН В.2.5-28:2018		Параметри образ світильників		Розрахунок за методом коефіцієнта використання світлового потоку		Розрахункові параметри в DIALlux									
№	Назва приміщення	S, м ²	A, м.	B, м.	h, м.	Есер, лк.	hp, л, м.	М	Світлові прилади	Р, Вт.	Есер, лк.	Е _{min} , лк.	Е _{max} , лк.	Е _{min} /Есер	Е _{min} /Е _{max}	Е	N	M	Рр, кВт.	
Перший поверх																				
1	Коридор№1	77,96	23,25 та 2,96	2,54 та 6,39	3,5	Г-100	0	-	RIMO-3730	37	108	63,3	134	0,59	0,47	8	7	-	0,259	
2	Харчоблок	40,96	8,68	4,72	3	Г-200	0,8	60	ОТIS-30603040N	30	195,42	126	266	0,6	0,47	5,5	6	37	0,18	
3	Туалет	15,18	5,98	2,54	3,5	Г-150	0	25	RIMO-3730	37	140,49	114	185	0,73	0,62	4	3	-	0,111	
4	Коридор№2	16,62	4,65 та 2,3	5,03 та 2,14	3,5	Г-100	0	-	RIMO-3730	37	100,44	67	139	0,61	0,48	10	2	13	0,074	
5	Інстру-не прим-ня	6,25	2,18	2,87	3,5	Г-200	0,8	40	RIMO-3730	37	183,82	178	258	0,79	0,69	13	2	23	0,074	
6	Навчальне прим-ня №1	23,79	4,73	5,03	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	ОТIS-60604040N	40	409,84	303	512	0,7	0,59	8,5	6	25	0,24	
7	Бібліотека	22,32	4,73	4,72	3,5	Г-300	0,8	60	ОТIS-30603040N	30	291,47	205	389	0,64	0,53	6,3	6	27	0,18	
8	Навчальне прим-ня №2	21,94	4,65	4,72	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	ОТIS-60604040N	40	434	301	520	0,7	0,58	7,3	6	25	0,24	
9	Навчальне прим-ня №3	51,66	8,54	6,05	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	ОТIS-60604040N	40	408,87	273	467	0,67	0,58	1,8	10	27	0,4	
10	Навчальне прим-ня №4	51,66	8,54	6,05	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	ОТIS-60604040N	40	408,87	274	475	0,67	0,58	2,3	10	27	0,4	
11	Навчальне прим-ня №5	51,66	8,54	6,05	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	ОТIS-60604040N	40	408,87	267	478	0,65	0,56	2,5	10	27	0,4	

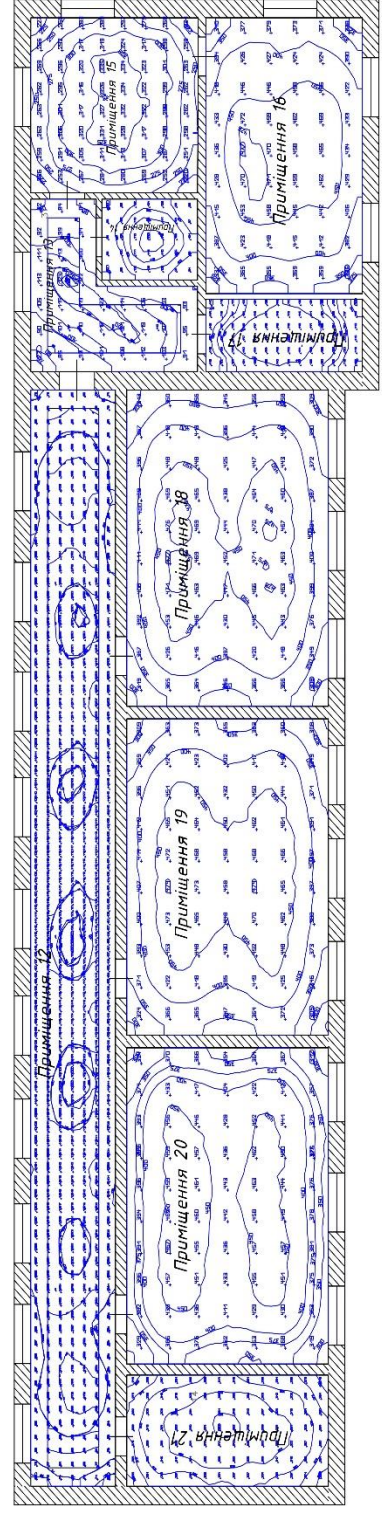
Вхідні дані про навчальний заклад										Розрахункові параметри в DIALux										
№	Назва приміщення	S, м ²	А, м.	В, м.	h, м.	Нормативні показники ДБН В.2.5-28:2018			Параметри обраних світильників		Розрахунок за методом коефіцієнта використання світлового потоку	Есер, лк.	Етп, лк.	Емах, лк.	Етп/Есер	Етп/Емах	Е	N	M	Pp, кВт.
						Есер, лк.	hp, лк.м.	М	Світлові прилади	P, Вт.										
Другий поверх																				
12	Коридор№1	75,18	29,6	2,54	3,5	Г-100	0	-	RIMO-3730	37	103,25	109	67,5	127	0,62	0,53	9	7	-	0,26
13	Коридор№2	16,62	4,65 та 2.3	5,03 та 2.14	3,5	Г-100	0	-	RIMO-3730	37	100,44	102	72,8	125	0,71	0,58	2	2	-	0,07
14	Архів	6,25	2,18	2,87	3,5	Г-100	1	60	RIMO-3730	37	112,47	103	88,9	117	0,86	0,76	3	1	31	111
15	Учительський кабінет	23,79	4,73	5,03	3,5	Г-300	0,8	40	OTIS-30603040N	30	277,96	290	204	336	0,7	0,61	-3	6	24	180
16	Навчальне прим-ня №6	35,16	7,45	4,72	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	OTIS-60604040N	40	401,66	419	310	479	0,74	0,65	4,8	8	25	320
17	Складське приміщення	9,2	1,95	4,72	3,5	Г-150	0,8	-	RIMO-3730	37	143,54	171	140	192	0,82	0,73	14	2	-	0,07
18	Навчальне прим-ня №7	51,66	8,54	6,05	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	OTIS-60604040N	40	408,87	412	277	479	0,67	0,58	3	10	27	0,4
19	Навчальне прим-ня №8	51,66	8,54	6,05	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	OTIS-60604040N	40	408,87	413	274	479	0,66	0,58	3,3	10	27	0,4
20	Навчальне прим-ня №9	51,66	8,54	6,05	3,5	В-500 Г-400	0,8	40	OTIS-60604040N	40	408,87	412	278	471	0,67	0,59	3	10	27	0,4
21	Кабінет директора	18,15	3	6,05	3,5	Г-300	0,8	40	OTIS-30603040N	30	325,02	310	241	355	0,78	0,68	3,3	6	24	0,18



ПЛАН ПРИМІЩЕНЬ 1-ГО ПОВЕРХУ



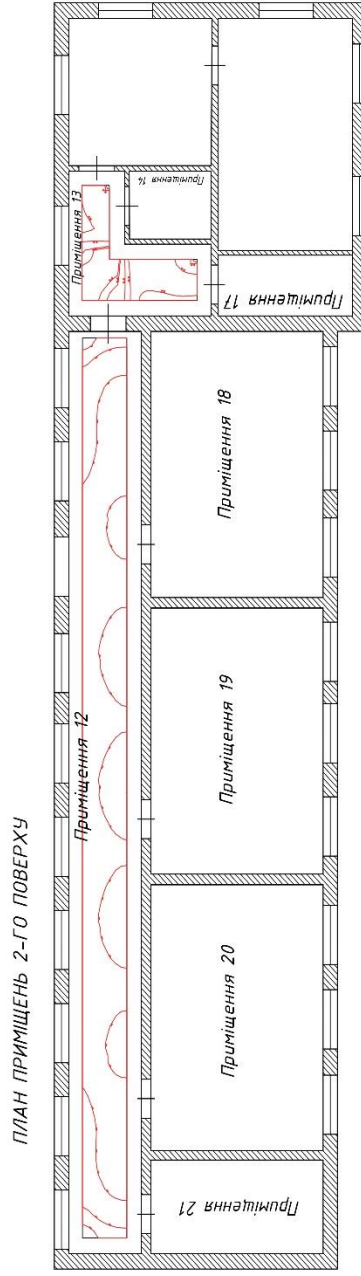
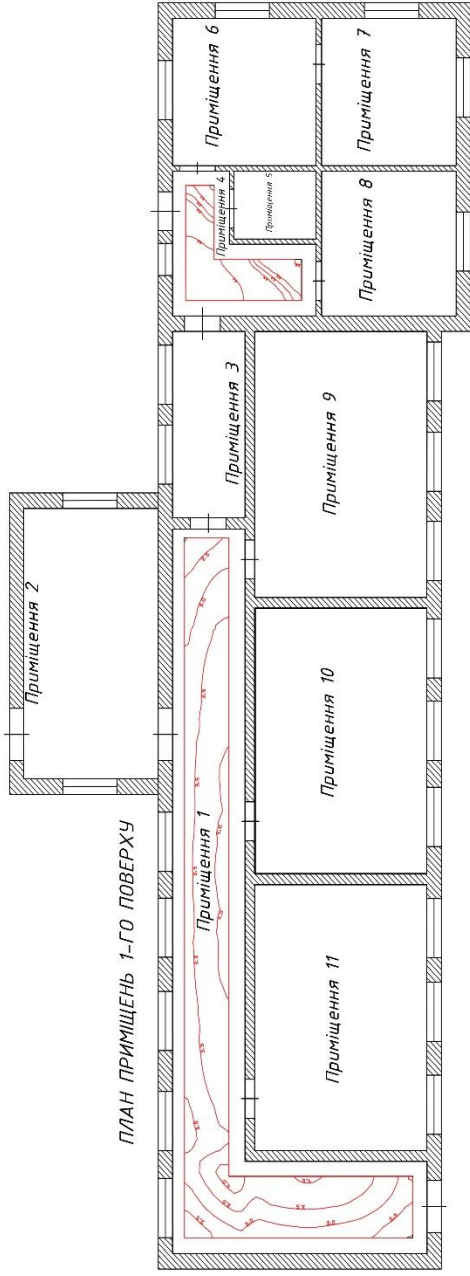
ПЛАН ПРИМІЩЕНЬ 2-ГО ПОВЕРХУ



№ по списку	Назва приміщення	Площа, м ²
1	Коридор №1	77,96
2	Харчоблок	40,96
3	Туалет	15,18
4	Коридор №2	16,62
5	Складське приміщення	6,25
6	Набачальне приміщення №1	23,79
7	Бібліотека	22,32
8	Набачальне приміщення №2	21,94
9	Набачальне приміщення №3	51,66
10	Набачальне приміщення №4	51,66
11	Набачальне приміщення №5	51,66
12	Коридор №3	75,18
13	Коридор №4	16,62
14	Архів	6,25
15	Учительська	23,79
16	Набачальне приміщення №6	35,16
17	Складське приміщення	9,2
18	Набачальне приміщення №7	51,66
19	Набачальне приміщення №8	51,66
20	Набачальне приміщення №9	51,66
21	Кабінет директора	18,15

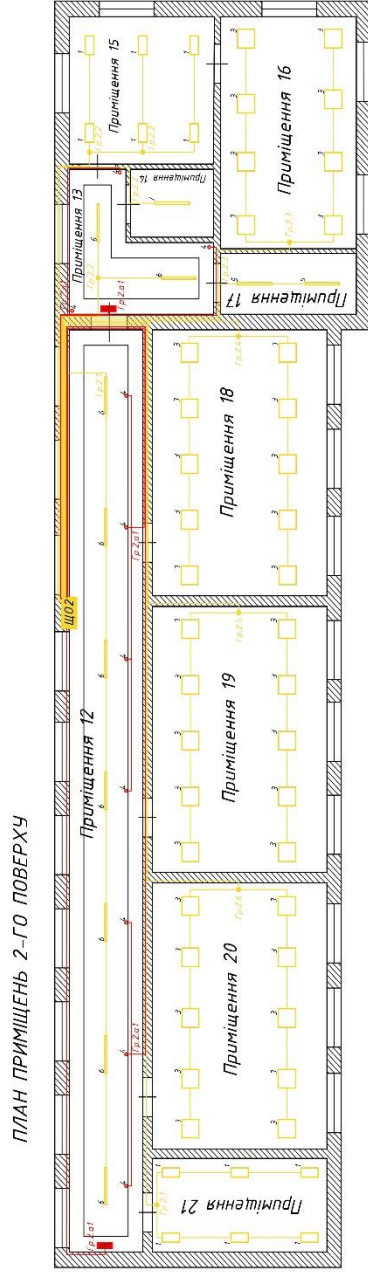
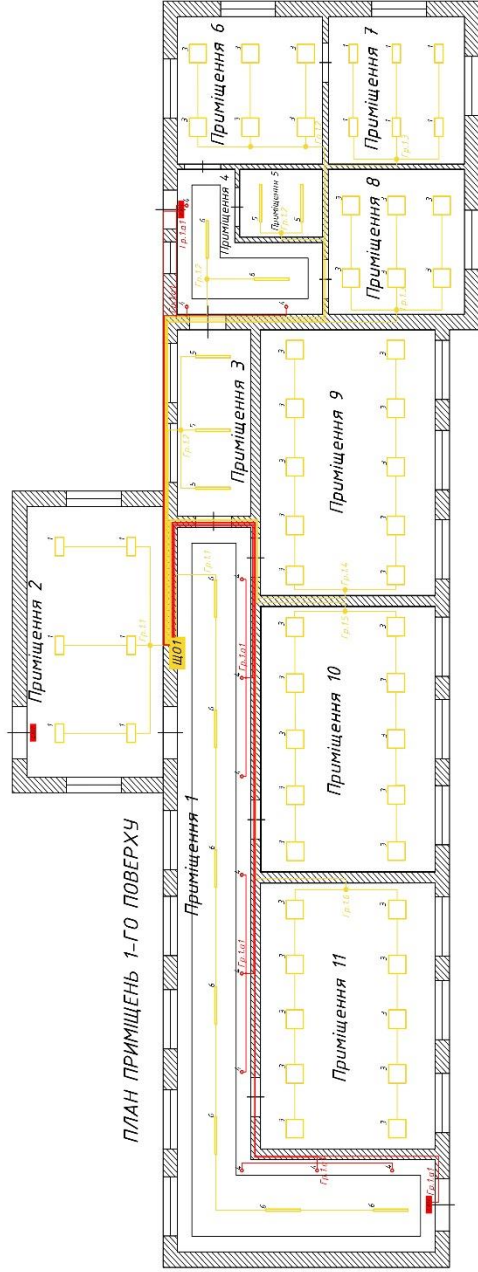
КРБ 00-321.00.00.000		Лит.	Архив	Архивний	
Розподіл освітленості по розрахункових поверхнях приміщення					
Эк.	Кл.	Арх.	№Роб.	Літис.	Дата
Розробил	Перевірив	Корекція	Лист	Лист	Лист
Термін	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Загальний план					
ТНТУ, ФПТ, ЕТ-41					

№ на схемі	Назва приміщення	Площа, м ²
1	Коридор №1	77,96
2	Харчоблок	40,96
3	Туалет	15,18
4	Коридор №2	16,62
5	Складське приміщення	6,25
6	Надбачальне приміщення №1	23,79
7	Бібліотека	22,32
8	Надбачальне приміщення №2	21,94
9	Надбачальне приміщення №3	51,66
10	Надбачальне приміщення №4	51,66
11	Надбачальне приміщення №5	51,66
12	Коридор №3	75,18
13	Коридор №4	16,62
14	Архів	6,25
15	Учительська	23,79
16	Надбачальне приміщення №6	35,16
17	Складське приміщення	9,2
18	Надбачальне приміщення №7	51,66
19	Надбачальне приміщення №8	51,66
20	Надбачальне приміщення №9	51,66
21	Кабінет директора	18,15



КВР 00-321.00.00.000		Лист	Архив	Архив
Розподіл освітленості по розрахункових поверхнях приміщення аварійним освітленням				
№	Кл.	Арк.	№ блок	Підпис
Розробив	Перевірив	Корисенко в.о.	Корисенко в.о.	Дата
Лист	Конт.	Лист	Конт.	Лист
Засвідчений план				
ТНТУ, ФПТ, ЕТ-41				

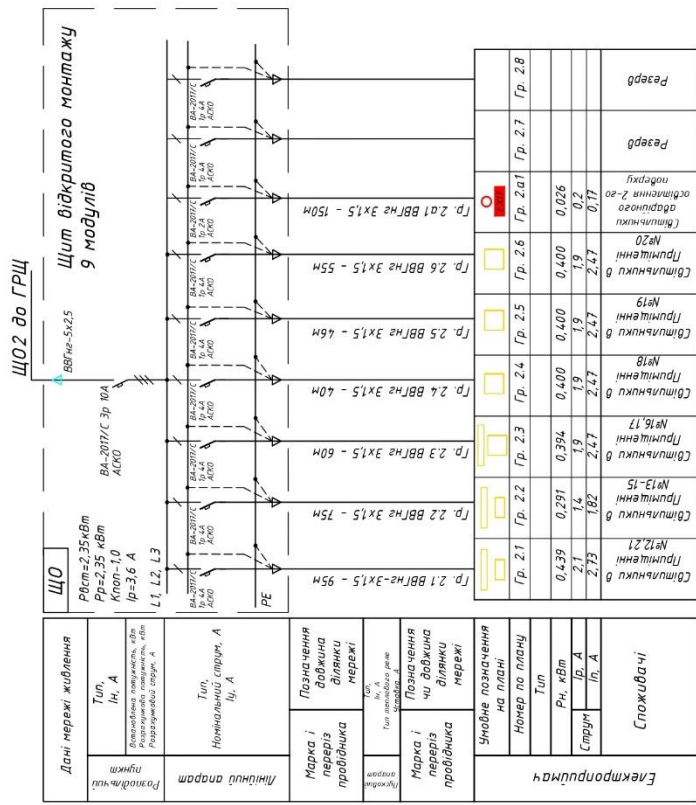
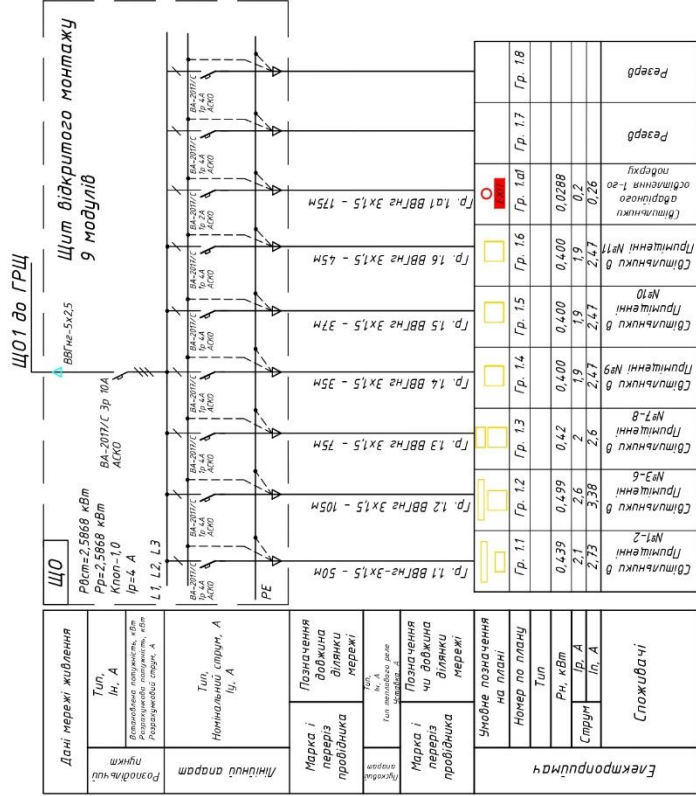
№ по схемі	Назва приміщення	Площа, м ²
1	Коридор №1	77,96
2	Харчоблок	40,96
3	Туалет	15,18
4	Коридор №2	16,62
5	Складське приміщення	6,25
6	Навчальне приміщення №1	23,79
7	Бібліотека	22,32
8	Навчальне приміщення №2	21,94
9	Навчальне приміщення №3	51,66
10	Навчальне приміщення №4	51,66
11	Навчальне приміщення №5	51,66
12	Коридор №3	75,18
13	Коридор №4	16,62
14	Архів	6,25
15	Учительська	23,79
16	Навчальне приміщення №6	35,16
17	Складське приміщення	9,2
18	Навчальне приміщення №7	51,66
19	Навчальне приміщення №8	51,66
20	Навчальне приміщення №9	51,66
21	Кабінет директора	18,15



Індекс	Виробник	Назва артикула	Номер артикула	Комплектація	Світлова потужність, Вт	Коефіцієнт експлуатації	Споживча потужність, Вт	Число
1	ACALIGHTING	OT1S30603040N	LED BACKLIT PANELS	1x OT1S30603040N	2795 lm	0.71	30 W	21
2	ACALIGHTING	OT1S30403040N	LED BACKLIT PANELS	1x OT1S30603040N	2795 lm	0.63	30 W	3
3	ACALIGHTING	OT1S60604040N	LED BACKLIT PANELS	1x OT1S60604040N	4171 lm	0.71	40 W	80
4	ACALIGHTING	L.YR.60	LED EMERGENCY LUMINAIRES	1x L.YR. 1x L.YR	154 lm	0.69	14 W	22
5	ACALIGHTING	RIM03730	LED LINEAR LUMINAIRES	1x RIMO	3488 lm	0.63	37 W	7
6	ACALIGHTING	RIM03730	LED LINEAR LUMINAIRES	1x RIMO	3488 lm	0.69	37 W	18
7	ACALIGHTING	RIM03730	LED LINEAR LUMINAIRES	1x RIMO	3488 lm	0.75	37 W	1

Легенд світильників (загальний план)

КРБ 00-321.00.00.000		Лист	Архив	Архив
Схема освітлювальної мережі				
Зм.	Кл.	Арк.	№Рис.	№Лист.
Розробив	Перевірив	Коробочка Б.О.	Косачук Л.П.	
Загальний план				
ТНТУ, ФПТ, ЕТ-41				



КРБ 00-321.00.00.000		Лит.	Архив	Архив
Система освітлення будівлі школи. Схеми електричних одноступінних		Ж	Кил	Арк
		Розробив	Перевірив	Корект. Л.Н.
		Лінійс.	Лінійс.	Лінійс.
		Датум		
		Норм. квіт.		
		ТНТУ, ФПТ, ЕТ-41		