

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Система електропостачання та освітлення адміністративної будівлі
з приміщеннями спортивного призначення (комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи ЕТс-41
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Вакулюк В.В.

Матвійчук Д.І.

Керівник

Осадца Я.М.

Нормоконтроль

Мовчан Л.Т.

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

Рецензент

Голотенко О.С.

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«26» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Вакулюку Вячеславу Вадимовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система електропостачання та освітлення адміністративної будівлі з приміщеннями спортивного призначення (комплексна тема)

Керівник роботи Осадца Ярослав Михайлович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1164

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Будівельні креслення будівлі, плани розміщення силових електро-споживачів, Державні будівельні норми, характеристики світлових приладів

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

Вступ

Аналітичний розділ: Вимоги щодо проєктування систем освітлення адміністративних будівель; аналіз існуючих методів та технологій освітлення адміністративних будівель, характеристики адміністративної будівлі та її приміщень.

Проектно-конструкторський розділ: вибір систем освітлення приміщень адміністративної будівлі та їх нормованих світлотехнічних параметрів, вибір джерел світла та світлових приладів, розрахунок електричних освітлювальних мереж.

Розрахунковий розділ: Світлотехнічний розрахунок систем робочого та аварійного освітлення, розрахунок електричних освітлювальних мереж.

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці: небезпечні фактори експлуатації систем освітлення, значення штучного освітлення в приміщеннях

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

Титульний аркуш презентації – 1 арк.; Мета та завдання роботи – 1 арк., Інформація щодо будівлі – 1 арк.; Нормовані світлотехнічні параметри систем робочого та аварійного освітлення – 1 арк.; Технічні характеристики світлових приладів – 1 арк.; Світлотехнічний розрахунок по методу коефіцієнта використання – 2 – 5 арк.; Світлотехнічний розрахунок робочого та аварійного освітлення за допомогою спеціалізованого програмного пакету DIALux evo – 2 – 5 арк.

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«26» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Матвійчуку Дмитру Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система електропостачання та освітлення адміністративної будівлі з приміщеннями спортивного призначення (комплексна тема)

Керівник роботи Осадца Ярослав Михайлович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1164

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Будівельні креслення будівлі, плани розміщення силових електро-споживачів, Державні будівельні норми, характеристики світлових приладів

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

Аналітичний розділ: Вимоги щодо проектування систем електропостачання та адміністративних будівель. Системи електропостачання адміністративних будівель

Проектно-конструкторський розділ: Споживачі електричної енергії адміністративної будівлі та їх електропостачання, живлення, розрахунок електричної мережі адміністративної будівлі, вибір перерізу жил кабелів та апаратів захисту

Розрахунковий розділ: розрахунок втрат напруги в електричних мережах

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці: фактори та наслідки ураження електричним струмом для тіла людини, організаційні та інженерно-технічні заходи щодо попередження надзвичайних ситуацій

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

Споживачі електричної енергії, схема живильної електричної мережі – 1 арк., плани електричної освітлювальної мережі, мережі розеток, прокладання ліній живлення систем кондиціонування та вентиляції – 3 – 5 арк., Розрахунок ліній живлення, групових ліній, вибір площі поперечного перерізу жил кабелів та апаратів захисту – 5 – 7 арк.; Розрахунок втрат напруги в електричних мережах будівлі – 1 арк. Загальні висновки до кваліфікаційної роботи – 1 арк.

РЕФЕРАТ

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

Стор. 97; рис. 32; табл. 16; креслень (сторінок презентації) – 25; використаних джерел – 33, сторінок додатків – 0.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Система електропостачання та освітлення адміністративної будівлі з приміщеннями спортивного призначення (комплексна тема)».

Метою роботи є розробка технічних рішень щодо систем робочого та аварійного освітлення приміщень адміністративної будівлі та системи електропостачання споживачів електричної енергії у будівлі.

На підставі моделювання та світлотехнічного розрахунку запропоновано систему робочого та аварійного освітлення приміщень адміністративної будівлі, а також систему електропостачання будівлі з виконанням розрахунків електронавантажень.

Ключові слова:

СВІТЛОВИЙ ПРИЛАД, СВІТЛОВИЙ ПОТІК, ОСВІТЛЕНІСТЬ, РОЗРАХУНКОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ЗАПАСУ, ВТРАТА НАПРУГИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Вимоги щодо проектування систем електропостачання та освітлення адміністративних будівель	9
1.2 Аналіз існуючих методів та технологій освітлення адміністративних будівель	12
1.3 Системи електропостачання адміністративних будівель	17
1.4 Характеристики адміністративної будівлі та її приміщень	19
1.5 Висновки до розділу	20
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Вибір систем освітлення приміщень адміністративної будівлі та їх нормованих світлотехнічних параметрів	21
2.2 Вибір джерел світла та світлових приладів	23
2.3 Споживачі електричної енергії адміністративної будівлі та їх живлення	28
2.4 Вибір проводів та кабелів електромереж адміністративної будівлі	31
2.5 Розрахунок електричної мережі адміністративної будівлі та вибір перерізу жил кабелів	32
2.5.1 Розрахунок групових ліній	32
2.5.2 Розрахунок ліній живлення групових щитів та ВРП	34
2.5.3 Вибір перерізу кабелів та апаратів захисту ділянок електричної мережі будівлі	47
2.6 Висновки до розділу	51
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	53
3.1 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень адміністративної будівлі	53
3.1.1 Попередній розрахунок кількості приладів у приміщеннях	53
3.1.2 Розрахунок коефіцієнта запасу	56

3.1.3 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень будівля за допомогою методу коефіцієнта використання	60
3.2 Моделювання та світлотехнічний розрахунок систем освітлення будівлі в пакеті DIALux evo	64
3.2.1 Розрахунок кількісних світлотехнічних параметрів системи робочого освітлення	67
3.2.2 Розрахунок показника дискомфорту	71
3.2.3 Розрахунок аварійного освітлення приміщень	75
3.3 Розрахунок втрат напруги в електричних мережах	77
3.4 Висновки до розділу	81
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	83
4.1 Небезпечні фактори експлуатації систем освітлення	83
4.2 Значення штучного освітлення в приміщеннях	85
4.3 Фактори та наслідки ураження електричним струмом для тіла людини	86
4.4 Організаційні та інженерно-технічні заходи щодо попередження надзвичайних ситуацій	89
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	92
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	94

ВСТУП

Процеси урбанізації, стрімкий розвиток технологій та зміна підходів до організації робочого простору висувають принципово нові вимоги до інженерної інфраструктури сучасних міст. Серед усього різноманіття об'єктів цивільного будівництва особливе місце посідають адміністративні будівлі: офісні центри, державні установи, фінансові інститути та штаб-квартири компаній. Вони є центрами прийняття рішень та концентрації людського капіталу.

Ефективне функціонування таких об'єктів безпосередньо залежить від якості проектування двох базових, взаємопов'язаних систем – електропостачання та штучного освітлення. Актуальність фахового інженерного підходу до їх створення обумовлена комплексом економічних, екологічних, технологічних та соціальних чинників, які визначають життєздатність споруди на десятиліття вперед.

Сучасний етап розвитку архітектури та цивільного будівництва характеризується стрімким зростанням вимог до енергоефективності, екологічності та внутрішнього комфорту адміністративних будівель. Офіси, бізнес-центри, державні установи та фінансові інститути є одними з найбільших споживачів електричної енергії в урбанізованому середовищі. За різними оцінками, на системи штучного освітлення та забезпечення мікроклімату в таких спорудах припадає від 40% до 60% загального обсягу енергоспоживання будівлі.

Сучасна актуальність проектування полягає у переході до концепцій Smart Grid та Zero Energy Buildings (будівель із нульовим балансом енергоспоживання). По-друге, якість освітлення безпосередньо впливає на працездатність, психоемоційний стан та здоров'я персоналу.

Раціональне проектування та розрахунок електричних мереж будівель дозволяють:

- знизити втрати потужності в кабельних лініях та трансформаторах.
- оптимізувати споживання за допомогою інтеграції відновлюваних джерел енергії (наприклад, дахових сонячних електростанцій);

- реалізувати системи Peak Shaving (зрізання піків навантаження);

Отже, розроблення комплексних і якісних проєктів систем електропостачання та освітлення та адміністративних будівель є досить актуальним завданням сьогодення, а відповідальний підхід до цього питання дозволить забезпечити необхідні рівні комфорту та працездатності як людей, які перебувають у будівлях довший час (працівників), так і для відвідувачів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вимоги щодо проектування систем електропостачання та освітлення адміністративних будівель

Основне призначення адміністративних будівель – це розташування установ з надання послуг та обслуговування громадян [1]. Такий тип будівель, відповідно до Національного класифікатора будівель та споруд [2] можна віднести до групи 122 Офісні будівлі підрозділу 12 Нежитлові будівлі розділу 1 Будівлі.

При проектуванні будівництва нових чи реконструкції існуючих будівель цієї групи необхідно керуватись ДБН В.2.2-9:2018 [3]. Відповідно до п. 8.4 цих будівельних норм у громадських будівлях та спорудах проектування електрообладнання, систем електричного освітлення, автоматизації і диспетчеризації інженерного обладнання необхідно виконувати відповідно до вимог, наведених в НПАОП 40.1-1.32, ПУЕ, ДБН В.2.5-20, ДБН В.2.5-23, ДБН В.2.5-24, ДБН В.2.5-28, ДБН В.2.5-56, ДБН В.2.5-64, ДБН В.2.5-67, ДСТУ Б В.2.5-82 та ДСТУ-Н Б В.2.5-37.

Вимоги, наведені в НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» [4] поширюються на електрообладнання, котре відноситься до спеціальних електроустановок при напрузі до 10 кВ при будівництві чи реконструкції будинків та споруд, а саме:

- електроустаткування будинків житлового, громадського, адміністративного та побутового призначення;
- електроустаткування у фізкультурно-оздоровчих, спортивних, культурно-видовищних, культових, дозвіллевих будівлях та спорудах;
- електроустановки, які застосовуються у зонах із вибухо- та пожежобезпекою;
- електроустановки ліфтів, вантажних кранів;
- установки електрозварювання та електричного кабельного обігрівання.

Вимоги до електроустановок житлових, громадських, адміністративних та побутових будинків і фізкультурно-оздоровчих, спортивних, культурно-видовищних будинків і споруд, закладів дозвілля та культових наведено відповідно в р. 2 та 3 цих Правил.

В п.п. 2.3.1 та 3.3.1 вказано, що живлення та електропостачання електроприймачів необхідно виконувати від мережі із глухозаземленою нейтраллю на напругу 380/220 В. При цьому має застосовуватись система заземлення TN-S або TN-C-S. Схеми цих систем заземлення приведено на рис. 1.1 [5].

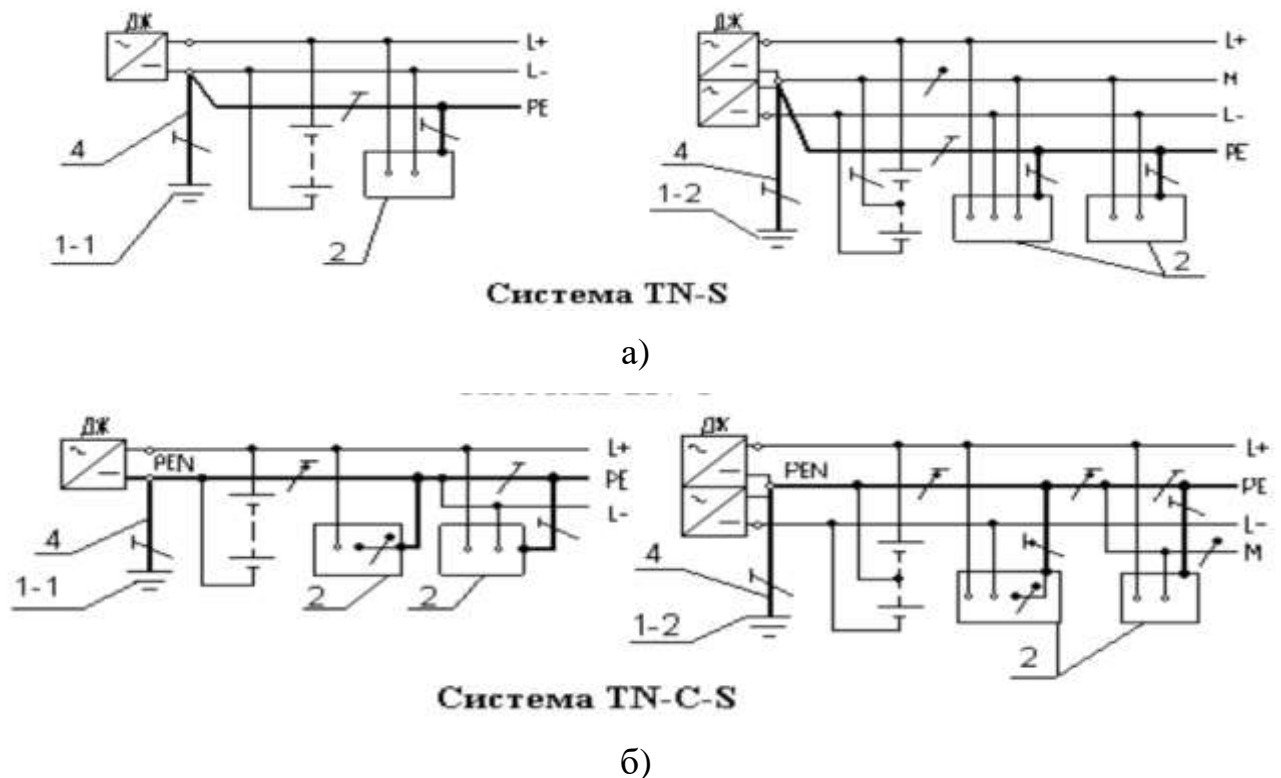


Рисунок 1.1 – Схеми систем заземлення TN-S (а) та TN-C-S (б):

ДЖ – джерело живлення; L1, L2, L3 – лінійні (фазні) провідники; 1 – заземлювач джерела живлення; 2 – відкриті провідні частини; 3 – заземлювач відкритих провідних частин; 4 – захисний заземлювальний провідник; (заземлення системи позначено потовщеними лініями)

Це системи, в яких мережі живлення мають глухі заземлення однієї точки

струмовідних частин джерел живлення, а самі електроприймачі, а також відкриті провідні частини електроустановок мають приєднання до цих точок за допомогою відповідно N- або M- і захисних РЕ-провідників. Різницею між цими системами є те, що в системі TN-S N- (або M-) та РЕ-провідники розділені по всій мережі, а в системі TN-C-S – N- (або M-) та РЕ-провідники поєднані в одному провіднику в частині електричної мережі, починаючи від джерела живлення (ДЖ).

В адміністративних, спортивних та спортивно-оздоровчих будівлях слід застосовувати електропроводку із алюмінієвими жилами [4]. Допускається застосовувати в мережах живлення та розподільчих мережах кабелі та проводи з алюмінієвими жилами, при умові, що їх розрахункова площа поперечного перерізу становить 16 мм^2 і вище.

На вводах мереж живлення у ввідних, ввідно-розподільчих пристроях, групових розподільчих щитах, слід встановлювати апарати керування, а на лініях, які від них відходять апарати керування можуть встановлюватись окремо на кожній лінії або бути спільними для декількох ліній.

Захист усіх електричних мереж необхідно виконувати у відповідності з вимогами глави 3.1 ПУЕ. Відповідно до вимог, наведених в пп. 3.1.8 [5] в якості апаратів захисту електричних мереж від надструмів необхідним є застосування автоматичних вимикачів, запобіжників, комбінацій комутаційних апаратів із запобіжниками та тепловими реле, спеціалізованих електронних пристроїв. При цьому необхідним є виконання вибору апаратів захисту та їх характеристик після визначення площі поперечного перерізу проводів і жил кабелів та розрахунку струмів короткого замикання [пп. 3.1.9 5].

При захисті електричних розподільчих мереж від струмів перевантажень провідники необхідно вибирати за найбільшою розрахунковою силою струму.

Проектування освітлення адміністративних будівель рекомендовано виконувати у відповідності із вимогами ДБН В.2.5-28 [6]. В усіх приміщеннях необхідно передбачати системи робочого освітлення, причому основним нормованим світлотехнічним параметром є середня освітленість на робочих або

умовно-робочих поверхнях. Окрім цього для деяких приміщень регламентуються також циліндрична освітленість та показник дискомфорту.

Для освітлення приміщень, через які проходять шляхи евакуацій із будівель необхідно передбачати аварійне освітлення шляхів евакуації, а для приміщень з площею понад 60 м² з можливим одночасним перебуванням 30 та більше людей – аварійне евакуаційне освітлення. Нормованим параметром для таких систем аварійного освітлення є мінімальна освітленість на рівні підлоги, а також відношення максимальної освітленості до мінімальної.

Живлення систем аварійного освітлення допускається жити окремими груповими лініями, а також можливим є використання світлових приладів з модифікаціями, в яких наявними є акумуляторні батареї [5].

Відповідно із вимогами, наведеними в ДБН В.2.5-23 [7], розрахунок електронавантажень громадських будівель і споруд, адміністративних і побутових будівель необхідно виконувати із врахуванням коефіцієнтів попиту, які визначаються в залежності від потужності устаткування, кількості електроприймачів та співвідношень між потужностями електроустаткування різного призначення.

1.2 Аналіз існуючих методів та технологій освітлення адміністративних будівель

Системи освітлення адміністративних будівель є складними інженерними інфраструктурами, основними завданнями яких є забезпечення нормативних рівнів світлотехнічних параметрів у відповідності до ДБН В.2.5-28. Такими параметри є освітленість (горизонтальна, вертикальна чи циліндрична), висока якість передачі кольору об'єктів у приміщенні, відсутність пульсацій та засліпленості [11].

Раніше, основу всіх систем освітлення офісів, як джерела світла становили газорозрядні (люмінесцентні лампи). Їх використання було зумовлене на той час їх беззаперечними перевагами перед іншими джерелами світла, а саме прийнятна

світлова віддача (60 ... 80 лм/Вт), необхідний індекс передавання кольору, досить тривалий термін служби, відносна невисока їх вартість. Проте, їх основним недоліком була наявність в їх складі ртутної складової, що змушувало з ними обережно поводитись (лампи розбивались і ртуть могла потрапити в приміщення), а саме головне – це потребувало спеціальних методів їх утилізації.

На сьогоднішній день люмінесцентні лампи застосовуються лише в тих системах освітлення, де ще не був проведений капітальний ремонт, а при будівництві нових чи реконструкції існуючих будівель чи споруд в якості джерел світла, як стандартні, в даний час використовуються напівпровідникові джерела світла (світлодіоди) та світлові прилади на їх основі. Це пояснюється високими світловіддачею (130 ... 160 лм/Вт) та терміном служби (50 – 100 тис. год), що дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати систем освітлення.

В адміністративних будівлях виділяють такі основні методи організації світлового середовища:

Загальне рівномірне освітлення (рис. 1.2 [8]). Світильники розташовуються на стелі або досить близько до неї, а відстань між ними та їх рядами є постійною. Це дозволяє забезпечити універсальність робочих місць, проте таке розташування є найменш енергоефективним, тому що забезпечується однакова висока освітленість, як на столах, так і впроходах, де вимоги до освітлення є не такими високими.



Рисунок 1.2 – Розташування світильників в системі загального рівномірного освітлення адміністративного приміщення

Загальне локалізоване (зоноване) освітлення – це метод освітлення, коли світильники розміщуються із врахуванням розміщення робочих зон чи обладнання (рис. 1.3 [9]). Перевагою цього методу є те, що таке розташування дозволяє створювати вищий рівень освітлення над робочими місцями в порівнянні із проходами.



Рисунок 1.3 – Розміщення світильників в системі загального локалізованого освітлення

Комбіноване освітлення – поєднання загального та місцевого (Рис. 1.4 [10]). Поєднує загальне освітлення пониженої інтенсивності та місцеве (настільні лампи, світильники над робочими місцями, спрямовані споти). Це дозволяє індивідуально налаштувати світлове середовище. При цьому загальні витрати електричної енергії на освітлення знижуються на 30 %.



Рисунок 1.4 – Зображення розташування світлових приладів в системі комбінованого освітлення

Одним із найпрогресивніших на даний час методів є метод біодинамічного освітлення. Система освітлення, організована по цьому методу імітує природний добовий цикл сонячного світла щодо кольору свічення. Зміна колірної температури протягом дня впливає на природні процеси вироблення в організмі гормонів мелатоніну та кортизолу. Діаграма зміни корельованої колірної температури в приміщенні із застосуванням методу біодинамічного освітлення приведена на рис. 1.5.

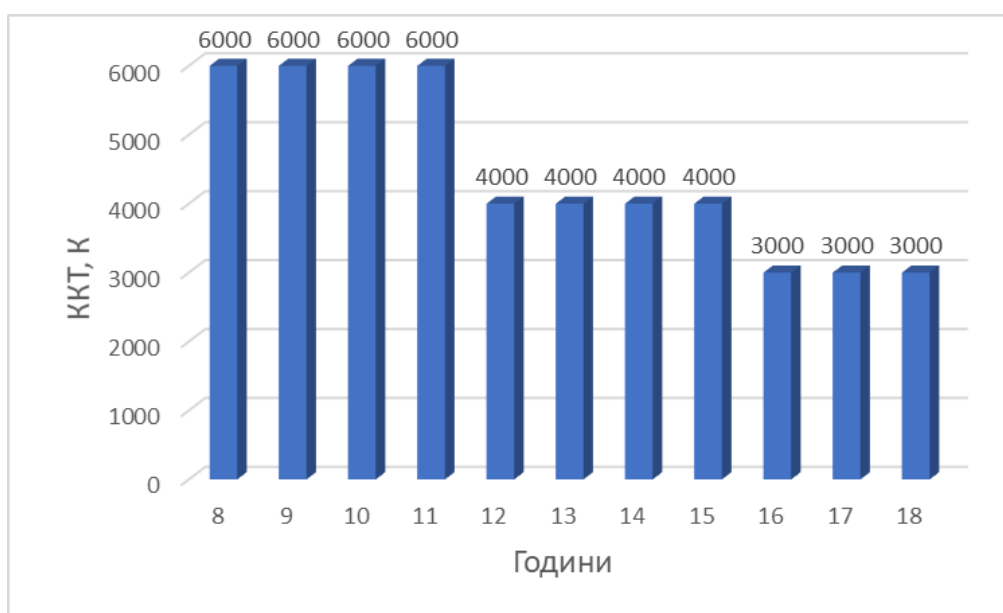


Рисунок 1.5 – Зміна корельованої колірної температури протягом робочого дня при застосуванні системи біодинамічного освітлення

Застосування холодного світла з високою інтенсивністю в ранкові години стимулює активність, концентрацію та знижує сонливість. В середні години робочого дня нейтрально-біле світло підтримує стабільний рівень працездатності. Застосування теплого віддтінку та невисокої інтенсивності світла в системі освітлення протягом вечірніх годин сприяє покращенню релаксації, готуючи тим самим тіло до відпочинку.

Встановлено, що впровадження системи біодинамічного освітлення дозволяє підвищити продуктивність праці на 12–15% та суттєво зменшити кількість скарг на втому очей.

Підвищення енергоефективності сучасного освітлення є неможливою без інтелектуального керування, сучасні методи якого базуються на застосуванні систем автоматики та автоматизації.

Для максимізації енергозбереження в адміністративних будівлях реалізують такі алгоритми автоматичного керування системами освітлення:

- **регулювання за рівнем природного світла:** Фотодатчики визначають рівень освітленості біля вікон. Якщо сонячного світла достатньо, система автоматично знижує світловий потік, а отже потужність світильників, підтримуючи сумарну освітленість на заданому рівні.

- **керування за присутністю/рухом:** датчики присутності (інфрачервоні, ультразвукові або комбіновані) вмикають світло в кабінетах, коридорах чи санвузлах, лише за присутності у них людей і вимикають, якщо протягом певного часу там нікого немає;

- **автоматичне переведення** систем освітлення всієї будівлі в нічний або черговий режим роботи після завершення робочого дня.

Автоматизація керування системами освітлення передбачає застосування систем:

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) – найпоширеніший цифровий протокол для будівель. При застосуванні цього протоколу за кожним світильником закріплена унікальна адреса. Це дозволяє здійснювати індивідуальне керування станом кожного світильника окремо та системи освітлення в цілому, отримувати інформацію щодо несправності та інтегрувати систему освітлення в систему загальної диспетчеризації будівлі (BMS – Building Management System).

KNX – децентралізована шинна система, яка використовується для комплексного автоматизованого керування такими системами будівлі, як освітлення, клімат.

Бездротові технології (ZigBee, Bluetooth Mesh) – знайшли своє застосування переважно при реконструкції або модернізації існуючих будівель, в яких прокладання нових керуючих кабелів є економічно недоцільним.

1.3 Системи електропостачання адміністративних будівель

За надійністю електропостачання всі електроспоживачі поділяються на три категорії:

I – споживачі, перерва у живленні яких недопускається або допускається лише на час автоматичного ввімкнення резерву;

II – споживачі, перерва в електропостачанні яких допускається на час увімкнення резервного живлення черговим персоналом чи бригадою;

III – решта споживачів електричної енергії, перерва в електропостачанні яких допускається на час усунення першопричин порушення електропостачання, але не більше, ніж 24 год.

Електроспоживачі адміністративних будівель за надійністю електропостачання належать переважно до I та II категорій. Особливо важливі споживачі (обладнання у серверних кімнатах, системи пожежної безпеки, охоронна сигналізація, диспетчерські) виділяються в особливу групу I категорії, для яких необхідним є наявність третього резервного джерела живлення.

Для забезпечення безперебійності застосовуються такі методи побудови схем:

Двопроменева схема з автоматичним включенням резерву (АВР). Живлення здійснюється від двох незалежних трансформаторів (рис. 1.6) (або різних секцій шин РУ-0,4 кВ). При зникненні напруги на одному вводі, АВР за частки секунди перемикає споживачів на резервний ввід.

Гаряче резервування за допомогою ДГУ та ДБЖ: Для особливої групи I категорії АВР перемикає живлення на дизель-генераторну установку (ДГУ). Оскільки запуск ДГУ займає від 10 до 30 секунд, для компенсації цього проміжку часу та забезпечення безперервної роботи ІТ-інфраструктури застосовують джерела безперебійного живлення (ДБЖ / UPS) на акумуляторних батареях.

В будівлях адміністративного призначення велику кількість споживачів електричної енергії становлять так звані «нелінійні споживачі», тобто такі споживачі, які споживають струм несинусоїдально, що призводить до створення

вищих гармонік, я як наслідок – до спотворення форми мережевої напруги та погіршення якості електричної енергії.

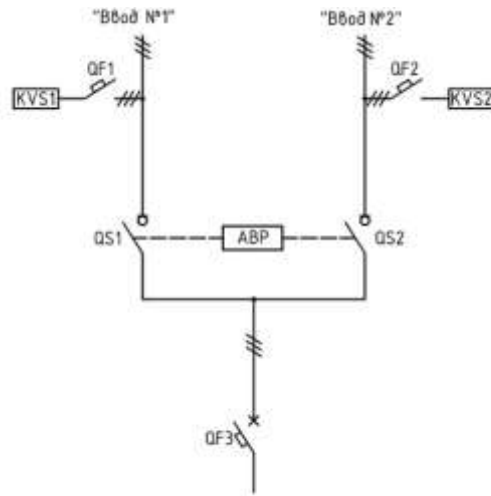


Рисунок 1.6 – Двопроменева схема живлення

Такими споживачами є: імпульсні блоки живлення комп'ютерів та серверів, офісна техніка, частотно-регульовані приводи (ЧРП) систем вентиляції та кондиціонування, а також LED-світильники з низькоякісними драйверами.

Для освітлювального устаткування передбачені граничні значення гармонійних складових споживаного струму (табл. 1.1) [14].

Таблиця 1.1 – Граничні значення гамонійних складових для освітлювального устаткування

Порядок гармоніки	2	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
Потужність До 25 Вт		3,4	1,9	1	0,5	0,35	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10
Понад 25 Вт	2	$30 \cdot \lambda^*$	10	7	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Примітка. * λ – коефіцієнт потужності кола.

При проектуванні систем електропостачання для боротьби з цими явищами необхідно передбачати застосування:

- активних фільтрів гармонік, тобто пристроїв з наявною системою силової електроніки, яка аналізує спотворення в реальному часі та генерує в мережу

струм у протифазу до виявлених гармонік, повністю нейтралізуючи їх;

- автоматизованих установок компенсації реактивної потужності у вигляді конденсаторних батарей задля компенсації індуктивної складової.

1.4 Характеристики адміністративної будівлі та її приміщень

Об'єктом проектування в даній роботі є адміністративна будівля із прибудовою до неї, в якій знаходиться приміщення спортзалу. Характеристики споруди:

- габаритні розміри – 39,56 м × 46,912 м;

- кількість поверхів – 1;

- висота приміщень поверху

- відстань між внутрішніми поверхнями нижнього та верхнього перекриттів будівлі з адміністративними приміщеннями – 3,6 м; -

- висота встановлення ферм над поверхнею підлоги спортивного залу – 7,1 м;

- кількість приміщень – 39;

- сумарна площа приміщень – 1806,56 м²;

План будівлі приведено в графічній частині роботи.

Приміщення у будівлі за призначенням можна розділити на наступні види:

- робочі кабінети та конференц зали;

- спортивний та тренажерний зали;

- роздягальні;

- приміщення загального користування (вестибюль хол та коридори);

- технічні та допоміжні приміщення (електрощитова, бойлерна, інвентарні);

- санвузли та туалети.

Діаграму площ приміщень будівлі приведено на рис. 1.7.

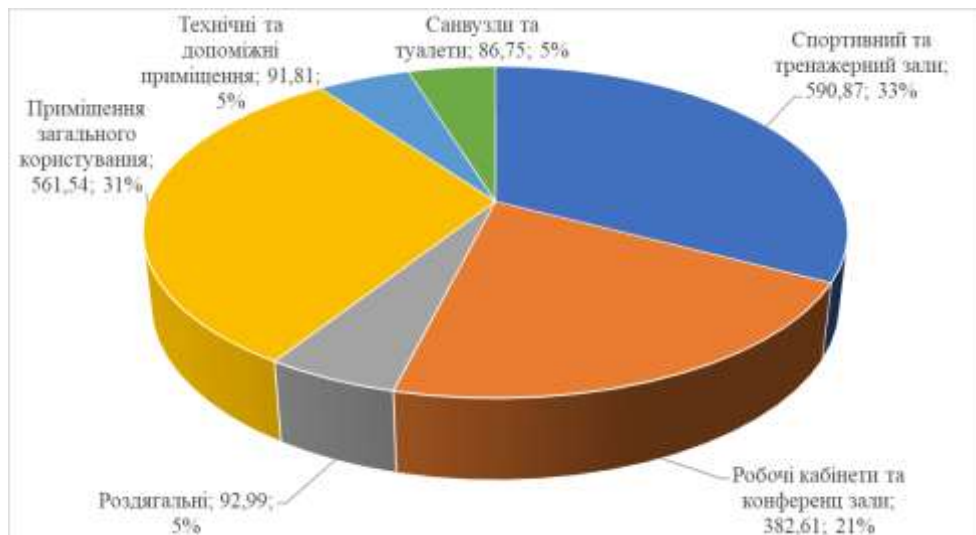


Рисунок 1.7 – Діаграма площ приміщень адміністративної будівлі

1.5 Висновки до розділу

1. Встановлено основні вимоги щодо проектування систем освітлення та електропостачання будівель адміністративного призначення.

2. Проаналізовано існуючі методи та технології освітлення адміністративних приміщень.

3. Наведено основні відомості про об'єкт проектування. Встановлено, що сумарна площа усіх приміщень становить 1806,56 м², з яких 33 % відведено під приміщення спортивного та тренажерного залів.

4. Метою даної роботи є розроблення технічних рішень щодо проектування систем освітлення приміщень та електропостачання споживачів електричної енергії. Для досягнення цієї мети є необхідним виконання наступного: вибір видів та систем освітлення, нормованих світлотехнічних параметрів, джерел світла та світлових приладів; світлотехнічний розрахунок систем освітлення інженерними методами та за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення; проектування та розрахунок електричних освітлювальних та силових мереж будівлі.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір систем освітлення приміщень адміністративної будівлі та їх нормованих світлотехнічних параметрів

Робоче освітлення для усіх приміщень передбачимо від системи загального рівномірного освітлення, при якій світлові прилади розміщуються у верхніх частинах приміщень (кріпляться до стелі або на допоміжні конструкції поблизу неї), при цьому відстань між світильниками та їх рядами для кожних приміщень залишається незмінною. В якості основного регламентованого світлотехнічного параметра, в системах робочого освітлення приміщень адміністративних будівель є середня освітленість робочих чи умовно-робочих поверхонь. Крім того, ще для систем освітлення деяких приміщень (кабінети, конференц зали) регламентованими параметрами є об'єднаний показник дискомфорту M , а для приміщень конференц залів – також і циліндрична освітленість. Значення нормованих світлотехнічних параметрів систем робочого освітлення приміщень вибрані, виходячи із вимог, наведених в додатку Д [6] та приведені у табл. 2.1.

В якості аварійного освітлення застосуємо системи евакуаційного освітлення, призначення яких полягає у забезпеченні безпечного виходу людей з приміщення при виникненні надзвичайних подій.

В коридорних приміщеннях застосуємо систему аварійну систему освітлення шляхів евакуації.

В приміщеннях з площею понад 60 м², та в яких можуть перебувати одночасно 30 та більше людей, а також в приміщеннях бойлерної та електрощитової застосуємо систему антипанічного освітлення, основна мета якої полягає в забезпечення зорових умов, які є прийнятними для запобігання паніки, безпечного руху людей в напрямку евакуаційних шляхів. Окрім цього система антипанічного освітлення повинна забезпечувати необхідну видимість будь-яких перешкод висотою до 2 м над площиною руху.

Таблиця 2.1 – Значення нормованих світлотехнічних параметрів систем робочого освітлення приміщень

Тип приміщень	Позначення на плані	Нормована освітленість, лк	Висота та тип робочої поверхні	Показник <i>M</i> дискомфорту, не більше
Робочі кабінети	7 – 10, 17, 24, 25, 29	300	Г – 0,8	40
Конференц зали	13, 14	300	Г – 0,8	60
		75	Циліндрична	
Тренажерний зал	27	200	Г – 0,0	60
Спортивний зал	39	200	Г – 0,0	60
		75	В – 2,0	
Хол-вестибюль	2	150	Г – 0,8	90
		75	Циліндрична	
Дитяча зона	3	200	Г – 0,0	40
Зона кафе	4	200	Г – 0,8	60
		75	Циліндрична	
Зона рецепції	5	200	Г – 0,8	60
Роздягальні	30, 36	150	Г – 0,0	90
Електрощитова	28	75	Г – 0,8	60
		75	В – 1,5	
Бойлерна, коридори, санвузли, гардеробні, кладові, інвентарні	6, 11, 15, 16, 18 – 23, 26, 31 – 35, 37, 38	75	Г – 0,0	
Тамбури	1, 12	50	Г – 0,0	

Значення нормованих світлотехнічних параметрів систем аварійного освітлення приміщень вибрані, виходячи із вимог, наведених в табл. 8.52 [стор. 49, 6] та приведені у табл. 2.2.

Варто зауважити, що системи освітлення шляхів евакуації та антипанічного освітлення повинні забезпечувати рівень нормованої освітленості протягом не менше 1 год. Причому через 5 с після порушення живлення робочого освітлення має бути забезпечено 50 % рівня нормованої освітленості, а після 60 с – 100 % рівня нормованої освітленості.

Таблиця 2.2 – Значення нормованих світлотехнічних параметрів систем аварійного освітлення приміщень

Тип приміщень	Позначення на плані	E_{\min} , лк	E_{\max}/E_{\min} , не більше
Коридорні приміщення, хол-вестибюль	2, 6, 11	1,0	40
Тренажерний зал, спортивний зал, конференц-зал, електрощитова, бойлерна, дитяча зона, зона кафе та рецепції	3 – 5, 10, 14, 27, 28, 39	0,5	

2.2 Вибір джерел світла та світлових приладів

Усі штучні джерела світла, які використовуються в системах освітлення, можна умовно розділити на три класи [15]:

- теплові (оптичне випромінювання виникає внаслідок нагрівання тіла розжарення до високої температури при проходженні через нього електричного струму);

- розрядні (випромінювання виникає в результаті розрядів між електродами, які знаходяться у газі або парах металів);

- напівпровідникові (оптичне випромінювання здійснюється матеріалом напівпровідника при прикладанні до нього електричного струму).

В якості джерел світла свій вибір зупинимо на напівпровідникових (світлодіодах) котрі в порівнянні із тепловими та розрядними мають наступні переваги:

- вища енергоефективність за рахунок вищої світлової віддачі (115 – 303 лм/Вт (порівняння джерел світла по світловій віддачі показано на діаграмі, що на рис. 2.1);

- високий термін служби (25 ... 50 тис. год, а для деяких виробників – 100 тис. год);

- високий індекс кольоропередачі (80 ... 95);
- низький рівень пульсацій випромінювання (5 – 10 %);
- миттєве перезапалювання (не потребують охолодження після виключення та повторного включення);
- підвищена екологічність та економічність (відсутність у складі світлодіодів компонентів із ртутною складовою, що не потребує застосування спеціальних методів утилізації та залучення на них додаткових грошових витрат).

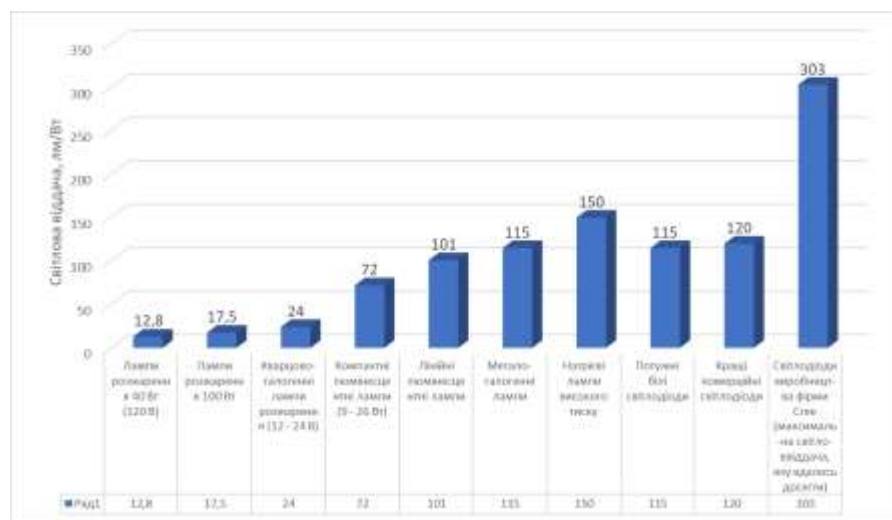


Рисунок 2.1 – Порівняння джерел світла по світловій віддачі

Виходячи із вищенаведеного, для освітлення приміщень робочих кабінетів, конференц залів, тренажерного залу, роздягальнь та інвентарних зупинимо вибір на світильниках типу ДПО26В (рис. 2.2) [16].



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд світильників ДПО26В

Для освітлення холу вестибюлю, дитячої зони, зон кафе та рецепції,

гардеробної та коридорних приміщень застосуємо світильники типу ДПО20У Юпітер-LED-панель (рис. 2.3) [17].



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд світильника типу ДПО20У Юпітер-LED-панель

Ці світлові прилади призначені для систем загального освітлення в адміністративних, офісних, комерційних, громадських і медичних приміщеннях будівель.

Для освітлення приміщення спортивного залу використаємо світильники типу ДПП27У Effect LED (рис. 2.4 а) [18]. Ці світильники призначені для систем освітлення промислових (в т.ч. ангарного типу), складських, комерційних, спортивних, сільськогосподарських, допоміжних та інших приміщень. Однією з особливостей цього світильника є наявність його модифікації із захисною сіткою, що дозволяє застосовувати його в спортивних залах для ігрових видів спорту.

В системі освітлення елетрощитової використаємо світильник типу ДСП07У (рис. 2.4 б) [19].



а)



б)

Рисунок 2.4 – Зображення світильників ДПП27У Effect LED (а) та ДСП07У (б)

Для освітлення решти приміщень застосуємо світильники типу ДББ26У Селена LED (рис. 2.5 а) [20].



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд світлових приладів ДББ26У Селена LED (а), ДПП06У (б) та ДБО02ВСП (в)

Для аварійного освітлення застосуємо:

- для приміщення холу вестибюлю, дитячої зони, зон кафе та рецепції, а також коридору (11) застосуємо аварійні модифікації світильників ДПО20У Юпітер-LED-панель;

- для приміщень електрощитової та бойлерної – аварійні модифікації світильників відповідно ДСП07У та ДББ26У Селена LED;

- для приміщень кабінету (10), конференц залу (14), коридору (26), тренажерного залу (27) та спортивного залу (39) – світлодіодні аварійні світильники типу ДПП06У (рис. 2.5 б) [21].

Час роботи аварійних модифікацій світлових приладів ДПО20У Юпітер-LED-панель, ДСП07У, ДББ26У Селена LED та світлові прилади ДПП06У здатні працювати при аварійному припиненні електропостачання становить не менше 3 год.

Технічні характеристики світлових приладів приведено в табл. 2.3.

Варто зауважити, що аварійні модифікації світильників ДПО20У Юпітер-LED-панель, ДСП07У та ДББ26У Селена LED працюватимуть у постійному режимі роботи (схему під'єднання світильників приведено на рис. 2.6 а). Цей режим передбачає живлення світильника від електричної мережі, коли система

електропостачання працює в нормальному режимі. При цьому одночасно відбувається свічення світлодіодів та заряджання акумуляторної батареї.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики світлових приладів

Технічна характеристика	Типи світлових приладів					
	ДПО26В	ДПО20У Юпітер- LED-панель	ДПП27У Effect LED	ДСП07У	ДББ26У Селена LED	ДПП06У
Потужність, Вт	20 ... 50	36, 45	80 ... 240	15 ... 80	12 ... 20	6
Світловий потік, лм	2400 ... 6000	4320, 5400	9600 ... 31200	2175 ... 11600	1680 ... 2800	480
Світлова віддача, лм/Вт	120		120, 130	145	140	80
Тип КСС	Д		К, Г, Л	Д		
Корельована колірна температура, К	4000, 5000	4000, 5000, 6000	4000			
Коефіцієнт активної потужності	0,95					
Ступінь пиловологозахисту	IP20		IP65	IP66	IP65	IP65
Клас електрозахисту	I					

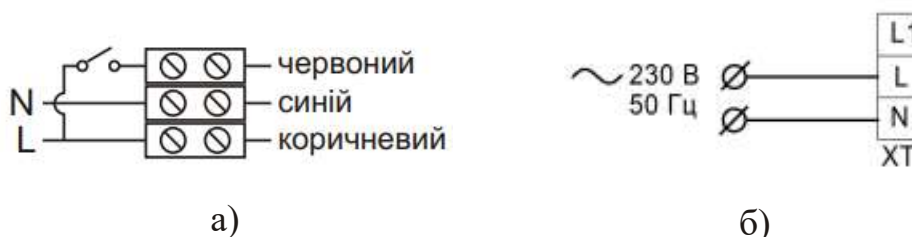


Рисунок 2.6 – Схеми під'єднання аварійних світильників для постійного (а) та непостійного (б) режимів роботи

В непостійному режимі роботи (схему підключення показано на рис. 2.6 б) відбувається лише заряджання акумуляторної батареї при нормальному функціонування системи електропостачання, а свічення світильника буде

відбуватись лише при вимкненні на нього подачі напруги.

2.3 Споживачі електричної енергії адміністративної будівлі та їх живлення

В даній роботі проектування системи електропостачання виконаємо для наступних споживачів електричної енергії:

- система робочого та аварійного освітлення приміщень (світлотехнічний розрахунок систем освітлення виконано в розрахунковому розділі)
- установки для подачі та нагрівання води;
- системи електричного опалення;
- системи вентиляції;
- системи кондиціонування;
- електроспоживачі, які живляться через мережу розеток та інші.

Потужність споживачів електричної енергії приведено на діаграмі, що на рис. 2.7.

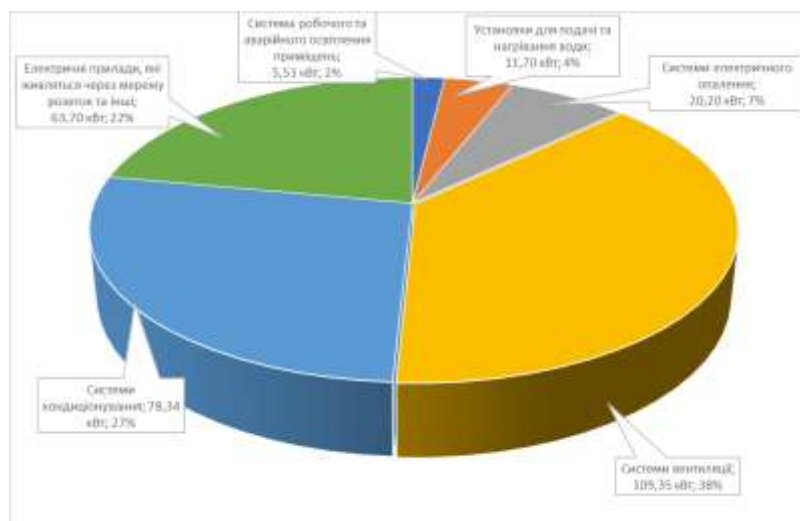


Рисунок 2.7 – Діаграма часток споживачів електричної енергії

За надійністю електропостачання електроспоживачі відносяться до II категорії. Виняток становлять системи аварійного освітлення, пожежної та

охоронної сигналізації. Живлення цих електроспоживачів передбачимо від акумуляторних батарей.

Живлення електроустаткування будівлі передбачимо по двох вводах від однієї трансформаторної підстанції через дві ввідно-облікові шафи (рис. 2.8).

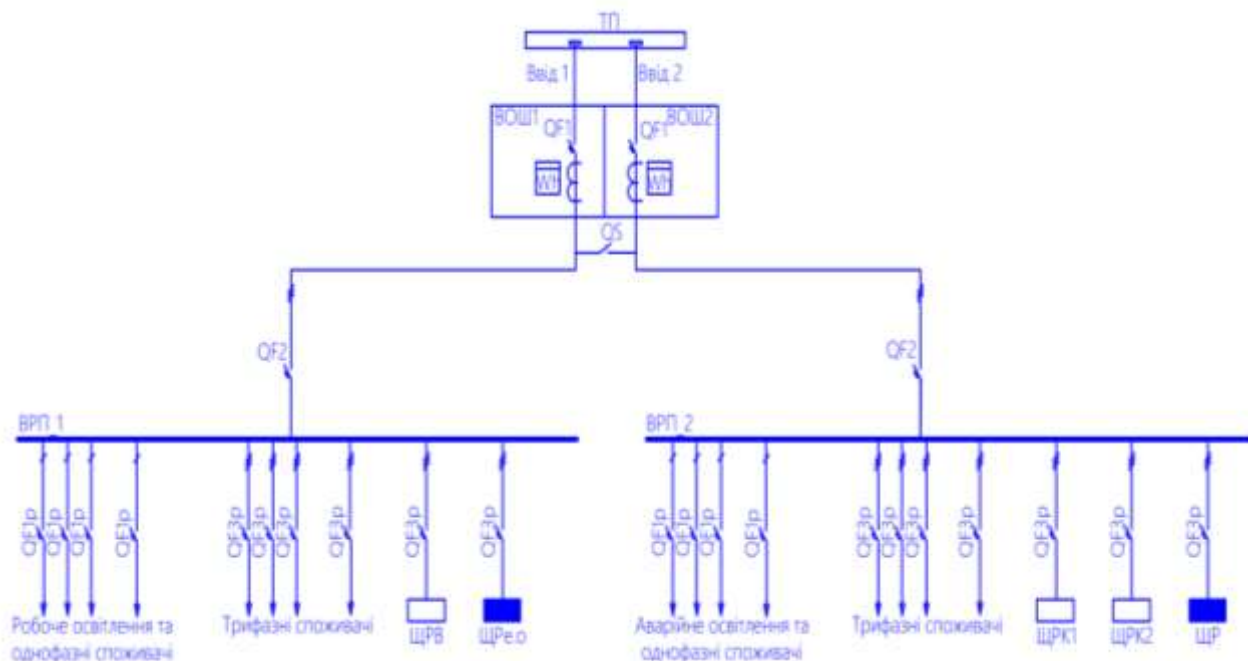


Рисунок 2.8 – Принципова схема живильної мережі адміністративної будівлі

Ввідно-розподільчий пристрій розділено на дві секції – ВРП_1 та ВРП_2, живлення яких виконано відповідно від ввідно-облікових шаф ВОШ1 та ВОШ2.

Для забезпечення електропостачання всієї будівлі при припиненні електропостачання по одному із вводів застосуємо трисекційний перемикач QS. При цьому живлення кожної секції ВРП передбачимо двома кабелями – для нормального та аварійного режимів.

З метою захисту ділянок електричної живильної мережі від перевантаження застосуємо автоматичні вимикачі:

- для захисту ліній живлення секцій ВРП – триполюсні автоматичні вимикачі QF2;

- для захисту ділянок, які живлять трифазні споживачі та щити ЩРВ, ЩРО, ЩРК1, ЩРК2 та ЩР – триполюсні автоматичні вимикачі QF3р;

- для захисту ділянок, які живлять трифазні споживачі та щити ЩРВ, ЩРО, ЩРК1, ЩРК2 та ЩР – триполюсні автоматичні вимикачі QF3р;

- для захисту ділянок, які живлять трифазні й однофазні споживачі – однополюсні автоматичні вимикачі QF1р.

Від секції ВПП_1 передбачимо живлення:

- однофазних споживачів: світильників робочого освітлення (19 груп), автоматичних воріт (1 група);

- трифазних споживачів: щитів ЩРВ, ЩРе.о, електричних водонагрівачів та насосної станції (5 груп).

Від секції ВПП_2:

- однофазних споживачів: світильників робочого та аварійного освітлення (5 груп), світильників аварійного освітлення (1 група), автоматичних воріт (1 група), приймально-контрольного пожежного приладу (1 група), штепсельних розеток (26 груп), бойлерів, рушничко-сушарки, системи обігріву воронок (4 групи), системи відеоспостереження та сигналізації (одна група);

- трифазних споживачів: щитів ЩРВК1, ЩРК2, ЩР (3 групи).

Від щита ЩРВ:

- однофазних споживачів: вентиляторів (5 груп);

- трифазних споживачів: систем припливно-витяжної вентиляції та щита управління (8 груп).

Від щита ЩРе.о передбачимо живлення однофазних споживачів: конвекторів електричних (9 груп), систем теплої підлоги (10 груп).

Від щита ЩРК1:

- однофазних споживачів: внутрішніх блоків кондиціонерів (16 груп);

- зовнішнього блоку кондиціонера (1 група).

Від щита ЩРК2:

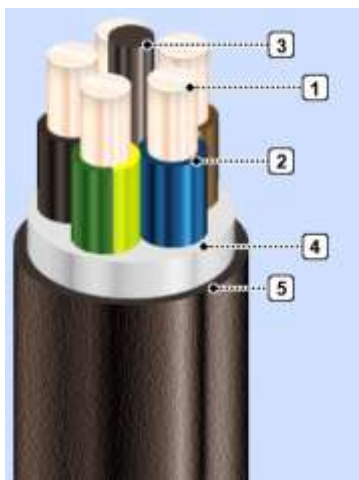
- однофазних споживачів: внутрішніх блоків кондиціонерів (6 груп);

- зовнішнього блоку кондиціонера (1 група).

Від щита ЩР передбачимо живлення однофазних споживачів: світильників робочого освітлення (1 група), штепсельних розеток (5 груп).

2.4 Вибір проводів та кабелів електромереж адміністративної будівлі

Для ліній, які живлять групи робочого освітлення, штепсельні розетки, силове навантаження, а також ліній, які живлять розподільчі щити виберемо кабель силовий з мідними струмопровідними жилами, з ізоляцією з полівінілхлоридного пластикату зниженої пожежонебезпеки, із зовнішньою оболонкою з полівінілхлоридного пластикату зниженої пожежонебезпеки типу ВВГнгд (рис. 2.9) [22].



- 1 – мідна жила;
- 2 – ізоляція з полівінілхлоридного пластикату зниженої пожежонебезпеки;
- 3 – джгут з полівінілхлоридного пластикату зниженої пожежонебезпеки;
- 4 – внутрішня оболонка з полівінілхлоридного пластикату зниженої пожежонебезпеки;
- 5 – зовнішня оболонка з полівінілхлоридного пластикату зниженої пожежонебезпеки

Рисунок 2.9 – Будова кабелю ВВГнгд

Кабель застосовується при прокладанні у приміщеннях, у сухих тунелях та каналах, в середовищі із агресивними умовами, у приміщеннях, де можливим є перебування великої кількості людей.

Продукція цієї марки відповідає таким вимогам:• не поширює полум'я при одиночному прокладанні;

- не поширює полум'я при груповому прокладанні в пучках категорії А;
- має клас Тк3 за токсичністю продуктів горіння неметалевих складових (показник токсичності – понад 120 г/м³);
- відповідає класу ДТк1 за димоутворювальною здатністю під час тління неметалевих елементів (коефіцієнт димоутворення – від 50 до 500 м²/кг);
- має клас ДПк1 за димоутворенням під час горіння (мінімальний рівень

світлопропускання – понад 60 %);

- відповідає класу Kк1 за корозійною активністю продуктів горіння неметалевих елементів (вміст галогеноводнів – менше 150 мг/г, рівень рН – менше 4,3, питома електропровідність – понад 10 мкСм/мм).

Для ліній, які живлять світильники аварійного освітлення застосуємо мідний, вогнетривкий кабель з заповненням та оболонкою з безгалогенних речовин типу N)HXH FE 180/E30 [23].

Застосовується на об'єктах із підвищеними вимогами до безпеки людей, матеріальних і культурних цінностей, а також у системах та обладнанні, що повинні безперебійно працювати для забезпечення оперативного й безпечного проведення рятувальних робіт у разі пожежі. Технічні характеристики відповідають вимогам стандартів DIN VDE 0266 та TS HD 604 S19. У разі пожежі кабель зберігає працездатність протягом 30 хвилин.

2.5 Розрахунок електричної мережі адміністративної будівлі та вибір перерізу жил кабелів

2.5.1 Розрахунок групових ліній

Розрахунок виконаємо по струму навантаження. Для групових ліній, по яких виконується живлення кінцевих електроспоживачів, використаємо формули:

- для однофазних електроспоживачів (в тому числі робочого та аварійного освітлення):

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (2.1)$$

- для трифазних електроспоживачів:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_\lambda \cdot \cos \varphi}, \quad (2.2)$$

де P_p – сумарна розрахункова потужність електроспоживачів, які живляться ділянкою мережі, для якої виконується розрахунок, виражена в кВт;

$U_\lambda = 400 \text{ В}$, $U_\phi = 230 \text{ В}$ – чисельні номінальні значення відповідно лінійної й фазової напруги електричної мережі;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт активної потужності;

При розрахунку групових ліній приймемо, що $P_p = P_y$, де P_y – встановлена потужність.

Розрахунок продемонструємо на прикладі групових ліній, які живлять групи: Гр.17.о, Гр.1с, Гр.21к.

Для групи Гр.17.о, підставивши чисельні значення: $P_p = 0,48 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$ у формулу (2.1), отримаємо:

$$I_p = \frac{0,480 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 2,20 \text{ А.}$$

Для групи Гр.1с: $P_p = 2,00 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,80$. Звідси:

$$I_p = \frac{2,000 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,80} = 10,87 \text{ А.}$$

Для групи Гр.21.к, підставивши чисельні значення: $P_p = 30,00 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$ у формулу (2.2), отримаємо:

$$I_p = \frac{30,000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 45,58 \text{ А.}$$

Розрахунок для інших групових ліній виконуємо аналогічно. Результати розрахунку приведено в табл. 2.4 – 2.10.

2.5.2 Розрахунок ліній живлення групових щитів та ВРП

Розрахунок струмів навантаження виконаємо, використовуючи формулу:

$$I_p = \frac{S_{p\Sigma} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (2.3)$$

де S_p – повна сумарна споживана потужність, кВА, електроприладів які живляться ділянкою електричної мережі, для якої ведеться розрахунок., котру визначимо за формулою:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}, \quad (2.4)$$

де $P_{p\Sigma}$ – розрахункове активне навантаження, кВт;

$Q_{p\Sigma}$ – розрахункове реактивне навантаження, кВАр, навантаження.

Розрахункові активні навантаження визначаються, виходячи із формул [7]:

- при змішаному живленні освітлення та розеткової мережі:

$$P_{p\Sigma} = P_{p\Sigma_{осв}} + P_{p\Sigma_{роз}}; \quad (2.5)$$

- при живленні силового навантаження:

$$P_{p\Sigma} = P_{\Sigma_{ЕЛ}} K_{ПСИЛ}; \quad (2.6)$$

- при спільному живленні силового навантаження та освітлення

$$P_{p\Sigma} = K \cdot (P_{p\Sigma_{осв}} + P_{\Sigma_{ЕЛ}} + P_x \cdot K_1), \quad (2.7)$$

де $P_{p\Sigma_{осв}}$ – сумарне розрахункове активне навантаження систем освітлення;

$P_{p\Sigma_{роз}}$ – сумарне розрахункове активне навантаження мережі розеток;

$P_{\Sigma_{ЕЛ}}$ – розрахункове активне навантаження силових електроспоживачів;

$K_{ПСИЛ}$ – розрахунковий коефіцієнт попиту силового навантаження;

K – коефіцієнт розбіжності розрахункових максимумів навантажень силових електроприймачів, включаючи освітлення та холодильне устаткування

P_x – розрахункове навантаження холодильних машин систем кондиціонування повітря;

K_1 – коефіцієнт, який залежить від співвідношення розрахункового навантаження систем освітлення та навантаження холодильного устаткування холодної станції.

Розрахункові активні навантаження систем освітлення та розеткової мережі визначимо за формулами:

$$P_{p\Sigma} = \sum_{k=1}^{k=n} P_{yk} \cdot K_{pk}, \quad (2.8)$$

де n – кількість споживачів, які живляться через задану ділянку електричної мережі

K_{pk} – коефіцієнт попиту k -го електроспоживача;

Від щита ЩР живляться світильники робочого освітлення та розетки. Тому для визначення розрахункового навантаження лінії, що живить щит ЩР використаємо формулу (2.5). Для розрахунку приймемо наступне:

- для групи споживачів 1Гр.1о: $(\cos \varphi)_{1Гр.1о} = 0,95$, $K_{п1Гр.1о} = 0,95$

(адміністративні будівлі, в яких встановлена потужність системи робочого освітлення не перевищує 10 кВт, [табл. 6.9, С. 26, 7]).

- для груп споживачів 1Гр.1с – 1Гр.5с: $(\cos \varphi)_{1Гр.1с-1Гр.5с} = 0,80$,

$K_{п1Гр.1с-1Гр.5с} = 0,20$ (мережі живлення адміністративних будівель [табл. 6.10, С. 27, 7]).

Підставляючи значення потужностей та коефіцієнтів попиту у формулу (2.5), отримаємо:

$$P_{p\Sigma ЩР} = 0,40 \cdot 0,95 + 5 \cdot 2,00 \cdot 0,20 = 2,38 \text{ кВт},$$

Реактивну потужність навантаження щита ЩР визначимо за формулою:

$$Q_{p\Sigma} = \sum_{k=1}^{k=n} P_{pk} \cdot (tg\varphi)_k, \quad (2.9)$$

де $(tg\varphi)_k$ – відношення реактивної та повної потужностей k -го електроспоживача, яке визначається за формулою:

$$(tg\varphi)_k = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi)_k^2} - 1}, \quad (2.10)$$

де $(\cos\varphi)_k$ – коефіцієнт активної потужності k -го електроспоживача.

Підставляючи значення встановленої потужності, коефіцієнта активної потужності та коефіцієнта попиту у формули (2.10), (2.9), (2.4) та (2.3), отримаємо:

$$(tg\varphi)_{\text{Гр.1о}} = \sqrt{\frac{1}{0,95^2} - 1} = 0,33,$$

$$(tg\varphi)_{\text{Гр.1с-Гр.5с}} = \sqrt{\frac{1}{0,80^2} - 1} = 0,75,$$

$$P_{p\Sigma\text{ЩР}} = 0,40 \cdot 0,95 + 5 \cdot 2,00 \cdot 0,20 = 2,38 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma\text{ЩР}} = 0,40 \cdot 0,95 \cdot 0,33 + 5 \cdot 2,00 \cdot 0,20 \cdot 0,75 = 1,62 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma\text{ЩР}} = \sqrt{2,38^2 + 1,62^2} = 2,88 \text{ кВАр},$$

$$I_{p\text{ЩР}} = \frac{2,88 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 4,16 \text{ А}.$$

Від щитів ЩРК1 та ЩРК2 виконується живлення силового навантаження, а саме зовнішніх та внутрішніх блоків кондиціонерів, а від щита ЩРВ – установки вентиляції, а від щита ЩРе.о – живлення електричних конвекторів та установок теплої підлоги. Тому розрахункове активне навантаження для ліній, які живлять ці щити визначимо за формулою (2.6). Розрахунковий коефіцієнт попиту силового навантаження приймемо, виходячи із даних, наведених в табл. 6.11 та 6.13 [7], відповідно до яких коефіцієнт попиту силового навантаження

при кількості силових приймачів 59 та питомій вазі встановленої потужності сантехнічного та холодильного устаткування, включаючи системи кондиціонування, становить $K_{\text{сил}} = 0,55$. Коефіцієнти активної потужності приймемо, відповідно до п. 6.2.14 [7]:

- для вентиляторів та кондиціонерів потужністю до 1 кВт – 0,70;
- для вентиляторів та кондиціонерів потужністю від 1 до 4 кВт – 0,75;
- для вентиляторів та кондиціонерів потужністю понад 4 кВт – 0,80;

Для установок опалення (конвекторів та теплої підлоги) приймемо $\cos \varphi = 1$.

Підставляючи значення встановлених потужностей, коефіцієнта попиту та коефіцієнтів активної потужності у формули (2.6), (2.10), (2.9), (2.4) та (2.3), отримаємо:

- для щита ЩРК1:

$$P_{p\Sigma\text{ЩРК1}} = 0,55 \cdot (44,70 + 7 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,11 + 0,52 + 0,22 + 0,42 + 0,21) = 26,03 \text{ кВт.}$$

$$(\text{tg} \varphi)_{\text{Гр.1к}} = \sqrt{\frac{1}{0,80^2} - 1} = 0,75,$$

$$(\text{tg} \varphi)_{\text{Гр.1к.1-Гр.1к.16}} = \sqrt{\frac{1}{0,70^2} - 1} = 1,02,$$

$$Q_{p\Sigma\text{ЩРК1}} = 0,55 \cdot \left(0,80 \cdot 44,70 + 0,70 \cdot (7 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,11 + 0,52 + 0,22 + 0,42 + 0,21) \right) = 19,91 \text{ кВАр.}$$

Відповідно до примітки 1 табл. 6.11 [7] розрахункове навантаження повинно бути не менше, ніж потужність найбільшого з електроприймачів. Тому приймаємо, що $P_{p\Sigma\text{ЩРК1}} = 44,70 \text{ кВт}$, $Q_{p\Sigma\text{ЩРК1}} = 44,70 \cdot 0,75 = 33,53 \text{ кВАр}$, звідси

$$S_{p\Sigma\text{ЩРК1}} = \sqrt{44,70^2 + 33,53^2} = 55,88 \text{ кВА},$$

$$I_{p\Sigma\text{ЩРК1}} = \frac{55,88 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 80,65 \text{ А};$$

- для щита ЩРК2:

$$P_{p\Sigma\text{ЩРК}2} = 0,55 \cdot (30,00 + 4 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,21) = 31,02 \text{ кВт};$$

$$(\text{tg}\varphi)_{\text{Гр.21к}} = \sqrt{\frac{1}{0,80^2} - 1} = 0,75,$$

$$(\text{tg}\varphi)_{\text{Гр.21к.1-Гр.11к.6}} = \sqrt{\frac{1}{0,70^2} - 1} = 1,02,$$

$$Q_{p\Sigma\text{ЩРК}2} = 0,55 \cdot (0,80 \cdot 30,00 + 0,70 \cdot (4 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,21)) = 12,95 \text{ кВАр}.$$

Аналогічно, як і для щита ЩРК 1, приймаємо $P_{p\Sigma\text{ЩРК}2} = 30,00 \text{ кВт}$, $Q_{p\Sigma\text{ЩРК}2} = 30,00 \cdot 0,75 = 22,50 \text{ кВАр}$. Звідси

$$S_{p\Sigma\text{ЩРК}2} = \sqrt{30,00^2 + 22,50^2} = 37,50 \text{ кВА},$$

$$I_{p\Sigma\text{ЩРК}2} = \frac{37,50 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 54,13 \text{ А};$$

- для щита ЩРВ:

$$P_{p\Sigma\text{ЩРВ}} = 0,55 \cdot \left(\begin{array}{l} 23,00 + 14,00 + 4,34 + 7,00 + 16,3 + 2,74 + \\ + 23,00 + 18,22 + 0,10 + 0,15 + 0,17 + 0,05 + 0,28 \end{array} \right) = 60,14 \text{ кВт};$$

$$(\text{tg}\varphi)_{\text{Гр.1в-Гр.7в}} = \sqrt{\frac{1}{0,80^2} - 1} = 0,75,$$

$$(\text{tg}\varphi)_{\text{Гр.9в-Гр.13в}} = \sqrt{\frac{1}{0,70^2} - 1} = 1,02,$$

$$Q_{p\Sigma\text{ЩРВ}} = 0,55 \cdot \left(\begin{array}{l} 0,75 \cdot (23,00 + 14,00 + 4,34 + 7,00 + 16,3 + 2,74 + \\ + 23,00 + 18,22) + \\ + 0,7 \cdot (0,10 + 0,15 + 0,17 + 0,05 + 0,28) \end{array} \right) = 45,22 \text{ кВАр};$$

$$S_{p\Sigma\text{ЩРВ}} = \sqrt{60,14^2 + 45,22^2} = 75,25 \text{ кВА},$$

$$I_{p\Sigma\text{ЩРВ}} = \frac{75,25 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 108,61 \text{ А};$$

- для щита ЩРе.о:

$$P_{p\SigmaЩРe.o} = 0,55 \cdot (9 \cdot 1,00 + 2 \cdot 2,50 + 4 \cdot 0,75 + 2 \cdot 0,60 + 0,45) = 10,67 \text{ кВт};$$

$$(\text{tg}\varphi)_{\text{Гр.1e.o-Гр.19e.o}} = \sqrt{\frac{1}{1,00^2} - 1} = 0,00,$$

$$Q_{p\SigmaЩe.o} = 0,55 \cdot 0,00 \cdot (9 \cdot 1,00 + 2 \cdot 2,50 + 4 \cdot 0,75 + 2 \cdot 0,60 + 0,45) = 0,00 \text{ кВАр}.$$

$$S_{p\SigmaЩРe.o} = \sqrt{10,67^2 + 0,00^2} = 10,67 \text{ кВА},$$

$$I_{pЩРe.o} = \frac{10,67 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 15,40 \text{ А}.$$

Для встановлення розрахункових навантажень ділянок, які живлять щити ВРП1 та ВРП2 використаємо формулу (2.7).

$$\text{Для щита ВРП1: } P_{p\Sigma\text{ocв}} = 4,44 \text{ кВт}, \quad P_{\Sigma\text{EЛ}} = 75,95 \text{ кВт}.$$

По відношенню $100 \cdot P_{p\Sigma\text{ocв}} / P_{\Sigma\text{EЛ}} = 100 \cdot 4,44 / 75,95 = 5,85 \%$, відповідно до примітки 1 табл. 6.15 [7] приймаємо $K = 1,00$.

Звідси

$$P_{p\Sigma\text{ВРП}_1} = 1 \cdot (4,44 + 75,95) = 80,39 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma\text{ВРП}_1} = 1 \cdot (4,44 \cdot 0,33 + 46,31) = 47,77 \text{ кВАр},$$

$$S_{p\Sigma\text{ВРП}_1} = \sqrt{80,39^2 + 47,77^2} = 93,51 \text{ кВА},$$

$$I_{p\text{ВРП}_1} = \frac{93,51 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 134,97 \text{ А}.$$

$$\text{Для щита ВРП2: } P_{p\Sigma\text{ocв}} = 1,02 \text{ кВт}, \quad P_{\Sigma\text{EЛ}} = 17,29 \text{ кВт}, \quad P_x = 41,09 \text{ кВт},$$

$$Q_{p\Sigma\text{ocв}} = 0,33 \text{ кВАр}, \quad Q_{\Sigma\text{EЛ}} = 11,46 \text{ кВАр}, \quad Q_x = 30,81 \text{ кВАр}.$$

По відношенню $100 \cdot P_{p\Sigma\text{ocв}} / P_{\Sigma\text{EЛ}} = 100 \cdot 1,02 / 17,29 = 5,90 \%$, відповідно до примітки 1 табл. 6.15 [7] приймаємо $K = 1,00$.

По відношенню $100 \cdot P_{p\Sigma\text{ocв}} / P_x = 100 \cdot 1,02 / 41,09 = 2,48 \%$ з табл. 6.16 [7] приймаємо $K_1 = 1,00$.

Звідси

$$\begin{aligned}P_{p\Sigma BPII_2} &= 1 \cdot (1,02 + 17,29 + 1 \cdot 41,09) = 59,39 \text{ кВт}, \\Q_{p\Sigma BPII_2} &= 1 \cdot (0,33 + 11,46 + 1 \cdot 30,81) = 42,61 \text{ кВАр}, \\S_{p\Sigma BPII_2} &= \sqrt{59,39^2 + 42,61^2} = 73,10 \text{ кВА}, \\I_{pBPII_2} &= \frac{73,10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 105,51 \text{ А}.\end{aligned}$$

Оскільки, відповідно до схеми, що на рис. 2.8, при порушенні електропостачання по одному із вводів передбачено перемикання живлення усіх електроспоживачів будівлі на другий ввід. Тому для обох вводів виконаємо один розрахунок. При цьому врахуємо, що при розрахунку навантаження вводів в будівлі, коефіцієнт попиту розеткових ліній становить 0,1. Розрахункові навантаження:

$$\begin{aligned}P_{p\Sigma osv_Bvid} &= 4,44 + 1,02 = 5,46 \text{ кВт}, Q_{p\Sigma osv_Bvid} = 1,46 + 0,33 = 1,79 \text{ кВАр}; \\P_{p\Sigma EL_Bvid} &= 75,95 + 11,09 = 87,04 \text{ кВт}, Q_{p\Sigma EL_Bvid} = 6,81 + 46,31 = 53,12 \text{ кВАр}; \\P_{x_Bvid} &= 41,09 \text{ кВт}, Q_{p\Sigma EL_Bvid} = 30,81 \text{ кВАр};\end{aligned}$$

По відношенню $100 \cdot P_{p\Sigma osv_Bvid} / P_{\Sigma EL_Bvid} = 100 \cdot 5,46 / 87,04 = 6,27 \%$, відповідно до примітки 1 табл. 6.15 [7] приймаємо $K = 1,00$.

По відношенню $100 \cdot P_{p\Sigma osv_Bvid} / P_{x_Bvid} = 100 \cdot 5,46 / 41,09 = 13,29 \%$ з табл. 6.16 [7] приймаємо $K_1 = 1,00$.

Звідси

$$\begin{aligned}P_{p\Sigma Bvid} &= 1 \cdot (5,46 + 87,04 + 1 \cdot 41,09) = 133,58 \text{ кВт}, \\Q_{p\Sigma Bvid} &= 1 \cdot (1,79 + 53,12 + 1 \cdot 30,81) = 85,73 \text{ кВАр}, \\S_{p\Sigma Bvid} &= \sqrt{133,58^2 + 85,73^2} = 158,72 \text{ кВА}, \\I_{pBvid} &= \frac{158,72 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 229,10 \text{ А}.\end{aligned}$$

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку секції ВРП 1

Маркування щита		ВРП 1									
Місце встановлення щита		28									
Встановлена активна потужність, кВт		142,20									
Розрахункова активна потужність, кВт		80,46									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		47,79									
Розрахункова повна потужність, кВА		93,58									
Робочий струм, А		135,07									
Тип кабеля		ВВГнгд-4×70									
Апарат захисту		ХТ1В 160 TMD 160-1600 3P F F 160А 18кА									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
1М	ЩРВ	28	109,35	0,55	0,85	0,62	60,14	45,22	108,61	ВВГнгд-5×50	FB1-63 3P C 125A 10kA ECO
2М	ЩРе.о.	28	19,40	0,55	1	0,00	10,67	0,00	15,40	ВВГнгд-5×4	FB1-63 3P C 16A 6kA CITY
Гр.1.о	Світильники робочого освітлення	16	0,05	0,95	0,95	0,33	0,05	0,01	0,22	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.2.о	Світильники робочого освітлення	1	0,08	0,95	0,95	0,33	0,08	0,02	0,37	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.3.о	Світильники робочого освітлення	2 - 5, 11, 15, 18	0,38	0,95	0,95	0,33	0,36	0,12	1,72	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 4A 6kA CITY
Гр.4.о	Світильники робочого освітлення	6-9	0,43	0,95	0,95	0,33	0,41	0,13	1,97	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 3P C 6A 6kA CITY
Гр.5.о	Світильники робочого освітлення	17	0,28	0,95	0,95	0,33	0,27	0,09	1,28	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 3P C 5A 6kA CITY
Гр.6.о	Світильники робочого освітлення	13	0,23	0,95	0,95	0,33	0,21	0,07	1,03	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 3P C 6A 6kA CITY
Гр.7.о	Світильники робочого освітлення	14	0,32	0,95	0,95	0,33	0,30	0,10	1,44	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 3P C 6A 6kA CITY
Гр.8.о	Світильники робочого освітлення	19-23	0,14	0,95	0,95	0,33	0,14	0,04	0,66	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.9.о	Світильники робочого освітлення	24, 25	0,20	0,95	0,95	0,33	0,19	0,06	0,92	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.10.о	Світильники робочого освітлення	26	0,14	0,95	0,95	0,33	0,14	0,04	0,66	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11.о	Світильники робочого освітлення	27	0,21	0,95	0,95	0,33	0,20	0,07	0,96	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 4A 6kA CITY
Гр.12.о	Світильники робочого освітлення	27	0,21	0,95	0,95	0,33	0,20	0,07	0,96	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 4A 6kA CITY
Гр.13.о	Світильники робочого освітлення	29, 30	0,26	0,95	0,95	0,33	0,24	0,08	1,17	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 4A 6kA CITY
Гр.14.о	Світильники робочого освітлення	32-35	0,14	0,95	0,95	0,33	0,13	0,04	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.15.о	Світильники робочого освітлення	36-38	0,18	0,95	0,95	0,33	0,17	0,05	0,80	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.16.о	Світильники робочого освітлення	39	0,48	0,95	0,95	0,33	0,46	0,15	2,20	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 3P C 8A 6kA CITY
Гр.17.о	Світильники робочого освітлення	39	0,48	0,95	0,95	0,33	0,46	0,15	2,20	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 3P C 8A 6kA CITY
Гр.18.о	Світильники робочого освітлення	28	0,28	0,95	0,95	0,33	0,26	0,09	1,26	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.19.о	Світильники робочого освітлення	31	0,28	0,95	0,95	0,33	0,27	0,09	1,29	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
3М	Автоматичні ворота	1, 2	1,00	0,90	0,85	0,62	0,90	0,56	5,12	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 3P C 10A 6kA CITY
4М	Електричний водонагрівач	31	3,30	0,55	1	0,00	1,82	0,00	4,76	ВВГнгд-5×2,5	FB1-63 3P C 6A 6kA CITY
5М	Електричний водонагрівач	31	3,30	0,55	1	0,00	1,82	0,00	4,76	ВВГнгд-5×2,5	FB1-63 3P C 6A 6kA CITY
6М	Насосна станція	31	1,10	0,55	0,75	0,88	0,61	0,53	2,12	ВВГнгд-5×2,5	FB1-63 3P C 4A 6kA CITY

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку щита ЩРВ

Маркування щита		ЩРВ									
Місце встановлення щита		28									
Встановлена активна потужність, кВт		109,35									
Розрахункова активна потужність, кВт		60,14									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		45,22									
Розрахункова повна потужність, кВА		75,25									
Робочий струм, А		108,61									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×50									
Апарат захисту		FB1-63 3P C 125A 10kA ECO									
Група наванта-жень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
Гр.1в	Система ПВ1		23	0,55	0,8	0,75	12,65	9,49	41,50	ВВГнгд-5×10	FB1-63 3P C 50A 6kA CITY
Гр.2в	Система ПВ2	38	14	0,55	0,8	0,75	7,70	5,78	25,26	ВВГнгд-5×6	FB1-63 3P C 32A 6kA CITY
Гр.3в	Система ПВ3	36	4,34	0,55	0,8	0,75	2,39	1,79	7,83	ВВГнгд-5×1,5	FB1-63 3P C 10A 6kA CITY
Гр.4в	Система ПВ4	37	7	0,55	0,8	0,75	3,85	2,89	12,63	ВВГнгд-5×2,5	FB1-63 3P C 16A 6kA CITY
Гр.5в	Система ПВ5	25	16,3	0,55	0,8	0,75	8,97	6,72	29,41	ВВГнгд-5×6	FB1-63 3P C 32A 6kA CITY
Гр.6в	Система ПВ6	24	2,74	0,55	0,8	0,75	1,51	1,13	4,94	ВВГнгд-5×1,5	FB1-63 3P C 6A 6kA CITY
Гр.7в	Щит управління П1 (ШУ-П1)	30	23	0,55	0,8	0,75	12,65	9,49	41,50	ВВГнгд-5×10	FB1-63 3P C 50A 6kA CITY
Гр.8в	Система П2	28	18,22	0,55	0,8	0,75	10,02	7,52	32,87	ВВГнгд-5×6	FB1-63 3P C 36A 6kA CITY
Гр.9в	Вентилятор В1	27	0,1	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.10в	Вентилятор В2	17	0,15	0,55	0,7	1,02	0,08	0,08	0,93	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11в	Вентилятори В3, В6, В7	10	0,17	0,55	0,7	1,02	0,09	0,10	1,06	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.12в	Вентилятор В4	2	0,05	0,55	0,7	1,02	0,03	0,03	0,31	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.13в	Вентилятор В5	9	0,28	0,55	0,7	1,02	0,15	0,16	1,74	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку щита ЩРе.о

Маркування щита		ЩРе.о									
Місце встановлення щита		28									
Встановлена активна потужність, кВт		19,40									
Розрахункова активна потужність, кВт		10,67									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		0,00									
Розрахункова повна потужність, кВА		10,67									
Робочий струм, А		15,40									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×4									
Апарат захисту		FB1-63 3P C 16A 6kA CITY									
Група навантаження	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
Гр.1е.о	Конвектор електричний	30	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.2е.о	Конвектор електричний	30	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.3е.о	Конвектор електричний	30	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.4е.о	Конвектор електричний	30	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.5е.о	Конвектор електричний	36	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.6е.о	Конвектор електричний	36	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.7е.о	Конвектор електричний	36	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.8е.о	Конвектор електричний	36	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.9е.о	Конвектор електричний	16	1	0,55	1	0,00	0,55	0,00	4,35	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.10е.о	Тепла підлога	32	0,75	0,55	1	0,00	0,41	0,00	3,26	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.11е.о	Тепла підлога	33	0,75	0,55	1	0,00	0,41	0,00	3,26	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
Гр.12е.о	Тепла підлога	30	2,5	0,55	1	0,00	1,38	0,00	10,87	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY
Гр.13е.о	Тепла підлога	35	0,75	0,55	1	0,00	0,41	0,00	3,26	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 5A 6kA CITY
Гр.14е.о	Тепла підлога	34	0,75	0,55	1	0,00	0,41	0,00	3,26	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 5A 6kA CITY
Гр.15е.о	Тепла підлога	36	2,5	0,55	1	0,00	1,38	0,00	10,87	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY
Гр.16е.о	Тепла підлога	19	0,6	0,55	1	0,00	0,33	0,00	2,61	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 5A 6kA CITY
Гр.17е.о	Тепла підлога	20	0,45	0,55	1	0,00	0,25	0,00	1,96	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.18е.о	Тепла підлога	21	0,75	0,55	1	0,00	0,41	0,00	3,26	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 5A 6kA CITY
Гр.19е.о	Тепла підлога	23	0,6	0,55	1	0,00	0,33	0,00	2,61	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 4A 6kA CITY

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку секції ВРП 2

Маркування щита		ВРП 2										
Місце встановлення щита		28										
Встановлена активна потужність, кВт		145,59										
Розрахункова активна потужність, кВт		59,32										
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		42,59										
Розрахункова повна потужність, кВА		73,03										
Робочий струм, А		105,40										
Тип кабеля		ВВГнгд-4х70										
Апарат захисту		ХТ1В 160 ТМД 160-1600 3Р F F 160А 18кА										
Група наванта-жень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	$K_{п}$	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	$P_{р}$, кВт	$Q_{р}$, кВАр	$I_{р}$, А	Тип кабеля	Апарат захисту	
1Л	ЩРК1	28	47,32	0,95	0,98	0,2	26,03	19,91	80,65	ВВГнгд-5х50	FB1-63 3P C 125A 10kA ECO	
2Л	ЩРК2	28	30,00	0,95	0,98	0,2	17,06	12,95	54,13	ВВГнгд-5х16	FB1-63 3P C 63A 6kA CITY	
3Л	ЩР	10	10,40	0,23	0,84	0,64	2,38	1,62	4,16	ВВГнгд-5х4	FB1-63 3P C 16A 6kA CITY	
Гр.1.А	Світильники робочого та аварійного освітлення входів		0,05	1	0,95	0,33	0,05	0,02	0,22	(N)HХN E30 3х1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY	
Гр.2.А	Прилад приймально-контрольний пожежний	5	0,20	1	0,95	0,33	0,20	0,07	0,92	(N)HХN E30 3х1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY	
Гр.3.А	Світильники робочого та аварійного освітлення	2-5,11	0,18	1	0,95	0,33	0,18	0,06	0,82	(N)HХN E30 3х1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY	
Гр.4.А	Світильники аварійного освітлення	10, 14	0,02	1	0,95	0,33	0,02	0,01	0,11	(N)HХN E30 3х1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY	
Гр.5.А	Світильники аварійного освітлення	27	0,02	1	0,95	0,33	0,02	0,01	0,11	(N)HХN E30 3х1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY	
Гр.6.А	Світильники робочого та аварійного освітлення	28, 31	0,04	1	0,95	0,33	0,04	0,01	0,19	(N)HХN E30 3х1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY	
Гр.7.А	Світильники аварійного освітлення	39	0,05	1	0,95	0,33	0,05	0,02	0,22	(N)HХN E30 3х1,5	FB1-63 1P C 8A 6kA CITY	
Гр.1с	Штепсельні розетки	2	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.2с	Штепсельні розетки	4	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.3с	Штепсельні розетки	4	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.4с	Штепсельні розетки	4	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.5с	Штепсельні розетки	5	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.6с	Штепсельні розетки	6,7	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.7с	Штепсельні розетки	8	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.8с	Штепсельні розетки	9	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.9с	Штепсельні розетки	9	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.10с	Штепсельні розетки	11, 12	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.11с	Штепсельні розетки	13	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.12с	Штепсельні розетки	14	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.13с	Штепсельні розетки	14	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.14с	Штепсельні розетки	17	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.15с	Штепсельні розетки	17	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.16с	Штепсельні розетки	19,21	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.17с	Штепсельні розетки	24	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.18с	Штепсельні розетки	25	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.19с	Штепсельні розетки	26	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.20с	Штепсельні розетки	27	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.21с	Штепсельні розетки	27	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.22с	Штепсельні розетки	28	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.23с	Штепсельні розетки	30, 33	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.24с	Штепсельні розетки	34, 36	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.25с	Штепсельні розетки	37, 38	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.26с	Штепсельні розетки	39	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.27с	Бойлер	4	2,00	0,55	1	0,00	1,10	0,00	8,70	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.28с	Бойлер	19	2,00	0,55	1	0,00	1,10	0,00	8,70	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY	
Гр.29с	Рушніко-сушарка	20	0,50	0,55	1,00	0,00	0,28	0,00	2,17	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 5A 6kA CITY	
Гр.30с	Електрообігрів воронок		0,30	0,55	1,00	0,00	0,17	0,00	1,30	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 5A 6kA CITY	
Гр.31с	Відеоспостереження та сигналізація		0,50	0,5	0,90	0,48	0,25	0,12	2,42	ВВГнгд-3х2,5	FB1-63 1P C 5A 6kA CITY	

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку щита ЩРК1

Маркування щита		ЩРК1									
Місце встановлення щита		28									
Встановлена активна потужність, кВт		47,32									
Розрахункова активна потужність, кВт		44,70									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		33,53									
Розрахункова повна потужність, кВА		55,88									
Робочий струм, А		80,65									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×50									
Апарат захисту		FB1-63 3P C 125A 10kA ECO									
Група навантаження	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{Π}	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
Гр.11к	Зовнішній блок кондиціонера		44,7	0,55	0,8	0,75	24,59	18,44	80,65	ВВГнгд-5×35	FB1-63 3P C 100A 6kA ECO
Гр.11к-1	Внутрішній блок кондиціонера	38	0,1	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-2	Внутрішній блок кондиціонера	36	0,11	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,68	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-3	Внутрішній блок кондиціонера	37	0,1	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-4	Внутрішній блок кондиціонера	25	0,1	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-5	Внутрішній блок кондиціонера	24	0,1	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-6	Внутрішній блок кондиціонера	30	0,11	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,68	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.1к	Підсилювач AF2-PBR	28								ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-7	Внутрішній блок кондиціонера	27	0,52	0,55	0,7	1,02	0,29	0,29	3,23	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 5A 6kA CITY
Гр.11к-8	Внутрішній блок кондиціонера	17	0,11	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,68	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-9	Внутрішній блок кондиціонера	10	0,22	0,55	0,7	1,02	0,12	0,12	1,37	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.11к-10	Внутрішній блок кондиціонера	2	0,42	0,55	0,7	1,02	0,23	0,24	2,61	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 4A 6kA CITY
Гр.11к-11	Внутрішній блок кондиціонера	9	0,1	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-12	Внутрішній блок кондиціонера	8	0,1	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-13	Внутрішній блок кондиціонера	7	0,1	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,62	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-14	Внутрішній блок кондиціонера	3	0,11	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,68	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.11к-15	Внутрішній блок кондиціонера	14	0,21	0,55	0,7	1,02	0,12	0,12	1,30	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.11к-16	Внутрішній блок кондиціонера	13	0,11	0,55	0,7	1,02	0,06	0,06	0,68	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку щита ЩРК2

Маркування щита		ЩРК2									
Місце встановлення щита		28									
Встановлена активна потужність, кВт		30,00									
Розрахункова активна потужність, кВт		30,00									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		22,50									
Розрахункова повна потужність, кВА		37,50									
Робочий струм, А		54,13									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×16									
Апарат захисту		FB1-63 3P C 63A 6kA CITY									
Група навантажень	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
Гр.21к	Зовнішній блок кондиціонера		30	0,55	0,8	0,75	16,50	12,38	54,13	ВВГнгд-5×16	FB1-63 3P C 60A 6kA CITY
Гр.21к-1	Внутрішній блок кондиціонера	39	0,15	0,55	0,7	1,02	0,08	0,08	0,93	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.21к-2	Внутрішній блок кондиціонера	39	0,15	0,55	0,7	1,02	0,08	0,08	0,93	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.21к-3	Внутрішній блок кондиціонера	39	0,21	0,55	0,7	1,02	0,12	0,12	1,30	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.21к-4	Внутрішній блок кондиціонера	39	0,21	0,55	0,7	1,02	0,12	0,12	1,30	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 3A 6kA CITY
Гр.21к-5	Внутрішній блок кондиціонера	39	0,15	0,55	0,7	1,02	0,08	0,08	0,93	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY
Гр.21к-6	Внутрішній блок кондиціонера	30	0,15	0,55	0,7	1,02	0,08	0,08	0,93	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 2A 6kA CITY

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку щита ЩР

Маркування щита		ЩР									
Місце встановлення щита		10									
Встановлена активна потужність, кВт		10,40									
Розрахункова активна потужність, кВт		2,38									
Розрахункова реактивна потужність, кВАр		1,62									
Розрахункова повна потужність, кВА		2,88									
Робочий струм, А		4,16									
Тип кабеля		ВВГнгд-5×4									
Апарат захисту		FB1-63 3P C 16A 6kA CITY									
Група навантаження	Споживачі	№ приміщення на плані	P , кВт	K_{II}	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	P_p , кВт	Q_p , кВАр	I_p , А	Тип кабеля	Апарат захисту
1Гр.1о	Світильники робочого освітлення	10	0,40	0,95	0,95	0,33	0,38	0,12	1,83	ВВГнгд-3×1,5	FB1-63 1P C 6A 6kA CITY
1Гр.1с	Штепсельні розетки	10	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY
1Гр.2с	Штепсельні розетки	10	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY
1Гр.3с	Штепсельні розетки	10	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY
1Гр.4с	Штепсельні розетки	10	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY
1Гр.5с	Штепсельні розетки	10	2,00	0,2	0,8	0,75	0,40	0,30	10,87	ВВГнгд-3×2,5	FB1-63 1P C 13A 6kA CITY

2.5.3 Вибір перерізу кабелів та апаратів захисту ділянок електричної мережі будівлі

Вибір площі поперечного перерізу жил кабелів виконаємо, виходячи із умови:

$$I_p \leq I_\sigma,$$

де I_σ – допустимий струм кабелю по умовах нагріву.

Крім цього необхідно врахувати вимоги щодо вибору площі поперечного перерізу по умовах механічної міцності. Відповідно до п. 2.1.5 та табл. 2.1.1 [5] площа поперечного перерізу мідних жил ізолюваних кабелів при використанні їх в силових та освітлювальних мережах не повинна бути меншою, ніж $1,5 \text{ мм}^2$.

На підставі результатів розрахунку робочих струмів вибираємо для груп, які живлять освітлення вибираємо кабель ВВГнгд-3×1,5. Для групових ліній, які живлять розетки виберемо кабель ВВГнгд-3×2,5.

Площа поперечного перерізу жил кабелів для решти групових ліній та живильних ліній приведено в табл. 2.4 – 2.10.

Для ліній вводів виберемо самонесучий ізолюваний провід типу СП-5 4х120, допустимий струм якого становить 250 А.

В якості апаратів захисту виберемо автоматичні вимикачі. Для групових ліній, які живлять розетки та силові споживачі, а також живильних ліній щитів вибір апаратів захисту виконаємо, виходячи із умов [5] виходячи з умови:

$$I_p \leq I_n \leq I_z, \quad (2.11)$$

$$I_2 \leq kI_z, \quad (2.12)$$

де I_z – допустимий струм кабелю по умовах нагріву

I_n – номінальний струм апарата захисту;

I_2 – сила струму, яка забезпечує надійне спрацювання апарата захисту;

k – коефіцієнт, який при захисті автоматичними запобіжниками становить 1,3.

Вибір автоматичних вимикачів покажемо на прикладі щита ЩРК1. Для групи Гр.11к: $I_p = 80,65$ А, $I_z = 127$ А, для виконання умови (2.11), вибираємо апарат захисту з найближчим більшим до I_p номінальним струмом. Це автоматичний вимикач типу FB1-125 3P C 100A 10kA ESO p з номінальним струмом $I_n = 100$ А [24].

Для цього автоматичного вимикача $I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 100 = 145$ А.

$kI_z = 1,3 \cdot 127 = 165,1$ А > 145 А, отже умова (2.12) виконується.

Для групи Гр.11к-7: $I_p = 3,23$ А, $I_z = 19$ А, для виконання умови (2.11), вибираємо апарат захисту з найближчим більшим до I_p номінальним струмом. Це автоматичний вимикач типу FB1-63 1P C 5A 6kA CITY з номінальним струмом $I_n = 5$ А [25].

Для цього автоматичного вимикача $I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 5 = 7,25$ А.

$kI_z = 1,3 \cdot 19 = 24,7$ А $> 7,25$ А, отже умова (2.12) виконується.

Для лінії, яка живить щит ЩРК1: $I_p = 80,65$ А, $I_z = 155$ А, для виконання умови (2.11), вибираємо апарат захисту з найближчим більшим до I_p номінальним струмом, при цьому дотримуючись умови селективності. Це автоматичний вимикач типу FB1-125 3P C 125A 10kA ESO з номінальним струмом $I_n = 125$ А [26].

Для цього автоматичного вимикача $I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 125 = 181,25$ А.

$kI_z = 1,3 \cdot 155 = 201,5$ А $> 181,25$ А, отже умова (2.12) виконується.

Для лінії, яка живить секцію ВРП_1: $I_p = 134,97$ А, $I_z = 196$ А, для виконання умови (2.11), вибираємо апарат захисту з найближчим більшим до I_p номінальним струмом, при цьому дотримуючись умови селективності. Це

автоматичний вимикач типу ХТ1В 160 ТМД 160-1600 3Р F F 160А 18кА з номінальним струмом $I_n = 160$ А [27].

Для цього автоматичного вимикача $I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 160 = 232$ А.

$kI_z = 1,3 \cdot 196 = 254,8$ А > 232 А, отже умова (2.12) виконується.

В якості автоматичних вимикачів QF (рис. 2.8) виберемо автоматичні вимикачі ХТ3N 250 ТМД 250-2500 3Р F F 250А 36кА з номінальним струмом $I_n = 230$ А [28].

Аналогічно виконуємо вибір апаратів захисту і для решти ліній живлення та групових ліній, які живлять силові споживачі та розетки. Результати вибору представлені в табл. 2.4 – 2.10.

Для групових ліній, які живлять системи освітлення, вибір апаратів захисту виконаємо із врахуванням того, що світильники з напівпровідниковими джерелами світла, які приєднані до однієї групової лінії не повинні викликати хибного спрацьовування автоматичного вимикача внаслідок дії пускового струму. Тому найбільша допустима кількість таких світлових приладів N_{\max} повинна становити [5, 6, 30]:

$$N_{\max} \leq \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}}, \quad (2.13)$$

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

K_k – коефіцієнт нерозчеплення, котрий при тривалості імпульсу пускового струму $\Delta t = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ мс становить відповідно 27,0; 16,2; 9,0; 6,5; 5,2 (рис. 2.10) [6];

I_n – номінальний струм вставки автоматичного вимикача;

I_{peak} – пусковий (стартовий) струм одного джерела світла (світлового приладу), який визначається за паспортними даними виробу або даними виробника.

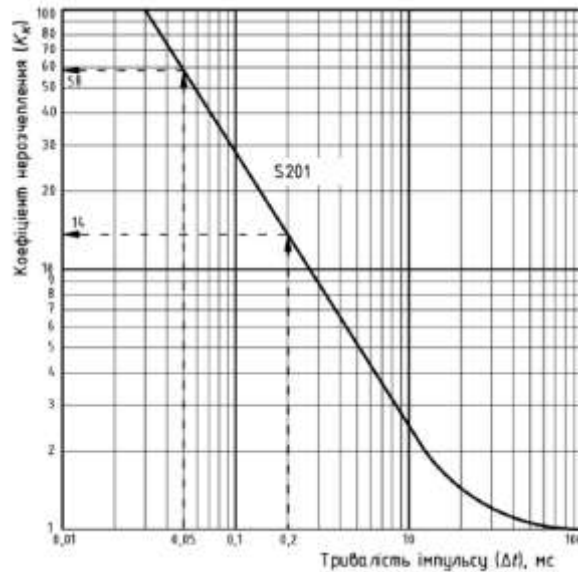


Рисунок 2.10 – Залежність коефіцієнта нерозчеплення від тривалості імпульсу

Розрахунок та вибір апаратів захисту продемонструємо на прикладі групової лінії Гр.16.о, якою живляться 6 світильників типу ДПП27У-80-114 УЗ. Для цих світильників $I_{peak} = 50 \text{ A}$, $\Delta t = 300 \text{ мкс} = 0,30 \text{ мс}$ [31].

З рис. 2.10 коефіцієнт нерозчеплення становить $K_k = 9$.

Робочий струм групи $I_B = 2,20 \text{ A}$.

Тривалий допустимий струм для кабелю ВВГ нгд $3 \times 1,5$ становить $I_z = 19 \text{ A}$.

Попередньо згідно із вимогою (2.11) вибираємо струмову вставку електромагнітного розчеплювача модульного автоматичного вимикача 4 A .

За формулою (2.13) для автоматичного вимикача з $I_n = 4 \text{ A}$ та струмо-часовою характеристикою типу С:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 9 \cdot 4}{50} = 3;$$

для автоматичного вимикача з $I_n = 4 \text{ A}$ та струмо-часовою характеристикою типу D:

$$N_{\max} \leq \frac{10 \cdot 9 \cdot 4}{50} = 7;$$

для автоматичного вимикача з $I_n = 6 \text{ A}$ та струмо-часовою

характеристикою типу С:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 9 \cdot 6}{50} = 5;$$

для автоматичного вимикача з $I_n = 8 \text{ А}$ та струмо-часовою характеристикою типу С:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 9 \cdot 8}{50} = 7.$$

Як видно із результатів розрахунку, для даної групи світильників забезпечується нормальний режим увімкнення при використанні автоматичних вимикачів струмочасовими характеристиками С та D та номінальними струмами вставок відповідно 8 А та 4 А.

На підставі вищенаведеного, для цієї групової лінії виберемо автоматичний вимикач FB1-63 1P В 8А 6kA CITY.

$$\text{Тоді } I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 8 = 11,6 \text{ А.}$$

$$kI_z = 1,3 \cdot 19 = 24,7 \text{ А} > 11,6 \text{ А, а отже умова (2.12) виконується.}$$

Аналогічно виконуємо вибір автоматичних вимикачів і для інших групових ліній, які живлять системи освітлення приміщень (див. табл. 2.4 – 2.10).

2.6 Висновки до розділу

1. Виконано вибір систем освітлення приміщень та їх нормованих світлотехнічних параметрів. Для усіх приміщень застосовано систему робочого загального освітлення. Для приміщень коридорів застосовано систему аварійного освітлення шляхів евакуації. Для приміщень спортивних залів, робочих кабінетів, конференц залу застосовано системи аварійного антипанічного освітлення.

2. Для освітлення приміщень виконано вибір напівпровідникових світлових приладів. Для робочого освітлення кабінетних приміщень, приміщення тренажерного залу, приміщень роздягальнь, конференц-залів

вибрано світильники типу ДПО26В, а для освітлення коридорів та приміщення холу-вестибюлю – ДПО20У Юпітер LED-панель. Для освітлення приміщення спортзалу запропоновано використати світильники типу ДПП27У Effect LED. Для допоміжних приміщень та приміщень санвузлів, а також входів і тамбурів вибрано світильники ДББ26У Селена-LED.

3. Для частини світильників робочого освітлення ДПО20У Юпітер LED-панель, ДСП07У, ДББ26У Селена-LED запропоновано використати модифікації з блоками аварійного живлення, що дозволяє їх застосовувати як для робочого, так і аварійного освітлення. Окрім цього для аварійного антипанічного освітлення кабінетів, тренажерного залу, конференц залу, спортивного залу та одного з коридорів запропоновано використати світильники ДПП06У.

4. За надійністю електропостачання електроспоживачі відносяться до II категорії. Виняток становлять системи аварійного освітлення, пожежної та охоронної сигналізації, які відносяться до I категорії. Тому живлення електроустаткування будівлі передбачено по двох вводах від однієї трансформаторної підстанції через дві ввідно-облікові шафи з можливістю перемикання усіх електроспоживачів будівлі на один із вводів.

5. Сумарна встановлена потужність електроспоживачів будівлі – 288,80 кВт, з якої 38 та 27 % становить встановлена потужність систем відповідно вентиляції та кондиціонування.

6. Визначено розрахункові навантаження будівлі, на підставі яких вибрано типи та перерізи кабелів ліній живлення щитів та групових ліній, а також апарати захисту.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень адміністративної будівлі

Завдання світлотехнічного розрахунку систем освітлення полягає у визначенні кількості, потужності та способів розташування світлових приладів відносно освітлювальних об'єктів, при яких б забезпечувалися необхідні світлотехнічні параметри та комфортні зорові умови при перебуванні людей.

Світлотехнічний розрахунок систем освітлення можна виконувати:

- інженерними методами, до яких відносяться метод коефіцієнта використання (дозволяє виконати розрахунок по середній освітленості) та точковий метод (виконується розрахунок від групи світильників в конкретній точці);

- за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (основою алгоритмів є метод випромінюваності (Radiosity). За допомогою цього методу розраховується «обмін» світловим потоком між поверхнями сцени освітлення, під якою розуміються розрахункові об'єкти, джерела випромінювання та поверхні інших об'єктів, які перерозподіляють (відбивають чи пропускають) світловий потік, який надходить від джерел випромінювання.

В даній роботі виконаємо розрахунок робочого освітлення приміщень за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку та програмного пакету DIALux evo. Попередніми даними для розрахунку є кількість світлових приладів у приміщенні та значення коефіцієнта запасу.

3.1.1 Попередній розрахунок кількості приладів у приміщеннях

Кількість світлових приладів N у приміщенні з довжиною A та шириною B (відстані між внутрішніми поверхнями протилежних стін) можна розрахувати, виходячи із формул [30]:

$$N = N_A \cdot N_B, \quad (3.1)$$

$$N_A = \frac{A}{L}, N_B = \frac{B}{L}, \quad (3.2)$$

де L – відстань між сусідніми світловими приладами в одному ряду або між сусідніми рядами світлових приладів, яка розраховується за формулою:

$$L = \lambda \cdot h_p, \quad (3.3)$$

де λ – відносна відстань між сусідніми світильниками в ряді або між сусідніми рядами, котра визначається, виходячи з таблиці 2.2 [30];

h_p – розрахункова висота приміщення (відстань між робочою або умовно-робочою поверхнею та випромінювальною поверхнею світлових приладів), яка визначається за формулою:

$$h_p = h - h_1 - h_{p.n.}, \quad (3.4)$$

де h – висота поверхні на яку монтується світловий прилад;

h_1 – відстань від нижнього краю випромінювальної поверхні світильника та поверхнею монтажу світлового приладу;

$h_{p.n.}$ – висота розташування розрахункової робочої поверхні над рівнем внутрішньої поверхні підлоги.

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщень спортивного залу та конференц залу.

В приміщенні спортивного залу, довжина та ширина якого становлять відповідно $A = 26,23$ м та $B = 16,30$ м передбачимо встановлення світильників робочого освітлення на висоті рівня ферм, яка становить $h = 7,10$ м. робоча поверхня в даному приміщенні розміщується на рівні підлоги (табл. 2.1), тому $h_{p.n.} = 0,00$ м. Відстань h_1 для світильників ДПП27У Effect LED, виходячи із його форми, дорівнюватиме його товщині, отже $h_1 = 0,055$ м. Підставляючи чисельні

значення h , h_1 та $h_{p.n.}$ у формулу (3.4), отримаємо:

$$h_p = 7,10 - 0,055 - 0,00 = 7,05 \text{ м.}$$

В приміщенні застосуємо світильники із концентрованою кривою сили світла (рис. 3.1). З табл. 2.2 [30] для цієї кривої сили світла вибираємо $\lambda = 0,6$. Підставляючи значення λ та h_p у формулу (3.3), отримаємо:

$$L = 0,6 \cdot 7,5 = 4,23 \text{ м.}$$

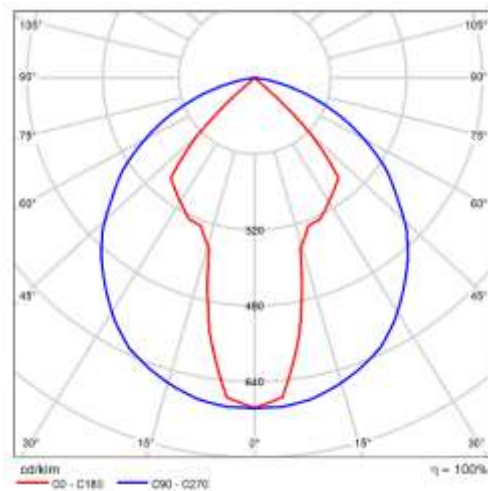


Рисунок 3.1 – Концентрована крива сила світла світильника ДПП27У Effect LED

Звідси

$$N_A = \frac{26,23}{4,23} = 7, N_B = \frac{16,3}{4,23} = 4,$$

$$N = 7 \cdot 4 = 28.$$

У приміщенні конференц залу (позначення на плані 14) розмірами $A = 10,30 \text{ м}$ та $B = 6,15 \text{ м}$ передбачимо монтаж світлових приладів до поверхні стелі. Тому висота h дорівнюватиме висоті приміщення і становитиме

$h = 3,60$ м. Висота $h_1 = 0,045$ м, а висота рівня робочої поверхні $h_{p.n.} = 0,80$ м. З табл. 2.2 [30] для кривої сили світла типу Д (рис. 3.2) вибираємо $\lambda = 1,5$.

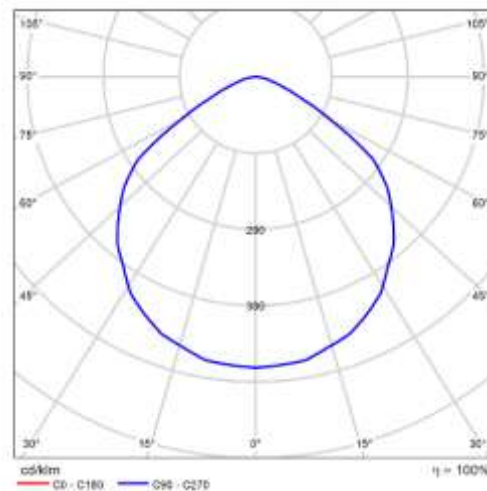


Рисунок 3.2 – Концентрована крива сила світла світильника ДПО26В

Звідси

$$h_p = 3,60 - 0,045 - 0,80 = 2,76 \text{ м,}$$

$$L = 1,5 \cdot 2,76 = 4,13 \text{ м,}$$

$$N_A = \frac{10,30}{4,13} = 3, N_B = \frac{6,15}{4,13} = 2,$$

$$N = 3 \cdot 2 = 6.$$

Попередній розрахунок кількості світлових приладів для решти приміщень виконуємо аналогічно. Результати розрахунку приведено в табл. 3.1.

3.1.2 Розрахунок коефіцієнта запасу

В системах штучного освітлення будівель та споруд протягом часу експлуатації світлових приладів знижується їх сумарний світловий потік, а отже і кількісні світлотехнічні параметри (освітленість, яскравість) на робочих поверхнях. Причини цього полягають у:

- зниженні світлового джерел світла через їх старіння;

Таблиця 3.1 – Результати попереднього розрахунок кількості світлових приладів у приміщеннях будівлі

№ на плані	Призначення	A, м	B, м	h, м	h ₁ , м	h _{пр} , м	h _р , м	λ	L, м	N _a	N _b	N
1	Тамбур	3,10	3,08	3,60	0,040	0,00	3,56	1,5	5,34	1	1	1
1	Тамбур (піднавіс)	11,93	3,09	3,60	0,090	0,00	3,51	1,5	5,27	3	1	3
2	Хол-Вестибюль	12,20	11,30	3,60	0,040	0,80	2,76	1,5	4,14	3	3	9
3	Дитяча Зона	4,20	2,90	3,60	0,040	0,00	3,56	1,5	5,34	1	1	1
4	Зона Кафе	3,15	5,70	3,60	0,040	0,00	3,56	1,5	5,34	1	2	2
5	Рецепція	3,00	1,60	3,60	0,040	0,80	2,76	1,5	4,14	1	1	1
6	Коридор	3,30	1,95	3,60	0,040	0,00	3,56	1,5	5,34	1	1	1
7	Кабінет психолога	3,35	6,18	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	1	2	2
8	Кабінет індивідуальної роботи	3,30	3,99	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	1	1	1
9	Кабінет персоналу	3,20	6,16	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	1	2	2
10	Кабінет соціальної підтримки	10,20	8,09	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	3	2	6
11	Коридор	6,70	1,95	3,60	0,040	0,00	3,56	1,5	5,34	2	1	2
12	Тамбур	3,50	1,95	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
13	Конференц зал	6,75	5,95	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	2	2	4
14	Конференц зал	10,30	6,15	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	3	2	6
15	Коридор	2,50	4,15	3,60	0,040	0,00	3,56	1,5	5,34	1	1	1
16	Кладова	6,50	3,90	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	2	1	2
17	Кабінет коворкінгу	12,35	4,00	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	3	1	3
18	Гардеробна	1,89	4,15	3,60	0,040	0,00	3,56	1,5	5,34	1	1	1
19	С/В інклюзивний	3,05	2,15	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
20	Тех. приміщення прибиральника	3,01	1,50	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
21	Умивальня	2,00	4,00	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
22	С/В Ч	2,35	1,85	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
23	С/В Ж	2,35	1,85	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
24	Кабінет керівника	3,50	4,00	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	1	1	1
25	Медичний кабінет	3,50	4,00	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	1	1	1
26	Коридор	10,30	22,90	3,60	0,040	0,00	3,56	1,5	5,34	2	5	10
27	Тренажерний зал	15,90	10,20	3,60	0,045	0,00	3,56	1,5	5,33	3	2	6
28	Електрощитова	3,00	2,00	3,60	0,090	0,80	2,71	1,5	4,07	1	1	1
29	Кабінет тренерів	3,00	6,00	3,60	0,045	0,80	2,76	1,5	4,13	1	2	2
30	Роздягальна ч	2,95	8,15	3,60	0,045	0,00	3,56	1,5	5,33	1	2	2
31	Бойлерна	7,50	2,30	3,60	0,090	0,00	3,51	1,5	5,27	2	1	2
32	С/В Ч	3,60	3,30	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
33	С/В Ч (інклюзивний)	3,60	2,50	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
34	С/В Ж (інклюзивний)	3,60	2,50	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
35	С/В Ж	3,60	3,30	3,60	0,087	0,00	3,51	1,5	5,27	1	1	1
36	Роздягальня ж	2,05	8,05	3,60	0,045	0,00	3,56	1,5	5,33	1	2	2
37	Інвентарна	3,45	4,05	3,60	0,045	0,00	3,56	1,5	5,33	1	1	1
38	Інвентарна	3,45	4,05	3,60	0,045	0,00	3,56	1,5	5,33	1	1	1
39	Спортивний зал	26,30	16,30	7,10	0,055	0,00	7,05	0,6	4,23	7	4	28

- виході з ладу джерел випромінювання та світлових приладів в цілому;
- зниженні світлового потоку через забруднення оптичних систем світлових приладів при їх використанні на забруднених об'єктах;
- зниженні світлового коефіцієнта корисної дії світлових приладів внаслідок зміни коефіцієнтів пропускання чи відбивання оптичних систем через їх старіння;
- зниженні коефіцієнтів відбивання внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги внаслідок їх забруднення.

З метою забезпечення рівнів необхідних нормованих значень освітленості чи яскравості на робочих поверхнях протягом усього терміну експлуатації при виконанні світлотехнічних розрахунків застосовується коефіцієнт запасу K_3 , який розраховується як [6]:

$$K_3 = \frac{1}{MF}. \quad (3.5)$$

де MF – коефіцієнт експлуатації.

При світлотехнічному розрахунку систем внутрішнього освітлення приміщень будівель розрахунок коефіцієнта MF шляхом добутку коефіцієнта зниження світлового потоку $LLMF$, коефіцієнта LSF (враховує частину працюючих світильників відносно загальної їх кількості), коефіцієнта експлуатації світлових приладів LMF та коефіцієнта експлуатації $RSMF$ внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги [дод. В, 6]:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (3.6)$$

В проектно-конструкторському розділі для всіх приміщень будівлі виконано вибір світлових приладів із напівпровідниковими джерелами світла. Для цих світлових приладів притаманним є те, що вони здатні безперервно

працювати протягом не менше 50 тис. год, а їх світловий потік наприкінці терміну експлуатації становитиме не менше 80 % від початкового. На основі даних, які наведені в табл. В4 [6] вибираємо чисельні значення коефіцієнтів: $LLMF = 0,85$, $LSF = 1$.

Значення коефіцієнтів LMF та $RSMF$ виберемо залежно від коефіцієнтів відбивання внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги, класу чистоти приміщень, класу світлорозподілу світильників та їх ступенів пиловологозахисту.

По табл. В1 [6] визначаємо, що всі приміщення відповідають класу чистоти С (Clean). Планові інтервали очищення світильників та поверхонь становлять відповідно 1 та 1,5 роки.

По табл. В3 [6] визначаємо, що світильники зі ступенем захисту IP20 (ДПО26В, ДПО20У Юпітер LED-ПАНЕЛЬ) відносяться до типу D, а світильники зі ступенем захисту IP65 (ДББ26У Селена-LED, ДПП27У Effect LED, ДСП07У, ДПП06У) – до типу E.

Звідси, для приміщень класу С з коефіцієнтами відбивання стелі стін та підлоги, які відповідно становлять 70, 50 та 30 % з табл. В5 та В6 [6] вибираємо:

- при використанні світильників типу D – $LMF = 0,79$, $RSMF = 0,94$;
- при використанні світильників типу С – $LMF = 0,94$, $RSMF = 0,95$.

Після підстановки вибраних чисельних значень коефіцієнтів $LLMF$, LSF , LMF та $RSMF$ у формулу (3.6), а потім результатів розрахунку коефіцієнта експлуатації MF у формулу (3.5), одержимо:

- для приміщень зі світловими приладами типу D

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 0,94 = 0,63,$$

$$K_3 = \frac{1}{0,63} = 1,59.$$

- для приміщень зі світловими приладами типу E

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,95 = 0,76,$$

$$K_3 = \frac{1}{0,76} = 1,32.$$

3.1.3 Світлотехнічний розрахунок систем робочого освітлення приміщень будівля за допомогою методу коефіцієнта використання

Згідно із методом коефіцієнта використання середню освітленість E розрахункової горизонтальної поверхні можна розрахувати за формулою [30]:

$$E = \frac{N \cdot \Phi_{СП} \cdot U}{A_f \cdot z \cdot K_3}, \quad (3.7)$$

де N – кількість використаних в приміщенні світильників;

$\Phi_{СП}$ – світловий потік одного світильника;

U – коефіцієнт використання світлового потоку;

A_f – площа приміщення;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості (відношення середньої освітленості до мінімальної);

K_3 – коефіцієнт запасу.

З формули (3.7):

$$\Phi_{СП} = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{U \cdot N}. \quad (3.9)$$

Коефіцієнт використання U вибирається з довідкових табличних даних по типу кривої сили світла, коефіцієнтах відбивання внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги, а також по індексу i приміщення, який розраховується за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (3.10)$$

де A, B – відповідно довжина та ширина приміщення;

По отриманому за формулою (3.9) чисельному значенні $\Phi_{СП}$ вибирається світильник, світловий потік якого б задовольняв умові:

$$\delta E = \frac{E_p - E_H}{E_H} \cdot 100\% = -10 \dots + 20 \%, \quad (3.11)$$

де E_p – освітленість, розрахована за формулою (3.7);

E_H – нормована освітленість.

Якщо умова (3.11) не виконується, то необхідним є заміна потужності, числа або типу світлового приладу.

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщень спортивного залу та конференц залу (14).

Підставляючи значення h_p , а також довжини та ширини приміщення у формулу (3.10), отримаємо

$$i = \frac{26,23 \cdot 16,30}{7,05 \cdot (26,23 + 16,30)} = 1,43.$$

По табл. 11.12 [32] для концентрованої кривої сили світла та коефіцієнтів відбивання внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги, які відповідно становлять 75, 50 та 30 % знаходимо $U = 0,98$. Підставляючи чисельні значення для U , A_f , N , E_H та K_s , у формулу (3.10), отримаємо:

$$\Phi_{СП} = \frac{200 \cdot 428,69 \cdot 1,32}{28 \cdot 0,98} = 4124 \text{ лм.}$$

З каталожних даних на світильник ДПП27У Effect LED [18] вибираємо світильник з найближчим по значенню світловим потоком. Це світильник ДПП27У-80-014, світловий потік якого становить 9800 лм.

Тоді розрахункова освітленість на поверхні підлоги спортивного залу:

$$E_p = \frac{28 \cdot 9800 \cdot 0,98}{428,69 \cdot 1,32} = 475 \text{ лк.}$$

Відносна різниця:

$$\delta E = \frac{475 - 200}{200} \cdot 100\% = 137,5\%.$$

що не є допустимим, оскільки умова (3.11) не виконується. Оскільки світловий потік 9800 лм є найменшим для усіх модифікацій світильника ДПП27У Effect LED, то з формули (3.7) визначимо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{E_H \cdot S \cdot K_z}{\Phi_{СП} \cdot U}. \quad (3.12)$$

Підставляючи чисельні значення у формулу (3.12), отримаємо:

$$N = \frac{200 \cdot 428,69 \cdot 1,32}{9800 \cdot 0,98} = 11,78 \approx 12.$$

Тоді, розрахункова освітленість

$$E_p = \frac{12 \cdot 9800 \cdot 0,98}{428,69 \cdot 1,32} = 204 \text{ лк.}$$

Відносна різниця:

$$\delta E = \frac{204 - 200}{200} \cdot 100\% = 1,83\%,$$

що допустимо.

Для приміщення конференц залу $A = 10,30 \text{ м}$, $B = 6,15 \text{ м}$, $h_p = 2,76 \text{ м}$, $K_z = 1,59$, $A_f = 10,30 \cdot 6,15 = 63,35 \text{ м}^2$, $E_H = 300 \text{ лк}$. Індекс приміщення:

$$i = \frac{10,30 \cdot 6,15}{2,76 \cdot (10,30 + 6,15)} = 1,40.$$

З таблиці додатка К [30] для світильників з кривою сили світла Д визначаємо $U = 0,73$. Тоді необхідний світловий потік:

$$\Phi_{СП} = \frac{300 \cdot 63,65 \cdot 1,59}{6 \cdot 0,73} = 6899 \text{ лм.}$$

З каталожних даних на світильник ДПО26В [16] вибираємо світильник з найближчим по значенню світловим потоком. Це світильник ДПО26В-50-011, світловий потік якого становить 6000 лм. Тоді розрахункова освітленість на умовно робочій поверхні конференц залу:

$$E_p = \frac{6 \cdot 6000 \cdot 0,73}{63,65 \cdot 1,59} = 260 \text{ лк.}$$

Відносна різниця:

$$\delta E = \frac{260 - 300}{300} \cdot 100\% = -13,33 \%$$

що не є допустимим, оскільки умова (3.11) не виконується. Якщо додати ще один ряд світильників, то $N = 9$.

Тоді

$$E_p = \frac{9 \cdot 6000 \cdot 0,73}{63,65 \cdot 1,59} = 389 \text{ лк.}$$

Відносна різниця:

$$\delta E = \frac{389 - 300}{300} \cdot 100\% = 29,67 \%$$

що також не є допустимим. Тому виберемо світильник ДПО26В-50-011, світловий потік якого становить 4200 лм. Звідси, розрахункова освітленість

$$E_p = \frac{9 \cdot 4200 \cdot 0,73}{63,65 \cdot 1,59} = 274 \text{ лк.}$$

Відносна різниця:

$$\delta E = \frac{274 - 300}{300} \cdot 100\% = -8,67 \%$$

що допустимо.

Аналогічно виконуємо розрахунок і для решти приміщень. Результати розрахунку приведено в табл. 3.2. Для приміщень з індексом $i < 0.5$ та прямокутної форми світлотехнічний розрахунок за методом коефіцієнта використання не виконувався. Визначення числа та потужності світлових приладів для цих приміщень здійснювалось шляхом розрахунку в пакеті DIALux evo.

3.2 Моделювання та світлотехнічний розрахунок систем освітлення будівлі в пакеті DIALux evo

Виконаємо розрахунок кількісних та якісних світлотехнічних параметрів систем робочого та аварійного освітлення в пакеті DIALux_evo, в якому вихідними даними:

- характеристики об'єкта розрахунку, тобто його форма та розміри, а також коефіцієнти відбивання внутрішніх поверхонь стелі, стін та підлоги. Форма та розміри задаються в пакеті завантаженням файлу з планами приміщень з подальшим заданням контурів та висоти приміщень. Після чого вносяться коефіцієнти відбивання стелі, стін та підлоги для кожного приміщення;

- характеристики світлових приладів, які відображаються в спеціальних фотометричних файлах з розширення .ies або .ldt. Щоб врахувати зниження світлового потоку світлових приладів протягом усього їхнього використання та забезпечити нормовані світлотехнічні характеристики характеристики перед черговою чисткою світильників чи наприкінці терміну їх експлуатації в підвкладці «Фактори технічного обслуговування» вкладки «Світильники» вноситься чисельне значення коефіцієнта обслуговування MF (Maintenance Factor).

Параметри, для яких ведеться розрахунок задаються у вкладці «Об'єкти розрахунку»: задаються форми та положення об'єктів розрахунку та вказуються власне розрахункові світлотехнічні параметри: горизонтальна, вертикальна чи циліндрична освітленість, індекс UGR та ін.

Таблиця 3.2 – Результати світлотехнічного розрахунку на основі методу коефіцієнта використання

№ на плані	Призначення	A, м	B, м	$h_p, м$	i	U	K_z	$E_H, лк$	$\Phi_{спр}, лм$	Тип СП	$\Phi_{спр}, лм$	N, шт	$E_p, лк$	$\delta E, \%$
1.1	Тамбур	3,10	3,08	3,56	0,43		1,59	50						
1.2	Тамбур (піднавіс)	11,93	3,09	3,51	0,70	0,48	1,32	50	1688	ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED	2175	3	64	28,81
2	Хол-Вестибюль	12,20	11,30	2,76	1,58	0,77	1,59	150	3536	ДПО20У-36-011	4320	9	183	22,16
3	Дитяча Зона	4,20	2,90	3,56	0,48		1,59	200	10759					
4	Зона кафе	3,15	5,70	3,56	0,74	0,50	1,59	200	5710	ДПО20У-36-011	5400	2	189	-5,42
5	Рецепція	3,00	1,60	2,76	0,38		1,59	200						
6	Коридор	3,30	1,95	3,56	0,34		1,59	75						
7	Кабінет психолога	3,35	6,18	2,76	0,79	0,52	1,59	300	9496	ДПО26В-50-011	6000	3	284	-5,22
8	Кабінет індивідуальної роботи	3,30	3,99	2,76	0,66	0,46	1,59	300	4551	ДПО26В-35-011	4200	3	277	-7,72
9	Кабінет персоналу	3,20	6,16	2,76	0,76	0,51	1,59	300	6146	ДПО26В-50-011	6000	3	293	-2,37
10	Кабінет соціальної підтримки	10,20	8,09	2,76	1,64	0,78	1,59	300	6308	ДПО26В-50-011	6000	8	285	-4,88
11	Коридор	6,70	1,95	3,56	0,42		1,59	75						
12	Тамбур	3,50	1,95	3,51	0,44		1,32	50						
13	Конференц зал	6,75	5,95	2,76	1,15	0,66	1,59	300	3225	ДПО26В-25-001	3600	9	335	11,62
14	Конференц зал	10,30	6,15	2,76	1,40	0,73	1,59	300	4599	ДПО26В-35-001	4200	9	274	-8,68
15	Коридор	2,50	4,15	3,56	0,44		1,59	75						
16	Кладова	6,50	3,90	3,51	0,69	0,47	1,32	75	1780	ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	1680	3	71	-5,61
17	Кабінет коворкінгу	12,35	4,00	2,76	2,15	0,87	1,59	300	6648	ДПО26В-50-011	6000	8	271	-9,75
18	Гардеробна	1,89	4,15	3,56	2,58	0,89	1,59	75	7429	ДПО20У-36-111	4320	2	87	16,30
19	С/В інклюзивний	3,05	2,15	3,51	0,36		1,32	75		ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED				
20	Тех. приміщення прибиральника	3,01	1,50	3,51	0,28		1,32	75		ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED				

Продовження таблиці 3.2

№ на плані	Призначення	A, м	B, м	h_p , м	i	U	K_z	E_H , лк	$\Phi_{СПр}$, лм	Тип СП	$\Phi_{СПр}$, лм	N, шт	E_p , лк	δE , %
21	Умивальня	2,00	4,00	3,51	0,38		1,32	75		ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED				
22	С/В Ч	2,35	1,85	3,51	0,29		1,32	75		ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED				
23	С/В Ж	2,35	1,85	3,51	0,29		1,32	75		ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED				
24	Кабінет керівника	3,50	4,00	2,76	0,68	0,51	1,59	300	6547	ДПО26В-50-011	6000	2	275	-8,36
25	Медичний кабінет	3,50	4,00	2,76	0,68	0,51	1,59	300	6547	ДПО26В-50-011	6000	2	275	-8,36
26	Коридор	10,30	22,90	3,56	2,49	0,88	1,59	75					71	-5,15
27	Тренажерний зал	15,90	10,20	3,56	1,75	0,80	1,59	200	4298	ДПО26В-35-001	4200	15	195	-2,27
28	Електрощитова	3,00	2,00	2,71	0,44		1,32	75		ДСП07У-25-112				
29	Кабінет тренерів	3,00	6,00	2,76	0,73	0,49	1,59	300	5841	ДПО26В-50-011	6000	3	308	2,73
30	Роздягальня ч	2,95	8,15	3,56	1,18	0,67	1,59	150	5525	ДПО26В-50-011	6000	3	163	8,59
31	Бойлерна	7,50	2,30	3,51	0,55	0,4	1,32	75	1572	ДББ26У-12-104 У1 Селена-LED	1680	3	80	6,90
32	С/В Ч	3,60	3,30	3,51	0,94	0,58	1,32	75	1941	ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	2240	2	87	15,39
33	С/В Ч (інклюзивний)	3,60	2,50	3,51	0,42		1,32	75		ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED				
34	С/В Ж (інклюзивний)	3,60	2,50	3,51	0,42		1,32	75		ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED				
35	С/В Ж	3,60	3,30	3,51	0,94	0,58	1,32	75	1942	ДББ26У-16-102 У1 Селена-LED	2240	2	87	15,37
36	Роздягальня ж	2,05	8,05	3,56	1,29	0,7	1,59	150	5272	ДПО26В-35-011	6000	3	171	13,81
37	Інвентарна	3,45	4,05	3,56	0,50	0,37	1,59	75	4274	ДПО26В-35-011	4200	1	74	-1,72
38	Інвентарна	3,45	4,05	3,56	0,50	0,37	1,59	75	4274	ДПО26В-35-011	4200	1	74	-1,72
39	Спортивний зал	26,30	16,30	7,05	1,43	0,98	1,32	200	9624	ДПП27У-80-114 У3	9800	12	204	1,83

3.2.1 Розрахунок кількісних світлотехнічних параметрів системи робочого освітлення

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщень, які розглядалися вище, а також на прикладі холу-вестибюлю.

За результатами світлотехнічного розрахунку на основі методу коефіцієнта використання встановлено, що для забезпечення середньої освітленості 200 лк на рівні підлоги приміщення спортивного залу необхідно використати 12 світильників ДПП27У-80-114 УЗ.

При виконанні розрахунку в пакеті DIALux evo врахуємо, що світильники будуть кріпитись до ферм. Це дасть можливість отримати освітленість на підлозі на рівні 188 лк. Підставивши розраховане значення у формулу (3.11), отримаємо:

$$\delta E = \frac{188 - 200}{200} \cdot 100\% = -6,00\%$$

що допустимо. Графік розподілу освітленості по поверхні підлоги спортивного залу від системи робочого освітлення приведено на рис. 3.3.

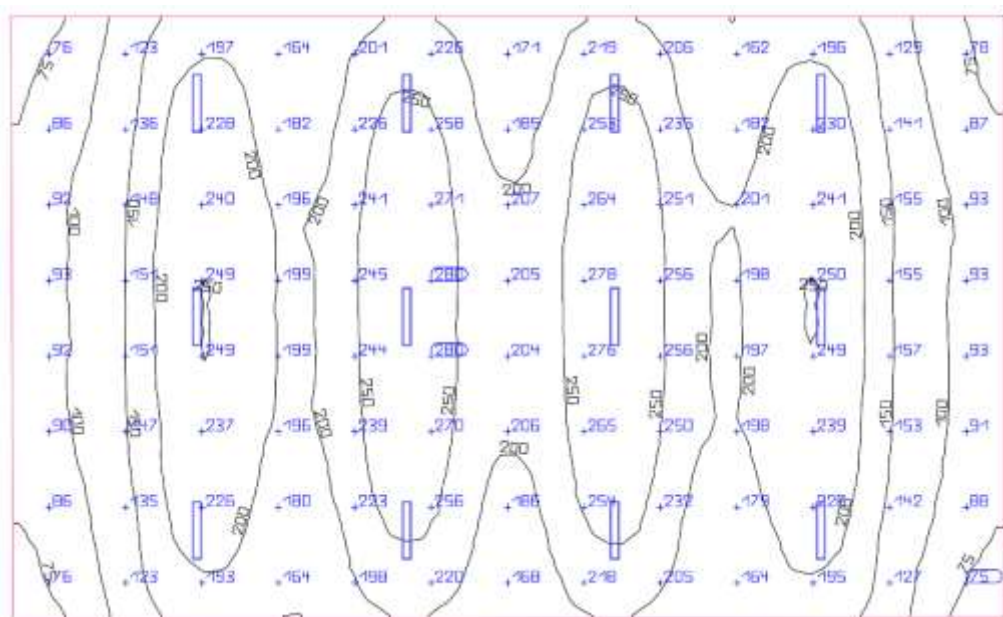


Рисунок 3.3 – Графік розподілу освітленості на поверхні підлоги спортивного залу від системи робочого освітлення

Така система освітлення дозволяє створити вертикальну освітленість 79,4 лк на висоті 2 м над підлогою вертикальну освітленість вздовж поздовжньої осі спортзалу. Графік розподілу вертикальної освітленості приведено на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Графік розподілу вертикальної освітленості на висоті 2,0 м поздовжньої осі спортивного залу

Для приміщення конференц залу (14) на основі світлотехнічного розрахунку за методом коефіцієнта використання встановлено, що для забезпечення освітленості на умовно робочій поверхні, розміщеній на висоті 0,8 м над підлогою необхідно використати 9 світильників ДПО26В-35-001. При розрахунку в пакеті встановлено, що така система освітлення здатна забезпечити середню освітленість 309 лк. Відхилення від нормованої становить:

$$\delta E = \frac{309 - 300}{300} \cdot 100\% = 3,00\%.$$

Графік розподілу горизонтальної освітленості на умовно-робочій поверхні конференц-залу 14 приведено на рис. 3.5.

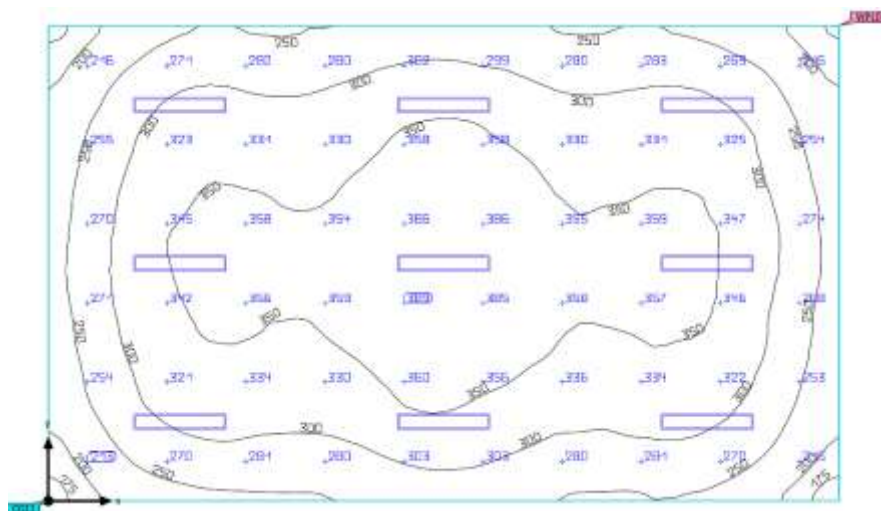


Рисунок 3.5 – Графік розподілу освітленості по умовно-робочій поверхні приміщення конференц залу

Такі кількість та тип світлових приладів дозволяє забезпечити в приміщенні середню циліндричну освітленість 124 лк (рис. 3.6).

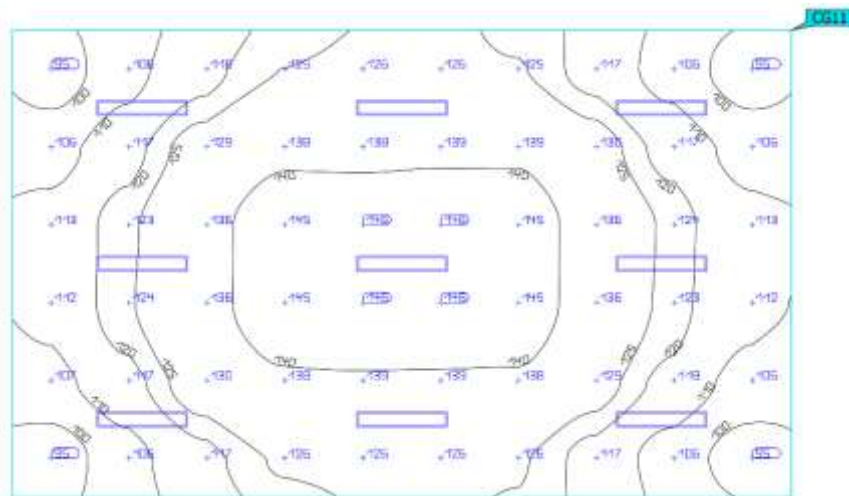


Рисунок 3.6 – Графік розподілу циліндричної освітленості по поверхні конференц залу (14)

Для деяких приміщень кількість та тип світлових приладів, визначені на основі методу коефіцієнта використання не забезпечують нормативні світлотехнічні параметри, які розраховуються в пакеті DIALux evo. Наприклад, при розрахунку по методу коефіцієнта використання системи освітлення кабінету коворкінгу для забезпечення середньої освітленості на умовно-робочій поверхні необхідно використати 8 світильників ДПО26В-50-011. При розрахунку в пакеті DIALux evo встановлено, що така система здатна забезпечити 440 лк (рис. 3.7 а). Відносне відхилення освітленості:

$$\delta E = \frac{440 - 300}{300} \cdot 100\% = 46,67 \%$$

Тому змінимо світильники ДПО26В-50-011 на світильники ДПО26В-35-001. Така система освітлення здатна забезпечити середню освітленість 309 лк (рис. 3.7 б), а відхилення при цьому становить:

$$\delta E = \frac{309 - 300}{300} \cdot 100\% = 3,00 \%$$

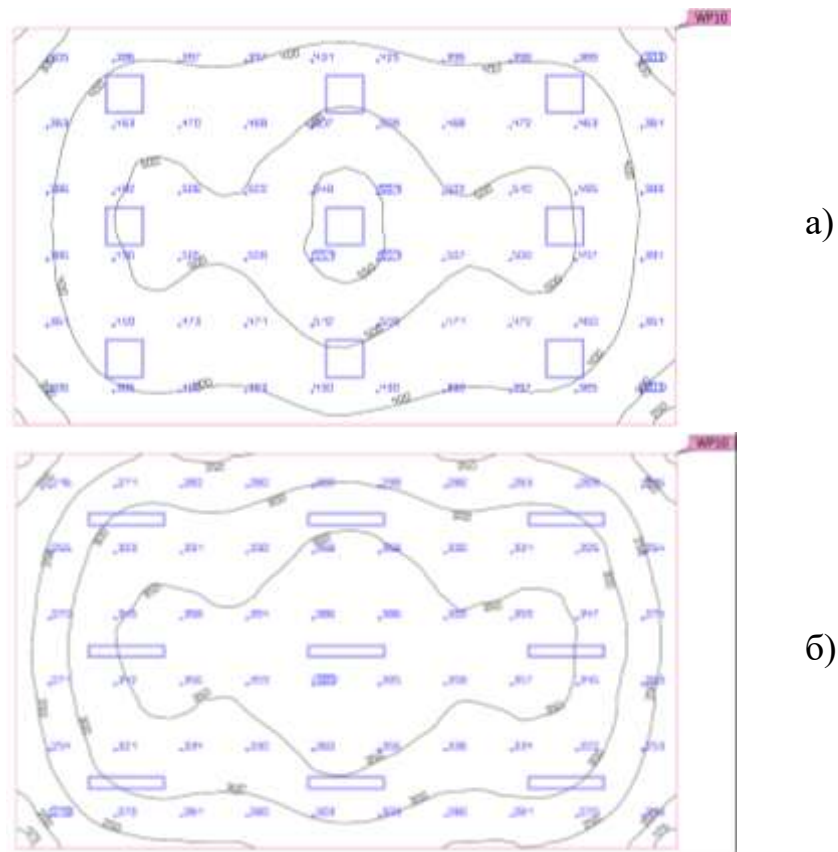


Рисунок 3.7 – Графіки розподілу освітленості по умовно-робочій поверхні кабінету коворкінгу, створеної світильниками ДПО26В-50-011 (а) та ДПО26В-35-001 (б)

Для приміщення холу вестибюлю, зони кафе, дитячої зони, зони рецепції та коридору 11 передбачимо єдину систему освітлення, яка складається з 15 світильників ДПО20У-36-111 Юпітер LED-панель. Розміщення світильників та зонування приміщення приведено на рис. 3.8, а розподіл освітленості по поверхні підлоги – на рис. 3.9.

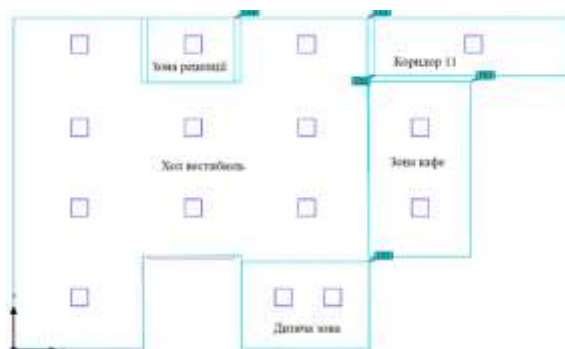


Рисунок 3.8 – Розміщення світильників та зонування приміщення холу-вестибюлю

Така система освітлення здатна забезпечити рівні середньої освітленості:

- 206 лк на поверхні підлоги холу-вестибюлю;
- 203 лк на поверхні підлоги дитячої зони;
- 204 лк на умовно-робочій поверхні зони кафе;
- 243 лк на умовно-робочій поверхні зони рецепції;
- 93 лк на поверхні підлоги коридору 11.

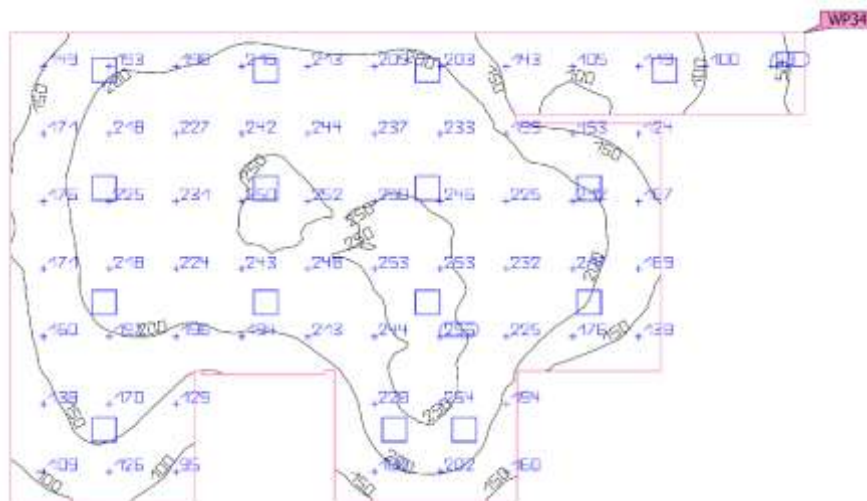


Рисунок 3.9 – Розподіл освітленості по поверхні підлоги холу-вестибюлю та коридору 11

Результати розрахунку систем робочого освітлення освітлення цих та решти приміщень приведені в табл. 3.3.

3.2.2 Розрахунок показника дискомфорту

Виходячи із вимог, наведених у [30], показник дискомфорту M розраховується за формулою:

$$M = 10^{\frac{UGR+4,8}{16}} \quad (3.13)$$

де UGR – чисельне значення об'єднаного показника дискомфорту.

Розрахунок продемонструємо на прикладі приміщення конференц залу 14.

Таблиця 3.3 – Результати світлотехнічного системи робочого освітлення в пакеті DIALux evo

№ на плані	Призначення	E_H , лк	$E_{ВН}$, лк	$E_{ЦН}$, лк	M_H	Тип СП	N , шт	E_P , лк	$E_{ВР}$, лк	$E_{ЦР}$, лк	UGR	M_P	P_y , Вт
1.1	Тамбур	50				ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED	1	55					20
1.2	Тамбур (піднавіс)	50				ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED	3	55					60
2	Хол-Вестибюль	150		75	90	ДПО20У-36-011	9	206		98	19,0	30,7	324
3	Дитяча Зона	200			40	ДПО20У-36-011	2	203			18,2	27,4	72
4	Зона кафе	200		75	60	ДПО20У-36-011	2	204		88	18,6	29,0	72
5	Рецепція	200			60	ДПО20У-36-011	1	243			18,5	28,6	36
6	Коридор	75				ДПО26В-25-011	1	79					25
7	Кабінет психолога	300			40	ДПО26В-50-011	3	343			17,0	23,0	150
8	Кабінет індивідуальної роботи	300			40	ДПО26В-35-011	3	316			15,0	17,3	105
9	Кабінет персоналу	300			40	ДПО26В-50-011	3	338			17,0	23,0	150
10	Кабінет соціальної підтримки	300			40	ДПО26В-50-011	8	323			18,0	26,6	400
11	Коридор	75				ДПО20У-36-011	1	93					36
12	Тамбур	50				ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	1	52					16
13	Конференц зал	300		75	60	ДПО26В-25-001	9	287		110	16,4	21,1	225
14	Конференц зал	300		75	60	ДПО26В-35-001	9	309		124	18,2	27,4	315
15, 18	Коридор, гардеробна	75				ДПО20У-36-011	1	76					36
16	Кладова	75				ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	3	76					48
17	Кабінет коворкінгу	300			40	ДПО26В-35-001	8	299			18,3	27,8	280
19	С/В інклюзивний	75				ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	2	89					32
20	Тех. приміщення прибиральника	75				ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	2	87					32
21	Умивальня	75				ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	2	83					32
22	С/В Ч	75				ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	2	75					24

Продовження таблиці 3.3

№ на плані	Призначення	E_H , лк	$E_{ВН}$, лк	$E_{ЦН}$, лк	M_H	Тип СП	N , шт	E_P , лк	E_{BP} , лк	$E_{ЦP}$, лк	UGR	M_P	P_y , Вт
23	С/В Ж	75				ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	2	74					24
24	Кабінет керівника	300			40	ДПО26В-50-011	2	304			17,0	23,0	10 0
25	Медичний кабінет	300			40	ДПО26В-50-011	2	301			17,1	23,4	10 0
26	Коридор	75				ДПО20У-36-011	4	75					14 4
27	Тренажерний зал	200			60	ДПО26В-35-001	12	200	83		20,6	38,7	42 0
28	Електрощитова	75	75		60	ДСП07У-25-112	2	285					50
29	Кабінет тренерів	300			40	ДПО26В-50-011	3	359			16,9	22,7	15 0
30	Роздягальна ч	150			90	ДПО26В-35-011	3	145			16	20,0	10 5
31	Бойлерна	75				ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	3	75					48
32	С/В Ч	75				ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	3	81					36
33	С/В Ч (інклюзивний)	75				ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	2	75					32
34	С/В Ж (інклюзивний)	75				ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED	2	75					32
35	С/В Ж	75				ДББ26У-12-102 У1 Селена-LED	3	80					36
36	Роздягальня ж	150			90	ДПО26В-35-011	3	147			15,9	19,7	10 5
37	Інвентарна	75				ДПО26В-35-011	1	88					35
38	Інвентарна	75				ДПО26В-35-011	1	88					35
39	Спортивний зал	200	75		60	ДПП27У-80-114 У3	12	188	77		22,9	53,9	96 0

Чисельне значення показника UGR отримаємо за допомогою пакету DIALux evo. В даному приміщенні з системою освітлення, яка складається з 9 світильників типу ДПО26В-35-001 зі світловим потоком 4200 лм кожен, для стандартного спостерігача з лінією зору, розміщеній на висоті 1,2 м, максимальне значення об'єднаного показника дискомфорту становить 18,2 (рис. 3.10). Підставляючи це значення у формулу (3.13), отримаємо

$$M = 10^{\frac{18,2+4,8}{16}} = 27,4,$$

що не перевищує нормованого значення 40. Отже така система освітлення задовільняє вимогам по показнику дискомфорту.

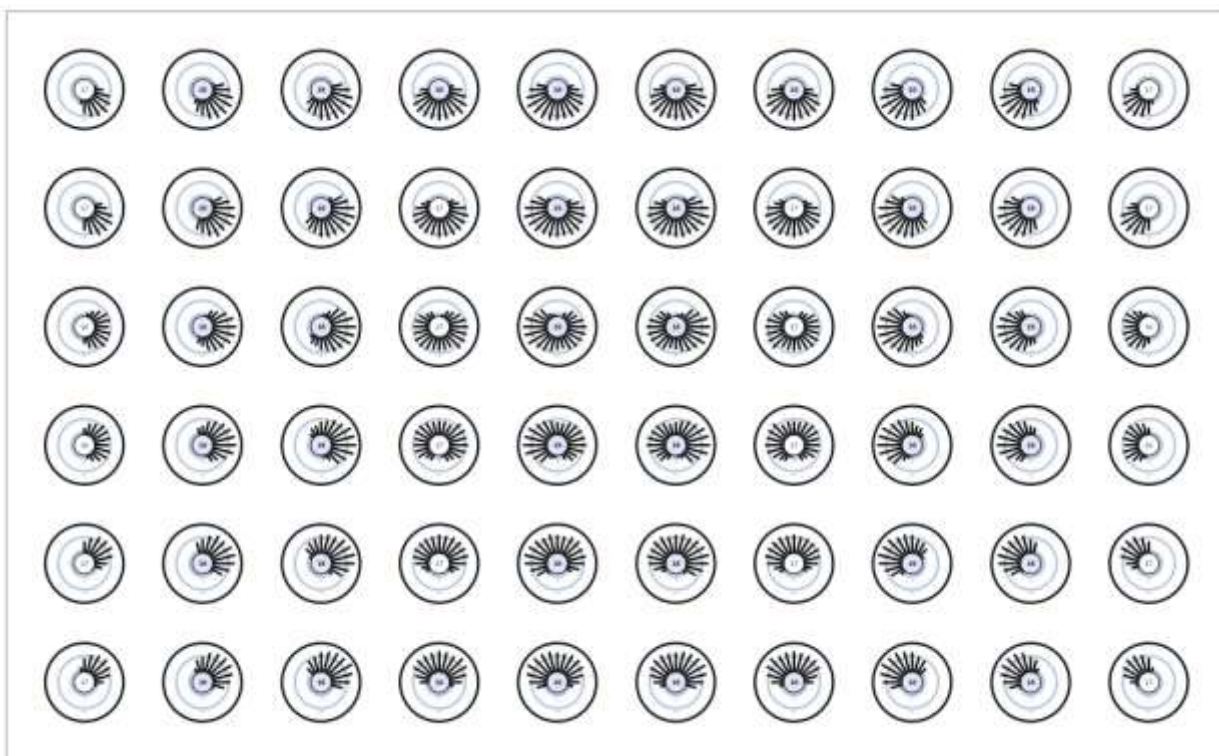


Рисунок 3.10 – Графік розподілу індексу блискавості UGR в залежності від положення стандартного спостерігача у приміщенні конференц залу14

Аналогічно розраховуємо показник дискомфорту і для інших приміщень. Результати розрахунку приведені в табл. 3.3.

3.2.3 Розрахунок аварійного освітлення приміщень

Як зазначалось в проектно-конструкторському розділі, в даній будувлі застосовано системи аварійного освітлення двох типів:

1 – застосовуються світильники робочого освітлення з модифікаціями із блоком аварійного живлення. Такі системи освітлення застосуємо для приміщень холу-вестибюлю, електрощитової, бойлерної та приміщення спортзалу;

2 – застосовуються окремі світлові прилади із блоком аварійного живлення, які при подачі на них напруги будуть працювати лише в режимі заряджання акумулятора, а при зникненні напруги – в режимі свічення.

Розрахунок систем першого типу покажемо на прикладі холу-вестибюлю, а другого типу – на прикладі спортивного залу.

Для аварійного освітлення холу-вестибюлю необхідно застосувати 7 світильників ДПО20У-36-111 Юпітер LED-панель з блоками аварійного живлення. В аварійному режимі такі світильники здатні випромінювати світловий потік 360 лм. Така система освітлення здатна забезпечити:

- мінімальну освітленість – 1,33 лк;
- максимальну освітленість – 12,2 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 9,17.

Графік розподілу освітленості від системи аварійного освітлення холу-вестибюлю приведено на рис. 3.11.

В системі аварійного освітлення спортзалу використаємо світильники типу ДПП06У-6-231 У3.1, розміщених на висоті 2,0 м на стінах. В результаті розрахунку встановлено, що така система освітлення здатна забезпечити:

- мінімальну освітленість – 0,80 лк;
- максимальну освітленість – 6,32 лк;
- відношення максимальної освітленості до мінімальної – 7,90.

Графік розподілу освітленості від системи аварійного освітлення спортивного залу показано на рис. 3.12.

Таблиця 3.4 – Результати світлотехнічного розрахунку систем аварійного освітлення приміщень

№ приміщення	Призначення	Нормовані значення		Результати розрахунку		Тип СП	N, шт	P _y , Вт
		E _{min} , лк	E _{max} /E _{min} , не більше	E _{min} , лк	E _{max} /E _{min}			
2, 3, 4, 5, 11	Вестибюль-хол	1	40	1,33	9,57	ДПО20У-36-113	7	252
10	Кабінет соціальної підтримки	0,50		0,54	10,85	ДПП06У-6-231 У3.1	2	12
14	Конференц зал	0,50		1,06	12,62	ДПП06У-6-231 У3.1	2	12
26	Коридор	1,0		1,03	13,31	ДПП06У-6-231 У3.1	3	18
27	Тренажерний зал	0,50		0,84	1,53	ДПП06У-6-231 У3.1	4	24
28	Електрощитова	1,0		4,27	3,38	ДСП07У-25-122	1	25
31	Бойлерна	1,0		1,68	7,90	ДББ26У-16-104 У1 Селена-LED +БАЖ	1	16
39	Спортзал	0,50		0,8	9,17	ДПП06У-6-231 У3.1	8	64

3.3 Розрахунок втрат напруги в електричних мережах

Розрахунок втрат напруги $\Delta U\%$ в лініях живлення секцій ВРП та щитів визначимо за формулою:

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_{ном}} \cdot 100\%, \quad (3.14)$$

де l – довжина лінії, км;

r_0 , x_0 – відповідно активний та реактивний опори проводів лінії, Ом/км.

Розрахунок продемонструємо на прикладі живильної лінії секції ВРП_1. Вихідні дані для розрахунку: $I_p = 135,07$ А , $l = 10$ м = $10 \cdot 10^{-3}$ км , $\cos \varphi = 0,86$, $\sin \varphi = 0,51$.

Для мідного кабелю з площею поперечного перерізу жил 70 мм² з довідникових таблиць визначаємо: $r_0 = 0,321$ Ом/км , $x_0 = 0,075$ Ом/км .

Підставивши чисельні дані у формулу (3.14), отримаємо:

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 135,07 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot (0,321 \cdot 0,86 + 0,075 \cdot 0,51)}{400} \cdot 100\% = 0,18 \%$$

Розрахунок для ліній живлення інших щитів виконуємо аналогічно. Результати розрахунку приведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку втрати напруги в живильних лініях щитів

Лінія живлення щита	l , м	I_p , А	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	r_0 , Ом	x_0 , Ом	ΔU , %
ВРП 1	10	135,07	0,86	0,51	0,321	0,075	0,18
ЩРВ	10	108,61	0,80	0,60	0,463	0,078	0,20
ЩРе.о	10	15,40	1,00	0,00	5,570	0,101	0,37
ВРП 2	10	105,40	0,81	0,58	0,321	0,075	0,14
ЩРК1	10	80,65	0,80	0,60	0,463	0,078	0,15
ЩРК2	10	54,13	0,80	0,60	1,390	0,086	0,27
ЩР	20	4,16	0,83	0,56	5,570	0,101	0,17

Розрахунок втрат напруги в групових лініях живлення кінцевих споживачів виконаємо:

- для групової лінії гр. 11к, щита ЩРК 1, як найнавантаженішої;
- для найвіддаленіших та найзавантаженіших групових ліній, котрі живлять світлові прилади: Гр.17.о, Гр.1.о, Гр.4.о та 1Гр.1о щита ЩР.

Розрахунок для групової лінії гр.11к виконаємо за формулою (3.14). Вихідні дані для розрахунку:

Вихідні дані для розрахунку: $I_p = 80,65$ А, $l = 20$ м = $20 \cdot 10^{-3}$ км, , $\cos\varphi = 0,80$, , $\sin\varphi = 0,60$.

Для мідного кабелю з площею поперечного перерізу жил 50 мм² з довідникових таблиць визначаємо: $r_0 = 0,627$ Ом/км, $x_0 = 0,080$ Ом/км.

Підставивши дані у формулу (3.14), отримаємо

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 80,65 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot (0,627 \cdot 0,80 + 0,080 \cdot 0,60)}{400} \cdot 100\% = 0,29 \%$$

Сумарна втрата напруги:

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 0,14 + 0,15 + 0,29 = 0,58 \%,$$

що допустимо, оскільки відповідно до табл. 2.1.16 [5], максимальне падіння напруги в електропроводках для силових споживачів не повинно перевищувати 5 %.

Для групових ліній, якими живляться системи освітлення розрахунок виконаємо, використовуючи формулу:

$$\Delta U \% = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} M_k}{c \cdot S}, \quad (3.15)$$

де $\sum_{k=1}^{k=n} M_k$ – сума електричних моментів навантажень ділянки електричної освітлювальної мережі, для якої виконується розрахунок;

c – коефіцієнт, що визначається на основі типу мережі, матеріалу проводів та номінальної напруги, котрий дорівнює 12,1 для двопровідної ділянки мережі з мідними проводами чи кабелями

S – площа поперечного перерізу жил кабелів розрахункової ділянки.

Схему для розрахунку групової лінії Гр.1.о приведено на рис. 3.13.

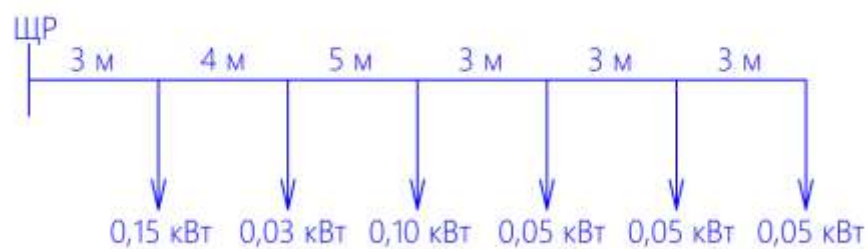


Рисунок 3.13 – Розрахункова схема групової лінії Гр.1.о

Тоді

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,05 \cdot 21 + 0,05 \cdot 18 + 0,05 \cdot 15 + 0,10 \cdot 12 + 0,03 \cdot 7 + 0,15 \cdot 3 = 4,56 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Підставивши значення для $\sum_{k=1}^{k=n} M_k$, $c=12,1$ та $S=1,5 \text{ мм}^2$ у формулу (3.13), отримаємо:

$$\Delta U \% = \frac{4,56}{12,1 \cdot 1,5} = 0,25 \%$$

Сумарна втрата напруги:

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 0,27 + 0,17 + 0,25 = 0,69 \%$$

що допустимо, оскільки відповідно до табл. 2.1.16 [5], максимальне падіння напруги в електропроводках для освітлення не повинно перевищувати 3 %.

Для групової лінії Гр.4о (рис. 3.14):

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,05 \cdot 41 + 0,05 \cdot 38 + 0,05 \cdot 36 + 0,11 \cdot 33 + 0,03 \cdot 30 + 0,15 \cdot 27 = 14,33 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\Delta U \% = \frac{14,33}{12,1 \cdot 1,5} = 0,79 \%$$

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 0,18 + 0,79 = 0,97 \%$$

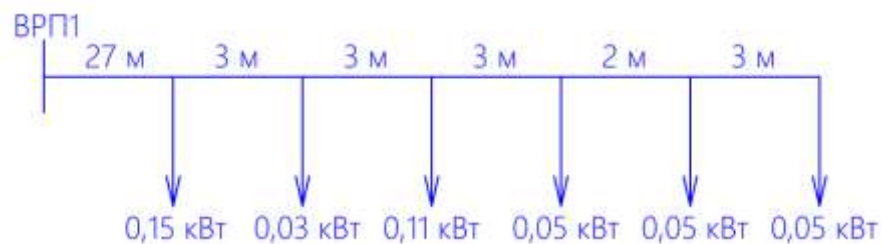


Рисунок 3.14 – Розрахункова схема групової лінії Гр.4о

Для групової лінії Гр.7о (рис. 3.15):

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,04 \cdot 51 + 0,04 \cdot 47 + 0,04 \cdot 43 + 0,11 \cdot 38 + 0,11 \cdot 35 = 13,67 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\Delta U \% = \frac{13,67}{12,1 \cdot 1,5} = 0,75 \%$$

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 0,18 + 0,75 = 0,93 \%$$

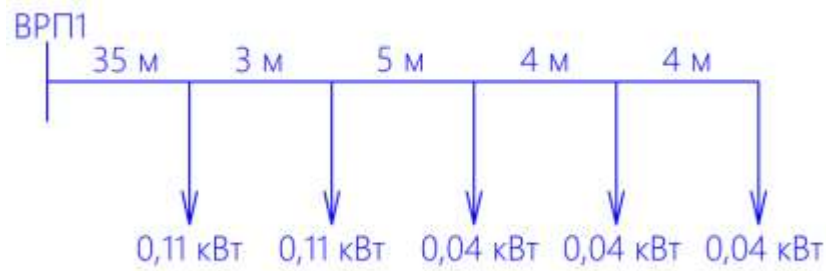


Рисунок 3.15 – Розрахункова схема групової лінії Гр.7о

Для групової лінії Гр.17о (рис. 3.16):

$$\sum_{k=1}^{k=n} M_k = 0,08 \cdot 45 + 0,08 \cdot 39 + 0,08 \cdot 33 + 0,24 \cdot 25 = 15,36 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\Delta U \% = \frac{15,36}{12,1 \cdot 1,5} = 0,85 \%,$$

$$\Delta U_{\Sigma} \% = 0,18 + 0,85 = 1,03 \%.$$

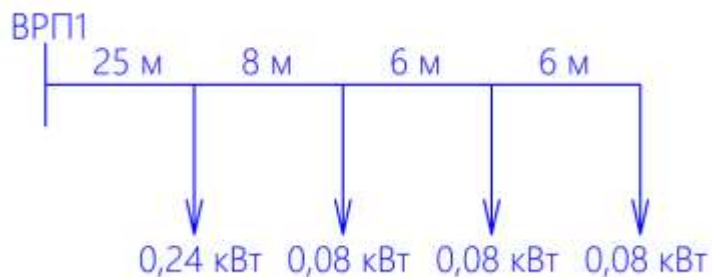


Рисунок 3.15 – Розрахункова схема групової лінії Гр.17о

Як видно із результатів розрахунку, втрати напруги в електричних освітлювальних та силових мережах не перевищують відповідно 1,03 та 0,58 %.

3.4 Висновки до розділу

1. На основі результатів світлотехнічних розрахунків, виконаних за допомогою методу коефіцієнта використання та спеціалізованого програмного пакету DIALux evo встановлено потужність, кількість та розташування світлових приладів для кожного приміщення, використання яких дозволяє забезпечити

виконання вимог щодо нормованих світлотехнічних параметрів.

2. Сумарна встановлена потужність світлових приладів системи робочого освітлення становить 4,90 кВт, а системи аварійного освітлення – 0.41 кВт.

3. Виконано розрахунок втрат напруги в електричних мережах будівлі. По результатах розрахунку встановлено, що сумарні втрати напруги в електричних освітлювальних та силових мережах не перевищують відповідно 1,03 та 0,58 %.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Небезпечні фактори експлуатації систем освітлення

При монтажних та ремонтних роботах систем штучного освітлення робочий персонал може зазнати впливу шкідливих факторів, а джерелами потенційної небезпеки для здоров'я людей є:

- електромагнітне та електричне поле;
- параметри мікроклімату;
- виробничий шум.

Електромагнітні поля (ЕМП) – це змінні електричні та магнітні поля, що поширюються у просторі у формі хвиль зі швидкістю світла. Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу. Учені встановили, що найбільшу небезпеку для організму представляє тривале опромінення впродовж декількох років. Унаслідок дії електромагнітних полів можливі як гострі, так і хронічні ураження, порушення в системах і органах, функціональні зсуви в діяльності нервово-психічної, серцево-судинної, ендокринної, кровотворної та інших систем організму людини. Найбільший вплив на електромагнітну обстановку будь-яких будівель в діапазоні промислової частоти 50 Гц вносить електротехнічне устаткування, а саме: кабельні лінії, що підводять електрику до усіх квартир та інших споживачів системи життєзабезпечення будівлі, а також розподільні щити і трансформатори.

Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем.

Відомо, що надлишкова вологість повітря негативно впливає на механізм

терморегуляції організму. Особливо шкідливою є вологість повітря, яка перевищує 70 – 75 % за температури 30 °С і більше. Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до прискорення серцебиття, зниження артеріального тиску. За низької температури може статися переохолодження організму, що спричинить простудне захворювання. Згідно з результатами досліджень людина є працездатною і нормально себе почуває, якщо температура навколишнього повітря не виходить за межі 18 – 20 °С, відносна вологість – 40 – 60 %, швидкість руху повітря – 0,1 – 0,2 м/с. Висока температура послаблює організм, викликає млявість, а низька – сковує рухи, що при обслуговуванні електрообладнання спричиняє підвищену небезпеку травмування. За високої температури та вологості може статися перегрів тіла та тепловий удар, який може бути викликаний також інфрачервоним випромінюванням.

Несприятливі суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум з інтенсивністю 75 – 85 дБ. У персоналу, котрий має справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перевтоми, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на об'єкті. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху. Крім того, шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушується слуг, до 120 дБ – виникає нестерпний фізичний біль. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10 –

15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення.

Окрема група факторів, що впливає на здоров'я персоналу є важкість праці (навантаження на центральну нервову систему, органи чуття, емоційну сферу – інтелектуальне, емоційне навантаження, ступінь монотонності навантаження).

4.2 Значення штучного освітлення в приміщеннях

Зоровий аналізатор людини (очі) сприймає електромагнітні випромінювання в діапазоні довжин хвиль 0,38 – 0,76 мкм, як видиме світло. Кванти світла, володіючи великою енергією, впливають на структуру і метаболізм клітин і тканин живих організмів: стимулюють дихання, кровообіг, діяльність залоз внутрішньої секреції і процеси росту, синтез вітаміну D і деяких гормонів (серотоніну – «гормону радості»), засвоєння кальцію, фосфору та інших мінеральних елементів. Найбільша чутливість зору проявляється в жовто-зеленій частині спектру (0,55 – 0,58 мкм); довгі червоні промені (0,76 мкм) збуджують нервову систему; більш короткі сині, зелені промені діють заспокійливо. Достатнє освітлення забезпечує безпеку, високу якість і продуктивність праці, яка зростає на 15 – 18%.

Основними задачами, які повинні виконуватись в результаті реалізації проекту є:

- забезпечення умов для виконання конкретної зорової роботи для кожного приміщення
- забезпечення видимості перешкод і відповідно безпеки пересування. Ясна видимість будь-якої потенційної перешкоди в навколишньому просторі дозволяє уникнути травм: сходи, пандуси і тому подібні споруди повинні бути ясно видні;
- створення умов, які допомагають зорієнтуватися в приміщенні. Освітлення виявляє характерні структури як приміщення, так і будівлі в

цілому. Воно поліпшує зорову орієнтацію, дозволяючи краще запам'ятовувати як сам об'єкт, так і місце його розташування;

- забезпечення своєрідності. Кожен освітлюваний об'єкт має свій власний індивідуальний вигляд або характер. Освітлення може сприяти виявленню і навіть посиленню цього образу, підкреслюючи певні риси (наприклад, стильові особливості або деталі архітектури) або виділяючи привабливі природні елементи;

- створення приємної атмосфери.

- Основними умовами, які висуваються при експлуатації систем освітлення є:

- необхідність частої та регулярної чистки світлових приладів;

- розміщення світлових приладів на внутрішніх поверхнях елементів будівель, інженерних конструкціях, доступ до яких є затрудненим;

- підвищення вимог до культури обслуговування та експлуатації установок систем освітлення.

4.3 Фактори та наслідки ураження електричним струмом для тіла людини

Фактори, які впливають на наслідки ураження електричним струмом можна розділити на електричні, неелектричні та фактори навколишнього середовища.

До електричних факторів відносяться: сила струму, частота, опір тіла людини.

Зі зростанням сили струму небезпека ураження ним тіла людини зростає. Розрізняють порогові значення струму (при частоті 50 Гц):

- пороговий відчутний струм – 0,5 – 1,5 мА при змінному струмі і 5 – 7 мА при постійному струмі;

- пороговий невідпускний струм (струм, що викликає при проходженні через тіло людини нездоланні судомні скорочення м'язів руки, в котрій

затиснений провідник) – 10 – 15 мА при змінному струмі 50 – 80 мА при постійному струмі;

- пороговий фібриляційний струм (струм, що викликає при проходженні через організм фібриляцію серця) 100 мА при змінному струмі і 300 мА при постійному струмі.

Наявність в опорі тіла людини ємнісної складової при зростанні частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла та зростанням струму, що проходить через тіло людини. Найнебезпечнішим для людини є діапазон частот до 50 Гц. Подальше збільшення частоти, супроводжується зниженням небезпеки ураження, котра повністю зникає при частоті 450 – 500 Гц, тобто струм такої та більшої частоти не може викликати смертельного ураження внаслідок припинення роботи життєво важливих органів. Однак струми такої частоти зберігають небезпеку опіків при виникненні електричної дуги та при проходженні їх безпосередньо через тіло людини. Значення фібриляційного струму при частотах 50 – 100 Гц практично однакові; при частоті 200 Гц фібриляційний струм зростає приблизно в два рази в порівнянні з його значенням при 50 – 100 Гц, а при частоті 400 Гц – більше, ніж в 3 рази.

Постійний струм є приблизно в 4 – 5 разів безпечнішим, ніж змінний струм частотою 50 Гц. Проходячи через тіло людини, постійний струм, викликає слабші скорочення м'язів і менш неприємні відчуття порівняно зі змінним того ж значення. Лише в момент замикання і розмикання ланки струму людина відчуває короточасні болісні відчуття внаслідок судомного скорочення м'язів. Порівняльна оцінка постійного та змінного струмів справедлива лише для напруг до 500 В. Вважається, що при більш високих напругах постійний струм стає небезпечнішим, ніж змінний частотою 50 Гц.

Електричний опір тіла людини – це опір струму, котрий проходить по ділянці тіла між двома електродами, прикладеними до поверхні тіла. Він складається з опору тонких зовнішніх шарів шкіри, котрі контактують з електродами, і з опору внутрішніх тканин тіла. Найбільший опір струму чинить

шкіра. На місці контакту електродів з тілом утворюється своєрідний конденсатор, однією обкладкою котрого є електрод, другою – внутрішні струмопровідні тканини, а діелектриком – зовнішній шар шкіри. Електричні властивості конденсатора характеризуються напругою, на котру він розрахований, та його ємністю. Таким чином, опір тіла людини складається з ємнісного та активного опорів. Величина електричного опору тіла залежить від стану рогового шару шкіри, наявності на її поверхні вологи та забруднень, від місця прикладання електродів, частоти струму, величини напруги, тривалості дії струму. Ушкодження рогового шару (порізи, подряпини, волога, потовиділення) зменшують опір тіла, а отже збільшують небезпеку ураження. В практичних розрахунках опір тіла людини приймається таким, що дорівнює 1000 Ом.

До неелектричних факторів, котрі впливають на наслідки ураження електричним струмом відносяться: тривалість проходження струму та шлях його протікання, індивідуальні особливості людини.

Із зростанням тривалості дії струму зростає ймовірність важкого або смертельного наслідку. Така залежність пояснюється тим, що зі зростанням часу впливу струму на живу тканину підвищується його значення, накопичуються наслідки впливу струму на організм. Зростає також імовірність співпадання моменту проходження струму через серце з уразливою фазою серцевого циклу (кардіоциклу). Зростання сили струму зі зростанням часу його дії пояснюється зниженням опору тіла людини внаслідок місцевого нагрівання шкіри та подразнювальної дії на тканини. Це викликає рефлекторну, тобто через центральну нервову систему, швидку зворотну реакцію організму у вигляді розширення судин шкіри, а відтак – посилення постачання її кров'ю і підвищення потовиділення, що й призводить до зниження електричного опору шкіри в цьому місці.

Практика та експерименти показують, що шлях протікання струму через тіло людини має велике значення з огляду на наслідки ураження. Якщо на шляху струму виявляються життєво важливі органи – серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження досить велика, оскільки струм безпосередньо впливає на ці органи. Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його вплив на життєво

важливі органи може бути лише рефлекторним, а не безпосереднім. При цьому, хоч небезпека важкого ураження і зберігається, але ймовірність його знижується. До того ж, оскільки шлях струму визначається місцем прикладання струмопровідних частин (електродів) до тіла потерпілого, то його вплив на наслідок ураження зумовлюється ще й різним опором шкіри на різних ділянках шкіри.

Найбільш поширеними напрямками проходження струму через організм людини є: рука – рука (частка потерпілих, які втрачали свідомість становить 83 %), права рука – ноги (87 %), ліва рука – ноги (80 %), нога – нога (15 %), голова – ноги (88 %), голова – руки (92 %).

Відомо, що здорові та фізично міцні люди легше переносять електричні удари, ніж хворі та слабкі. Особливо сприйнятливими до електричного струму є особи, котрі нездужають на захворювання шкіри, серцево-судинної системи, органів внутрішньої секреції, легенів, мають нервові хвороби. Важливе значення має психічна підготовленість до можливої небезпеки ураження струмом. В переважній більшості випадків несподіваний електричний удар навіть за низької напруги призводить до важких наслідків. Проте за умови, коли людина очікує удару, то ступінь ураження значно знижується. Тому великого значення набувають ступінь уваги, зосередженість людини на виконуваний роботі, втома.

До факторів навколишнього середовища відносяться: температура, тиск, вологість повітря в приміщенні. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, а зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується.

4.4 Організаційні та інженерно-технічні заходи щодо попередження надзвичайних ситуацій

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

Організаційні-економічні заходи. Виявлення небезпеки, оцінка ризику і

прогнозування надзвичайних ситуацій на відповідних територіях та потенційно небезпечних об'єктах. Щорічне уточнення прогнозних даних щодо ризику виникнення надзвичайних ситуацій, визначення найбільш гострих проблемних питань щодо запобігання надзвичайним ситуаціям.

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

Заходи, що здійснюються на потенційно небезпечних об'єктах:

- створення об'єктових і локальних систем оповіщення працюючого персоналу і населення, яке мешкає поруч з потенційно небезпечними об'єктами;
- створення локальних систем раннього виявлення витoku небезпечних хімічних речовин;
- запровадження систем автоматичного контролю і сигналізації про

ймовірність витоку небезпечних і шкідливих речовин, а також блокуючих пристроїв для аварійного відключення технологічного і енергетичного обладнання;

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

- створення запасів нейтралізуючих речовин;

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

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

- удосконалення технологічних процесів з метою забезпечення безаварійної експлуатації;

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

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

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

- максимально можливе зменшення запасів небезпечних хімічних речовин;

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

- розроблення планів локалізації і ліквідації аварійних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Встановлено основні вимоги щодо проєктування систем освітлення та електропостачання будівель адміністративного призначення. Проаналізовано існуючі методи та технології освітлення адміністративних приміщень.

2. Наведено основні відомості про об'єкт проєктування. Встановлено, що сумарна площа усіх приміщень становить 1806,56 м², з яких 33 % відведено під приміщення спортивного та тренажерного залів.

3. Виконано вибір систем освітлення приміщень та їх нормованих світлотехнічних параметрів. Для усіх приміщень застосовано систему робочого загального освітлення. Для приміщень коридорів застосовано систему аварійного освітлення шляхів евакуації. Для приміщень спортивних залів, робочих кабінетів, конференц залу застосовано системи аварійного антипанічного освітлення.

4. Для освітлення приміщень виконано вибір напівпровідникових світлових приладів. Для робочого освітлення кабінетних приміщень, приміщення тренажерного залу, приміщень роздягальнь, конференц-залів вибрано світильники типу ДПО26В, а для освітлення коридорів та приміщення холу-вестибюлю – ДПО20У Юпітер LED-панель. Для освітлення приміщення спортзалу запропоновано використати світильники типу ДПП27У Effect LED. Для допоміжних приміщень та приміщень санвузлів, а також входів і тамбурів вибрано світильники ДББ26У Селена-LED.

5. Для частини світильників робочого освітлення ДПО20У Юпітер LED-панель, ДСП07У, ДББ26У Селена-LED запропоновано використати модифікації з блоками аварійного живлення, що дозволяє їх застосовувати як для робочого, так і аварійного освітлення. Окрім цього для аварійного антипанічного освітлення кабінетів, тренажерного залу, конференц залу, спортивного залу та одного з коридорів запропоновано використати світильники ДПП06У.

6. На основі результатів світлотехнічних розрахунків, виконаних за допомогою методу коефіцієнта використання та спеціалізованого програмного

пакету DIALux evo встановлено потужність, кількість та розташування світлових приладів для кожного приміщення, використання яких дозволяє забезпечити виконання вимог щодо нормованих світлотехнічних параметрів. Сумарна встановлена потужність світлових приладів системи робочого освітлення становить 4,90 кВт, а системи аварійного освітлення – 0.41 кВт.

7. За надійністю електропостачання електроспоживачі відносяться до II категорії. Виняток становлять системи аварійного освітлення, пожежної та охоронної сигналізації, які відносяться до I категорії. Тому живлення електроустаткування будівлі передбачено по двох вводах від однієї трансформаторної підстанції через дві ввідно-облікові шафи з можливістю перемикання усіх електроспоживачів будівлі на один із вводів.

8. Сумарна встановлена потужність електроспоживачів будівлі – 288,80 кВт, з якої 38 та 27 % становить встановлена потужність систем відповідно вентиляції та кондиціонування.

9. Визначено розрахункові навантаження будівлі, на підставі яких вибрано типи та перерізи кабелів ліній живлення щитів та групових ліній, а також апарати захисту. Виконано розрахунок втрат напруги в електричних мережах будівлі. По результатах розрахунку встановлено, що сумарні втрати напруги в електричних освітлювальних та силових мережах не перевищують відповідно 1,03 та 0,58 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання курсового проекту «Проектування багатоповерхової будівлі» ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ БУДІВЕЛЬ. Банки. Офіси з дисципліни «Архітектура будівель та споруд (спецкурс)» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» з галузі 19 – «Архітектура та будівництво» спеціальність 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання URL: https://npnagornyuk.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/10/kr_mu_osnovy_proektuvannya_admin_budivel.pdf (дата звернення: 30.04.2026)
2. НК 018:023. Класифікатор будівель і споруд. – [чинний від 2024– 01 – 01]. – К. : Мінрегіон України, 2023. – 17 с.
3. ДБН В.2.2-9:2018 "Громадські будинки та споруди. Основні положення" – К.: Міністерство розвитку громад та територій, 2022.– 49 с.
4. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (укр) : Міністерство праці та соціальної політики України від 21.06.2001, № НПАОП 40.1-1.32-01. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text> (дата звернення: 06.05.2026).
5. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
6. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
7. ДБН В.2.5-23:2025. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.– К.: Мінрозвитку України, 2025.– 93 с.
8. Як вибрати освітлення в офіс? URL: <https://www.keramis.com.ua/blog/uk/yak-vibrati-osvtlennya-v-ofs/?srsltid=AfmBOooPMmXub9cxj6e-SWvy5dp5tmLN8okI7zM8qdKR03DN03Vp78m> (дата звернення: 03.05.2026)

9. Освітлення для офісу: рекомендації по підбору світильників для малих і великих офісних приміщень. URL: https://mark-lviv.com.ua/uk/osvitlennia_dlia_ofisu_rekomendatsiii_po_pidboru_svitilnikiv_dlia_malih_i_velikih_ofisnih_primishcheni/ (дата звернення: 03.05.2026)

10. Як вибрати освітлення для офісу і робочих приміщень URL: <https://220lviv.top/lighting-for-office-space/> (дата звернення: 03.05.2026)

11. Осадца Я.М. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопіль: ТНТУ, 2020. 144 с.

12. Andriichuk Volodimir, Nakonechyi Myroslav, Filiuk Yaroslav, Osadtsa Yaroslav, Xinzhong Gao. Kinetics of leds white lighting under pulse power supply. ICAAEIT 2021, 15-17 December 2021. Tern.: TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk“» LLC, 2021. P. 33–39.

13. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.

14. Костик Л. М. Електромагнітна сумісність енергоощадних джерел світла / Любов Миколаївна Костик, Ярослав Михайлович Осадца, Микола Миколайович Липовецький // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. — Том 78. — № 2. — С. 184-191. — (Приладобудування та інформаційно-вимірювальні технології).

15. Джерела світла : навч. посібник / К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 110 с

16. ДПО26В. URL: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DPO26V.pdf (дата звернення: 08.05.2026)

17. ДВО20У, ДПО20У, ДСО20У Юпітер-LED-панель. URL: [https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DVO20U-DSO20U-DPO20U_\(Jupiter-LED-panel\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-UKR_DVO20U-DSO20U-DPO20U_(Jupiter-LED-panel).pdf) (дата звернення: 08.05.2026)

18. ДПП27У Effect LED. URL:
https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP27U_Effect_LED.pdf (дата звернення: 08.05.2026).
19. ДСП07У. URL: https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP07U.pdf (дата звернення: 08.05.2026).
20. ДББ26У Селена LED. URL:
[https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U\(SELENA-LED\).pdf](https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U(SELENA-LED).pdf) (дата звернення: 08.05.2026)
21. ДПП06У (аварійний). URL:
https://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP06U.pdf (дата звернення: 08.05.2026)
22. Кабелі силові з мідними СПЖ, з ізоляцією з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки, із зовнішньою оболонкою з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки. URL: <https://www.yuzhcable.info/cat/18/mri/180117> (дата звернення: 12.05.2026)
23. Вогнетривкий кабель (N) НХН FE 180/E30 3x1,5. URL:
https://amperok.com.ua/vognetryvkiy_kabel_n_hxh_fe_180_e30_3x1_5?srsId=AfmBOooXbQRGFgyBWhrSprrs3yAsTMJSO-Z6OJvChQR8XXAp1A6jRv7 (дата звернення: 12.05.2026)
24. Автоматичний вимикач FB1-125 3P C 100A 10kA ECO 4823117801317. URL: <https://promfactor.com/product/fb1c3100> (дата звернення: 20.05.2026)
25. Автоматичний вимикач FB1-63 1P C 65 6kA CITY 4823117812764. URL: <https://promfactor.com/product/fb1ci1005> (дата звернення: 20.05.2026)
26. Автоматичний вимикач FB1-125 3P C 125A 10kA ECO 4823117801324. URL: <https://promfactor.com/product/fb1c3125> (дата звернення: 20.05.2026)
27. Автоматичний вимикач XT1B 160 TMD 160-1600 3P F F 160A 18kA, ABB URL: <https://001.com.ua/uk/avtomatychnyy-vymykach-xt1b-160-tmd-160-1600-3p-f-f-160a-18ka-abb> (дата звернення: 20.05.2026)

28. Автоматичний вимикач XT1B 160 TMD 160-1600 3P F F 160A 18кА, АВВ URL: <https://001.com.ua/uk/avtomatychnyy-vymykach-xt1b-160-tmd-160-1600-3p-f-f-160a-18ka-abb> (дата звернення: 20.05.2026)

29. Автоматичний вимикач XT3N 250 TMD 250-2500 3P F F 250A 36кА, АВВ <https://001.com.ua/uk/avtomatychnyy-vymykach-xt3n-250-tmd-250-2500-3p-f-f-250a-36ka-abb> (дата звернення: 20.05.2026)

30. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Світлотехнічні установки та системи» для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальностей 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та G3 Електрична інженерія / Уклад.: к.т.н., доцент Ярослав ОСАДЦА – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2026. – 46 с.

31. Головна / Інфоматеріали URL: <https://vatra.ua/ukr/downloads> (дата звернення: 21.05.2026)

32. Говоров П.П. 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.

33. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.