

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація освітлення Дружбівського закладу загальної
середньої освіти I-III ступенів

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141 - Електроенергетика, електро-
техніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Пилипець К.Б.
(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 Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)
студенту Пилипцю Костянтину Богдановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація системи освітлення Дружбівського закладу загальної середньої освіти I-III ступенів

Керівник роботи Костик Любов Миколаївна, канд. тех. наук, 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 _____

3. Вихідні дані до роботи План приміщень поверхів, технічні характеристики світлотехнічних установок, державні будівельні норми

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

Актуальність теми, мета та завдання роботи.

Світлотехнічний розрахунок освітлення приміщень поверхів.

Розрахунок електричної частини системи освітлення поверхів.

Розробка заходів з безпеки життєдіяльності та 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 охорони праці.	к.т.н., доцент Гурик О. Я.		

7. Дата видачі завдання 5 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір та аналіз літератури з тематики кваліфікаційної роботи	12.04.2026	
2.	Оформлення аналітичного розділу	25.04.2026	
3.	Підбір світлотехнічного та електротехнічного обладнання	08.05.2026	
4.	Проведення світлотехнічних та електротехнічного розрахунку	29.05.2026	
5.	Розробка заходів з безпеки життєдіяльності та охорони праці	06.06.2026	
6.	Оформлення пояснювальної записки	11.06.2026	
7.	Оформлення графічного матеріалу	15.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Пилипець К.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Костик Л. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

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

К-сть стор.: 78; рис: 20; табл.: 14; використаних джерел: 14; використаних формул: 28.

Метою проекту є розробка проекту системи робочого та аварійного освітлення шкільних приміщень з використанням сучасних світлодіодних світильників.

На підставі світлотехнічного та електротехнічного розрахунків запропоновано проект систем робочого та аварійного освітлення школи.

Ключові слова: СВІТЛОДІОДНІ СВІТИЛЬНИКИ, ОСВІТЛЕНІСТЬ, КОЛЬОРОПЕРЕДАЧА, ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ МЕРЕЖІ, ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГІЇ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА, ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1.АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Загальні відомості про об'єкт проектування	6
1.2 Основні вимоги освітлення у приміщеннях закладів загальної середньої освіти	10
1.3. Джерела світла для освітлення навчальних приміщень	14
1.4 Висновки до розділу	18
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Вибір параметрів системи освітлення	19
2.2 Визначення регламентованих світлотехнічних показників системи освітлення для загальноосвітнього закладу	21
2.3 Підбір світильників для приміщень школи	24
2.4 Визначення висоти розміщення світильників та коефіцієнта запасу для системи освітлення	31
2.5 Визначення кількості світильників у кімнатах	38
2.6 Метод коефіцієнта використання та світлотехнічний розрахунок приміщень	39
2.7 Використання ПЗ DIALux для проведення світлотехнічний розрахунок та проектування системи освітлення школи	40
2.8 Висновки до розділу	46
3. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	48
3.1. Складання схеми для електричної освітлювальної мережі та вибір місця для встановлення щитів освітлення	48
3.2. Вибір проводів та кабелів для освітлювальних груп, їх матеріал, марки та площі поперечного перерізу взаємності від призначення від їх механічної міцності	52
3.3 Розрахунок електричних мереж груп освітлювання за струмом навантаження	53
3.4 Розрахунок мережі за втратами по напрузі	56
3.5 Вибір апаратів захисту	61
3.6 Висновки до розділу	66
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	67
4.1 Вплив освітлення на організм людини	67
4.2 Долікарська допомога при опіках	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	71
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Невід'ємною частиною навчального процесу є візуальне навчання, яке у більшості шкіл є основним видом подання інформації. Саме тому забезпечення хорошої видимості є важливим етапом проектування будь-якого закладу.

Більшість українських шкільних приміщень досі експлуатують застарілі системи штучного освітлення на базі люмінесцентних ламп або ламп розжарювання, які фізично застаріли для сучасних вимог. Саме тому використання сучасних світлодіодних ламп є логічним кроком для вирішення цієї проблеми. Сучасне програмне забезпечення здатне моделювати сцену освітлення, забезпечуючи наглядність вибору ламп та мінімальну похибку у розрахунках.

Для ефективного навчання учнів школи приміщення їх постійного перебування повинно відповідати таким вимогам:

- світлові прилади повинні бути розміщені згідно нормативів та забезпечувати рівномірне освітлення та уникати відблисків;
- електрична мережа та світлові прилади забезпечені апаратами захисту;
- споживана потужність має бути в рамках норми та не створювати значного теплового випромінювання на провідниках.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка проєкту модернізації системи освітлення Дружбівської ЗЗСО I-III ступенів.

Для виконання роботи необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати приміщення закладу освіти та встановити нормативні параметри світлового середовища у приміщеннях різного типу;
- обґрунтувати вибір світлових приладів для освітлювальної установки;
- провести світлотехнічний розрахунок та комп'ютерне моделювання освітлювальної установки для всіх приміщень;
- провести електротехнічний розрахунок освітлювальної установки.

1. АНАЛІТИЧНА РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про об'єкт проектування.

31 серпня 1983 року було відкрито Дружбівську школу. У 2002 році заклад було отримав статус Дружбівської загальноосвітньої школи I-III ступенів. На даний момент назвою школи є «Дружбівський заклад загальної середньої освіти I-III ступенів». Школа розміщена за адресою вул.Лесі Українки 12 А, смт.Дружба, Тербовлянський р-н, Тернопільська обл.



Рисунок 1.1. Загальне зображення будівлі Дружбівського ЗЗСО I-III ступенів

Загальна площа першого поверху складає 1288,6 м², там розміщено 7 навчальних кабінетів для початкових класів, спортзал з інвентарними коморами, їдальня з харчоблоком, санвузлом та деякими кладовими для них, 3-ма туалетами, 4-ма приміщеннями з умивальником, 3-ма сходовими клітками, одна з яких зі сторони спортзалу, комори та коридори.

Загальна площа другого поверху складає 877,3 м², там розміщено 3 навчальних класи у відповідних кабінетах: історії, фізики та біології. Другий поверх налічує численні приміщення для персоналу школи, такі як виховательська, учительська, директорська, конференц зала, лікарняна палата, підсобка прибиральниць, 2 комори та 2 кладові, 2 туалети, 2 умивальники, бібліотека та актовий зал для шкільних заходів. Також 3 коридори та 3 сходові клітки, 2 основні з

яких використовуються для загального переміщення між поверхами, та один коридор та сходові клітки з приміщення актового залу для аварійних чи службових потреб.

Загальна площа третього поверху складає 635 м², там розміщені такі приміщення як кабінети: інформатики, української мови, іноземної мови, хімії, геометрії, математики, зарубіжної літератури, комори №1, 2, 3, які прилягають до цих кабінетів, коридор, туалет, умивальник, підсобка, сходові клітки №1, 2.

Також є підвальный поверх на якому розміщено майстерню (кабінет трудового навчання), декілька коридорів, один з яких використовується для укриття та деякі комори. Більшість приміщень підвального поверху не знаходяться в експлуатації, тому розрахунки для них проводити не будемо.

Для більш детального подання інформації про приміщення, було створено таблиці 1.1-1.4 для першого, другого, третього та підвального поверхів. У зазначених таблицях наведено основні геометричні параметри приміщень, зокрема їх висоту, довжину, ширину та площу.

Таблиця 1.1 Інформація про приміщення першого поверху.

№ на схемі	Назва приміщення	Висота, м.	Довжина, м.	Ширина, м.	Площа, м ²
101	Навчальне приміщення №1	3	5,2	8,3	43,16
102	Навчальне приміщення №2	3	8,93	5,48	48,9364
103	Навчальне приміщення №3	3	8,85	5,48	48,498
104	Навчальне приміщення №4	3	8,75	5,48	47,95
105	Навчальне приміщення №5	3	8,4	5,48	46,032
106	Навчальне приміщення №6	3	5,7	5,48	31,236
107	Навчальне приміщення №7	3	5,7	5,63	32,091
108	Їдальня	3	8,23	8,7	71,601
109	Харчоблок	3	5,1	6,45	32,895
110	Санвузол	3	2,98	5,85	17,433
111	Комора №1	3	2,45	5,48	13,426
112	Комора №2	3	2,98	2,3	6,854
113	Підсобка	3	1,44	3,22	4,6368
114	Туалет №1	3	2,95	2,95	8,7025
115	Туалет №2	3	2,9	2,21	6,409
116	Туалет №3	3	2,15	1,66	3,569
117	Умивальник №1	3	2,62	2,95	7,729
118	Умивальник №2	3	1,42	3,22	4,5724
119	Умивальник №3	3	2,74	1,88	5,1512
120	Умивальник №4	3	2,74	1,88	5,1512
121	Спортзал	6	17	23,3	396,1
122	Вестиб'юль	3	14,1	5,48	77,268
123	Коридор №1	3	51,6 I 2x5,4	2,2 I 2x5,6	174

124	Коридор №2	3	6,1	2,99	18,239
125	Коридор №3	3	1,5 і 5	5,2 і 3,12	22,4
126	Інвентарна	3	5,34	2,99	15,9666
127	Кладова №1	3	3,82	2,55	9,741
128	Кладова №2	3	3,82	2,7	10,314
129	Кладова №3	3	2,98	5	14,9
130	Кладова №4	3	2,98	2,4	7,152
131	Кладова №5	3	3,05	2,99	9,1195
132	Сходова клітка №1	3	3,05	4,42	13,481
133	Сходова клітка №2	3	3,05	4,42	13,481
134	Сходова клітка №3	3	7,86	2,6	20,436

Таблиця 1.2 Інформація про приміщення другого поверху.

№ на схемі	Назва приміщення	Висота, м.	Довжина, м.	Ширина, м.	Площа, м ²
201	Конференцзал	3	5,2	8,3	43,16
202	Лікарняна палата	3	5,35	5,48	29,318
203	Виховательська	3	3,3	5,48	18,084
204	Учительська	3	5,7	5,48	31,236
205	Канцелярія	3	2,95	5,48	16,166
206	Директорська	3	3,05	5,48	16,714
207	Заступник	3	2,45	5,48	13,426
208	Актова зала	3	8,23	16,8	138,264
209	Бібліотека	3	6,4	5,75	36,8
210	Клас біології	3	8,45	5,48	46,306
211	Лабораторія фізики	3	12	5,48	65,76
212	Клас історії	3	5,7	8,69	49,533
213	Комора №1	3	3	5,48	16,44
214	Комора №2	3	5,7	2,56	14,592
215	Кладова №1	3	2,2	5,48	12,056
216	Кладова №2	3	3,1	5,48	16,988
217	Книгосховище	3	2	2	4
218	Підсобка	3	1,45	3,21	4,6545
219	Туалет №1	3	2,95	2,95	8,7025
220	Туалет №2	3	2,9	2,21	6,409
221	Умивальник №1	3	2,62	2,95	7,729
222	Умивальник №2	3	1,41	3,21	4,5261
223	Коридор №1	3	51,6 і 2x5,4	2,2 і 2x5,6	174
224	Коридор №2	3	8,23 і 1,8	3,9 і 5,8	42,5
225	Коридор №3	3	1,45	4,51	6,5395

226	Сходова клітка №1	3	3,05	5,48	16,714
227	Сходова клітка №2	3	3,05	5,48	16,714
228	Сходова клітка №3	3	7,68	2,6	19,968

Таблиця 1.3 Інформація про приміщення третього поверху.

№ на схемі	Назва приміщення	Висота, м.	Довжина, м.	Ширина, м.	Площа, м ²
301	Кабінет інформатики	3	5,62	11,3	63,506
302	Кабінет укр. мови	3	8,7	5,48	47,676
303	Кабінет іноз. мови	3	8,7	5,48	47,676
304	Кабінет хімії	3	11,38	5,48	62,3624
305	Кабінет геометрії	3	8,7	5,48	47,676
306	Кабінет математики	3	8,6	5,48	47,128
307	Кабінет заруб. літератури	3	5,7	8,7	49,59
308	Коридор	3	51,6 і 2x5,4	2,2 і 2x5,6	174
309	Комора №1	3	3	5,48	16,44
310	Комора №2	3	2,7	5,48	14,796
311	Комора №3	3	5,7	2,56	14,592
312	Туалет	3	1,45 і 2,9	3,22 і 2,2	11
313	Умивальник	3	2,9	2,2	6,38
314	Підсобка	3	1,45	3,22	4,669
315	Сходова клітка №1	3	3,1	5,48	16,988
316	Сходова клітка №2	3	3,1	5,48	16,988

Таблиця 1.4 Інформація про приміщення підвального поверху

№ на схемі	Назва приміщення	Висота, м.	Довжина, м.	Ширина, м.	Площа, м ²
-101	Майстерня	3	5,3	11,3	59,89
-102	Коридор №1	3	3,57	3,98	14,2086
-103	Коридор №2	3	51,53 і 5,57	2,24 і 5,7	147
-104	Кладова №1	3	3	3,65	10,95
-105	Кладова №2	3	5,6	3,65	20,44
-106	Кладова №3	3	3,56	1,52	5,4112

Будівля школи використовується для організації навчального процесу учнів початкової та базової середньої освіти. Планування будівлі передбачає наявність коридорів, які забезпечують доступ до навчальних приміщень та інших

функціональних зон. Навчальні приміщення призначені для проведення уроків і повинні відповідати санітарно-гігієнічним та технічним вимогам щодо рівня освітленості, рівномірності освітлення та безпеки експлуатації електрообладнання. Особливу увагу при проектуванні системи освітлення необхідно приділяти забезпеченню достатнього рівня освітленості робочих поверхонь у класних приміщеннях, оскільки це безпосередньо впливає на комфортність навчального процесу та працездатність учнів.

У будівлі школи передбачено природне освітлення через віконні прорізи, проте для забезпечення необхідних умов навчання у вечірній час або за недостатнього природного освітлення використовується штучна система освітлення.

Враховуючи сучасні вимоги до енергоефективності будівель, актуальним є впровадження сучасних освітлювальних установок на основі світлодіодних світильників, які характеризуються високою світловою віддачею, низьким енергоспоживанням та тривалим терміном експлуатації. Рационально спроектована система освітлення дозволяє забезпечити нормативні параметри освітленості у всіх приміщеннях школи та зменшити витрати електричної енергії.

1.2 Основні вимоги освітлення у приміщеннях закладів загальної середньої освіти

Основними нормативними документами, що використовуються при розробленні проєкту системи освітлення закладу загальної середньої освіти, є:

- ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць.

Частина 1. Внутрішні робочі місця» [1];

- ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [2];

- ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти» [3].

Розглянемо основні положення зазначених нормативних документів та їх значення для проєктування енергоощадної системи освітлення.

Відповідно до вимог ДСТУ EN 12464-1:2016 освітлювальна система повинна забезпечувати необхідний рівень освітленості робочих поверхонь, рівномірний розподіл світлового потоку, обмеження сліпучої дії світильників та належну передачу кольорів. Цей стандарт є одним із основних нормативних документів, що встановлює вимоги до якості освітлення робочих місць у приміщеннях.

Для навчальних приміщень закладів загальної середньої освіти стандарт рекомендує забезпечувати середню освітленість робочої поверхні на рівні 300–500 лк, показник дискомфортової блискучості UGR не більше 19 та індекс кольоропередачі джерел світла Ra не менше 80 (табл.1.1). Крім того, важливим показником є рівномірність освітлення, яка повинна створювати комфортні умови для виконання зорової роботи та запобігати надмірній втомі органів зору.

Особлива увага в стандарті приділяється створенню комфортного світлового середовища для учнів і педагогічного персоналу, оскільки якість освітлення безпосередньо впливає на працездатність, концентрацію уваги та ефективність сприйняття навчального матеріалу. Саме тому під час вибору світлодіодних світильників для проєктованої системи освітлення необхідно забезпечити відповідність зазначеним нормативним вимогам.

ДБН В.2.5-28:2018 встановлює загальні вимоги до природного та штучного освітлення будівель різного призначення, у тому числі закладів освіти. Згідно з положеннями документа, під час проєктування необхідно максимально використовувати природне освітлення, а система штучного освітлення повинна забезпечувати нормативні значення освітленості в умовах недостатнього природного освітлення або в темний період доби.

Нормативний документ передбачає врахування функціонального призначення приміщень, характеру зорової роботи, коефіцієнта запасу, показників енергоефективності та можливості застосування автоматизованих систем керування освітленням. Важливим аспектом ДБН є орієнтація на впровадження сучасних енергоощадних технологій, що дозволяють зекономити на споживанні електричної енергії без значного погіршення якості освітлення.

У зв'язку з цим нормами рекомендується застосування світлодіодних світильників, які характеризуються високою світловою віддачею, тривалим терміном експлуатації, низьким енергоспоживанням та екологічною безпечністю.

Відповідно до вимог ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти», проектування будівель закладів загальної середньої освіти повинно забезпечувати створення безпечного, комфортного та функціонально доцільного освітнього середовища, яке відповідає санітарно-гігієнічним, ергономічним та енергетичним вимогам. Особлива увага приділяється організації інженерних систем будівлі, зокрема системи штучного та природного освітлення, яка має забезпечувати належні умови для навчального процесу та мінімізувати енергетичні витрати.

Згідно з цим нормативним документом, навчальні приміщення повинні проектуватися з урахуванням достатнього рівня природного освітлення, раціонального використання світлових прорізів, а також правильного розміщення робочих місць учнів відносно вікон. У разі недостатності природного світла передбачається обов'язкове застосування систем штучного освітлення, що забезпечують нормативні показники освітленості на робочих поверхнях, рівномірність світлового потоку та відсутність різких тіней.

Важливим положенням ДБН В.2.2-3:2018 є вимога щодо забезпечення енергоефективності будівель закладів освіти. Це передбачає використання сучасних енергоощадних технологій освітлення, зокрема світлодіодних джерел світла, систем автоматичного керування освітленням (датчики присутності, датчики природної освітленості), а також зонування освітлювальних мереж залежно від функціонального призначення приміщень.

Таким чином, вимоги ДБН В.2.2-3:2018 є базовими при проектуванні системи освітлення закладів освіти, оскільки вони визначають не лише гігієнічні та функціональні параметри світлового середовища, але й формують підхід до енергоефективного використання електроенергії. Дотримання цих положень під час розробки системи енергоощадного освітлення дозволяє забезпечити оптимальні умови навчання, зменшити експлуатаційні витрати та підвищити загальну енергоефективність будівлі.

Виконання зазначених нормативних вимог є можливим завдяки застосуванню сучасних світлодіодних технологій освітлення. На сьогодні LED-світильники широко використовуються в закладах освіти через їх високу енергоефективність, надійність та здатність забезпечувати якісне світлове середовище відповідно до чинних нормативів.

Сучасні світлодіодні світильники характеризуються високою світловою віддачею, яка залежно від конструкції та виробника може становити від 120 до 160 лм/Вт і більше. Завдяки цьому для створення необхідного рівня освітленості споживається значно менше електричної енергії порівняно з традиційними люмінесцентними лампами. Термін служби світлодіодних джерел світла зазвичай перевищує 50 000 годин, що дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування та заміну обладнання.

Важливою перевагою сучасних LED-світильників є висока якість світлового потоку. Більшість моделей, призначених для освітлення навчальних приміщень, забезпечують індекс кольоропередачі Ra понад 80, що відповідає вимогам нормативних документів та сприяє комфортному сприйняттю навчальної інформації. Крім того, сучасні драйвери живлення дозволяють мінімізувати мерехтіння світлового потоку, що позитивно впливає на зоровий комфорт учнів і педагогічних працівників. Для освітлення навчальних приміщень переважно застосовуються світлодіодні панелі та лінійні світильники з колірною температурою 4000–5000 К, яка вважається оптимальною для виконання навчальної діяльності. Такі світильники забезпечують рівномірний розподіл світла в приміщенні, зменшують утворення тіней та сприяють підвищенню працездатності користувачів.

Додатковою перевагою LED-освітлення є можливість інтеграції із сучасними системами автоматизованого керування. Використання датчиків руху, датчиків освітленості та систем регулювання світлового потоку дозволяє додатково знизити споживання електричної енергії та підвищити загальну енергоефективність освітлювальної установки.

Освітлення навчальних приміщень найважливішим фактором, що впливає на ефективність освітнього процесу. Від якості освітлення значною мірою залежать самопочуття, працездатність та концентрація уваги учнів під час занять. Належно організоване освітлення сприяє зменшенню зорового навантаження, створює комфортні умови для навчання та позитивно впливає на засвоєння навчального матеріалу. У сучасних умовах дедалі частіше спостерігається погіршення зору серед дітей шкільного віку, тому особливого значення набуває правильний вибір

світильників і джерел світла для класних кімнат та інших приміщень закладів освіти.

Основною вимогою є забезпечення нормативного рівня освітленості робочих поверхонь: для навчальних класів він становить орієнтовно 300–500 лк залежно від характеру зорової роботи. Для допоміжних приміщень, таких як коридори та сходові клітки, допускаються нижчі значення освітленості.

Важливим показником є рівномірність освітлення, яка забезпечує рівномірний розподіл світлового потоку в приміщенні. Недостатня рівномірність призводить до швидкої втоми зору та зниження концентрації уваги, тому розміщення світильників повинно забезпечувати відсутність різких перепадів освітленості.

Окремо регламентується обмеження сліпучої дії світильників за рахунок використання розсіювачів та захисних елементів, що підвищує комфорт зорової роботи, особливо під час роботи з дошкою та навчальними матеріалами.

Також важливою вимогою є стабільність світлового потоку та відсутність значних пульсацій. Допустимий рівень пульсацій світлодіодних джерел становить до 10% для загальних класів і не більше 5% для приміщень із підвищеними вимогами до зорової роботи (комп'ютерні класи, кабінети з приладами). Перевищення цих значень може негативно впливати на самопочуття та підвищувати ризик втоми зору.

1.3. Джерела світла для освітлення навчальних приміщень

Раціональне використання електричної енергії в системах освітлення навчальних приміщень є одним із важливих напрямів підвищення енергоефективності будівель закладів загальної середньої освіти. Значна частина електроенергії, що споживається у навчальних закладах, припадає саме на системи штучного освітлення. Тому впровадження сучасних енергоощадних джерел світла дає змогу суттєво знизити витрати електроенергії та забезпечити необхідні умови для навчального процесу. Традиційно у системах освітлення використовувалися лампи розжарювання та люмінесцентні лампи. Однак лампи розжарювання характеризуються низькою світловою віддачею та значним енергоспоживанням,

тому що багато електроенергії перетворюється на тепло, а не на світло. Саме тому їх застосування поступово скорочується, а у більшості країн вони замінюються більш енергоефективними джерелами світла.

Одним із поширених типів енергоощадних джерел світла є *люмінесцентні лампи*, які мають значно вищу світлову віддачу порівняно з лампами розжарювання. Вони менше споживають енергії та довше служать. Завдяки цим характеристикам люмінесцентні лампи тривалий час широко використовувалися для освітлення навчальних класів, коридорів та адміністративних приміщень.

У сучасних умовах найефективнішим рішенням для організації освітлення навчальних приміщень є застосування світлодіодних джерел світла (LED). Вони відзначаються високою світловою віддачею, низьким енергоспоживанням та значним терміном експлуатації, який може перевищувати 30–50 тисяч годин. Додатково такі джерела забезпечують стабільний світловий потік, не містять шкідливих речовин і є більш екологічно безпечними порівняно з традиційними люмінесцентними лампами.

На рисунку 1.1 зображено сучасну розумну світлодіодну лампу Philips Hue E27, яка є прикладом інноваційного освітлювального пристрою для використання в інтелектуальних системах освітлення. Дана лампа дозволяє регулювати колірну температуру світла (від теплого жовтого до холодного білого), а також змінювати яскравість, що забезпечує адаптацію освітлення до різних умов навчального процесу.



Рисунок 1.1. Сучасна розумна світлодіодна лампа Philips Hue E27.

Крім того, лампа підтримує керування через мобільний додаток, голосове управління через систему Hue Bridge, а також роботу в складі бездротових протоколів Zigbee та Bluetooth. Наявність функцій таймера, режимів освітлення та димування дозволяє гнучко налаштувати світлове середовище відповідно до потреб користувачів.

Важливою складовою організації навчального процесу є правильно спроектована система штучного освітлення. Встановлено, що значна частина навчальної інформації сприймається учнями через зоровий канал, тому якість освітлення безпосередньо впливає на ефективність засвоєння матеріалу.

Найбільш сприятливі умови для зорової роботи забезпечує природне освітлення, однак на практиці навчання часто відбувається у вечірній час або за недостатнього денного світла в похмурі дні. У таких випадках необхідно використовувати штучне освітлення, яке відповідає чинним нормативним вимогам і забезпечує комфортні умови навчання. Сучасні системи, зокрема світлодіодне освітлення, повинні формувати комфортне світлове середовище як для учнів, так і для педагогічного персоналу, не створюючи надмірного зорового навантаження та сприяючи ефективному навчанню.

Важливим етапом проектування системи освітлення закладу загальної середньої освіти є вибір джерел світла, які повинні забезпечувати нормативні показники освітленості, комфортні умови для зорової роботи та високу енергоефективність освітлювальної установки. На сьогодні найбільш поширеним рішенням для освітлення навчальних приміщень є світлодіодні (LED) світильники, які за своїми технічними характеристиками відповідають сучасним вимогам нормативних документів.

Однією з основних вимог до освітлення навчальних приміщень є забезпечення належної якості передачі кольорів. Від правильного сприйняття кольорів залежить комфортність навчального процесу, точність сприйняття графічної інформації, текстів, схем та наочних матеріалів. Для освітлення навчальних кабінетів рекомендується використовувати світлодіодні світильники з індексом кольоропередачі не менше $Ra \geq 80$, що відповідає вимогам ДСТУ EN 12464-1:2016. Сучасні LED-світильники забезпечують якісне відтворення кольорів і створюють сприятливі умови для роботи учнів та педагогічного персоналу.

Важливою характеристикою освітлювальних установок є рівень пульсацій світлового потоку. Надмірне мерехтіння освітлення може спричиняти швидку втому очей, погіршення концентрації уваги та зниження працездатності. Тому під час вибору світильників для закладів освіти перевагу слід надавати моделям із якісними драйверами живлення, які забезпечують мінімальний рівень пульсацій та стабільний світловий потік протягом усього періоду експлуатації.

Суттєвою перевагою світлодіодних джерел світла є їх висока енергоефективність. Світлова віддача сучасних LED-світильників може перевищувати 100–150 лм/Вт, що значно більше порівняно з лампами розжарювання та більшістю люмінесцентних ламп. Завдяки цьому для забезпечення необхідного рівня освітленості споживається менша кількість електричної енергії, що дозволяє скоротити експлуатаційні витрати на освітлення будівлі.

Не менш важливою перевагою світлодіодного освітлення є його екологічна безпечність. На відміну від люмінесцентних ламп, світлодіодні джерела світла не містять ртуті та інших небезпечних речовин, що спрощує їх утилізацію та зменшує негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, тривалий термін служби світлодіодних світильників дозволяє зменшити кількість відходів та витрати на обслуговування освітлювальної установки.

Сучасні LED-світильники також забезпечують можливість впровадження систем автоматизованого керування освітленням. Для підвищення енергоефективності можуть застосовуватися датчики руху, присутності людей та освітленості, які автоматично регулюють роботу освітлювальної установки залежно від умов експлуатації. Використання таких систем дозволяє додатково зменшити споживання електричної енергії та підвищити ефективність функціонування системи освітлення.

Отже, світлодіодні світильники найбільш повно відповідають сучасним вимогам щодо якості освітлення, енергоефективності, екологічної безпеки та експлуатаційної надійності. Саме тому для проєктування енергоощадної системи освітлення Дружбівського ЗЗСО I–III ступенів селища Дружба доцільно використовувати світлодіодні світильники як основне джерело штучного освітлення.

1.4 Висновки до розділу

1. У розділі приведено загальні характеристики об'єкта проектування освітлення — будівлі Дружбівського закладу загальної середньої освіти I–III ступенів. Проведено аналіз планувальних рішень будівлі, її конструктивних особливостей, а також функціонального призначення приміщень.

2. Проаналізовано ключові вимоги до освітлення приміщень закладів загальної середньої освіти відповідно до чинних нормативних документів: ДСТУ EN 12464-1:2016, ДБН В.2.5-28:2018 та ДБН В.2.2-3:2018. Сукупність цих норм спрямована на створення комфортного, безпечного та енергоефективного світлового середовища. Основними критеріями якості освітлення визначено забезпечення нормованого рівня освітленості (300–500 лк), високої рівномірності світлового потоку, обмеження дискомфортної блискучості ($UGR \leq 19$), належної кольоропередачі ($R_a \geq 80$), а також мінімізації коефіцієнта пульсації до рівня 5–10%.

3. Обґрунтовано використання світлодіодних джерел світла для освітлення навчальних приміщень на основі їх світлотехнічних, екологічних, експлуатаційних характеристик.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір параметрів системи освітлення

Проект ефективного освітлення навчальних приміщень безпосередньо базується на правильному виборі його параметрів. Точний розрахунок світлотехнічних характеристик забезпечує не лише високу якість світла, а й комфорт, високу працездатність та збереження зору учнів і викладачів. Водночас система має суворо відповідати чинним нормативам та враховувати специфіку експлуатації конкретного кабінету чи аудиторії.

До базових характеристик освітлювальної системи належать рівень освітленості, рівномірність світлового потоку, коефіцієнт пульсації, енергоефективність установки, а також якісні показники світла: колірна температура та індекс передачі кольору. Ці параметри визначають на основі функціонального призначення аудиторій, специфіки зорового навантаження та умов роботи обладнання.

Разом з тим, при розрахунку характеристик освітлювальної системи варто зважати не лише на нормативні приписи, а й на практичні нюанси її експлуатації. У цьому зв'язку особливого значення набувають критерії вибору, орієнтовані на реальні потреби користувачів та специфіку функціонування освітлювальних приладів.

До основних критеріїв, що враховуються при виборі параметрів системи освітлення, належать:

- частота вмикання та вимикання;
- необхідний рівень яскравості (освітленості);
- умови експлуатації (температура, вологість тощо);
- тип освітлення (розсіяне або направлене) та висота встановлення;
- колірна температура та якість передачі кольорів;
- естетичні вимоги до освітлення;
- сумісність із наявними світильниками;
- час виходу на робочий режим;
- можливість регулювання світлового потоку;
- термін служби джерел світла;

- безпека експлуатації;
- повна вартість системи, включаючи як початкові інвестиції, так і експлуатаційні витрати.
- простота обслуговування;

Раціональний вибір параметрів системи освітлення дозволяє забезпечити оптимальні умови для навчального процесу, підвищити енергоефективність освітлювальної установки та знизити витрати на електроенергію.



Рисунок 2.1 – Приклад сучасної системи освітлення навчального приміщення із використанням світлодіодних світильників

Проектування освітлення для навчальних приміщень — це комплексне завдання, яке вимагає балансу між нормативними стандартами, фізіологічним комфортом людей та техніко-економічними чинниками. Аналіз цих критеріїв довів доцільність переходу на сучасні світлодіодні технології. Вони не лише гарантують нормативні параметри світлового середовища та високу надійність, а й мінімізують споживання електроенергії. До того ж LED-джерела дозволяють інтегрувати

інтелектуальні системи керування, що суттєво підвищує загальний рівень енергоефективності будівлі.

У підсумку, правильний вибір параметрів системи освітлення дозволяє ефективно та точно виконати світлотехнічний розрахунок для забезпечення комфортних умов навчального процесу.

2.2 Визначення регламентованих світлотехнічних показників системи освітлення для загальноосвітнього закладу

Ключовим етапом проектування є розрахунок нормативних світлотехнічних показників для кожного приміщення закладу освіти. Раціональний підбір цих параметрів гарантує безпечне та комфортне візуальне середовище, сприяє збереженню зору учнів і викладачів, а також забезпечує повну відповідність проєктних рішень чинному законодавству.

При розрахунку характеристик до уваги беруться функціональне призначення аудиторій, специфіка зорової праці, висота робочих поверхонь та умови експлуатації окремих зон. Базовим критерієм тут виступає освітленість робочої зони, параметри якої чітко регламентовані вимогами ДБН В.2.5-28:2018 та ДСТУ EN 12464-1:2016.

На основі плану будівлі, який включає три поверхи та підвал, визначено 84 функціональних зон. У таблиці 2.1 систематизовано регламентовані показники освітленості для кожного типу приміщень згідно з ДБН В.2.5-28:2018: висота стель, типи робочих поверхонь та особливості умов експлуатації.

Таблиця 2.1 - нормовані світлотехнічні показники для приміщень закладу освіти

№ з.п	№ згідно з планом будівлі школи.	Назва приміщення	Висота стелі, м.	Освітленість по ДБН В.2.5-28:2018, $E_{з.с.лк}$.	Висота та тип робочої поверхні, $h_{p,n}$ м.	Примітка
Перший поверх						

1	101, 102, 103, 104, 105, 106, 107	Навчальні приміщення	3	400	Г-0,8 (робоче місце)	Освітлення має бути регу- льоване.
				500	В - 1,5 на середині дошки	
2	108	Їдальня	3	400	Г-0,8	-
3	109	Харчоблок	3	400	Г-0,8	-
4	110	Санвузол	3	50	Г-0,8	-
5	121	Спортзал	6	200	Г-0 (підлога)	-
					В - 2 стіни	
6	122	Вестиб'юль	3	75	Г-0 (підлога)	Освітленість на рівні підлоги
7	123, 124, 125	Коридори	3	75	Г-0 (підлога)	Освітленість на рівні підлоги
8	126	Інвентарна	3	50	Г-0 (підлога)	-
9	132, 133, 134	Сходи	3	100	Г-0 (підлога)	-
10	111, 112	Комори	3	100	Г-0,8	-
11	127, 128, 129, 130, 131	Кладові	3	100	Г-0,8	-
12	113	Підсобка	3	100	Г-0,8	-
13	114, 115, 116	Туалети	3	200	Г-0 (підлога)	-
14	117, 118, 119, 120	Умивальники	3	200	Г-0,8	-
Другий поверх						
15	210, 211, 212	Навчальні приміщення	3	400	Г-0,8 (робоче місце)	Освітлення має бути регу- льоване
				500	В - 1,5 на середині дошки	
16	201	Конференцзал	3	400	Г-0,8	
17	208	Актовий зал	3	200	Г-0	Освітленість на рівні підлоги
18	202	Лікарняна палата	3	200	Г-0,8	-
19	203	Виховательська	3	400	Г-0,8	-

20	204	Вчительська	3	400	Г-0,8	-
21	205	Канцелярія	3	400	Г-0,8	-
22	206	Директорська	3	400	Г-0,8	-
23	207	Заступник з НВР	3	400	Г-0,8	-
24	209	Бібліотека	3	400	Г-0,8	-
25	217	Книгосховище	3	100	Г-0,8	-
26	215, 216	Кладові	3	100	Г-0,8	-
27	213, 214	Комори	3	100	Г-0,8	-
28	218	Підсобка	3	100	Г-0,8	-
29	219, 220	Туалети	3	200	Г-0,8	-
30	221, 222	Умивальники	3	200	Г-0,8	-
31	223, 224, 225	Коридори	3	75	Г-0 (підлога)	Освітленість на рівні підлоги
32	226, 227, 228	Сходи	3	100	Г-0 (підлога)	-
Третій поверх						
33	301, 302, 303, 304, 305, 306, 307	Навчальні приміщення	3	400	Г-0,8 (робоче місце)	Освітлення має бути регульоване
				500	В - 1,5 на середині дошки	
34	309, 310, 311	Комори	3	100	Г-0,8	-
35	314	Підсобка	3	100	Г-0,8	-
36	312	Туалет	3	200	Г-0,8	-
37	313	Умивальник	3	200	Г-0,8	-
38	308	Коридор	3	75	Г-0 (підлога)	Освітленість на рівні підлоги
39	315, 316	Сходи	3	100	Г-0 (підлога)	Освітленість на рівні підлоги
Підвальний поверх						
40	-101	Майстерня	3	300	Г-0,8	-
41	-102, -103	Коридори	3	75	Г-0 (підлога)	Освітленість на рівні підлоги
42	-104, -105, -106	Кладові	3	100	Г-0,8	-

Таблиця 2.1 показує, що найбільші значення нормованої горизонтальної освітленості встановлені у місця із підвищеною зоровою діяльністю, наприклад, читання, письмо, підписання документів чи роботи із навчальними матеріалами, де освітленість робочої поверхні становить 400 лк. Такими приміщеннями є навчальні класи та адміністративні приміщення шкільного персоналу, де учні, вчителі та інший робочий персонал безпосередньо виконує роботу, яка потребує високої точності та дрібної моторики. Щоб забезпечити комфортні умови навчання у даних приміщеннях необхідно підібрати систему освітлення з можливістю регулювання залежно від таких чинників, як наприклад, природне освітлення.

У приміщеннях де відсутня необхідність великої точності та концентрації на малих об'єктах, як наприклад, актова зала, спортазала чи вбиральні освітленість становить 200 лк, що є достатнім для виконання простих задач.

Приміщення, які використовуються для пересування, зберігання чи короткочасної роботи, зокрема у коридорах, кладових, коморах чи на сходових клітках освітлення варіюється від 50-100 лк. Це є достатнім рівнем освітленості для безпечного пересування у не часто використовуваних місцях, що дозволяє забезпечити достатній рівень освітленості та зекономити на енергії.

2.3 Підбір світильників для приміщень школи

Проект системи загального робочого освітлення школи передбачає безпосередній монтаж світильників на стелю. Оскільки перекриття в усіх приміщеннях є бетонними, такий спосіб встановлення гарантує максимальну надійність кріплення. Крім того, накладний монтаж забезпечує оптимальний розподіл світлового потоку та спрощує подальше технічне обслуговування системи.

Для навчальних приміщень, лабораторій, їдальні, харчоблоку, бібліотеки та приміщень учителів, вихователів та директора вибираємо світильник OTIS60604040N, тому що його технічні характеристики відповідають вимогам освітлення приміщень де потрібен великий світловий потік.

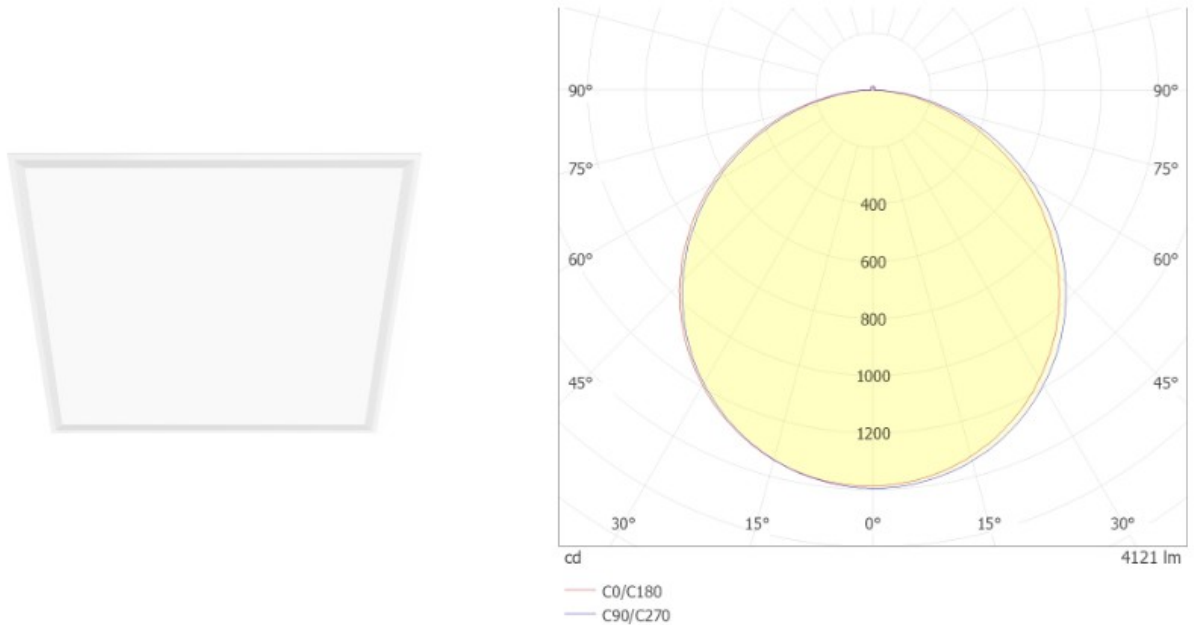


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд світильника типу *OTIS-60604040N* та кривої сили світла

Основні світлотехнічні параметри світильника типу *OTIS-60604040N*:

- Світловий потік 4121 лм.
- Потужність 40 Вт.
- Світло віддача 103 лм/Вт.
- Колірна температура 4000 К.
- Клас пило-волого захисту IP20.
- Клас захисту від ударів IK10.
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a).
- Номінальна напруга 230 В.

Для різних технічних приміщень, або таких, де світловий потік не потребує бути великим, наприклад сходові клітки, комори, кладові, туалети та умивальники застосовуємо світильник *OTIS30603040N*, тому що його застосування у даний приміщеннях є вигідним з боку освітленості.

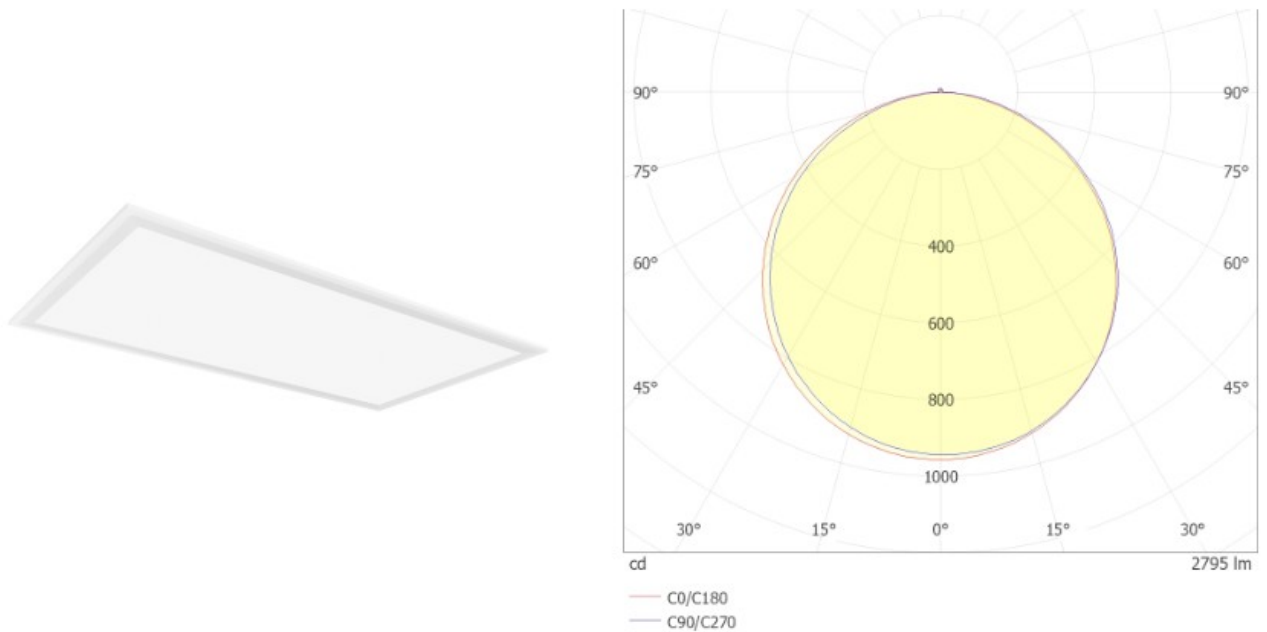


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд світильника типу *OTIS-30603040N* та кривої сили світла

Основні світлотехнічні параметри світильника типу *OTIS-60604040N* :

- Світловий потік 2795 лм.
- Потужність 30 Вт.
- Світло віддача 93,2 лм/Вт.
- Колірна температура 4000 К.
- Клас пило-волого захисту IP20.
- Клас захисту від ударів IK02.
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a).
- Номінальна напруга 230 В.

Для невеликих приміщень де немає необхідності у зоровій роботі або для рівномірного освітлення коридорів використовуємо світильник DAPO1240, тому що його невелика, але достатня світна сила та потужність добре підходять для освітлення подібних приміщень.

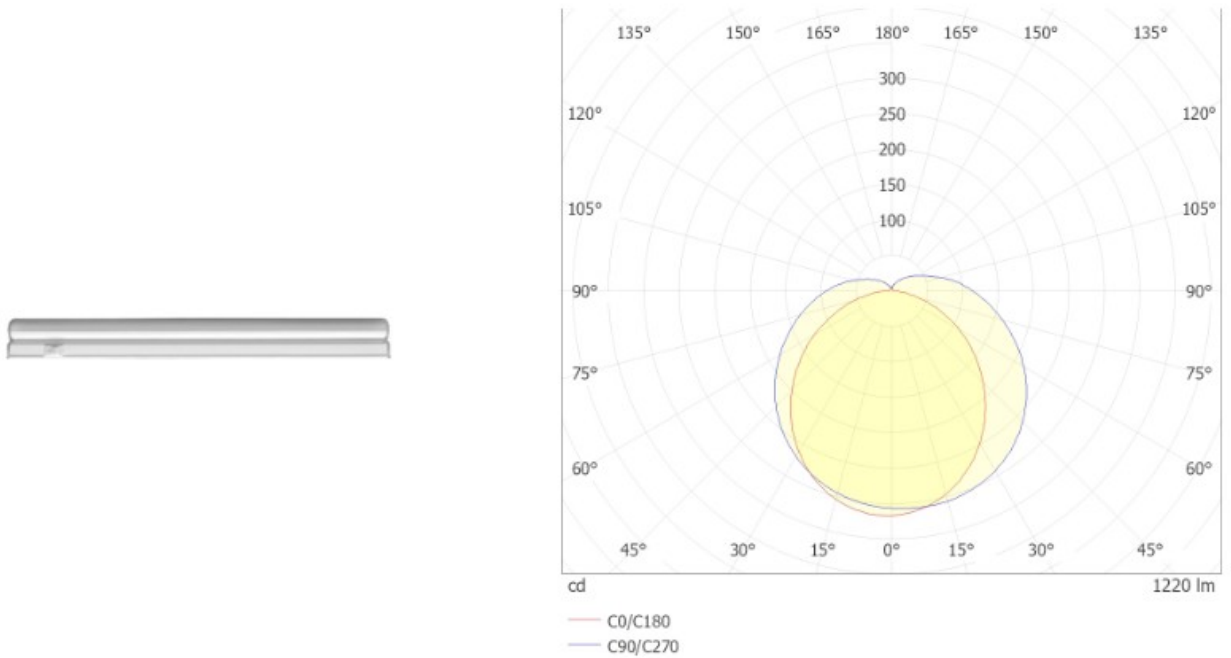


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд світильника типу *DAPO1240* та кривої сили світла світильника

Основні світлотехнічні параметри світильника типу *DAPO1240*:

- Світловий потік 1220 лм.
- Потужність 12,9 Вт.
- Світло віддача 94,6 лм/Вт.
- Колірна температура 4000 К.
- Клас пило-волого захисту IP20.
- Клас захисту від ударів IK02.
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a).
- Номінальна напруга 230 В.

Для освітлення спортзалу використовуємо прожектори GLAD2405060 через їхній хороший світловий потік при достатньо хорошому значенні потужності та через їхню надійність.

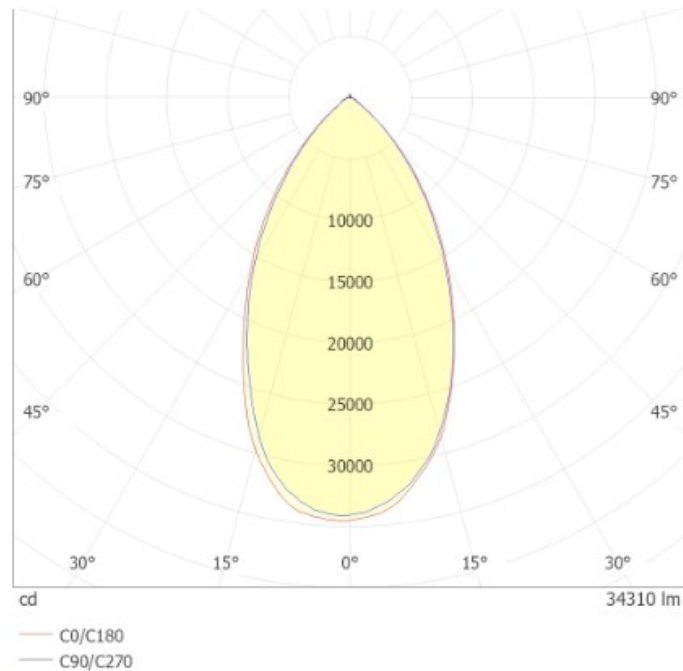


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд світильника типу *GLAD2405060* та кривої сили світла світильника

Основні світлотехнічні параметри світильника типу *GLAD2405060*:

- Світловий потік 34311 лм.
- Потужність 240 Вт.
- Світло віддача 143 лм/Вт.
- Колірна температура 5000 К.
- Клас пило-волого захисту IP66.
- Клас захисту від ударів IK02.
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a).
- Номінальна напруга 230 В.

Для аварійного освітлення коридорних приміщень застосовано світильник типу LYR160, який забезпечує нормативний рівень освітленості шляхів евакуації під час аварійного відключення електроживлення та відповідає вимогам безпечної експлуатації будівлі.

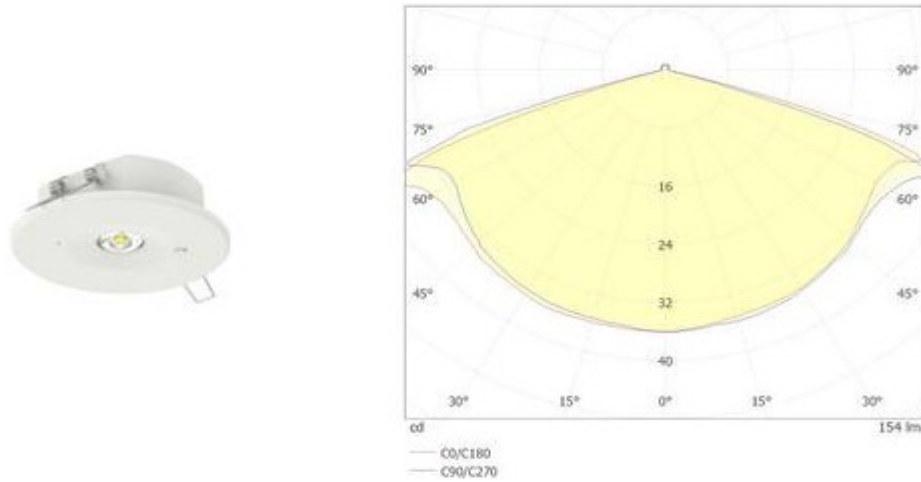


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд світильника типу *LYR160* та криву силу світла світильника

Основні світлотехнічні параметри світильника типу *LYR160* :

- Світловий потік 154 лм.
- Потужність 1,4 Вт.
- Світло віддача 110 лм/Вт.
- Колірна температура 6000 К.
- Клас пило-волого захисту IP-20.
- Клас захисту від ударів IK-02.
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a).
- Номінальна напруга 230 В.

Для позначення шляхів евакуації обрано світильник типу *ДБО02ВСП*. Він призначений для підсвічування евакуаційних знаків та інформаційних покажчиків у штатному й аварійному режимах роботи. Світильник забезпечує автономну роботу в аварійному режимі не менше 3 годин, що відповідає вимогам до евакуаційного освітлення.

На рисунку 2.7 наведено загальний вигляд світильника *ДБО02ВСП* та криву сили світла.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд світильника типу *ДБО02ВСП* та криву силу світла світильника

Основні світлотехнічні параметри світильника типу ДБО02ВСП :

- Потужність 6 Вт.
- Колірна температура 6400 К.
- Клас пило-волого захисту IP-65.
- Індекс кольоро передачі 80 (R_a).
- Номінальна напруга 230 В.
- Тип кривої сили світла — Д (косинусна).

Для різних типів приміщень було обрано три основні типи світлодіодних світильників: **OTIS-60604040N**, **OTIS-30603040N**, та **ДАРО1240**. Прожектор GLAD2405060 для освітлення спортзалу. Для освітлення шляхів евакуації передбачено використання світильників типу LYR160, а світильники ДБО02ВСП застосовуються як аварійні світлові покажчики.

Світильники типу **OTIS-60604040N** прийнято для навчальних, учительських, бібліотеки, їдальні та харчоблоку, оскільки вони забезпечують достатній рівень освітленості, характеризуються високою світло віддачею та економічністю в експлуатації.

Для освітлення актової зали, комор, кладових, туалетів та умивальників обрано світильники типу **OTIS-30603040N**, які відповідають вимогам до освітлення подібних технічних приміщень, забезпечують рівномірний розподіл світлового потоку та комфортні умови.

Для коридорів та малих технічних приміщень застосовано світильники типу **ДАРО1240**, що відзначаються надійністю, достатнім рівнем освітленості та низьким енергоспоживанням.

Для спортзалу використовуємо прожектори типу GLAD2405060, світловий потік і споживання енергії яких має хороший баланс та надає достатнє освітлення для виконання спортивних завдань.

Для забезпечення безпечної евакуації людей у разі аварійних ситуацій у коридорах школи передбачено встановлення світильників типу **LYR160**, які використовуються в системі аварійного освітлення. Дані світильники забезпечують необхідний рівень освітленості шляхів евакуації при зникненні основного

електроживлення, що дозволяє безпечно орієнтуватися в приміщенні та здійснювати евакуацію.

Біля евакуаційних виходів із будівлі передбачено встановлення аварійних світлових покажчиків типу *ДБ002ВСП*. Вони призначені для позначення напрямку руху до виходу та забезпечують чітку візуальну навігацію під час надзвичайних ситуацій. Використання таких покажчиків відповідає вимогам нормативних документів щодо організації безпечної евакуації людей із закладів освіти.

Усі підібрані світильники повністю відповідають стандартам для навчальних і громадських закладів. Вони вирізняються тривалим терміном служби, високою енергоефективністю та гарантують нормативні параметри світлового середовища у школі. Впровадження LED-технологій у проєктованій системі суттєво знижує споживання електроенергії, підвищує клас енергоощадності будівлі, а також створює безпечні й комфортні умови для учнів та колективу закладу.

2.4 Визначення висоти розміщення світильників та коефіцієнта запасу для системи освітлення

Під час експлуатації системи штучного освітлення з часом спостерігається зменшення рівня освітленості. Це зумовлено такими факторами:

Протягом експлуатації систем штучного освітлення рівень освітленості на робочих поверхнях поступово знижується. Цей процес зумовлений такими чинниками:

Старінням та виходом з ладу: зменшенням світлового потоку джерел світла з часом, а також повною відмовою самих ламп чи світлових приладів.

Забрудненням: накопиченням пилу та бруду на оптичних системах приладів, джерелах світла, а також на внутрішніх поверхнях огорожувальних конструкцій приміщення (що знижує відбиття світла).

Зносом матеріалів: падінням коефіцієнта корисної дії (ККД) світильників через старіння їхніх відбиваючих та світлопрозорих елементів.

Щоб гарантувати нормативну освітленість робочих зон навіть наприкінці терміну служби системи (або безпосередньо перед черговим технічним обслуговуванням), у світлотехнічних розрахунках обов'язково враховують **коефіцієнт запасу**.

K_3 вираховується так [1]:

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

Під час виконання світлотехнічних розрахунків коефіцієнт експлуатації визначається за формулою:

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

LLMF – коеф. врахування зниження потоку світла в лампі;

LSF – коеф. що бере до уваги кількість світильників які будуть працювати у кімнаті;

LMF – коеф. експлуатації даного світильника;

RSMF – коеф. того як використовуються поверхні приміщення.

За таблицею В4 (стор. 65) визначаємо коеф. LSF та LLMF. Для світлодіодних світильників при напрацюванні 50000 годин приймаємо: LLMF = 0,85, LSF = 1

Розрахунок коеф. RSMF та LMF базується на таких параметрах, як коефіцієнти відбиття поверхонь, тип світлорозподілу світильників, їхній рівень пило- та вологозахисту (IP), а також клас чистоти приміщення. Згідно з таблицею В.1, за ступенем чистоти приміщення класифікують на дві категорії: Нормальні, Normal (N), коридори, санвузли, сходові клітки, комори та підсобні приміщення, та чисті, Clean (C), навчальні кабінети, їдальня, харчоблок та вчительські кімнати. Періодичність планового обслуговування становить: для світильників – один раз на півтори роки, для поверхонь приміщення – один раз на три роки.

Згідно з таблицею В3 [1], світильники типу *OTIS-60604040N*, *OTIS-30603040N*, *DAP01240*, ***LYR160*** зі ступенем захисту IP20 відносяться до типу D, тоді як світильник *GLAD2405060* зі ступенем захисту IP66 належить до типу E.

З урахуванням коефіцієнтів відбивання поверхонь (стеля – 0,7; стіни – 0,5; підлога – 0,2), за даними таблиць В5 та В6 [1] визначаються значення коефіцієнтів **LMF** і **RSMF** для відповідних приміщень:

- приміщення класу **Normal (N)** з світильниками класу: **D** – $LMF = 0,79$;
RSMF = 0,9 .
- приміщення класу **Clean (C)** з світильниками класу: **D** – $LMF = 0,85$;
RSMF = 0,94 .
- приміщення класу **Normal (N)** з світильниками класу: **E** – $LMF = 0,9$;
RSMF = 0,9 .
- приміщення класу **Clean (C)** з світильниками класу: **E** – $LMF = 0,92$;
RSMF = 0,94 .

Коефіцієнт експлуатації та коефіцієнт запасу розраховуємо за формулою:

Приміщення класу **Normal (N)** з світильниками класу **D**.

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 0,9 = 0,6$$

$$K_3 = \frac{1}{0,6} = 1,66$$

Приміщення класу **Normal (N)** з світильниками класу **E**.

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,94 = 0,71$$

$$K_3 = \frac{1}{0,71} = 1,4$$

Приміщення класу **Clean (C)** з світильниками класу **D**.

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,94 = 0,68$$

$$K_3 = \frac{1}{0,68} = 1,47$$

Приміщення класу **Clean (C)** з світильниками класу **E**.

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 0,94 = 0,73$$

$$K_3 = \frac{1}{0,73} = 1,37$$

Отримані результати вписуємо у зведену таблицю 2.2.

Окрім коефіцієнта запасу, критично важливим параметром світлотехнічного розрахунку є висота підвісу (встановлення) світильників. Оптимальний вибір цього параметра гарантує рівномірний розподіл світлового потоку, запобігає утворенню затінених або недостатньо освітлених зон, а також забезпечує відповідність нормативним показникам якості освітлювального середовища в навчальних приміщеннях.

У вище зазначеній таблиці 1.1 наведено основні геометричні параметри приміщень: їхню висоту, довжину, ширину та площу. Ці значення будуть використані для визначення розрахункової висоти h_p .

Розрахункова висота встановлення світильників над робочою поверхнею визначається як відстань між світловим приладом та горизонтальною площиною, для якої нормується освітленість, і обчислюється за такою формулою:

$$h_p = h - h_n - h_{p.n}, \quad (2.3)$$

де h – загальна висота приміщення, що визначається як відстань від рівня підлоги до поверхні стелі;

h_n – висота підвісу світильника, тобто відстань від стелі приміщення до нижньої частини його світловипромінювальної поверхні;

$h_{p.n}$ – висота розташування робочої поверхні над підлогою, на якій нормується освітленість. Для приміщень різного призначення ця поверхня може відповідати робочому столу, стелажу або умовно прийнятій горизонтальній площині.

Висота приміщень будівлі школи становить **3 м**.

На основі плану будівлі, який включає перший, другий, третій та підвальний поверх, визначено 84 функціональних приміщень. У таблиці 2.1 систематизовано регламентовані показники освітленості для кожного типу приміщень згідно з ДБН

В.2.5-28:2018, висоти стель, типи робочих поверхонь та особливі умови експлуатації.

Значення h_n отримуємо, виходячи із габаритних розмірів світлових приладів:

- для світильника DAPO1240 – LED PLASTIC LINEAR LUMINAIRES –

$$h_n = 0,034 \text{ м};$$

- для світильника OTIS 60604040N – LED PANELS – $h_n = 0,032 \text{ м};$

- для світильника OTIS 30603040N – LED PANELS – $h_n = 0,032 \text{ м}.$

Підставивши числові значення параметрів h , h_n та $h_{p.n}$ у формулу (2.3), визначимо розрахункову висоту розміщення світильників h_p . Розрахунок виконаємо для навчального приміщення, обладнаного світильниками типу OTIS-60604040N LED PANELS, оскільки саме навчальні кабінети становлять більшу частину функціональних приміщень будівлі школи. Для цих приміщень висота робочої поверхні приймається $h_{p.n} = 0,8 \text{ м}$, відповідно до таблиці 2.1:

$$h_p = 3 - 0,032 - 0,8 = 2,168 \text{ м}.$$

Для решти приміщень висоту h_p визначаємо аналогічно. Результати розрахунків представлено в таблиці. 2.2.

Таблиця 2.2

№ на схемі.	Назва приміщення	Тип світлових приладів	MF	Кз	h _{рп} , м.	h _п , м.	h _р , м.
Перший поверх							
101	Навчальне приміщення №1	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
102	Навчальне приміщення №2	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
103	Навчальне приміщення №3	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
104	Навчальне приміщення №4	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
105	Навчальне приміщення №5	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
106	Навчальне приміщення №6	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
107	Навчальне приміщення №7	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
108	Їдальня	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
109	Харчоблок	OTIS60604040N	0.68	1.47	0,8	0,032	2,168
110	Санвузол	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
111	Комора №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
112	Комора №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168

113	Пібсобка	ДАПО1240	0.6	1.66	0,8	0.034	2,166
114	Туалет №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,968
115	Туалет №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,968
116	Туалет №3	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,968
117	Умивальник №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
118	Умивальник №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
119	Умивальник №3	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
120	Умивальник №4	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
121	Спортзал	GLAD2405060	0.71	1.4	0	0.181	5.769
122	Вестиб'юль	ДАПО1240	0.6	1.66	0	0.034	2,966
123	Коридор №1	ДАПО1240	0.6	1.66	0	0.034	2,966
124	Коридор №2	ДАПО1240	0.6	1.66	0	0.034	2,966
125	Коридор №3	ДАПО1240	0.6	1.66	0	0.034	2,966
126	Інвентарна	ДАПО1240	0.6	1.66	0	0.034	2,966
127	Кладова №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
128	Кладова №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
129	Кладова №3	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
130	Кладова №4	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
131	Кладова №5	OTIS30603040N	0.6	1.66	0,8	0,032	2,168
132	Сходова клітка №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,968
133	Сходова клітка №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,968
134	Сходова клітка №3	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,968
Другий поверх							
201	Конференцзал	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
202	Лікарняна палата	ДАПО1240	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
203	Виховательська	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
204	Учительська	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
205	Канцелярія	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
206	Директорська	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
207	Заступник	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
208	Актова зала	OTIS30603040N	0.68	1.47		0,032	2,168
209	Бібліотека	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
210	Клас біології	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
211	Лабораторія фізики	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
212	Клас історії	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
213	Комора №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
214	Комора №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
215	Кладова №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
216	Кладова №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
217	Книгосховище	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
218	Підсобка	ДАПО1240	0.6	1.66	0.8	0.034	2.166
219	Туалет №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,168
220	Туалет №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,168
221	Умивальник №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
222	Умивальник №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
223	Коридор №1	ДАПО1240	0.6	1.66	0	0.034	2,966
224	Коридор №2	ДАПО1240	0.6	1.66	0	0.034	2,966
225	Коридор №3	ДАПО1240	0.6	1.66	0	0.034	2,966
226	Сходова клітка	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,168

	№1						
227	Сходова клітка №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,168
228	Сходова клітка №3	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,168
Третій поверх							
301	Кабінет інформатики	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
302	Кабінет укр. мови	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
303	Кабінет іноз. мови	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
304	Кабінет хімії	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
305	Кабінет геометрії	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
306	Кабінет математики	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
307	Кабінет заруб. літератури	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
308	Коридор	DAPO1240	0.6	1.66	0	0,034	2,966
309	Комора №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
310	Комора №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
311	Комора №3	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
312	Туалет	OTIS30603040N	0.6	1.66		0,032	2,968
313	Умивальник	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,168
314	Підсобка		0.6	1.66	0.8	0,034	2,166
315	Сходова клітка №1	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,968
316	Сходова клітка №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0	0,032	2,968
Підвальний поверх							
-101	Майстерня	OTIS60604040N	0.68	1.47	0.8	0,032	2,168
-102	Коридор №1	DAPO1240	0.6	1.66	0	0,034	2,966
-103	Коридор №2	DAPO1240	0.6	1.66	0	0,034	2,966
-104	Кладова №1	DAPO1240	0.6	1.66	0.8	0,034	2,966
-105	Кладова №2	OTIS30603040N	0.6	1.66	0.8	0,032	2,968
-106	Кладова №3	DAPO1240	0.6	1.66	0.8	0,032	2,968

Таблиця 2.2 – Зведені результати розрахунку основних параметрів приміщень (коефіцієнта експлуатації, коефіцієнта запасу та розрахункової висоти встановлення світильників).

Індекс приміщень, вираховується за так:

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (a+b)} \quad (2.4)$$

Виконаємо розрахунок індексу приміщення для кабінету інформатики :

$$i = \frac{63,5}{2,168 \cdot (5,62 + 11,3)} = 1,77$$

Для приміщень складної конфігурації, зокрема для коридорів Г-подібної форми, індекс приміщення розраховується за відповідною формулою для непрямокутних приміщень:

$$i = 0,47 \cdot \frac{\sqrt{S}}{h_p} \quad (2.5)$$

Виконаємо розрахунок індексу приміщення для коридору №1:

$$i = 0,47 \cdot \frac{\sqrt{174}}{2,968} = 2,11$$

За аналогічною методикою проводимо розрахунок для інших приміщень школи.

2.5 Визначення кількості світильників у кімнатах

Число світлових установок N у кімнатах визначимо так :

$$N = N_A \cdot N_B, \quad (2.6)$$

$$N_A = \frac{A}{L}, N_B = \frac{B}{L} \quad (2.7)$$

де A, B – ширина та довжина всередині приміщення;

L – міжлампова віддаль між рядами світильників:

$$L = \lambda \cdot h_p \quad (2.8)$$

де λ – умовна віддаль між лампами або їх рядами, яку можна визначити з таблиці 2.3 [4];

h_p – розрахункова висота приміщення

Типова крива сили світла	λ
Концентрована (К)	0,6
Глибока (Г)	0,9 ... 1,0
Косинусна (Д)	1,4 ... 1,6
Рівномірна (М)	2,0 ... 2,6
Напівширока (Л)	1,6 ... 1,8

Таблиця 2.3 – Значення умовної віддалі між лампами

2.6 Метод коефіцієнта використання та світлотехнічний розрахунок приміщень

Метою розрахунку світла є визначення оптимальної кількості та потужності світлових приладів, необхідних для забезпечення нормованих параметрів освітлювальної установки.

Для розрахунку середньої освітленості горизонтальної робочої поверхні застосовують метод коефіцієнта використання світлового потоку. Його головна перевага полягає в комплексному врахуванні як прямої складової світла від світильників, так і відбитої від стін, стелі та підлоги.

За цим методом середня освітленість дорівнює:

$$E = \frac{N \cdot \Phi_{сп} \cdot U}{S \cdot z \cdot K_3} \quad (2.9)$$

де N – число світильників, які використовуються в приміщенні;

$\Phi_{сп}$ – випромінювання світлового потоку одного приладу;

U – коеф. використання $\Phi_{сп}$;

S – площа ;

K_3 – коефіцієнт запасу.

Світловий потік $\Phi_{сп}$, необхідний для досягнення освітленості E_H розраховується як:

$$\Phi_{сп} = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3}{U \cdot N} \quad (2.10)$$

Значення коеф. використання U у цій формулі приймають за довідковими даними. Розрахункова величина U є функцією кількох чинників: типу кривої сили світла (КСС) світильників, коефіцієнтів відбиття внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій приміщення, а також його геометричних параметрів, які комплексно враховує індекс приміщення i .

Якщо обчислене значення індексу приміщення виявляється меншим за мінімальне табличне значення (наприклад, $i < 0,5$ для невеликих підсобних приміщень), точний вибір коефіцієнта використання за довідниками стає неможливим. У такому разі розрахунок МКЗ для цих приміщень припиняють.

Кількість та потужність світлових приладів для таких об'єктів визначають шляхом комп'ютерного моделювання у спеціалізованому програмному пакеті **DIALux evo**.

За отриманими в результаті розрахунку значеннями світлового потоку $\Phi_{сп}$ підбирають світильник, який задовольняє умові:

$$\delta E = \frac{E_p - E_H}{E_H} \cdot 100\% = -10 \dots +20\% \quad (2.11)$$

де E_p —освітленість;

E_H —нормована освітленість.

У разі невиконання умови змінюємо потужність або число світильників.

Таблиця 2.4 – Приклад виконання світлотехнічного розрахунку за МКЗ

№ приміщення на плані	Призначення приміщення	A, м	B, м	S, м ²	h _p , м	i	U	E _H , лк	N, шт	Φ _{спр} , лм	Φ _{сп} , лм	E _p , лк	δE, %
301	Кабінет інформатики	5,62	11,3	63,506	2,132	1,77	0,8	400	8	5438	5633	415	3,75

Як видно з таблиці 2,4 у кабінеті інформатики потрібно поставити світлові прилади зі світловим потоком у ~5400 лм. З нашого каталогу це можуть бути світильники WIMR4040, але вони є занадто потужними і їхній засліплюючий ефект є недопустимим, тому збільшуємо кількість світильників, зменшуємо їхню потужність та для подальших розрахунків використовуємо програмне забезпечення DIALux, а методом коефіцієнту використання для приблизного підбору та звіряння світлових приладів.

2.7 Використання ПЗ DIALux для проведення світлотехнічний розрахунок та проєктування системи освітлення школи

Рекомендується використовувати ПЗ DIALux evo. Для систем внутрішнього освітлення виконати розрахунок:

- циліндричної освітленості;

- показника дискомфорту $M[2]$:

$$M = 10^{\frac{UGR+4.8}{16}} \quad (1.11)$$

-UGR (Unified Glare Rating, об'єднаний показник дискомфорту) - це розрахунковий параметр, який оцінює психологічний дискомфорт від освітлення, розраховується за допомогою площини поставленої на відстані 1-1,2 метри від підлоги.

В цьому підрозділі проводимо повний розрахунок усіх приміщень за допомогою DIALux.

Розглянемо розрахунок на прикладі кабінету математики

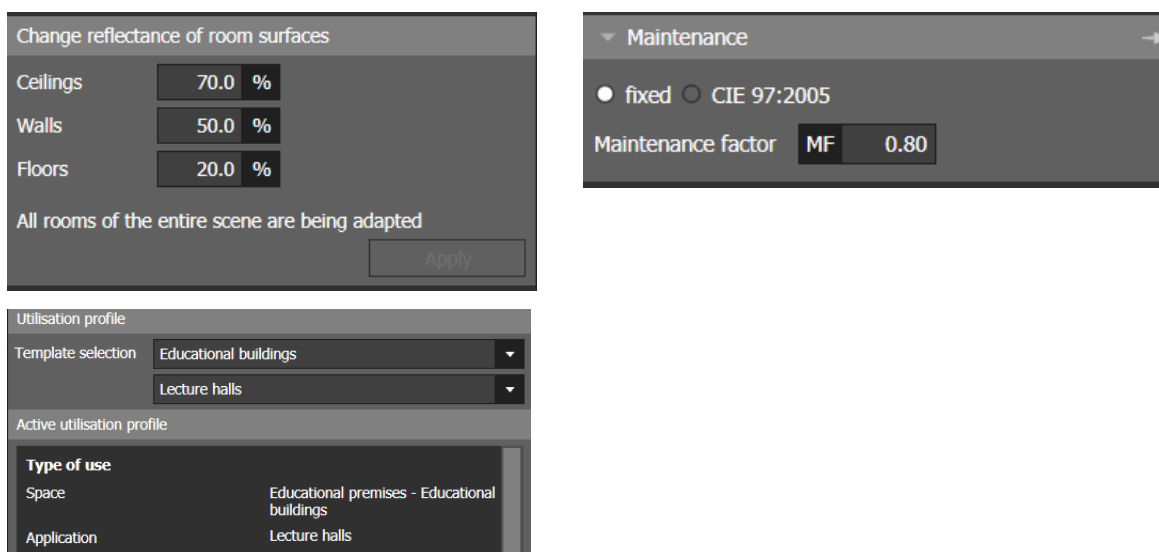


Рисунок 2.8 – Внесення необхідних значень в середовище DIALux

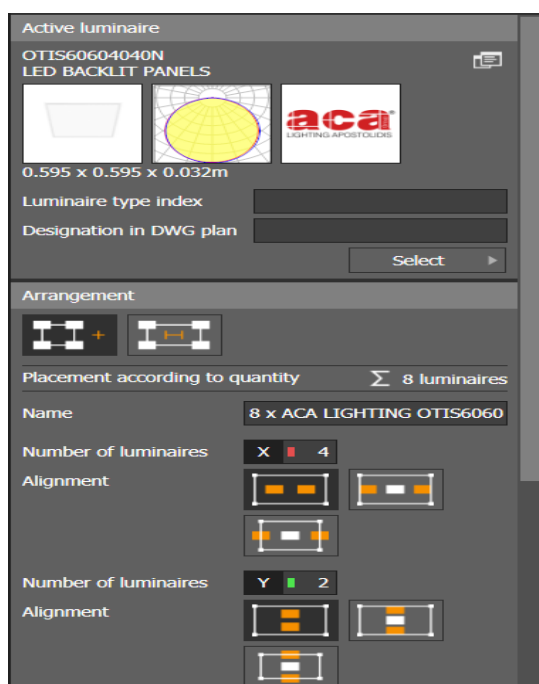


Рисунок 2.9 – Додавання світильників та внесення їх в середовище DIALux



Рисунок 2.10 – Ізолюкси на робочій поверхні кабінету математики

В процесі розрахунку також здійснюється оцінка засліпленості, у нашому випадку $UGR=18.3$, а $M=27,78$, що допустимо для навчального кабінету згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [2] і не спричиняє зорового дискомфорту.

Проводимо такі ж дослідження для всіх функціональних приміщень школи та заносимо їх у таблицю 2.5

№ на схемі	Назва приміщення	Тип світлових приладів	i	$U, \%$	N	$E_H, \text{лк}$	$\Phi_{\text{сп}}, \text{лм}$	$E_p, \text{лк}$	$\delta E, \%$	UGR	M
Перший поверх											
101	Навчальне приміщення №1	OTIS60604040N	1,08	0,63	10	400	4121	471	17,2	18,2	27,4
102	Навчальне приміщення №2	OTIS60604040N	1,15	0,66	10	400	4121	462	15,5	18,2	27,4
103	Навчальне приміщення №3	OTIS60604040N	1,15	0,66	10	400	4121	466	16,5	18,5	28,6
104	Навчальне приміщення №4	OTIS60604040N	1,14	0,65	10	400	4121	460	15	18,6	29
105	Навчальне приміщення №5	OTIS60604040N	1,12	0,65	10	400	4121	470	17,5	18,6	29
106	Навчальне приміщення №6	OTIS60604040N	0,95	0,59	6	400	4121	402	0,5	18,5	28,6
107	Навчальне приміщення №7	OTIS60604040N	0,96	0,59	6	400	4121	404	1	18,4	28,2
108	Їдальня	OTIS60604040N	1,43	0,73	12	400	4121	392	-2	18,3	27,8
109	Харчоблок	OTIS60604040N	0,96	0,59	6	400	4121	374	-6,5	18,2	27,4

110	Санвузол	OTIS30603040N	0,67	0,46	2	50	2795	55	10	-	-
111	Комора №1	OTIS30603040N	0,58	0,42	1	100	2795	106	6	-	-
112	Комора №2	OTIS30603040N	0,44	0,33	1	100	2795	116	16	-	-
113	Пібсобка	ДАРО1240	0,34	0,27	2	100	1220	109	9	-	-
114	Туалет №1	OTIS30603040N	0,5	0,37	2	200	2795	227	13.5	-	-
115	Туалет №2	OTIS30603040N	0,43	0,33	2	200	2795	233	17.5	-	-
116	Туалет №3	OTIS30603040N	0,32	0,26	1	200	2795	195	-2.5	-	-
117	Умивальник №1	OTIS30603040N	0,47	0,35	2	200	2795	233	17.5	-	-
118	Умивальник №2	OTIS30603040N	0,34	0,27	2	200	2795	226	13	-	-
119	Умивальник №3	OTIS30603040N	0,38	0,3	2	200	2795	238	19	-	-
120	Умивальник №4	OTIS30603040N	0,38	0,3	2	200	2795	237	18.5	-	-
121	Спортзал	GLAD2405060	1,65	0,78	3	200	34411	221	10.5	22	37.5
122	Вестиб'юль	ДАРО1240	1,33	0,71	9	75	1220	70.5	-6	-	-
123	Коридор №1	ДАРО1240	2,11	0,85	2 7	75	1220	76.9	2.5	-	-
124	Коридор №2	ДАРО1240	0,68	0,47	5	75	1220	77	2.6	-	-
125	Коридор №3	ДАРО1240	0,74	0,5	5	75	1220	71	-5.3	-	-
126	Інвентарна	ДАРО1240	0,65	0,45	2	50	1220	50.3	-0.5	-	-
127	Кладова №1	OTIS30603040N	0,52	0,38	1	100	2795	106	6	-	-
128	Кладова №2	OTIS30603040N	0,54	0,39	1	100	2795	110	10	-	-
129	Кладова №3	OTIS30603040N	0,63	0,44	2	100	2795	116	16	-	-
130	Кладова №4	OTIS30603040N	0,45	0,34	1	100	2795	101	1	-	-
131	Кладова №5	OTIS30603040N	0,51	0,38	1	100	2795	118	18	-	-
132	Сходова клітка №1	OTIS30603040N	0,61	0,43	2	100	2795	115	15	-	-
133	Сходова клітка №2	OTIS30603040N	0,61	0,43	2	100	2795	116	16	-	-
134	Сходова клітка №3	OTIS30603040N	0,66	0,46	2	100	2795	105	5	-	-
Другий поверх											
201	Конференцзал	OTIS60604040N	1,48	0,74	8	400	4121	421	5	18	26.6
202	Лікарняна палата	ДАРО1240	1,25	0,69	4	200	1220	223	11.5	18.2	27.4
203	Виховательська	OTIS60604040N	0,96	0,59	4	400	4121	426	5.2	18.5	28.6
204	Учительська	OTIS60604040N	1,29	0,7	6	400	4121	441	10	18.6	29
205	Канцелярія	OTIS60604040N	0,89	0,56	4	400	4121	425	5.1	18.4	27.8

206	Директорська	OTIS60604040N	0,91	0,57	4	400	4121	436	9	18.5	28.6
207	Заступник	OTIS60604040N	0,79	0,52	4	400	4121	440	10	18.4	28.2
208	Актова зала	OTIS30603040N	2,55	0,89	1 2	200	4121	217	8.5	18.8	29.85
209	Бібліотека	OTIS60604040N	1,4	0,73	8	400	4121	465	15.5	18.1	27
210	Клас біології	OTIS60604040N	1,54	0,76	8	400	4121	442	10.5	18.3	27.8
211	Лабораторія фізики	OTIS60604040N	1,74	0,79	1 2	400	4121	466	16	18.6	29
212	Клас історії	OTIS60604040N	1,59	0,77	1 0	400	4121	432	8	18.4	28.2
213	Комора №1	OTIS30603040N	0,9	0,57	2	100	2795	116	16	-	-
214	Комора №2	OTIS30603040N	0,82	0,53	2	100	2795	110	10	-	-
215	Кладова №1	OTIS30603040N	0,73	0,49	2	100	2795	109	9	-	-
216	Кладова №2	OTIS30603040N	0,92	0,58	2	100	2795	111	11	-	-
217	Книгосховище	OTIS30603040N	0,47	0,35	1	100	2795	103	3	-	-
218	Підсобка	ДАПО1240	0,47	0,35	2	100	1220	109	9	-	-
219	Туалет №1	OTIS30603040N	0,5	0,37	2	200	2795	223	11.5	-	-
220	Туалет №2	OTIS30603040N	0,43	0,33	2	200	2795	235	17.5	-	-
221	Умивальник №1	OTIS30603040N	0,47	0,35	2	200	2795	214	12	-	-
222	Умивальник №2	OTIS30603040N	0,34	0,27	2	200	2795	220	10	-	-
223	Коридор №1	ДАПО1240	2,12	0,85	2 7	75	1220	70.9	-6	-	-
224	Коридор №2	ДАПО1240	1,03	0,62	8	75	1220	75.5	0.5	-	-
225	Коридор №3	ДАПО1240	0,37	0,29	2	75	1220	80.2	6.9	-	-
226	Сходова клітка №1	OTIS30603040N	0,67	0,46	2	100	2795	115	16	-	-
227	Сходова клітка №2	OTIS30603040N	0,67	0,46	2	100	2795	116	16	-	-
228	Сходова клітка №3	OTIS30603040N	0,65	0,45	2	100	2795	106	6	-	-
Третій поверх											
301	Кабінет інформатики	OTIS60604040N	1,77	0,8	1 0	400	4121	379	-5,25	14	14.93
302	Кабінет укр. мови	OTIS60604040N	1,58	0,77	8	400	4121	389	-2,75	18.2	27.4
303	Кабінет іноз. мови	OTIS60604040N	1,58	0,77	8	400	4121	389	-2,75	18.4	28.2
304	Кабінет хімії	OTIS60604040N	1,74	0,79	1 0	400	4121	382	-4,5	18	26.6

305	Кабінет геометрії	OTIS60604040N	1,58	0,77	8	400	4121	389	-2,75	18.3	27.8
306	Кабінет математики	OTIS60604040N	1,57	0,76	8	400	4121	389	-2,75	18.2	27.4
307	Кабінет заруб. літератури	OTIS60604040N	1,62	0,77	8	400	4121	374	-6,5	18.1	27
308	Коридор	ДАРО1240	2,12	0,85	2 7	75	1220	73	-2,66	-	-
309	Комора №1	OTIS30603040N	0,9	0,57	2	100	2795	98	-2	-	-
310	Комора №2	OTIS30603040N	0,84	0,54	2	100	2795	103	3	-	-
311	Комора №3	OTIS30603040N	0,82	0,53	2	100	2795	103	3	-	-
312	Туалет	OTIS30603040N	0,34	0,27	2	200	2795	230	15	-	-
313	Умивальник	OTIS30603040N	0,43	0,33	2	200	2795	224	12	-	-
314	Підсобка	ДАРО1240	0,47	0,35	2	100	1220	109	9	-	-
315	Сходова клітка №1	OTIS30603040N	0,67	0,46	2	100	2795	92	-8	-	-
316	Сходова клітка №2	OTIS30603040N	0,67	0,46	2	100	2795	92	-8	-	-
Підвальний поверх											
-101	Майстерня	OTIS60604040N	1,22	0,68	8	300	4121	344	14.5	16.9	22.71
-102	Коридор №1	ДАРО1240	0,64	0,45	3	75	1220	77.9	2.5	-	-
-103	Коридор №2	ДАРО1240	1,91	0,82	2 2	75	1220	70.9	-6	-	-
-104	Кладова №1	ДАРО1240	0,56	0,4	4	100	1220	119	19	-	-
-105	Кладова №2	OTIS30603040N	0,75	0,5	2	100	2795	113	13	-	-
-106	Кладова №3	ДАРО1240	0,36	0,28	2	100	2795	93.5	-6.5	-	-

Таблиця 2.5 – Повний розрахунок основних характеристик приміщення за допомогою програмного забезпечення DIALux.

Приклад аварійного освітлення подано графічно на прикладі третього поверху будівлі школи. Розрахунок аварійного освітлення подаємо у вигляді ізоліній для візуалізації аварійної системи (рис. 2.11).

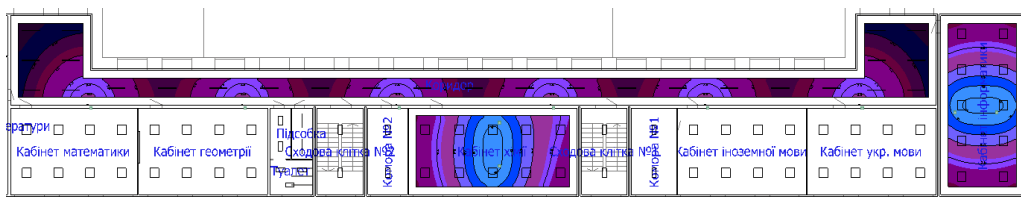


Рисунок 2.11 – Розподілу аварійного освітлення третього поверху ($E_{min}=0.21$ лк,

$$E_{max}=3,12 \text{ лк}, \frac{E_{max}}{E_{min}}=14,8 \text{ лк})$$

2.8 Висновки до розділу

2.1 У цьому підрозділі визначено ключові параметри системи освітлення шкільних приміщень відповідно до їхнього призначення та чинних нормативів. Аналіз критеріїв вибору освітлювального обладнання дозволив сформулювати чіткі вимоги до проектованої системи для створення комфортного й безпечного навчального середовища.

2.2 На основі вимог ДБН В.2.5-28:2018 та ДСТУ EN 12464-1:2016 визначено нормативні значення освітленості для всіх приміщень школи. Встановлено необхідні рівні освітленості, висоти та типи робочих поверхонь, а також враховано особливості експлуатації кожного приміщення. Отримані дані стали основою для подальших світлотехнічних розрахунків.

2.3 Вибрано світильники для всіх функціональних зон будівлі. Для навчальних кабінетів, їдальні, харчоблоку та офісних приміщень обрано світильники типу OTIS-60604040N, для комор, кладових, туалетів, умивальників та деяких інших технічних приміщень — OTIS-30603040N, а для коридорів та допоміжних приміщень — DAP01240, прожектори GLAD2405060 для освітлення спорзалу. Обрані світильники забезпечують необхідний рівень освітленості, високу енергоефективність та відповідають вимогам до освітлення закладів освіти.

2.4 Для всіх шкільних приміщень розраховано коефіцієнти запасу й експлуатації, визначено розрахункову висоту встановлення світильників та індекси приміщень. Отримані результати дозволили врахувати специфіку роботи освітлювальної системи й забезпечили точність подальших світлотехнічних розрахунків.

2.5 За допомогою спеціалізованих формул та коефіцієнтів було проведено розрахунок кількості ламп та індексу приміщень на основі геометричних даних цих приміщень.

2.6 Було проведено розрахунок за допомогою коефіцієнту використання, який дозволив перевірити правильність параметрів розрахунку та внести необхідні правки для подальшого дослідження.

2.7 Спеціальним програмним забезпеченням DIALux було проведено побудову та розрахунок освітленості всіх функціональних приміщень школи з їх

візуалізацією, складено таблицю зі всіма основними і необхідними для подальшої роботи параметрами, проведено аварійний розрахунок коридорів та великих приміщень, що доводить перевагу використання такого інструмента у професійній діяльності.

3. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Складання схеми для електричної освітлювальної мережі та вибір місця для встановлення щитів освітлення

Складання схеми для електричної освітлювальної мережі виконується з урахуванням призначення приміщень, розташування світильників, вимог надійності електропостачання та зручності експлуатації. Освітлювальна мережа проєктується таким чином, щоб забезпечити рівномірний розподіл навантаження між груповими лініями, мінімізувати довжину кабельних трас та забезпечити можливість зручного керування освітленням окремих приміщень або їх груп. Групові лінії освітлення формуються за функціональним призначенням приміщень та величиною навантаження. Кожна група захищається окремим автоматичним вимикачем, номінал якого вибирається відповідно до розрахункового струму навантаження та умов експлуатації мережі. Щити освітлення встановлюються у місцях, що забезпечують зручний доступ для обслуговування, контролю та проведення ремонтних робіт. При виборі місця встановлення враховуються вимоги електробезпеки, мінімізація довжини живильних ліній та враховується варіант для можливого розширення мережі. Як правило, щити освітлення розташовуються у коридорах, електрощитових або інших технічних приміщеннях, доступ до яких не обмежений під час експлуатації будівлі[5].

Місце встановлення щита було обрано схововою кліткою №1 з правої середини коридору, оскільки це відносно центральна частина 3 поверху і саме в цьому місці є легкий доступ до щита, обслуговуванню якого не буде заважати навчальний процес. Крім того, з цього боку будівлі передбачено введення зовнішнього кабелю, який живитиме школу. Мережею живлення електроустановок школи є кабельна лінія, що приходить від опори. Живлення споживачів за допомогою групових ліній від ЩО, який буде живитися п'ятижильним кабелем від електричної опори. Також від головного щита освітлення передбачено живлення мережі аварійного освітлення, а також щита робочого освітлення (ЩО). Від останнього через групові лінії здійснюватиметься живлення світлових приладів та штепсельних розеток. Групи освітлення та встановлена потужність обладнання, котре живиться через задану ділянку мережі наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Групи споживачів щита ЩО

Щит	№ групи	Споживачі	Встановлена потужність, кВт
Перший поверх			
ЩО	1	Освітлення 101, 114, 117	0,620
	2	Освітлення 102, 103	0,8
	3	Освітлення 111, 132	0,09
	4	Освітлення 104, 113, 115, 118, 133	0,616
	5	Освітлення 105, 106, 107	0,72
	6	Розетки 101, 102	1
	7	Розетки 103	1
	8	Розетки 104, 105, 113	1
	9	Розетки 106, 107	1
	Разом		
ЩО	1	Освітлення 123	0,252
	2	Освітлення 123	0,234
	3	Освітлення 122	0,104
	4	Освітлення 121, 124, 126, 131	0,841
	5	Освітлення 108, 119, 120	0,6
	6	Освітлення 110, 129, 130, 112, 134	0,206
	7	Освітлення 109, 127, 128, 116, 125	0,395
	8	Аварійне освітлення 123, 122	0,0084
	9	Аварійне освітлення 124	0,0014
	10	Аварійне освітлення 125	0,0028
	11	Антипанічне освітлення 121	0,252
	12	Антипанічне освітлення 108	0,013
	13	Розетки 108	1
	14	Розетки 109, 110	1
	15	Розетки 127, 128, 129, 130	1
	16	Розетки 112, 121, 131	1
	Разом		
Другий поверх			

ЩО	1	Освітлення 201, 202, 219, 221	0,56
	2	Освітлення 203, 204, 205, 206, 226	0,78
	3	Освітлення 207, 210, 216, 227, 218	0,626
	4	Освітлення 211, 215, 220, 222	0,66
	5	Освітлення 212, 213, 214	0,52
	6	Освітлення 223	0,252
	7	Освітлення 223	0,234
	8	Освітлення 209, 217, 224	0,454
	9	Освітлення 208, 225, 228	0,556
	10	Аварійне освітлення 223	0,0084
	11	Аварійне освітлення 224	0,0024
	12	Аварійне освітлення 225	0,0024
	13	Антипанічне освітлення 211	0,014
	14	Антипанічне освітлення 208	0,0351
	15	Розетки 201, 202, 203	1
	17	Розетки 204, 205, 206	1
	18	Розетки 207, 210, 216	1
	18	Розетки 211, 213	1
	19	Розетки 212, 214	1
	20	Розетки 208, 209	1
	Разом		11,3
Третій поверх			
ЩО	1	Освітлення 301, 302	0,72
	2	Освітлення 303, 309, 315	0,44
	3	Освітлення 304, 310	0,46
	4	Освітлення 305, 306	0,64
	5	Освітлення 307, 311	0,38
	6	Освітлення 312, 313, 314	0,2358
	7	Освітлення 308	0,252
	8	Освітлення 308	0,234
	9	Аварійне освітлення 308	0,0084
	10	Антипанічне освітлення 301	0,007
	11	Антипанічне освітлення 304	0,007

	12	Розетки 301	2
	13	Розетки 302, 303	1
	14	Розетки 304, 310	1
	15	Розетки 305, 306	1
	16	Розетки 307, 311	1
	17	Розетки 309	1
	18	Розетки 314	1
	Разом		11
Підвальний поверх			
ЩО	1	Освітлення -101, -104, -105	0,432
	2	Освітлення -102, -106	0,065
	3	Освітлення -103	0,143
	4	Освітлення -103	0,143
	5	Аварійне освітлення -102	0,0014
	6	Аварійне освітлення -103	0,0112
	7	Розетки -101, -104, -105	3
	Разом		3,8

У даному проєкті щит освітлення розміщено таким чином, щоб забезпечити мінімальну протяжність кабельних ліній до споживачів електричної енергії та зменшити втрати напруги в мережі. Від щита живлення подається до окремих груп освітлення, які забезпечують необхідний рівень освітленості відповідно до нормативних вимог. Прийняте компонування освітлювальної мережі забезпечує надійність роботи системи освітлення, безпечну експлуатацію електрообладнання та економічне використання електричної енергії[5].

3.2. Вибір проводів та кабелів для освітлювальних груп, їх матеріал, марки та площі поперечного перерізу взаємозалежності від призначення від їх механічної міцності

Провода для мережі освітлення, їх спосіб прокладання необхідно вибирати враховуючи призначення приміщень, умови навколишнього середовища та вимоги

нормативних документів [5]. Для навчальних приміщень школи характерні нормальні умови експлуатації, відсутність агресивного середовища та підвищеної вологості, тому для виконання електричної освітлювальної мережі доцільно застосовувати кабелі з мідними жилами та негорючою ізоляцією. Згідно з вимогами ПУЕ, вибір площі поперечного перерізу струмовідних жил повинен здійснюватися не лише за допустимим струмовим навантаженням і втратою напруги, а також і за умовами їх міцності механічної. Згідно з таблицею 2.1.1 ПУЕ «Найменші перерізи жил струмовідних для електропроводок за умовою механічної міцності» [5] мінімальний переріз жил для стаціонарних освітлювальних мереж становить: – для жил зроблених з міді – 1.5мм^2 ; – для жил з алюмінію – 2.5мм^2 . Оскільки в сучасних системах освітлення громадських та навчальних будівель перевага надається мідним провідникам, для проєктованої освітлювальної мережі приймаються кабелі з мідними жилами перерізом не менше $1,5\text{ мм}^2$. Використання мідних провідників забезпечує кращу електропровідність, вищу механічну міцність, надійність контактних з'єднань та більший термін експлуатації порівняно з алюмінієвими жилами. Для живлення групових освітлювальних ліній прийнято кабель марки ВВГЛС. Кабель має мідні жили, ізоляцію та оболонку з полівінілхлоридного пластику зі зниженим димо- та газовиділенням, що відповідає вимогам пожежної безпеки для навчальних закладів. Прокладання кабельних ліній передбачається приховано в будівельних конструкціях та кабельних каналах. Таким чином, для освітлювальної мережі школи прийнято кабель марки ВВГ $3\times 1,5\text{ мм}^2$ з мідними жилами. Мінімальний переріз жил освітлювальних груп становить $1,5\text{ мм}^2$, що відповідає вимогам механічної міцності згідно з ПУЕ[5] та забезпечує надійну й безпечну експлуатацію системи освітлення навчальних приміщень. За результатами аналізу, проведеного у цьому розділі, для ділянки мережі від щита освітлення (ЩО) до вводу зовнішнього живлення школи обрано кабель марки ВВГ $5\times 1,5\text{ мм}^2$.

3.3 Розрахунок електричних мереж груп освітлювання за струмом навантаження

Для вибору перерізу проводів мережі скористаємось формулою (3.1), яка побудована на залежності робочих струмів від розрахункової потужності:

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

де $U_L = 400$ В – лінійна напруга;

P_p – встановлена потужність приладів, які працюють від загальної ділянки мережі для першого поверху, це значення є в табл. 3.1. та рівне 6,85 кВт;

$\cos\varphi$ – коеф. активної потужності;

Для однофазних групових ліній:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_\phi \cdot \cos\varphi} \quad (3.2)$$

де $U_\phi = 230$ В – фазова напруга.

Загальний робочий струм для ділянки першого поверху мережі електропостачання, котра живить споживачів щита ЩО становить:

$$I_p = \frac{6,85 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 9,88$$

Попередньо для даної ділянки вибираємо кабель ВВГ $5 \times 1,5$ мм².

Перевіримо обраний кабель за умовою допустимого нагріву. Розрахунковий струм навантаження для освітлювальної мережі першого поверху при загальній потужності 6,85 кВт становить 9,88 А. Перевірку провідника за умовою допустимого струму виконаємо за такою формулою:

$$I_H \geq I_p \quad (3.3)$$

де I_H – струм, який є максимально допустимим за умовами нагріву провідника, А.

Для кабелю ВВГ $5 \times 1,5$ мм² допустимий струм є більшим за розрахунковий і становить 19 А згідно ПУЕ [5]. Перевірка виконується за умовою (3.3), підставляю розрахункові значення:

$$19 \geq 9,88$$

Отже, обраний кабель ВВГ $5 \times 1,5$ мм² задовольняє умову допустимого нагріву та може бути використаний для живлення освітлювальної мережі першого поверху.

Аналогічне розв'язання виконаємо для всіх групи електроустановок, підключених до ЩО та ЩАО, з метою визначення робочого струму для всіх груп, що використовуються на ділянці мережі електропостачання кожного поверху. Як приклад розглянемо навчальні кабінети №5-7:

Значення загального робочого струму для групи № 5 мережі електропостачання, що входить до складу щита ЩО, становить:

$$I_p = \frac{0,72 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 3,29 \text{ A},$$

Для усіх групи світилових приладів проведемо аналогічний розрахунок робочого номінального струму. Результати розрахунків наведено в таблиці 3.2.

Щит	№ групи	Споживачі	P_y	I_p
Перший поверх				
ЩО1	1	Освітлення 101, 114, 117	0,620	2,84
	2	Освітлення 102, 103	0,8	3,67
	3	Освітлення 111, 132	0,09	0,42
	4	Освітлення 104, 113, 115, 118, 133	0,616	2,82
	5	Освітлення 105, 106, 107	0,72	3,3
	Разом			2,846
ЩО2	1	Освітлення 123	0,252	1,16
	2	Освітлення 123	0,234	1,08
	3	Освітлення 122	0,104	0,48
	4	Освітлення 121, 124, 126, 131	0,841	3,85
	5	Освітлення 108, 119, 120	0,6	2,75
	6	Освітлення 110, 129, 130, 112, 134	0,206	0,95
	7	Освітлення 109, 127, 128, 116, 125	0,395	1,81
ЩОА2	8	Аварійне освітлення 123	0,0084	0,04
	9	Аварійне освітлення 124	0,0014	0,01
	10	Аварійне освітлення 125	0,0028	0,02
	11	Антипанічне освітлення 121	0,062	1,16
	12	Антипанічне освітлення 108	0,013	0,4
	Разом			2,9
Другий поверх				
ЩО	1	Освітлення 201, 202, 219, 221	0,56	2,57
	2	Освітлення 203, 204, 205, 206, 226	0,78	3,57
	3	Освітлення 207, 210, 216, 227, 218	0,626	2,87
	4	Освітлення 211, 215, 220, 222	0,66	3,03
	5	Освітлення 212, 213, 214	0,52	2,38
	6	Освітлення 223	0,252	1,16
	7	Освітлення 223	0,234	1,08

	8	Освітлення 209, 217, 224	0,454	2,08
	9	Освітлення 208, 225, 228	0,556	2,55
ЩОА	10	Аварійне освітлення 223	0,0084	0,04
	11	Аварійне освітлення 224	0,0024	0,02
	12	Аварійне освітлення 225	0,0024	0,02
	13	Антипанічне освітлення 211	0,014	0,07
	14	Антипанічне освітлення 208	0,0351	0,17
	Разом		4,7	21,61
Третій поверх				
ЩО	1	Освітлення 301, 302	0,72	3,3
	2	Освітлення 303, 309, 315	0,44	2,02
	3	Освітлення 304, 310	0,46	2,11
	4	Освітлення 305, 306	0,64	2,93
	5	Освітлення 307, 311	0,38	1,74
	6	Освітлення 312, 313, 314	0,2358	1,08
	7	Освітлення 308	0,252	1,16
	8	Освітлення 308	0,234	1,08
ЩОА	9	Аварійне освітлення 308	0,0084	0,03845
	10	Антипанічне освітлення 301	0,007	0,04
	11	Антипанічне освітлення 304	0,007	0,04
	Разом		3,36	15,53
Підвальний поверх				
ЩО	1	Освітлення -101, -104, -105	0,432	1,98
	2	Освітлення -102, -106	0,065	0,3
	3	Освітлення -103	0,143	0,66
	4	Освітлення -103	0,143	0,66
ЩОА	5	Аварійне освітлення -102	0,0014	0,01
	6	Аварійне освітлення -103	0,0112	0,06
	Разом		0,8	3,67

Таблиця 3.2 –Значення робочих струмів груп освітлювальної мережі.

Попередньо для даної ділянки вибираємо кабель ВВГ 3×1,5 мм².

Перевіримо обраний кабель за умовою допустимого нагріву. Розрахунковий струм навантаження для освітлювальної мережі першого поверху при загальній потужності 0,72 кВт становить 3,29 А. Перевірку провідника за умовою допустимого струму виконаємо за такою формулою:

$$I_H \geq I_p \quad (3.3)$$

де I_H – максимально допустимий струм по умовах нагріву провідника, А.

Для кабелю ВВГ 3×1,5 мм² допустимий струм є більшим за розрахунковий і становить 19 А згідно ПУЕ [5]. Перевірка виконується за умовою (3.3), підставляю розрахункові значення:

$$19 \geq 3,29$$

Отже, обраний кабель ВВГ 3×1,5 мм² задовольняє умову допустимого нагріву та може бути використаний для живлення освітлювальної мережі першого поверху.

3.4 Розрахунок мережі за втратами по напрузі

За формулою (3.4) здійснюємо вибір перерізу для проводів та враховуємо втрати по напрузі [6]:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_i}{c \cdot \Delta U \%} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_{pi} \cdot l_i}{c \cdot \Delta U \%} \quad (3.4)$$

де $\sum_{i=1}^{i=n} M_i$ – сума моментів електричних, кВт·м;

c – коеф., визначається за рисунком 3.1;

$\Delta U \%$ – допустима втрата по напрузі, %.

l_i – довжина групової ділянки мережі.

Номинальна напряга мережі, В	Система мережі	Коефіцієнт c для проводів	
		мідних	алюмінієвих
660/380	Трифазна з нулем	218,0	133,0
380/220		72,2	44,0
220/127		24,2	14,8
380	Трифазна без нуля	72,2	44,0
220		24,2	14,8
40		0,80	0,488
36		0,648	0,395
12		0,072	0,044
660/380	Двофазна з нулем	96,8	59,0
380/220		32,1	19,6
220/127		10,7	6,56
660/380	Однофазна з нулем	36,0	22,0
220		12,1	7,38
220	Двопровідна змінного та постійного струму	4,03	2,46
40		0,4	0,244
36		0,324	0,198
12		0,036	0,022

Рисунок 3.1. Числові позначення коеф. c .

Розрахунок електричної освітлювальної мережі за допустимою втратою напруги наведено на прикладі найбільш протяжної (найдовшої) групової лінії. Втрата напруги $\Delta U\%$ у мережі визначається за формулою[4]:

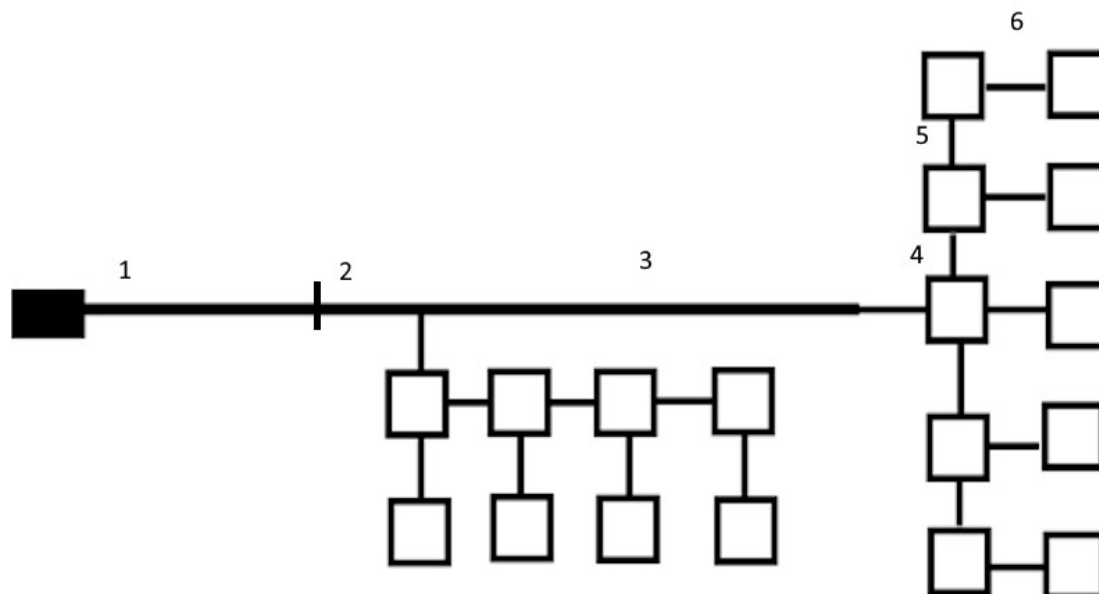
$$\Delta U \% = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} M_i}{c \cdot S} \quad (3.5)$$

де $\sum_{i=1}^{i=n} M_i$ – сума ел. моментів навантажень для цієї ділянки електричної мережі;

c – коеф, що залежить від типу мережі матеріалу та напруги та дорівнює 72,2 для трифазної та 12,1 для двопровідної мережі, що виконана з мідних кабелів або проводів.

S – площа попер. перер. кабелів даної ділянки.

На рис. 3.2 показана схема живлення для групової лінії гр. р.1 третього поверху.



Рисуно

к 3.2 –Схема живлення групової лінії гр. р.1 третього поверху

Тоді розрахунок виконую згідно рисунку 3.2 для групової лінії гр. р.1:

$$\sum_{i=1}^{i=n} M_i = 3,2 \cdot 0,72 + 9,05 \cdot 0,4 + 1,67 \cdot 0,16 + 1,67 \cdot 0,08 + 2,22 \cdot 0,04 = 6,03 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

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

$$\Delta U \% = \frac{6,03}{12,1 \cdot 1,5} = 0,332 \%$$

Робимо такий самий розрахунок для всіх інших ліній. Результати заносимо у табл. 3.3.

Позначення щита	Група	Споживачі	P_p , кВт.	S , мм ²	c	$\sum_{i=1}^{i=n} M_i$ кВт·м	$\Delta U \%$
Перший поверх							
ЩО1	гр.р.1.1	Освітлення 101, 114, 117	0,620	1,5	12,1	5,87	0,324
	гр.р.2.1	Освітлення 102, 103	0,8			6,52	0,36
	гр.р.3.1	Освітлення 111, 132	0,09			1,8	0,1
	гр.р.4.1	Освітлення 104, 113, 115, 118, 133	0,616			6,63	0,366
	гр.р.5.1	Освітлення 105, 106, 107	0,72			6,76	0,373
ЩО2	гр.р.1.2	Освітлення 123	0,252			2,54	0,14

	гр.р.2.2	Освітлення 123	0,234			2,44	0,135
	гр.р.3.2	Освітлення 122	0,104			2,1	0,116
	гр.р.4.2	Освітлення 121, 124, 126, 131	0,841			7,21	0,398
	гр.р.5.2	Освітлення 108, 119, 120	0,6			6,33	0,349
	гр.р.6.2	Освітлення 110, 129, 130, 112, 134	0,206			3,67	0,203
	гр.р.7.2	Освітлення 109, 127, 128, 116, 125	0,395			4,39	0,242
ЩОА2	гр.а.1.2	Аварійне освітлення 123	0,0084			0,099	0,006
	гр.а.2.2	Аварійне освітлення 124	0,0028			0,056	0,004
	гр.а.3.2	Аварійне освітлення 125	0,00252			0,077	0,005
	гр.а.4.2	Антипанічне освітлення 121	0,062			1,2	0,067
	гр.5.2	Антипанічне освітлення 108	0,013			1,06	0,063
Другий поверх							
ЩО	гр.р.1	Освітлення 201,202, 219, 221	0,56	1,5	12,1	5,94	0,328
	гр.р.2	Освітлення 203,204, 205, 206, 226	0,78			7,32	0,404
	гр.р.3	Освітлення 207, 210, 216, 227, 218	0,626			6,32	0,349
	гр.р.4	Освітлення 211, 215, 220, 222	0,66			6,12	0,338
	гр.р.5	Освітлення 212, 213, 214	0,52			5,44	0,3

	гр.р.6	Освітлення 223	0,252			2,54	0,14
	гр.р.7	Освітлення 223	0,234			2,44	0,135
	гр.р.8	Освітлення 209, 217, 224	0,454			4,66	0,257
	гр.р.9	Освітлення 20, 225, 228	0,556			5,25	0,282
ЩОА	гр.а.1	Освітлення 208, 225, 228	0,556			6,39	0,353
	гр.а.2	Аварійне освітлення 223	0,0084			0,099	0,006
	гр.а.3	Аварійне освітлення 224	0,0024			0,054	0,003
	гр.а.4	Аварійне освітлення 225	0,0024			0,054	0,003
	гр.а.5	Антипанічне освітлення 211	0,014			0,032	0,002
Третій поверх							
ЩО	гр.р.1	Освітлення 301, 302	0,72	1,5	12,1	6,03	0,332
	гр.р.2	Освітлення 303, 309, 315	0,44			4,34	0,24
	гр.р.3	Освітлення 304, 310	0,46			4,65	0,257
	гр.р.4	Освітлення 305, 306	0,64			5,68	0,313
	гр.р.5	Освітлення 307, 311	0,38			4,02	0,222
	гр.р.6	Освітлення 312, 313, 314	0,2358			2,54	0,14
	гр.р.7	Освітлення 308	0,252			2,54	0,14
	гр.р.8	Освітлення 308	0,234			2,44	0,135
ЩОА	гр.а.1	Аварійне освітлення 308	0.0084			0,099	0,006
	гр.а.2	Антипанічне освітлення 301	0.007			0,0012	0,001
	гр.а.3	Антипанічне	0.007			0,0012	0,001

		освітлення 304					
Підвальний поверх							
ЩО	гр.р.1	Освітлення -101, -104, -105	0,432	1,5	12,1	4,87	0,269
	гр.р.2	Освітлення -102, -106	0,065			1,36	0,075
	гр.р.3	Освітлення -103	0,143			2,14	0,118
	гр.р.4	Освітлення -103	0,143			2,84	0,157
ЩОА	гр.а.1	Аварійне освітлення -102	0,0014			0,0013	0,001
	гр.а.2	Аварійне освітлення -103	0,0112			0,014	0,001

Таблиця 3.3. – Результати електротехнічного розрахунку групових ліній за втратами по напрузі

3.5 Вибір апаратів захисту

При виборі автоматичних вимикачів для захисту електричних освітлювальних мереж із напівпровідниковими (світлодіодними) джерелами світла, відповідно до вимог ПУЕ [5], необхідно виключити можливість хибного спрацьовування апаратів захисту від дії пускових струмів під час одночасного ввімкнення світильників. Ця вимога забезпечується дотриманням умови щодо гранично допустимої кількості світлових приладів, підключених до однієї групової лінії:

$$N_{max} \leq \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}} \quad (3.6)$$

K - коеф. кривої спрацьовування, таб. 3.4.

K_k – коеф. нерозчіплювання, залежить від тривалості I_{peak} (рис. 3.3);

I_n – струм вставки захисного апарата;

I_{peak} – Піковий пусковий струм драйвера одного світлового приладу.

За відомими даними для світилових приладів типу OTIS 30603040N та DAPO 1840 потужністю 30 Вт та 18 Вт відомо, що $I_{peak} = 33$ А з тривалістю імпульсу $Dt = 240$ мкс = 0,24 мс, а для світильників типу OTIS-60604040N потужність 40 Вт

значення амплітуди пускового струму цих світильників становить $I_{\text{peak}} = 40 \text{ A}$, $Dt = 300 \text{ мкс} = 0,3 \text{ мс}$ [10].

Виходячи з рис. 3.5 коеф. нерозчіплювання K_k буде становити 12.

Таблиця 3.4 – Значення коеф. кривої спрацювання авто. вимикача

Характеристика автоматичного вимикача	B	C	D	K	Z
Коефіцієнт кривої спрацювання	3	5	10	10	2

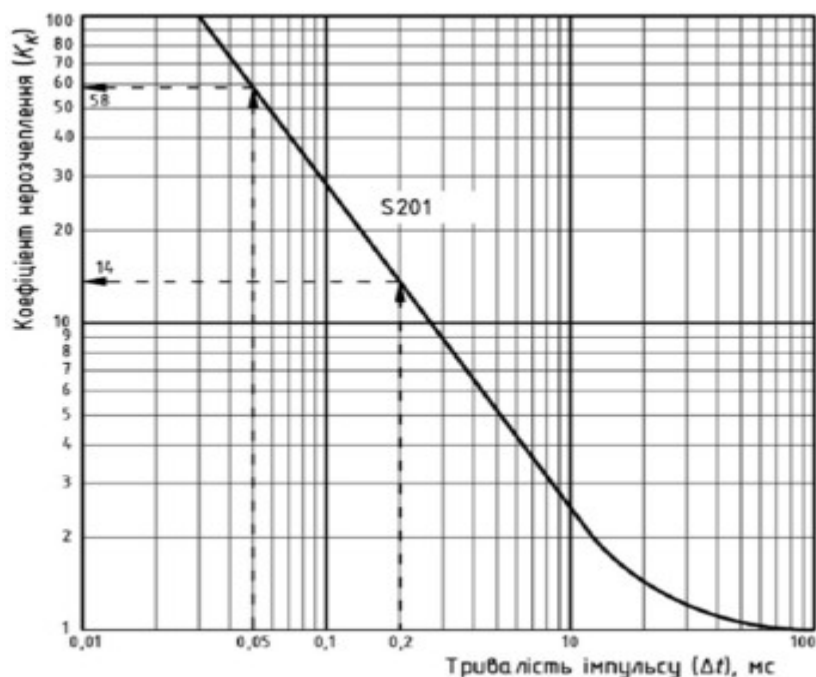


Рисунок 3.3 – Залежність K_k від Dt

Виходячи з умови:

$$I_p \leq I_n \leq I_d \quad (3.7)$$

де I_d – допустимий струм для кабелю ВВГ-3×1,5 = 19,0 А.

Робочий ном. струм групової лінії 1 ЩО третього поверху:

$$I_p = \frac{0,72 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 3,29 \text{ A},$$

Підставляємо значення I_d та робочого номінального струму в умову (3.7), отримаємо:

$$3,29 \text{ A} \leq I_n \leq 19 \text{ A},$$

Після підстановки значень для K , K_k , I_n та I_{peak} у формулу (3.6), отримаємо для для кривої спрацювання С4:

$$N_{\text{max}} \leq \frac{5 \cdot 12 \cdot 4}{33} = 7,27 \approx 8$$

для кривої спрацювання D4:

$$N_{\text{max}} \leq \frac{10 \cdot 12 \cdot 4}{33} = 14,54 \approx 15$$

для кривої спрацювання С10:

$$N_{\text{max}} \leq \frac{5 \cdot 12 \cdot 10}{33} = 18,18 \approx 19$$

Згідно з результатами розрахунку, для групи 1, що складається з 18 світильників, нормальний режим роботи забезпечується при застосуванні автоматичного вимикача з характеристикою спрацювання С4 або С10.

Для всіх решти груп світильників необхідно виконати аналогічний розрахунок з урахуванням застосування автоматичних вимикачів типу С4, С10 або D4 та результати заносим в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати вибору автоматичних вимикачів

Група	Приміщення	Кількість світильників	Струм вставки, А	Характеристика автом. вимикача
Перший поверх				
гр.р.1.1	Освітлення 101, 114, 117	14	4 та 10	С10 або С4
гр.р.2.1	Освітлення 102, 103	20	4 та 10	С10 або С4
гр.р.3.1	Освітлення 111, 132	3	4	D4 або С4
гр.р.4.1	Освітлення 104, 113, 115, 118, 133	18	4 та 10	С10 або С4
гр.р.5.1	Освітлення 105, 106, 107	20	4 та 10	С10 або С4
гр.р.1.2	Освітлення 123	14	4 та 10	С10 або С4
гр.р.2.2	Освітлення 123	13	4 та 10	С10 або С4
гр.р.3.2	Освітлення 122	8	4 та 10	С10 або С4
гр.р.4.2	Освітлення 121, 124, 126, 131	11	4 та 10	С10 або С4
гр.р.5.2	Освітлення 108, 119, 120	16	4 та 10	С10 або С4
гр.р.6.2	Освітлення 110, 129, 130, 112, 134	10	4 та 10	С10 або С4

гр.р.7.2	Освітлення 109, 127, 128, 116, 125	14	4 та 10	С10 або С4
гр.а.1.2	Аварійне освітлення 123	6	4	Д4 або С4
гр.а.2.2	Аварійне освітлення 124	1	4	Д4 або С4
гр.а.3.2	Аварійне освітлення 125	2	4	Д4 або С4
гр.а.4.2	Антипанічне освітлення 121	3	4	Д4 або С4
гр.а.5.2	Антипанічне освітлення 108	4	4	Д4 або С4
гр.13-16	Розетки	-	10	С
Другий поверх				
гр.р.1	Освітлення 201,202, 219, 221	16	4 та 10	С10 або С4
гр.р.2	Освітлення 203,204, 205, 206, 226	20	4 та 10	С10 або С4
гр.р.3	Освітлення 207, 210, 216, 227, 218	18	4 та 10	С10 або С4
гр.р.4	Освітлення 211, 215, 220, 222	18	4 та 10	С10 або С4
гр.р.5	Освітлення 212, 213, 214	14	4 та 10	С10 або С4
гр.р.6	Освітлення 223	14	4 та 10	С10 або С4
гр.р.7	Освітлення 223	13	4 та 10	С10 або С4
гр.р.8	Освітлення 209, 217, 224	17	4 та 10	С10 або С4
гр.р.9	Освітлення 208, 225, 228	20	4 та 10	С10 або С4
гр.а.1	Освітлення 208, 225, 228	20	4 та 10	С10 або С4
гр.а.2	Аварійне освітлення 223	6	4	Д4 або С4
гр.а.3	Аварійне освітлення 224	4	4	Д4 або С4
гр.а.4	Аварійне освітлення 225	2	4	Д4 або С4
гр.а.5	Антипанічне освітлення 211	9	4	Д4 або С4
гр.15-20	Розетки	-	10	С
Третій поверх				
гр.р.1	Освітлення 301, 302	18	4 та 10	С10 або С4
гр.р.2	Освітлення 303, 309, 315	12	4 та 10	С10 або С4
гр.р.3	Освітлення 304, 310	12	4 та 10	С10 або С4
гр.р.4	Освітлення 305, 306	16	4 та 10	С10 або С4
гр.р.5	Освітлення 307, 311	10	4 та 10	С10 або С4
гр.р.6	Освітлення 312, 313, 314	8	4 та 10	С10 або С4
гр.р.7	Освітлення 308	14	4 та 10	С10 або С4
гр.р.8	Освітлення 308	13	4 та 10	С10 або С4
гр.а.1	Аварійне освітлення 308	6	4	Д4 або С4

гр.а.2	Антипанічне освітлення 301	2	4	D4 або C4
гр.а.3	Антипанічне освітлення 304	2	4	D4 або C4
гр.12-18	Розетки	-	10	C
Підвальный поверх				
гр.р.1	Освітлення -101, -104, -105	14	4 та 10	C10 або C4
гр.р.2	Освітлення -102, -106	5	4	D4 або C4
гр.р.3	Освітлення -103	11	4 та 10	C10 або C4
гр.р.4	Освітлення -103	11	4 та 10	C10 або C4
гр.а.1	Аварійне освітлення -102	1	4	D4 або C4
гр.а.2	Аварійне освітлення -103	8	4	D4 або C4
гр.7	Розетки	-	10	C

Для захисту головного вводу до щита ЩО вибираємо трифазний автоматичний вимикач з номінальним струмом 16 А та характеристикою С.

3.6 Висновки до розділу

3.1 У цьому пункті було визначено групи з'єднань та їхні навантаження для того щоб правильно підібрати перерізи проводів та їх марок для безпечної роботи мережі.

3.2 Було здійснено вибір проводів, які будуть застосовані в подальшій роботі.

3.3 Здійснено розрахунок струму навантаження проводів груп приміщення та перевірили правильність вибраних проводів по їх максимальному струму.

3.4 У цьому пункті було здійснено розрахунок втрати струму на проводах і пересвідчено, що втрати знаходяться у межах норми.

3.5 Здійснено вибір апаратів захисту для поверхів приміщення.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вплив освітлення на організм людини

Практично будь яка діяльність людини виконується із застосуванням хоч якогось освітлення. Основною функцією освітлення є створення та підтримка візуальної ефективності та комфорту, що у свою чергу створює безпечні умови для проведення робочої діяльності. Зазвичай учні засвоюють інформацію найкраще на візуальному рівні, тому швидкість і ефективність цього сприйняття припадають на освітлення. Тому модернізація системи освітлення Дружбівської школи загальної середньої освіти має мати позитивний вплив на психофізіологічний стан учнів, забезпечити комфортні умови роботи та сприйняття інформації та мінімізувати виникнення травматичних випадків як в учнів, так і в працівників школи.

Природне освітлення не завжди є достатнім, або навіть доступним та залежить від багатьох чинників, тому застосовується штучне освітлення у вигляді загального (рівномірне розташування освітлювальних установок над робочою площиною) або комбінованим (додаємо місцеве освітлення у вигляді настільних ламп у додаток до загального). Штучне освітлення нормується абсолютним значенням освітленості, яке встановлюється відповідно до держаних будівельних норм, гігієнічних вимог та енергетичних можливостей і сильно залежить від виду діяльності, розряду зорової роботи, контрасту об'єкта роботи з фоном, системи освітлення та безпосередньо від типу світлових приладів.

Основними недоліками які пов'язані із системою штучного освітлення та мають значний вплив на здоров'я та зір є мерехтіння та відблиски.

Світлові прилади, які працюють від мережі змінного струму піддаються її впливу що сказується на тому як вони працюють. Через змінні коливання в мережі які безпосередньо передаються світловим установкам створюється ефект мерехтіння, який негативно впливає на зорову діяльність та викликає втому, напруженість очей, головні болі, або впливати на зниження зору. Майже всі сучасні світлодіодні лампи використовують високочастотні драйвери, які перетворюють компонент змінного струму живлення у вихідний постійний струм, що у свою чергу сильно зменшує мерехтіння та зменшує негативний вплив на зоровий апарат

людини. Проте мерехтіння все ще може виникати під час затемнення світлодіодних джерел, особливо у випадках модернізації, коли світло стараються налаштувати під меншу яскравість. Використання драйверів постійного струму дозволяє зменшити світловий потік світлодіодів до рівня менше як 1% без застосування широто-імпульсної модуляції, таким чином уникаючи ризику мерехтіння через коливання світлового потоку[9].

Завелика яскравість світлового випромінювання або контрастність в полі зору спричиняють відблиски. Відблиски негативно впливають на зір тому що створюють не лише дискомфорт, а й тимчасову втрату зору при засліплені сильним направленим потоком світла. Проявляється дискомфорт через блиск дратівливості, роздратуванням, зоровою втомою та відволіканням. Симптомами вважаються: біль в очах, сухість або слезотеча, затуманення або двоїння в очах, труднощі з фокусуванням на об'єкті, напруженість м'язів та головний біль. Можна знизити ризик відблисків використовуючи належне екранування світлотехнічних установок за допомогою спеціальних кришок, які розсіюють світло, або використання плафонів, та встановлення установок світла вище рівня зорової діяльності людини[9].

4.2 Долікарська допомога при опіках

Робота з електричною мережею, та у свою чергу зі світловими установками – це завжди ризик ураження електричним струмом, а у свою чергу – опіком та пошкодженням тканин шкіри. Опіки зазвичай є прямим наслідком від контакту з електричним струмом чи приладом освітлення або через коротке замикання, яке спричиняє займання та тепловий опік.

Опіки бувають 4-х ступенів, залежно від обсягу та глибини отриманих ушкоджень:

I ступінь – пошкоджується тільки верхній шар шкірних покривів. Опік супроводжується почервонінням, набряком, відчуттям печії. Може бути локальне підвищення температури тіла, помірний біль;

II ступінь – руйнуються глибші шари епідермісу. Опік супроводжується появою пухирів, наповнених рідиною;

III ступінь – шкірні покриви пошкоджуються глибоко. Іноді страждає підшкірна клітковина. Опік супроводжується некрозом тканин, тому рана може мати темний і навіть чорний колір. При опіках може бути сухий струп;

IV ступінь – шкіра обвуглюється, страждають м'язи й навіть кістки. Характерний нестерпний біль. Рана покривається темно-сірим струпом через некроз тканин[10]

Першою допомогою при опіках є протирання місця ураження спиртом, одеколоном чи водою, а на місце опіку накладається суха стерильна пов'язка. При невеликих опіках I ступеня на почервонілу шкіру необхідно накласти марлеву салфетку змочену спиртом. Спочатку печіння і болісність трохи підвищуються, але невдовзі біль стихне, а почервоніння зменшиться. При опіках II ступеня, а тим паче III-IV ступеня, потерпілого, після надання йому першої допомоги, необхідно терміново переправити у лікувальний заклад.

Перша допомога при термічних опіках. Насамперед потерпілого необхідно винести із зони дії джерела високої температури, загасити палаючі частини одягу за допомогою простирадл, ковдр, пальто або ж води.

Обробка обпалених поверхонь тіла повинна проводитися в чистих умовах. Рот і ніс потерпілого повинні бути по можливості закриті марлею або хоча б чистою носовою хусткою або косинкою для того, щоб при розмові й подиху з рота й носа на обпалені місця не попадали хвороботворні бактерії, здатні викликати зараження.

До обпалених місць не можна доторкатися руками; не слід проколювати міхури, відривати прилиплі до місць опіку частини одягу. Обпалені місця потрібно прикрити чистою марлею; при великих опіках для цих цілей використовують чисті пропрасовані простирадла. У вигляді виключення замість марлі можна використати чисті носові хустки. Потерпілого необхідно укутати в ковдру, але не перегрівати його, напоїти його великою кількістю рідини – чаєм, мінеральною водою, після чого негайно транспортувати в лікувальну установу. Обпалену поверхню забороняється змазувати мазями і засипати порошками[10].

При значних опіках часто розвивається шок. У цьому випадку обов'язково проводяться протишовкові заходи. Потім для боротьби з інфекціями застосовуються антибіотики. Потрібно поїти потерпілого великою кількістю води – по 4-5 літрів у перші дві доби. Для цього застосовують підсолену воду (0,5-1 чайної ложки солі і

стільки ж харчової соди на 1 л води), дають її теплою або гарячою невеликими порціями.

Розроблені рекомендації долікарської допомоги при опіках мінімізують можливі травми отримані учнями чи персоналом та прискорюють їх подальше відновлення. Навичками першої допомоги повинні володі персонал навчальних закладів та в разі необхідності надавати допомогу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано приміщення Дружбівського ЗЗСО І-ІІІ ступенів, зроблено класифікацію приміщень школи по типу зорових робіт.
2. На основі вимог ДБН В.2.5-28:2018 та ДСТУ EN 12464-1:2016 визначено нормативні значення параметрів світлового середовища для всіх приміщень школи. Встановлено необхідні рівні освітленості, висоти та типів робочих поверхонь, враховано особливості експлуатації кожного приміщення для створення комфортного й безпечного навчального середовища.
3. Проведено підбір світлових приладів для різних типів приміщень з урахуванням особливостей зорових робіт та нормованих вимог, що ставляться до обладнання та параметрів світлового середовища.
4. Проведено світлотехнічний розрахунок за методом коефіцієнта використання.
5. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення DIALux проведено моделювання освітлювальних установок та здійснено розрахунок освітленості всіх функціональних приміщень школи з їх візуалізацією. Порівняння результатів теоретичного розрахунку та результатів комп'ютерного моделювання показало достовірність проведених обчислень.
6. Проведено електротехнічний розрахунок освітлювальної установки школи, здійснено вибір проводів та елементів захисту мережі, розроблена електрична схема освітлювальної установки.
7. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця»
2. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
3. ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти»
4. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. 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
5. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
6. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: Я.М. Осадца. – Тернопіль: ТНТУ 2020 – 146 с.
7. 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.
8. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. - 332 с. 10. Головна / Інфоматеріали URL: <https://vatra.ua/ukr/downloads> (дата звернення: 18.05.2026)
9. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня „бакалавр" усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я. Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с.
10. Я. І. Бердій. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник. – Київ: Кондор, 2009. – 286 с.

11. Каталог світлотехнічної продукції ACALighting. Технічні характеристики світильників OTIS-30603040N, OTIS-60604040N, DAP01240, LYR160. Режим доступу: <https://silver.dialux.com/ACALIGHTING> (дата звернення: 26.04.2026).

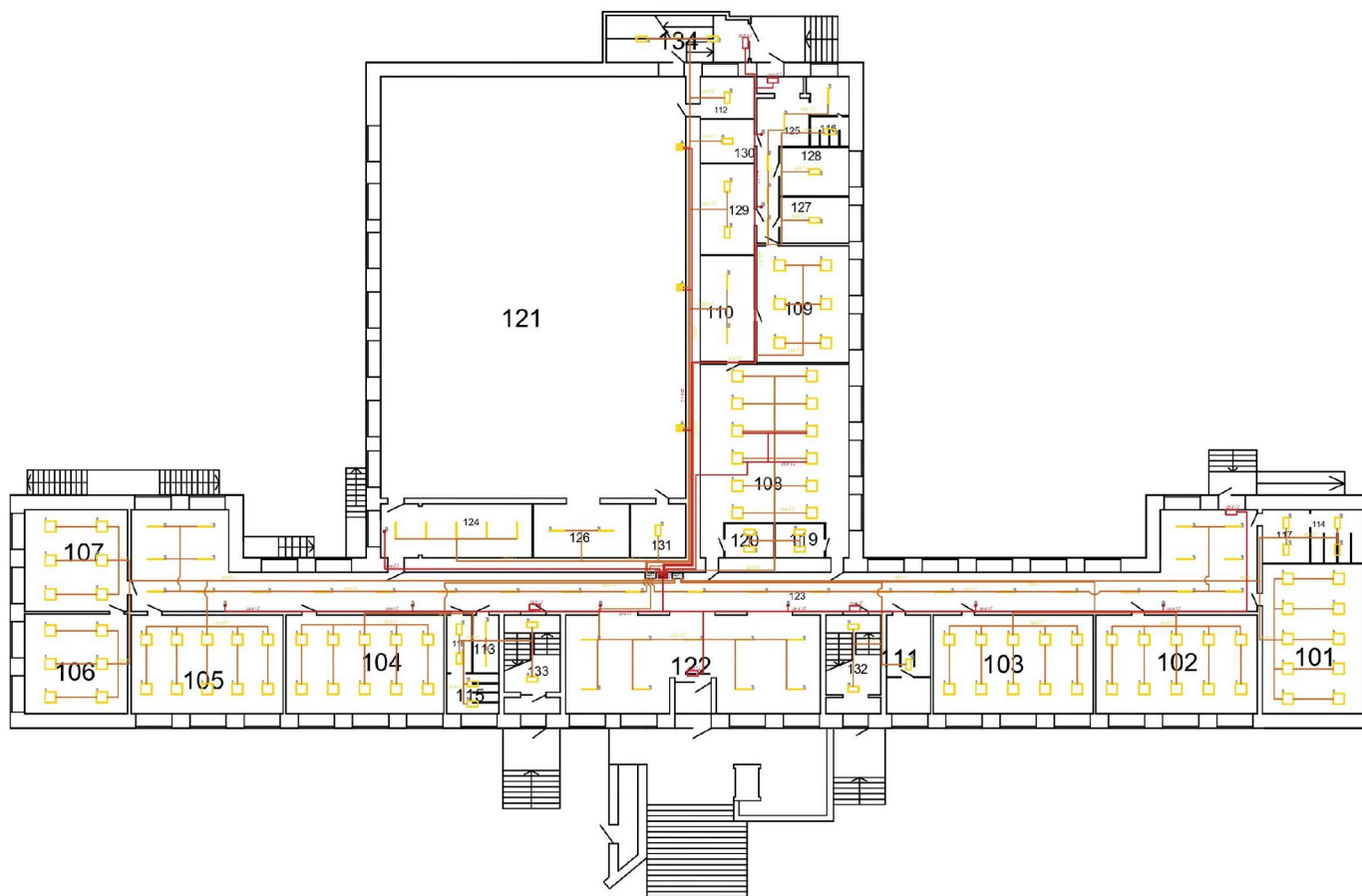
12. Аварійний світловий показчик ДБО02ВСП / Корпорація ВАТРА. Режим доступу: ВАТРА – ДБО02ВСП (дата звернення: 26.04.2026).

13. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. – Вінниця, 2002. – 111 с. 77 23.

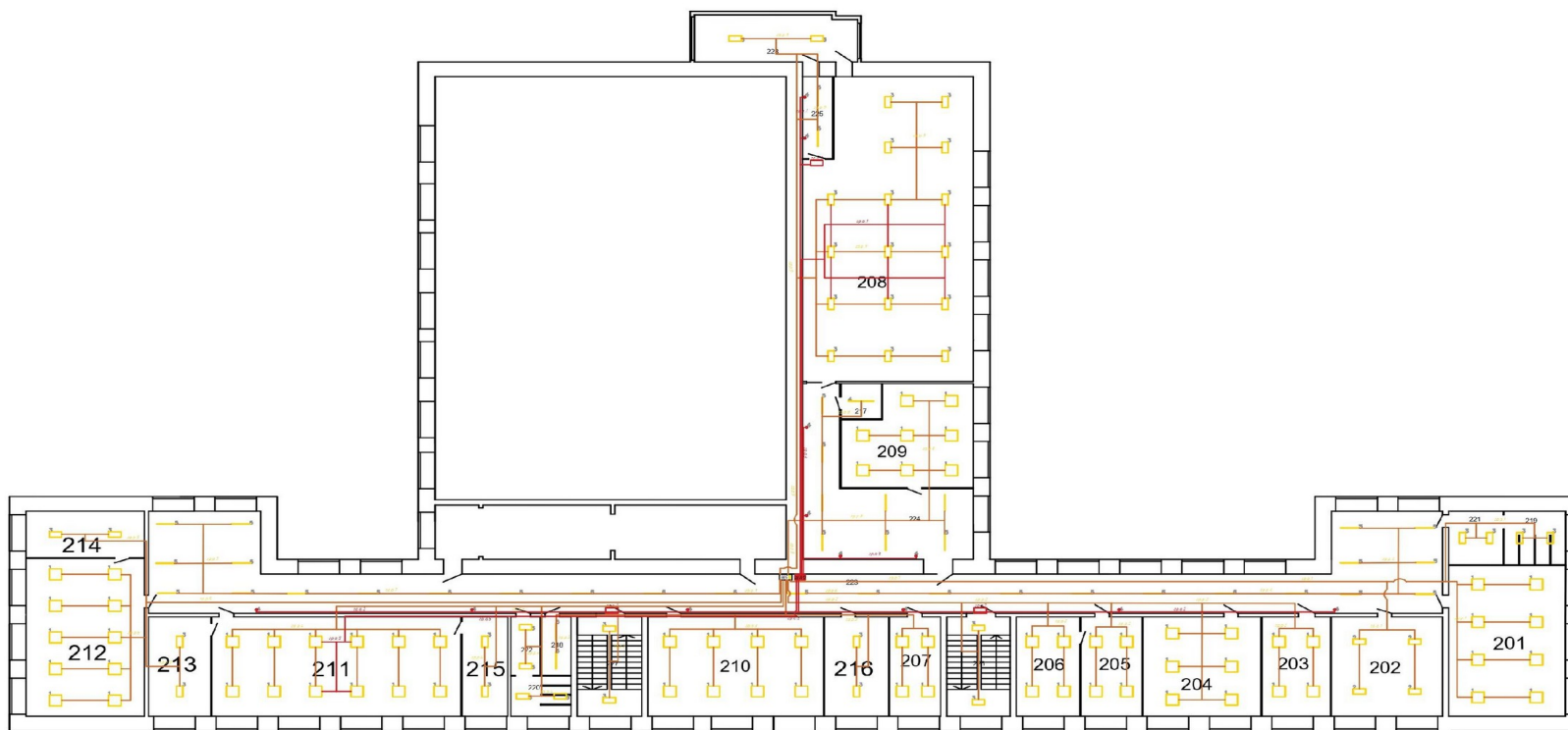
14. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. - 332 с

ДОДАТОК

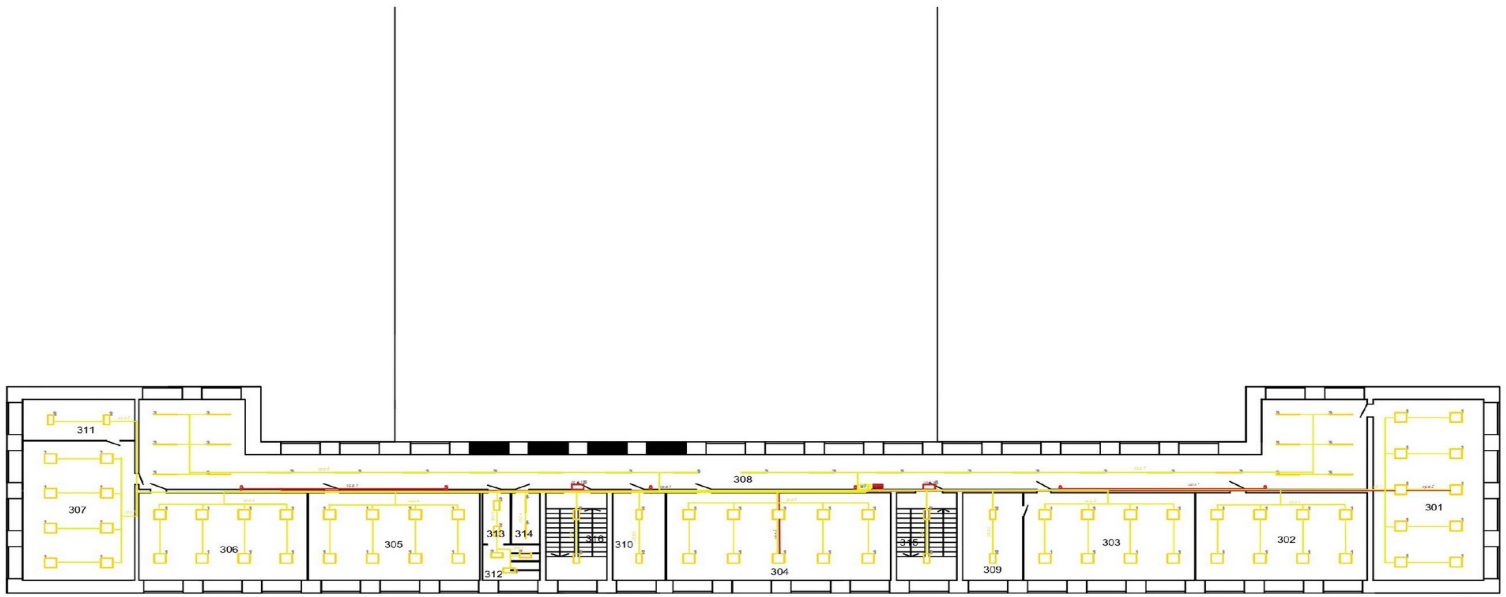
Додаток А – Групові лінії системи освітлення першого поверху



Додаток Б – Групові лінії системи освітлення другого поверху



Додаток В – Групові лінії системи освітлення третього поверху



Додаток Г – Групові лінії системи освітлення підвального поверху

