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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка системи освітлення складської будівлі в с. Велика Олександрівка Бориспільського району Київської області

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕЕм-61
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Присяжнюк І.О. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис)

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

Завідувач кафедри (підпис) Тарасенко М.Г. (прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

РЕФЕРАТ

Присяжнюк І.О. Розробка системи освітлення складської будівлі в с. Велика Олександрівка Бориспільського району Київської області. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТм-61. – Тернопіль: ТНТУ, 2023.

В роботі запропоновано проект систем робочого та аварійного освітлення для приміщень складської будівлі із сумарною площею 2384,36 м^2.

Робота складається із розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки – 72 аркушів формату А4, з них 4 аркуші додатків. Обсяг графічної частини – __ аркушів формату ___.

Ключові слова: освітленість, світловий прилад, світловий потік, крива сили світла, коефіцієнт використання, робочий струм, автоматичний вимикач.

ЗМІСТ

ВСТУП **6**

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ **8**

1.1 Класифікація складських будівель 8

1.2 Особливості проектування систем освітлення складських будівель 11

1.3 Аналіз характеристик приміщень об’єкта проектування 14

1.4 Висновки до розділу 16

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ **17**

2.1 Вибір нормованих параметрів систем освітлення приміщень складської будівлі 17

2.2 Вибір світлових приладів 20

2.3 Електрична освітлювальна мережа складської будівлі 24

2.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі на мінімум провідникового матеріалу 26

2.5 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження та вибір апаратів захисту 33

2.6 Висновки до розділу 39

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ 40

3.1 Розрахунок коефіцієнта запасу 40

3.2 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень складської будівлі за допомогою методу коефіцієнта використання 42

3.3 Моделювання та світлотехнічний розрахунок системи освітлення за допомогою пакету DIALux 47

3.4 Апроксимація залежності коефіцієнта нерозчеплення автоматичного вимикача 53

3.5 Висновки до розділу 56

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ **58**

СИТУАЦІЯХ

4.1 Шляхи запобігання пожеж в складських приміщеннях 58

4.2 Класифікація надзвичайних ситуацій природного походження 59

4.3 Аналіз заходів щодо попередження надзвичайних ситуацій 61

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 64

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 66

Додаток 1 69

ВСТУП

Актуальність теми. Одним із найважливіших та найнеобхідніших елементів виробництва та реалізації виготовленої продукції є складське господарство, до основних завдань об’єктів якого відносяться забезпечення збереження необхідних кількісних та якісних характеристик продукції та раціональне виконання операцій щодо вантажопереробки продукції на усіх стадіях її просування на ринку. Якість роботи складського господарства має значний вплив на виконання плану виробництва, перевезення продукції, а отже на ефективність реалізації та її обсяг.

Однією із основних вимог до інженерних систем будівель та споруд складського призначення є забезпечення необхідних можливостей безпечного виконання роботи працюючих із високим рівнем продуктивності роботи, яка виконується. Такі умови можуть забезпечуватись при необхідних кількісних та якісних показниках систем освітлення, котрі є одними із найбільш важливих інженерних систем будівель такого типу. Використання вдало спроектованих систем освітлення здатне забезпечити високу ефективність роботи працюючих, та мінімізувати ймовірність виникнення нещасних випадків та травм персоналу. Крім того, застосування енергоефективних технологій в системах освітлення здатне суттєво знизити витрати на їх експлуатацію.

Тому **актуальною** є проблема, пов'язана із проектуванням енергоефективних систем освітлення складських будівель із забезпеченням створення необхідних нормованих світлотехнічних характеристик.

Мета роботи: розробити для складської із сумарною площею освітлюваних приміщень 2384 м^{2с} проект систем енергоефективного робочого й аварійного освітлення.

Для досягнення мети в кваліфікаційній роботі були поставлені і вирішені наступні завдання:

- світлотехнічний розрахунок та моделювання систем робочого та аварійного освітлення приміщень складської будівлі;

- розробка та проектування електричної мережі систем робочого та аварійного освітлення приміщень складської будівлі;

- вибір на основі результатів електротехнічного розрахунку електричної освітлювальної мережі необхідних площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту.

Об'єкт дослідження: процеси забезпечення необхідних якісних та кількісних світлотехнічних характеристик у приміщеннях складської будівлі.

Предмет дослідження: світлові прилади та системи освітлення на основі напівпровідникових світлових приладів.

Наукова новизна: набула подальшого розвитку модель для визначення кількості напівпровідникових світлових приладів, а також їх світлового потоку в залежності від кривої сили світла для забезпечення необхідного рівня освітленості та оптимальної рівномірності її розподілу на прикладі складського приміщення прямокутної форми розмірами 46,5×30 м^2 та висотою влаштування світлових приладів 6,80 м.

Практична цінність: для складського приміщення прямокутної форми розмірами 46,5×30 м^2 та висотою влаштування світильників 6,80 м, встановлено, що для забезпечення середньої освітленості 75 лк на рівні підлоги з коефіцієнтом рівномірності розподілу освітленості 0,5 найменш енергозатратною буде система освітлення із 20 світильників із кривою сили світла типу Л, світловий потік котрих становить із світловим потоком 7000 лм кожен.

Апробація результатів роботи. Результати, отримані під час написання роботи, представлено на XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (7 – 8 грудня 2021 р., Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя) [28].

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Класифікація складських будівель

У відповідності із ДБН В.2.2-43:2021 [1] до складських будівель відносяться будівельні споруди, котрі призначені для прийому, зберігання,сортування, перекомплектації та відправлення вантажів. Окрім складських приміщень складські будівлі можуть міститище й приміщення адміністративного та побутового призначення.В складських будівлях застосовують такі типи зберігання та розміщення продукції (рис. 1.1):

- підлоговий;
- стелажний;
- змішаний.

а)

б)

в)

Рисунок 1.1 – Прикладів типів сзберігання продукції:

а – підлоговий; б – стелажний; в – змішаний

Класифікацію складських будівель виконують за об’ємно-планувальними рішеннями, наявністю та рівнем інженерних комунікацій, займаною площею.Всі складські будівлі поділяються на чотири класи: A, B, C та D [1, 2]. До класу A відносять сучасні одноповерхові будівлі, висота стель котрих становить від 12 м. Вони близько розташовані до автомобільних чи залізничних шляхів. Для складів такого типу характерним є наявність якісною охоронної системи з відеоспостереженням, сигналізації та високої пожежної безпеки [2].

Щоб складська будівля була віднесена до класу А, вона повинна відповідати наступним вимогам [1]:

а) об’ємно-планувальні рішення: довжина прольоту має становити не менше 22 м, а крок між колонами – не менше за 12 м; висота приміщень, тобто відстань рівнем підлоги та низом несучих конструкцій має бути не меншою не менше за 10 м;горизонтальна підлога повинна витримувати навантаження не менше за 50 кПа; наявність не менше одних воріт докового типу на кожні 1000 м^2 площі складської будівлі;

б) інженерні мережі: наявність системи регулювання теплового режиму; наявність систем пожежної сигналізації та автоматичного гасіння пожежі; присутність системи механічного, природного чи змішаного вентилювання приміщень; наявність відеоспостереження; наявність системи забезпечення електроживленням в аварійному режимі та вузла тепла; система зв’язку на основі оптико-волоконної технології;

в) частка площі забудови території повинна становити не більше ніж 55 % від площі загальної території;

д) прилегла територія: наявність огороджень та системи освітлена; наявні майданчики для розміщення і паркування відповідно вантажного та легкового автотранспорту; наявність маневреного для вантажного автотранспорту майданчика; наявність офісно-адміністративних, а також допоміжних приміщень (санвузли, підсобні приміщення, , душові, роздягальні).

Будівлі класу В мають якісно обладнані приміщення, проте не обов'язково сучасні. Стелі цих приміщень є значно нижчими в порівнянні із аналогічними приміщеннями будівель класу А, а географічне розташування є не завжди зручним [2]. Умови для віднесення будівлі до класу В [1]:

а) об’ємно-планувальні рішення: кількість поверхів може бути один або декілька; довжина кроку між колонами є не меншою за 8 м, а довжина прогону – не менше за 12 м; навантаження, на котре розрахована підлога має становити не менше 35 кПа; різниця у висоті між рівнями під’їзного майданчика навколо будівлі та підлоги має становити 1,2±0,1 м; висота приміщення, тобто відстань

між рівнем підлоги та рівнем низу несучих конструкцій перекриття чи покрівлі становить не менше за 6,0 м; наявність вантажопідйомного ліфта (підйомника)на кожні 2000 м^2 площі, а вантажопідйомність не повинна бути меншою аніж 3 т; наявність не менше одних воріт докового типу або рампи на кожні 2000 м^2 площі будівлі;

б) інженерні мережі: наявність систем опалення, пожежної сигналізації, автоматичного гасіння пожежі, відеоспостереження, механічної, природної чи змішаної вентиляції; система аварійного забезпечення електроживлення та тепловий вузол;

в) частка площі забудови території становить в межах від 55 до 65 % від загальної території;

г) прилегла територія: наявність огородження та освітлення; наявність офісно-адміністративних, а також допоміжних приміщень (санвузли, підсобні приміщення,душові, роздягальні).

Складські будівлі типу С є низькорівневими будівлями, котрі раніше могли використовуватись для іншого призначення. Як правило, тут відсутньою є хороша система вентилювання приміщення і не підтримується належний мікроклімат, необхідний зберігання специфічної продукції [2]. Вимоги до складських будівель класу С [1]:

а) об’ємно-планувальні рішення: в якості споруд можуть використовуватись утеплені ангари або будівля виробничого призначення; матеріалом підлогового покриття є бетон, асфальт або бетонна плитка; відстань між від рівнем підлоги до низу несучих перекриття чи покрівлі конструкцій становить від 4,0 м; наявність вантажопідйомних ліфтів (підйомників) для багатоповерхових складських будівель; наявність рампи для розвантаження автомобільного транспорту або воріт на рівні майданчика для під’їзду;

б) інженерні мережі: наявність систем опалення, пожежної сигналізації, гасіння пожежі, вентилювання;

в) частка площі забудови території становить в межах від 65 до 75 % від загальної території;

г) наявність маневреного для вантажного автотранспорту майданчика; наявність допоміжних приміщень (санвузли, підсобні приміщення, душові, роздягальні).

До складських будівель класу D відносять будівлі, котрі повинні забезпечувати виконання наступних умов:

а) об’ємно-планувальні рішення: виробнича будівля із відсутнім опаленням у вигляді ангару чи підвального приміщення;

б) інженерні мережі: наявність систем пожежної сигналізації, гасіння пожежі, механічного, природного чи змішуваного вентилювання;

в) частка площі забудови території становить в межах від 75 до 85 % від загальної території;

г) прилегла територія: наявність маневреного для вантажного автотранспорту майданчика.

Приналежність складської будівлі до якогось конкретного класу визначається виконанням усіх умов. Якщо хоча б одна з умов, котрі є передбаченими для класів A, B, C, не виконується, то таку будівлю слід віднести до нижчого класу. Якщо складська будівля не відповідає хоча б одній з вимог, котрі передбачені для складських будівель класу D, то така будівля не відноситься до жодного класу.

1.2 Особливості проектування систем освітлення складських будівель

Для складських закритих приміщень зазвичай використовується система загального рівномірного освітлення (рис. 1.2), коли світлові прилади розміщуються на достатньо великій висоті над робочою поверхнею, а відстані між рядами та світловими приладами залишаються незмінними [3, 4]. При наявності стелажів світлові прилади розміщують, як правило, над проходами між стелажами[3, 5] (рис. 1.3). Деякі стелажі та місця для зберігання можуть бути частково або повністю порожніми, що може зменшити освітленість. Цей ефект слід передбачати при розробці проекту системи освітлення складських

приміщень.

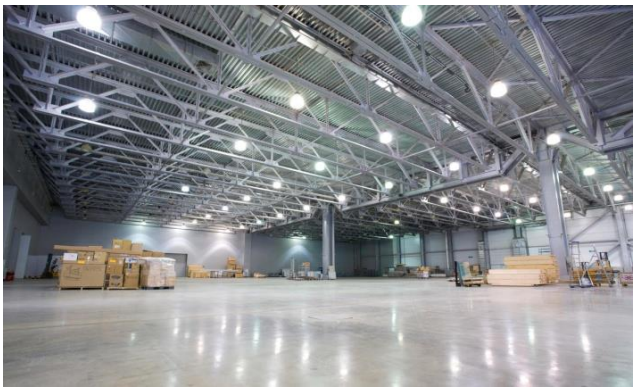


Рисунок 1.2 – Зображення системи загального рівномірного освітлення складського приміщення

Рисунок 1.3 – Зображення системи освітлення складського приміщення із стелажним зберіганням

Як правило система аварійного освітлення не передбачається, проте при проектуванні необхідно враховувати те, що у вибухонебезпечних складах рекомендується влаштування системи аварійного освітлення, оскільки погасання освітлення підвищує ймовірність виникнення вибуху. Крім того для великих механізованих складів рекомендується використання системи аварійного евакуаційного освітлення, котра може бути також використана і як система резервного освітлення.

В якості джерел світла для освітлення складів допускається застосування як теплових, так і розрядних джерел світла [3]. Проте задля досягнення економії електричної енергії котра затрачається на живлення систем освітлення пропонується використання напівпровідникових джерел світла та світлових приладів на їх основі. Переваги світлових приладів з напівпровідниковими джерелами світла полягають у [4]:

- вищій світловій віддачі;
- більшому терміну служби;
- зручності та простоті в експлуатації;
- меншому рівню падіння світлового потоку;
- практично відсутній пульсацій випромінювання;

- екологічності.

Всі ці переваги дають можливість досягти суттєвого зменшення експлуатаційних витрат систем освітлення, а отже і зниження загальних (сумарних) витрат та терміну окупності (рис. 1.4) [6].

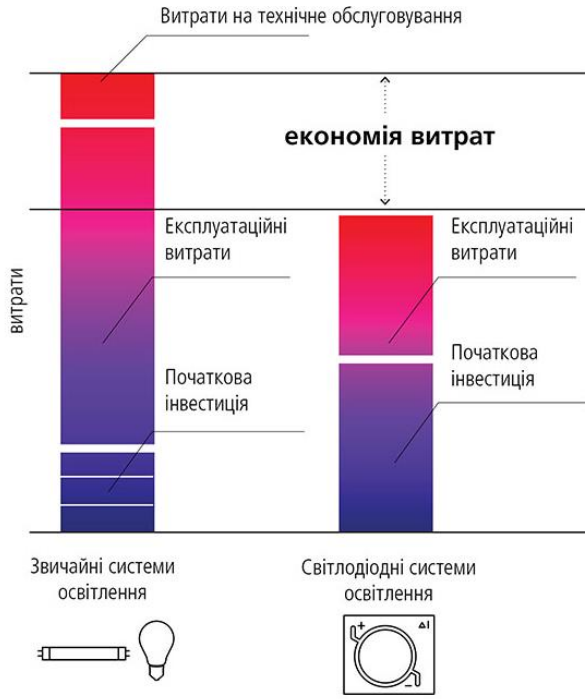


Рисунок 1.4 – Діаграма, котра демонструє переваги світлодіодних систем освітлення в порівнянні із традиційними

Вибір типу світлових приладів для освітлення складських приміщень залежить від способу зберігання матеріалів. При підлоговому зберіганні особливостей вибору світлових приладів немає, проте розміщення світлових приладів виконується у відповідності з місцями укладання продукції і висотою вантажу, що зберігається.

При використанні стелажної системи зберігання матеріалів тип світлових приладів вибирається в залежності від висоти стелажів. При застосуванні стелажів великої висоти потрібно вибирати світлові прилади із максимальною концентрацією світлового потоку в площинах, які є перпендикулярними до проходів між рядами. Як правило для таких об’єктів застосовуються світлові прилади із концентрованою та глибокою кривими сили світла.

Використовувати світлові прилади прожекторного типу в такому випадку не рекомендується. Причини полягають у тому, що встановлення прожекторів під певними кутами нахилу може призвести до ускладнення роботи персоналу внаслідок підвищення прямої яскравості. Проте в окремих випадках, наприклад, задля обмеження використання світлотехнічних містків, використання прожекторів є доцільним.

При використанні у складських приміщеннях стелажів із невеликою висотою рекомендується застосовувати світлові прилади із глибокою та косинусною кривими сили світла, а розміщувати їх можна на перекриттях приміщень та на конструкціях стелажів [5].

1.3 Аналіз характеристик приміщень об’єкта проектування

Складську будівлю розташовано по вул. Київський Шлях 117 б в с. Велика Олександрівка Бориспільського району Київської області. Дана будівля є двоповерховою спорудою споруду розмірами 64,5 на 30,0 м. Висота будівлі становить 8 м. Інформацію щодо площі та висоти приміщень складської будівлі представлено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Інформація щодо площі та висоти приміщень складської будівлі

№ на плані	Призначення	Площа, м^2	Висота, м
101	Головний склад	1395,00	8,0
101 а	Склад	301,03	4,0
101 б	Склад	32,42	4,0
101 в	Склад	63,54	4,0
102	Санвузол	5,35	2,3
103	Санвузол	5,35	2,3
104	Коридор	17,30	3,2
105, 221	Сходова клітка	19,49	8,0
106, 222	Сходова клітка	19,49	8,0
107	Електрощитова	5,89	3,2
108	Котельня	25,77	3,2
108 а	Щитова котельні	2,10	3,2
109	Приміщення керування	22,47	3,2

Продовження таблиці 1.1

№ на плані	Призначення	Площа, м^2	Висота, м
201	Коридор	94,40	3,2
202	Санвузол	4,44	3,2
203	Гардеробна	23,26	3,2
204	Душова	2,90	3,2
205	Санвузол	14,59	3,2
206	Гардеробна	45,91	3,2
207	Умивальня із душовою	16,78	3,2
208	Роздавальня	12,51	3,2
209	Мийна посуду	5,60	3,2
210	Кімната прийому їжі	35,15	3,2
211	Душова	6,30	3,2
212	Допоміжне приміщення	5,90	3,2
213	Санвузол з душовою	27,60	3,2
214	Приміщення для персоналу	28,62	3,2
215	Робоче приміщення	22,46	3,2
216	Робоче приміщення	22,46	3,2
217	Робоче приміщення	22,46	3,2
218	Робоче приміщення	25,13	3,2
219	Приміщення для персоналу	45,60	3,2
220	Допоміжне приміщення	7,09	3,2
Загальна площа		2384,36	

По призначенню приміщення складської будівлі поділяються на:

- власне складські приміщення(сумарна площа 1792 м^2);
- приміщення технічного призначення (сумарна площа 56 м^2);
- робочі приміщення (сумарна площа 167 м^2);
- побутові приміщення (сумарна площа 122 м^2);
- коридори та сходові клітки (сумарна площа 151 м^2);
- санвузли та душові (сумарна площа 8331 м^2);
- інші допоміжні приміщення (сумарна площа 13 м^2).

Як видно із діаграми, зображеної на рис. 1.5, найбільшу частину серед усіх приміщень, де вимагається застосування системи штучного освітлення, мають складські приміщення (75 %). Сумарна площа робочих приміщень становить 7 %, коридорів та сходових кліток – 6 % та побутових приміщень – 5 від сумарної площі. Частка площі решти приміщень (санвузли та душові,

приміщення технічного призначення та інші допоміжні приміщення) становить близько 5 % від сумарної площі.

Рисунок 1.5 – Діаграма площ приміщень складської будівлі

Як видно із характеристик будівлі, дану будівлю можна віднести до класу В. За функціональним призначенням дана складська будівля відноситься до будівель для складання та зберігання продукції. Тому кінцевою метою даної роботи є проект системи освітлення приміщень даної будівлі на основі світлових приладів із напівпровідниковими джерелами світла, котра б забезпечувала необхідні кількісні та якісні нормативні світлотехнічні параметри на робочих поверхнях приміщень.

1.4 Висновки до розділу

1. Проаналізовано класифікацію складських будівель.

2. Визначено особливості проектування систем освітлення складських будівель.

3. Проведено аналіз будівельних характеристик об’єкта проектування. Встановлено, що сумарна площа приміщень складської будівлі становить 2384,36 м^2, з яких 75 % займають складські приміщення.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір нормованих параметрів систем освітлення приміщень складської будівлі

Для усіх приміщень складської будівлі застосуємо систему загального робочого освітлення. Аварійне освітлення застосуємо у приміщеннях, для яких згідно із ДБН В.2.5 – 28 – 2018 [7] передбачено евакуаційне (освітлення шляхів евакуації та анти панічне освітлення), освітлення зон підвищеної небезпеки та резервне освітлення. Інформацію щодо застосування систем освітлення в приміщеннях складської будівлі приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Системи освітлення приміщень складської будівлі

Система освітлення	Номери приміщень на плані
Робоче	Усі приміщення
Евакуаційне (освітлення шляхів евакуації)	201, 105, 221, 106, 222, 104
Евакуаційне (антипанічне освітлення)	101, 208
Освітлення зон підвищеної небезпеки	209
Резервне	107, 108, 108а, 109

Призначення освітлення шляхів евакуації полягає в створенні прийнятних візуальних умов, при яких безпечною є евакуація людей з будівлі, а для місць виконання робіт, котрі знаходяться за межами будівель –у безпечне місце, забезпечуючи при цьому умови для надійного розпізнання засобів безпеки та обладнання для гасіння пожежі. Антипанічне освітлення призначене для створення прийнятних зорових умови для запобігання паніки, безпечного руху людей в напрямку шляхів евакуації, а також для забезпечення видимості будь-яких перешкод висотою до 2 м.Для забезпечення безпеки людей, залучених в процес, котрий пов’язаний з потенційною загрозою їхньому життю і здоров’ю, і створення умов щодо належного припинення робіт застосовується освітлення зон підвищеної небезпеки.

Нормативні вимоги щодо освітленості системи робочого освітлення

приміщень приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення нормованої освітленості для системи робочого освітлення приміщень складської будівлі

№ на плані	Призначення	Нормована освітленість, лк	Висота робочої поверхні, м
101	Головний склад	75	0,0
101 а	Склад	75	0,0
101 б	Склад	75	0,0
101 в	Склад	75	0,0
102	Санвузол	75	0,0
103	Санвузол	75	0,0
104	Коридор	75	0,0
105, 221	Сходова клітка	100	0,0
106, 222	Сходова клітка	100	0,0
107	Електрощитова	Г-150	0,8
		В-150	1,5
108	Котельня	Г-50	0,0
		В-75	1,5
108 а	Щитова котельні	Г-150	0,8
		В-150	1,5
109	Приміщення керування	Г-150	0,8
		В-150	1,5
201	Коридор	75	0,0
202	Санвузол	75	0,0
203	Гардеробна	50	0,0
204	Душова	50	0,0
205	Санвузол	75	0,0
206	Гардеробна	50	0,0
207	Умивальня із душовою	75	0,0
208	Роздавальня	300	0,8
209	Мийна посуду	150	0,8
210	Кімната прийому їжі	200	0,8
211	Душова	50	0,0
212	Допоміжне приміщення	50	0,0
213	Санвузол з душовою	75	0,0
214	Приміщення для персоналу	200	0,8

Продовження таблиці 2.2

№ на плані	Призначення	Нормована освітленість, лк	Висота робочої поверхні, м
215	Робоче приміщення	200	0,8
216	Робоче приміщення	200	0,8
217	Робоче приміщення	200	0,8
218	Робоче приміщення	200	0,8
219	Приміщення для персоналу	150	0,8
220	Допоміжне приміщення	50	0,0

Значення нормованих параметрів аварійного освітлення приміщень приведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення нормованих параметрів аварійного освітлення

№ на плані	Призначення	Нормована освітленість, лк	Висота робочої поверхні, м
201	Коридор	1	0,0
208	Роздавальня	0,5	0,0
209	Мийна посуду	15	0,0
101	Головний склад	0,5	0,0
101 в	Склад	0,5	0,0
105, 221	Сходова клітка	0,5	0,0
106, 222	Сходова клітка	0,5	0,0
104	Коридор	0,5	0,0
107	Електрощитова	Г-50	0,8
		В-50	1,5
108	Котельня	Г-20	0,0
		В-30	1,5
108 а	Щитова котельні	Г-50	0,8
		В-50	1,5
109	Приміщення керування	Г-50	0,8
		В-50	1,5

Крім цього, варто звернути увагу і на те, що для системи загального робочого освітлення приміщень 101 регламентується ще і коефіцієнт рівномірності освітлення, котрий становить 0,25 – 0,6, а для

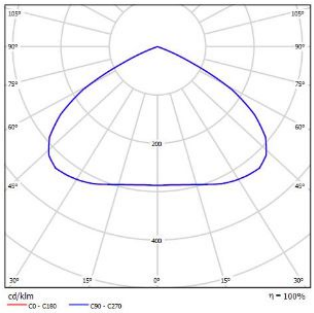
системиевакуаційного освітлення та освітлення зон підвищеної небезпеки – коефіцієнт нерівномірності освітлення, котрий повинен становити відповідно не більше 40:1 та 10:1.

2.2 Вибір світлових приладів

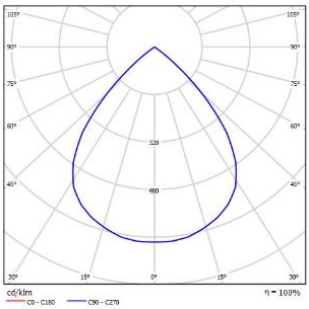
Технічні характеристики світлових приладів систем освітлення приміщень складської будівлі наведено в табл. 2.4.

Для загального робочого освітлення основного складського приміщення використаємо світильник типу ДСП77В(рис. 2.1), криві сили світла якого світильника показано на рис. 2.2.

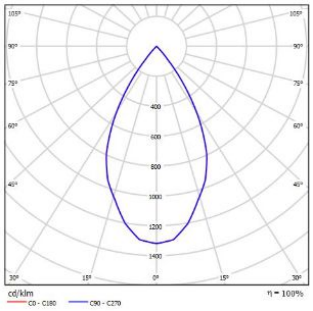
Рисунок 2.1 – Зображення світильника ДСП77В



а)



б)



в)

Рисунок 2.2 – Криві сили світла світильника ДСП37В:
а – Л (120°); б – Г (90°);
в – К (60°)

Для освітлення приміщень 101 а, 101 в, 107 використаємо світильник типу ДСП46У (рис. 2.3) [9], з кривою сили світла типу Д, котру показано на рис. 2.4.Освітлення приміщень 101б, 108 та 108а виконаємо світильниками типу ДСП11 (модель В) (рис. 2.5), [10], а робоче освітлення приміщень 208, 209, а також аварійне освітлення приміщення 109 – світильниками типу ДСП07У (рис. 2.6), [11].

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики світлових приладів систем робочого й аварійного освітлення складської будівлі

Технічні характеристики	Тип світлового приладу							
	ДСП77В	ДСП46У	ДСП11 (модель В)	ДПО26В	ДСП07У	ДСП65В	ДББ26У Селена-LED	ДББ64ВСелена
Потужність, Вт	30, 40, 50	40 – 120	25 …40	25 …50	30 … 80	25 … 100	12, 16, 20	4 … 12
Світловий потік, лм	4200 … 7000	5400 … 16200	3000 … 4800	2400 … 6000	3600 … 9600	3375 … 13500	1680 … 2800	480 … 1440
Тип КСС	Л (120°), Г (90°), К (60°)	Д, К-Д, Г-Д	Д	Д	Д	Л (120°), Г (90°), К (60°)	Д	Д
Світлова віддача, лм/Вт	140	135	120	120	120	135	140	120
Корельована колірна температура, К	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95 … 0,97	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP 65	IP 65	IP 65	IP 65	IP66	IP65	IP65	IP54
Діапазон робочих температур, ^{0}C	-40 … +40 ^{0}C	-30 … +40 +5 … +40	-30 … +40	-20 … +40	-30 … +40 +5 … +40	-30 … +40 +5 … +40	-20 … +40	-20 … +40
Напруга живлення, В	220 AC, DC	110 … 260 В	110 … 260 В	220	198 …264	220	220	220
Час роботи в аварійному режимі, год		3			3	3		

Рисунок 2.3 – Зображення світильника ДСП46У

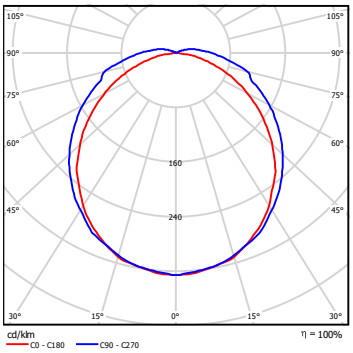


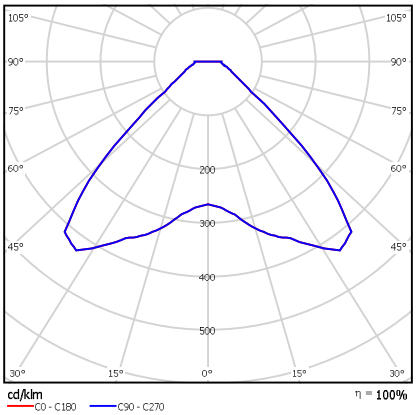
Рисунок 2.4 – Крива сили світла світильника ДСП46У

Рисунок 2.5– Зображення світильника ДСП11 (модель В)

Рисунок 2.6 – Зображення світильника ДСП07У

Для робочого та аварійного освітлення приміщення 109 використаємо світильники типу ДСП65В (рис. 2.7 а)[12] зкривою сили світла типуЛ (120°), наведеною на рис. 2.8 б).

а)



б)

Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд світильника ДСП65В (а) та його крива сили світла типу Л (б)

Для освітлення приміщень 104, 105, 221, 106, 222, 201, 214, 215, 216, 217, 218, 219 та 210 застосуємо світлові прилади типу ДПО26В (рис. 2.8) [13], а для освітлення решти приміщень світильники типу ДББ26У Селена-LED(рис. 2.9 а)[14] та ДББ64В Селена(рис. 2.9 б)[15], котрі мають косинусну криву сили світла.

Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд світильників типу ДПО26В

Для аварійного освітлення приміщень застосуємо світильники типу ДПП06У (рис 2.9 в) [16], технічні характеристики якого представлено в табл. 2.5, в якій також наведено технічні характеристики аварійних світлових покажчиків типу ДБО02ВСП [17].

а) б) в)

Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд світильників ДББ26У Селена-LED (а), ДББ64В Селена (б) та ДПП06У (в)

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики світильника ДПП06У та аварійного світлового покажчика ДБО02ВСП

Тип світлового приладу	ДПП06У	ДБО02ВСП
Потужність, Вт	8	3, 6
Світловий потік	835	
Світлова віддача	104	
Тип КСС	Д	
Час роботи в аварійному режимі, год	3	3
Ступінь пиловологозахисту	IP65	IP65

2.3 Електрична освітлювальна мережа складської будівлі

Живлення світлових приладів передбачимо через електричну освітлювальну мережу від ввідного розподільчого пристрою (ВРП) через два щити робочого ЩО1, ЩРК, розміщені на першому поверсі будівлі, щита ЩО2, розміщеного на другому поверсі будівлі та аварійного ЩАО освітлення, через які живляться відповідні групові лінії.Розташування щитів показано на планах графічної частини роботи. Інформацію щодо щитів освітлення, зокрема про потужність та групові лінії, а також споживачів представлено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристики щитів робочого та аварійного освітлення

	Щит	Група	Споживачі	Потужність, кВт
ВРП				
		РОЩ	Робоче освітлення приміщень 107, 109, зовнішнє підсвічування входів	0,124
		МО1_н	Живлення ЯТП1	0,250
	ЩРК			**0,347**
		МО2_н	Живлення ЯТП2	0,250
		РОК	Робоче освітлення приміщення 108, 108а	0,085
		ВО	Робоче освітлення приміщення 108	0,012
	ЩО1			**1,578**
		РО1_1	Робоче освітлення приміщення 101	0,250
		РО1_2	Робоче освітлення приміщення 101	0,250
		РО1_3	Робоче освітлення приміщення 101	0,250
		РО1_4	Робоче освітлення приміщення 101	0,250
		РО1_5	Робоче освітлення приміщення 101а	0,280
		РО1_6	Робоче совітлення приміщень 101б, 101в, 102 - 104, сходів приміщення 101	0,298
	ЩО2			**1,696**
		РО2_1	Робоче освітлення приміщень 215 - 218, 201	0,420
		РО2_2	Робоче освітлення приміщень 214, 219	0,240

Продовження таблиці 2.6

	Щит	Група	Споживачі	Потужність, кВт
		РО2_3	Робоче освітлення приміщень 205 - 207, 212, 220	0,180
		РО2_4	Робоче освітлення приміщення 201	0,170
		РО2_5	Робоче освітлення приміщень 202 , 203, 204, 211, 213	0,176
		РО2_6	Робоче освітлення приміщень 208 - 210	0,300
		РО2_7	Робоче освітлення приміщень 105, 221	0,105
		РО2_8	Робоче освітлення приміщень 106, 222	0,105
	ЩАО1			**0,164**
		АО1_1	Аварійне освітлення входу, приміщень 105, 221, світлові покажчики виходу	0,036
		АО1_2	Аварійне освітлення приміщень 201, 208, 209	0,056
		АО1_3	Аварійне освітлення приміщень 107, 109	0,048
		АО1_4	Аварійне освітлення приміщень 108, 108а	0,024
	ЩАО2			**0,340**
		АО2_1	Аварійне освітлення приміщення 101	0,120
		АО2_2	Аварійне освітлення приміщення 101	0,120
		АО2_3	Аварійне освітлення входу, приміщень 104, 106, 222, світлові покажчики виходу	0,056
		АО2_4	Аварійне освітлення приміщення 101в та сходів в приміщенні 101	0,012
		АО2_5	Аварійне освітлення заїзду, покажчики виходу	0,032

Для живлення світлових приладів пониженої напруги в приміщеннях 107 та 108 передбачимо встановлення ящиків трансформаторів понижувальних ЯТП1 та ЯТП2.

Під’єднання світильників до освітлювальної електромережі передбачимо за допомогою трижильних, а щитів освітлення – за допомогою п’ятижильних мідних кабелів марки ВВГнг [18].

Вмикання та вимикання світлових приладів робочого освітлення

приміщень 101 та 101, сходових кліток та аварійного освітлення передбачимо зі щитів ЩО1, ЩО2 та ЩАО відповідно, а освітлення решти приміщень – із використанням вимикачів, розміщених в самих приміщеннях або в безпосередній близькості до них. Причому для керування увімкненням світлових приладів для освітлення коридорних приміщень застосуємо схему управління освітленням із двох місць із використанням прохідних вимикачів (рис. 2.10).

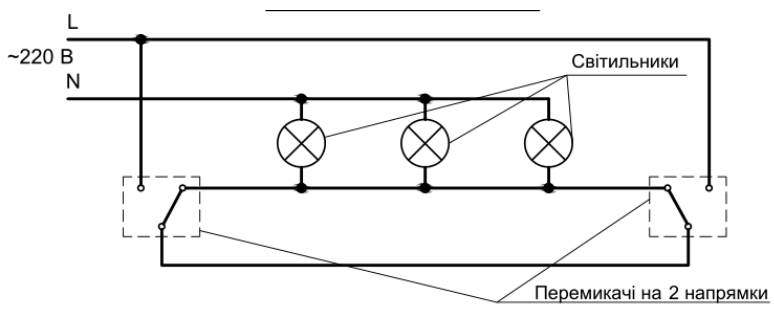


Рисунок 2.10 – Схема принципова управління освітленням із двох місць

2.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі на мінімум провідникового матеріалу

Розрахунок електричної освітлювальної мережі виробничого цеху виконаємо для щитів освітлення ЩО1 та ЩО2, як найбільш завантажених та покажемо на прикладі ЩО1. Схему для розрахунку представлено на рис. 2.11. Вихідними даними для розрахунку на мінімум провідникового матеріалу є потужності навантажень та довжини кабельних ліній, через котрі живляться ці навантаження. Ці дані, а також результати розрахунку представлені в табл. 1 додатка 1.

Розрахунок на мінімум провідникового матеріалу виконаємо за формулами [4, 19]:

$$S = \frac{M_{П}}{c \cdot \Delta U\%}, \qquad (2.1)$$

$$M_{П} = \sum M + \alpha \cdot \sum m, \qquad (2.2)$$

де $\sum M$ – сума моментівділянки котра розраховується,а також всіх наступних ділянок, котрі маютьтаку ж кількість проводів, що і дана ділянка;

ΔU – допустимий спад напруги на даній ділянці;

c –коефіцієнт, котрий залежить від типу мережі та напруги;

$\sum m$ – сума моментів ділянок, котрі живляться через розрахункову ділянку, а їх кількість проводів не дорівнює кількості проводів даної ділянки;

α – коефіцієнт приведення моментів.

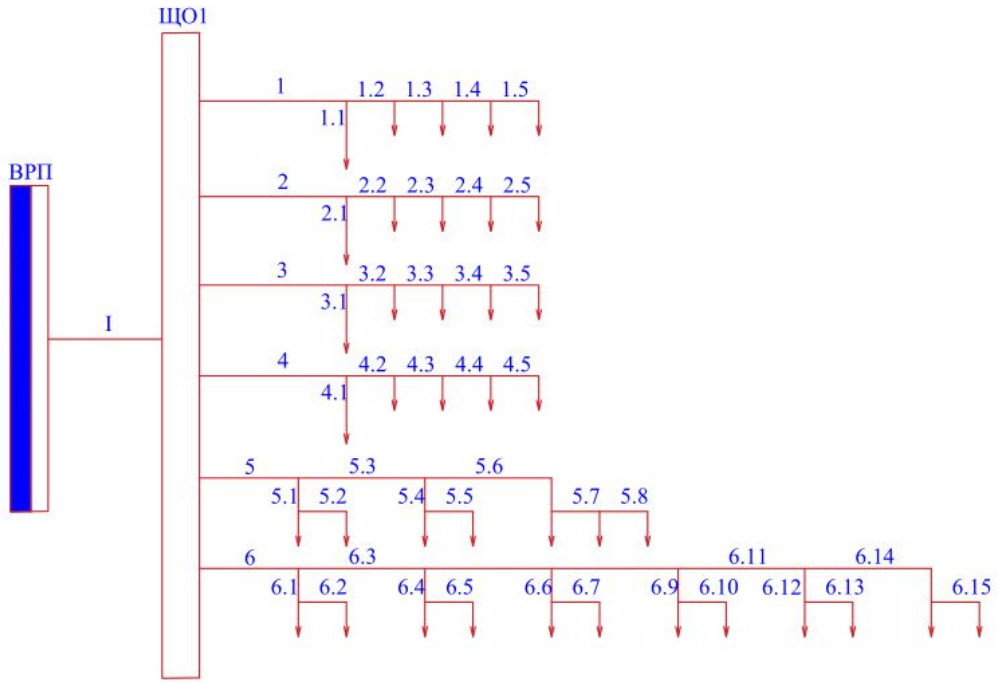


Рисунок 2.11 – Схема розрахунку на мінімум провідникового матеріалу електричної освітлювальної мережі ЩО1

Розрахуємо приведений момент ділянки , позначеної на рис. 2.11 як I, тобто ділянки, котра з’єднує ВРП із ЩО1. Ця ділянка є трифазною, а через неї живляться однофазні лінії. Тому сума моментів цієї ділянки дорівнює її власному електричному моменту M_I:

$$\sum M_I = M_I = P \cdot l, \qquad (2.3)$$

де P – потужність світлових приладів, котрі живляться через дану ділянку

l – довжина даної ділянки.

Врахувавши, що $P = 1{,}578$ кВт, а $l = 43$ м, та підставивши значення у формулу 2.3, отримаємо:

$$\sum M_I = M_I = 1{,}578 \cdot 43 = 67{,}85 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Аналогічно розраховуємо і власні моменти на інших ділянках.

Суму моментів ділянок $\sum m_I$, котрі живляться через ділянку I розраховуємо за формулою:

$$\sum m_I = \sum m_1 + \sum m_2 + \sum m_3 + \sum m_4 + \sum m_5 + \sum m_6, \qquad (2.4)$$

де $\sum m_1$, $\sum m_2$, ..., $\sum m_6$ – суми моментів ділянок групових ліній від щита ЩО1 до найближчого світлового приладу чи розгалуження.

Розрахуємо значення $\sum m_i$ на прикладі ділянки групової лінії 6 за формулами:

$$\begin{aligned}
&\sum m_6 = M_6 + m_{6.1} + m_{6.3},\\
&m_{6.3} = M_{6.3} + m_{6.4} + m_{6.6} + m_{6.9} + m_{6.11},\\
&m_{6.11} = M_{6.11} + m_{6.12} + m_{6.14},\\
&m_{6.1} = M_{6.1} + M_{6.2}, m_{6.4} = M_{6.4} + M_{6.5}, m_{6.6} = M_{6.6} + M_{6.7},\\
&m_{6.9} = M_{6.9} + M_{6.10}, m_{6.12} = M_{6.12} + M_{6.13}, m_{6.14} = M_{6.14} + M_{6.15}.
\end{aligned}$$

або

$$\begin{aligned}
\sum m_6 = {} & M_6 + M_{6.1} + M_{6.2} + M_{6.3} + M_{6.4} + M_{6.5} + M_{6.6} + M_{6.7} + M_{6.9}\\
& + M_{6.10} + M_{6.11} + M_{6.12} + M_{6.13} + M_{6.14} + M_{6.15}.
\end{aligned} \qquad (2.5)$$

Підставивши значення власних моментів у формулу (3.5), отримаємо:

$$\sum m_6 = 1,79 + 0,18 + 0,09 + 2,86 + 0,24 + 0,24 + 0,05 + 0,02 + 0,05$$
$$+ 0,02 + 0,22 + 0,10 + 0,13 + 0,48 + 0,09 = 6,48 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Аналогічно розраховуємо значення і для інших $\sum m_i$. В результаті отримано: $\sum m_1 = 11,70$ кВт · м, $\sum m_2 = 10,45$ кВт · м, $\sum m_3 = 9,20$ кВт · м, $\sum m_4 = 7,95$ кВт · м, $\sum m_5 = 12,16$ кВт · м.

Підставивши значення $\sum m_1$, $\sum m_2$, …, $\sum m_6$ у формулу (2.4), отримаємо:

$$\sum m_I = 11,70 + 10,45 + 9,20 + 7,95 + 12,16 + 6,48 = 57,94 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Підставивши значення $\sum m_I$ в (2.2), та врахувавши, що коефіцієнт приведення моментів для трифазної лінії із нульовим провідником та однофазним відгалуженнямстановить $\alpha = 1,85$, отримаємо [19]:

$$M_{II} = 67,85 + 1,85 \cdot 57,94 = 175,04 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

При розрахунку площі поперечного перерізу ділянки I врахуємо наступне:

1) для трифазної ділянки електричної мережі із нульовим проводом з номінальною напругою мережі 380/220 та мідними жилами коефіцієнт $c = 72$;

2) на підставі Рекомендацій [20] приймаємо, що $\Delta U = 2,5\,\%$.

Підставивши значення для M_{II}, c та ΔU у формулу (2.1), отримаємо:

$$S_I = \frac{175,04}{72 \cdot 2,5} = 0,97 \text{ мм}^2.$$

Для подальших розрахунків приймаємо, що $S_I = 2,5$ мм^2. Тоді реальний спад напруги $\Delta U_{Ir}\%$ на ділянці I визначимо за формулою:

$$\Delta U_{Ir}\% = \frac{M_I}{c \cdot S_I}. \qquad (2.6)$$

Підставивши значення для M_I, c та S_I у формулу (3.6), отримаємо:

$$\Delta U_{Ir}\% = \frac{67,85}{72 \cdot 2,5} = 0,38\ \%.$$

Допустимий спад напруги на ділянці 6 розрахуємо за формулою:

$$\Delta U_{6d}\% = \Delta U\% - \Delta U_{Ir}\%. \qquad (2.7)$$

Підставивши чисельні значення допустимого та реальних спадів напруг на ділянці I у формулу (3.7), отримаємо

$$\Delta U_{6d}\% = 2,5 - 0,38 = 2,12\ \%.$$

Площу поперечного перерізу ділянки 6 розрахуємо за формулою:

$$S_6 = \frac{\sum m_6}{c \cdot \Delta U_{6d}\%}. \qquad (2.8)$$

Тоді, із врахуванням, що для двохпровідної електричної мережі з напругою живлення 220 В та мідними провідниками $c = 12$ [20], отримаємо

$$S_6 = \frac{6,48}{12 \cdot 2,12} = 0,25\ \text{мм}^2.$$

Потрібно вибрати найближче більше за номіналом значення площі поперечного перерізу. Проте, враховуючи вимоги, наведені в Правилах улаштування електроустановок [21], вибираємо площу поперечного перерізу такою, що дорівнює найменшому перерізу мідних жил для стаціонарної електропроводки силових та освітлювальних мереж, тобто $S_6 = 1,5\ \text{мм}^2$.

Реальний спад напруги $\Delta U_{6r}\%$ на ділянці 6 розрахуємо, виходячи із формули (2.8)

$$\Delta U_{6r}\% = \frac{\sum m_6}{c \cdot S_6}. \qquad (2.9)$$

Підставляючи значення $S_6 = 1,5$ мм^2, $\sum m_6 = 6,48$ кВт $\cdot$ м, та $c = 12$, отримаємо:

$$\Delta U_{6r}\% = \frac{6,48}{12 \cdot 1,5} = 0,36\ \%.$$

Допустимий спад напруги на ділянках 6.1 та 6.3:

$$\Delta U_{6.3d}\% = \Delta U_{6d}\% - \Delta U_{6r}\%. \qquad (2.10)$$

Підставивши значення відповідних спадів напруг у формулу (2.10), отримаємо:

$$\Delta U_{6.3d}\% = 2,12 - 0,36 = 1,76\ \%.$$

Розрахункова площа поперечного перерізу жил кабелю цієї ділянки:

$$S_{6.3} = \frac{4,42}{12 \cdot 1,76} = 0,21 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо $S_{6.3} = 1,5$ мм^2. Тоді реальний спад напруги:

$$\Delta U_{6.3r}\% = \frac{4,42}{12 \cdot 1,5} = 0,25\ \%.$$

Для ділянки мережі 6.11

$$\Delta U_{6.11d}\% = 1,76 - 0,25 = 1,51\ \%.$$

$$S_{6.11} = \frac{1,02}{12 \cdot 1,51} = 0,06 \text{ мм}^2. \text{Приймаємо } S_{6.11} = 1,5 \text{ мм}^2.$$

$$\Delta U_{6.11r}\% = \frac{1,02}{12 \cdot 1,5} = 0,06\ \%.$$

Для ділянки мережі 6.14

$$\Delta U_{6.14d}\% = 1,51 - 0,06 = 1,46\ \%.$$

$$S_{6.14} = \frac{0,57}{12 \cdot 1,46} = 0,03\ \text{мм}^2. \text{Приймаємо } S_{6.14} = 1,5\ \text{мм}^2.$$

$$\Delta U_{6.14r}\% = \frac{0,57}{12 \cdot 1,5} = 0,03\ \%.$$

Для ділянки мережі 6.15

$$\Delta U_{6.15d}\% = 1,46 - 0,03 = 1,43\ \%.$$

$$S_{6.15} = \frac{0,09}{12 \cdot 1,43} = 0,01\ \text{мм}^2. \text{Приймаємо } S_{6.14} = 1,5\ \text{мм}^2.$$

$$\Delta U_{6.15r}\% = \frac{0,09}{12 \cdot 1,5} = 0,01\ \%.$$

Сумарний спад напруги від ВРП до найбільш віддаленого світильника групової лінії 6 ЩО1 розрахуємо за формулою:

$$\Delta U_{I_ЩО_16}\% = \Delta U_{Ir}\% + \Delta U_{6r} + \Delta U_{6.3r} + \Delta U_{6.11r} + \Delta U_{6.14r} + \Delta U_{6.15} \quad (2.11)$$

Підставивши значення відповідних реальних спадів напруг у формулу (3.11), отримаємо:

$$\Delta U_{I_ЩО_16}\% = 0,38 + 0,36 + 0,25 + 0,06 + 0,03 + 0,01 = 1,08\ \%.$$

Аналогічно розраховуємо і для інших групових ліній, котрі живляться від ЩО1. Із результатів розрахунку видно, що найбільший спад напруги 1,5 буде на найбільш віддаленому світильнику групової лінії 1.

Схему для розрахунку для щита освітлення ЩО2 представлено на рис. 2.12. Результати розрахунку показано в табл. 2 додатка 1. На основі результатів

розрахунку встановлено, що для живлення ЩО2 доцільно, як і в попередньому випадку вибрати кабель із мідними жилами із площею поперечного перерізу 2,5 мм^2, а групових ліній – 1 мм^2. При цьому найвищий спад напруги 0,49 % матиме місце на найбільш віддаленому світильнику групової лінії 4.

Для решти групових мереж та групових ліній площі поперечного перерізу жил кабелів приймаємо аналогічними, як і в попередніх випадках.

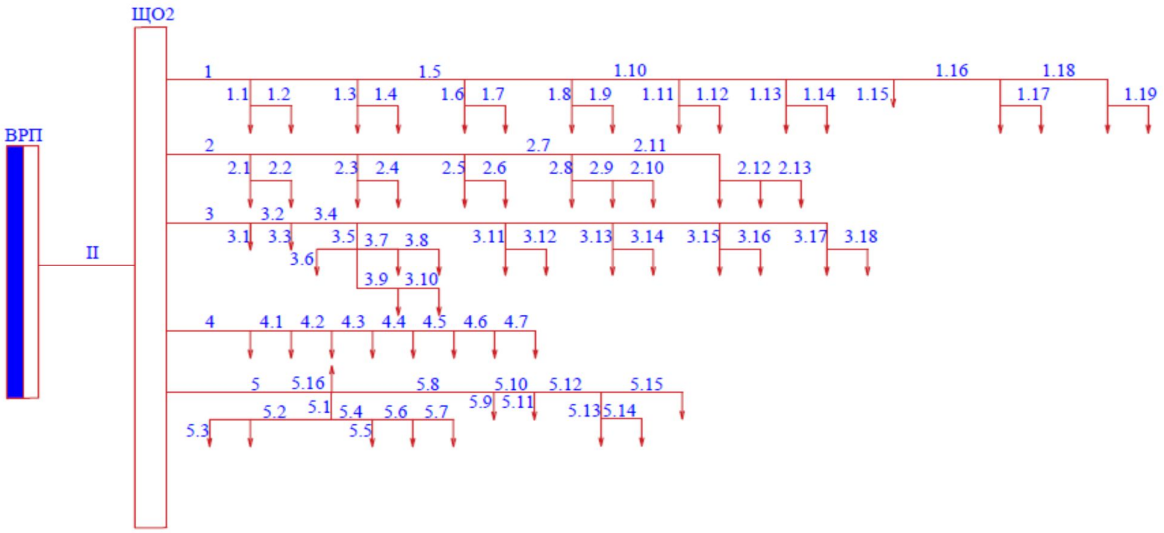


Рисунок 2.12 – Схема розрахунку на мінімум провідникового матеріалу електричної освітлювальної мережі ЩО2

2.5 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження та вибір апаратів захисту

Розрахунок проводів електричної освітлювальної мережі по струму навантаження полягає у визначенні струму та виборі такої площі поперечного перерізу провідників, при довготривалому протіканні якого не буде перевищення нагріву провідників понад значення, котрі встановлені ПУЕ для конкретної конструкції проводів. Розрахунокструму навантаження однофазних та трифазних ділянок освітлювальної мережівиконується за формулами [4]:

однофазна (двопровідна) ділянка:

$$I_p = \frac{P_p}{U_ф \cdot \cos\varphi}, \qquad (2.12)$$

трифазна ділянка:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_л \cdot \cos\varphi}, \qquad (2.13)$$

де P_p – розрахункова потужність ділянки, виражена у ватах, тобто це сума потужностей навантажень, живлення котрих здійснюється заданою ділянкою;

$U_ф = 220$ В – фазна напруга;

$U_л = 380$ В – лінійна напруга;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт активної потужності.

Розрахунок електричної освітлювальної мережі по струму навантаження покажемо на прикладі груповоїлінії, котра маєнайбільше навантаження (гр. РО2_1) та ділянки, котра живить споживачів, під'єднаних до електричного щита ЩО2.

Підставивши значеннясумарної потужності навантаження ділянки РО2_1 $P_p = 0,420$ кВт та $\cos\varphi = 0,95$ у формулу (2.12), отримаємо:

$$I_p = \frac{0,420 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 2,01 \text{ А}.$$

Підставивши значення сумарної потужності навантаження споживачів, під'єднаних до щита ЩО2, $P_p = 1,696$ кВт, у формулу 2.13, отримаємо:

$$I_p = \frac{1,696 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 2,71 \text{ А}.$$

На основі отриманих результатів розрахунку із [21] виберемо наступні значення площі поперечного перерізу жил кабелів із врахуванням результатів, отриманих на основі розрахунку на мінімум провідникового матеріалу та по умовах механічної міцності:

для групи гр. РО2_1 $S = 1,5$ мм^2;

для ділянки, котра з'єднує ЩО3 із ВРП $S = 2,5$ мм^2.

Розрахунок струмів навантаження та вибір площі поперечного перерізу інших ділянок виконуємо аналогічно. Результати розрахунку заносимо в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку електричної освітлювальної мережі

	Щит	Група	P_p, кВт	I_p, А	Тип кабелю	Тип апарату захисту
ВРП						
		РОЩ	0,124	0,59	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		МО1_н	0,250	1,20	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
	ЩРК		0,347	0,55	ВВГнг-5×2,5	ВА-2017/D 1р 4А
		МО2_н	0,250	1,20	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		РОК	0,085	0,41	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		ВО	0,012	0,06	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
	ЩО1		1,578	2,52	ВВГнг-5×2,5	ВА-2017/D 1р 10А
		РО1_1	0,250	1,20	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
		РО1_2	0,250	1,20	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
		РО1_3	0,250	1,20	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
		РО1_4	0,250	1,20	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
		РО1_5	0,280	1,34	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
		РО1_6	0,298	1,43	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 6А
	ЩО2		1,696	2,71	ВВГнг-5×2,5	ВА-2017/D 3р 10А
		РО2_1	0,420	2,01	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 5А
		РО2_2	0,240	1,15	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 3А
		РО2_3	0,180	0,86	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 6А
		РО2_4	0,170	0,81	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		РО2_5	0,176	0,84	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 3А
		РО2_6	0,300	1,44	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 3А
		РО2_7	0,105	0,50	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 1А
		РО2_8	0,105	0,50	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 1А
	ЩАО1		0,164	0,26	ВВГнг-5×2,5	ВА-2017/D 3р 4А
		АО1_1	0,036	0,17	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		АО1_2	0,056	0,27	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		АО1_3	0,048	0,23	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		АО1_4	0,024	0,11	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
	ЩАО2		0,340	0,54	ВВГнг-5×2,5	ВА-2017/D 3р 4А
		АО2_1	0,120	0,57	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 1А
		АО2_2	0,120	0,57	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 1А
		АО2_3	0,056	0,27	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		АО2_4	0,012	0,06	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
		АО2_5	0,032	0,15	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А

В якості апаратів захисту використаємо автоматичні вимикачі, значення струму вставокяких визначимо із умови[4, 21]:

$$I_p \le I_n \le I_д, \qquad (2.15)$$

де $I_д$ – допустимий струм кабелю, виходячи із умов нагріву і становить 19 А для трижильних та 16 А для п’ятижильних кабелів.

Розрахунок покажемо на прикладі групи РО1_1 та ЩО1.

Підставивши чисельні значення струмів $I_д$ та I_p в нерівність (2.15), отримаємо:

для апаратузахисту групи РО1_1

$$1{,}2\ \text{А} \le I_n \le 19\ \text{А},$$

для апарату захисту щита ЩО3:

$$2{,}52\ \text{А} \le I_n \le 16\text{А},$$

Вибираємо найближчі більші значення, використовуючи каталожні дані, наведені в [22]:

- для групиРО1_1 $I_n = 3$ А;
- для автоматичного вимикача щита ЩО1 $I_n = 3$ А.

Заради уникнення можливості хибного відключення апарату захисту внаслідок дії пускових струмів, котрі виникають при одночасному увімкненні великої кількості напівпровідникових світлових приладів, за умовою (2.16)[4, 21] визначимо допустиму кількість світлових приладів однієї групової лінії:

$$N_{\max} \le \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}}, \qquad (2.16)$$

де K – коефіцієнт кривої спрацьовування, значення котрого для характеристик характеристикиD становитьстановить 10;

K_k – коефіцієнт нерозчеплювання, котрий набуває значень27,0, 16,2, 9,0, 6,5, та 5,2за тривалостідії відповідно $\Delta t = 0{,}1,\ 0{,}2,\ 0{,}3,\ 0{,}4,\ 0{,}5$ мс;

I_n – номінальне значення струму апарату захисту;

I_{peak} – амплітуда імпульсу пускового струму світлодіодного світильника.

За паспортними даними відомо, що у світильниках типу ДСП77В потужністю 50 Вт електронними блоками живленняє електронні джерела AC/DCперетворювачі типу XLG-50-A[23],амплітуда пускового струму яких становить $I_{peak} = 50$ А, а тривалість імпульсу струму $\Delta t = 350$ мкс=0,35 мс,. для якої коефіцієнт нерозчеплювання становить

$$K_k = -1916 \cdot 0{,}35^4 + 2100 \cdot 0{,}35^3 - 600{,}8 \cdot 0{,}35^2 - 46 \cdot 0{,}35 + 35{,}7 = 7{,}3.$$

Отримання коефіцієнтів поліному описано в розрахунково-дослідницькому розділі.

Розрахуємо максимальну кількість світлових приладів ДСП77В потужністю 50 Вт, які можна під’єднувати до одного апарату захистуіз значеннями номінального струму 1 А, 2 А, 3 А, 4 А, 6 А, 10 А та 16 А.

Для групи РО1_1 для апарату захисту із номінальним струмом $I_n = 3$ А та характеристикою D:

$$N_{\max} = \frac{10 \cdot 7{,}3 \cdot 3{,}0}{50} = 4.$$

Як видно із результатів розрахунку, апарати захисту із таким номінальним струмом для даної групи споживачів використовувати не можна. Тому розраховуємо $N_{\max}$ і для інших номінальних струмів. Результати розрахунку представлено в табл. 2.8.

Оскільки дана група споживачів містить 5 світильників, то можна прийняти номінальний струм апарату захисту такий, що дорівнює 4 А.

Аналогічно розраховуємо і для інших ділянок, враховуючи при цьому значення максимальної кількості світильників на один апарат захисту, котрі на підставі розрахунку приведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку кількості світильників ДСП77В потужністю 50 Вт, яку можна підключати до одного автоматичного вимикача із кривою спрацьовування D

I_n, А	1	2	3	4	5	6	10	16
$N_{\max}$, шт	1	2	4	5	7	8	14	23

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку максимальної кількості світильників, котрі використовуються в системах освітлення складської будівлі, та можуть бути підключені до одного апарату захисту

Тип світильника	Потуж-ність, Вт	I_{peak}, А	Δt, мкс	K_k, відн. од.	Номінальний струм апарату захисту, А							
					1	2	3	4	5	6	10	16
ДСП77В	50	50	350	7,3	1	2	4	5	7	8	14	23
ДСП46У	40	35	350	7,3	2	4	6	8	10	12	20	33
ДСП46У	60	50	300	9,0	1	3	5	7	9	10	18	28
ДСП11	25	45	250	12,0	2	5	7	10	13	15	26	42
ДСП11	30	50	190	17,2	3	6	10	13	17	20	34	54
ДСП11	35	40	250	12,0	2	5	8	11	14	17	29	47
ДСП07У	30	22	190	17,2	7	15	23	31	39	46	78	124
ДСП07У	40	22	190	17,2	7	15	23	31	39	46	78	124
ДПО26В	20	25	250	12,0	4	9	14	19	23	28	47	76
ДПО26В	25	30	250	12,0	3	7	11	15	19	23	39	63
ДПО26В	35	30	250	12,0	3	7	11	15	19	23	39	63
ДББ26У	12	40	250	12,0	2	5	8	11	14	17	29	47
ДББ26У	20	40	250	12,0	2	5	8	11	14	17	29	47
ДББ64В	12	50	100	27,0	5	10	16	21	27	32	54	86
ДСП65В	40	50	350	7,3	1	2	4	5	7	8	14	23
ДПП06У	12	70	350	7,3	1	2	3	4	5	6	10	16

Значення номінальних струмів апаратів захисту щитів освітленості вибираємо, виходячи із умови селективності, тобто значення струму апарату захисту має бути на ступінь вище, ніж максимальне значення номінального

струму апарату захисту групових ліній споживачів, котрі живляться від даного щита.

2.6 Висновки до розділу

1. Здійснено вибір системи освітлення. Для усіх приміщень складської будівлі запропоновано використати систему загального рівномірного робочого освітлення. Для окремих приміщень вибрано систему аварійного освітлення. Визначено значення нормованої освітленості для системи робочого освітлення приміщень складської будівлі. Виконано вибір напівпровідникових світлових приладів для систем робочого та аварійного освітлення складської будівлі.

2. Проведено розрахунок електричної освітлювальної мережі робочого та аварійного освітлення на мінімум провідникового матеріалу. В результаті чого встановлено перерізи жил кабелів ділянок мережі, котрі живлять щити освітлення та світлові прилади. Встановлено, що для електричної мережі системи освітлення складської доцільно використати кабель типу ВВГнг із площею поперечного перерізу 1,5 мм^2 для групових ліній та 2,5 мм^2 для ділянок, котрі живлять щити освітлення. В результаті розрахунку встановлено, що максимальна втрата напруги в такій освітлювальній мережі становить 1,08 %.

3. На основі результатів розрахунку по струму навантаження, вибрано апарати захисту. Виходячи також з умови уникнення їх хибного спрацювання, запропоновано використати автоматичні вимикачі із кривою спрацьовування типу D.

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок коефіцієнта запасу

Світлотехнічний розрахунок системи освітлення виконаємо на основі методу коефіцієнта використання. Згідно із цим методом середню освітленість E горизонтальної робочої поверхні, котра може бути створена за допомогою N світлових приладів зі світловим потоком кожного $\Phi_{СП}$ можна розрахувати за формулою [4, 24]:

$$E = \frac{N\Phi_{СП}U}{Szk}, \tag{3.1}$$

де U – коефіцієнт використання світлового потоку;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

S –площа приміщення, для якого ведеться розрахунок.

Із врахуванням того, що при розрахунку середньої освітленості коефіцієнт z не враховується, то формула (3.1) набуде вигляду:

$$E = \frac{N\Phi_{СП}U}{Sk}. \tag{3.2}$$

При виконанні світлотехнічних розрахунків необхідним є врахування того, що світловий потік, котрий надходить на робочу поверхню наприкінці терміну експлуатації освітлювальної установки чи перед черговим чищенням світлових приладів є нижчим, ніж на початку експлуатації. Внаслідок цього освітленість не відповідати нормованим значенням. Тому, при виконанні світлотехнічних розрахунків точковим методом або методом коефіцієнта використання вводиться враховується коефіцієнт запасу, котрий визначається відношенням значень світлового потоку, котрий надходить на робочу поверхню на початку та наприкінці експлуатації системи освітлення.

Коефіцієнт запасу розрахуємо за методикою, наведеною в [7], згідно з

якою розраховується коефіцієнт експлуатації MF (Maintenance Factor), обернений до значення коефіцієнта запасу. Формула для розрахунку MF має вигляд:

.

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \qquad (3.3)$$

де $LLMF$ – коефіцієнт, зниження світлового потоку джерел світла в світлових приладах;

LSF – коефіцієнт, котрий визначається відношенням кількості світильників, котрі працюють в даних умовах до їх загальної кількості, встановленої у приміщенні;

LMF – коефіцієнт експлуатації світильника даного типу;

$RSMF$ – коефіцієнт експлуатації поверхонь, котрі обмежують внутрішній простір приміщення.

По таблиці В4, що на [4, стор. 61] вибираємо для50000 годин роботи світлодіодних світлових приладів $LLMF = 0,85$, $LSF = 1$. По табл. В1, що на стор. 58 присвоюємо для приміщень клас чистоти N. Приймаємо, що періодичність чистки світильників становить1 раз на два роки. Із даних, наведених в табл. В5,що на стор. 62 визначаємо коефіцієнт експлуатації світильників для світильників зі ступенем пило волого захисту від IP5X і вище (тип світильника Е) $LMF = 0,90$, а для світильників з IP2X $LMF = 0,81$. Згідно табл. В6 (стор. 62)коефіцієнт експлуатації поверхонь становить $RSMF = 0,90$. Якщо підставити чисельні значення для $LLMF$, LSF, LMF, $RSMF$ у формулу (3.3), отримаємо:

- для світильників зі ступенем пило вологозахисту IP5X і вище:

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,90 \cdot 0,90 = 0,69;$$

- для світильників з IP2X:

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,90 = 0,62.$$

Звідси, коефіцієнт запасу:

- для світильників зі ступенем пило вологозахисту IP5X і вище:

$$k = \frac{1}{0,69} = 1,45;$$

- для світильників з IP2X:

$$k = \frac{1}{0,62} = 1,61.$$

3.2 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень складської будівлі за допомогою методу коефіцієнта використання

Як видно із формули (3.2) визначальною величиною в даному розрахунку є коефіцієнт використання U, котрий можна визначити, як добуток світлового коефіцієнта корисної дії η_c світлового приладу та коефіцієнта корисної дії приміщення η_n [24, стор. 329]:

$$U = \eta_c \cdot \eta_n. \tag{3.4}$$

Враховуючи, що коефіцієнт корисної дії світильників із напівпровідниковими джерелами світла становить $\eta_c = 1$, то можна вважати, що

$$U = \eta_n. \tag{3.5}$$

Коефіцієнт η_n визначається в залежності від типу кривої сили світла, коефіцієнтів відбивання внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій, що обмежують простір приміщення (стелі, стін та підлоги), а також від комплексної величини – індексу приміщення, котрий враховує його габаритні розміри та форму:

$$i = \frac{S}{h_p(a+b)}, \tag{3.6}$$

або для приміщень необмеженої довжини

$$i = 0,47\frac{\sqrt{S}}{h_p}, \tag{3.7}$$

де h_p – розрахункова висота приміщення (відстань від нижнього краю світлового приладу до розрахункової площини);

a, b – довжина та ширина приміщення.

На рис. 3.1 показано залежності коефіцієнта корисної дії від індексу приміщення із коефіцієнтами відбивання стелі, стін та підлоги відповідно 0,7, 0,5, та 0,3 при освітленні світловими приладами із кривими сили світла типу М, Д, Г, К, Л.

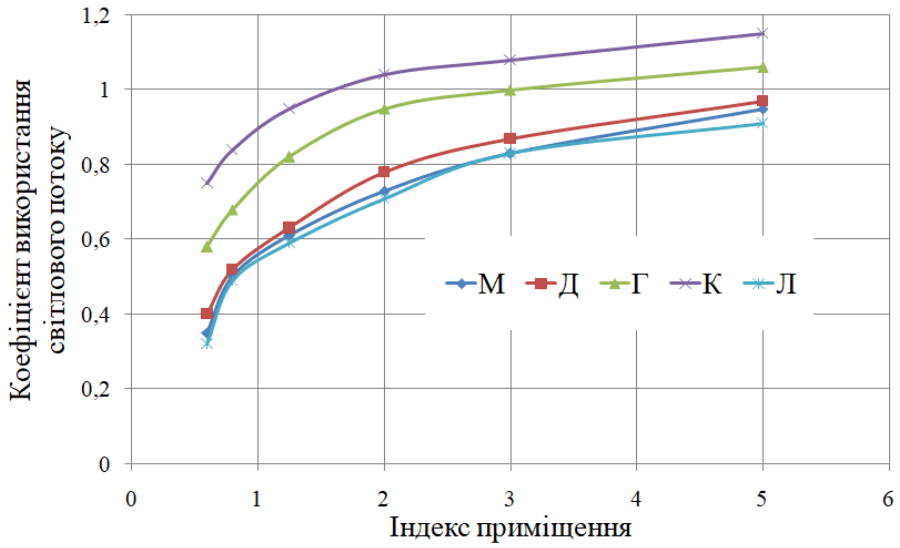


Рисунок 3.1 – Залежності корисної дії від індексу приміщення із коефіцієнтами відбивання стелі, стін та підлоги відповідно 0,7, 0,5, та 0,3

Значення коефіцієнта корисної дії приміщення розрахуємо на основі функцій кривих апроксимації залежностей, наведених на рис. 3.1, отриманих в [25], аналітичний вигляд котрих:

$$U(i) = \eta_n(i) = \frac{p_0}{i^3} + \frac{p_1}{i^2} + \frac{p_2}{i} + p_3, \tag{3.8}$$

де p_0, p_1,p_2, p_3– коефіцієнти апроксимації многочленом третьої степені, значення котрих приведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів апроксимації залежності $U(i)$ для світлодіодних світильників

Тип КСС	p_0	p_1	p_2	p_3	Відносна максимальна похибка, %
М	-0,3123	1,0149	-1,3179	1,1729	0,77
Д	-0,1770	0,6630	-1,0670	1,1600	1,70
Г	0,0400	-0,0360	-0,3840	1,1370	1,04
К	-0,0508	0,2027	-0,4873	1,2339	0,87
Л	-0,2980	0,9440	-1,2290	1,1290	2,97

Розрахунок за методом коефіцієнта використання покажемо на прикладі приміщення 101. Підставивши значення площі $S = 1395\,\text{м}^2$, а також $a = 46{,}5\,\text{м}$, $b = 30\,\text{м}$ та $h_p = 6{,}80\,\text{м}$ у формулу (3.6), отримаємо:

$$i = \frac{1395}{6{,}80 \cdot (46{,}5 + 30)} = 2{,}68.$$

Підставивши значення індексу приміщення в рівняння (3.8), використавши при цьому коефіцієнти, наведені в табл. 3.1, із врахуванням кривих сили світла світильника ДСП77В [8], отримаємо:

- для кривої сили світла типу Л

$$U = \frac{-0{,}2980}{2{,}68^3} + \frac{0{,}9440}{2{,}68^2} + \frac{-1{,}2290}{2{,}68} + 1{,}1290 = 0{,}78;$$

для кривої сили світла типу К:

$$U = \frac{-0{,}0508}{2{,}68^3} + \frac{0{,}2027}{2{,}68^2} + \frac{-0{,}4873}{2{,}68} + 1{,}2339 = 1{,}08;$$

для кривої сили світла типу Г:

$$U = \frac{0,040}{2,68^3} + \frac{-0,0360}{2,68^2} + \frac{-0,3840}{2,68} + 1,1370 = 0,99.$$

З формули (3.2) в добуток $N\Phi_{СП}$, дорівнює сумарному світловому потоку Φ_Σ світлових приладів, котрий здатен забезпечити на робочій поверхні середню освітленість E:

$$\Phi_\Sigma = N\Phi_{СП} = \frac{ESk}{U}. \qquad (3.9)$$

Підставивши значення для U, S, $E = 75$ лк та $k = 1,45$ у формулу (3.9), отримаємо:

для кривої сили світла типу Г:

$$\Phi_\Sigma = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{0,99} = 153104 \text{ лм};$$

для кривої сили світла типу К:

$$\Phi_\Sigma = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{1,08} = 140764 \text{ лм};$$

для кривої сили світла типу Л:

$$\Phi_\Sigma = \frac{75 \cdot 1395 \cdot 1,45}{0,78} = 192883 \text{ лм}.$$

Як видно із результатів розрахунку, для забезпечення 75 лк на робочій поверхні складу мінімальне значення світлового потоку має становити 140,764 тис. лм для світильників з кривою сили світла типу К.

Рисунок 3.2 – Сумарний світловий потік, необхідний для забезпечення освітленості 75 лк приміщення складу

Врахувавши, що даний світловий прилад може мати потужність 30, 40 та 50 Вт та світловий потік відповідно 4200, 5600, 7000 лм, розрахуємо кількість світлових приладів та потужність освітлювальної установки із світильниками різних кривих сили світла та потужностей для забезпечення освітленості 75 лк. Кількість світлових приладів розрахуємо, поділивши сумарний світловий потік на світловий потік одного світильника. Результати розрахунку приведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку кількості світлових приладів та потужності системи освітлення приміщення головного складу

Тип КСС	Потужність світлових приладів, Вт		
	30	40	50
Кількість світлових приладів			
Г	36	27	22
К	34	25	20
Л	46	34	28
Розрахована освітленість, лк			
Г	74,1	74,1	75,4
К	76,1	74,6	74,6
Л	75,1	74,0	76,2
Потужність системи освітлення, кВт			
Г	1,08	1,08	1,10
К	1,02	1,00	1,00
Л	1,38	1,36	1,40

Як видно із результатів розрахунку та із діаграм, наведених на рис. 3.3 найменш потужними є системи освітлення, в яких використовуються світлові прилади із кривою сили світла типу Д. Тому попередньо приймаємо систему освітлення, котра складається із 20 світильників типу ДСП77В потужністю 50 Вт.

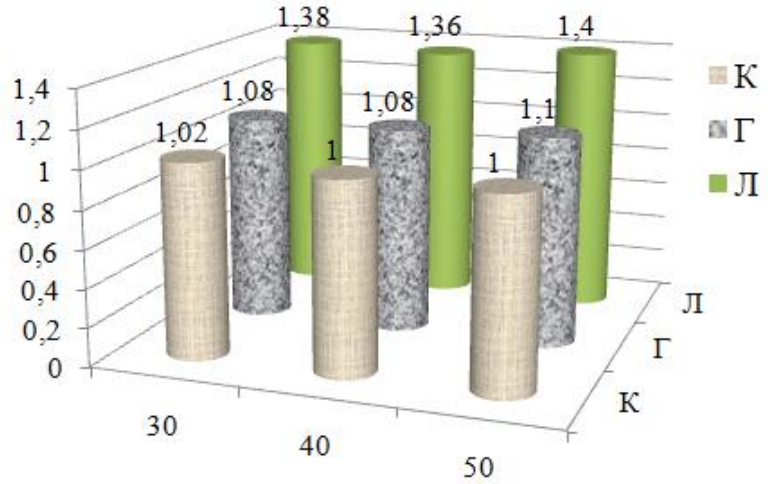


Рисунок 3.3 – Діаграми потужностей системи освітлення головного складу

Розрахунок за методом коефіцієнта використання за формулами (3.2), (3.6), (3.8) та (3.9) виконуємо і для інших приміщень. Результати розрахунку представлені в табл. 3.3.

3.3 Моделювання та світлотехнічний розрахунок системи освітлення за допомогою пакету DIALux

Як видно із табл. 3.3, не для усіх приміщень можна отримати значення коефіцієнта використання світлового потоку, оскільки значення індексу приміщень не попадають в проміжок від 0,5 до 6. Тому для таких приміщень, а також для перевірки розрахунку використаємо пакет DIALux.

Для початку виконаємо моделювання та розрахунок системи робочого освітлення головного складу. Для цього проведемо розрахунок для системи освітлення, котра складається із двадцяти світильників ДСП77В для трьох кривих сили світла: Л, Г та К.

Таблиця 3.3 – Результати світлотехнічного розрахунку системи робочого освітлення

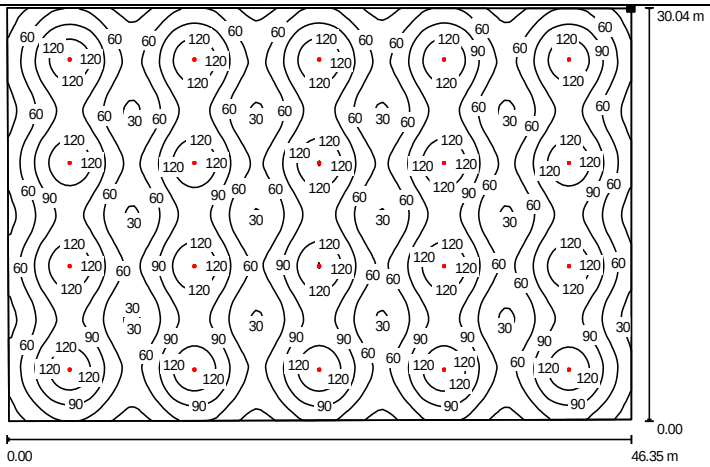
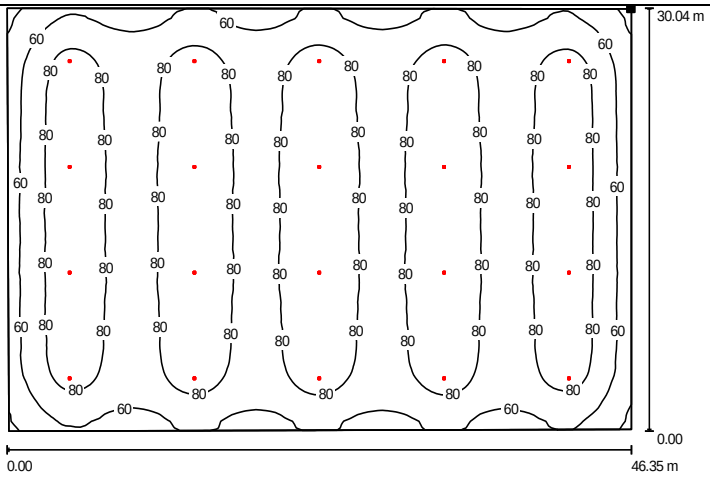
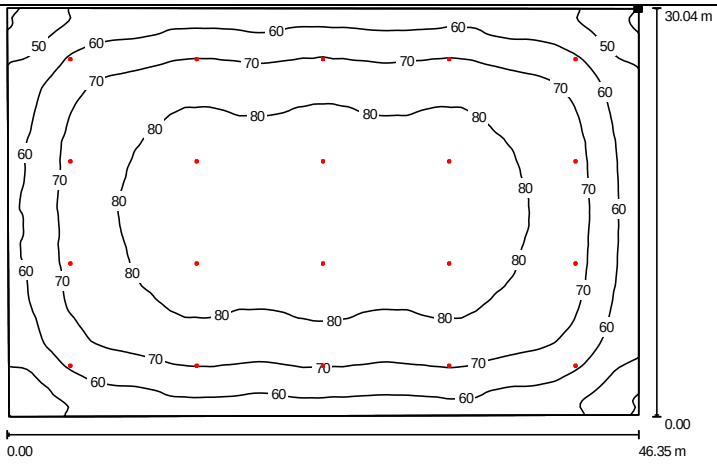
№ на плані	Призначення	Площа, м^2	Висота, м	Нормована освітленість, лк	Висота робочої поверхні, м	Світильник			Коефіцієнт запасу	Висота встановлення, м	Розрахункова висота, м	Індекс приміщення	Коефіцієнт використання	Кількість світильників	Розрахункова освітленість, лк		Потужність ОУ, кВт
						Тип	Потуж-ність, Вт	Світловий потік, лм							Метод коефіцієнта використа-ння	DIALux	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
101	Головний склад	1395,00	8,0	75	0,0	ДСП77В-50-111	50	7000	1,45	7,0	6,80	2,68	1,08	20	74,7	71,0	1
101 а	Склад	301,03	4,0	75	0,0	ДСП46У-40-111	40	5400	1,45	4,0	3,80	2,05	0,78	7	67,5	74,0	0,28
101 б	Склад	32,42	4,0	75	0,0	ДСП11-30-211	30	3600	1,45	4,0	3,80	0,75	0,50	2	76,0	86,0	0,06
101 в	Склад	63,54	4,0	75	0,0	ДСП46У-40-111	40	5400	1,45	4,0	3,80	1,01	0,58	2	68	72,0	0,08
102	Санвузол	5,35	2,3	75	0,0	ДББ64В-12-033 Селена 32 А СД 12	12	1440	1,45	2,3	2,16	0,52	0,29	2	80,0		0,024
103	Санвузол	5,35	2,3	75	0,0	ДББ64В-12-033 Селена 32 А СД 12	12	1440	1,45	2,3	2,16	0,52	0,29	2	80,0		0,024
104	Коридор	17,30	3,2	75	0,0	ДПО26В-25-011	25	3000	1,61	3,2	3,15	0,56	0,36	2	77,4	101,0	0,05
105, 221	Сходова клітка	19,49	8,0	100	0,0	ДПО26В-35-001	35	4200	1,61	8,0				3	90		0,105
106, 222	Сходова клітка	19,49	8,0	100	0,0	ДПО26В-35-001	35	4200	1,61	8,0				3	90		0,105
107	Електро-щитова	5,89	3,2	Г-150	0,8	ДСП46У-60-113	60	8100	1,45	3,2	2,29	0,52	0,30	1	287	341	0,06
				В-150	1,5										143		
108	Котельня	25,77	3,2	Г-50	0,0	ДСП19УЕх-12-001	19	1450	1,45	2,4				1	116		0,069
				В-75	1,5	ДСП11-25-211	25	3000	1,45	3,2				2	70		
108 а	Щитова котельні	2,10	3,2	Г-150	0,8	ДСП11-35-211	35	4200	1,45	2,8	1,78	0,38		1	359		0,035
				В-150	1,5										284		
109	Приміщення керування	22,47	3,2	Г-150	0,8	ДСП65В-40-103, 113	40	5400	1,45	3,2	2,29	1,02	0,58	2	193	264	0,04
				В-150	1,5										145		
201	Коридор	94,40	3,2	75	0,0	ДПО26В-20-001	20	2400	1,61	3,2	3,15	1,48	0,69	7	103	81	0,19
						ДПО26В-25-011	25	3000						2			
202	Санвузол	4,44	3,2	75	0,0	ДББ26У-20-106 Селена-LED	20	2800	1,45	3,2	3,11	0,29		1	74		0,02

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
203	Гардеробна	23,26	3,2	50	0,0	ДББ26У-16-104 Селена-LED	16	2240	1,45	3,2	3,11	0,74	0,49	3	98	74	0,048
204	Душова	2,90	3,2	50	0,0	ДББ64В-12-033 Селена 32 А СД 12	12	1440	1,45	3,2	3,06	0,26		1	48		0,012
205	Санвузол	14,59	3,2	75	0,0	ДББ26У-12-102 Селена-LED	12	1680	1,45	3,2	3,11	0,61	0,42	4	84	80	0,048
206	Гардеробна	45,91	3,2	50	0,0	ДББ26У-12-102 Селена-LED	12	1680	1,45	3,2	3,06	0,96	0,57	5	72	69	0,06
207	Умивальня із душовою	16,78	3,2	75	0,0	ДББ26У-12-102 Селена-LED	12	1680	1,45	3,2	3,11			2	68		0,048
						ДББ64В-12-033 Селена 32 А СД 12	12	1440	1,45	3,2	3,06			2			
208	Роздавальня	12,51	3,2	300	0,8	ДСП07У-40-013	40	4800	1,45	3,2	2,35	0,72	0,48	3	384	334	0,12
209	Мийна посуду	5,60	3,2	150	0,8	ДСП07У-30-013	30	3600	1,45	3,2	2,35	0,48		1	148		0,03
210	Кімната прийому їжі	35,15	3,2	200	0,8	ДПО26В-25-011	25	3000	1,61	3,2	2,35	1,21	0,63	6	201	242	0,15
211	Душова	6,30	3,2	50	0,0	ДББ64В-12-033 Селена 32 А СД 12	12	1440	1,45	3,2	3,06	0,40		1	46		0,012
212	Допоміжне приміщення	5,90	3,2	50	0,0	ДББ64В-12-033 Селена 32 А СД 12	12	1440	1,45	3,2	3,06	0,37		1	47		0,012
213	Санвузол з душовою	27,60	3,2	75	0,0	ДББ26У-12-102 Селена-LED	12	1680	1,45	3,2	3,11	0,81		2	76		0,084
						ДББ26У-20-106 Селена-LED	20	2800			3,11			3			
214	Прміщення для персоналу	28,62	3,2	200	0,8	ДПО26В-20-011	20	2400	1,61	3,2	2,35	1,07	0,60	6	187	227	0,12
215	Робоче приміщення	22,46	3,2	200	0,8	ДПО26В-25-011	25	3000	1,61	3,2	2,35	0,99	0,58	4	191	234	0,1
216	Робоче приміщення	22,46	3,2	200	0,8	ДПО26В-25-011	25	3000	1,61	3,2	2,35	0,99	0,58	4	191	234	0,1
217	Робоче приміщення	22,46	3,2	200	0,8	ДПО26В-25-011	25	3000	1,61	3,2	2,35	0,99	0,58	4	191	234	0,1
218	Робоче приміщення	25,13	3,2	200	0,8	ДПО26В-25-011	25	3000	1,61	3,2	2,35	0,98	0,57	4	170	217	0,1
219	Приміщення для персоналу	45,60	3,2	150	0,8	ДПО26В-20-011	20	2400	1,61	3,2	2,35	1,40	0,67	6	132	164	0,12
220	Допоміжне приміщення	7,09	3,2	50	0,0	ДББ64В-12-033 Селена 32 А СД 12	12	1440	1,45	3,2	3,06	0,45		1	45		0,012

Коефіцієнт запасу в розрахунках врахуємо шляхом введення у вкладці методу плану техобслуговування коефіцієнта зменшення. Графіки ліній одинакової освітленості на робочій поверхні та результати розрахунку приведено в табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Результати моделювання та світлотехнічного розрахунку системи робочого освітлення приміщення головного складу

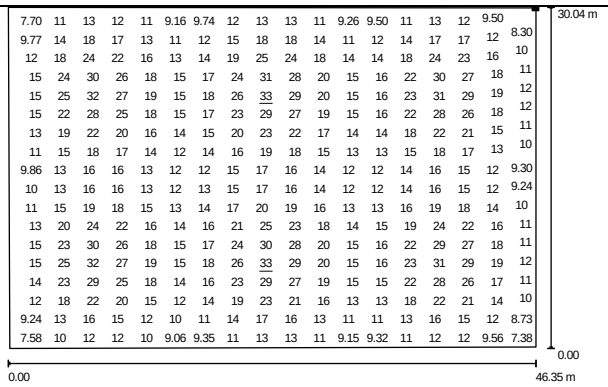
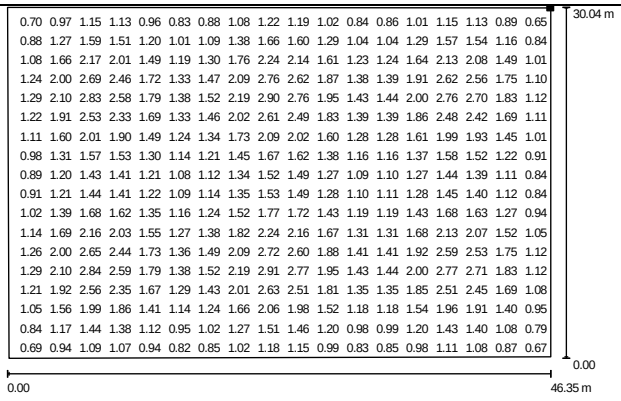
Тип КСС	Графіки кривих однакової освітленості	E_{min}, лк	$E_{ср}$, лк	E_{max}, лк	$E_{min}/E_{ср}$
К		19	80	151	0,233
Г		34	77	94	0,444
Л		38	71	86	0,531

Як видно із табл. 3.4 усі світильники здатні забезпечити освітленість 75 лк, причому відхилення із цим значенням знаходиться в допустимих межах. Проте найкращу рівномірність освітлення буде створюватись системою на основі світильників ДСП77В потужністю 50 Вт та кривою сили світла типу Л. Тому і приймаємо даний світильник для подальшого застосування. Розрахунок робочого освітлення для інших приміщень виконуємо аналогічно. Результати розрахунку приведено в табл. 3.3.

Моделювання та розрахунок освітлювальної установки аварійного освітлення покажемо на прикладі приміщень 101 та 201.

Для приміщення 101 передбачено використання світильників типу ДСП46У-40-БАЖ-111 із аварійними блоками живлення, котрі дають світловий потік в аварійному режимі 450 лм. В табл. 3.5 представлено графіки розподілу значень освітленості по розрахунковій поверхні та результати розрахунку.

Таблиця 3.5 – Результати моделювання та світлотехнічного розрахунку системи аварійного освітлення приміщення головного складу

$Ф_{СП}$, лм	Графіки розподілу освітленості	E_{min}, лк	$E_{ср}$, лк	E_{max}, лк	E_{max} / E_{min}
5400		6,21	17	33	5,31
450		0,56	1,52	2,99	5,34

Як видно із результатів, наведених в табл. 3.5 освітлювальна установка на основі світильників ДСП46У-40-БАЖ-111 забезпечує виконання вимого щодо освітленості та нерівномірності її розподілу як в режимі роботи, коли світло діоди світильника живляться від електромережі, так і коли їх живлення здійснюється від акумуляторної батареї, розміщеної всередині світильника.

На рис. 3.4 показано графік розподілу освітленості, створеної системою аварійного освітлення коридорного приміщення 201.

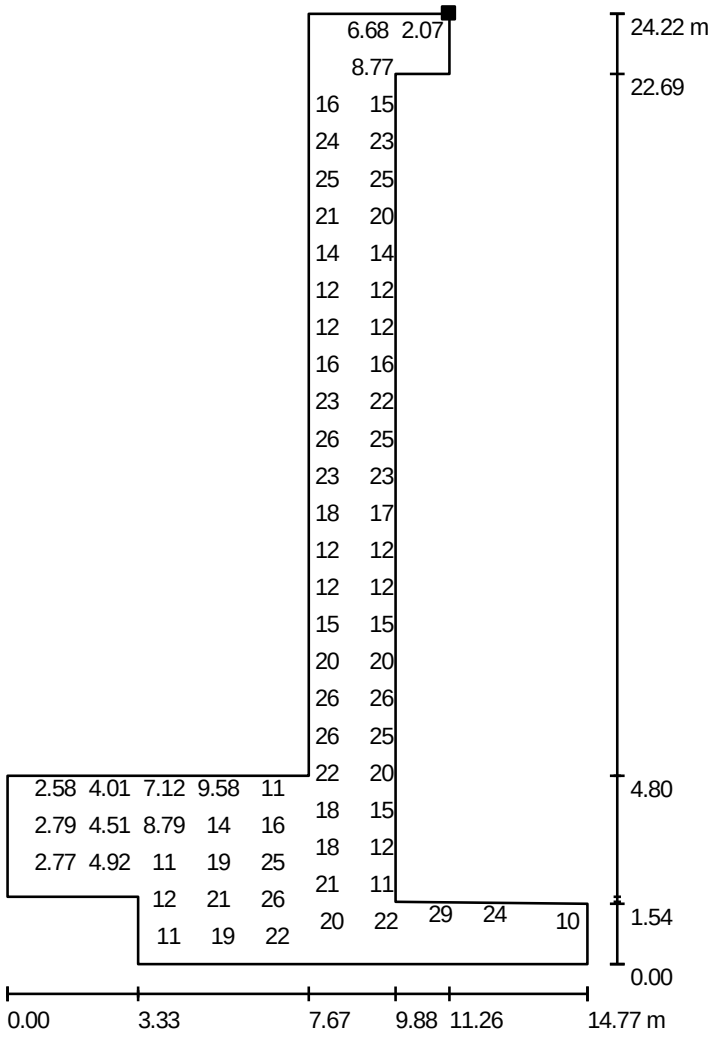


Рисунок 3.4–графік розподілу освітленості, створеної системою аварійного освітлення коридорного приміщення 201

Мінімальна освітленість становить 21 лк, а коефіцієнт нерівномірності 21,7, що є допустимим.

Результати моделювання та світлотехнічного розрахунку системи аварійного освітлення цього та іншого приміщення представлено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати моделювання та світлотехнічного розрахунку системи аварійного освітлення приміщень складської будівлі

№	$E_н$, лк	Тип світильника	Потуж-ність	$Ф_{СП}$, лм	k	Висота встанов-лення	Кіль-кість	E_{min}, лк	E_{max}/E_{min}	Потуж-ність ОУ, кВт
201	1	ДПП06У-8-211	8	835	1,45	3,2	2	21	21,7	0,04
		ДПП06У-8-231	8	835			3			
208	0,5	ДПП06У-8-231	8	835	1,45	3,2	1	9	2,7	0,008
209	15	ДПП06У-8-211	8	835	1,45	3,2	1	20	1,6	0,008
101	0,5	ДСП46У-40-БАЖ-111	40	5400	1,45	7	6	6,2	5,3	0,24
			3	450			6	0,56	5,3	0,018
101 в	0,5	ДПП06У-8-211	8	835	1,45	4	1	1,4	11,5	0,008
105, 221	0,5	ДПП06У-8-211	8	835	1,61	8	2	1	6,1	0,016
106, 222	0,5	ДПП06У-8-211	8	835	1,61	8	2	1	6,1	0,016
104	0,5	ДПП06У-8-211	8	835	1,61	3,2	2	2,5	9,9	0,016
107	Г-50	ДПП06У-8-211	8	835	1,45	2,3	1	47	0,4	0,008
	В-50							46	0,4	
108	Г-20	ДПП06У-8-211	8	835	1,45	3,2	2	33	0,4	0,016
	В-30				1,45			27	0,7	
108 а	Г-50	ДПП06У-8-211	8	835	1,45	3,2	1	63	0,7	0,008
	В-50							49	0,8	
109	Г-50	ДСП65В-40-103	40	5400	1,45	3,2	1	138	0,13	0,04
	В-50		3	450				46	0,5	

3.4 Апроксимація залежності коефіцієнта нерозчеплення автоматичного вимикача

В п. 2.5 Проектно-конструкторського розділу максимальну кількість світлодіодних світлових приладів, котрі можна під’єднати до одного апарату захисту визначали, використовуючи умову (2.16). Одним із параметрів (2.16) є коефіцієнт нерозчеплення K_k, залежність котрого від тривалості імпульсу Δt приведено на рис. 3.5.

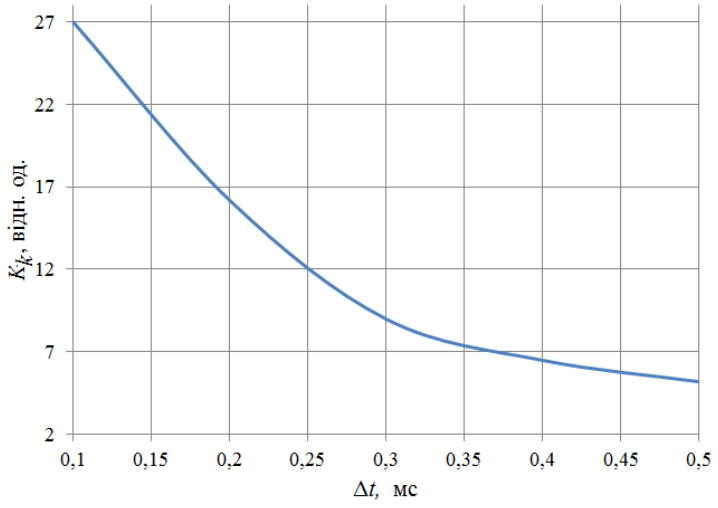


Рисунок 3.5 – Залежність коефіцієнта нерозчеплення автоматичного вимикача від часу тривалості імпульсу пускового струму

Для даної кривої знайдемо функцію апроксимації, котра була б максимально наближена до залежності, приведеної на рис. 3.5. Для цього виконаємо апроксимацію даної залежності:

- експоненціальною функцією виду $K_k = a \cdot \exp\left(b \cdot \frac{\Delta t}{\Delta t_{\max}}\right)$;
- функцією натурального логарифму виду $K_k = a \cdot \ln\left(\frac{\Delta t}{\Delta t_{\max}}\right) + b$;
- степеневою функцією виду $K_k = a \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_{\max}}\right)^b$;
- лінійною функцією виду $K_k = a \cdot \Delta t + b$;
- поліномами другої – четвертої степені виду $K_k = \sum_{i=0}^{i=n} a_i \cdot \Delta t^{n-i}$.

Коефіцієнти a, b, a_i знайдемо за допомогою пакету Excel, а значення $\Delta t_{\max} = 0{,}5$ мс. Для оцінки адекватності математичних моделей розрахуємо значення відносної максимальної похибки $\delta_{\max}$ за формулами[26]:

$$\delta_{\max} = \frac{\sigma}{K_{k\min}} \cdot 100\%, \tag{3.10}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum\left(K_k\left(\Delta t_j\right) - K_{k1}\left(\Delta t_j\right)\right)^2}{M-1}}, \tag{3.11}$$

де σ – абсолютна середньоквадратична похибка;

$K_{k\min} = 5,2$ – найменше значення функції $K_k\left(\Delta t\right)$ на заданому проміжку;

$K_{k1}\left(\Delta t_j\right)$ – значення функції апроксимації в точці Δt_j;

M – кількість елементів вибірки

В табл. 3.7 представлені значення коефіцієнтів a, b, a_i кривих апроксимації та абсолютної максимальної похибки. Графіки функцій апроксимації представлено на рис. 3.6.

Таблиця 3.7 – Значення коефіцієнтів функцій апроксимації залежності $K_k\left(\Delta t\right)$ та відносної максимальної похибки

Функція апроксимації	Коефіцієнти							
	a	b	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	$\delta_{\max}$, %
Експоненціальна	37,411	-2,104						28,97
Логарифмічна	-14,04	3,6243						24,45
Степенева	5,322	-1,055						29,25
Лінійна	-53,3	28,77						61,57
Поліном другої степені			169,2	154,8	40,62			9,01
Поліном третьої степені			200	349,2	-202	43,98		5,29
Поліном четвертої степені			-1916	2100	600,8	-46	35,7	0,53

Як видно із результатів, наведених в табл. 3.7 та графіків на рис. 3.6 найбільш наближеною до залежності $K_k\left(\Delta t\right)$ є функція полінома п’ятої степені,

а її відносна максимальна похибка становить 0,53 %.

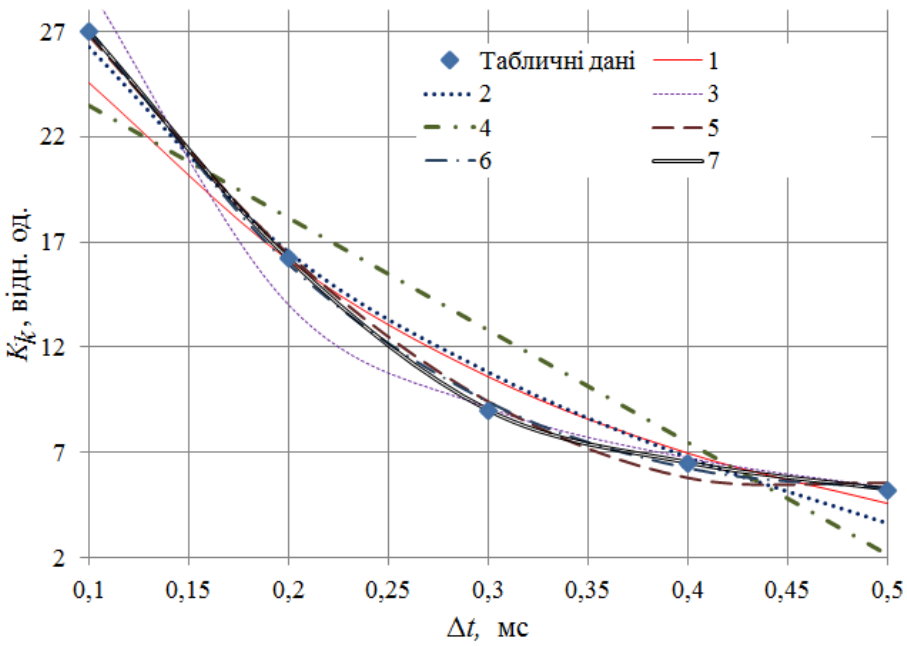


Рисунок 3.6 – Залежності $K_k(\Delta t)$, задані таблично та апроксимовані за допомогою експоненційної (1), логарифмічної (2), степеневої (3), лінійної (4) та поліномами другої (5), третьої (6), четвертої (7) степені

3.5 Висновки до розділу

1. За допомогою методу коефіцієнта використання та пакету DIALux виконано моделювання та світлотехнічний розрахунок систем робочого та аварійного освітлення приміщень складської будівлі.

2. Розраховано значення сумарного світлового потоку світлових приладів з кривими сили світла К, Г та Л необхідного для забезпечення освітленості 75 лк на рівні підлоги складського приміщення прямокутної форма з довжиною та шириною відповідно 46,5 та 30 м та висотою встановлення світлових приладів 6,80 м.

3. Розраховано кількість світлових приладів типу ДСП77В різної потужності, необхідної для забезпечення в даному приміщені освітленості 75 лк. Встановлено, що найбільш енергоощадними будуть системи робочого

освітлення потужністю 1 кВт, в яких використовуються світлові прилади ДСП77В з кривою сили світла типу К потужностями 40 та 50 Вт. Для подальшого моделювання вибрано світлові прилади потужністю 50 Вт.

4. На основі результатів, отриманих в пакеті DIALux встановлено, що для забезпечення коефіцієнта рівномірності освітленості на рівні 0,5 та освітленості 75 лк необхідно для основного складу використати 20 напівпровідникових світлових приладів з кривою сили світла типу Л та світловим потоком 7000 лм.

5. В результаті розрахунку встановлено, що сумарна потужність світильників системи робочого загального освітлення становить 8,69 кВт, а системи аварійного освітлення – 0,81 кВт.

6. Апроксимовано функцію залежності коефіцієнта нерозчеплення апарату захисту від часу імпульсу за допомогою експоненціальної, логарифмічної, степеневої, лінійної та функцій поліномів другої – четвертої степені. Встановлено, що максимально наближеною до заданої залежності є функція полінома четвертої степені, а відносна максимальна похибка становить 0,53 %.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Шляхи запобігання пожеж в складських приміщеннях

Основними причинами пожеж, що найбільш часто трапляються на складах, є неправильна експлуатація електроприладів, аварійні режими в електромережах, необережність під час паління й користування відкритим вогнем, тощо. Розвитку пожеж сприяють:

- відсутність зв’язку, пожежної сигналізації й автоматичного пожежогасіння, неправильний монтаж та експлуатація приладів;
- недостатність первинних засобів пожежогасіння;
- невміння працівників локалізувати пожежу за допомогою первинних засобів пожежогасіння або автоматичних установок з ручним запуском;
- непомітне поширення тління;
- великі об’єми зберігання, через що вогонь швидко поширюється;
- порушення протипожежних правил та інструкцій під час будівництва та ремонту складських будівель;
- розташування спеціалізованих служб у приміщеннях, небезпечних щодо пожеж; неакуратне застосування й зберігання горючих матеріалів тощо;
- незадовільна організація служби охорони в неробочий час (неповні обходи, великі проміжки часу між обходами).

Більшість пожеж виникає вночі, тому неправильні дії й неадекватні засоби гасіння служать причиною двох третин від завданого збитку.

Руйнівними чинниками під час пожежі є:

1) вогонь, який може повністю знищити товар, що зберігається;

2) висока температура, яка призводить до повного чи часткового обвуглення матеріалів;

3) гарячі гази та дим, які спричиняють хімічне руйнування матеріалів предметів або їх знебарвлення;

8) сильне забруднення предметів сажею та попелом.

Шляхами запобігання виникнення пожеж в складських будівлях є:

1)визначення для кожного приміщення категорії пожежної небезпеки, виходячи з «Визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній та пожежній небезпеці» відповідно до ДБН В.1.1.7-2002 [27];

2) застосування в усіх приміщеннях сучасних автоматичних систем виявлення диму й вогню, які одночасно запускають системи сигналізації в будівлі музею й у місцевому відділенні пожежної охорони відповідно до ДБН В.2.5.56-2014 [28];

3) використання системи автоматичної пожежної сигналізації у складських приміщеннях;

4) встановлення в будівлях внутрішніх пожежних кранів, дренчерних та спринклерних установок пожежогасіння;

5) наявність первинних засобів захисту (наприклад, вогнегасники ВВПА-400) із розрахунку 1 вогнегасник на 50 м^2 площі;

6) забезпечення зв’язку автоматичних систем пожежної сигналізації та автоматичних установок пожежогасіння зі схемою централізованого увімкнення вентиляції та кондиціювання повітря;

7) щоденна перевірка стану систем сигналізації та пожежогасіння;

8) виконання вимог пожежної безпеки в приміщеннях;

9) обмеження місць паління для співробітників;

10) розробка планів та схем евакуації, а також план заходів щодо дії адміністрації та персоналу на випадок виникнення пожеж;

11) розроблення інструкції з пожежної безпеки та дій персоналу із запобігання та гасіння пожежі;

12) призначення відповідальних за протипожежний стан;

13) розробка та дотримання «Планування дій на випадок надзвичайних ситуацій в установі».

4.2 Класифікація надзвичайних ситуацій природного походження

Джерелом виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру є небезпечні природні явища. Всі надзвичайних ситуацій природного характеру

поділяються на 11 класів і 63 групи [29]:

1. Геологічні небезпечні явища включають 6 груп: землетруси, виверження вулканів, зсуви, обвали, осідання землі, карстові провали.

2. Метеорологічні небезпечні явища включають - 19 груп: урагани, бурі, снігові замети, налипання снігу, зледеніння, сильні дощі (зливи), великий град, хуртовина, сильний мороз, сильна спека, сильний туман, посуха, заморозки, пилові бури, буреломи.

3.Гідрологічні (морські) небезпечні явища включають 4 групи: сильне (високе) хвилювання в морі, високий або низький рівень моря, ранній льодостав або припай, швидке обледеніння суден.

4. Гідрологічні (прісноводні) небезпечні явища включають 8 груп: високі рівні води (паводки, повені), маловоддя, затори, низькі рівні води, ранній льодостав і поява льоду на судноплавних водоймах і річках, підвищення рівня ґрунтових вод (підтоплення), снігові лавини.

5. Пожежі в природних екосистемах включають 3 групи: лісові пожежі, пожежі степових і хлібних масивів, торф'яні пожежі.

6. Інфекційні захворювання людей включають 6 груп: окремі випадки екзотичних та особливо небезпечних інфекцій (чума, віспа, холера, сибірська виразка, туляремія); групові випадки небезпечних інфекційних хвороб (малярія, черевний тиф, кліщовий енцефаліт); епідемічний спалах небезпечних інфекційних хвороб (дизентерія, гепатит), епідемія (грип), пандемія, інфекційні захворювання невиявленої етнології.

7. Отруєння людей включають 5 груп: отруєння людей в результаті вживання продуктів харчування; отруєння людей в результаті вживання води, отруєння людей токсичними речовинами (окремі випадки, групові випадки, масові випадки).

8. Інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин включають 6 груп

9. Масові отруєння диких тварин включають 1 групу.

10. Масова загибель диких тварин.

11. Поразка сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками включають 4 групи.

4.3 Аналіз заходів щодо попередження надзвичайних ситуацій

З метою запобігання виникненню надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру місцеві органи виконавчої влади у відповідності до чинного законодавства повинні здійснювати комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів, зокрема.

Організаційні-економічні заходи. Виявлення небезпеки, оцінка ризику і прогнозування надзвичайних ситуацій на відповідних територіях та потенційно небезпечних об’єктах. Щорічне уточнення прогнозних даних щодо ризику виникнення надзвичайних ситуацій, визначення найбільш гострих проблемних питань щодо запобігання надзвичайним ситуаціям.

Інженерно-технічні заходи. В основу інженерно-технічних заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям і зменшення можливих втрат і збитків від них повинні бути покладені конкретні превентивні заходи, які здійснюються за видами природних і техногенних небезпек та загроз. Запобігання більшості небезпечних природних явищ пов’язане із значними фінансовими і матеріально-технічними затратами. У техногенній сфері робота з попередження аварій повинна вестися на конкретних об’єктах і виробництвах. До них належать удосконалення технологічних процесів, підвищення надійності технологічного обладнання та експлуатаційної надійності систем, своєчасне оновлення виробничих фондів, застосування якісної конструкторської документації, високоякісної сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, використання кваліфікованого персоналу, створення і використання ефективних систем контролю та технічної діагностики, безаварійної зупинки виробництва, локалізація і ліквідація аварійних ситуацій. Місцеві органи виконавчої влади в першу чергу повинні забезпечити створення і підтримання в постійній готовності систем централізованого оповіщення населення. Одним із напрямків зниження масштабів надзвичайних ситуацій є будівництво і

використання захисних споруд різного призначення: гідротехнічні захисні споруди (греблі, шлюзи, дамби, тощо), проведення берегоукріплюючих робіт від зсувів та обвалів.

Заходи, що здійснюються на потенційно небезпечних об'єктах:

- створення об'єктових і локальних систем оповіщення працюючого персоналу і населення, яке мешкає поруч з потенційно небезпечними об'єктами;

- створення локальних систем раннього виявлення витоку небезпечних хімічних речовин;

- запровадження систем автоматичного контролю і сигналізації про ймовірність витоку небезпечних і шкідливих речовин, а також блокуючих пристроїв для аварійного відключення технологічного і енергетичного обладнання;

- підтримання у робочому стані і модернізація технологічного та іншого виробничого обладнання;

- створення запасів нейтралізуючих речовин;

- підсилення конструкцій ємностей і комунікацій з небезпечними хімічними речовинами або обладнання над ними спеціальних ізолюючих кожухів для захисту при пошкодженнях;

- виконання інженерно-технічних заходів і робіт з попередження розповсюдження агресивних речовин (обвалування, обладнання піддонів, створення резервних ємностей для зливу і т.п.);

- удосконалення технологічних процесів з метою забезпечення безаварійної експлуатації;

- обладнання і реконструкція наявних вентиляційних систем, аспірацій них, пило- і газоуловлюючих установок;

- обладнання на об'єктах аварійних систем забезпечення електроенергією, водою, паливом, тощо;

- створення необхідного запасу ремонтних засобів, запірної арматури, обладнання, ПММ;

- максимально можливе зменшення запасів небезпечних хімічних речовин;

- переміщення за межі забудови міст і населених пунктів складів з хімічними, вибухо- та пожежонебезпечними речовинами;

- розроблення планів локалізації і ліквідації аварійних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Проаналізовано класифікацію складських будівель. Визначено особливості проектування систем освітлення складських будівель.

2. Проведено аналіз будівельних характеристик об’єкта проектування. Встановлено, що сумарна площа приміщень складської будівлі становить 2384,36 м^2, з яких 75 % займають складські приміщення.

3. Здійснено вибір системи освітлення. Для усіх приміщень складської будівлі запропоновано використати систему загального рівномірного робочого освітлення. Для окремих приміщень вибрано систему аварійного освітлення. Визначено значення нормованої освітленості для системи робочого освітлення приміщень складської будівлі. Виконано вибір напівпровідникових світлових приладів для систем робочого та аварійного освітлення складської будівлі.

4. За допомогою методу коефіцієнта використання та пакету DIALux виконано моделювання та світлотехнічний розрахунок систем робочого та аварійного освітлення приміщень складської будівлі. На підставі результатів розрахунку встановлено, що сумарна потужність світильників системи робочого загального освітлення приміщень будівлі становить 8,69 кВт, а системи аварійного освітлення – 0,81 кВт.

5. Розраховано значення сумарного світлового потоку світлових приладів з кривими сили світла К, Г та Л необхідного для забезпечення освітленості 75 лк на рівні підлоги складського приміщення прямокутної форма з довжиною та шириною відповідно 46,5 та 30 м та висотою встановлення світлових приладів 6,80 м.

6. Розраховано кількість світлових приладів типу ДСП77В різної потужності, необхідної для забезпечення в даному приміщені освітленості 75 лк. Встановлено, що найбільш енергоощадними будуть системи робочого освітлення потужністю 1 кВт, в яких використовуються світлові прилади ДСП77В з кривою сили світла типу К потужностями 40 та 50 Вт. Для подальшого моделювання вибрано світлові прилади потужністю 50 Вт.

7. На основі результатів, отриманих в пакеті DIALux встановлено, що для забезпечення коефіцієнта рівномірності освітленості на рівні 0,5 та освітленості 75 лк необхідно для основного складу використати 20 напівпровідникових світлових приладів з кривою сили світла типу Л та світловим потоком 7000 лм.

8. Проведено розрахунок електричної освітлювальної мережі робочого та аварійного освітлення на мінімум провідникового матеріалу. В результаті чого встановлено перерізи жил кабелів ділянок мережі, котрі живлять щити освітлення та світлові прилади. Встановлено, що для електричної мережі системи освітлення складської доцільно використати кабель типу ВВГнг із площею поперечного перерізу 1,5 мм^2 для групових ліній та 2,5 мм^2 для ділянок, котрі живлять щити освітлення. В результаті розрахунку встановлено, що максимальна втрата напруги в такій освітлювальній мережі становить 1,08 %.

9. Апроксимовано функцію залежності коефіцієнта нерозчеплення апарату захисту від часу імпульсу за допомогою експоненціальної, логарифмічної, степеневої, лінійної та функцій поліномів другої – четвертої степені. Встановлено, що максимально наближеною до заданої залежності є функція полінома четвертої степені, а відносна максимальна похибка становить 0,53 %. На основі результатів розрахунку по струму навантаження, вибрано апарати захисту. Виходячи також з умови уникнення їх хибного спрацювання, запропоновано використати автоматичні вимикачі із кривою спрацьовування типу D.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.2-43:2021. Будівлі та споруди. Складські будівлі. Загальні положення
2. ВИДИ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ ТА ЇХ ВІДМІННІСТЬ. URL:https://ukrsklad.com.ua/stati/vidi-skladskix-prim%D1%96shhen/(дата звернення: 05.12.2022)
3. Костик Л.М. Курс лекцій з дисципліни «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла». Тернопіль: ТНТУ, 2015. 144 с.
4. Осадца Я.М. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентівспеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопіль: ТНТУ, 2020. 144 с.
5. The IESNA LIGHTING HANDBOOK, Ninth Edition. Copyright © 2000 by the Illuminating Engineering Society of North America.
6. 3 СПОСОБИ ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ/СКЛАДУ/ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ. URL:https://www.light-group.com.ua/about/novyny/3-sposoby-osvitlennia-tsekhuskladu/ (дата звернення: 05.12.2022)
7. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне світлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
8. ДСП77В. URL:https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP77V.pdf/(дата звернення: 09.12.2022)
9. ДСП46У.URL:https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP46U.pdf(дата звернення: 09.12.2022)
10. ДСП11В (МОДЕЛЬ В). URL:http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP11_(B).pdf/(дата звернення: 09.12.2022)
11. ДСП07У. URL: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP07U.pdf/(дата звернення: 09.12.2022)

12. ДСП65В. URL: http://vatra.ua/ukr/industrial-lighting/dsp65v-VATRA/(дата звернення: 09.12.2022)

13. ДПО26В. URL:http://vatra.ua/ukr/office-lighting/dpo26v-VATRA/(дата звернення: 09.12.2022)

14. ДББ26В Селена-LED. URL:http://vatra.ua/ukr/office-lighting/dbb26u-selena-led,lbb26u-selena-kll-VATRA/(дата звернення: 09.12.2022)

15. ДББ64В Селена. URL: http://vatra.ua/ukr/office-lighting/%D0%BF%D0%BE%D1%88%D1%83%D0%BA?keyword=%D0%B4%D0%B1%D0%B164&limitstart=0&option=com_virtuemart&view=category&virtuemart_category_id=0/(дата звернення: 09.12.2022)

16. ДПП06У (аварійний). URL:http://vatra.ua/ukr/office-lighting/dpp06u-emergency-VATRA/(дата звернення: 09.12.2022)

17. ДБО02ВСП (АВАРІЙНИЙ). URL:http://vatra.ua/ukr/office-lighting/dbo02vsp-emergency-VATRA/(дата звернення: 09.12.2022)

18. Київський кабельний завод «ЄВРОПАН». Каталог кабельної продукції. URL:https://europan.ua/wp-content/uploads/2022/02/katalog_2022.pdf/(дата звернення: 12.12.2022)

19. Електричне освітлення та опромінення. Методичні вказівки до практичноїроботи «Розрахунок перерізу проводів освітлювальної мережі за допустимими втратами напруги» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / / Р.В.Кушлик, Р.Р.Кушлик. – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – 14 с.

20. ГІД 34.20.178:2005 Проектування електричних мереж напругою 0,4-110 кВ. Рекомендації.

21. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.

22. Автоматичні вимикачі серії УКРЕМ ВА-2017 URL: https://www.leoni-ukraine.com/uk/misceznakhodzhennja/leoni-vaering-sistems-ua gmbkh-strii/ (дата звернення: 22.12.2022)

23. Mean Well 50W Constant Power Mode LED Driver XLG-50 series URL: https://storage.sea.com.ua/tech_info//meanwell/XLG-50-spec.pdf /(датазвернення: 14.12.2022)

24. Говоров П.П., Пилипчук Р.В. Освітлення промислових обєктів. Навчальний посібник для студентів вищихзакладів освіти / П.П. Говоров, Р.В. Пилипчук, А.І. Токмань, В.В. Щиренко, Р.Ю. Яремчук —Тернопіль: Джура, 2008. -388., арк. іл.

25. Козар Р.О. Апроксимація залежностей коефіцієнта використання світлового потоку // Р.О. Козар; І.О. Присяжнюк; О.М. Рудницька; Т.М. Козак; Я.М. Осадца – Актуальні задачі сучасних технологій: :зб. тез доповідей XI міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 7-8 грудня 2022) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – С. 96.

26. Корчемний М.О. Ідентифікація технологічних об'єктів [Текст] :Навч.-метод. посіб. для студ. вузів, які навч. за спец. "Проф. навч. Комп'ютерні технол. в упр. та навч.", " Інж. та комп'ютерна графіка" / М. О. Корчемний. – Тернопіль : ТНПУ, 2007. – 114 с.

27. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги – К.: Мінрегіон України, 2017.– 47 с.

28. ДБН В.2.5.56-2014. Системи протипожежного захисту К.: Мінрегіон України, 2015.– 132 с.

29. Безпека в надзвичайних ситуаціях : навч. посібник для студентів ЗВО України : у 2 ч. Ч. 1: Надзвичайні ситуації / М. Л. Лисиченко, В. В. Вамболь, С. О. Вамболь, М. М. Кірієнко, І. А. Черепньов, В. М. Власовець ; за ред. М. Л. Лисиченка ; ХНТУСГ. – Харків : ТОВ “ПромАрт”, 2021. – 202 с.

Додаток 1

Таблиця 1

Ділянка	Довжина, м	Потуж-ність, кВт	Момент, кВт×м	Допус-тимий спад, %	Приведений момент, кВт×м	S, мм^2	$S_{прийм}$, мм^2	Реальний спад, %	Сума спадів, %
I	43	1,578	67,854	2,50	175,548	0,98	2,5	0,38	
1	30	0,250	7,500	2,12	11,700	0,46	1,5	0,65	1,50
1.1	2	0,050	0,100	1,47	0,100	0,01	1,5	0,01	
1.2	7	0,200	1,400	1,47	4,100	0,23	1,5	0,23	
1.3	9	0,150	1,350	1,25	2,700	0,18	1,5	0,15	
1.4	9	0,100	0,900	1,10	1,350	0,10	1,5	0,08	
1.5	9	0,050	0,450	1,02	0,450	0,04	1,5	0,03	
2	25	0,250	6,250	2,12	10,450	0,41	1,5	0,58	1,44
2.1	2	0,050	0,100	1,54	0,100	0,01	1,5	0,01	
2.2	7	0,200	1,400	1,54	4,100	0,22	1,5	0,23	
2.3	9	0,150	1,350	1,31	2,700	0,17	1,5	0,15	
2.4	9	0,100	0,900	1,16	1,350	0,10	1,5	0,08	
2.5	9	0,050	0,450	1,09	0,450	0,03	1,5	0,03	
3	20	0,250	5,000	2,12	9,200	0,36	1,5	0,51	1,37
3.1	2	0,050	0,100	1,61	0,100	0,01	1,5	0,01	
3.2	7	0,200	1,400	1,61	4,100	0,21	1,5	0,23	
3.3	9	0,150	1,350	1,38	2,700	0,16	1,5	0,15	
3.4	9	0,100	0,900	1,23	1,350	0,09	1,5	0,08	
3.5	9	0,050	0,450	1,16	0,450	0,03	1,5	0,03	
4	15	0,250	3,750	2,12	7,950	0,31	1,5	0,44	1,30
4.1	2	0,050	0,100	1,68	0,100	0,00	1,5	0,01	
4.2	7	0,200	1,400	1,68	4,100	0,20	1,5	0,23	
4.3	9	0,150	1,350	1,45	2,700	0,15	1,5	0,15	
4.4	9	0,100	0,900	1,30	1,350	0,09	1,5	0,08	
4.5	9	0,050	0,450	1,23	0,450	0,03	1,5	0,03	
5	30	0,280	8,400	2,12	12,160	0,48	1,5	0,68	1,34
5.1	3	0,080	0,240	1,45	0,480	0,03	1,5	0,03	
5.2	6	0,040	0,240	1,42	0,240	0,01	1,5	0,01	
5.3	8	0,200	1,600	1,45	3,280	0,19	1,5	0,18	
5.4	3	0,080	0,240	1,27	0,480	0,03	1,5	0,03	
5.5	6	0,040	0,240	1,24	0,240	0,02	1,5	0,01	
5.6	8	0,120	0,960	1,27	1,200	0,08	1,5	0,07	
5.7	3	0,080	0,240	1,20	0,440	0,03	1,5	0,02	
5.8	5	0,040	0,200	1,17	0,200	0,01	1,5	0,01	
6	6	0,298	1,788	2,12	6,481	0,25	1,5	0,36	1,08
6.1	3	0,060	0,180	1,76	0,270	0,01	1,5	0,02	
6.2	3	0,030	0,090	1,75	0,090	0,00	1,5	0,01	
6.3	12	0,238	2,856	1,76	4,423	0,21	1,5	0,25	
6.4	3	0,080	0,240	1,52	0,480	0,03	1,5	0,03	
6.5	6	0,040	0,240	1,49	0,240	0,01	1,5	0,01	

6.6	2	0,024	0,048	1,52	0,072	0,00	1,5	0,00	
6.7	2	0,012	0,024	1,51	0,024	0,00	1,5	0,00	
6.9	2	0,024	0,048	1,52	0,072	0,00	1,5	0,00	
6.10	2	0,012	0,024	1,51	0,024	0,00	1,5	0,00	
6.11	2	0,110	0,220	1,52	1,015	0,06	1,5	0,06	
6.12	2	0,050	0,100	1,46	0,225	0,01	1,5	0,01	
6.13	5	0,025	0,125	1,45	0,125	0,01	1,5	0,01	
6.14	8	0,060	0,480	1,46	0,570	0,03	1,5	0,03	
6.15	3	0,030	0,090	1,43	0,090	0,01	1,5	0,01	

Таблиця 2

Ділянка	Довжина, м	Потуж-ність, кВт	Момент, кВт×м	Допус-тимий спад, %	Приведений момент, кВт×м	S, мм^2	$S_{прийм}$, мм^2	Реальний спад, %	Сума спадів, %
II	8	1,696	13,568	2,50	85,970	0,478	2,5	0,08	
1	8	0,420	3,360	2,42	5,460	0,188	1,5	0,17	0,39
1.1	2	0,050	0,100	2,26	0,125	0,005	1,5	0,00	
1.2	1	0,025	0,025	2,26	0,025	0,001	1,5	0,00	
1.3	2	0,050	0,100	2,26	0,125	0,005	1,5	0,00	
1.4	1	0,025	0,025	2,26	0,025	0,001	1,5	0,00	
1.5	5	0,320	1,600	2,26	1,850	0,068	1,5	0,06	
1.6	2	0,050	0,100	2,20	0,125	0,005	1,5	0,00	
1.7	1	0,025	0,025	2,20	0,025	0,001	1,5	0,00	
1.8	2	0,050	0,100	2,20	0,125	0,005	1,5	0,00	
1.9	1	0,025	0,025	2,20	0,025	0,001	1,5	0,00	
1.10	5	0,220	1,100	2,20	2,140	0,081	1,5	0,06	
1.11	2	0,050	0,100	2,12	0,125	0,005	1,5	0,00	
1.12	1	0,025	0,025	2,12	0,025	0,001	1,5	0,00	
1.13	2	0,050	0,100	2,12	0,125	0,005	1,5	0,00	
1.14	1	0,025	0,025	2,12	0,025	0,001	1,5	0,00	
1.15	2	0,020	0,040	2,12	0,040	0,002	1,5	0,00	
1.16	6	0,100	0,600	2,12	0,750	0,029	1,5	0,02	
1.17	2	0,025	0,050	2,10	0,050	0,002	1,5	0,00	
1.18	2	0,050	0,100	2,10	0,150	0,006	1,5	0,00	
1.19	2	0,025	0,050	2,09	0,050	0,002	1,5	0,00	
2	8	0,240	1,920	2,42	4,165	0,143	1,5	0,13	0,13
2.1	6	0,040	0,240	2,30	0,300	0,011	1,5	0,01	
2.2	3	0,020	0,060	2,30	0,060	0,002	1,5	0,00	
2.3	4	0,040	0,160	2,30	0,220	0,008	1,5	0,01	
2.4	3	0,020	0,060	2,29	0,060	0,002	1,5	0,00	
2.5	2	0,040	0,080	2,30	0,140	0,005	1,5	0,00	
2.6	3	0,020	0,060	2,29	0,060	0,002	1,5	0,00	
2.7	3	0,120	0,360	2,30	1,080	0,039	1,5	0,03	
2.8	2	0,060	0,120	2,27	0,300	0,011	1,5	0,01	
2.9	3	0,040	0,120	2,26	0,180	0,007	1,5	0,01	

2.10	3	0,020	0,060	2,25	0,060	0,002	1,5	0,00	
2.11	4	0,060	0,240	2,27	0,420	0,015	1,5	0,01	
2.12	3	0,040	0,120	2,25	0,180	0,007	1,5	0,01	
2.13	3	0,020	0,060	2,25	0,060	0,002	1,5	0,00	
3	14	0,180	2,520	2,42	4,980	0,171	1,5	0,15	0,36
3.1	2	0,012	0,024	2,27	0,024	0,001	1,5	0,00	
3.2	4	0,168	0,672	2,27	2,436	0,089	1,5	0,07	
3.3	2	0,012	0,024	2,20	0,024	0,001	1,5	0,00	
3.4	4	0,156	0,624	2,20	1,740	0,066	1,5	0,05	
3.5	2	0,060	0,120	2,15	0,444	0,017	1,5	0,01	
3.6	3	0,012	0,036	2,13	0,036	0,001	1,5	0,00	
3.7	2	0,024	0,048	2,13	0,096	0,004	1,5	0,00	
3.8	4	0,012	0,048	2,13	0,048	0,002	1,5	0,00	
3.9	6	0,024	0,144	2,13	0,192	0,008	1,5	0,01	
3.10	4	0,012	0,048	2,13	0,048	0,002	1,5	0,00	
3.11	3	0,024	0,072	2,15	0,108	0,004	1,5	0,00	
3.12	3	0,012	0,036	2,14	0,036	0,001	1,5	0,00	
3.13	6	0,024	0,144	2,15	0,180	0,007	1,5	0,01	
3.14	3	0,012	0,036	2,14	0,036	0,001	1,5	0,00	
3.15	4	0,024	0,096	2,15	0,192	0,007	1,5	0,01	
3.16	8	0,012	0,096	2,14	0,096	0,004	1,5	0,00	
3.17	4	0,024	0,096	2,15	0,192	0,007	1,5	0,01	
3.18	8	0,012	0,096	2,14	0,096	0,004	1,5	0,00	
4	8	0,170	1,360	2,42	4,570	0,157	1,5	0,14	0,49
4.1	6	0,145	0,870	2,29	3,210	0,117	1,5	0,10	
4.2	7	0,120	0,840	2,19	2,340	0,089	1,5	0,07	
4.3	5	0,100	0,500	2,12	1,500	0,059	1,5	0,05	
4.4	5	0,080	0,400	2,07	1,000	0,040	1,5	0,03	
4.5	5	0,060	0,300	2,04	0,600	0,024	1,5	0,02	
4.6	5	0,040	0,200	2,02	0,300	0,012	1,5	0,01	
4.7	5	0,020	0,100	2,01	0,100	0,004	1,5	0,00	
5	18	0,176	3,168	2,42	4,712	0,162	1,5	0,14	0,26
5.1	1	0,084	0,084	2,28	0,508	0,019	1,5	0,02	
5.2	1	0,040	0,040	2,27	0,080	0,003	1,5	0,00	
5.3	2	0,020	0,040	2,26	0,040	0,001	1,5	0,00	
5.4	4	0,044	0,176	2,27	0,344	0,013	1,5	0,01	
5.5	3	0,020	0,060	2,26	0,060	0,002	1,5	0,00	
5.6	3	0,024	0,072	2,26	0,108	0,004	1,5	0,00	
5.7	3	0,012	0,036	2,25	0,036	0,001	1,5	0,00	
5.8	9	0,080	0,720	2,28	0,964	0,035	1,5	0,03	
5.9	2	0,016	0,032	2,25	0,032	0,001	1,5	0,00	
5.10	3	0,064	0,192	2,25	0,212	0,008	1,5	0,01	
5.11	1	0,020	0,020	2,25	0,020	0,001	1,5	0,00	
5.12	1	0,044	0,044	2,25	0,204	0,008	1,5	0,01	
5.13	2	0,032	0,064	2,24	0,112	0,004	1,5	0,00	
5.14	3	0,016	0,048	2,24	0,048	0,002	1,5	0,00	

5.15	4	0,012	0,048	2,24	0,048	0,002	1,5	0,00	
5.16	6	0,012	0,072	2,28	0,072	0,003	1,5	0,00	
6	21	0,300	6,300	2,42	8,775	0,302	1,5	0,27	0,41
6.1	6	0,050	0,300	2,16	0,375	0,014	1,5	0,01	
6.2	3	0,025	0,075	2,15	0,075	0,003	1,5	0,00	
6.3	4	0,050	0,200	2,16	0,275	0,011	1,5	0,01	
6.4	3	0,025	0,075	2,15	0,075	0,003	1,5	0,00	
6.5	2	0,050	0,100	2,16	0,175	0,007	1,5	0,01	
6.6	3	0,025	0,075	2,15	0,075	0,003	1,5	0,00	
6.7	7	0,150	1,050	2,16	1,650	0,064	1,5	0,05	
6.8	1	0,120	0,120	2,11	0,360	0,014	1,5	0,01	
6.9	2	0,080	0,160	2,10	0,240	0,010	1,5	0,01	
6.10	2	0,040	0,080	2,09	0,080	0,003	1,5	0,00	
6.11	8	0,030	0,240	2,11	0,240	0,009	1,5	0,01	
7	7	0,105	0,735	2,42	1,085	0,037	1,5	0,03	0,11
7.1	1	0,035	0,035	2,39	0,035	0,001	1,5	0,00	
7.2	5	0,035	0,175	2,39	0,175	0,006	1,5	0,01	
7.3	4	0,035	0,140	2,39	0,140	0,005	1,5	0,00	
8	30	0,105	3,150	2,42	3,500	0,120	1,5	0,11	0,19
8.1	1	0,035	0,035	2,32	0,035	0,001	1,5	0,00	
8.2	5	0,035	0,175	2,32	0,175	0,006	1,5	0,01	
8.3	4	0,035	0,140	2,32	0,140	0,005	1,5	0,00	