

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка системи освітлення виробничих, адміністративно-побутових та допоміжних приміщень фабрики з виробництва кабельно-провідникової продукції

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕТм-61
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Козар Р.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Костик Л.М.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мовчан Л.Т.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Тарасенко М.Г.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Капаціла Ю.Б.
(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М.Г.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Козару Руслану Оресторичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи освітлення виробничих, адміністративно-побутових та допоміжних приміщень фабрики з виробництва кабельно-провідникової продукції

Керівник роботи Костик Любов Миколаївна, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

-Затверджені наказом ректора від «09» листопада 2022 року № 4/7-883

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Поверхові плани приміщень фабрики, технічні характеристики світлових приладів, державні будівельні норми

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

Вступ.

Аналітичний розділ.

Проектно-конструкторський розділ

Розрахунково-дослідницький розділ

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Висновки

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

1. Загальні характеристики роботи та висновки – 1 арк. ф. А1

2. План освітлення приміщень першого поверху – 1 арк. ф. А1

3. План освітлення приміщень другого поверху – 1 арк. ф. А1

4. Світлові прилади для освітлення приміщень фабрики – 1 арк. ф. А1

5. Результати світлотехнічного розрахунку системи освітлення фабрики – 1 арк. ф. А1

6. Результати розрахунку електричної освітлювальної мережі

РЕФЕРАТ

Козар Р.О. Розробка системи освітлення виробничих, адміністративно-побутових та допоміжних приміщень фабрики з виробництва кабельно-провідникової продукції. 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, 2022.

В роботі запропоновано систему загального освітлення приміщень різного призначення фабрики з виробництва автомобільної кабельно-провідникової продукції.

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 – 76 аркушів формату А4, з них 11 аркушів додатків. Обсяг графічної частини – 6 аркушів формату А1.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Аналіз характеристик об'єкта проектування	8
1.1.1 Основні відомості про підприємство	8
1.1.2 Характеристики приміщень фабрики	9
1.1.3 Споживачі електричної енергії фабрики	12
1.2 Аналіз можливих методів та засобів освітлення приміщень фабрики	13
1.3 Висновки до розділу	17
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Вибір нормованих значень систем освітлення	18
2.2 Вибір світлових приладів	19
2.3 Розрахунок коефіцієнта запасу	23
2.4 Проектування електричної освітлювальної мережі фабрики	24
2.5 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по спаду напруги та вибір апаратів захисту	29
2.6 Розрахунок електричної освітлювальної мережі на мінімум провідникового матеріалу	33
2.7 Висновки до розділу	36
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Вибір методу світлотехнічного розрахунку системи освітлення приміщень	38
3.2 Розрахунок системи загального робочого освітлення виробничого цеху за допомогою методу коефіцієнта використання	42
3.3 Моделювання та світлотехнічний розрахунок системи робочого освітлення приміщень фабрики в пакеті DIALux	46
3.4 Аналіз результатів моделювання та розрахунку системи	47

освітлення виробничого цеху	
3.5 Моделювання та розрахунок системи аварійного освітлення	53
3.6 Висновки до розділу	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1 Вплив випромінювання оптичного діапазону на організм людини	57
4.2. Аналіз заходів попередження електротравматизму на виробництві	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	64
Додаток 1. Результати світлотехнічного розрахунку системи робочого освітлень приміщень фабрики	66
Додаток 2. Результати розрахунку електричної освітлювальної мережі	73

ВСТУП

Актуальність теми. Основним призначенням систем освітлення виробничих приміщень є забезпечення таких умов зорової роботи, які б запобігали швидкому втомленню зорового апарату людини, виникненню захворювань, пов'язаних із професійною діяльністю, виникненню нещасних випадків на виробництві та сприяли підвищенню та підтримці необхідних рівнів продуктивності праці, якості продукції, котра виготовляється підприємством.

Вимоги, яким має відповідати виробниче освітлення полягають у наступному:

- створення на робочій поверхні рівнів освітленості, що відповідають характеру зорової роботи з допустимими відхиленнями від нормованих значень;

- забезпечення достатньої рівномірності освітленості на робочій поверхні;

- незмінності освітленості в часі;

- обмеження рівня засліплення як від самих джерел світла та світлових приладів, так і від інших відбиваючих поверхонь, котрі знаходяться в полі зору працюючого;

- відсутність на робочих поверхнях затінь (особливо рухомих);

- створення необхідного рівня контрасту між об'єктом спостереження та фоном;

- відсутність при використанні системи освітлення небезпечних та шкідливих виробничих чинників, до яких відносяться шум, теплові випромінювання, небезпека ураження електричним струмом, вибухо- та пожежонебезпека;

- надійність та простота в експлуатації;

- економічність.

Тому **актуальним** є напрям, пов'язаний із проектуванням енергоефективних систем освітлення, основне призначення котрих полягало б у забезпеченні необхідних вимог щодо освітлення виробничих, адміністративних та допоміжних приміщень.

Мета роботи: розробити проект системи загального освітлення приміщень виробничого, адміністративно-побутового та іншого призначення для будівлі фабрики із виробництва кабельно-провідникової продукції, котра знаходиться в м. Коломия Івано-Франківської області

Для досягнення мети було поставлено і вирішено наступні завдання:

- моделювання та світлотехнічний розрахунок систем освітлення приміщень фабрики;
- порівняння результатів світлотехнічного розрахунку, отриманих різними методами та засобами
- проектування та розрахунок електричної освітлювальної мережі систем робочого та аварійного освітлення приміщень;
- вибір, на основі результатів розрахунку електричної освітлювальної мережі, необхідних площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту.

Об'єкт дослідження: процеси проектування систем освітлення приміщень різного призначення.

Предмет дослідження: напівпровідникові світлові прилади та системи освітлення на їх основі.

Наукова новизна: отримано значення коефіцієнта використання світлового потоку для розрахунку систем освітлення із світильниками з кривими сили світла типу Л, К та Г приміщень із індексом 7,73.

Практична цінність: запропоновано систему загального освітлення потужністю 40,281 кВт приміщень будівлі фабрики із загальною площею 12241 м².

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 2022 р., Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя) [16].

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз характеристик об'єкта проектування

1.1.1 Основні відомості про підприємство

В якості об'єкта проектування вибрано фабрику із виробництва кабельно-провідникової продукції для автомобілів ТзОВ «ЛЕОНІ Ваерінг Системс УА ГмбХ». Саму компанію «ЛЕОНІ» засновано в 1917 р. і вона є одним зі світових лідерів-виробників як автомобільних, так і кабельних мереж іншого призначення. Виробництво компанії зосереджене на ринках з інтенсивним розвитком, а саме: вантажних та легкових засобів транспорту, різних галузях промисловості та медицини, мереж комунікації та інфраструктури, побутової техніки та електроприладів [1].

Дослідження та розробки компанії зосереджені на основні тенденції розвитку автомобільної промисловості, такі як електромобілі, автономне керування, діджиталізація та провідність. Компанією проводиться активна політика в галузі електромобілів вже понад 20 років. Крім кабелів із здатністю проводити високі напруги та кабельних мереж виробничими потужностями також виготовляються компоненти та кабелі, спеціально призначені для заряджання електромобілів та гібридних засобів транспорту.

ТзОВ «ЛЕОНІ Ваерінг Системс УА ГмбХ» відноситься до підрозділу «Кабельні Мережі». Комплектацію перших зразків продукції на ТзОВ «ЛЕОНІ Ваерінг Системс УА ГмбХ» розпочато у серпні місяці 2002 року, а відкриття першої фабрики в Україні в м. Стрий відбулося 21 липня 2003 року. Підприємство об'єднане сучасним устаткуванням, комфортними офісними та побутовими приміщеннями, їдальнею, гардеробами. В 2017 р. у м. Коломия Івано-Франківської області відбулося відкриття другого заводу ТзОВ «ЛЕОНІ Ваерінг Системс УА ГмбХ».

Постачання кабельних мереж, виготовлених на заводі ЛЕОНІ в Україні здійснюється на автомобілебудівні заводи, котрі знаходяться в Польщі, Словаччині, Угорщині, Чеській Республіці, Німеччині, Іспанії, Португалії, Італії, Бельгії, Великобританії, США, Австрії, на котрих здійснюється комплектування автомобілів таких світових брендів, як «Porsche» «Opel», «Volkswagen», «AUDI» та «Lamborghini».

1.1.2 Характеристики приміщень фабрики

Приміщення різного призначення фабрики, об'єднані у двоповерхову споруду, яка розташована по вул. Кості Гордієнка (рис. 1.1), умовно можна розділити на три типи:

- виробниче приміщення;
- приміщення адміністративно-побутового комплексу;
- допоміжні приміщення.

Виробничим приміщенням є цех, площею 6182,64 м², що становить 51 % від сумарної площі усіх приміщень (рис. 1.2) та висотою 7,5 м.



Рисунок 1.1 – Розміщення фабрики на карті м. Коломия

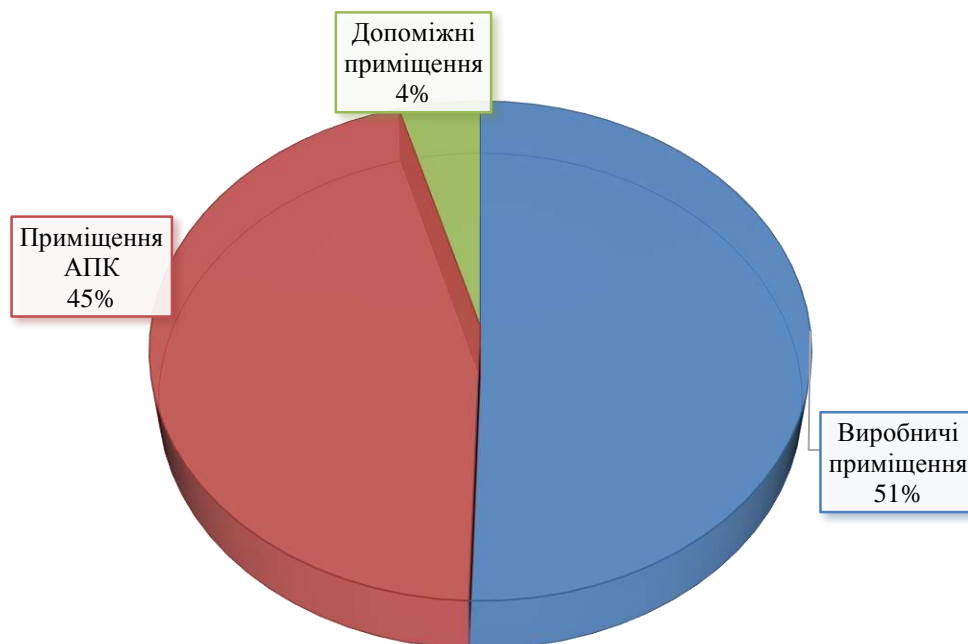


Рисунок 1.2 – Структурна діаграма площ приміщень фабрики

Приміщення адміністративно-побутового комплексу (АПК) розташовані на першому та другому поверхах будівлі та становлять 45 % від сумарної площі. До даних приміщень відносяться: приміщення медичної зони, офісні приміщення, кімнати для готування та прийому їжі, приміщення для обслуговування виробництва (механічний, електричний цехи, цех виготовлення панелей, приміщення контролю), приміщення персоналу, санвузли та ін. Допоміжні приміщення становлять 4 % від сумарної площі і включають: приміщення інспекції, мийки, ремонту, побутові та технічні приміщення. Більшдетальну інформацію щодо площ приміщень наведено в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Інформація щодо площ приміщень фабрики

№	Призначення приміщень	Площа, м ²
Виробничі приміщення		
16	Виробничий цех	6182,64
Приміщення АПК		
Перший поверх		
1	Медична зона	123,38
2	Санвузли	151,45
3	Коридори та сходові клітки	377,67
4	Офісні приміщення	92,17

Продовження табл. 1.1

№	Призначення приміщень	Площа, м ²
5	Технічні приміщення	284,08
6	Майстерня вилочних навантажувачів	18,92
7	Приміщення для завантаження та контролю	457,31
8	Склад технічної підтримки	95,48
9	Механічний цех	283,36
10	Електричний цех	41,61
11	Цех виготовлення панелей	231,75
12	Приміщення кухні	185,76
13	Приміщення обіднього залу	444,17
14	Приміщення кухні складські	48,93
15	Приміщення персоналу	37,39
Всього приміщення АПК першого поверху		2873,43
Другий поверх		
1	Офісні приміщення	1319,37
2	Технічні приміщення	618,55
3	Коридори та сходові клітини	193,70
4	Санвузли	179,23
5	Роздягальні	315,88
6	Приміщення для вживання їжі	23,29
Всього приміщення АПК другого поверху		2650,02
Всього приміщення АПК		5523,45
Допоміжні приміщення		
Автомайстерня		
1	Приміщення інспекції	150,4
2	Приміщення мийки	100,8
3	Приміщення ремонту	111,2
4	Побутові приміщення	21,2
5	Технічні приміщення	35,53
6	Санвузол	3,70
Всього приміщення автомайстерні		422,83
КПП		
1	Хол	65,32
2	Санвузли	6,66
3	Офісні приміщення	35,15
5	Підсобні приміщення	5,66
6	Приміщення охорони	20,88
Всього приміщення КПП		112,79
Всього допоміжні приміщення		535,62
Всього		12241,71

Висота приміщень АПК від підлоги до верхнього перекриття становить 4,0 м. На висоті 3,5 від підлоги передбачено встановлення підвісної стелі типу «Армстронг» в приміщеннях коридорів, сходових кліток, офісних приміщень та стелі із гіпсокартону для решти приміщень. В подальшому проектуванні вважаємо, що внутрішні поверхні стелі, стін та підлоги мають коефіцієнти відбивання 70, 50, 30 %.

1.1.3 Споживачі електричної енергії фабрики

Електричними навантаженнями об'єкта є:

- технологічне навантаження основного виробництва;
- технологічне навантаження ядопоміжного виробництва;
- робочі місця в АПК;
- електричне освітлення;
- вентиляційне обладнання;

Споживачами електричної енергії у виробничому цеху є установки та агрегати технологічного. Електропостачання цих споживачів здійснюється шиною проводами 250 А типу "Canalis" з кроком:

- 18 м – в зоні становлення машин для попередньої нарізки дротів;
- 12 м – в зоні ресів, машин для термоусадки дротів і ультразвукового зварювання;
- 12 м – в зоні організації монтажного виробництва;

Живлення шинопроводів виконується від розподільчої шафи з автоматичними вимикачами, котра встановлена в електрощитовій. Мережі живлення шинопроводів виконуються кабелями марки ВВГнг відповідних перерізів.

Мережа живлення є прокладеною в лотках з кроком 6 м на висоті не менше 6 м. Лотки передбачаються перфоровані і оцинковані посилені зворотною перфорацією на шпильках М10 із застосуванням монтажного профілю типу НІЛТІМQ21. У лотках передбачається розділення перегородкою

для спільного прокладення з інтернет кабелями. Відношення силових до інтернет-кабелів становить 2:1.

Споживачами електроенергії в приміщеннях допоміжних майстерень є установки технологічного обладнання, для електропостачання котрих в кожній майстерні встановлено трисекційні розподільчі шафи підлогового виконання. Мережі живлення споживачів виконуються кабелями типу ВВГнг відповідних площ поперечного перерізу. Живильні мережі прокладено у перфорованих оцинкованих посиленних зворотною перфорацією на шпильках М10 із застосуванням монтажного профілю типу HILTI MQ21 лотках по периметру кожної майстерні.

Споживачами електричної енергії в приміщеннях АПК є установки технологічного обладнання, розташованого в зоні кухні. Електропостачання цих споживачів здійснюється від трисекційної шафи підлогового виконання. Також споживачами в АПК являються робочі місця в офісах, головна серверна. Енергозабезпечення цих споживачів здійснюється від окремої трисекційної шафи, від секцій якої живляться розподільчі шафи фісних приміщень та приміщення серверної. Кожне робоче місце в офісі обладнане 2-ма розетками. Розподільча мережа виконана за системою «openoffice» тобтовиконується з підлогових люків в яких передбачається встановлення розеток. Розподільні мережі виконуються кабелями марки ВВГнг відповідних розрізів.

Для прокладання живлячих мереж передбачається прокладання лотків за підшивною стелею, в пластикових і гофрованих трубах за гіпсокартонними перегородками, в конструкції стін, підлог.

1.2 Аналіз можливих методів та засобів освітлення приміщень фабрики

У виробничому цеху фабрики здійснюються наступні виробничі операції:

- збирання елементів проводки в цілісну зв'язку на рухомих конвеєрах;
- ультразвукове зварювання провідників;

- виготовлення напівфабрикатів шляхом нарізання провідників необхідної довжини;

- контроль якості продукції на спеціальному обладнанні.

Для даних операцій передбачається система комбінованого освітлення, де до загального рівномірного освітлення додається місцеве. Місцеве освітлення конвеєрів забезпечується додатковими світловими приладами, які монтуються безпосередньо на конвеєр (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Зображення конвеєра зборки кабельних джгутів із системою місцевого освітлення

Щодо освітлення приміщень АПК та допоміжних приміщень, то в них необхідним є використання системи загального рівномірного освітлення із передбаченням встановлення допоміжних розеток для місцевого освітлення.

В подальшому проектуванні особливу увагу необхідно звертати на необхідність забезпечення комфортного зорового середовища, що можна досягти за рахунок оптимального вибору джерел світла та кривої світлових приладів.

При виборі джерела світла необхідно звертати увагу саме на [2]:

- спектральні та колориметричні характеристики;
- світлову віддачу;
- рівень пульсацій світлового потоку;
- коефіцієнт активної потужності;

- екологічність.

Спектральними та колориметричними характеристиками, котрими можуть характеризуватись джерела світла є корельована колірна температура та індекс кольоропередачі. В складальних цехах рекомендується застосовувати розрядні або напівпровідникові джерела світла, діаграму порівняння, яких щодо кольоропередачі та приведено на рис. 1.3. Як видно із даної діаграми, найвища індекс кольоропередачі притаманний лампам розжарювання і становить 100. Для таких джерел світла, як світлодіоди та газорозрядні лампи індекс кольоропередачі становить від 90 і вище, що є допустимим.

При порівнянні джерел світла за світловою віддачею (рис. 1.4) варто зауважити, що найвища світлова віддача належить напівпровідниковим джерелам світла. Крім того аргументами щодо подальшого використання таких джерел світла є:

низький рівень або відсутність пульсацій світлового потоку;

найвищий термін служби (від 30 тис. год);

коефіцієнт активної потужності від 0,95;

відсутність у своєму складі ртутної складової.

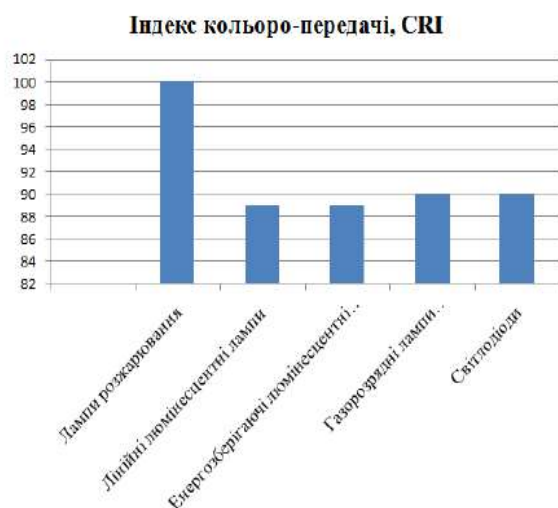


Рисунок 1.3 – Діаграма порівняння різних типів джерел світла за кольоропередачею

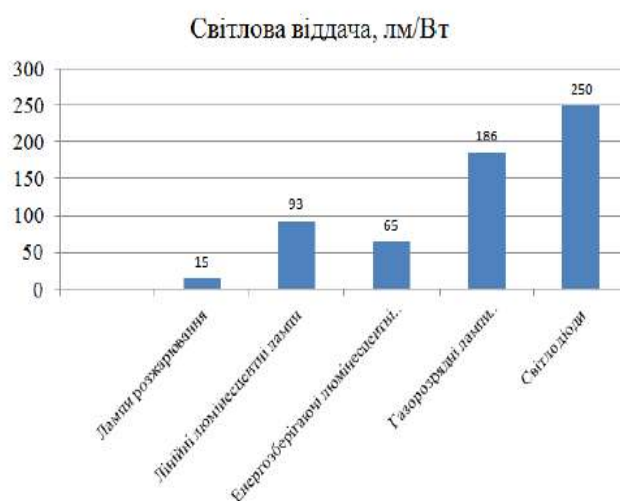
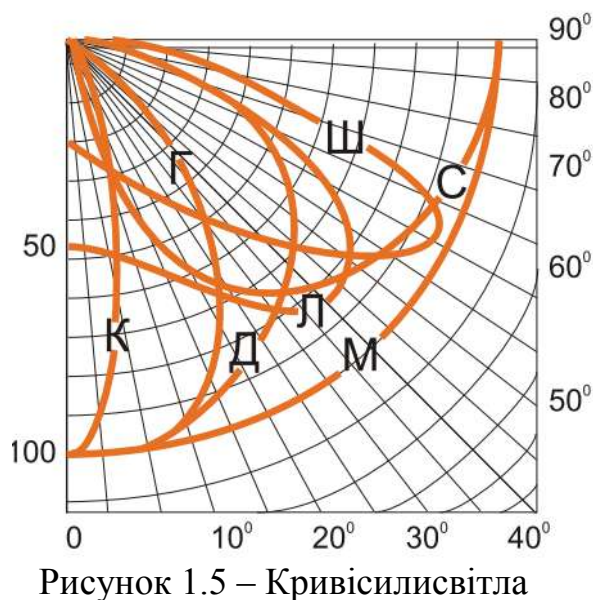


Рисунок 1.4 – Діаграма порівняння різних типів джерел світла за Світловою віддачею

При проектуванні системи освітлення необхідно звертати також увагу на криві сили світла світлових приладів, які приведено на рис. 1.5, а їх характеристики – в табл. 1.2.



Таблиця 1.2 - Типи кривих сили світла

Тип КСС	Позначення	Зона напрямку максимального значення, град.
Концентрована	К	0 ... 15
Глибока	Г	0...30, 180 ... 150
Косинусна	Д	0...5, 180...145
Напівширока	Л	35...55, 145...125
Широка	Ш	55...85, 125...95
Рівномірна	М	0 ... 180
Синусна	С	70...90, 110...90

Для освітлення відносно низьких складальних приміщень (з висотою стелі до 6 м) рекомендується використовувати світлові прилади із косинусною кривою сили світла, а для більш високих – з кривими силами світла типу Г [3]. Для приміщень АПК та допоміжних приміщень із врахуванням їх висоти 3,5 м необхідним є використання світильників із кривою сили світла типу Д.

Відповідно до Державних будівельних норм ДБН.2.5-28:2018 [4] та Правил улаштування електроустановок [5] при проектуванні необхідно передбачати також систему аварійного, котре поділяється на резервне (призначене для продовження роботи при припиненні функціонування робочого освітлення) та евакуаційне (призначене для забезпечення безпечного виходу людей з будівлі). Видами евакуаційного освітлення є:

- антипанічне освітлення – застосовується в приміщеннях з площею понад 60 м², в яких одночасно можуть перебувати 30 і більше людей;
- освітлення шляхів евакуації;
- освітлення зон підвищеної небезпеки.

1.3 Висновки до розділу

1. Шляхом аналізу встановлено, що серед усіх приміщень фабрики найбільшу площу 6182,64 м² має приміщення виробничого цеху, що становить 51 % від сумарної площі усіх приміщень. Частка приміщень АПК становить 45 %.

2. Проаналізовано можливі методи та засобів освітлення приміщень фабрики. Встановлено, що для приміщень фабрики необхідною є розробка системи загального робочого та аварійного освітлення приміщень.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір нормованих значень систем освітлення

Для усіх приміщень застосуємо систему загального робочого освітлення, а для приміщень, площа яких перевищує 60 м² та можливим є одночасне перебування 30 і більше людей застосуємо систему аварійного антипанічного освітлення. Аварійне евакуаційне освітлення застосуємо в коридорних приміщеннях. Значення нормованої освітленості виберемо, користуючись рекомендаціями, наведеними в [3, 4] (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Значення нормованої освітленості приміщень фабрики

	Призначення приміщень	Освітленість, лк	Висота робочої поверхні, м
1	Виробничий цех	500	0,8
2	Медична зона	500	0,8
3	Санвузли	75	0,0
4	Коридори та сходові клітки	75	0,0
5	Офісні приміщення	300	0,8
6	Технічні приміщення	150	0,0
7	Майстерня вилочних навантажувачів	200	0,8
8	Приміщення для завантаження та контролю	200	0,8
9	Склад технічної підтримки	200	0,8
10	Механічний цех	200	0,8
11	Електричний цех	150	0,8
12	Цех виготовлення панелей	200	0,8
13	Приміщення кухні	200	0,8
14	Приміщення обіднього залу	200	0,8
15	Приміщення кухні складські	150	0,8
16	Приміщення персоналу	150	0,0
17	Роздягальні	150	0,0

Нормовані значення світлотехнічних характеристик систем аварійного освітлення виберемо, виходячи із табл. 2.2 [4].

Таблиця 2.2 – Нормовані значення параметрів системи аварійного освітлення

Види евакуаційного освітлення	Освітленість горизонтальної поверхні, не менше	Нерівномірність, освітленості (E_{\max}/E_{\min} , не більше)
Освітлення шляхів евакуації шириною до 2 м:		
- по осі проходу	1,0	40:1
- по проходу	0,5	40:1
Антипанічне освітлення	0,5	40:1
Освітлення зон підвищеної небезпеки (не менше 10% норми освітленості робочого освітлення)	15	10:1
Освітлення сходових маршів	5	40:1
Поблизу пункту першої медичної допомоги, місць з протипожежним обладнанням, місць розташування плану евакуації	5	40:1

Для подальшого проектування вибираємо такі види аварійного освітлення:

- евакуаційне – для освітлення шляхів евакуації, котрі можуть проходити через приміщення 101, 109, 131, 155, 207, 220, 223, 245, 207 та сходові клітини;
- антипанічне – для освітлення приміщень площею, котра перевищує 60 м², де може одночасно перебувати 30 і більше людей.

2.2 Вибір світлових приладів

Для загального освітлення виробничого цеху зупинимо свій вибір на світильнику типу ДСП37В (рис. 3.1), характеристики котрого приведено в табл. 2.3[6].

Щодо модифікації, то виберемо модифікацію світильника 3(1,2,3)2, котра передбачає кріплення світильника до опорної поверхні на ліру, наявність однієї з кривих сили світла: напівширокої (1), глибокої (2) бо концентрованої (3) та транзитного способу під'єднання, котрого можна досягнути наявністю у світильнику двох вводів, що дозволяє не використовувати монтажні

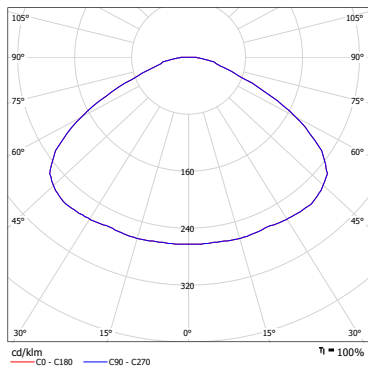
розгалужувальні коробки при підключенні світильників у лінію. Криві сили світла світильника ДСП37В показано на рис. 2.2



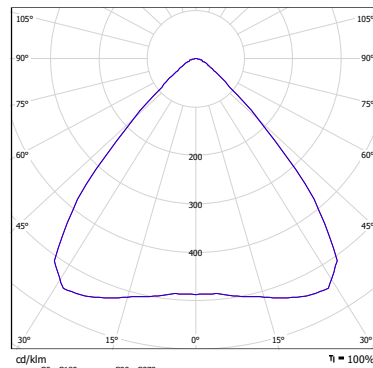
Рисунок 2.1 – Зображення світильника ДСП37В

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики світильника ДСП17В

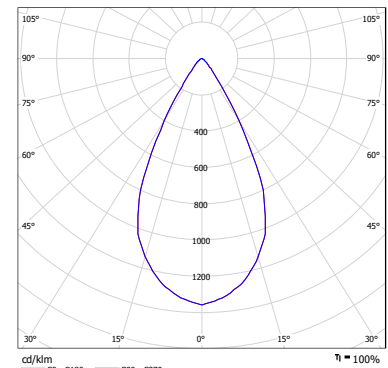
Потужність, Вт	80 – 230
Світловий потік, лм	11200 – 34500
Тип КСС	Л, Г, К
Світлова віддача, лм/Вт	140
Корельована температура, К	колірна 4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP 65
Діапазон робочих температур	-40 ... +40 °С



а)



б)



в)

Рисунок 2.2 – Криві сили світла світильника ДСП37В:

а – напівширока; б – глибока; в – концентрована.

Для освітлення приміщень медичної зони, роздягалень, офісних приміщень застосуємо світильник типу ДВО27У Юпітер LED-2 (рис. 2.3), технічні характеристики котрого представлено в табл. 2.4 [7]. Криву сили світла світильника показано на рис. 2.4



Рис. 2.3 – Зображення світильників ДВО27У Юпітер LED-2

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики світильника ДВО27У Юпітер LED-2

Потужність, Вт	16, 33
Світловий потік, лм	2080, 4290
Світлова віддача, лм/Вт	130
Тип КСС (кут розсіювання)	Д
Корельована колірна температура, К	3000, 4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP20
Клас електрозахисту	I

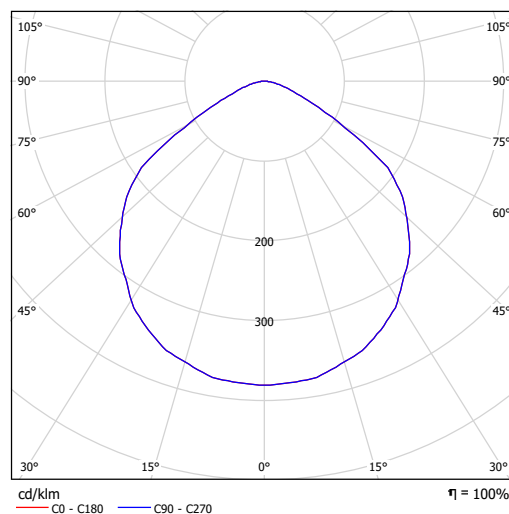


Рис. 2.4 – Крива сили світла світильника ДВО27У Юпітер LED-2

Для освітлення коридорних приміщень використовуємо світильники потужністю 16 Вт, а решти приміщень – потужністю 33 Вт. Модифікацію світильника виберемо 001, що відповідає корельованій колірній температурі 4000 К.

Для освітлення решти цехів, майстерень, технічних приміщень, а також сходових кліток використовуємо світильник типу ДСП07У (рис. 2.5), технічні характеристики якого приведено в табл. 2.5[8]. Криву сили світла світильника зображено на рис. 2.6

Таблиця 2.5 – Характеристики світильника ДСП07У



Рисунок 2.5 – Зображення світильника ДСП07У

Потужність, Вт	30 ... 80
Світловий потік, лм	3600 ... 9600
Світлова віддача, лм/Вт	120
Тип КСС (кут розсіювання)	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP66
Клас електрозахисту	I, II

Застосуємо наступні модифікації світильника ДСП07У:

для освітлення сходових кліток – модифікацію 114, котра передбачає наявність у світильнику блоку аварійного живлення із акумуляторною батареєю, що дає змогу використовувати такі світлові прилади для аварійного освітлення у випадку припинення основного живлення;

для освітлення решти приміщень – модифікацію 023, котра передбачає наявність у світильнику двох кабельних вводів.

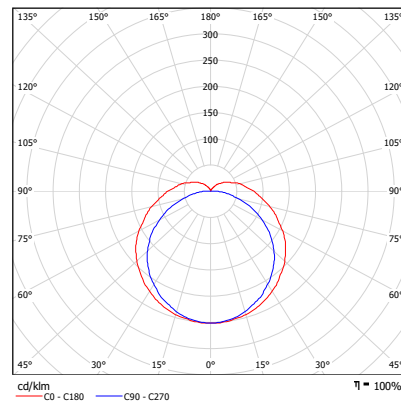


Рисунок 2.6 – Крива сили світла світильника ДСП07У

Для освітлення приміщень гігієни, санвузлів, допоміжних приміщень пропонується використати світильник типу ДББ64В Селена-322 (рис. 2.7). Технічні характеристики даного світильника наведено в табл. 2.7[9], а його крива сили світла – на рис. 2.7



Рисунок 2.5 – Зображення світильника ДББ64В Селена-322-СД

Таблиця 2.6 – Характеристики світильника ДСП07У

Потужність, Вт	8, 10, 12
Світловий потік, лм	960, 1200, 14400
Світлова віддача, лм/Вт	120
Тип КСС (кут розсіювання)	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP54
Клас електрозахисту	I

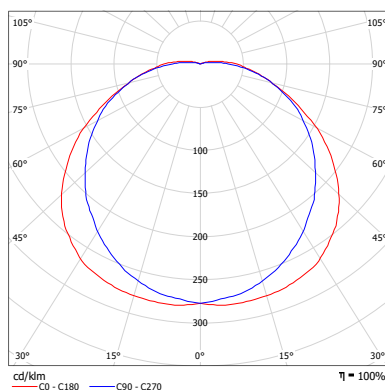


Рисунок 2.6 – Крива сили світла світильника ДББ64В Селена-322-СД

2.3 Розрахунок коефіцієнта запасу

При виконанні світлотехнічних розрахунків за допомогою, як спеціальних методик, так і спеціалізованих програмних пакетів необхідно звернути увагу те, що освітленість робочої поверхні наприкінці терміну експлуатації світильників може бути нижчою, ніж на початку експлуатації. Це можна пояснити зниженням світлового потоку джерел світла внаслідок їх старіння, а також зменшенням світлового коефіцієнта корисної дії внаслідок забруднення оптичних елементів світлових приладів та запиленістю простору приміщень [10 – 11].

Для забезпечення нормованої освітленості робочої поверхні наприкінці терміну експлуатації світильників чи перед черговим їх чищенням у світлотехнічні розрахунки на основі точкового методу або методу коефіцієнта використання вводять коефіцієнт запасу, котрий дорівнює відношенню значень світлового потоку, котрий надходить на робочу поверхню на початку та наприкінці експлуатації. В пакеті DIALux це враховується коефіцієнтом зменшення, котрий є оберненим до коефіцієнта запасу.

В [4] приведено методику розрахунку коефіцієнта експлуатації MF (Maintenance Factor), котрий є оберненим дозначення коефіцієнта запасу та дорівнює коефіцієнту зменшення. Згідно з даною методикою коефіцієнт експлуатації розраховується за формулою:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (2.1)$$

де $LLMF$ – коефіцієнт, котрий враховує падіння світлового потоку джерел світла в світловому приладі;

LSF – коефіцієнт, котрий враховує відношення кількості працюючих в даних умовах світлових приладів до їх загальної кількості;

LMF – коефіцієнт експлуатації світлового приладу даного типу;

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

За таблицею В4, що на стор. 61 [4] вибираємо $LLMF = 0,85$, $LSF = 1$ для 50000 годин роботи світлових приладів. По табл. В1, що на стор. 58 присвоюємо для виробничих та допоміжних приміщень клас чистоти С, а для решти приміщень – VC. Приймаємо, що періодичність чистки становить 1 раз на один рік. Із табл. В5, що на стор. 62 визначаємо коефіцієнт експлуатації світильників $LMF = 0,94.3$ табл. В6 визначаємо значення коефіцієнта експлуатації поверхонь $RSMF = 0,95$.

Підставивши значення для $LLMF$, LSF , LMF , $RSMF$ у вираз (2.1), отримаємо:

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,95 = 0,759.$$

Звідси коефіцієнт запасу

$$k = \frac{1}{0,759} = 1,32.$$

2.4 Проектування електричної освітлювальної мережі фабрики

Живлення електричної освітлювальної мережі передбачимо від ввідного розподільчого пристрою (ВРП) через два щити (рис. 2.7): робочого ЩО та аварійного ЩАО освітлення, через які живляться відповідні групові щити.

Для системи освітлення пропонується вибрати схему живлення від двох трансформаторних підстанцій, при якій робоче освітлення живиться від однієї трансформаторної підстанції (ТП1), а аварійне – від другої (ТП2).

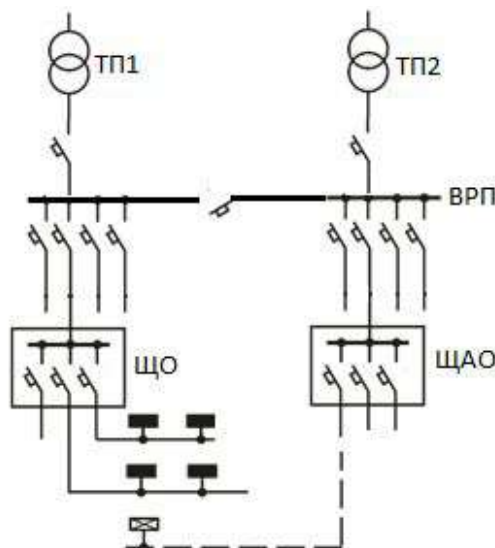


Рисунок 2.7 – Схема живлення освітлювальної установки від двох трансформаторних підстанцій

Щити освітлення виробничого цеху (робочого та аварійного) розмістимо безпосередньо в даному приміщенні, зокрема щити робочого освітлення – по периметру приміщення, а щити аварійного освітлення – посередині цеху. Групові щити робочого та аварійного освітлення інших приміщень розмістимо в зонах найзручнішого до них доступу. Розташування щитів показано на планах графічної частини роботи. Інформацію щодо щитів освітлення, зокрема про потужність та групові лінії, а також споживачів представлено в табл. 2.7.

Для живлення світлових приладів місцевого освітлення в офісних та приміщеннях медичної зони передбачимо встановлення електричних розеток з розрахунком 1 розетка потужністю 0,08 Вт на 1 м². Живлення цих розеток виконаємо окремими груповими лініями.

Підключення світлових приладів до освітлювальної електромережі виконаємо за допомогою трижильних, а щитів освітлення – за допомогою п'ятижильних мідних кабелів марки ВВГнг [10].

Таблиця 2.7 – Характеристики щитів робочого та аварійного освітлення

Позначення щита	Група	Призначення	Встановлена потужність, кВт
ЩО 1		Робоче освітлення виробничого цеху	3,840
	1.1	Світильники робочого освітлення	1,280
	1.2	Світильники робочого освітлення	1,280
	1.3	Світильники робочого освітлення	1,280
ЩО 2		Робоче освітлення виробничого цеху	7,840
	2.1	Світильники робочого освітлення	0,480
	2.2	Світильники робочого освітлення	0,800
	2.3	Світильники робочого освітлення	0,640
	2.4	Світильники робочого освітлення	0,480
	2.5	Світильники робочого освітлення	0,800
	2.6	Світильники робочого освітлення	0,640
	2.7	Світильники робочого освітлення	0,640
	2.8	Світильники робочого освітлення	0,960
	2.9	Світильники робочого освітлення	0,480
	2.10	Світильники робочого освітлення	0,480
	2.11	Світильники робочого освітлення	0,960
	2.12	Світильники робочого освітлення	0,480
ЩО 3		Робоче освітлення виробничого цеху	8,640
	3.1	Світильники робочого освітлення	0,480
	3.2	Світильники робочого освітлення	0,960
	3.3	Світильники робочого освітлення	0,480
	3.4	Світильники робочого освітлення	0,480
	3.5	Світильники робочого освітлення	0,960
	3.6	Світильники робочого освітлення	0,480
	3.7	Світильники робочого освітлення	0,480
	3.8	Світильники робочого освітлення	0,960
	3.9	Світильники робочого освітлення	0,480
	3.10	Світильники робочого освітлення	0,800
	3.11	Світильники робочого освітлення	1,280
	3.12	Світильники робочого освітлення	0,800
ЩО 4		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	3,662
	4.1	Світильники робочого освітлення приміщень 111, 112, 113	0,429
	4.2	Світильники робочого освітлення приміщень 101, 109, 102, 108	0,112
	4.3	Світильники робочого освітлення приміщень 104, 105, 106, 107	0,561
	4.4	Світильники робочого освітлення приміщень 116, 117, 118, 119	0,360
	4.5	Світильники робочого освітлення приміщень 120, 121, 122, 123, 115, 143	0,200
	4.6	Світильники робочого освітлення приміщень 114, 216	0,240
	4.7	Розетки в приміщеннях 111, 112	0,640
	4.8	Розетки в приміщеннях 103, 104, 107	0,640
	4.9	Розетки в приміщеннях 105, 106	0,480

Продовження таблиці 2.7

Позначення щита	Група	Призначення	Встановлена потужність, кВт
ЩО 5		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	1,817
	5.1	Світильники робочого освітлення приміщень 127, 128, 129, 135	0,264
	5.2	Світильники робочого освітлення приміщень 130, 132, 133, 134	0,280
	5.3	Світильники робочого освітлення приміщень 138, 136, 141, 131	0,160
	5.4	Світильники робочого освітлення приміщень 126, 139, 140	0,420
	5.5	Світильники робочого освітлення приміщень 124	0,363
	5.6	Світильники робочого освітлення приміщень 124, 125	0,330
ЩО 6		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	1,448
	6.1	Світильники робочого освітлення приміщень 171, 172, 173, 174	0,128
	6.2	Світильники робочого освітлення приміщень 144, 145	0,520
	6.3	Світильники робочого освітлення приміщень 145	0,560
	6.4	Світильники робочого освітлення приміщень 142, 240	0,240
ЩО 7		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	1,292
	7.1	Світильники робочого освітлення приміщень 148, 149	0,420
	7.2	Світильники робочого освітлення приміщень 175, 176, 177, 178	0,128
	7.3	Світильники робочого освітлення приміщень 151, 152, 153, 154, 155	0,294
	7.4	Світильники робочого освітлення приміщень 150	0,210
	7.5	Світильники робочого освітлення приміщень 146, 246	0,240
ЩО 8		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	0,700
	8.1	Світильники робочого освітлення приміщень 156, 157, 158	0,400
	8.2	Світильники робочого освітлення приміщень 159	0,300
ЩО 9		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	1,128
	9.1	Світильники робочого освітлення приміщень 161, 162	0,360
	9.2	Світильники робочого освітлення приміщень 169	0,120
	9.3	Світильники робочого освітлення приміщень 167, 168, 170	0,144
	9.4	Світильники робочого освітлення приміщень 165	0,120
	9.5	Світильники робочого освітлення приміщень 163, 164, 166	0,144
	9.6	Світильники робочого освітлення приміщень 260	0,120
	9.7	Світильники робочого освітлення приміщень 261	0,120
ЩО 10		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	5,156
	10.1	Розетки в приміщеннях 204, 205, 206	0,640
	10.2	Розетки в приміщеннях 201	0,560
	10.3	Розетки в приміщеннях 201	0,560
	10.4	Розетки в приміщеннях 201	0,640
	10.5	Розетки в приміщеннях 201	0,560
	10.6	Розетки в приміщеннях 201	0,560
	10.7	Розетки в приміщеннях 211	0,280
	10.8	Світильники робочого освітлення приміщень 201, 204, 205, 206	0,462

Продовження таблиці 2.7

Позначення щита	Група	Призначення	Встановлена потужність, кВт
	10.9	Світильники робочого освітлення приміщень 266, 213, 215, 267, 214	0,164
	10.10	Світильники робочого освітлення приміщень 201	0,330
	10.11	Світильники робочого освітлення приміщень 207, 208, 209, 210, 211	0,400
ЩО 11		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	11,144
	11.1	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.2	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.3	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.4	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.5	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.6	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.7	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.8	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.9	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.10	Розетки в приміщеннях 217	0,640
	11.11	Розетки в приміщеннях 225	0,320
	11.12	Розетки в приміщеннях 227, 228	0,640
	11.13	Розетки в приміщеннях 229,230	0,640
	11.14	Розетки в приміщеннях 212	0,480
	11.15	Світильники робочого освітлення приміщень 236, 262, 268, 238, 269, 237	0,224
	11.16	Світильники робочого освітлення приміщень 239, 223, 234, 235	0,308
	11.17	Світильники робочого освітлення приміщень 212, 230	0,363
	11.18	Світильники робочого освітлення приміщень 227, 228, 229	0,297
	11.19	Світильники робочого освітлення приміщень 226, 218, 219	0,240
	11.20	Світильники робочого освітлення приміщень 222, 224, 221, 220, 225	0,275
	11.21	Світильники робочого освітлення приміщень 217	0,561
	11.22	Світильники робочого освітлення приміщень 217	0,396
ЩО 12		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	0,764
	12.1	Світильники робочого освітлення приміщень 270, 242	0,124
	12.2	Світильники робочого освітлення приміщень 241	0,264
	12.3	Світильники робочого освітлення приміщень 245, 264, 265, 272	0,188
	12.4	Світильники робочого освітлення приміщень 243, 244	0,188
ЩО 13		Робоче освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	8,494
	13.1	Розетки в приміщеннях 250	0,640
	13.2	Розетки в приміщеннях 250	0,640
	13.3	Розетки в приміщеннях 250	0,640
	13.4	Розетки в приміщеннях 250	0,640
	13.5	Розетки в приміщеннях 250	0,640

Продовження таблиці 2.7

Позначення щита	Група	Призначення	Встановлена потужність, кВт
	13.6	Розетки в приміщеннях 250	0,640
	13.7	Розетки в приміщеннях 250	0,640
	13.8	Розетки в приміщеннях 250	0,640
	13.9	Розетки в приміщеннях 250	0,480
	13.10	Розетки в приміщеннях 250, 252	0,320
	13.11	Світильники робочого освітлення приміщень 247, 250, 248, 249, 252, 251	0,495
	13.12	Світильники робочого освітлення приміщень 250	0,462
	13.13	Світильники робочого освітлення приміщень 250	0,297
	13.14	Світильники робочого освітлення приміщень 254, 255, 256	0,360
	13.15	Світильники робочого освітлення приміщень 253, 258	0,480
	13.16	Світильники робочого освітлення приміщень 257, 259	0,480
ЩОА1		Робоче та аварійне освітлення виробничого цеху	1,920
	1a.1	Світильники робочого та аварійного освітлення виробничого цеху	0,640
	1a.2	Світильники робочого та аварійного освітлення виробничого цеху	0,640
	1a.3	Світильники робочого та аварійного освітлення виробничого цеху	0,640
ЩОА2		Робоче та аварійне освітлення виробничого цеху	1,920
	2a.1	Світильники робочого та аварійного освітлення виробничого цеху	0,640
	2a.2	Світильники робочого та аварійного освітлення виробничого цеху	0,640
	2a.3	Світильники робочого та аварійного освітлення виробничого цеху	0,640
ЩОА4		Робоче та аварійне освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	1,618
	4a.1	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 109	0,048
	4a.2	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 124	0,363
	4a.3	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 126, 131	0,062
	4a.4	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 145	0,363
	4a.5	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 149	0,300
	4a.6	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 150, 155	0,182
	4a.7	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 159	0,300
ЩОА5		Робоче та аварійне освітлення приміщень АПК, виробничих та допоміжних приміщень	0,894
	5a.1	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 201, 207	0,210
	5a.2	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 217, 220	0,181
	5a.3	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 217, 223	0,140
	5a.4	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 250	0,198
	5a.5	Світильники робочого та аварійного освітлення приміщень 241	0,165

2.5 Розрахунок електричної освітлювальної мережі по спаду напруги та вибір апаратів захисту

Формули для розрахунку ділянок освітлювальної електромережі по

струму навантаження мають вигляд:

у випадку однофазної ділянки мережі:

$$I_p = \frac{P_p}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (3.3)$$

у випадку трифазної ділянки:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_\lambda \cdot \cos \varphi}, \quad (3.4)$$

де P_p – розрахункова потужність ділянки, тобто сумарна потужність навантажень, котрі живляться через дану ділянку;

$U_\phi = 230$ В – фазова напруга;

$U_\lambda = 400$ В – лінійна напруга;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт активної потужності.

Розрахунок по струму навантаження покажемо на прикладі групи споживачів із найбільшим електричним навантаженням (гр. 3.11), ділянки, котра живить електричний щит ЩОЗ та ділянки, котра з'єднує ЩО із ВРП.

Для групи гр. 3.11 маємо $P_p = 1,280$ кВт, звідси

$$I_p = \frac{1,280 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 5,86 \text{ А.}$$

Для ділянки, котра живить електричний щит ЩОЗ $P_p = 8,640$ кВт, а отже:

$$I_p = \frac{8,640 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 12,47 \text{ А.}$$

Для ділянки, котра з'єднує ЩО із ВРП $P_p = 47,431$ кВт, а отже:

$$I_p = \frac{47,431 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 72,06 \text{ А.}$$

На підставі результатів розрахунку із [5] вибираємо наступні площі поперечного перерізу жил кабелів:

для групи гр. 3.11 $S = 1,5 \text{ мм}^2$;

для ділянки, котра з'єднує ЩОЗ із ЩО $S = 1,5 \text{ мм}^2$;

для ділянки, котра з'єднує ЩО із ВРП $S = 25 \text{ мм}^2$.

В якості апаратів захисту вибираємо автоматичні вимикачі. Струм апарату захисту визначимо із умови:

Струм вставки електромагнітного розчеплювача захисного автоматичного вимикача виберемо I_n , виходячи із умови [4, 11]:

$$I_p \leq I_n \leq I_o, \quad (3.5)$$

де I_o – допустимий струм кабеля.

Підставивши значення для I_o та I_p в нерівність (3.5), отримаємо:

для апаратів захисту групи гр. 3.11

$$5,86 \text{ A} \leq I_n \leq 19 \text{ A},$$

для апарату захисту щита ЩОЗ:

$$12,47 \text{ A} \leq I_n \leq 16 \text{ A},$$

для апарату захисту ділянки, котра з'єднує ВРП зі ЩО:

$$72,06 \text{ A} \leq I_n \leq 90,0 \text{ A}.$$

Вибираємо найближчі більші значення, використовуючи каталожні дані, наведені в [14]:

- для групи гр. 3.11 $I_n = 6 \text{ A}$;
- для апарату захисту щита ЩОЗ $I_n = 16 \text{ A}$;
- для апарату захисту ділянки, котра з'єднує ВРП зі ЩО $I_n = 80 \text{ A}$.

При виборі автоматичних вимикачів в якості апаратів захисту необхідним

є уникання хибного спрацьовування апарату захисту при одночасному вмиканні великої кількості напівпровідникових світлових приладів внаслідок дії пускових струмів. Допустима кількість світлових приладів однієї групової лінії розраховується за формулою [4, 5]:

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

де K – коефіцієнт кривої спрацьовування, котрий становить 3; 5; 10; 10 і 2 відповідно для характеристик В, С, D, К і Z;

K_k – коефіцієнт нерозчеплювання, числове значення котрого можна визначити залежно від тривалості дії імпульсу пускового струму: 27,0, 16,2, 9,0, 6,5, та 5,2 при тривалості дії імпульсу відповідно $\Delta t = 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5$ мс;

I_n – струм вставки електромагнітного розчіплювача апарату захисту;

I_{peak} – амплітуда імпульсу пускового струму напівпровідникового світлового приладу.

По даних світильників типу ДСП37В потужністю 160 Вт відомо, що електронними блоками живлення цих світлових приладах є електронні джерела живлення типу XLG-200-H-A MEAN WELL [14], амплітуда пускового струму яких становить $I_{\text{peak}} = 65$ А з тривалістю імпульсу $\Delta t = 550$ мкс = 0,55 мс. Для даної тривалості імпульсу коефіцієнт нерозчіплювання становить $K_k = 5,2$.

Розрахуємо макусимальну кількість світлових приладів ДСП37В потужністю 160 Вт, які можна підключати до одного апарату захисту.

Для групи гр. 3.11 для апарату захисту зі струмом вставки $I_n = 6$ А та характеристикою С:

$$N_{\max C} = \frac{5 \cdot 5,2 \cdot 6,0}{65} = 2,$$

а для апарату із кривою D:

$$N_{\max D} = \frac{10 \cdot 5,2 \cdot 6,0}{65} = 4.$$

Аналогічно розраховуємо і для інших номіналів. Результати розрахунку представлено в додатку 2.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку кількості світильників ДСП37В, яку можна підключати до одного автоматичного вимикача із кривими спрацьовування С та D

$I_n, \text{ A}$	6	10	16	20	25	32	40	50
$N_{\max C}, \text{ шт}$	2	4	6	8	10	12	16	20
$N_{\max D}, \text{ шт}$	4	8	12	16	20	25	32	40

Для групи гр. 3.11 та інших груп, котрі живлять світильники ДСП37В вибираємо автоматичні вимикачі із кривою спрацьовування D, а конкретно для цієї групи вибираємо вимикач типу ВА-2017/D 1р 10А АСКО.

Розрахунки робочих струмів та вибір апаратів захисту для інших групових ліній та ділянок мережі виконували аналогічно. Результати представлено в табл. 2.10.

2.6 Розрахунок електричної освітлювальної мережі на мінімум провідникового матеріалу

Розрахунок електричної освітлювальної мережі виробничого цеху виконаємо на прикладі групи 3.11 щита освітлення ЩОЗ. Схему для розрахунку представлено на рис. 2.8. Розрахункові дані для даної схеми приведено в табл. 2.9.

На основі результатів, отриманих шляхом розрахунку електричної освітлювальної мережі по струму навантаження, розраховуємо фактичні втрати напруги $\Delta U\%$ на кожній ділянці за формулою:

$$\Delta U \% = \frac{M_p}{c \cdot S}, \quad (3.7)$$

де M_p – розрахунковий електричний момент ділянки

c – коефіцієнт, який залежить від типу мережі, значення напруги, яка застосовується та від матеріалу проводів, котрий для трифазної та двопровідної мережі із мідними жилами проводів та кабелів дорівнює відповідно 72 та 12.

S – площа поперечного перерізу жил кабелів.

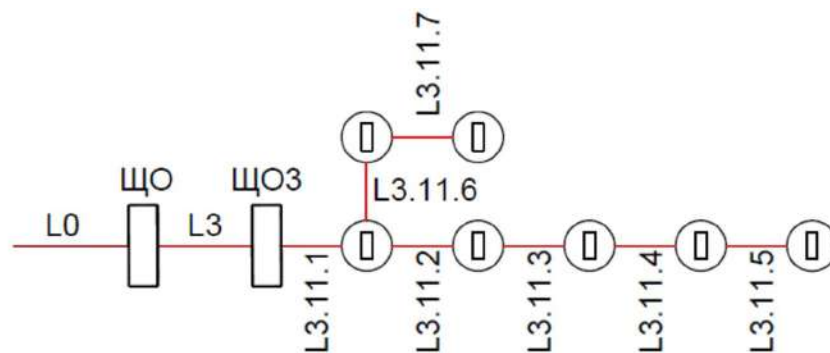


Рисунок 2.8 – Схема для розрахунку групи 3.11 щита освітлення ЩОЗ

Таблиця 2.8 – Розрахункові дані та результати розрахунку групи 3.1 щита освітлення ЩОЗ

Позначення ділянки	Потужність, кВт	Довжина, м	Тип ділянки	Електричний момент, кВт·м	c	S , мм ²	Спад напруги, %
L0	47,431	150	Трифазна	7114,65	77	95	0,97
L3	8,64	130	Трифазна	1123,2	77	70	0,21
L3.11.1	0,64	40	Однофазна	25,6	12,8	4	0,50
L3.11.2	0,48	10	Однофазна	4,8	12,8	4	0,09
L3.11.3	0,32	10	Однофазна	3,2	12,8	4	0,06
L3.11.4	0,16	10	Однофазна	1,6	12,8	4	0,03
L3.11.5	0,16	10	Однофазна	1,6	12,8	4	0,03
L3.11.6	0,32	5	Однофазна	1,6	12,8	4	0,03
L3.11.7	0,16	10	Однофазна	1,6	12,8	4	0,03
Сумарний спад напруги, %							1,96

Підставивши значення площі поперечного перерізу у формулу (3.7), отримаємо:

$$\Delta U\%_{L0} = \frac{7114,65}{77 \cdot 25} = 3,70 \%,$$

$$\Delta U\%_{L3} = \frac{1123,2}{77 \cdot 1,5} = 9,72 \%,$$

$$\Delta U\%_{L3.11.1} = \frac{25,6}{12,8 \cdot 1,5} = 1,33 \%,$$

$$\Delta U\%_{L3.11.2} = \frac{4,8}{12,8 \cdot 1,5} = 0,25 \%,$$

$$\Delta U\%_{L3.11.3} = \frac{3,2}{12,8 \cdot 1,5} = 0,17 \%,$$

$$\Delta U\%_{L3.11.4} = \Delta U\%_{L3.11.5} = \Delta U\%_{L3.11.6} = \Delta U\%_{L3.11.7} = \frac{0,16}{12,8 \cdot 1,5} = 0,03$$

Додавши всі втрати напруги, отримаємо:

$$\Delta U\% = 3,70 + 9,72 + 1,33 + 0,25 + 0,17 + 4 \cdot 0,03 = 16,37 \%,$$

що не є допустимим, оскільки сумарні втрати напруги мають становити не більше, ніж 2,5 %.

З метою зменшення рівня падіння напруги методом підбору отримали необхідні значення площі поперечного перерізу жил кабелів на кожній ділянці. Результати представлено в табл. 2.8. Як видно із даної таблиці збільшення площі поперечного перерізу жил в груповій лінії до 4 мм² та на ділянках L0 та L3 відповідно до 95 та 70 мм² призводить до зниження рівня втрати напруги до 1,96 %.

Аналогічно виконували розрахунок і для інших ділянок електричної освітлювальної мережі. Схеми для розрахунку, а також результати для групових ліній гр. 11.10 та гр. За.3 відповідно щитів робочого освітлення ЩО11 та аварійного освітлення ЩОА3 приведено відповідно на рис. 2.9, 2.10 та в табл. 2.9, 2.10. Інформація щодо перерізу інших групових ліній представлена в табл. додатка 2.

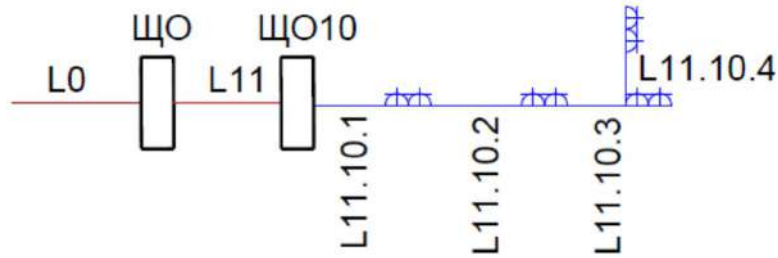


Рисунок 2.9 – Схема для розрахунку групи 11.10 щита освітлення ЩО11

Таблиця 2.8 – Розрахункові дані та результати розрахунку групи 11.0 щита освітлення ЩО11

Позначення ділянки	Потужність, кВт	Довжина, м	Тип ділянки	Електричний момент, кВт·м	с	S, мм ²	Спад напруги, %
L0	47,431	150	Трифазна	7114,65	77	95	0,97
L11	11,144	80	Трифазна	891,52	77	70	0,17
L11.10.1	0,64	60	Однофазна	38,4	12,8	4	0,75
L11.10.2	0,48	6	Однофазна	2,88	12,8	4	0,06
L11.10.3	0,32	6	Однофазна	1,92	12,8	4	0,04
L11.10.4	0,16	6	Однофазна	0,96	12,8	4	0,02
Сумарний спад напруги, %							2,00

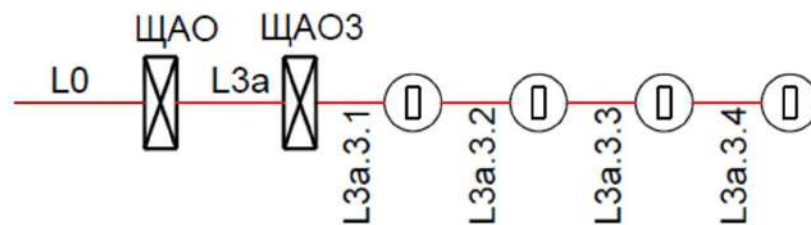


Рисунок 2.10 – Схема для розрахунку групи 3а.3 щита освітлення ЩАО3

2.7 Висновки до розділу

1. Для всіх приміщень фабрики запропоновано використати систему загального робочого освітлення. Аварійне освітлення пропонується

застосовувати у приміщеннях, площа яких перевищує 60 м² та приміщень, через які проходять шляхи евакуації.

Таблиця 2.9 – Розрахункові дані та результати розрахунку групи За.3 щита освітлення ЩАОЗ

Позначення ділянки	Потужність, кВт	Довжина, м	Тип ділянки	Електричний момент, кВт·м	с	S, мм ²	Спад напруги, %
L0	47,431	150	Трифазна	7114,65	77	70	1,32
L3a	8,64	130	Трифазна	1123,2	77	50	0,29
L3a.3.1	0,64	40	Однофазна	25,6	12,8	4	0,50
L3a.3.2	0,48	10	Однофазна	4,8	12,8	4	0,09
L3a.3.3	0,32	10	Однофазна	3,2	12,8	4	0,06
L3a.3.4	0,16	10	Однофазна	1,6	12,8	4	0,03
Сумарний спад напруги, %							2,30

2. Для використання в системі загального освітлення виробничого цеху запропоновано використати світильники типу ДСП37В з глибокою, напівширокою та концентрованою кривими сили світла, для освітлення інших виробничих приміщень, адміністративних та санітарно побутових – світильники із косинусною кривою сили світла.

3. Розрахований коефіцієнт запасу для вибраних світлових приладів та приміщень становить 1,32.

4. На основі розрахунку електричної освітлювальної мережі по струму навантаження попередньо визначено площі поперечного перерізу жил кабелів. Крім того вибрано апарати захисту. Задля уникнення хибного спрацьовування автоматичного вимикача внаслідок дії пускових струмів напівпровідникових світлових приладів пропонується використати автоматичні вимикачі із кривою спрацьовування типу D.

5. Кінцеві значення площі поперечного перерізу кабелів отримали на основі розрахунку на мінімум провідникового матеріалу. Розрахункова втрата напруги в електричній освітлювальній мережі не перевищує 2,3 %.

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір методу світлотехнічного розрахунку системи освітлення приміщень

Методи світлотехнічного розрахунку систем освітлення побудовані на використанні двох залежностей [11, 12]:

- 1) для розрахунку середньої освітленості $E_{сер}$ на робочій поверхні:

$$E_{сер} = \frac{\Phi}{S}; \quad (3.1)$$

- 2) для розрахунку освітленості E_A в конкретній точці із використанням закону обернених квадратів відстаней:

$$E_A = \frac{I_\alpha \cdot \cos \alpha}{l^2}, \quad (3.2)$$

де Φ – сумарний світловий потік, котрий надходить на розрахункову поверхню;

S – площа приміщення, для освітлювальної системи якого виконується розрахунок;

I_α – сила світла джерела світла або світлового приладу в напрямку до розрахункової точки;

α – кут між напрямом I_α та вектором нормалі до розрахункової поверхні в розрахунковій точці (рис. 3.1).

l – геометрична віддаль від випромінювача до точки, для якої виконується розрахунок.

Формула (3.1) є основою для методу коефіцієнта використання світлового потоку, використання котрого дозволяє враховувати як пряму складову світлового потоку, котрий надходить на розрахункову поверхню безпосередньо від світлових приладів, так і відбиту складову, котра створюється світловим

поток, відбитим від поверхонь, котрі обмежують внутрішній простір розрахункового приміщення. Якщо позначити світловий потік світлових приладів, як $\Phi_{СП}$, їх кількість N , коефіцієнт запасу k , то загальна формула для розрахунку має вигляд:

$$E = \frac{N\Phi_{СП}U}{Szk}, \quad (3.3)$$

де U – коефіцієнт використання світлового потоку;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості.

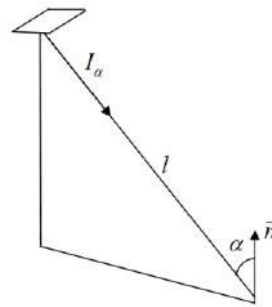


Рисунок 3.1 – Розрахункова геометрична схема точкового методу

Як видно із формули (3.1), одним із визначальних елементів розрахунку є коефіцієнт використання світлового потоку, котрий залежить від таких факторів, як тип кривої сили світла світлового приладу, відбиваючих властивостей внутрішніх поверхонь конструкцій, котрі огорожують простір приміщення (стелі, стін та підлоги), від світлового коефіцієнта корисної дії світлового приладу та від габаритних розмірів приміщення, котрі враховуються одним комплексним показником – індексом приміщення:

$$i = \frac{S}{h_p(a+b)}, \quad (3.4)$$

або

$$i = 0,47 \frac{\sqrt{S}}{h_p}, \quad (3.5)$$

де h_p – розрахункова висота приміщень (відстань від нижнього краю світлового приладу до площини, для якої виконується розрахунок);

a, b – відповідно довжина та ширина приміщення.

Виходячи із формули (11.3), котра наведена на стор. 329 [15], коефіцієнт використання U є добутком коефіцієнта корисної дії світильника η_c та коефіцієнта корисної дії приміщення η_n :

$$U = \eta_c \cdot \eta_n. \quad (3.6)$$

Враховуючи, що в каталожних даних світлодіодних світлових приладів вказується їх світловий потік, то можна прийняти, що $\eta_c = 1$, а отже

$$U = \eta_n. \quad (3.7)$$

Значення η_n наводяться в залежності від типу кривої сили світла, коефіцієнтів відбивання стелі, стін та підлоги, а також від індексу приміщення. На рис. 3.2 показано залежності коефіцієнта використання 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.

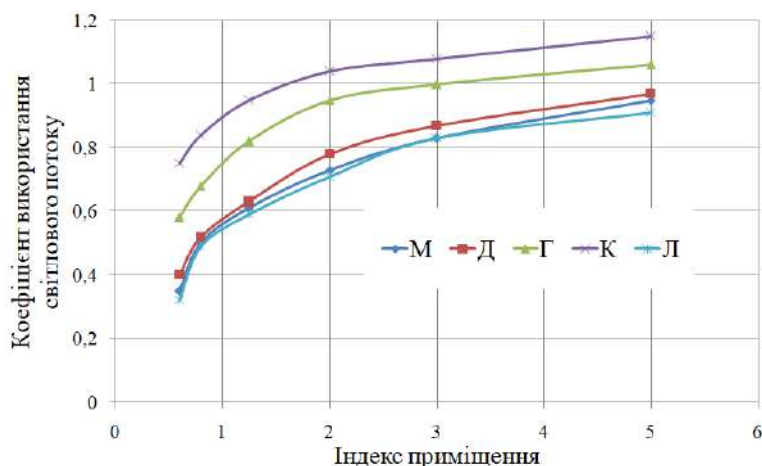


Рисунок 3.2 – Залежності коефіцієнта використання світлового потоку від індексу приміщення

Метод, що базується на формулі (3.2) можна застосовувати для розрахунку освітлення в конкретній точці, а вибір формули для розрахунку визначається за типом світлового випромінювача в залежності від співвідношення його габаритних розмірів та відстаней від нього до розрахункових точок. У вітчизняних методиках такі випромінювачі поділяються на точкові, лінійні та поверхні, що світять. Оскільки для всіх приміщень відношення розмірів вибраних світлових приладів до розрахункових висот не перевищує 0,2 то такі світлові прилади можна вважати точковими, а вираз для розрахунку освітленості від такого випромінювача має вигляд [11, 12]:

$$E_A = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha}{h_p^2} \cdot \left(\cos \theta \pm \frac{p}{h_p} \cdot \sin \theta \right). \quad (3.8)$$

де θ – кут між площиною, перпендикулярною до оптичної осі світильника та розрахунковою площиною;

α – кут між напрямом сили світла до точки розрахунку та віссю симетрії світлового приладу;

h_p – мінімальна відстань між світловим приладом і горизонтальною площиною, котрій належить точка розрахунку;

p – відстань між точкою розрахунку та точкою перетину осі симетрії світлового приладу з горизонтальною площиною, котрій належить точка розрахунку.

Як видно із формули (3.8), недостатня точність визначення сили світла в напрямку до розрахункової точки призводить до підвищення похибок світлотехнічного розрахунку, що особливо є небажаним при розрахунку систем освітлення виробничих приміщень. Крім того, при застосуванні точкового методу не враховується або враховується лише наближено відбита складова освітленості.

Як бачимо, застосування точкового методу не дає цілісної картини про

здатність забезпечити нормовані параметри на розрахункових площинах освітлювальними установками. Тому для розрахунку освітленостей в окремих точках застосуємо пакет DIALux, а для розрахунку сумарного світлового потоку світлових приладів – метод коефіцієнта використання.

3.2 Розрахунок системи загального робочого освітлення виробничого цеху за допомогою методу коефіцієнта використання

Підставивши значення для $S = 6182,64 \text{ м}^2$, $a = 92 \text{ м}$, $b = 69 \text{ м}$ та $h_p = 4,97 \text{ м}$ у формулу (3.4), отримаємо

$$i = \frac{6182,64}{4,97(92 + 69)} = 7,73,$$

що унеможливорює використання методу коефіцієнта використання для розрахунку системи робочого загального освітлення виробничого цеху, оскільки залежності $U(i)$ надані для індексу приміщень від 0,5 до 5,5.

З метою використання даного методу виконаємо апроксимацію залежностей, приведених на рис. 3.2 рівнянням виду:

$$U(i) = \frac{a_0}{i^3} + \frac{a_1}{i^2} + \frac{a_2}{i} + a_3, \quad (3.9)$$

де a_0 , a_1 , a_2 , a_3 – коефіцієнти, розрахунок яких здійснено на основі методу найменших квадратів, значення яких для кривих сили світла Л, К та Г, яким відповідають криві сили світла світильника ДСП37В, наведено в табл. 3.1 [16].

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти апроксимації залежностей $U(i)$

Тип КСС	a_0	a_1	a_2	a_3	Відносна максимальна похибка, %
Г	0,040	-0,036	-0,384	1,137	1,04
К	-0,050	0,202	-0,487	1,233	0,90
Л	-0,298	0,944	-1,229	1,129	2,97

Підставляючи значення коефіцієнтів a_0, a_1, a_2, a_3 , а також значення $i = 6,44$ у формулу (3.9), отримаємо:

для кривої сили світла типу Г:

$$U = \frac{0,040}{7,73^3} + \frac{-0,036}{7,73^2} + \frac{-0,384}{7,73} + 1,137 = 1,086;$$

для кривої сили світла типу К:

$$U = \frac{-0,050}{7,73^3} + \frac{0,202}{7,73^2} + \frac{-0,487}{7,73} + 1,233 = 1,173;$$

для кривої сили світла типу Л:

$$U = \frac{0,298}{7,73^3} + \frac{0,944}{7,73^2} + \frac{-0,229}{7,73} + 1,129 = 0,985.$$

З формули (3.3) визначимо добуток $N\Phi_{СП}$, котрий дорівнює сумарному світловому потоку Φ_{Σ} світлових приладів, котрий здатен забезпечити на робочій поверхні освітленість E :

$$\Phi_{\Sigma} = N\Phi_{СП} = \frac{ESzk}{U}. \quad (3.10)$$

Приймаючи те, що при розрахунку за методом коефіцієнта використання на середню освітленість коефіцієнт в розрахунок не береться [11], і підставивши значення для U , S , $E = 500$ лк та $k = 1,32$ у формулу (3.10), отримаємо:

для кривої сили світла типу Г:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{500 \cdot 6182,64 \cdot 1,32}{1,09} = 3754513 \text{ лм};$$

для кривої сили світла типу К:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{500 \cdot 6182,64 \cdot 1,32}{1,17} = 3477823 \text{ лм};$$

для кривої сили світла типу Л:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{500 \cdot 6182,64 \cdot 1,32}{0,99} = 4141688 \text{ лм.}$$

Кількість світлових N визначимо, виходячи із значень світлового потоку світильника ДСП37В при різних значеннях потужності. Для світильників потужністю 80 Вт:

для кривої сили світла типу Г:

$$N = \frac{3754513}{11200} = 335,22 \approx 335;$$

для кривої сили світла типу К:

$$N = \frac{3477823}{11200} = 310,52 \approx 311;$$

для кривої сили світла типу Л:

$$N = \frac{4141688}{11200} = 369,79 \approx 370.$$

Аналогічно розраховуємо кількість світильників і для інших потужностей. Результати розрахунку приведено в табл. 3.2.

За формулою розрахуємо значення середньої освітленості освітленості, котра створюватиметься 335 світильниками типу ДСП37В потужністю 80 Вт та кривою сили світла типу Г:

$$E = \frac{335 \cdot 11200 \cdot 1,09}{6182,64 \cdot 1,32} = 501,12 \text{ лк,}$$

що допустимо, оскільки розрахункове значення освітленості може відрізнятись від нормованого в межах $-10 \dots +20 \%$.

Аналогічно розраховуємо для інших кривих сили світла та потужностей світильника ДСП37В. Результати розрахунку освітленості заносимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку кількості світлових приладів типу ДСП77В, необхідних для створення рівня середньої освітленості 500 лк в приміщенні виробничого цеху

Тип КСС	Потужність світильника, Вт				
	80	100	160	190	230
Г	335	250	156	132	109
К	311	232	145	122	101
Л	370	276	173	145	120

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку середньої освітленості (лк) за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку

Тип КСС	Потужність світильника, Вт				
	80	100	160	190	230
Г	501,46	501,46	501,46	501,46	501,46
К	498,59	498,59	498,59	498,59	498,59
Л	502,42	502,42	502,42	502,42	502,42

Потужність освітлювальної установки робочого загального освітлення виробничого цеху визначимо шляхом множення кількості світлових приладів на їх потужність. Результати розрахунку представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Потужність (кВт) системи загального робочого освітлення виробничого цеху

Тип КСС	Потужність світильника, Вт				
	80	100	160	190	230
Г	26,80	25,00	24,96	25,08	25,07
К	24,88	23,20	23,20	23,18	23,23
Л	29,60	27,60	27,68	27,55	27,60

На підставі результатів розрахунку можна встановити, що найменшу потужність 23,18 кВт має система освітлення на основі світильників потужністю 190 Вт та кривої сили світла типу К. Проте даний метод не дозволяє визначити рівномірність розподілу освітленості по робочій поверхні, тому є необхідність в подальшому розрахунку за допомогою пакету DIALux.

3.3 Моделювання та світлотехнічний розрахунок системи робочого освітлення приміщень фабрики в пакеті DIALux

Моделювання та світлотехнічний розрахунок системи освітлення покажемо на прикладі приміщення виробничого цеху. Виконання розрахунку здійснимо за наступною послідовністю.

1. В редакторі приміщень пакету DIALux задаємо розміри цеху (рис. 3.3 а).

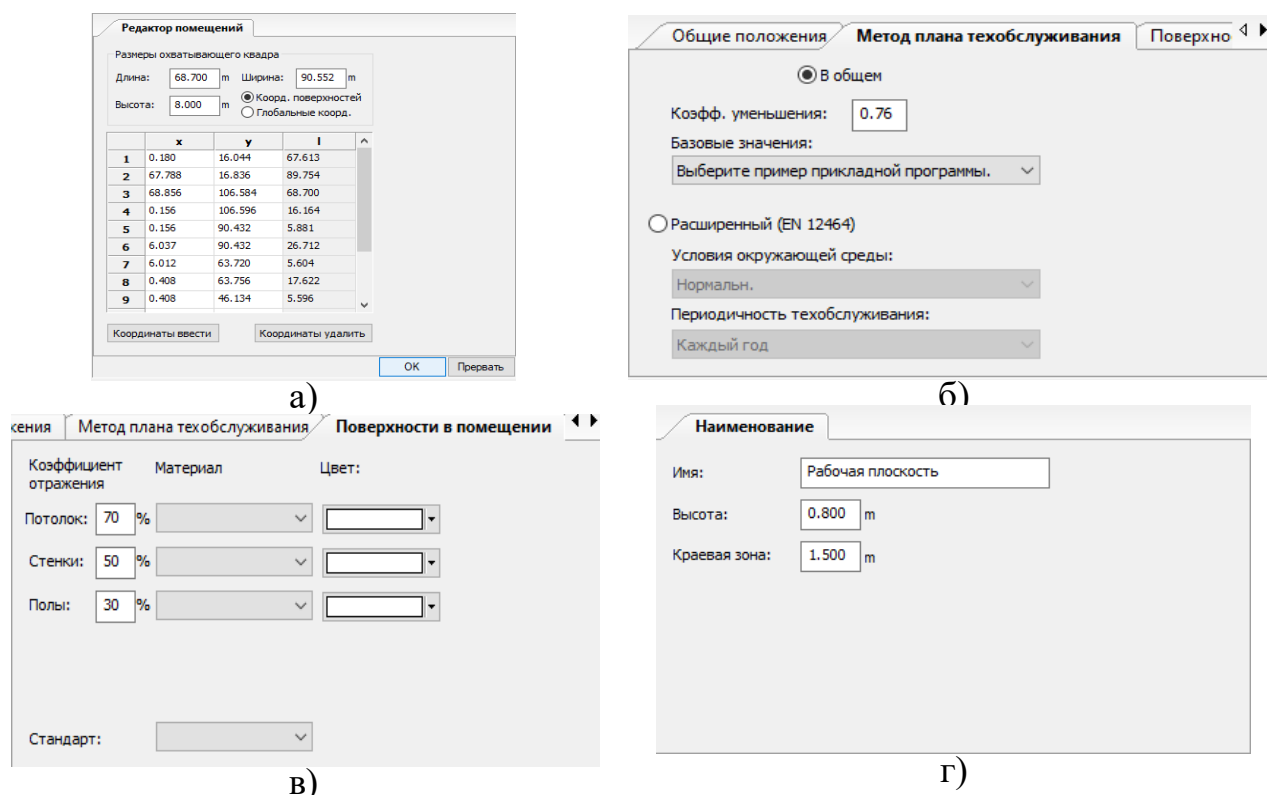


Рисунок 3.3 – Редагування характеристик приміщення в пакеті DIALux

2. Коефіцієнт запасу в даному розрахунку врахуємо шляхом введення у вкладці методу плану техобслуговування коефіцієнта зменшення (рис. 3.3 б),

котрий дорівнює коефіцієнту експлуатації та є обернено пропорційним до коефіцієнта запасу. Крім того, у вкладці поверхонь в приміщенні вводимо значення коефіцієнтів відбивання стелі, стін та підлоги (рис. 3.3 в та висоту робочої площини над підлогою, котра становить 0,8 м (рис. 3.3 г), при цьому вважаючи, що ширина крайової зони, тобто того місця, де необхідна робота не проводиться становить 1,5 м.

3. Внесення світильника в проект освітлення виконуємо за допомогою команди вставки (рис. 3.4 а), при цьому кількість рядів та кількість світильників в одному ряду (рис. 3.4 б) визначаємо на основі пропозиції, наданої пакетом для створення середньої освітленості 500 лк.

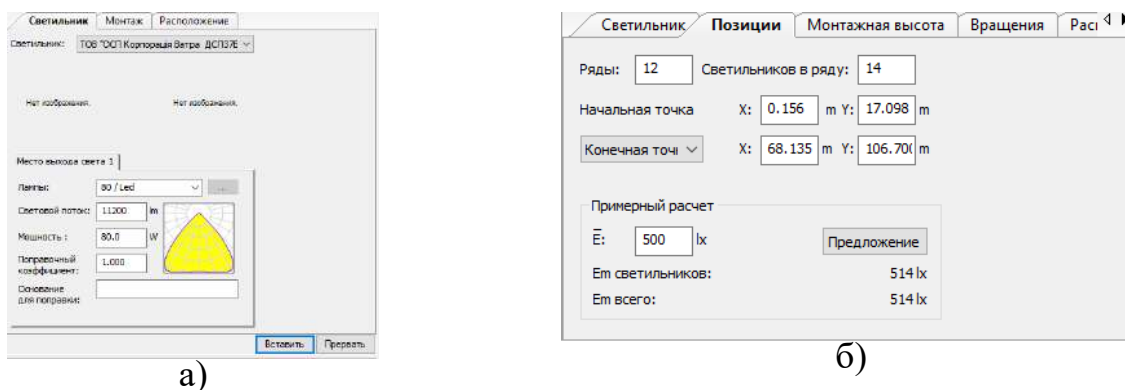


Рисунок 3.4 – Внесення та редагування характеристик встановлення світлових приладів в середовище програми DIALux

4. Запускаємо розрахунок, в результаті чого отримуємо значення середньої, максимальної та мінімальної освітленості, а також коефіцієнта рівномірності освітлення, який визначається відношенням мінімальної освітленості до середньої.

Світлотехнічний розрахунок системи освітлення інших приміщень виконуємо аналогічно. Результати розрахунку представлено в додатку 1.

3.4 Аналіз результатів моделювання та розрахунку системи освітлення виробничого цеху

В результаті моделювання та розрахунку отримано кількість світлових

приладів типу ДСП37В, необхідних для забезпечення освітленості 500 лк на робочій поверхні виробничого цеху, котру наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку кількості світильників типу ДСП37В, необхідних для забезпечення освітленості 500 лк на висоті 0,8 м приміщення виробничого цеху

Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Тип кривої сили світла	Кількість	Сумарна потужність, кВт	$E_{\text{ср}}$, лк	E_{min} , лк	E_{max} , лк	$E_{\text{min}}/E_{\text{ср}}$
80	11200	Л	362	28,36	565	272	619	0,482
		Г	342	27,36	557	307	627	0,551
		К	342	27,36	569	323	732	0,568
100	15000	Л	274	27,40	573	299	625	0,522
		Г	258	25,80	564	276	653	0,489
		К	258	25,80	576	127	803	0,220
160	24000	Л	176	28,16	587	246	644	0,418
		Г	162	25,92	567	305	714	0,539
		К	162	25,92	581	130	1120	0,223
190	28500	Л	150	28,50	597	297	668	0,497
		Г	138	26,22	575	111	782	0,193
		К	138	26,22	593	69	1295	0,116
230	34500	Л	116	26,68	559	210	650	0,465
		Г	116	26,68	586	253	874	0,431
		К	116	26,68	604	101	1541	0,168

Із табл. 3.5 видно, що найменшу сумарну потужність 25,8 кВт мають системи освітлення зі світильниками потужністю 100 Вт та кривими сили світла

типу Г та К. Проте рівномірність освітлення, котра виражається відношенням мінімальної освітленості до середньої становить відповідно лише 0,489 та 0,220. Тому для освітлення приміщення виробничого цеху виберемо систему освітлення із 162 світильників потужністю 160 Вт та кривою сили світла типу Г, що дозволить отримати рівномірність освітлення на рівні 0,539.

На рис. 3.5 представлено лінії однакової освітленості та графік розподілу значень освітленості на робочій поверхні приміщення виробничого цеху.

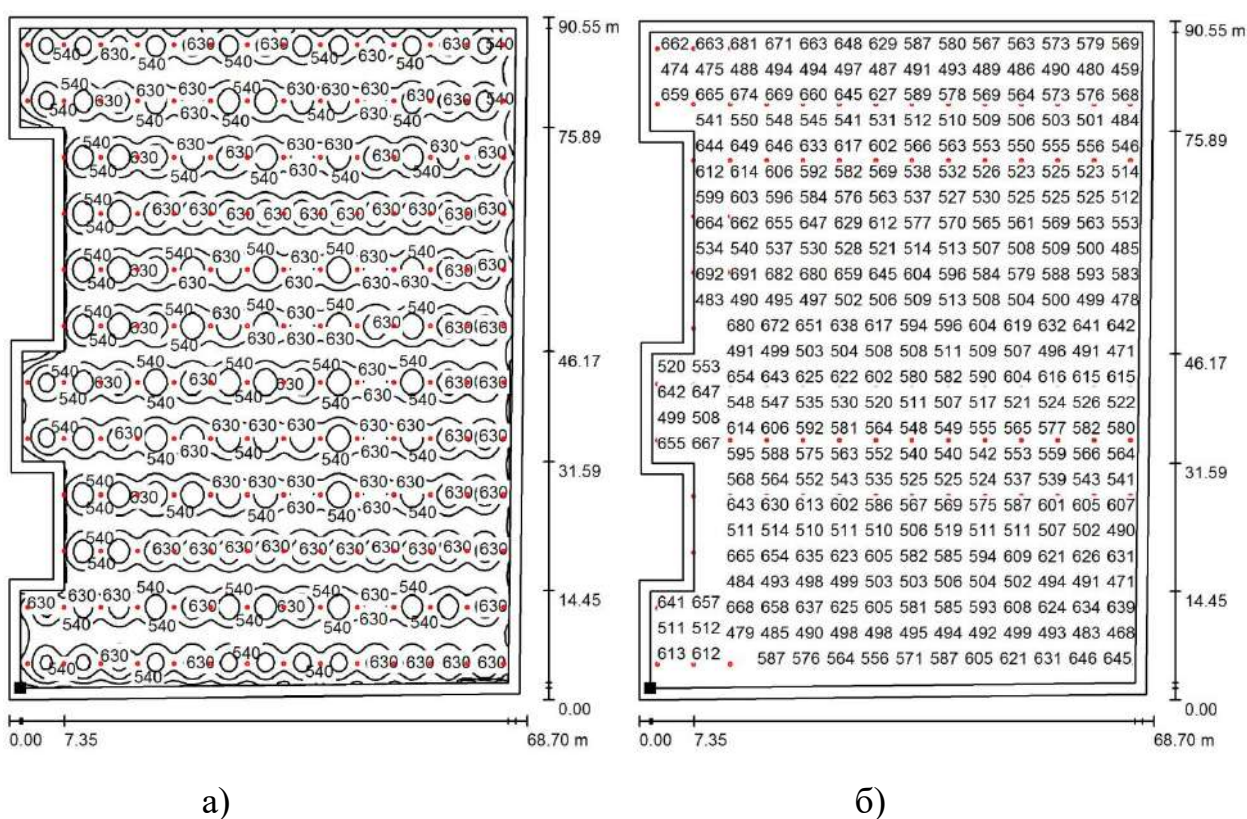


Рисунок 3.5 – Лінії однакової освітленості (а) та графік розподілу значень освітленості (б) на робочій поверхні приміщення виробничого цеху

Як видно із рис. 3.5 (б) практично по всій робочій поверхні значення освітленості становить в межах від -10 до +20 % від значення нормованої освітленості 500 лк, а мінімальні значення освітленості мають місце на тих ділянках приміщення, де відповідна зорова робота не ведеться.

З метою визначення точності розрахунку на основі методу коефіцієнта

використання, співставимо результати значень світлового потоку, необхідного для забезпечення освітленості 500 лк, отриманих на основі розрахунку за методом коефіцієнта використання світлового потоку та за допомогою пакету DIALux (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Співставлення результатів розрахунку суммарного світлового потоку, необхідного для забезпечення освітленості 500 лк

Тип КСС	Значення світлового потоку					
	Метод коефіцієнта використання	Пакет DIALux				
		80Вт	100 Вт	160 Вт	190 Вт	230 Вт
Г	3754513	3830400	3870000	3888000	3933000	4002000
К	3477823	3830400	3870000	3888000	3933000	4002000
Л	4141688	4054400	4110000	4224000	4275000	4002000

По даним, наведеним в табл. 3.6 розрахуємо, відхилення $\delta\Phi$ між результатами розрахунку за формулою:

$$\delta\Phi = \frac{|\Phi_U - \Phi_D|}{\Phi_D} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

де Φ_U – сумарне значення світлового потоку, отримане на основі розрахунку за методом коефіцієнта використання

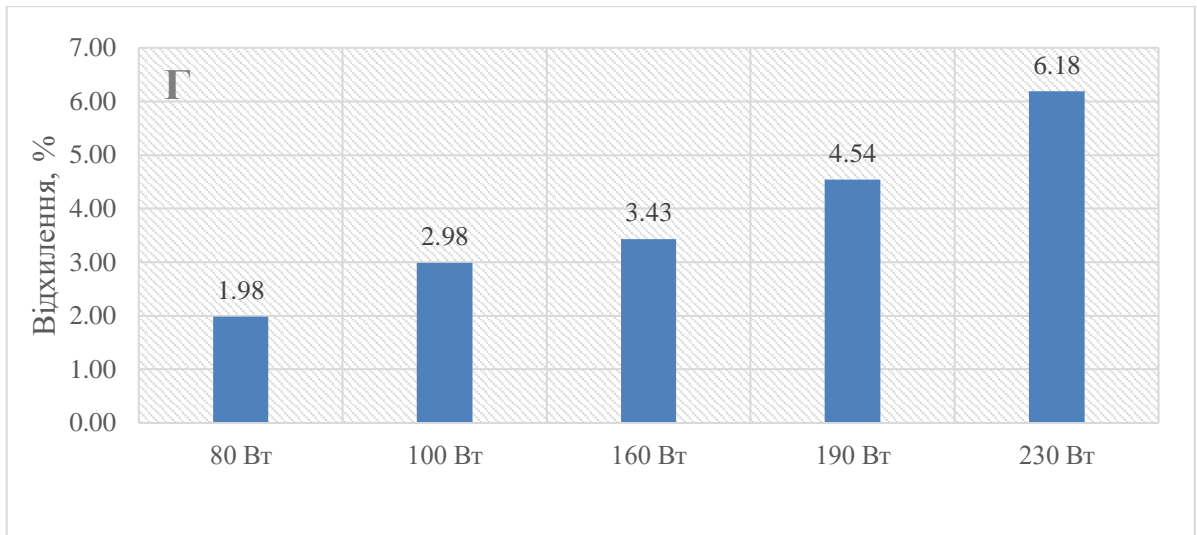
Φ_D – сумарне значення світлового потоку, отримане за результатами розрахунку в пакеті DIALux.

На основі отриманих результатів побудуємо відповідні діаграми відхилень (рис. 3.6). З даних діаграм видно, що значення відхилень змінюються в межах:

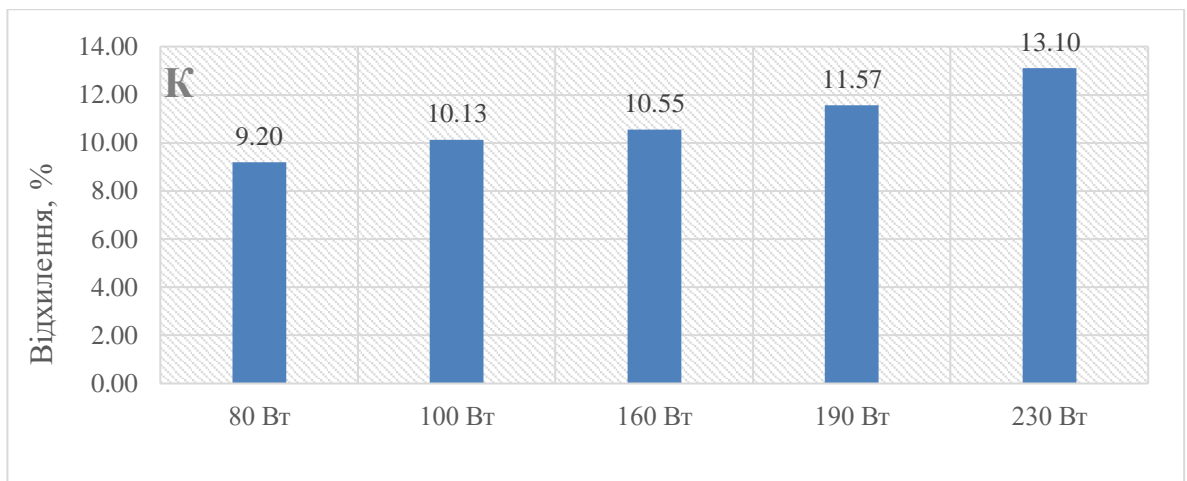
від 1,98 до 6,18 % – для кривої сили світла типу Г;

від 9,20 до 13,10 % – для кривої сили світла типу К;

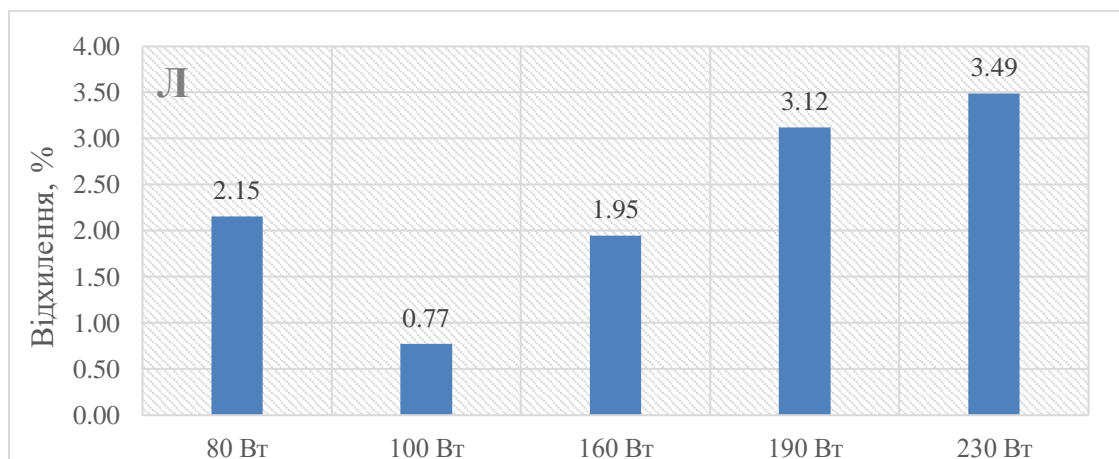
від 0,77 до 3,49 % – для кривої сили світла типу Л.



а)



б)



в)

Рисунок 3.6 – Діаграми відхилень між значеннями світлового потоку, отриманими шляхом розрахунку за допомогою методу коефіцієнта використання та пакету DIALux

Аналогічно співставимо також значення освітленості, отриманих при використанні пакету DIALux та за допомогою методу коефіцієнта використання, на основі кількості світильників, отриманих пакетом DIALux і наведених в табл. 3.5. Наприклад в пакеті DIALux отримано, що при використанні 362 світильників типу ДСП37В потужністю 80 Вт з кривою сили світла типу Л можна отримати освітленість на робочій поверхні 565 лк. Підставивши значення кількості світильників 362, світлового потоку світильника 11200 лм, а також в же відомі значення коефіцієнта використання світлового потоку 0,985 та площі приміщення виробничого цеху 6482,64 м² у формулу (3.3), отримаємо:

$$E = \frac{362 \cdot 11200 \cdot 0,99}{6182,64 \cdot 1,32} = 492 \text{ лк.}$$

Аналогічно із розрахунком за формулою (3.11), отримаємо значення відхилення освітленості, розрахованої за допомогою методу коефіцієнта використання та пакету DIALux:

$$\delta E = \frac{|492 - 565|}{565} \cdot 100\% = 12,95\%.$$

Значення освітленості при використанні світильників іншої потужності та інших кривих сили світла розраховуємо аналогічно. Результати розрахунків приведено в табл. 3.7 та 3.8.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку освітленості, отриманої із застосуванням методу коефіцієнта використання (E_U) та пакету DIALux (E_D)

Тип КСС	Потужність світильника, Вт									
	80		100		160		190		230	
	E_U , лк	E_D , лк	E_U , лк	E_D , лк	E_U , лк	E_D , лк	E_U , лк	E_D , лк	E_U , лк	E_D , лк
Г	512	557	517	564	519	567	525	575	5351	586
К	549	569	555	576	557	581	564	593	574	559
Л	492	565	499	573	512	587	519	597	485	604

Таблиця 3.8 – Результати розрахунку відхилень (у відсотках) значень освітленості, отриманої з допомогою методу коефіцієнта використання та пакету DIALux

Тип КСС	Потужність світильника, Вт				
	80	100	160	190	230
Г	8,15	8,35	8,42	8,64	8,79
К	3,49	3,68	4,06	4,92	2,64
Л	12,95	12,99	12,71	13,13	19,62

Отже, як видно із останніх таблиць різниця між освітленостями, котрі розраховуються з допомогою методу коефіцієнта використання та пакету DIALux не досягає 9 % при розрахунку системи зі світильниками з кривою сили світла типу Г, 5 % – при використанні світлових приладів із кривою типу К та може досягати значення 20 % при використанні кривої сили світла типу Л.

3.5 Моделювання та розрахунок системи аварійного освітлення

Моделювання та розрахунок системи аварійного освітлення виконаємо в пакеті DIALux. В якості світлових приладів системи аварійного освітлення кожного приміщення використаємо частину світильників, які будуть також задіяні в системі робочого освітлення.

Розрахунок покажемо на прикладі виробничого цеху. На основі моделювання та розрахунку встановлено, що для створення нормованих значень освітленості та рівномірності освітлення в даному приміщенні потрібно використати три ряди світильників типу ДСП37В потужністю 160 Вт. Така система дозволить забезпечити наступні значення:

мінімальна освітленість – 12 лк;

середня освітленість – 124 лк;

максимальна освітленість – 364 лк;

відношення максимальної освітленості до середньої – 30,33.

На рис. 3.7 представлено лінії однакової освітленості та значень освітленості на робочій поверхні приміщення виробничого цеху.

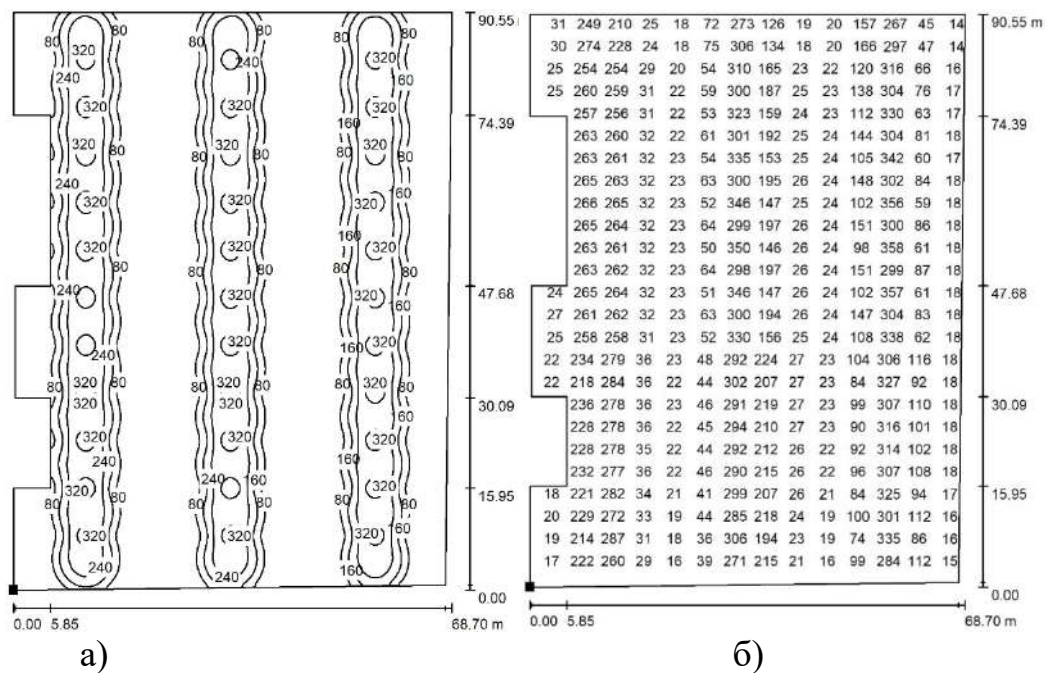


Рисунок 3.7 – Лінії однакової освітленості (а) та значення освітленості (б) на робочій поверхні приміщення виробничого цеху

Аналогічно виконуємо розрахунок і для інших приміщень, в котрих передбачається використання системи аварійного освітлення. Результати розрахунку представлено в табл. 3.7.

3.6 Висновки до розділу

1. В програмному пакеті DIALux виконано моделювання та світлотехнічний розрахунок систем робочого та аварійного освітлення виробничих, адміністративно-побутових та допоміжних приміщень. На підставі розрахунку системи освітлення виробничого цеху встановлено, що найбільш енергоощадними є системи освітлення на основі світильників типу ДСП37В потужністю 100 Вт з кривими сили світла типу Г та К. Проте рівномірність освітлення, котра виражається відношенням мінімальної освітленості до середньої становить відповідно лише 0,489 та 0,220. Тому для подальшого проектування вибрано систему освітлення із 162 світильників потужністю 160

Вт та кривою сили світла типу Г.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку системи аварійного освітлення

№ приміщення	Вид аварійного освітлення	Тип світлового приладу	Кількість	Потужність, Вт	$E_{\text{ср}}$, лк	E_{min} , лк	E_{max} , лк	$E_{\text{max}}/E_{\text{min}}$
101	Евакуаційне	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	1	16	36,8	17	48	2,82
109	Евакуаційне	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	3	48	30	2,11	68	32,23
124-125	Антипанічне	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	11	363	77	7,33	205	27,97
126	Антипанічне	ДСП07У-30-013 У2	1	30	26	6,11	106	10,18
131	Евакуаційне	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	2	32	38	5,07	75	14,79
145	Антипанічне	ДСП07У-30-013 У2	11	363	74	17	206	12,12
149	Антипанічне	ДСП07У-30-013 У2	10	300	105	18	247	13,72
150	Антипанічне	ДСП07У-30-013 У2	5	150	99	8,87	336	37,88
155	Евакуаційне	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	2	32	31,6	9,90	78	7,88
159	Антипанічне	ДСП07У-30-013 У2	10	300	94	20	174	8,70
160	Антипанічне	ДСП37В-160-322 У1	36	5760	12	124	364	30,33
201	Антипанічне	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	6	198	81	17	157	9,24
207	Евакуаційне	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	1	12	35	6,89	67	9,72
217	Антипанічне	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	11	363	81	21	144	6,86
220	Евакуаційне	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	1	16	27	4	65	16,25
223	Евакуаційне	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	1	16	26	3,5	62	17,71
241	Антипанічне	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	5	165	72	17	133	7,82
243	Антипанічне	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	2	66	69	17	171	12,21
245	Евакуаційне	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	2	32	44	8,12	75	9,24
250	Антипанічне	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	6	198	62	5,35	199	37,20
Сумарна потужність, кВт			8,46					

2. В результаті розрахунку встановлено, що сумарна потужність світильників системи робочого загального освітлення становить 40,281 кВт, а системи аварійного освітлення – 8,46 кВт.

3. На основі методу коефіцієнта використання світлового потоку розраховано сумарний світловий потік систем освітлення на основі світильників із кривими сили світла типу Г, К та Л. При цьому запропоновано використати рівняння апроксимації залежності коефіцієнта використання від

індекса приміщення виду $U(i) = \frac{a_0}{i^3} + \frac{a_1}{i^2} + \frac{a_2}{i} + a_3$ для значення індексу

приміщення виробничого цеху 7,73. В результаті співставлення результатів розрахунку сумарного світлового потоку, необхідного для забезпечення середньої освітленості 500 лк, отриманих на основі методу коефіцієнта використання та за допомогою пакету DIALux, встановлено, що відхилення між результатами розрахунку для систем освітлення на основі світильників із кривою сили світла типу Г не перевищує 6,18 %, для кривої сили світла типу Л – 3,49 %, а для кривої сили світла типу К – змінюється в межах від 9,20 до 13,10 %.

4. На основі співставлення результатів розрахунку освітленості, отриманих за методом коефіцієнта використання та пакету DIALux встановлено, що різниця між освітленостями не досягає 9 % при розрахунку системи зі світильниками з кривою сили світла типу Г, 5 % – при використанні світлових приладів із кривою типу К та може досягати значення 20 % при використанні кривої сили світла типу Л.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вплив випромінювання оптичного діапазону на організм людини

У промисловості і побуті набули масового застосування прилади та обладнання, робота яких пов'язана з використанням або утворенням в процесі роботи електромагнітних випромінювань оптичного діапазону, до яких належать електромагнітні коливання з довжиною хвиль від 5 нм до 1000 нм. Ділянками випромінювання оптичного діапазону є: ультрафіолетова (5 – 380 нм), видима (380 – 770 нм) та інфрачервона (770 нм – 1 мм). Інфрачервона область включає короткохвильову (0,77 – 1,5 мкм), середньохвильову (1,5 – 20 мкм) і довгохвильову (20 мкм – 1 мм) ділянки.

Природнім джерелом ультрафіолетового випромінювання є сонце. Штучними джерелами є електричні дуги, лазери, газорозрядні джерела світла. За способом генерації ультрафіолетове випромінювання належить до теплового, але за своєю дією подібне до іонізуючого випромінювання.

Спектр ультрафіолетового випромінювання поділяється на три області: довгохвильову (УФА); середньохвильову (УФВ) та короткохвильову (УФС) УФС. Ультрафіолетові випромінювання довгохвильової області відзначаються слабкою біологічною дією. Середньо- та короткохвильові ультрафіолетові промені, в основному, впливають на шкіру та очі людини. Значні дози опромінення можуть спричинити професійні захворювання шкіри (дерматити) та очей (електроофтальмію). Випромінювання ультрафіолетового діапазону впливають також на центральну нервову систему, що проявляється у вигляді болі голови, підвищення температури тіла, відчуття розбитості, передчасної втоми, нервового збудження тощо. Крім того, несприятлива дія цих променів може посилюватись завдяки ефектам, що властиві для цього виду випромінювань, а саме іонізації повітря та утворенні озону.

Ультрафіолетове випромінювання характеризується двоякою дією на організм людини: з одного боку, небезпекою гіреопромінення, а з іншого –

його необхідністю для нормального функціонування організму, оскільки ультрафіолетові промені є важливим стимулятором основних біологічних процесів. Природне освітлення, особливо сонячні промені, є достатнім для організму людини джерелом ультрафіолетового випромінювання, тому його відсутність або ж недостатність може створити певну небезпеку.

Для захисту людей від інтенсивного опромінення ультрафіолетовими променями потрібним є виконання наступних заходів: раціональне розташування робочих місць; забезпечення необхідної відстані від джерел випромінювання; екранування джерел випромінювання; екранування робочих місць засобами індивідуального захисту.

Найбільш раціональним методом захисту вважається екранування (укриття) джерел УФ-випромінювань. Як матеріали для екранів застосовують, зазвичай, непрозорі металеві листи або світлофільтри. До засобів індивідуального захисту належать: спецодяг (костюми, куртки, білі халати), засоби для захисту рук (тканинні рукавички), лиця (захисні щитки) та очей (окуляри з спеціальними фільтрами).

Інфрачервоне випромінювання здійснює на організм людини, в основному, теплову дію. Тому джерелами інфрачервоного випромінювання є будь-які нагріті тіла, причому їх температура й визначає інтенсивність теплового випромінювання.

Залежно від довжини хвилі інфрачервоне випромінювання поділяється на короткохвильове з довжиною хвилі від 0,76 до 1,4мкм та довгохвильове – понад 1,4мкм. Саме довжина хвилі значною мірою обумовлює проникну здатність інфрачервоного випромінювання. Найбільшу проникну здатність мають короткохвильові інфрачервоні випромінювання, які впливають на органи та тканини організму людини, що знаходяться на глибині кількох сантиметрів від поверхні тіла. Промені довгохвильового діапазону затримуються поверхневим шаром шкіри.

Вплив інфрачервоного випромінювання на людину може бути загальним та локальним і призводить, зазвичай, до підвищення температури. При

довгохвильових випромінюваннях підвищується температура поверхні тіла, а при короткохвильових – органів та тканин організму, до яких здатні проникнути промені. Більшу небезпеку являють собою короткохвильові випромінювання, які можуть здійснювати безпосередній вплив на оболонки та тканини мозку і тим самим призвести до виникнення теплового удару. Людина при цьому відчуває запаморочення, біль голови, порушується координація рухів, настає втрата свідомості.

Інфрачервоне випромінювання впливає на організм людини, порушуючи його нормальну діяльність та функціонування органів і систем організму, що може призвести до появи професійних та професійно зумовлених захворювань.

Ступінь впливу інфрачервоного випромінювання залежить від ряду чинників: спектру та інтенсивності випромінювання, площі випромінювальної поверхні; розмірів ділянок тіла людини, що опромінюються; тривалості впливу; кута падіння променів.

У промисловості джерелами інтенсивного випромінювання хвиль інфрачервоного спектру є: нагріті поверхні стін, печей та їх відкриті отвори, ливарні та прокатні стани, струмені розплавленого металу, нагріті деталі та заготовки, різні види зварювання та плазмової обробки.

До основних заходів та засобів щодо зниження шкідливої дії інфрачервоного випромінювання належать:

- зниження інтенсивності випромінювання джерел шляхом удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- раціональне розташування устаткування, що є джерелом інфрачервоного випромінювання;
- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами.

4.2. Аналіз заходів попередження електротравматизму на виробництві

Поява напруги на неструмовідних частинах електроустановок пов'язана з

пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є захисне заземлення, занулення, захисне відключення.

Захисне заземлення. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 „Електробезопасность. Термины и определения”, захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмовідних частин електроустановок, які можуть опинитись під напругою.

Захисному заземленню підлягають:

- електроустановки напругою 380 В і більше змінного струму і 440 В і більше постійного струму незалежно від категорії приміщень (умов) щодо безпеки електротравм;

- електроустановки напругою більше 42 В змінного струму і більше 110 В постійного струму в приміщеннях з підвищеною і особливою безпекою електротравм, а також електроустановки поза приміщеннями;

- всі електроустановки, що експлуатуються у вибухонебезпечних зонах (з метою попередження вибухів).

Принципова схема функціонування захисного заземлення наведена на рис.4.1.

Відповідно до зазначеного заземлюються:

- неструмовідні частини електричних машин, апаратів, трансформаторів;
- каркаси розподільчих щитів, шаф, щитів управління, а також їх знімні частини і частини, що відкриваються, якщо на них встановлено електрообладнання напругою більше 42 В змінного і більш 110 В постійного струму.

- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні коробки й інші кабельні конструкції, металеві кабельні муфти, металеві гнучкі рукави і труби електропроводки, електричні світильники;

- металоконструкції виробничого обладнання, на якому є споживачі електроенергії;

- опори повітряних ліній електропередач.

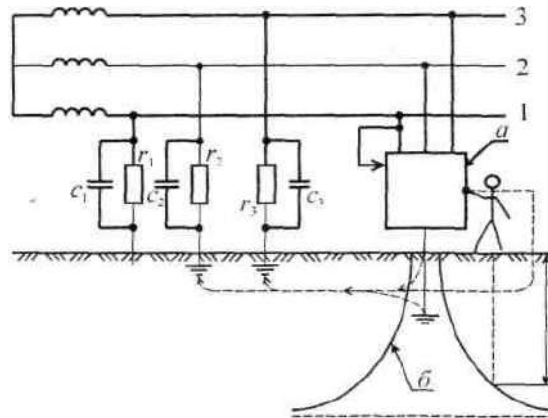


Рисунок 4.1 – Принципова схема функціонування захисного заземлення:
а – електроустановка; б – розподіл потенціалів на поверхні землі в зоні розтікання струму.

Занулення. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 „Електробезпека. Термины и определения”, занулення в загальному розумінні – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмовідних частин, які можуть опинитись під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Занулення в електроустановках – це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим вводом джерела однофазного струму, з глухозаземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму.

Захисне відключення. Призначення захисного відключення – відключення електроустановки при пошкодженні ізоляції і переході напруги на неструмовідні її елементи. Застосовується в доповнення до захисного заземлення (занулення) для забезпечення надійного захисту, перш за все, в умовах особливої небезпеки електротравм.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ЛЕОНІ Ваерінг Системс УА ГмбХ, Стрий - Ukraine – LEONI. URL: <https://www.leoni-ukraine.com/uk/misceznakhodzhennja/leoni-vaering-sistems-ua-gmbkh-strii/>(дата звернення: 05.12.2022)
2. Осадца Я.М. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопіль: ТНТУ, 2020. 144 с.
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. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5 – 28 – 2006; чинний від 2019-03-01]. Київ: Мінрегіон України, 2018. 137 с.
5. Правила улаштування електроустановок. Київ: Мінрегіонвугілля України, 2017. 617 с.
6. ДСП37В. URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP37V.pdf/ (дата звернення: 07.11.2022)
7. ДВО27У Юпітер LED-2.
URL:[https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DVO27U_\(Jupiter-LED-2\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DVO27U_(Jupiter-LED-2).pdf)(дата звернення: 07.11.2022)
8. ДСП07У. URL: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP07U.pdf (дата звернення: 07.11.2022)
9. ДББ, ЛББ, НББ Селена
URL:[http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_SELENA\(DBB-LBB-NBB\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_SELENA(DBB-LBB-NBB).pdf)(дата звернення: 07.11.2022)
10. Провод ВВГнг – расшифровка и характеристики.
URL:<https://elektrik-a.su/kabeli-i-provoda/silovye/provod-vvgng-520>(дата звернення: 07.12.2022)

11. Тищенко Г.А. Осветительные установки.: Учебник для учащихся техникумов специальности "Электроосветительные приборы и установки". Москва: Высшая школа, 1984. 247 с. ил.

12. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.: ил.

13. Автоматичні вимикачі серії УКРЕМ ВА-2017 URL: <https://www.leoni-ukraine.com/uk/misceznakhodzhennja/leoni-vaering-sistems-ua-gmbkh-strii/>(дата звернення: 08.12.2022)

14. Mean Well 200W Constant Power Mode LED Driver XLG-200 series URL: <https://www.leoni-ukraine.com/uk/misceznakhodzhennja/leoni-vaering-sistems-ua-gmbkh-strii/>(дата звернення: 09.12.2022)

15. Говоров П.П., Пилипчук Р.В. Освітлення промислових об'єктів. Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти / П.П. Говоров, Р.В. Пилипчук, А.І. Токмань, В.В. Щиренко, Р.Ю. Яремчук — Тернопіль: Джура, 2008. - 388., арк. іл.

16. 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.

17. Охорона праці та цивільний захист: Підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська. За ред. О. Г. Левченка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 420 с.

18. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. для вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації / Ю. С. Скобло, Т. Б. Соколовська, Д. І. Мазоренко та ін. – Київ : Кондор, 2006. – 422 с.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Шляхом аналізу встановлено, що серед усіх приміщень фабрики найбільшу площу 6182,64 м² має приміщення виробничого цеху, що становить 51 % від сумарної площі усіх приміщень. Частка приміщень АПК становить 45 %.

2. Проаналізовано можливі методи та засобів освітлення приміщень фабрики. Встановлено, що для приміщень фабрики необхідною є розробка системи загального робочого та аварійного освітлення приміщень.

3. Для всіх приміщень фабрики запропоновано використати систему загального робочого освітлення. Аварійне освітлення пропонується застосовувати у приміщеннях, площа яких перевищує 60 м² та приміщень, через які проходять шляхи евакуації.

4. Для використання в системі загального освітлення виробничого цеху запропоновано використати світильники типу ДСП37В з глибокою, напівширокою та концентрованою кривими сили світла, для освітлення інших виробничих приміщень, адміністративних та санітарно побутових – світильники із косинусною кривою сили світла. Розрахований коефіцієнт запасу для вибраних світлових приладів та приміщень становить 1,32.

5. В програмному пакеті DIALux виконано моделювання та світлотехнічний розрахунок систем робочого та аварійного освітлення виробничих, адміністративно-побутових та допоміжних приміщень. На підставі розрахунку системи освітлення виробничого цеху встановлено, що найбільш енергоощадними є системи освітлення на основі світильників типу ДСП37В потужністю 100 Вт з кривими сили світла типу Г та К. Проте рівномірність освітлення, котра виражається відношенням мінімальної освітленості до середньої становить відповідно лише 0,489 та 0,220. Тому для подальшого проектування вибрано систему освітлення із 162 світильників потужністю 160 Вт та кривою сили світла типу Г.

6. В результаті розрахунку встановлено, що сумарна потужність

світильників системи робочого загального освітлення становить 40,281 кВт, а системи аварійного освітлення – 8,46 кВт.

7. На основі методу коефіцієнта використання світлового потоку розраховано сумарний світловий потік систем освітлення на основі світильників із кривими сили світла типу Г, К та Л. При цьому запропоновано використати рівняння апроксимації залежності коефіцієнта використання від індекса приміщення виду $U(i) = \frac{a_0}{i^3} + \frac{a_1}{i^2} + \frac{a_2}{i} + a_3$ для значення індексу приміщення виробничого цеху 7,73. В результаті співставлення результатів розрахунку сумарного світлового потоку, необхідного для забезпечення середньої освітленості 500 лк, отриманих на основі методу коефіцієнта використання та за допомогою пакету DIALux, встановлено, що відхилення між результатами розрахунку для систем освітлення на основі світильників із кривою сили світла типу Г не перевищує 6,18 %, для кривої сили світла типу Л – 3,49 %, а для кривої сили світла типу К – змінюється в межах від 9,20 до 13,10 %.

8. На основі співставлення результатів розрахунку освітленості, отриманих за методом коефіцієнта використання та пакету DIALux встановлено, що різниця між освітленостями не досягає 9 % при розрахунку системи зі світильниками з кривою сили світла типу Г, 5 % – при використанні світлових приладів із кривою типу К та може досягати значення 20 % при використанні кривої сили світла типу Л.

9. На підставі розрахунку електричної освітлювальної мережі по струму навантаження попередньо визначено площі поперечного перерізу жил кабелів. Крім того вибрано апарати захисту. Задля уникнення хибного спрацьовування автоматичного вимикача внаслідок дії пускових струмів напівпровідникових світлових приладів пропонується використати автоматичні вимикачі із кривою спрацьовування типу D. Кінцеві значення площі поперечного перерізу кабелів отримали на основі розрахунку на мінімум провідникового матеріалу. Розрахункова втрата напруги в електричній освітлювальній мережі не перевищує 2,3 %.

Додаток 1

Результати світлотехнічного розрахунку системи робочого освітлень приміщень фабрики

№ пп	Призначення приміщення	Площа, м ²	Марка СП	Потужність СП, Вт	Кількість СП	P, Вт	Еср, лк	Е _{мін} , лк	Е _{мак} , лк	Е _{мін} /Е _{ср}
101	Вестибюль з регістратурою	13,00	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	16	2	32	92	51	120	0,55
102	Приміщення прибирального інвентаря	2,9	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	88	80	93	0,91
103	Приміщення для фізіопроцедур	18,48	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	6	198	595	388	725	0,65
104	Маніпуляційна	12,55	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	4	132	529	369	639	0,70
105	Кабінет лікаря	13,03	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	4	132	501	343	598	0,68
106	Маніпуляційна	18,01	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	6	198	616	145	834	0,24
107	Приміщення тимчасового перебування хворих	9,21	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	3	99	352	575	653	1,63
108	Санвузол	4,15	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	78	62	86	0,79
109	Коридор	83,92	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	16	7	112	69	37	99	0,54
111	Кімната для нарад	19,84	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	33	3	99	309	181	406	0,59
112	Відділ кадрів	23,99	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	33	4	132	355	214	429	0,60
113	Приймальна кімната очікування	47,64	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	33	6	198	322	170	417	0,53
114, 216	Сходова клітка	72	ДСП07У-60-114 У2	60	4	240	85	43	136	0,51
115	Умивальня чоловіча	9,05	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	3	36	100	79	115	0,79
116	Електрощитова	17,57	ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	180	135	214	0,75
117	Вентиляційна камера	23,39	ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	160	113	197	0,71
118	Складське приміщення	14,66	ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	190	146	221	0,77
119	Приміщення для зволожувача повітря	14,36	ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	190	146	221	0,77
120	Санвузол чоловічий	13,98	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	5	40	88	59	106	0,67
121	Санвузол для МНГ	13,98	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	5	40	88	59	106	0,67

122	Санвузол	416	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	84	72	93	0,86
123	Приміщення прибирального інвентаря	4,16	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	84	72	93	0,86
124-125	Обідня зала, роздаточна	459,14	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	32	1056	215	44	322	0,20
126	Гарячий цех	83,28	ДСП07У-30-023 У2	30	9	270	202	119	255	0,59
127	Холодний цех	22,61	ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	228	151	283	0,66
128	Доготувальний цех	17,85	ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	227	128	284	0,56
129	Комора сухих продуктів	8,9	ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	150	119	173	0,79
130	Приміщення холодильних камер	28,01	ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	199	155	234	0,78
131	Коридор	56,44	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	16	6	96	97	58	147	0,60
133	Завантажувальна		ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	226	144	292	0,64
132	Комора харчових відходів	19,04	ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	133	102	156	0,77
134	Мийна тари напівфабрикатів	6,14	ДСП07У-40-023 У2	40	1	40	181	135	216	0,75
135	Приміщення прибирального інвентаря	4,3	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	80	70	89	0,88
136	Приміщення для персоналу	17,29	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	16	3	48	170	100	231	0,59
137	Душова	2,6	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	1	12	163	146	233	0,90
138	Тамбур	4,14	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	80	69	89	0,86
139	Мийна кухонного посуду	10,42	ДСП07У-40-023 У2	40	1	40	141	86	190	0,61
140	Мийна столового посуду	40,18	ДСП07У-40-023 У2	40	3	120	178	95	251	0,53
141	Санвузол	4,6	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	76	60	83	0,79
142, 240	Сходова клітка	72	ДСП07У-60-114 У2	60	4	240	85	43	136	0,51
143	Умивальна жіноча	8,65	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	3	36	103	77	115	0,75
144	Приміщення контролю	37,66	ДСП07У-40-023 У2	40	4	160	259	162	308	0,63
145	Експедиція	410,16	ДСП07У-30-023 У2	30	33	990	230	58	334	0,25
146, 246	Сходова клітка	72	ДСП07У-60-114 У2	60	4	240	85	43	136	0,51

148	Приміщення для зарядних пристроїв	43,75	ДСП07У-30-023 У2	30	4	120	143	97	169	0,68
149	Механічний цех	230,08	ДСП07У-30-023 У2	30	20	600	209	94	296	0,45
150	Склад запчастин	115,54	ДСП07У-30-023 У2	30	12	360	233	97	367	0,42
151	Електричний цех	42,85	ДСП07У-40-023 У2	40	3	120	147	92	192	0,63
152	Приміщення прибирального інвентаря	18,44	ДСП07У-30-023 У2	30	3	90	151	107	187	0,71
153	Санвузол	4,15	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	78	62	86	0,79
154	Душова	2,6	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	1	12	163	146	233	0,90
155	Коридор	43,24	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	16	5	80	79	33	116	0,42
156	Вузол курування систем пожежогасіння	54,49	ДСП07У-40-023 У2	40	4	160	160	102	192	0,64
157	Приміщення трансформаторної	43,86	ДСП07У-40-023 У2	40	3	120	171	119	203	0,70
158	Трансформаторна	36,21	ДСП07У-40-023 У2	40	3	120	155	105	191	0,68
159	Цех виготовлення панелей	232,66	ДСП07У-30-023 У2	30	20	600	208	94	292	0,45
160	Виробничий цех	6182,64	ДСП37В-160-322 У1	140	162	22680	567	305	714	0,54
161	Майстерня	28,48	ДСП07У-30-023 У2	30	4	120	217	138	258	0,64
162	Лабораторія	31,81	ДСП07У-40-023 У2	40	6	240	297	190	357	0,64
163	Тамбур	4,14	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	80	69	89	0,86
164	Приміщення прибирального інвентаря	8,44	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	4	48	134	111	151	0,83
165	Санвузол чоловічий	29,26	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	10	120	86	65	112	0,76
166	Санвузол жіночий з приміщенням для гігієни	21,88	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	6	72	92	68	186	0,74
167	Тамбур	5,43	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	76	65	84	0,86
168	Приміщення прибирального інвентаря	8,62	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	4	48	134	111	151	0,83
169	Санвузол чоловічий	29,26	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	10	120	86	65	112	0,76

170	Санвузол жіночий з приміщенням для гігієни	21,88	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	6	72	92	68	186	0,74
171	Тамбур	6,24	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	70	58	81	0,83
172	Приміщення прибирального інвентаря	2,9	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	88	80	93	0,91
173	Санвузол чоловічий	13,42	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	5	40	88	59	106	0,67
174	Санвузол ЖІНОЧИЙ	13,42	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	5	40	88	59	106	0,67
175	Тамбур	6,18	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	71	58	81	0,82
176	Приміщення прибирального інвентаря	2,9	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	88	80	93	0,91
177	Санвузол чоловічий	12,62	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	5	40	88	59	106	0,67
178	Санвузол ЖІНОЧИЙ	12,62	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	5	40	88	59	106	0,67
201	Офісні приміщення	217,79	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	22	726	312	78	431	0,25
204		11,95	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	2	66	276	179	344	0,65
205		11,15	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	2	66	286	192	351	0,67
206		24,65	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	4	132	339	202	413	0,60
207	Тамбур	20,48	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	4	48	75	52	87	0,69
208	Технічні приміщення	16,03	ДСП07У-40-023 У2	40	2	80	164	122	194	0,74
209		21,77	ДСП07У-40-023 У2	40	2	80	147	103	180	0,70
210	Приміщення прибирального інвентаря	15,56	ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	169	127	199	0,75
211	Офісне приміщення	26,83	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	4	132	330	190	399	0,58
212	Офісне приміщення	50,1	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	8	264	348	226	407	0,65
213	Сан. Вузол	8,54	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	4	32	85	51	197	0,60
214	Санвузол	8,54	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	12	3	36	76	45	178	0,59
215	Санвузол	9,44	ДББ64В-12-083 УХЛ4 Селена-	12	2	24	75	66	155	0,88

			322-СД-12							
217	Офісне приміщення	415,38	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	40	1320	305	69	516	0,23
218	Технічні приміщення	11,37	ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	138	106	158	0,77
219		60,36	ДСП07У-30-023 У2	30	4	120	162	114	191	0,70
220	Коридор	36,2	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	16	4	64	76	59	112	0,78
221	Технічне приміщення	25,5	ДСП07У-40-023 У2	40	2	80	137	90	175	0,66
222	Санвузол	4,15	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	78	62	86	0,79
223	Коридор	37,89	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	16	4	64	89	41	123	0,46
224	Приміщення прибирального інвентаря	4,16	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	84	72	93	0,86
225	Офісне приміщення	14,04	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	3	99	396	255	593	0,64
226	Технічне приміщення	11,37	ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	138	106	158	0,77
227	Офісні приміщення	14,25	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	3	99	385	230	560	0,60
228		14,25	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	3	99	385	230	560	0,60
229		14,25	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	3	99	385	230	560	0,60
230		14,25	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	3	99	385	230	560	0,60
234	Технічні приміщення	6,44	ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	159	131	178	0,82
235		31,58	ДСП07У-30-023 У2	30	4	120	165	116	193	0,70
236	Санвузол чоловічий	13,98	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	5	40	78	54	96	0,69
237	Санвузол жіночий	13,98	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	5	40	78	54	96	0,69
238	Приміщення прибирального інвентаря	3,72	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	79	55	96	0,70
239	Технічне приміщення	25,5	ДСП07У-40-023 У2	40	2	80	137	90	175	0,66
241	Роздягальня жіноча	218,07	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	12	396	164	57	224	0,35
242	Санвузол жіночий	13,98	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-322-СД-8	8	11	88	78	54	96	0,69
243	Роздягальня чоловіча	74,53	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	6	198	192	108	244	0,56
244	Санвузол чоловічий	13,98	ДББ64В-8-083 УХЛ4 Селена-	8	7	56	78	54	96	0,69

			322-СД-8							
245	Коридор	29,35	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	16	4	64	89	61	103	0,69
247	Офісне приміщення	16,53	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	3	288	336	204	425	0,61
248	Санвузол	4,6	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	78	62	86	0,79
249	Санвузол	4,6	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	2	24	78	62	86	0,79
250	Офісне приміщення	415,38	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	37	288	366	152	444	0,42
251	Приміщення прибирального інвентаря	25,5	ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	156	124	177	0,79
252	Офісне приміщення	11,67	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	33	2	66	280	181	348	0,65
253	Технічні приміщення	90,39	ДСП07У-40-023 У2	40	6	240	154	93	195	0,60
254		44,2	ДСП07У-40-023 У2	40	3	120	143	89	191	0,62
255		61,46	ДСП07У-30-023 У2	30	4	120	157	109	185	0,69
256		42,24	ДСП07У-40-023 У2	40	3	120	151	92	193	0,61
257		98,61	ДСП07У-40-023 У2	40	6	240	152	95	186	0,63
258		108,67	ДСП07У-40-023 У2	40	6	240	141	80	176	0,57
259		98,61	ДСП07У-40-023 У2	40	6	240	152	95	186	0,63
260		60,28	ДСП07У-30-023 У2	30	4	120	163	115	192	0,71
261		60,28	ДСП07У-30-023 У2	30	4	120	163	115	192	0,71
262		Приміщення прибирального інвентаря	7,58	ДББ64В-12-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	4	48	134	111	151
264	11,88		ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	138	106	158	0,77
265	14,09		ДСП07У-30-023 У2	30	2	60	171	133	203	0,78
266	Приміщення гігієни	12,81	ДББ64В-8-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	3	36	76	63	101	0,83
267		12,81	ДББ64В-8-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	3	36	76	63	101	0,83
268		13,98	ДББ64В-8-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	3	36	71	52	96	0,73
269		13,98	ДББ64В-8-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	3	36	71	52	96	0,73

270		13,98	ДББ64В-8-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	3	36	71	52	96	0,73
272		13,98	ДББ64В-8-081 УХЛ4 Селена-322-СД-12	12	3	36	71	52	96	0,73

Додаток 2

Результати розрахунку електричної освітлювальної мережі

Позначення щита	Група	Встановлена потужність, кВт	Робочий струм, А	Тип кабелю	Типа апарату захисту
ЩО 1		3,840	5,83	ВВГнг-5×50	ВА-2017/D 3р 16А АСКО
	гр. 1.1	1,280	5,86	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 1.2	1,280	5,86	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 1.3	1,280	5,86	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
ЩО 2		7,840	11,91	ВВГнг-5×70	ВА-2017/D 3р 16А АСКО
	гр. 2.1	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2.2	0,800	3,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 2.3	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2.4	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2.5	0,800	3,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 2.6	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2.7	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2.8	0,960	4,39	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 2.9	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2.10	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2.11	0,960	4,39	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 2.12	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
ЩО 3		8,640	13,34	ВВГнг-5×70	ВА-2017/D 3р 16А АСКО
	гр. 3.1	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 3.2	0,960	4,39	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 3.3	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 3.4	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 3.5	0,960	4,39	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 3.6	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 3.7	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 3.8	0,960	4,39	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 3.9	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 3.10	0,800	3,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 3.11	1,280	5,53	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
	гр. 3.12	0,800	3,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 10А АСКО
ЩО 4		3,662	5,56	ВВГнг-5×50	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 4.1	0,429	1,96	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 4.2	0,112	0,51	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4.3	0,561	2,57	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 4.4	0,360	1,65	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4.5	0,200	0,92	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4.6	0,240	1,10	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4.7	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 4.8	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 4.9	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО

ЩО 5		1,817	2,76	ВВГнг-5×35	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 5.1	0,264	1,21	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5.2	0,280	1,28	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5.3	0,160	0,73	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5.4	0,420	1,92	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5.5	0,363	1,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5.6	0,330	1,51	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩО 6		1,448	2,20	ВВГнг-5×35	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 6.1	0,128	0,59	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 6.2	0,520	2,38	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 6.3	0,560	2,56	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 6.4	0,240	1,10	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩО 7		1,292	1,96	ВВГнг-5×35	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 7.1	0,420	1,92	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 7.2	0,128	0,59	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 7.3	0,294	1,35	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 7.4	0,210	0,96	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 7.5	0,240	1,10	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩО 8		0,700	1,06	ВВГнг-5×16	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 8.1	0,400	1,83	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 8.2	0,300	1,37	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩО 9		1,128	1,71	ВВГнг-5×50	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 9.1	0,360	1,65	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 9.2	0,120	0,55	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 9.3	0,144	0,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 9.4	0,120	0,55	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 9.5	0,144	0,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 9.6	0,120	0,55	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 9.7	0,120	0,55	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩО 10		5,156	7,73	ВВГнг-5×50	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 10.1	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 10.2	0,560	2,56	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 10.3	0,560	2,56	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 10.4	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 10.5	0,560	2,56	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 10.6	0,560	2,56	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 10.7	0,280	1,28	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 10.8	0,462	2,11	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 10.9	0,164	0,75	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 10.10	0,330	1,51	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 10.11	0,400	1,83	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩО 11		11,144	16,93	ВВГнг-5×70	ВА-2017/D 3р 25А АСКО
	гр. 11.1	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.2	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.3	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.4	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.5	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.6	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.7	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО

	гр. 11.8	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.9	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.10	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.11	0,320	1,46	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 11.12	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.13	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.14	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.15	0,224	1,03	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 11.16	0,308	1,41	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 11.17	0,363	1,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 11.18	0,297	1,36	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 11.19	0,240	1,10	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 11.20	0,275	1,26	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 11.21	0,561	2,57	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 11.22	0,396	1,81	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩО 12		0,764	1,16	ВВГнг-5×16	ВА-2017/D 3р 6А АСКО
	гр. 12.1	0,124	0,57	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 12.2	0,264	1,21	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 12.3	0,188	0,86	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 12.4	0,188	0,86	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩО 13		8,494	12,91	ВВГнг-5×70	ВА-2017/D 3р 16А АСКО
	гр. 13.1	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.2	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.3	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.4	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.5	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.6	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.7	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.8	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.9	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.10	0,320	1,46	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 13.11	0,495	2,27	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.12	0,462	2,11	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.13	0,297	1,36	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 13.14	0,360	1,65	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 13.15	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 13.16	0,480	2,20	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
ЩОА1		1,920	2,92	ВВГнг-5×50	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 1а.1	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 1а.2	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 1а.3	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
ЩОА2		1,920	2,92	ВВГнг-5×50	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 2а.1	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2а.2	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 2а.3	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
ЩОА3		1,920	2,92	ВВГнг-5×50	ВА-2017/D 3р 10А АСКО
	гр. 3а.1	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 3а.2	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
	гр. 3а.3	0,640	2,93	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 6А АСКО
ЩОА4		1,618	2,45	ВВГнг-5×50	ВА-2017/D 3р 6А АСКО

	гр. 4а.1	0,048	0,22	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4а.2	0,363	1,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4а.3	0,062	0,28	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4а.4	0,363	1,66	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4а.5	0,300	1,37	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4а.6	0,182	0,83	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 4а.7	0,300	1,37	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
ЩОА5		0,894	1,36	ВВГнг-5×35	ВА-2017/D 3р 6А АСКО
	гр. 5а.1	0,210	0,96	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5а.2	0,181	0,83	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5а.3	0,14	0,64	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5а.4	0,198	0,91	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО
	гр. 5а.5	0,165	0,76	ВВГнг-3×4,0	ВА-2017/D 1р 4А АСКО