

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Проект енергоефективного освітлення дошкільного навчального закладу для забезпечення зниження втрат в системі електропостачання

Виконав: студент VI курсу, групи ЕЕМ-61

спеціальності (напряму підготовки) 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Соловко А.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Осадца Я.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Вакуленко О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Козак К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Соловко А.Л. Проект енергоефективного освітлення дошкільного навчального закладу для забезпечення зниження втрат в системі електропостачання. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕм-61. – Тернопіль: ТНТУ, 2019.

Стор. – 121; рис. – 33; табл. – 24; креслень – 7; джерел – 36; додатків – 1.

Розроблено проект освітлення дошкільного навчального закладу на 140 місць з використанням світлових приладів на основі напівпровідникових джерел світла, реалізація якого дозволила б знизити потужність освітлювальної установки на 26,06 %.

Ключові слова: освітленість, світловий прилад, система освітлення, світловий потік.

ANNOTATION

Solovko A.L. Energy-efficiency lighting project of a preschool educational institution for ensuring reduction of losses in the power supply system. 141 – Electricity, Electrical Engineering and Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty of Applied Information Technology and Electrical Engineering. Department of Electrical Engineering, group EEm-61. - Ternopil: TNTU, 2019.

Page – 121; Fig. – 33; Tables – 24, Drawings – 7; Sources – 36; Applications – 1.

The project of lighting of a preschool educational institution for 140 places with use of light devices on the basis of semiconductor light sources has been developed. The implementation of project would allow to reduce the power of the lighting installation by 26,06 %.

Keywords: illumination, light fixture, lighting system, luminous flux.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Параметри нормування освітлення	9
1.2 Оцінка ефективності освітлювальних установок громадських будівель	12
1.3 Нормування освітлення громадських будівель та споруд	20
1.4 Основні методики проектування освітлювальних установок	22
1.5 Можливі шляхи підвищення ефективності споживання енергії освітлювальними установками громадських будівель	27
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	31
2.1 Розрахунок коефіцієнта використання світлового потоку	31
2.2 Моделювання освітлювальної установки	34
3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	39
3.1 Характеристики будівлі дитячого садка	39
3.2 Аналіз існуючої системи освітлення	40
4. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	51
4.1 Вибір джерел світла	51
4.2 Вибір нормованої освітленості	56
4.3 Вибір світлових приладів	57
4.4 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення дитячого садка	64
4.5 Електротехнічний розрахунок освітлювальної установки	67
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	75
5.1 Вибір програмного забезпечення для світлотехнічного розрахунку системи освітлення	75
5.2 Вибір схеми живлення освітлювальної установки дитячого садка	82

6. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	84
6.1 Економічна оцінка ефективності заходів модернізації	84
6.2 Розрахунок вартості та можливості економії внаслідок реалізації проекту	88
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	91
7.1 Охорона праці	91
7.1.1 Особливості випромінювання оптичного діапазону	91
7.1.2 Актуальність проблеми електробезпеки	94
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	97
7.2.1 Оцінка стійкості роботи підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі до впливу вражаючих факторів ядерної зброї	97
8. ЕКОЛОГІЯ	102
8.1 Екологічні проблеми світлотехнічної галузі	102
8.2 Забруднення довкілля, що пов'язане з виробництвом та використанням світлового обладнання	103
8.3 Аналіз шляхів зменшення забруднення довкілля об'єктами світлотехнічної галузі	106
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	110
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	112
ДОДАТОК А	116

ВСТУП

Актуальність роботи. Загальновідомо, що більше 70% всієї інформації, яка отримується людиною, сприймається візуально. Одну з ключових ролей в цьому відіграє освітлювальна система. Освітлення навчальних приміщень насамперед пов'язане із якістю зорового сприйняття дітей.

Сучасні освітні заклади постійно збалансовують свої бюджети, щоб забезпечити комфортне, ефективне і водночас безпечне навчальне середовище для своїх учнів. В наш час, коли особливого значення набувають теми енергозбереження, принципи, методи та типи штучного освітлення в першу чергу розглядаються з точки зору енергоефективності. Одним із кроків до створення умов енергоощадного освітлення є використання світлових приладів з більш економічними джерелами світла. Це дає змогу не лише знизити затрати електричної енергії на живлення освітлювальної установки, але й збільшити її термін служби та покращити якісні показники.

Тому **актуальною** є проблема, пов'язана із застосуванням напівпровідникових джерел світла та приладів на їх основі в системах освітлення дошкільних навчальних приміщень.

Мета роботи: розробка проекту освітлення дошкільного навчального закладу на основі напівпровідникових джерел світла, реалізація якого дала б змогу знизити споживання електричної на живлення освітлювальної установки.

Для досягнення мети потрібно було вирішити наступні **завдання:**

- аналіз типового проекту системи освітлення дошкільного навчального закладу;

- вибір виду та способів освітлення, нормованої освітленості, а також схеми живлення системи освітлення приміщень дошкільного навчального закладу;

- вибір джерел світла та світлових приладів на їх основі, які можуть бути використані в системах робочого та аварійного освітлення;

- світлотехнічний та електротехнічний розрахунок освітлювальної установки приміщень дитячого садка;

Об'єктом дослідження є процеси, пов'язані перетворенням електричної енергії в системах освітлення приміщень навчальних закладів.

Предметом дослідження є системи освітлення приміщень навчальних закладів.

Наукова новизна отриманих результатів: набула подальшого розвитку універсальна методика розрахунку коефіцієнта використання світлового потоку по аналітичних його залежностях від індексу приміщення.

Практичне значення отриманих результатів: Розроблено проект системи освітлення дитячого дошкільного закладу на 140 місць з використанням напівпровідникових світлових приладів.

Апробація результатів роботи: результати роботи доповідались та обговорювались на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» - Тернопіль, 27 – 28 листопада 2019 р.

Публікації:

1. Олексійчук Б.Ю. Енергоефективне освітлення приміщень та об'єктів громадського та комунального призначення // Б.Ю. Олексійчук, А.Л. Соловко, Я.М. Осадца. – Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.). Том III / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – С. 52.

Структура роботи. Робота складається із з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки - 121 аркушів формату А4. Обсяг графічної частини – 6 аркушів формату А1, 1 аркуш формату А2.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Параметри нормування освітлення

Освітлювальна установка – комплексний світлотехнічний пристрій, призначений для штучного і (або) природного освітлення, що складається з джерела оптичного випромінювання, освітлювального приладу або світлопропускаючого пристрою, освітлюваного об'єкту або групи об'єктів, приймача випромінювання і допоміжних елементів, що забезпечують роботу установки (проводів і кабелів, пускорегулюючих пристроїв, що управляють, конструктивних вузлів, засобів обслуговування).

Цілями нормування штучного і природного освітлення є створення світлового середовища, що забезпечує комфортні і безпечні умови праці, безпечне пересування пішоходів і транспорту, ефективне функціонування систем відеоспостереження і відеозйомки, здійснення технологічних процесів, вирощування рослин, утримування тварин і так далі.

Крім того, метою нормування природного і штучного освітлення є ефективне використання ресурсів електричної і теплової енергії, а також ресурсів світлового клімату.

Нормування освітлення полягає в законодавчому встановленні норм і правил виконання систем штучного і природного освітлення, що забезпечують необхідні значення кількісних і якісних параметрів освітлення.

У промисловому освітленні ефективність систем освітлення визначається продуктивністю праці, зоровою працездатністю, заданою вірогідністю правильного рішення зорової задачі, видимістю об'єктів, що розпізнаються

У основі нормування лежать результати наукових досліджень в областях фізіології зору, гігієни людини і екології навколишнього середовища, техніки, естетики і економіки освітлення, враховуються національні матеріальні і енергетичні ресурси. Нормативні документи відображають поточний рівень розвитку світлотехнічної науки і промисловості.

Завданнями нормування освітлення є:

- класифікація зорових робіт по точності і складності;
- вибір критеріїв нормування відповідно до функціонального призначення освітлення;ї
- вибір параметрів освітлення, що підлягають нормуванню;
- встановлення значень нормованих параметрів для робіт різної точності і складності.

Критерієм нормування є показник світлотехнічної ефективності освітлення, на підставі якого вибираються нормовані кількісні і якісні параметри. Це може бути така характеристика, для якої встановлена її залежність від параметрів освітлення. Вибір критерію залежить від функціонального призначення освітлення з урахуванням матеріальних, трудових і енергетичних витрат. У світовій практиці прийнято роздільне нормування освітлення промислових, суспільних, житлових будівель і селітебних територій.

Нормування освітлення починається з параметрів, що визначають його ефективність, при цьому нормування може бути прямим або непрямим. При прямому нормуванні регламентують величини, що безпосередньо визначають ефективність освітлення:видимість або розпізнання, що забезпечують рішення зорової задачі із заданою вірогідністю:

1. вірогідність створення аварійної або травмонебезпечної ситуації;
2. зорова працездатність;
3. продуктивність праці;
4. світимість навколишнього простору, що визначає насиченість приміщення світлом і так далі.

Пряме нормування є найбільш досконалим способом визначення показників, що регламентуються. Відсутність достатніх даних, які дозволили б перейти від видимості, зорової працездатності, продуктивності праці, світимості до фотометричних характеристик освітлення, вимірної інструментально, утрудняє застосування прямих методів. Розвиток досліджень в області техніки освітлення надалі дозволить перейти на пряме нормування освітлення.

Непряме нормування освітлювальних установок засноване на

регламентації фотометричних характеристик, що розраховуються і інструментальних вимірюваних, а також розподілів фотометричних величин в часі і просторі. Даний спосіб нормування прийнятніший для практики проектування і експлуатації освітлення.

Як кількісна характеристика штучного освітлення приміщень в світовій практиці використовують освітленість, яка розраховується або вимірюється люксометрами з давачами, зкорегованими під спектральну криву чутливості людського ока.

У деяких громадських приміщеннях, де основним зоровим завданням є зорове сприйняття простору, додатково нормується одна з інтегральних характеристик світлового поля – циліндрична освітленість, що характеризує насиченість приміщення світлом.

У зовнішньому освітленні вулиць, доріг і площ, коли індикатриса віддзеркалення світла дорожнім покриттям добре відома і стандартизована, разом з освітленістю як кількісна характеристика використовується яскравість, яка розраховується або вимірюється яскравомірами з датчиками, скорегованими під спектральну криву чутливості людського ока.

При природному освітленні приміщень освітленість в приміщенні і на робочих місцях залежить від погоди і безперервно змінюється в часі. Тут кількісним показником є відносна величина – коефіцієнт природної освітленості. Коефіцієнт природної освітленості (КПО) – відношення природної освітленості, що створюється в деякій точці заданої площини усередині приміщення прямим світлом неба, відбитим світлом від прилеглих будівель і землі, а також відбитим світлом від внутрішніх поверхонь приміщень, до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, що створюється світлом повністю відкритого небозводу. КПО виражається у відсотках. Освітленість в будь – якій точці приміщення рівна добутку зовнішньої освітленості горизонтальної площини на значення КПО в цій точці. КПО може бути визначений шляхом розрахунку або експериментально.

Зниження освітленості при експлуатації систем природного і штучного

освітлення в результаті старіння джерел світла, забруднення і старіння світло пропускних елементів систем в нормах враховується коефіцієнтом запасу ($K_3 > 1$). У зарубіжних країнах для цих цілей використовується коефіцієнт експлуатації *maintenance factor* – величина, зворотна коефіцієнту запасу $MF = 1 / K_3$ ($MF < 1$).

У зв'язку із зростанням вартості енергоносіїв важливе значення набувають показники енергоекономічності освітлення. Показником енергоекономічності штучного освітлення є питома встановлена потужність w_0 (Вт/м²), тобто потужність штучного освітлення, споживана на 1 м² освітлюваної площі. В деяких випадках використовують питому встановлену потужність, споживану на створення освітленості в 100 лк, w (Вт/м²/100 лк). Енергоекономічність систем природного і штучного освітлення оцінюється за сумарними витратами на електричну і теплову енергію, віднесеними до одиниці освітлюваної площі.

Нормовані якісні параметри освітлення розрізняються залежно від призначення приміщення.

До якісних характеристик освітлення відносяться показники, що впливають на комфортність умов для роботи зору. До них відносяться параметри, що характеризують пряму сліпучу дію ОУ (показник засліпленості, показник дискомфорту, узагальнений показник дискомфорту), відбиту сліпучу дію (яскравість освітлюваних поверхонь у напрямі очей того, що працює), глибину пульсації світлового потоку, просторовий розподіл світлового потоку в робочій зоні (рівномірність розподілу освітленості, коефіцієнт передачі контрасту), спектральні характеристики оптичного випромінювання.

1.2. Оцінка ефективності освітлювальних установок громадських будівель

Для зорової працездатності велике значення має освітлення. В світлотехнічній практиці важливо знати, які саме характеристики освітлення чи їх сполучення і в якій мірі впливають на роботу зору, а також якими засобами

освітлювальної техніки можна добитись найменшої втоми зору на протязі робочого часу.

З метою виявлення можливих критеріїв нормування освітленості було досліджено вплив світлотехнічних параметрів освітлювальних установок на наступні показники наступні показники: ПТ (за швидкістю коректорської роботи), зорове стомлення (по відносній зміні часу хроматичної адіспаропії, видимості і яскравості блискучого джерела на межі комфорт–дискомфорт).

Проведені дослідження встановили, що збільшення освітленості розглядуваної поверхні приводить до збільшення продуктивності праці при переході від відносно невеликих рівнів до значень 500 – 600 Лк, а при точних роботах і до 1000 Лк. Подальше збільшення освітленості не має вже суттєвого впливу на працездатність. Згідно розроблених методик найкращі освітлювальні умови визначаються мінімальною собівартістю продукції, в залежності від освітлення. В загальному вигляді залежність продуктивності від освітленості показано на рис. 1.1.

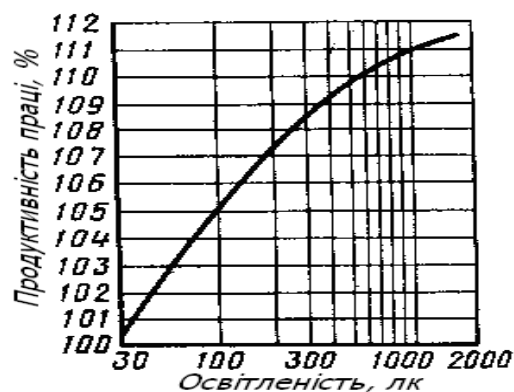


Рисунок 1.1 – Залежність продуктивності праці від освітленості

При надмірному підвищенні освітленості зростає стомлення (рис. 1.2). Проте зважаючи на складність кількісного вимірювання зорового стомлення, яке визначається, як правило, по відносних, а не по абсолютних значеннях, критерій стомлення може бути вибраний тільки як обмежувальний показник при встановленні рівня освітленості при зорових роботах в громадських будівлях. Більш інформативним для громадських будівель є критерій

суб'єктивних оцінок, що найповніше відображає психофізіологічний стан людини.

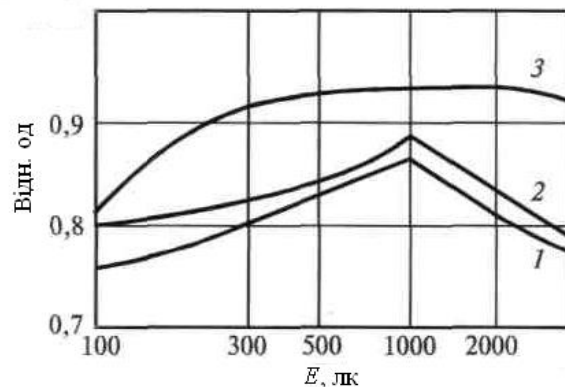


Рисунок 1.2. – Зорове стомлення як функція освітленості:

1 – видимість; 2 – час хроматичної адіспаропії;

3 – яскравість блискучого джерела на межі комфорт - дискомфорт

Була досліджена залежність необхідних рівнів освітленості від розмірів об'єктів розпізнання, найбільш характерних для приміщень громадських будівель, де виконується зорова робота: читання типографського тексту, рахунок на логарифмічній лінійці креслення. Оцінка рівня освітленості при роботах різної точності проводилася методом експертних суб'єктивних оцінок. Результати приведені на рис. 1.3.

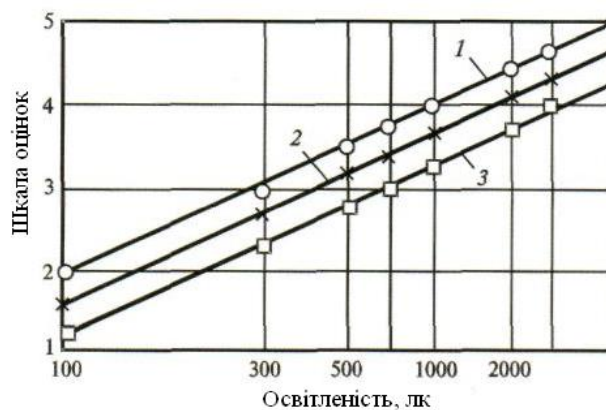


Рисунок 1.3 – Суб'єктивна оцінка рівнів освітленості при зоровій роботі:

1 – читання; 2 – рахунок на логарифмічній лінійці; 3 – креслення (шкала оцінок: 1 – темно; 2 – недостатньо ясно; 3 – достатньо ясно; 4 – ясно; 5 – дуже ясно)

Приймаючи, що оптимальний рівень освітленості відповідає суб'єктивній оцінці «ясно», а нижній допустимий рівень освітленості - оцінці «достатньо ясно», можна визначити значення оптимальних освітленостей: 1200 лк - для читання, 1800 лк - для рахунку на логарифмічній лінійці, 3000 лк – для креслення, нижні допустимі рівні - відповідно 400, 500 і 1000 лк.

У основі вибору нормованого значення освітленості робочих місць внутрішніх приміщень в матеріалах МКО (раніше рекомендаційних, а зараз у вигляді стандарту) також лежать суб'єктивні оцінки, отримані німецькими авторами в 70-і роки минулого сторіччя. На рис. 1.4 представлені криві залежності відсотка спостерігачів, що рахують установки комфортними з погляду оптимальної освітленості залежно від рівня освітленості (максимуми лежать в діапазоні 1000-2500 лк).

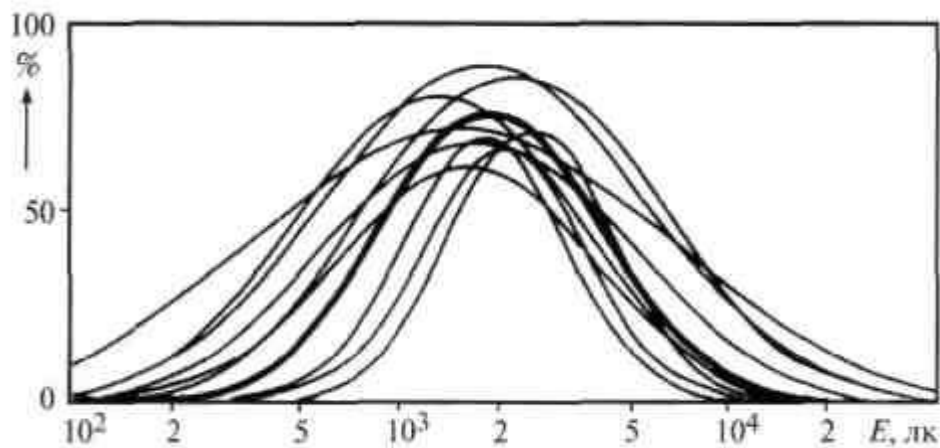


Рисунок 1.4– Результати суб'єктивної оцінки рівнів освітленості в робочих приміщеннях по даним

Також одним з параметрів освітлювальних установок є циліндрична освітленість. Це середня освітленість бокової поверхні вертикального циліндра, розміри якого наближаються до нуля.

На основі результатів експериментальних досліджень, в яких порівнювалася суб'єктивна оцінка якості освітлення по відсотку спостерігачів, ОУ, що визнали, достатньою по насиченості приміщення світлом, встановлено

зв'язок між відчуттям насиченості і E_u (рис.1.5).

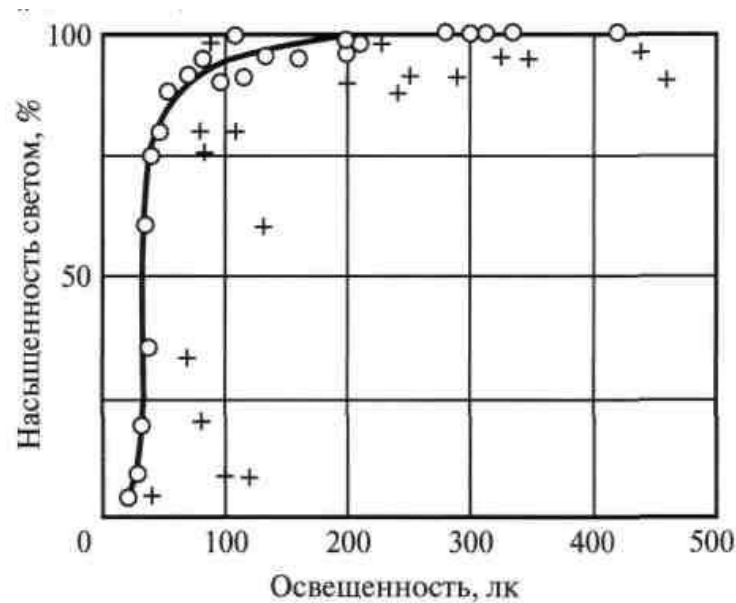


Рисунок 1.5– Залежність відчуття насиченості світлом приміщення від рівня освітленості: середньою циліндричною (о) і горизонтальною (+)

Однією з найважливіших якісних характеристик освітлення є сліпуча дія ОУ. Дослідження закономірностей, що кількісно виражають результати дії джерел світла підвищеної яскравості на зір, привели до створення методу оцінки сліпучої дії ОУ по дискомфорту, що характеризує неприємні зорові відчуття незручності і напруженості при нерівномірному розподілі яскравості в полі зору. Як кількісний критерій прийнятий показник дискомфорту.

Розрахунок числового значення показника дискомфорту здійснюють за формулою:

$$M = \frac{L_c \cdot \omega^{0,5}}{P \cdot L_{ad}^{0,5}}$$

де L_c – яскравість блискучого джерела, кд/м²;

ω – тілесний кут, в межах якого знаходиться блискуче джерело, стер;

L_{ad} – яскравість адаптації, кд/м²;

P – індекс позиції дискомфортової плями щодо лінії зору спостерігача по Лекишу-Гату.

Від сукупності джерела також від ліній, що світять, і великих поверхонь:

$$M_{\Sigma} = \left[\sum_{i=1}^n M_i^2 \right]^{0,5}$$

Для побудови шкали значень M експериментальним шляхом був встановлений зв'язок між M і суб'єктивними оцінками, що визначають різні ступені відчуття дискомфортової яскравості. Експериментальні дослідження дискомфорту на основі метрики зорових відчуттів дозволили ввести шкалу M , використовуючи світлину як міру переходу від одного рівня відчуття до іншого (рис.1.6).

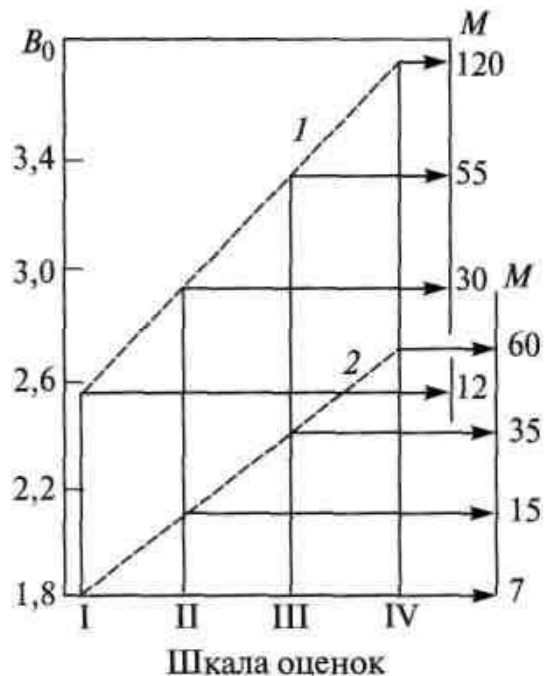


Рисунок 1.6– Побудова шкали показника дискомфорту M по розрахункових значеннях залежності світлини B_0 від суб'єктивної оцінки дискомфорту для яскравості адаптації L_{ad} , рівною: 1 – 10 кд/м²; 2 – 100 кд/м² (шкала оцінок: I – прийнятно; II – прийнятно-неприємно; III – неприємно; IV – нестерпно)

У Стандарті МКО оцінка сліпучої дії ОУ як промислових, так і суспільних будівель проводиться по величині узагальненого показника дискомфорту UGR (Unified Glare Rating), який визначається по формулі:

$$UGR = 8 \cdot \lg \left(\frac{0,25}{L_{ad}} \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right)$$

де L_{ad} – яскравість адаптації (фону), кд/м²;

L – середня яскравість поверхні світильника, що світить, у напрямку до точки спостереження, кд/м²;

ω – тілесний кут, під яким видно поверхня, що світить, стер:

p – індекс позиції по Лекишу-Гату, що враховує положення світильника в полі зору.

Метод узагальненого показника дискомфорту базується на британській системі індексу блискучості і методі Зольнера-Фішера . Згідно рекомендаціям МКО застосовується система таблиць, розрахованих по формулі UGR, або, якщо необхідна попередня приблизна оцінка ОУ, застосовується система кривих гранично допустимої яскравості, складених для певного типу світильників і варіантів їх розміщення в різних по характеристиках приміщеннях. Ступені UGR: 13, 16, 19, 22, 25 і 28 - відповідають британській системі індексів блискучості.

Для обмеження блискучості від ДС в стандарті МКО використовується таблиця мінімальних захисних кутів залежно від яскравості. Так, для ДС з яскравістю не більше 20 кд/м² захисний кут повинен складати 10°, при 500 і більш кд/м² - 30°.

Варто зупинитися і на самому методі Зольнера-Фішера, який до недавнього часу був прийнятий в МКО і до цих пір використовується в Австрії, Голландії, Німеччині, Франції, Швейцарії. Метод включає сімейство кривих, що обмежують яскравість світильників в зоні кутів 45°-85° залежно від рівня освітленості (300-2000 лк) і класу якості по дискомфорту. Криві приведені для двох типів світильників (з бічними частинами, що світять, і без них) для подовжнього і

поперечного розміщення щодо горизонтального напрямку лінії зору.

У нормах США дискомфорт оцінюється по величині вірогідності зорового комфорту (Visual Comfort Probability - VCP), відповідної відсотку спостерігачів, що вважають установку комфортною.

Зважаючи на наявність різних способів оцінки дискомфорту, що діють в різних країнах, при розробці методу UGR в Стандарті МКО було проведено зіставлення шкал дискомфорту по вищеназваних методах. Оскільки параметри, що визначають дискомфорт, ідентичні, а ядро $\frac{L^2 \cdot \omega}{p^2}$ однакове, був встановлений зв'язок між показником дискомфорту M за шкалою ДБН і UGR:

$$UGR = 16 \cdot \lg M - 4,8$$

Для забезпечення психофізіологічного комфорту в ОУ громадських будівель і техніко-економічної ефективності ОУ вибір ДС здійснюється по їх кольорних характеристиках (T_u і R_a). У основу покладені відома номограма Крюйтгофа (рис. 1.7) і подальші дослідження зорового і психофізіологічного сприйняття ОУ з різними джерелами світла.

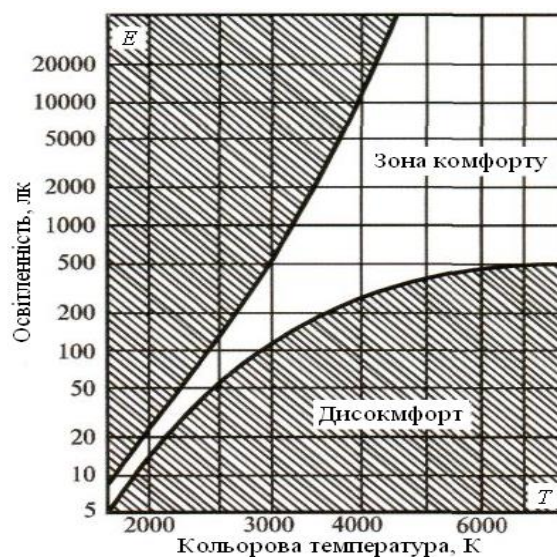


Рисунок 1.7 – Залежність комфортного рівня освітленості від кольорової температури джерела світла

1.3. Нормування освітлення громадських будівель та споруд

Громадські будівлі призначені для тимчасового перебування людей при здійсненні у цих будівлях певних функціональних процесів, пов'язаних з освітою, охороною здоров'я, видовищами, спортом, відпочинком і т. п. В ході суспільного розвитку виникають нові суспільні зв'язки між людьми. Відповідно зростає кількість видів громадських будівель, що розрізняються за призначенням.

Громадські будівлі та споруди відповідно до призначення класифікуються на:
освітні установи (дошкільні, шкільні, навчальні заклади для підготовки і підвищення кваліфікації фахівців, вищі навчальні заклади);

будинки для науково-дослідних установ і проектних організацій;

будинки і споруди для охорони здоров'я і відпочинку (поліклініки, лікарні, санаторії, санаторії-профілакторії);

установи відпочинку та туризму (будинки і споруди фізкультурно-оздоровчі та спортивні; відкриті спортивно-фізкультурні споруди; криті будівлі і споруди фізкультурно-спортивних та оздоровчих комплексів);

будинки культурно-освітніх і видовищних закладів (бібліотеки; музейні та виставкові комплекси, клубні будинки (клуби, будинки та палаци культури, центри дозвілля та інші), видовищні будинки (театри, концертні зали, кінотеатри, цирки та інші));

будинки для підприємств торгівлі, громадського харчування та побутового обслуговування;

будинки для підприємств роздрібної торгівлі (магазини, супермаркети);

будинки для підприємств громадського харчування;

будинки для підприємств побутового обслуговування, призначених для безпосереднього обслуговування населення (невиробничого характеру – пральні, автосервіси і т. п.);

будинки, призначені для транспортного обслуговування населення (автовокзали; залізничні і водні вокзали; аеропорти; контори обслуговування пасажирів та транспортні агентства, касові павільйони);

будинки для комунального господарства (крім виробничих, складських і транспортних будівель і споруд);

житлово-експлуатаційні будинки;

будинки готельних підприємств, мотелів і кемпінгів;

пожежні депо;

відомства з безпеки життєдіяльності;

культові споруди (церкви, мечеті, синагоги, Буддійські храми, монастирі, ритуальні споруди).

По характеру зорової роботи приміщення громадських будівель діляться на різні групи. До першої групи відносяться приміщення, в яких виконується точна зорова робота при фіксованій лінії зору, що працюють на робочу поверхню (робочі кабінети, конструкторські бюро, класні кімнати, аудиторії і тому подібне).

До другої групи відносяться приміщення, в яких розпізнання об'єктів проводиться при нефіксованій лінії зору, а також має місце огляд навколишнього простору (торгові зали магазинів, зали їдалень, виставкові зали, галереї і тому подібне).

Третя група – це приміщення, в яких огляд навколишнього простору відбувається при короткочасному, епізодичному розпізнанні об'єктів (концертні, зорові зали, фойє театрів, рекреації і тому подібне).

Окрему групу, що відноситься не тільки до громадських, але і до промислових будівель, складають приміщення, в яких відбувається загальна орієнтація в просторі інтер'єру і в зонах пересування (коридори, проходи, санвузли і т.п).

У приміщеннях кожної групи нормованою величиною є освітленість на робочій поверхні, причому в більшості країн – це середня освітленість, у вітчизняних будівельних нормах – мінімальна освітленість.

Для оцінки ефективності ОУ більшості приміщень першої і другої груп громадських будівель можна було б використовувати ті ж критерії нормування освітленості, як для виробничих приміщень. Проте детальне вивчення і аналіз

робіт в приміщеннях громадських будівель дозволили виявити їх специфіку в порівнянні із зоровими роботами в приміщеннях промислових будівель: чергування в часі характеру роботи, істотно різні долі робочого часу з чисто зоровою роботою залежно від характеру роботи, незначний діапазон зміни розмірів об'єктів розпізнання і їх контрастів з фоном і так далі.

1.4 Основні методика проектування освітлювальних установок

Основними нормативними та довідниковими матеріалами при проектуванні освітлювальних установок (ОУ) є:

- вітчизняні нормативні документи [1 – 3];
- зарубіжні нормативні документи EN, DIN, рекомендації МКО (СІЕ);
- галузеві норми штучного освітлення;

Під інженерним розрахунком розуміють сукупність математичних операцій, які пов'язують параметри ОУ (число, потужність та розміщення світильників) та кількісну міру результативних світлотехнічних показників (освітленість, яскравість і т.д.)

Число цих параметрів та показників є достатньо великим, тому задачі світлотехнічних розрахунків є достатньо різноманітними. Розрахунки можуть бути поділені на прямі, коли визначаються необхідні параметри по заданих показниках та перевірочні, коли при відомих параметрах визначається значення показників.

Зазвичай задачею розрахунку освітленості являється визначення числа та потужності світильників, необхідних для забезпечення заданого рівня освітленості. Перевірочні розрахунки виконуються рідко.

При освітленні точковими ДС зазвичай число та розміщення світильників встановлюється до розрахунку, в процесі розрахунку визначається необхідна потужність лампи. При виборі лампи по стандартах допускається відхилення номінального потоку лампи від потоку, який встановлено розрахунком, в межах від -10 до +20%. При неможливості вибрати лампу, потік котрої лежить у вказаних межах, змінюється число світильників [4].

Освітленість на робочій поверхні створюється світловим потоком, який поступає безпосередньо від світильників (пряма складова освітленості E_{np}) і відбитим, падаючим на розрахункову поверхню в результаті багатократних відбивань від стін, стелі, підлоги (відбита складова E_g) [6].

Пряма складова освітленості розраховується на основі кривої сили світла світильника і розміщення світильника відносно вибраної точки. Тому її значення на окремих ділянках робочої поверхні будуть різними.

Відбита складова E_g визначається світловим потоком, що падає на відбиваючі поверхні, відбиваючими властивостями оточуючого середовища, а також розмірами приміщення.

Багатократні відбивання світлового потоку створюють відносно рівномірний розподіл відбитої складової.

Метод розрахунку прямої складової вибирають в залежності від застосованих джерел випромінювання.

В залежності від співвідношення розміру світних елементів і віддалі їх до поверхонь, які освітлюються, їх можна розділити на три групи: точкові, лінійні і світні поверхні.

Точковість світного елемента зазвичай визначається по його відносних розмірах у відношенні до віддалі освітлюваної поверхні. На практиці прийнято рахувати світне тіло точковим, якщо його розміри не перевищують 20 % віддалі до точки в просторі, яку освітлюють.

Тому в практиці розрахунків точковий світловий прилад приймають за світлову точку з умовно вибраним світловим центром, який характеризується силою світла по вихідних напрямках.

До точкових світлових елементів відносяться: прожектори, СП з лампами розжарення, ДРЛ, МГЛ, НЛВТ, НЛІНТ і т.д.

Положення СП відносно розрахункової точки в загальному випадку визначається наступними координатами (рис. 1.8):

- 1) висотою h_p розміщення СП відносно розрахункової площини;

2) кутом α , який визначає напрям сили світла в розрахункову точку.

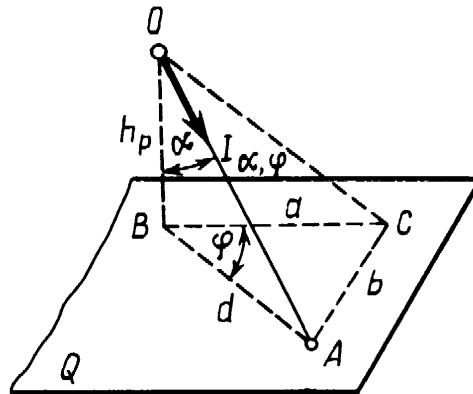


Рисунок 1.8 – Координати, що визначають положення точкового світлого елемента відносно розрахункової точки

Світловий прилад, який знаходиться на віддалі, співрозмірній з його розмірами не можна розглядати як точковий. Світлорозподіл такого світильника визначається не кривою сили світла, а кривими рівної освітленості в розрахунковій площині. Тому розміщення світильника місцевого освітлення відносно розрахункової точки буде визначатись координатами: h_p і d де d – відстань від проекції осі світильника на освітлювану площину до розрахункової точки.

До лінійних світлових елементів відносяться світлові елементи, які мають суттєво менші розміри по одній із осей в порівнянні з розмірами по другій.

В практиці розрахунку до світлових ліній відносяться випромінювачі, довжина яких перевищує половину розрахункової висоти h_p . Це перш за все люмінесцентні світильники, розміщені безперервними лініями або лініями з розривами, а також витягнуті світлові панелі, довжина яких є співрозмірною з відстанню до освітлюваної поверхні.

Основними характеристиками лінійних джерел випромінювання є питома сила світла, під якою розуміють силу світла, яка випромінюється одиницею довжини джерела (1 м.) в площині, перпендикулярній його осі і криві сили світла в поздовжній і поперечній площинах.

Положення світної лінії відносно точки розрахунку визначається (рис. 1.2):

h_p – висотою розміщення світної лінії відносно розрахункової точки;

кутом γ в поперечній площині, перпендикулярній осі лампи, і яка проходить через точку розрахунку;

кутом φ , під яким видно світну лінію з точки розрахунку.

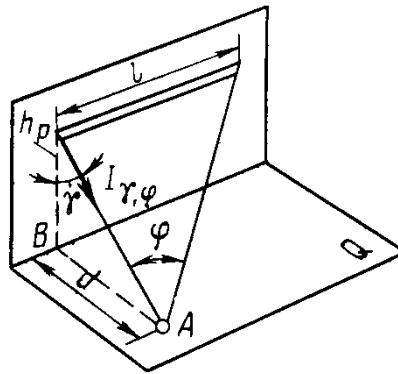


Рисунок 1.2 – Координати, що визначають положення лінійного світного елемента відносно розрахункової точки

До світлових поверхонь, для яких не можна застосувати закон квадратів віддалі через значну похибку, яка виникає в розрахунку, відносяться установки відбитого світла в вигляді світлових стель або ніш, панелі перекриті розсіювальними або решітковими затемнювачами. Розміри цих світлових елементів є співрозмірними з віддалями до розрахункових точок. Світлові елементи цієї групи характеризуються наступними показниками: формою і розмірами світлової поверхні, розподілом яскравості по різних напрямках простору і по поверхні, що світить.

При розрахунку освітлювальних установок цього типу можна приймати яскравість світящої поверхні, щодоівноє її середньому значенню.

Необхідномати на увазі, що в залежності від умов застосування світний елемент може розглядатись по різному.

Всі застосовувані методи розрахунку базуються на двох формулах[1, 6], які зв'язують освітленість з характеристиками світильників і ламп

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1.1)$$

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos \alpha}{l^2} \quad (1.2)$$

Принципова різниця між даними формулами полягає в тому, що перша з них будучи написаною в недиференційному вигляді, визначає середню освітленість поверхні, а друга – освітленість конкретної точки на поверхні.

Метод, який базується на першій формулі називається метод коефіцієнта використання. В своїх звичних формах він дає можливість забезпечити середню освітленість горизонтальної поверхні з врахуванням всіх падаючих на неї потоків як прямих так і відбитих. Перехід від середньої освітленості до мінімальної в цьому випадку може здійснюватись лише наближено.

Метод, який базується на другій формулі – точковий метод, дозволяє забезпечити заданий розподіл освітленості на як завгодно розміщених поверхнях, але лише приблизно враховує світло відбите поверхнями приміщення. Відповідно цим особливостям метод коефіцієнта використання застосовується для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь, а також для розрахунку зовнішнього освітлення в випадках, коли нормована середня освітленість.

Точковий метод застосовується для розрахунку загального рівномірного і локалізованого освітлення приміщень і відкритих просторів, а також для розрахунку місцевого освітлення при будь-якому розміщенні освітлюваних поверхонь. Область його застосування обмежена, випадками коли застосовуються світильники класу П і Н [4 – 6].

Світлотехнічні розрахунки є одними з наймасовіших інженерних розрахунків, їх приходиться постійно виконувати спеціалістами в різних областях. Варто відмітити, що світлотехнічні розрахунки, як і більшість інженерних розрахунків мають ряд факторів, які впливають на точність та якість розрахунків. До цих факторів можна віднести:

1. Фактори, які не залежать від способу розрахунку:

- відхилення світлотехнічних характеристик джерел світла (ДС) від номінальних ($\pm 20\%$) [4];

- відхилення значень ККД світлових приладів та їх КСС (не менше 10 %);

- мінімальна інформація про фотометричні дані розрахункових поверхнях;

- коливання електричних параметрів мережі;

- неточність даних по характеристиках поглинаючого середовища, через яке поширюється світло;

- ступінь точності значення коефіцієнта запасу, який приймається в розрахунку.

2. Фактори, які залежать від способу розрахунку:

- ступінь точності методів інтерполяції, які використовуються;

- ступінь точності представлення КСС світлового приладу;

- необхідна математично точність в розрахунках;

- ступінь точності визначення кутових параметрів;

- врахування долі відбитого світла.

1.5 Можливі шляхи підвищення ефективності споживання енергії освітлювальними установками громадських будівель

В даний час близько 40% генерується в світі електричної енергії і 37% всіх електричних ресурсів використовується в житлових і громадських будівлях. Істотну частку (40-60%) в енергоспоживанні будівель становить енергії на освітлення. Скорочення витрати електроенергії на ці цілі можливо двома основними шляхами:

- зниженням номінальної потужності освітлення;
- зменшенням часу використання світильників.

Зниження номінальної (встановленої) потужності освітлення в першу чергу означає перехід до більш ефективним джерела світла, що дає потрібні потоки при істотно меншим енергоспоживанні. Такими джерелами можуть бути компактні

люмінесцентні лампи. У громадських будівлях також можна застосовувати більш ефективні світильники.

Зменшення часу використання світильників досягається впровадженням сучасних систем управління, регулювання та контролю освітлювальних установок. Застосування регульованих люмінесцентних світильників дозволяє експлуатувати їх при зниженій (у порівнянні з номінальною) потужності. А це означає, що при незмінній встановленій потужності освітлення знижується фактично споживана потужність і енергоспоживання.

Управління освітлювальної навантаженням здійснюється двома основними способами:

- Відключенням всіх або частини світильників (дискретне управління);
- Плавною зміною потужності світильників (однаковим для всіх або індивідуальним).

До систем дискретного управління, в першу чергу, відносять різні фотореле (фотоавтоматом) та лічильники. Принцип дії перших заснований на включенні і відключенні навантаження за сигналами датчика зовнішньої природної освітленості. Другі здійснюють комутацію освітлювальної навантаження залежно від часу доби за попередньо закладеної програми. До систем дискретного управління освітлення відносяться також автомати, оснащені датчиками присутності. Вони відключають світильники в приміщенні через заданий проміжок часу після того, як з його віддаляється остання людина. Це найбільш економічний вид систем дискретного управління, проте до побічних ефектів їх використання відноситься можливе скорочення терміну служби ламп за рахунок частих включень і виключень. Також широко використовуються системи плавного регулювання потужності освітлення.

В останнє десятиліття багатьма зарубіжними фірмами освоєно виробництво обладнання для автоматизації управління внутрішнім освітленням. Сучасні системи поєднують в собі значні можливості економії електроенергії з максимальною зручністю для користувачів.

Системи автоматичного управління освітленням можна розділити на два основні класи: локальні і централізовані.

Локальні системи управління освітленням приміщень є блоки, що розміщуються за порожнинами підвісних стель або конструктивно вбудовуються в електророзподільні щити. Системи цього типу, як правило, здійснюють одну функцію або їх фіксований набір. У число цих функцій входить, наприклад, облік присутності людей і рівня природного освітлення в приміщенні, а також робота з системами бездротового дистанційного керування. Локальні «системи управління світильниками» в більшості випадків не вимагає додаткової проводки, а іноді навіть скорочують необхідність в прокладанні проводів. Конструктивно вони виконуються в малогабаритних корпусах, що закріплюються безпосередньо на світильниках або на колбі однієї з ламп.

Централізовані системи управління освітленням, найбільш повно відповідають назвою «інтелектуальних», будуються на основі мікропроцесорів, які забезпечують можливість практично одночасного багатоваріантного управління значним (до декількох сотень) числом світильників. Такі системи можуть застосовуватися або для керування освітленням, або також і для взаємодії з іншими системами будівель (наприклад, з телефонною мережею, системами безпеки, вентиляції, опалення та сонцезахисних огорож.

В даний час підвищеною увагою з боку споживачів користуються енергозберігаючі світильники і світлотехнічні вироби. Володіючи покращеними споживчими якостями (підвищена світловіддача, комфортний за спектром і не стомлюючий зір немеркнучий світло та ін), сучасні енергозберігаючі світильники відповідають всім вимогам по економічності і надійності в експлуатації.

Важливе значення в економії електроенергії при застосуванні будь-яких ламп має оптимальне розміщення освітлювальних приладів, що дозволяє економити до 20% електроенергії. Так, при наявності в одному приміщенні робочих і допоміжних зон слід передбачати локалізоване загальне освітлення робочих зон і менш інтенсивне - допоміжних зон. Для освітлення цехів, складів та інших виробничих приміщень кращим способом є пристрій світиться лінії. Важливо, щоб

при проектуванні та впровадженні будь-якої системи освітлення забезпечити середовище для зору, рекомендовану санітарними нормами:

- 400-500 лк;

-Спектральний склад світла, максимально наближений до природного освітлення;

відсутність пульсацій і сліпучого дії світла;

рівномірний розподіл яскравості.

Висновки до розділу

1. Проведено аналіз параметрів нормування освітлення та наведено основні вимоги щодо нормування освітлювальних установок громадських будівель.

2. Проаналізовано основні шляхи підвищення енергоефективності освітлювальних будівель. Встановлено, що у проектуванні енергоефективної освітлювальної установки важливе має не лише застосування енергоефективного обладнання, але й раціональне його розміщення.

3. Проаналізовано основні методики та вимоги до проектування освітлювальних установок громадського призначення, на основі чого встановлено способи світлотехнічного розрахунку, а також чинники котрі впливають і котрі не впливають на його результат.

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок коефіцієнта використання світлового потоку

Коефіцієнт використання світлового потоку світлового приладу є одним із важливих параметрів, які застосовуються для оцінки ефективності кривої сили світла світильника для конкретної освітлювальної установки.

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається відношенням світлового потоку, який падає на розрахункову площину, до повного світлового потоку світлового приладу. Чим вищим є значення коефіцієнта використання, тим ефективніше використовується світловий потік світильника.

Числове значення коефіцієнта використання є необхідним для світлотехнічного розрахунку по методу коефіцієнта використання. Даний метод широко застосовується в світлотехнічних програмах-калькуляторах для розрахунку освітленості, а також для визначення необхідної кількості вибраних світлових приладів, щоб забезпечити заданий рівень освітленості в приміщенні.

Математичні моделі для розрахунку коефіцієнта використання світлового потоку побудовані на методах [1, 16]:

- точковий метод розрахунку освітленості;
- розбиття кривої сили світла світильника на зональні світлові потоки з подальшим розрахунком корисного світлового потоку;

За допомогою точкового методу розраховуються освітленості на кожному одиничному елементу площини, яка освітлюється. Потім для кожного елемента здійснюється розрахунок світлового потоку шляхом множення освітленості одиничного елемента на його площу. Як наслідок, корисний світловий потік, тобто світловий потік, що падає на поверхню, визначається сумуванням світлових потоків одиничних елементів площини. Точність розрахунку в даному методі залежить від розміру елементів: чим меншим є одиничний елемент, тим вищою є точність розрахунку.

Другий спосіб є аналогічним до першого. Проте при розрахунку корисного світлового потоку розглядаються зональні світлові потоки. Ці потоки після

багаторазових відбивань від поверхонь приміщення формують корисний світловий потік

Такі способи розрахунку містять в собі велику кількість рівнянь, а отже характеризуються підвищеною трудомісткістю. Як наслідок виникає дуже велика ймовірність допущення помилок при розрахунку

Габаритні розміри світлових приладів також впливають на точність розрахунку. Проте оцінку впливу розмірів джерел свічення на точність розрахунку в літературних джерелах не виявлено. Тому в роботі [16] розроблено та запропоновано методику, яка дозволяє з точністю до $\pm 0,3\%$ розраховувати коефіцієнт використання світлового потоку. Суть методу полягає в тому, що коефіцієнт використання світлового потоку можна розрахувати, виходячи із залежностей, зображених на рис. 3.1 для світильників із косинусною кривою сили світла.

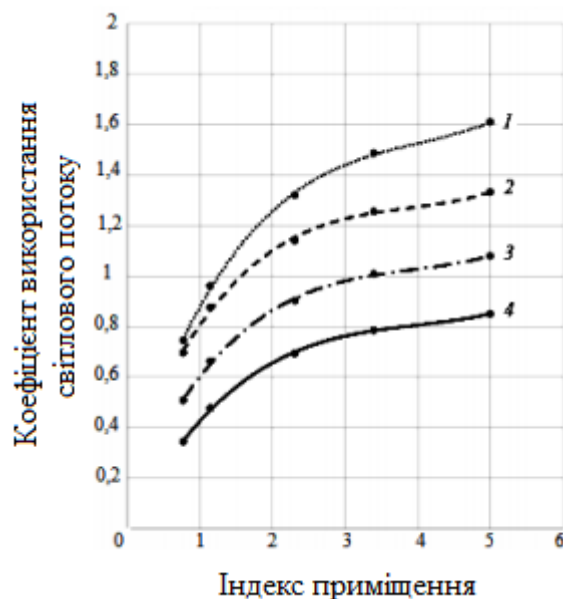


Рисунок 2.1 – Залежність коефіцієнта використання світлового потоку від індекса приміщення при різних коефіцієнтах відбивання поверхонь приміщення

Дані криві було апроксимовано кубічними поліномами з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,9986$. Рівняння апроксимації даних кривих мають вигляд:

для кривої 1:

$$\eta(i) = 0,0164 \cdot i^3 - 0,1967 \cdot i^2 + 0,8537 \cdot i + 0,2068; \quad (2.1)$$

для кривої 2:

$$\eta(i) = 0,0151 \cdot i^3 - 0,1747 \cdot i^2 + 0,713 \cdot i + 0,2534; \quad (2.2)$$

для кривої 3:

$$\eta(i) = 0,0126 \cdot i^3 - 0,1479 \cdot i^2 + 0,6173 \cdot i + 0,1208; \quad (2.3)$$

для кривої 4:

$$\eta(i) = 0,0105 \cdot i^3 - 0,125 \cdot i^2 + 0,5319 \cdot i + 0,01. \quad (2.3)$$

Індексом приміщення є комплексна характеристика, яка враховує розміри приміщення (площа S , довжина A , ширина B та робоча висота h_p). Числові значення індекса приміщення можна отримати, використовуючи формули [19]:

$$i = \frac{S}{h_p(A+B)}. \quad (2.4)$$

або

$$i = 0,48 \cdot \frac{\sqrt{S}}{h_p}. \quad (2.5)$$

Формула (2.5) для розрахунку індекса приміщення є справедливою, при умові, що відношення довжини приміщення до його ширини не перевищує 2, яка

виконується для приміщень дитячого садка. Для подальшого розрахунку виберемо індекса приміщення виберемо криву 3, яка відповідає коефіцієнтам відбивання стелі, стін та підлоги приміщень 70, 50 та 30 % відповідно.

Підставляючи (2.5) в (2.3), отримаємо:

$$\eta(S, h_p) = 1,39 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{\sqrt{S}}{h_p} \right)^3 - 0,0341 \cdot \left(\frac{\sqrt{S}}{h_p} \right)^2 + 0,2963 \cdot \frac{\sqrt{S}}{h_p} + 0,1208. \quad (2.6)$$

Отже, як видно з формули (2.6) коефіцієнт використання світлового потоку є функцією двох змінних: площі приміщення та робочої висоти.

2.2 Моделювання освітлювальної установки

Основою сучасних засобів тривимірного моделювання та програм для світлотехнічних розрахунків є рівняння глобального освітлення, що являє собою інтегральну форму рівнянням Фредгольма другого роду [13, 14.]

. Оскільки це рівняння не має аналітичного рішення, тому для його моделювання застосовуються математичні методи, які набули великого розвитку в комп'ютерній графіці.

В даний час, використовуються дві основні системи проектування для моделювання освітлювальних установок. Це програмні пакети DIALux і Relux. Основою роботи цих програмних продуктів є моделюванні рівняння світимості методом кінцевих елементів. Рівняння світимості є однією з форм рівняння глобального освітлення. Воно встановлює залежність $M(r)$ від коефіцієнта використання $F(r, r')$ та функцією видності $\theta(r, r')$, яка математично описується функцією Дірака. Рівняння світимості має вигляд [13]

$$M(r) = M_0(r) + \frac{\sigma}{\pi} \int_{\Sigma} M(r') F(r, r') \theta(r, r') d^2 r'.$$

По результатах розрахунку кількості світлових приладів в приміщенні було проведено моделювання світлового середовища для різних приміщень в пакеті DIALux. Суть моделювання полягало в розрахунку мінімальної E_{\min} , максимальної E_{\max} , середньої E_{av} освітленостей отриманих результатів із розрахунковими (табл. 2.1). Також на основі отриманих розрахованих значень побудовано лінії однакової освітленості для основних приміщень дитячого садка, які зображено на рис. 2.2 – 2.5.

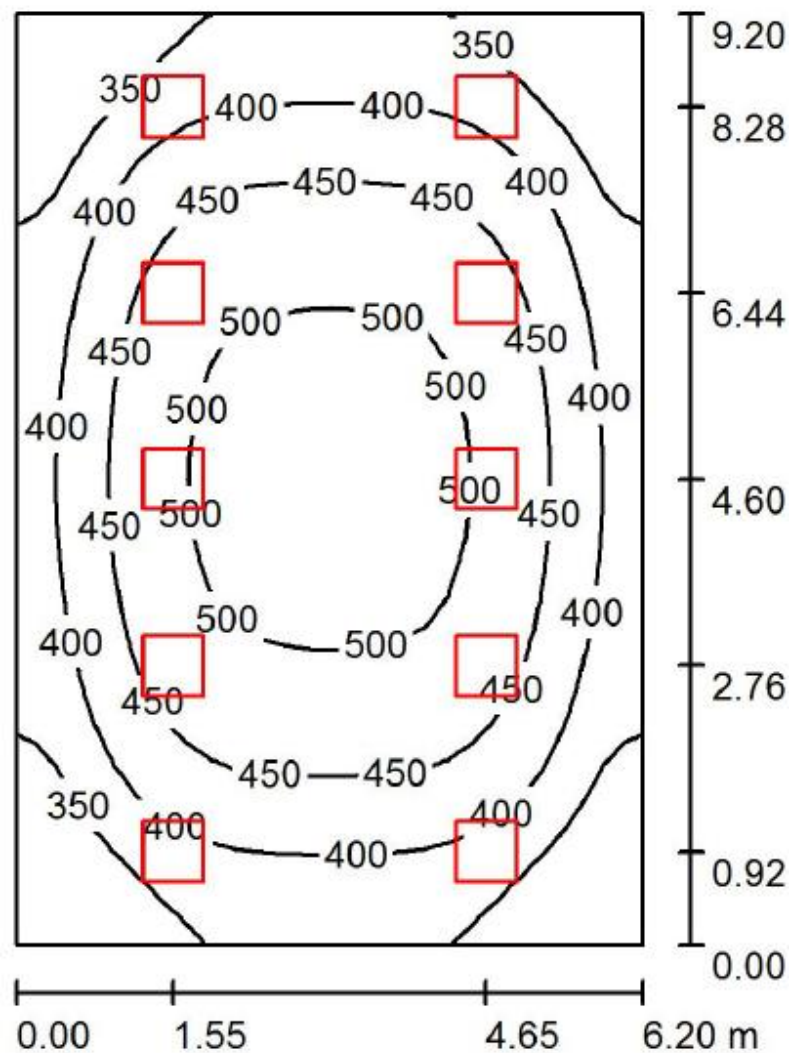


Рисунок 2.2 – Рівні однакової освітленості на робочій поверхні ігрової

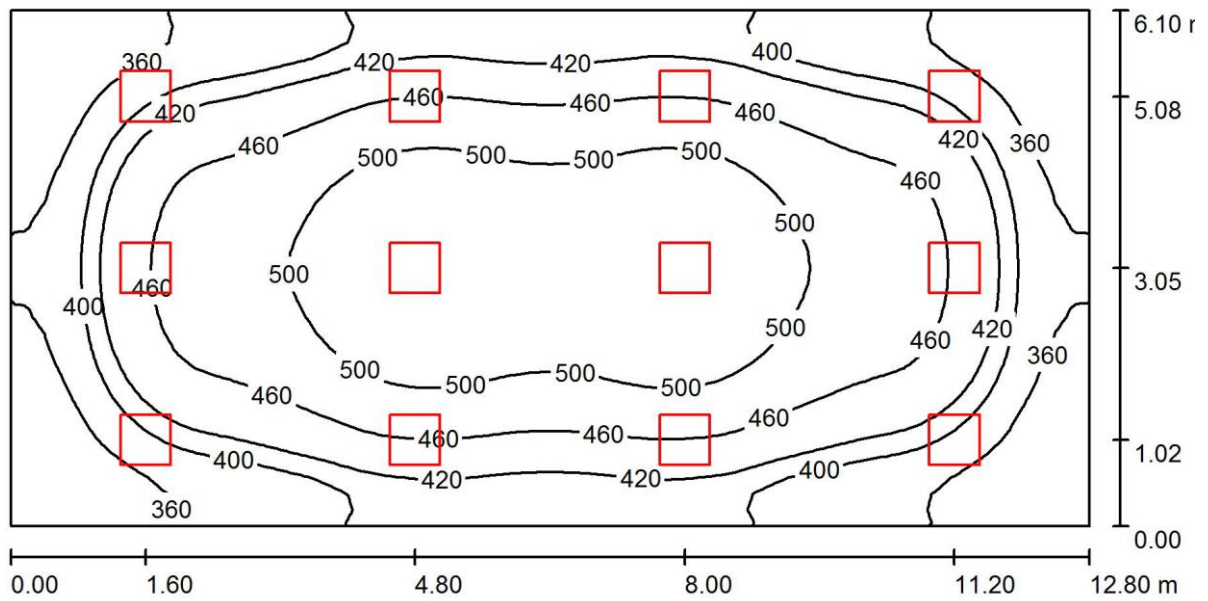


Рисунок 2.3 – Рівні однакової освітленості на робочій поверхні залу
для музичних занять

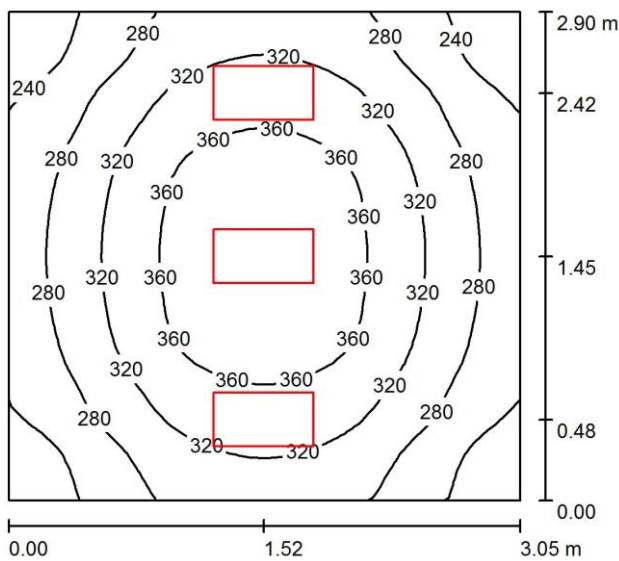


Рисунок 2.4 – Рівні однакової
освітленості на робочій поверхні
медичного кабінету

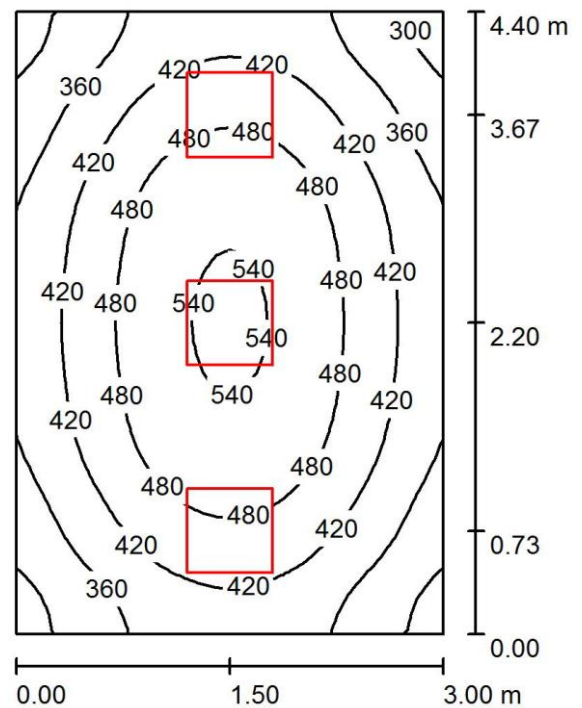


Рисунок 2.5 – Рівні однакової
освітленості на робочій поверхні
адміністративного приміщення

Таблиця 2.1

Результати розрахунку кількісних та якісних характеристик
освітлення дитячого садка

Позначення	Призначення	Освітленість, лк				E_{\min} / E_{av}
		E_{av}	E_{\min}	E_{\max}	E_N	
1	Роздягальні	226	68	380	200	20,1
2	Ігрові	422	265	520	400	0,628
3	Спальні	175	112	213	150	0,641
4	Буфети	159	126	183	150	0,685
5	Туалети	73	59	83	75	0,801
6	Гардероб	196	133	238	150	0,677
7	Групові	447	283	551	400	0,634
8	Кімнати для одягу	46	43	49	50	0,935
9	Туалети	59	31	70	75	0,534
10	Кімнати для перебування хворих дітей	264	126	345	200	0,476
11	Медичний кабінет	337	204	462	300	0,605
12	Кабінет завідуючого	309	280	389	300	0,680
13	Зал для музичних занять	435	263	534	400	0,604
14	Кімната персоналу	280	191	352	300	0,681
15	Кімната для зберігання та сушіння білизни	138	107	161	75	0,777
16	Кухня	342	149	454	300	0,436
17	Комора для зберігання сухих продуктів	80	62	92	75	0,436
18	Комора для зберігання овочів	94	61	125	75	0,647
19	Туалет для персоналу	51	47	54	75	0,930
20	Пральня	193	155	224	200	0,800
21	Господарська кладова	79	66	88	75	0,838

Продовження таблиці 2.1

Позначення	Призначення	Освітленість, лк				E_{\min} / E_{av}
		E_{av}	E_{\min}	E_{\max}	E_N	
22	Адміністративне приміщення	430	276	548	300	0,642
23	Коридорні приміщення	71	53	82	75	0,742
24	Коридор	73	58	84	75	0,799

Висновки до розділу

1. Для отримання коефіцієнта використання світлового потоку світильників з наівпровідниковими джерелами світла для приміщень дитячого садка запропоновано використати аналітичні залежності коефіцієнта використання від індекса приміщення.

2. Проведено моделювання систем освітлення приміщень дитячого садку. В результаті моделювання проведено розрахунок мінімальної, максимальної та середньої освітленості, а також рівномірності освітлення на робочих поверхнях та співставлено результати розрахунку з нормативними параметрами.

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Характеристики будівлі дитячого садка

В якості об'єкту проектування вибрано типовий дитячий садок на 140 місць [20]. Будівля дитячого садка являє собою двоповерхову споруду з корисною площею 669,6 м², а будівельний об'єм даної споруди становить 3870,0 м³. Висота приміщень споруди становить 3,3 м. Плани приміщень подано в графічній частині роботи. Експлікацію приміщень подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Експлікація приміщень дитячого садка

Позначення	Призначення	Площа, м ²
1	Роздягальні	32,0
2	Ігрові	123,0
3	Спальні	73,0
4	Буфети	10,3
5	Туалети	22,0
6	Гардероб	68,4
7	Групові	246,0
8	Кімнати для одягу	8,0
9	Туалети	70,5
10	Кімнати для перебування хворих дітей	14,4
11	Медичний кабінет	11,7
12	Кабінет завідуючого	11,7
13	Зал для музичних занять	90,6
14	Кімната персоналу	8,0
15	Кімната для зберігання та сушіння білизни	11,7
16	Кухня	49,6
17	Комора для зберігання сухих продуктів	11,2

Продовження таблиці 3.1

18	Комора для зберігання овочів	11,2
19	Туалет для персоналу	2,8
20	Пральня	31,2
21	Господарська кладова	3,9
22	Адміністративне приміщення	13,2
23	Коридорні приміщення	11,62
24	Коридор	8,84

Матеріалами будівельних конструкцій приміщень є:

фундаменти – фундаментні панелі з залізобетонних блоків;

стіни зовнішні – з одношарових керамзитобетонних панелей;

стіни внутрішні – одношарові бетонні панелі з армуванням по контуру;

переkritтя – пустотний настил з круглими порожнечами;

сходи і площадки – збірні залізобетонні блоки;

перегородки – гіпсобетонні, столярні, засклені;

дахи – суміщені з утеплювачем з керамзиту.

покрівля – рубероїдовий килим;

внутрішнє оздоблення:

стіни – масляне забарвлення, облицювання глазурованою плиткою;

підлоги – лінолеумове покриття і покриття метлахською плиткою.

До інженерного обладнання будівлі відноситься:

водопровід – подача води від зовнішньої мережі;

каналізація – стоки в зовнішню мережу;

опалення – подача тепла від централізованої системи опалення;

електропостачання – від зовнішньої електричної мережі.

3.2 Аналіз існуючої системи освітлення

В дитячому садку використовуються системи робочого та аварійного освітлення. Забезпечення рівня нормованих значень освітленості на поверхнях

приміщень здійснюється системою робочого освітлення, до якої входять світильники з лінійними люмінесцентними та світлові прилади із лампами розжарювання.

Для освітлення ігрових, спальень, гардеробних, групових, кімнати для перебування хворих дітей, медичного кабінету, кабінету завідуючого, залу для музичних занять, кімнати персоналу, кухні та адмінприміщення використовуються світильники типу ЛПО 28 з трубчатими лінійними люмінесцентними лампами. Коефіцієнт корисної дії світильника становить 0,77. Інформація щодо потужності та кількості світильників ЛПО 28 в приміщеннях дитячого садка представлена в табл. 3.2. Джерелами світла, які використовуються в світильниках ЛПО 28 є лампи типу ЛД65, тобто лампи низького тиску. Призначення цих ламп полягає у використанні в системах загального освітлення закритих приміщень. Люмінесцентні лампи працюють в мережі змінного струму напругою 220В, частотою 50 Гц. Ввімкнення в мережу цих ламп здійснюється із застосуванням пускорегулювальної апаратури. Це забезпечує запалювання ламп, нормальний режим роботи і усунення радіозавад.

Таблиця 3.2

Інформація щодо кількості та потужності світильників, які використовуються в системі загального робочого освітлення дитячого садка

Позначення	Призначення	Тип світлового приладу	Потужність та кількість ламп, Вт	Кількість
1	Роздягальні	ЛПО21	1×40	6
2	Ігрові	ЛПО28	2×65	12
3	Спальні	ЛПО28	1×80	8
4	Буфети	ЛПО21	1×40	2
5	Туалети	НПО20	100	2
6	Гардероб	ЛПО28	1×65	6
7	Групові	ЛПО28	2×65	24
8	Кімнати для одягу	НПО20	60	4
9	Туалети	НПО20	100	8

Продовження таблиці 3.2

Позначення	Призначення	Тип світлового приладу	Потужність та кількість ламп, Вт	Кількість
10	Кімната для перебування хворих дітей	ЛПО28	1×65	1
11	Медичний кабінет	ЛПО28	2×65	1
12	Кабінет завідуючого	ЛПО28	2×65	1
13	Зал для музичних занять	ЛПО28	1×65	12
14	Кімната персоналу	ЛПО28	1×80	1
15	Кімната для зберігання та сушіння білизни	ЛПО21	1×40	1
16	Кухня	ЛПО28	1×65	5
17	Комора для зберігання сухих продуктів	ЛПО21	1×40	1
18	Комора для зберігання овочів	ЛПО21	1×40	1
19	Туалет для персоналу	НПО20	1×60	1
20	Пральня	ЛПО21	1×40	2
21	Господарська кладова	ЛПО21	1×40	1
22	Адміністративне приміщення	ЛПО28	2×65	3
23	Коридорні приміщення	Не встановлено		
24	Коридор	Не встановлено		
25	Освітлення входів в будинок	НСП03	60	6
26	Аварійне освітлення	Олімп	18	6

Для освітлення роздягалень, буфетів, кімнати для зберігання та сушіння білизни, комор та кладової, пральної використовуються люмінесцентні світильники ЛПО 21 (рис. 3.1, 3.2).



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд світильника типу ЛПО 21

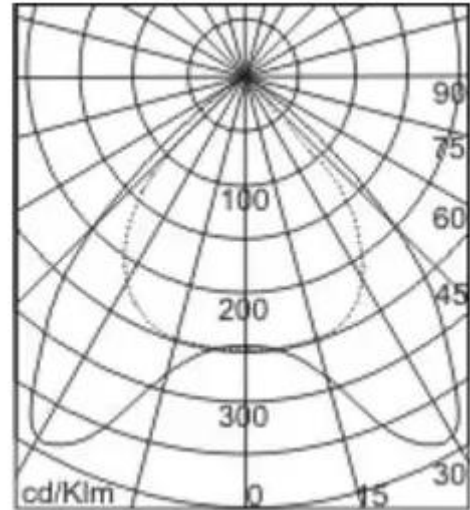


Рисунок 3.2 – Крива сили світла світильника ЛПО-21

Світильники призначені для внутрішнього освітлення громадських приміщень і може використовуватись для освітлення [21]:

- адміністративних приміщень з високим рівнем комфорту і підвищеними вимогами до висвітлення;
- представницьких офісних приміщень;
- офісних приміщень, обладнаними комп'ютерною технікою;
- банків;
- стоматологічних кабінетів;
- медичних установ та ін.

Для освітлення туалетних кімнат використано світильники типу НПО 20, джерелом світла в яких є лампи розжарювання. Ці світлові прилади призначені для загального освітлення приміщень громадських будівель. Світильники розраховані на живлення від мережі змінного струму напругою 220 В та частотою 50 Гц. Для

освітлення входів в будинок використовуються світильники НСП03. Зовнішній вигляд світильників НПО 20 та НСП03 приведено на рис. 3.3 та 3.4 відповідно



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд світильника типу НПО 20



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд світильника НСП 03

Для аварійного підсвічування шляхів евакуації використовуються світильники типу «Олімп» з лампами розжарювання 18 Вт.

Крім того в деяких приміщеннях передбачено наявність розеток для під'єднання до електричної мережі інших споживачів потужністю до 0,5 к Вт кожна. Зокрема в ігрових передбачено 4 розетки, в групових – 8, в кабінеті завідуючого, залі для музичних занять, кімнаті персоналу, кухні та пральні – по 2 розетки.

Таким чином сумарна встановлена потужність системи робочого освітлення становить 20,44 кВт, а аварійного 0,11 кВт.

Живлення світлових приладів освітлювальної здійснюється від двох групових щитків освітлення ЩО1 та ЩО 2, які в свою чергу живляться від магістрального освітлювального щитка ЩО. Схему живлення представлено на рис. 3.5. Живлення аварійного освітлення передбачене від окремого щитка.

Живлення щита ЩО здійснюється чотири провідним кабелем ВВГ – 4×25, прокладеним під землею. На вході в будинок використано апарат відключення типу ПВЗ 100.

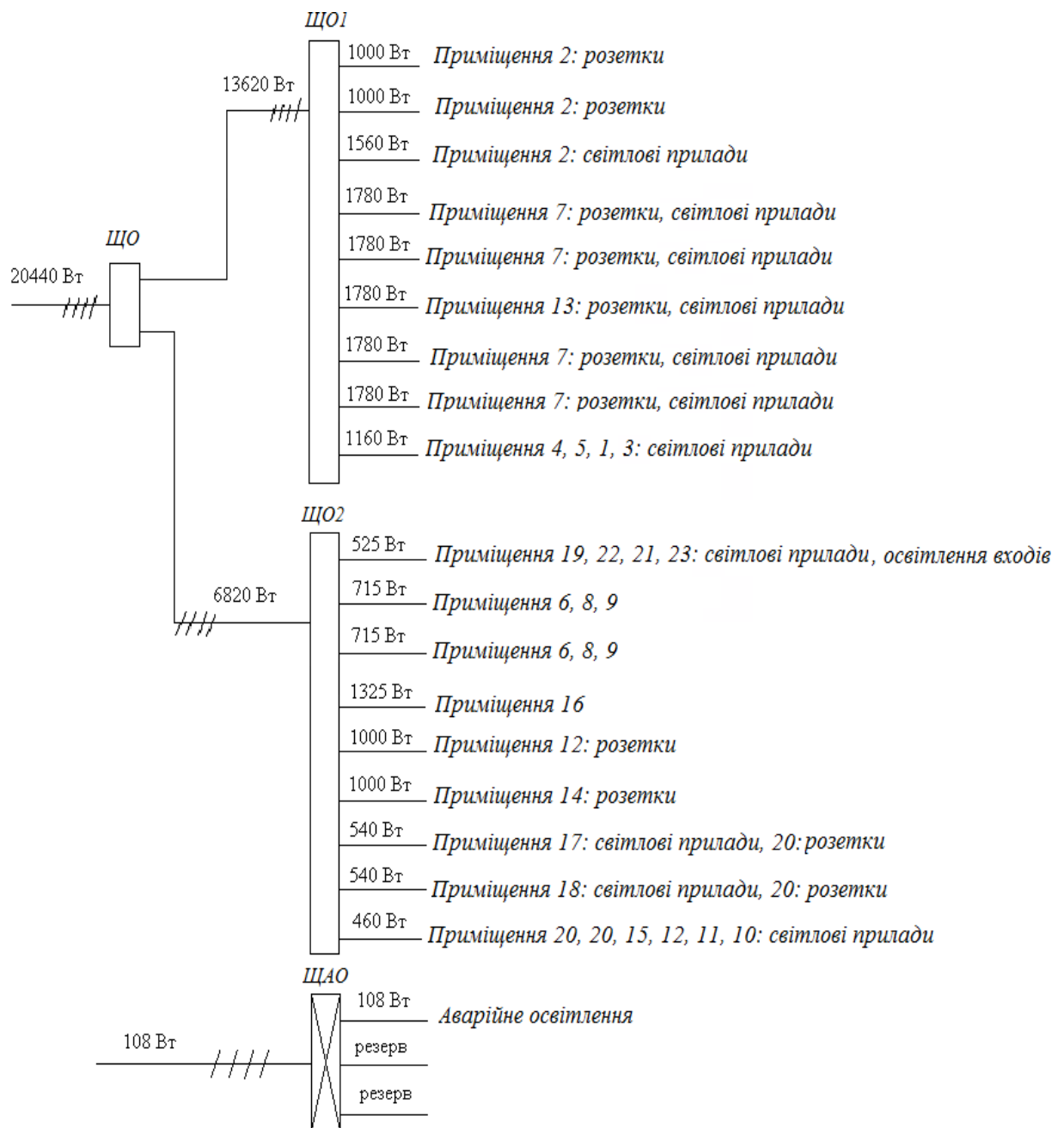


Рисунок 3.5 – Схема живлення освітлювальної установки дитячого садка

Живлення щитків ЩО1 та ЩО 2 від щита ЩО здійснюється кабелем типу ВВГ – 4×10. Захист споживачів, які живляться від ЩО1 та ЩО2 здійснюється автоматичними вимикачами АЕ2046 зі струмом розчеплення 50 та 25 А відповідно. Живлення світлових приладів та розеток від щитків ЩО1 та ЩО2 здійснюється трижильними кабелями ППВ – 3×2,5. Захист здійснюється автоматичними вимикачами ВА16-25-14 із струмом розчеплювача від 3.15 до 10 А.

Підключення споживачів системи робочого освітлення до різних фаз здійснюється так, як наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Розфазування споживачів освітлювальної установки дитячого садка

Споживачі	Потужність, Вт	Фаза
ЩО1		
Приміщення 2: розетки	1000	А
Приміщення 2: розетки	1000	В
Приміщення 2: світлові прилади	1560	С
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1780	А
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1780	В
Приміщення 13: розетки, світлові прилади	1780	С
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1780	А
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1780	В
Приміщення 4, 5, 1, 3: світлові прилади	1160	С
ЩО2		
Приміщення 19, 22, 21, 23: світлові прилади, освітлення входів	525	А
Приміщення 6, 8, 9	715	В
Приміщення 6, 8, 9	715	С
Приміщення 16	1325	А
Приміщення 12: розетки	1000	В
Приміщення 14: розетки	1000	С
Приміщення 17: світлові прилади, 20: розетки	540	А
Приміщення 18: світлові прилади, 20: розетки	540	В
Приміщення 20, 15, 12, 11, 10: світлові прилади	460	С

Таким чином потужність споживачів, підключених до фази А ЩО1 становить:

$$P_{A1} = 1000 + 1780 + 1780 = 4560 \text{ Вт},$$

до фази В:

$$P_{B1} = 1000 + 1780 + 1780 = 4560 \text{ Вт},$$

до фази С:

$$P_{C1} = 1560 + 1780 + 1160 = 4500 \text{ Вт}.$$

Для щитка ЩО2 маємо:

$$P_{A2} = 525 + 1325 + 540 = 2390 \text{ Вт},$$

$$P_{B2} = 715 + 1000 + 540 = 2255 \text{ Вт},$$

$$P_{C2} = 715 + 1000 + 460 = 2175 \text{ Вт}.$$

Потужність споживачів фаз освітлювальної установки дитячого садка розрахуємо за формулою:

$$P_A = P_{A1} + P_{A2},$$

$$P_B = P_{B1} + P_{B2},$$

$$P_C = P_{C1} + P_{C2}.$$

Підставивши чисельні значення відповідних потужностей, отримаємо:

$$P_A = 4560 + 2390 = 6950,$$

$$P_B = 4560 + 2255 = 6815,$$

$$P_C = 4500 + 2175 = 6675.$$

Середня потужність, яка припадає на одну із фаз

$$P_{сер} = \frac{6950 + 6815 + 6675}{3} \approx 6813 \text{ Вт.}$$

Відхилення навантаження від фази від середнього навантаження фаз визначимо за формулою:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{|P_{\phi} - P_{сер}|}{P_{сер}} \cdot 100. \quad (3.2)$$

Підставляючи числові значення P_A , P_B , P_C та $P_{сер}$ у формулу (3.1), отримаємо:

$$\Delta P_A = \frac{|6950 - 6813|}{6813} \cdot 100 = 2,01 \%;$$

$$\Delta P_B = \frac{|6815 - 6813|}{6813} \cdot 100 = 0,03 \%;$$

$$\Delta P_C = \frac{|6675 - 6813|}{6813} \cdot 100 = 2,03 \%.$$

Отже, на основі вищенаведеного аналізу можна зробити висновок, що використання світлових приладів з люмінесцентними лампами та із лампами розжарення в системі робочого освітлення дитячого садка призводить до підвищення енергоємності освітлювальної установки, збільшення перерізу жил

кабелів, які живлять світлові прилади та до збільшення кількості джерел світла, які міняються за рік.

Тому метою подальшої роботи було розробка проекту такої освітлювальної установки, що б дозволило суттєво зменшити як капітальні, так і експлуатаційні витрати на її використання.

Висновки до розділу

1. Описано характеристики будівлі дитячого садка. Корисна площа приміщень, які використовуються в будівлі становить 669,6 м², а сумарна кількість дітей, які можуть відвідувати дитячий садок становить 140. На підставі призначення будівлі можна зробити висновок, що освітлювальні установки дитячих садків відносяться до II категорії за надійністю електропостачання.

2. Проведено аналіз освітлювальної системи дитячого садка, яка передбачає наявність робочого та евакуаційного освітлення. Для освітлення приміщень використовуються світильники, джерелами світла в яких є люмінесцентні та лампи розжарення, використання яких призводить до підвищення експлуатаційних та капітальних затрат. Тому подальшу роботу було спрямовано на розробку освітлювальної системи, використання якої дозволило б суттєво знизити витрати електричної енергії.

3. Описано характеристики будівлі дитячого садка. Корисна площа приміщень, які використовуються в будівлі становить 669,6 м², а сумарна кількість дітей, які можуть відвідувати дитячий садок становить 140. На підставі призначення будівлі можна зробити висновок, що освітлювальні установки дитячих садків відносяться до II категорії за надійністю електропостачання.

4. Проведено аналіз освітлювальної системи дитячого садка, яка передбачає наявність робочого та евакуаційного освітлення. Для освітлення приміщень використовуються світильники, джерелами світла в яких є люмінесцентні та лампи розжарення, використання яких призводить до підвищення експлуатаційних та капітальних затрат. Тому подальшу роботу було спрямовано

на розробку освітлювальної системи, використання якої дозволило б суттєво знизити витрати електричної енергії.

4. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір джерел світла

Потужність, яка споживається освітлювальною установкою визначається потужністю світлових приладів, а отже джерел світла, які використовуються в даній установці. Тому розробку проекту освітлення дитячого садка розпочнемо із вибору джерел світла.

Джерела світла по принципу дії можна умовно розділити на теплові, розрядні та напівпровідникові. Аналіз характеристик джерел світла проведемо на основі порівняння наступних величин: світлова віддача, індекс кольоропередачі, термін служби, втрати на тепло, коефіцієнт активної потужності [15].

На рис. 4.1 представлено діаграму світлової віддачі в залежності від джерел світла.

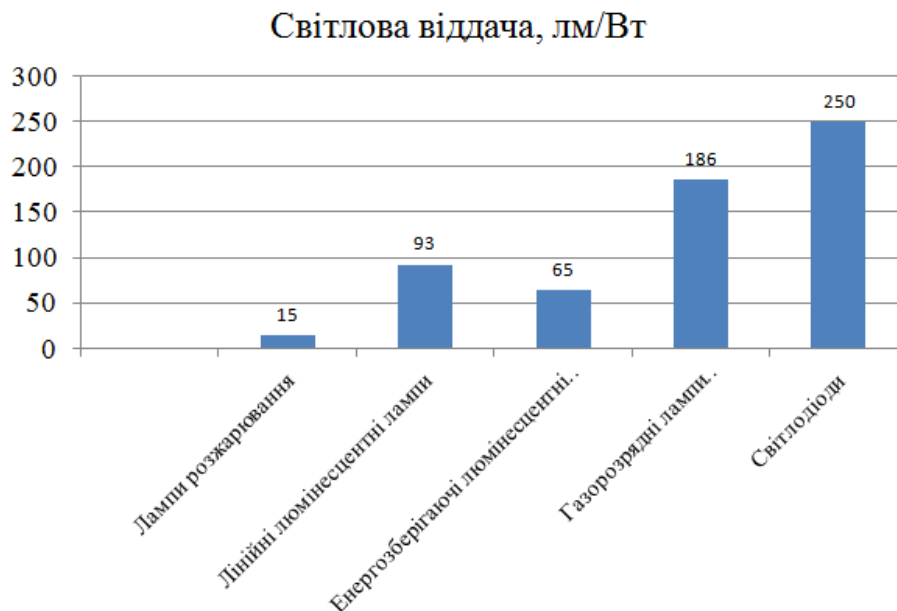


Рисунок 4.1 – Порівняння джерел світла за світловіддачею

Як видно із діаграми найнижчим рівнем світлової віддачі 15 лм/Вт володіють лампи розжарення (теплові джерела світла), а найвищим 250 – світлодіоди (напівпровідникові джерела світла). Рівень світлової віддачі

лінійних люмінесцентних ламп, енергозберігаючих люмінесцентних ламп та газорозрядних ламп становить відповідно 93, 65 та 186 лм/Вт.

Це пояснюється також тим, що у світлодіодах частка електроенергії, яка йде на теплове випромінювання є найнижчою і становить до 40 % (рис. 4.2). Для порівняння ця величина для ламп розжарення становить до 82 %, а для розрядних ламп – до 76 %.



Рисунок 4.2 – Втрати на тепло різних типів джерел світла

Порівняння кольоропередачі різних типів джерел світла демонструє діаграма, зображена на рис. 4.3.

Максимальний індекс кольоропередачі 100 для ламп розжарювання пояснюється тим, що такий тип джерела світла було вибрано в якості еталонного. Для інших джерел світла індекс кольоропередачі становить в межах 80 – 90, що не забороняє їх для використання в освітлювальних системах навчальних закладів.

На рис. 4.4 представлено кількість годин терміну служби в залежності від типу джерел світла.



Рисунок 4.3 – Порівняння джерел світла за кольоропередачею

Як видно з рис. 4.4 максимальним терміном служби 100 тис. год володіють напівпровідникові джерела світла. Найменшим 3 тис. год – лампи розжарювання. Термін служби люмінесцентних ламп становить 10 – 15 тис. год, а газорозрядних ламп – 25 тис. год.

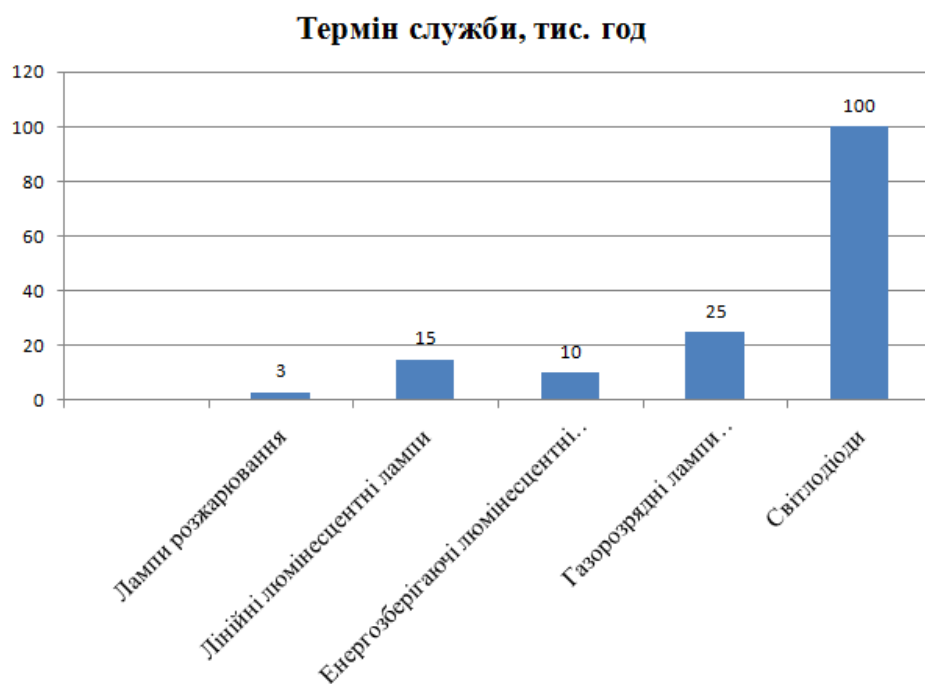


Рисунок 4.4 – Порівняння джерел світла за терміном їх служби

Коефіцієнтом активної потужності 1 володіють лампи розжарювання, що пояснюється наявністю у них лише активної складової електричного опору. Ця величина для інших типів джерел світла становить в межах 0,95 – 0,98 (рис. 4.5) при умові застосування високоякісних електронних пускорегулювальних апаратів.



Рисунок 4.5 – Коефіцієнт активної потужності різних типів джерел світла

Отже на підставі вищенаведеного можна зробити висновок, що в комплексі найоптимальними характеристиками володіють світлодіоди. Крім того у них є така їх перевага, як відсутність у своєму складі ртутної складової. А це вказує на відсутність необхідності застосування спеціальних методів утилізації.

Світлові прилади з напівпровідниковими джерелами світла мають такі переваги:

стійкість до ударів та вібрацій;

відсутність втрат світлового потоку на відбивання, оскільки більшість світильників з напівпровідниковими джерелами світла мають лише пряму складову світлового потоку;

можливість регулювання яскравістю;
відсутність стробоскопічного ефекту;
стабільна робота в широкому діапазоні температур.
Тому зупинимо свій вибір на напівпровідникових джерелах світла.

4.2 Вибір нормованої освітленості

Кількісні та якісні показники штучного освітлення повинні відповідати спеціально встановленим нормам. В якості кількісної характеристики освітленості прийнятою є нормована освітленість.

Найменша допустима освітленість у найгірше освітлених точках робочої поверхні наприкінці терміну служби світлових приладів або перед черговим їх чищенням називається нормованою.

Значення цієї освітленості можуть залежати від характеру зорової роботи, а також кутових розмірів об'єкту, різниць яскравостей фону і об'єкта (контрасту), системи освітлення та типів джерел світла, які застосовуються в приміщеннях.

Норми освітленості вибираються із даних наведених в нормативних документах, а також в інших довідникових та інструктивних матеріалах.

При виборі нормованої освітленості вказується не лише її значення, а також й робоча чи умовно-робоча (поверхня на висоті 0,8 м над підлогою) поверхні, на якій повинна забезпечуватись ця освітленість. Крім того для певних категорій приміщень може вказуватись горизонтальна чи вертикальна робочі поверхні.

В табл. 4.6 представлено значення нормованої освітленості згідно ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення [2] для приміщень дитячого садка, а також площини, на яких вона повинна бути забезпечена.

Таблиця 4.6

Значення нормованої освітленості приміщень дитячого садка

Позначення	Призначення	Площина	Висота робочої поверхні, м	Нормована освітленість, лк
1	Роздягальні	Горизонтальна	0,00	300
2	Ігрові	Горизонтальна	0,00	400
3	Спальні	Горизонтальна	0,00	150
4	Буфети	Горизонтальна	0,00	200
5	Туалети	Горизонтальна	0,00	75
6	Гардероб	Горизонтальна	0,00	150
7	Групові	Горизонтальна	0,00	150
8	Кімнати для одягу	Горизонтальна	0,00	50
9	Туалети	Горизонтальна	0,00	75
10	Кімнати для перебування хворих дітей	Горизонтальна	0,00	200
11	Медичний кабінет	Горизонтальна	0,80	300
12	Кабінет завідуючого	Горизонтальна	0,80	300
13	Зал для музичних занять	Горизонтальна	0,00	400
14	Кімната персоналу	Горизонтальна	0,80	300
15	Кімната для зберігання та сушіння білизни	Горизонтальна	0,00	75
16	Кухня	Горизонтальна	0,80	300
17	Комора для зберігання сухих продуктів	Горизонтальна	0,80	75
18	Комора для зберігання овочів	Горизонтальна	0,80	75
19	Туалет для персоналу	Горизонтальна	0,00	75
20	Пральня	Горизонтальна	0,00	200
21	Господарська кладова	Горизонтальна	0,80	75
22	Адміністративне приміщення	Горизонтальна	0,80	300

Продовження таблиці 4.6

Позначення	Призначення	Площина	Висота робочої поверхні, м	Нормована освітленість, лк
23	Коридорні приміщення	Горизонтальна	0,00	75
24	Коридор	Горизонтальна	0,00	75
25	Освітлення входів в будинок	Горизонтальна	0,00	50
26	Аварійне освітлення	Горизонтальна	0,00	0,5

4.3 Вибір світлових приладів

Вибір світлових приладів для загального освітлення здійснюється, виходячи із світлотехнічних, вимог економічної ефективності, робочих умов середовища. По світловому розподілу (частки прямого та відбитого світлових потоків) світильники поділяються на: світильники прямого, переважно прямого, розсіяного, переважно відбитого і відбитого світла. Також класифікують сім кривих сил світла: концентрована, глибока, косинусна, широка, напівширока, рівномірна і синусна.

З огляду на надзвичайну велику різноманітність світильників, задача конкретного вибору світлового приладу повинна вирішуватись спільно фахівцями енергетиками та економістами з урахуванням вимог щодо охорони праці.

Для робочого освітлення освітлення приміщень постійного перебування дітей та персоналу пропонується використати світильник типу ДВО27У-33-002 Юпітер LED-2 (рис. 4. 6, 4.7). Виробником даного світлового приладу є ТОВ «ОСП Корпорація ВАТРА». Призначення світильника полягає у використанні його для систем загального освітлення наступних приміщень [22]:

- навчально-освітнього спрямування (аудиторії, навчальні кабінети, бібліотеки, читальні зали, дитячі дошкільні класи і т.п.);
- адміністративні, офісні приміщення;
- приміщення комерційних та громадських закладів;
- приміщення лікувальних установ.



Рисунок 4.6 – Зображення ДВО27У-33-002 Юпітер LED-2

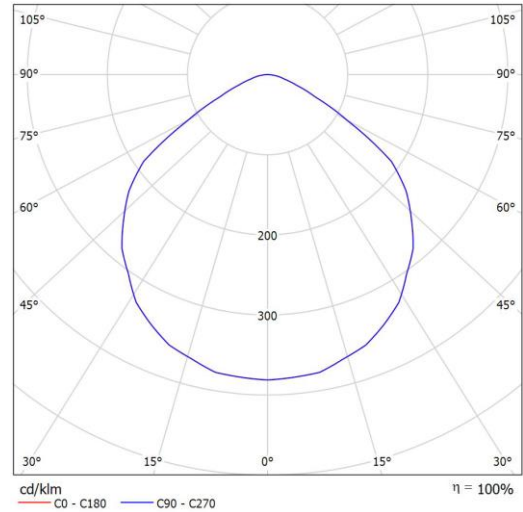


Рисунок 4.7 – Крива сили світла ДВО27У-33-002 Юпітер LED-2

Світлотехнічні та експлуатаційні параметри даного світильника приведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Світлотехнічні та експлуатаційні параметри світильника
ДВО27У-33-002 Юпітер LED-2

Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP20
Потужність, Вт	36
Світловий потік, лм	4680
Тип кривої сили світла	Д
Корельована колірна температура, К	3000
Габаритні розміри, мм	596×596×54
Маса, кг	2,8

Особливість світильника полягає в наступному:

1) в конструкції світильника передбачається наявність світлопропускнуго захисного елемента з матового світло стабілізованого полікарбонату, що

забезпечує необхідну рівномірність світлового розподілу при використанні світильника а отже мінімізацію зорового навантаження;

2) монтаж світильника здійснюється на опорну поверхню, в отвір підвісної стелі, на монтажний профіль.

Для освітлення допоміжних приміщень використовується світильник ДВО27У-16-001 Юпітер LED-2. Конструктивні особливості цього світильника є аналогічними з особливостями конструкції світильника ДВО27У-33-001 Юпітер LED-2, а його зображення та світлотехнічні й експлуатаційні параметри наведено в на рис. 4.8 та у таблиці 4.8 відповідно.



Рисунок 4.8 – Зображення ДВО27У-16-002 Юпітер LED-2

Таблиця 4.8

Світлотехнічні та експлуатаційні параметри світильника
ДВО27У-16-002 Юпітер LED-2

Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP20
Потужність, Вт	18
Світловий потік, лм	2340
Тип кривої сили світла	Д
Корельована колірна температура, К	3000
Габаритні розміри, мм	596×320×54
Маса, кг	1,6

Для освітлення туалетних, складських, коридорних та інших приміщень пропонується використати світильники ДББ64 В-8-022 Селена 32А СД 8 та ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12 [23]. Зображення цих світлових приладів представлено на рис. 4.9, а їх технічні характеристики – в табл. 4.9.



Рисунок 4.9 – Зображення ДББ64 В-8-022 Селена 32А СД 8 та ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12

Таблиця 4.9

Світлотехнічні та експлуатаційні параметри світильників ДББ64 В-8-022 Селена 32А СД 8 та ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12

Світильник	ДББ64 В-8-022 Селена 32А	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12
Напруга живлення, В	220 АС	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP54	IP54
Потужність, Вт	8	12
Світловий потік, лм	960	1440
Тип кривої сили світла	Д	Д
Корельована колірна температура, К	4000	4000
Габаритні розміри, мм	270×135	270×135
Маса, кг	2,3	2,3

Для освітлення приміщення пральної використано світильник ДПП01-60-022 [24]. Світлотехнічні та експлуатаційні параметри світильника приведено в табл. 4.10, а його зображення та крива сили світла – на рис. 4.10 та 4.11 відповідно.

Таблиця 4.10

Світлотехнічні та експлуатаційні характеристики світильника
ДПП01-60-022

Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Потужність, Вт	60
Світловий потік, лм	7200
Тип кривої сили світла	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Габаритні розміри, мм	380×94
Маса, кг	3,0



Рисунок 4.10 – Зображення ДПП01-60-022

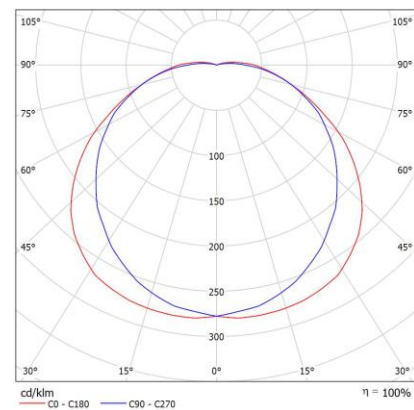


Рисунок 4.11 – Крива сили світла ДПП01-60-022

Для освітлення входів використано світильник ДББ26У-12-112 У1 Селена LED. Світильники даного типу призначені для загального освітлення об'єктів

ЖКГ, таких як входи в будівлі, тамбури та сходинокві клітки, коридори, холи, допоміжні приміщення. Світильники можуть безвідмовно працювати в діапазоні температур від -20 до 40 °С, мають ступінь пиловологозахисту IP65 та кліматичне виконання та категорію розміщення У1, що дозволяє використовувати їх на відкритому повітрі. Характеристики світильника наведено в табл. 4.11, а його зображення та криву сили світла представлено на рис. 4.12 та 4.13 відповідно.

Таблиця 4.11

Характеристики світильника ДББ26У-12-112 У1 Селена LED

Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Потужність, Вт	12
Світловий потік, лм	1440
Тип кривої сили світла	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Габаритні розміри, мм	250×175×87
Маса, кг	0,95



Рисунок 4.12 – Зовнішній вигляд ДББ26У-12-112 У1 Селена LED

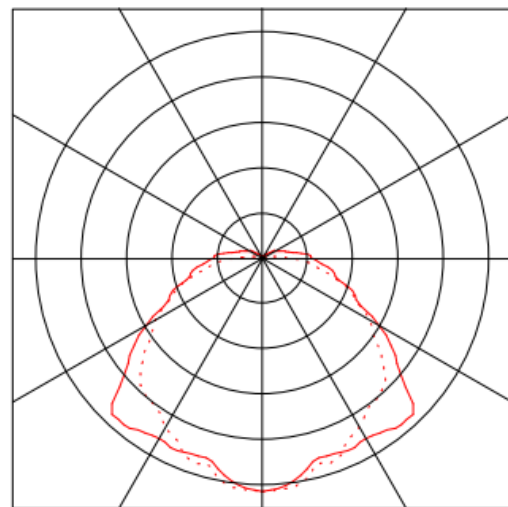


Рисунок 4.13 – Крива сили світла ДББ26У-12-112 У1 Селена LED

Для аварійного освітлення шляхів евакуації використано аварійний світильник типу ДПП06У-8-221. Параметри світильника представлено в табл. 4.12 [26], а його зображення – на рис. 4.14.

Таблиця 4.12

Параметри світильника ДПП06У-8-221

Напруга живлення, В	220 АС
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Потужність, Вт	8
Світловий потік, лм	835
Корельована колірна температура, К	4000
Габаритні розміри, мм	385×155×90
Маса, кг	1,8



Рисунок 4.14 – Зображення світильника ДПП06У-8-221

Світильник призначений для аварійного освітлення як виробничих, так і адміністративних, офісних, спортивних, складських, медичних та інших приміщень. Особливістю світильника є те, що він комплектується блоком аварійного живлення. Джерелом аварійного живлення світлодіодів світильника є Ni-MH акумуляторна батарея, використання якої здатне забезпечити роботу

світлового приладу в разі зупинки електропостачання. Час роботи світильника в аварійному режимі становить не менше трьох годин.

4.3 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення дитячого садка

Однією із задач світлотехнічного розрахунку освітлювальних систем є визначення числа та потужності світлових приладів, використання яких дозволило б забезпечити нормовану освітленість на заданій поверхні. Визначення кількості та потужності освітлювальних приладів для системи загального рівномірного освітлення здійснюється на основі методу коефіцієнта використання світлового потоку, базовою формулою в якому є:

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad (4.1)$$

де E – середня освітленість на робочій поверхні;

Φ – світловий потік випромінювача;

S – освітлювальна площа.

Враховавши у формулі (4.1) коефіцієнт запасу k , коефіцієнт мінімальної освітленості z (відношення середньої освітленості до мінімальної) та частину загального світлового потоку η , яка попадає на розрахункову поверхню, отримаємо [1, 19]

$$E = \frac{N\Phi\eta}{Szk}. \quad (4.2)$$

Звідси кількість світлових приладів із світловим потоком кожного Φ , яку необхідно для забезпечення освітленості на поверхні площею S :

$$N = \frac{ESzk}{\Phi\eta}. \quad (4.3)$$

Проведемо розрахунок кількості світильників на прикладі приміщення 2. Для даного приміщення розрахункова висота становить $h_p = 3,3$ м, а площа $S = 61,5$ м². Звідси відношення

$$\frac{\sqrt{S}}{h_p} = \frac{\sqrt{61,5}}{3,3} = 2,38.$$

Підставляючи відношення $\frac{\sqrt{S}}{h_p} = 2,38$ в рівняння (2.6), отримаємо

$$\eta(2,38) = 1,39 \cdot 10^{-3} \cdot 2,38^3 - 0,0341 \cdot 2,38^2 + 0,2963 \cdot 2,38 + 0,1208 = 0,75.$$

Підставивши числове значення коефіцієнта використання у формулу 4.3, а також врахувавши, що $\Phi = 4680$ лм, а добуток $zk = 1,4$, отримаємо

$$N = \frac{400 \cdot 61,5 \cdot 1,4}{4680 \cdot 0,75} = 9,81. \quad (4.3)$$

Значення N округлюємо до найближчого більшого, отже $N = 10$.

Значення кількості світильників для інших приміщень розраховуємо аналогічно. Результати розрахунку заносимо в табл. 4.13.

Таблиця 4.13

Результати розрахунку кількості світильників

Позначення	Призначення	Тип світлового приладу	Кількість	Потужність освітлення в приміщеннях, Вт
1	Роздягальні	ДВО27У-33-002 Юпітер LED-2	6	216
2	Ігрові	ДВО27У-33-002 Юпітер	20	720

Продовження таблиці 4.13

Позначення	Призначення	Тип світлового приладу	Кількість	Потужність освітлення в приміщеннях, Вт
3	Спальні	ДВО27У-16-002 Юпітер	12	216
4	Буфети	ДВО27У-33-002 Юпітер	2	72
5	Туалети	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12	4	48
6	Гардероб	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12	6	72
7	Групові	ДВО27У-33-002 Юпітер	40	1440
8	Кімнати для одягу	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12	4	48
9	Туалети	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12	4	48
10	Кімнати для перебування хворих дітей	ДВО27У-33-002 Юпітер	2	72
11	Медичний кабінет	ДВО27У-16-002 Юпітер	3	54
12	Кабінет завідуючого	ДВО27У-16-002 Юпітер	3	54
13	Зал для музичних занять	ДВО27У-33-002 Юпітер	16	576
14	Кімната персоналу	ДВО27У-16-002 Юпітер	3	54
15	Кімната для зберігання та сушіння білизни	ДВО27У-16-002 Юпітер	2	36
16	Кухня	ДВО27У-33-002 Юпітер	8	288

Продовження таблиці 4.13

Позначення	Призначення	Тип світлового приладу	Кількість	Потужність освітлення в приміщеннях, Вт
17	Комора для зберігання сухих продуктів	ДББ 64В-8-022 Селена 32А СД 8	2	16
18	Комора для зберігання овочів	ДББ37У-20 Селена-LED-3	1	20
19	Туалет для персоналу	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12	1	12
20	Пральня	ДПП01-60-022	2	120
21	Господарська кладова	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12	1	12
22	Адміністративне приміщення	ДВО27У-33-002 Юпітер	3	108
23	Коридорні приміщення	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12	3	36
24	Коридор	ДББ 64В-12-033 Селена 32А СД 12	2	24
25	Освітлення входів в будинок	ДББ26У-12-112 У1 Селена LED	6	72
26	Аварійне освітлення	ДПП06У-8-221	6	48

4.5 Електротехнічний розрахунок освітлювальної установки

Однією із задач електротехнічного розрахунку освітлювальної установки є вибір перерізу та марки кабелю, протікаючи по якому робочий струм не створює його перегріву.

Визначимо переріз кабелів для живлення освітлювальної установки дитячого садка із напівпровідниковими світловими приладами шляхом розрахунку на мінімум провідникового матеріалу. Перевірку здійснимо шляхом розрахунку по струму навантаження. Згідно даного методу січення жил провідників та кабелів визначається за формулою [19, 34]:

$$q = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{c \cdot \Delta U}, \quad (4.3)$$

де $\sum M$ – сума моментів електричних навантажень ділянки мережі та всіх наступних ділянок, що живляться через дану і мають таке ж число проводів;

$\sum \alpha m$ – сума приведених моментів електричних навантажень ділянки мережі, тобто сума моментів всіх наступних ділянок, що живляться через дану і мають відмінне число проводів проводів;

$\Delta U = 2,5\%$ – спад напруги в електричній освітлювальній мережі;

c – коефіцієнт, який залежить від типу та напруги мережі (для мідних чотирипровідних $c = 72$, для трипровідної $c = 32$, для двопровідної $c = 12$ [34]).

Розрахуємо моменти електричних навантажень шляхом добутку потужності на довжину проводу для кожної групи споживачів. Результати розрахунку представлено в табл. 4.14.

Розрахуємо переріз жил кабелю, по якому живиться щиток ЩО. Для даної ділянки мережі сума моментів становить:

$$\begin{aligned} \sum M &= 302,20 + 45,72 + 29,85 = 377,77 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\ \sum \alpha m &= 1,83 \cdot (115,66 + 234,23) = 640,30 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\ \sum M + \sum \alpha m &= 377,77 + 640,30 = 1018,07 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Підставляючи значення суми моментів, а також коефіцієнта $c = 72$ та $\Delta U = 2,5\%$ у формулу 4.3, отримаємо:

$$q = \frac{1018,07}{72 \cdot 2,5} = 5,65 \text{ м}^2.$$

Таблиця 4.14

Результати розрахунку моментів електричних навантажень

Споживачі	Потужність, Вт	Довжина, м	Момент, кВт·м
ЩО	1511	20	302,20
ЩО1	9144	5	45,72
Приміщення 2: розетки	1000	15	15,00
Приміщення 2: розетки	1000	25	25,00
Приміщення 2: світлові прилади	720	35	25,20
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	15	20,40
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	18	24,48
Приміщення 13: розетки, світлові прилади	432	25	10,80
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	552	30	24,95
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	35	40,08
Приміщення 4, 5, 1, 3: світлові прилади	1360	45	47,60
ЩО2	5970	5	29,85
Приміщення 19, 22, 21, 23: світлові прилади, освітлення входів	228	40	9,12
Приміщення 6, 8, 9	108	20	2,16
Приміщення 6, 8, 9	108	30	3,24
Приміщення 16	1288	18	23,18
Приміщення 12: розетки	1	25	25,00
Приміщення 14: розетки	1	15	15,00
Приміщення 17: світлові прилади, 20: розетки	1016	20	20,32
Приміщення 18: світлові прилади, 20: розетки	1018	25	25,45
Приміщення 20, 15, 12, 11, 10: світлові прилади	204	70	14,28

Вибираємо найближче більше значення площі перерізу жил 6 мм². Втрата напруги в кабелі становить

$$\Delta U = \frac{1018,07}{72 \cdot 6} = 2,36 \text{ \%}.$$

Перевірочний розрахунок здійснимо, виходячи із формули [34]

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U_{\phi} \cos \varphi}. \quad (4.4)$$

Підставляючи значення $P = 1511$ Вт, $U_{\phi} = 220$ В та $\cos \varphi = 0,95$ в формулу (4.4), отримаємо

$$I = \frac{15,11}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,95} = 41,75 \text{ А.}$$

З [36] вибираємо площу перерізу кабелю, допустиму по умовах нагріву . Для струму 41,75 А площа перерізу жил кабелю становить 6 мм². Аналогічно розраховуємо площу перерізу жил кабелю і для інших ділянок електричної освітлювальної мережі дитячого садка.

В якості апаратів захисту виберемо автоматичні вимикачі, виходячи з умови

$$I_3 \geq 1,25 \cdot I,$$

де I_3 – струм апарату захисту.

Результати електротехнічного розрахунку та вибору апаратів захисту приведено в табл. 4.15.

Таблиця 4.15

Результати електротехнічного розрахунку електричної освітлювальної мережі

Споживачі	Потужність, Вт	Струм навантаження, А	Кабель живлення	Апарат захисту
ЩО	15114	41,75	ВВГ-4×6	Укрем ВА-2001 3р 63А С 6кА АсКо

Продовження таблиці 4.15

Споживачі	Потужність, Вт	Струм навантаження, А	Кабель живлення	Апарат захисту
ЩО1	9144	25,26	ВВГ-4×4	Укрем ВА-2001 3р 32А С 6кА АсКо
Приміщення 2: розетки	1000	4,78	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 6А С 6кА АсКо
Приміщення 2: розетки	1000	4,78	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 6А С 6кА АсКо
Приміщення 2: світлові прилади	720	6,85	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 10А С 6кА АсКо
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	6,51	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 10А С 6кА АсКо
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	6,51	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 10А С 6кА АсКо
Приміщення 13: розетки, світлові прилади	1,432	3,42	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 6А С 6кА АсКо
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	6,51	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 10А С 6кА АсКо
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	6,51	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 10А С 6кА АсКо
Приміщення 4, 5, 1, 3: світлові прилади	552	2,64	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 4А С 6кА АсКо
ЩО2	5970	16,49	ВВГ-4×1,5	Укрем ВА-2001 3р 25А С 6кА АсКо
Приміщення 19, 22, 21, 23: світлові прилади, освітлення входів	228	1,09	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 2А С 6кА АсКо
Приміщення 6, 8, 9	108	0,52	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 1А С 6кА АсКо
Приміщення 6, 8, 9	108	0,52	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 1А С 6кА АсКо
Приміщення 16	1288	6,16	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 10А С 6кА АсКо
Приміщення 12: розетки	1000	4,78	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 6 А С 6кА АсКо
Приміщення 14: розетки	1000	4,78	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 6 А С 6кА АсКо
Приміщення 17: світлові прилади, 20: розетки	1016	4,86	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 10А С 6кА АсКо
Приміщення 18: світлові прилади, 20: розетки	1018	4,87	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 2р 10А С 6кА АсКо

Продовження таблиці 4.15

Споживачі	Потужність, Вт	Струм навантаження, А	Кабель живлення	Апарат захисту
Приміщення 20, 15, 12, 11, 10: світлові прилади	204	0,98	ППВ-3×1,5	Укрем ВА-2001 1р 2А С 6кА АсКо

Для забезпечення рівномірності навантаження фаз пропонується підключення споживачів до фаз у відповідність з табл. 4.16.

Таблиця 4.16

Порядок підключення електроспоживачів освітлювальної установки

дитячого садка

Споживачі	Потужність, Вт	Фаза
ЩО1		
Приміщення 2: розетки	1000	А
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	А
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	А
Приміщення 2: розетки	1000	В
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	В
Приміщення 2: світлові прилади	720	В
Приміщення 13: розетки, світлові прилади	1,432	С
Приміщення 7: розетки, світлові прилади	1360	С
Приміщення 4, 5, 1, 3: світлові прилади	552	С
ЩО2		
Приміщення 19, 22, 21, 23: світлові прилади, освітлення входів	228	А
Приміщення 16	1288	А
Приміщення 6, 8, 9	108	А
Приміщення 6, 8, 9	108	В
Приміщення 12: розетки	1000	В
Приміщення 18: світлові прилади, 20: розетки	1018	В
Приміщення 17: світлові прилади, 20: розетки	1016	С
Приміщення 14: розетки	1000	С
Приміщення 20, 15, 12, 11, 10: світлові прилади	204	С

При цьому приєднана потужність до фаз

$$P_A = 1,000 + 1,360 + 1,360 + 0,228 + 1,288 + 0,108 = 5,344 \text{ кВт},$$

$$P_B = 1,000 + 1,360 + 0,720 + 0,108 + 1,000 + 1,018 = 5,206 \text{ кВт},$$

$$P_C = 1,432 + 1,360 + 0,552 + 1,016 + 1,000 + 0,204 = 5,564 \text{ кВт}.$$

Середня потужність однієї фази

$$P_{\text{сер}} = \frac{5,344 + 5,206 + 5,564}{3} = 5,371 \text{ кВт}.$$

Відхилення потужності кожної з фаз від середньої

$$\Delta P_A = \frac{|5,344 - 5,371|}{5,371} \cdot 100\% = 0,50 \%,$$

$$\Delta P_B = \frac{|5,206 - 5,371|}{5,371} \cdot 100\% = 3,07 \%,$$

$$\Delta P_C = \frac{|5,564 - 5,371|}{5,371} \cdot 100\% = 3,59 \%.$$

не перевищує 4 %, а отже навантаження фаз освітлювальною установкою дитячого садка можна вважати рівномірним.

Висновки до розділу

1. На підставі аналізу характеристик в якості джерел світла для освітлення приміщень дитячого садка запропоновано використати світлодіоди.

2. Для приміщень дитячого садка встановлено значення нормованої освітленості, а також вибрано світлові прилади на основі напівпровідникових джерел світла.

3. Проведено світлотехнічний розрахунок системи робочого освітлення дитячого садка, в результаті якого встановлено кількість світлових приладів для забезпечення нормованої освітленості.

4. Здійснено електричний розрахунок запропонованої системи освітлення дитячого садка. Розрахунком було встановлено, що використання світлових приладів з напівпровідниковими джерелами замість світлових приладів із люмінесцентними та лампами розжарювання світла дозволяє зменшити площі поперечного перерізу жил кабелів живлення, а отже знизити втрати на елементи електричної мережі.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Вибір програмного забезпечення для світлотехнічного розрахунку системи освітлення

Комп'ютерне світлотехнічне проектування має суттєві відмінності від стандартної методики проектування, яка базується на інженерних методах розрахунку світлотехнічних параметрів. Основним інструментом в даному випадку є світлотехнічна програма, а не комплекс спрощених методів розрахунку. На сьогоднішній день не існує досконалих методик проектування освітлювальних установок в умовах використання світлотехнічних програм. Якщо раніше інженеру-світлотехніку для виконання світлотехнічного проекту достатньо було мати знання у галузі світлотехніки, то тепер до цього додається, як невід'ємна частина, знання комп'ютерної графіки. В руках світлотехніка з'являються потужні інструменти світлотехнічного проектування у вигляді трьохвимірних розрахункових програм.

Використання в світлотехнічних програмах електронних баз світлового обладнання значно скорочує час на пошук оптимального світлового обладнання. Світлотехнічні програми дозволяють виконувати розрахунок освітлювальної установки на основі реальних геометричних розмірів об'єкта, який освітлюється, мають засоби для детального моделювання інтер'єрного і оточуючого простору, містять також засоби з моделювання фотометричних властивостей матеріалів, які використовуються у трьохмірній сцені, що в сукупності дає можливість програмі використовувати метод трасування променів для створення фото реалістичних зображень майбутньої ОУ.

На відміну від інженерних методів розрахунку ОУ використання світлотехнічних програм використовує інший підхід до світлотехнічного проектування. Існує трьохетапна структура.

Першим етапом є геометричне моделювання об'єкта сцени, що освітлюється. Мається на увазі набір методик твердотільного трьохмірного моделювання на основі існуючих креслень, фотографій і іншої інформації.

Другим етапом є світлотехнічний розрахунок з вибором світлового обладнання. На цьому етапі, в залежності від розрахункової програми, підбираються оптимальні розрахункові параметри: крок розрахункової сітки, метод розрахунку, точність та ін.

Третій етап – це генерація фотореалістичних зображень і виведення розрахункової документації проекту. Звісно при проведенні проектних робіт постає необхідність переходу з етапу на етап і в зворотному порядку для досягнення оптимальних кількісних, якісних і естетичних критеріїв ОУ.

За останні 5 – 6 років на світлотехнічному ринку програмного забезпечення (ПЗ) відбувся бум в результаті здешевлення комп'ютерів до рівня доступного кожному проектувальнику, з'явилися прості засоби розробки програм, глобальне освітлення відкрило можливості точного чисельного розрахунку освітлювальних установок (ОУ), в результаті з'явилися десятки світлотехнічних програм, різного рівня та спеціалізації.

Основними функціями, які повинна виконувати програма, щоб найбільш ефективно допомогти проектувальнику виконати світлотехнічний проект, є:

- програма повинна мати інтуїтивно зрозумілий і звичний для проектувальника інтерфейс (Graphical User Interface – GUI), що відповідно дозволяло б в досить малий термін навчити у ній працювати велику кількість проектувальників;

- світлотехнічна програма повинна мати зручну базу даних використовуваного світлового обладнання, з можливістю внесення до неї (за необхідності) світильників сторонніх виробників, тобто база повинна тим чи іншим чином працювати із стандартними форматами опису світильників (ies, ldt, і т.д.);

- використання в світлотехнічних розрахунках параметрів, що регламентуються в нормативних документах, як російських, так і зарубіжних, з подальшим виведенням підсумкової проектної документації;

- програма повинна представляти користувачеві різноманітні світлотехнічні параметри (освітленість, яскравість, показник дискомфорту, і т.д.);

- лінії однакової освітленості і т.д.), при цьому точність розрахунку не повинна бути менше 10%.

- програма повинна мати, або власні засоби для побудови 3D сцен, або мати можливість імпорту сцени із спеціалізованих 3D редакторів (робота з 3ds або dxf форматами);

- наявність зручних та різноманітних методів розташування світильників;

- можливість візуалізації результатів;

- різноманітність форм представлення результатів для однозначної оцінки освітлення;

- можливість активного діалогу для ітераційного розрахунку ОУ і вибору найдоцільнішого проекту.

Це далеко не повний список вимог, що пред'являються до якісної світлотехнічної програми. В основному програми мають досить вузьку спеціалізацію. Одні прекрасно створюють візуальні картинки і анімаційне відео, прекрасно підходять для внутрішнього і архітектурного освітлення, інші спеціалізуються на розрахунку дорожніх розв'язок та магістралей, треті служать робочим інструментом проектних електротехнічних організацій та бюро.

Найбільш поширеними програмними засобами на світлотехнічному ринку є: Dialux 3.1, Lightscape 3.2. і 3D Studio Viz 4 компанії Autodesk, Relux 2.4 компанії Informatic AG, дві програми: Light - in - Night і програма WinELSO-Light, розроблені компанією «Светосервис» і «Російської промисловою компанією» відповідно.

Програмний пакет "DIALux". Програма "DIALux" – безумовний лідер за своїми можливостями серед усіх безкоштовних програм. Ця популярна серед світлодизайнерів програма призначена для проектування як внутрішнього, так і зовнішнього освітлення. Є можливість тривимірної візуалізації, причому все виглядає досить якісно. Дуже простий інтерфейс. В середньому, без сторонньої допомоги на освоєння навичок роботи із програмою (при базовому знанні світлотехніки) йде півгодини. Більшість виробників світлотехнічної продукції в усьому світі мають свої бази даних світильників для роботи з програмою.

Освітлювальні об'єкти в "DIALux" можна розділити на дві великі групи: об'єкти внутрішнього (інтер'єрного) і зовнішнього освітлення а, останні, в свою чергу, – на кілька груп за різними ознаками. Для розрахунку освітлення саме таких об'єктів існує програма Dialux Ext.

Розглянемо інтерфейс програми. У головному вікні представлені всі необхідні види об'єкта. Можливий також перегляд об'єкта в перспективі (3-D Camera). Ліворуч розташовується вікно, яке показує дерево проекту, необхідні коментарі до проекту й ім'я оператора. Для роботи з об'єктами передбачені всі необхідні функції – виділення, пересування, обертання, копіювання, видалення й т.д. Крім того, для зручності існує функція роботи з координатною сіткою, прив'язками й ортогональне пересування. Більшість функцій програми стандартні й досить прості у використанні.

Робота в програмі "DIALux" полягає в наступному.

1. Насамперед треба визначити об'єкт освітлення. Ця програма припускає чотири варіанти (сценарії) освітлення, для кожного з яких потрібно задати свої вихідні дані: Floodlighting – заливаюче освітлення; Ambient lighting – загальне освітлення певної відкритої площадки; Sport lighting – освітлення спортивних об'єктів; Street lighting – дорожнє освітлення.

2. Вибір типу освітлювальних приладів. Для цього в програмі можуть бути використані бази даних різних виробників світлотехнічної продукції. Програма надає можливість підібрати світильник за наступними даними:

номер артикула;

тип освітлювального приладу (заливаючого світла, настінний і т.д.);
 область застосування (парковий, вуличний і т.д.).

Після задання хоча б одного з необхідних параметрів, програма здійснить пошук по базі даних і видасть всі підходящі варіанти, для кожного з яких надаються наступні дані: зовнішній вигляд освітлювального приладу; короткий опис (розміри, потужність, тип використовуваних джерел світла); крива сили світла.

3. Планування розміщення світлових приладів на об'єкті розміщення на об'єкті. Крім світильників у проект можна ввести додаткові об'єкти, якщо це необхідно для більш точного подання сцени. Такими об'єктами є будова, стіна, текст, □ границя площадки.

4. Після введення додаткових об'єктів можна приступати до розрахунку (Calculation>>Calculate). Час розрахунку залежить від кількості освітлювальних приладів і додаткових об'єктів, але оскільки відбита складова не розраховується, цей час невеликий. Вихідні дані проекту подані у вигляді звіту, що досить повно описує всі необхідні характеристики. Вікно вихідних даних представлено на рис. 5.1.

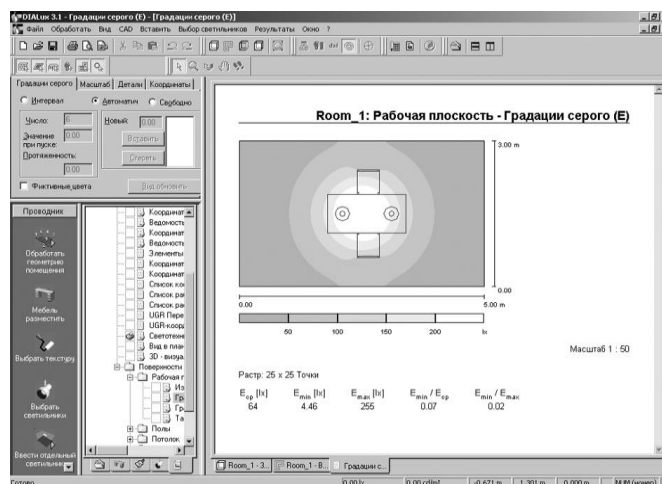


Рисунок 5.1 – Вихідні дані розрахунку в пакеті DIALux

Російська програма "Формула Света", призначена для розрахунку необхідної кількості світильників внутрішнього освітлення. Програмне забезпечення повністю безкоштовне, але підлягає обов'язковій реєстрації.

Програма Ulysse v.1 розроблена в дослідницькому центрі компанії Шредер у Великобританії. Програма призначена для проведення розрахунків освітленості і яскравості точковим методом.

Основні можливості програми – розрахунок автомобільних доріг, розрахунок приміщень (цехів, складів, спортивних залів та ін.), розрахунок відкритих територій.

Результатом розрахунків є: схема розміщення світильників на заданій площі; показники яскравості, освітленості, а також ізолінії.

"Faellite" – програма для розрахунку прожекторного освітлення. Дозволяє проводити розрахунки освітленості з використанням прожекторів Faelluce. Існує варіант тривимірної візуалізації результатів розрахунку.

Російська промислова компанія випустила поновлення програмного комплексу «WinELSO», призначеного для розрахунку систем силового електроустаткування й електроосвітлення. WinELSO 5.3 включає два модулі: "Електроустаткування" і "Електроосвітлення". Комплекс розроблений спеціально для російських електриків-проектувальників. Програма дозволяє отримувати документацію, яка відповідає ГОСТам Росії і стандартам, погодженим з деякими країнами СНД. У модулі "Електроосвітлення" змінена структура бази даних по світильниках, додана функція довільного відображення світильників на плані. Модулі WinELSO реалізуються як додатки до системи AutoCAD версій 2000, 2002, 2004 і 2005. Пакет інсталується як окреме випадаюче меню у головному меню AutoCAD.

Lightscape – лідер в області високоякісної візуалізації і світлового дизайну й перший програмний продукт, в якому використовуються механізми розрахунку освітленості radiosity і ray-tracing з урахуванням фізичних властивостей джерел світла, матеріалів і об'єктів сцени. Це дозволяє досягти надзвичайної реалістичності зображення, недоступної іншим засобам візуалізації.

Основні можливості пакета:

- створення природного й штучного освітлення з використанням реальних джерел і матеріалів; інтерактивна зміна матеріалів об'єктів і параметрів джерел світла; кількісний фотометричний аналіз;
- можливість налаштування методів візуалізації для досягнення оптимального співвідношення якість/швидкість; швидке створення високоякісних анімаційних роликів та ін.
- вбудовані методи розрахунку освітленості radiosity і ray-tracing;

На підставі вищеописаних особливостей та доступності програмного забезпечення для світлотехнічних розрахунків зупинимо свій вибір на пакеті DIALux

5.2 Вибір схеми живлення освітлювальної установки дитячого садка

Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» поділяють електроприймачі на наступні категорії:

Електроприймачі I категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких може викликати: небезпеку для життя людей, значні збитки народному господарству, пошкодження цінного основного обладнання, масовий брак продукції, розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства. (Операційні відділення лікарень, насосні станції водогонів, підприємства з безперервним технологічним процесом виробництва, тощо).

Зі складу I категорії виділяють особливу групу електроприймачів, безперебійна робота яких необхідна для безаварійної зупинки виробництва з метою недопущення загрози життю людей, вибухів, пожеж і пошкоджень цінного основного обладнання. (Автоматичні системи пожежегасіння підприємств хімічної промисловості, диспетчерського управління рухом потягів, літаків, тощо).

Живлення електроприймачів I категорії має забезпечуватись електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення. Перерва у їхньому електропостачанні при порушенні електропостачання від

одного з джерел може бути допущена лише на час автоматичного відновлення живлення. Для електропостачання особливої групи електроприймачів I категорії повинно передбачатись додаткове живлення від третього незалежного взаєморезервуючого джерела живлення.

Електроприймачі II категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовідпуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів та промислового транспорту, порушень нормальної діяльності значної кількості людей. (Лікарні, котельні, учбові заклади, дитячі садки, обладнані діючими ліфтами житлові будинки, тощо).

Електроприймачів II категорії рекомендується живити електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення. Для цих електроприймачів при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення допустимі перерви у електропостачанні на час, необхідний для увімкнення резервного живлення діями чергового персоналу чи виїзної оперативної бригади. Допускається живлення електроприймачів II категорії по одній повітряній лінії, в тому числі з кабельною вставкою, якщо забезпечена можливість проведення аварійного ремонту цієї лінії за час не більше однієї доби. Кабельні вставки цієї лінії повинні виконуватись двома кабелями, кожен з яких обирається по найбільшому тривалому струму повітряної лінії. Допускається живлення електроприймачів II категорії по одній кабельній лінії, виконаній не менше ніж двома кабелями, приєднаними до одного загального апарату. Допускається живлення електроприймачів II категорії від одного трансформатора за наявності централізованого резерву трансформаторів і можливості заміни пошкодженого трансформатора за час не більше однієї доби.

Електроприймачі III категорії – всі інші електроприймачі, що не підходять під визначення I і II категорій. (Сектор індивідуальної забудови, не обладнані ліфтами багатоповерхові будинки, тощо).

На основі вищенаведеного можна вважати, що освітлювальна установка дитячого садка відноситься до електроприймачів II категорії. Відповідно до цього живлення цієї установки передбачається від двох незалежних взаєморезервуючих джерел електроенергії (рис. 5.2). Такими джерелами є трансформаторні підстанції, а живлення освітлювальної установки може здійснюватись від двох різних трансформаторних підстанцій, або від двох трансформаторів однієї підстанції, причому ці трансформатори мають різні джерела живлення.

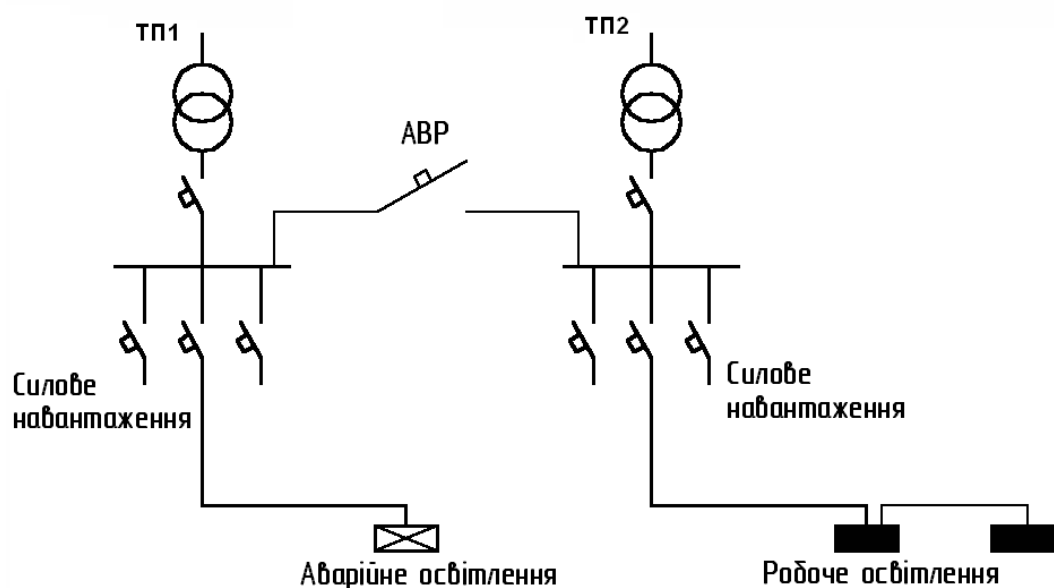


Рисунок 5.2 – Схема живлення освітлювальної установки дитячого садка

Висновки до розділу

1. На основі аналізу програмного забезпечення для світлотехнічних розрахунків для моделювання та розрахунку параметрів освітлювальної установки приміщень дитячого садка вибрано пакет DIALux.

2. Для освітлювальної установки дитячого садка, як для електроспоживача II категорії за надійністю електропостачання вибрано схему живлення від двох трансформаторних підстанцій або від однієї двотрансформаторної підстанції за умови живлення трансформаторів від різних джерел.

6. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Економічна оцінка ефективності заходів модернізації

При оцінці економічної ефективності заходів модернізації одночасно розраховують як першочергові капітальні вкладення, так і експлуатаційні витрати. Ці показники можуть служити основою для прийняття рішення при рівності всіх інших параметрів. Інколи варіант з більшими капітальними затратами може бути більш оптимальним за рахунок менших експлуатаційних.

До складу капіталовкладень можуть входити наступні види затрат:

$$K = K_{БВД} + K_{ОБ} + K_{СВП},$$

де $K_{БВД}$ – капіталовкладення в будівельні конструкції;

$K_{ОБ}$ – затрати на придбання, доставку та монтаж нового обладнання;

$K_{СВП}$ – супутні капіталовкладення, що включають передвиробничі витрати на передінвестиційні дослідження, проектування та розробку ТЕО; нематеріальні активи (придбання ліцензій, НОУ-ХАУ, патентів і т. п.); інше.

Приведені річні затрати визначаються за формулою

$$Q = E + (\alpha + 0,12)K$$

де E – експлуатаційні затрати;

α – щорічні амортизаційні відрахування (зазвичай $\alpha = 0,1$);

0,12 – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, який відповідає терміну окупності капітальних вкладень, такому, що дорівнює 8,3 року.

Економічна оцінка ефективності заходів модернізації здійснюється в тих випадках, коли захід створює практично рівноцінні умови освітлення. При

невідповідності умов освітлення такий метод не може бути задовільним. Щорічні експлуатаційні затрати визначаються за виразом

$$E = E_e + E_l + E_a + E_q + E_p,$$

де E_e – вартість електроенергії за рік;

E_l – вартість ламп, які міняють за рік;

E_a – вартість амортизації ОУ;

E_q – вартість чистки світильників;

E_p – вартість ремонтів.

Вартість електроенергії можна знайти за формулою:

$$E_e = k_{ПРА} K_n P \cdot T_g C (1 + \Delta U / 100)$$

де $k_{ПРА}$ – коеф., який враховує втрати електроенергії в ПРА;

P – встановлена потужність;

T_g – кількість годин роботи в рік;

K_n – коефіцієнт попиту;

ΔU – втрата напруги в мережі до середньої лампи;

C – тариф на електроенергію.

В залежності від системи обліку електроенергії на підприємстві тариф на електроенергію може становити:

- 1) при розрахунках за електроенергію за двозонними тарифами:
 - 0,7 тарифу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23-ї години до 7-ї години);
 - повний тариф в інші години доби.
- 2) при розрахунках за електроенергію за тризонними тарифами:

- 1,5 тарифу в години максимального навантаження енергосистеми - піковий період (з 8-ї години до 11-ї години і з 20-ї години до 22-ї години);
- повний тариф у напівпіковий період (з 7-ї години до 8-ї години, з 11-ї години до 20-ї години, з 22-ї години до 23-ї години);
- 0,4 тарифу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23-ї години до 7-ї години).

Вартість ламп, які міняють за рік:

$$E_n = (N n / z) A$$

де N – число світильників;

n – число ламп в світильнику;

z – номінальний термін служби;

A – вартість однієї лампи.

Амортизаційні відрахування визначаються частиною початкових витрат. Різні частини і елементи освітлювальної установки мають різні терміни служби. Приблизно термін служби світильників приймають рівним 10 років, тоді:

$$E_a = 0,1N(B + M)$$

де N – число світильників;

B – вартість світильників;

M – вартість монтажу світильників.

Вартість чистки світильників:

$$E_q = N m B_1$$

де m – кількість чисток за рік;

B_1 – вартість однієї чистки;

N – кількість світильників.

Для порівняння поточних економічних показників діяльності підприємств до та після реалізації заходів з модернізації використовується метод виділення із загальної величини прибутку, що залишається у розпорядженні підприємств, тієї частини, зміна якої безпосередньо зумовлена впровадженням енергозберігаючих заходів:

$$\Delta\Pi = \Pi_t - \Pi_{0t},$$

де Π_t , Π_{0t} – показники прибутку підприємства у t -му році з реалізацією та без реалізації заходу відповідно.

У загальному випадку збільшення прибутку, що залишається у розпорядженні підприємств, у році t за рахунок реалізації заходів щодо енергозбереження в освітлювальних установках визначається за формулою

$$\Pi_t = C_{ee} \cdot \Delta W_{eet} - (E_t + e \cdot K) + \Delta E_t,$$

де C_{ee} – тариф на електроенергію в році t ;

ΔW_{eet} – величина електроенергії, яка економиться в році t в результаті реалізації енергозберігаючого заходу;

E_t , K – поточні витрати у році t та капітальні вкладення відповідно, пов'язані з експлуатацією, придбанням та установкою енергозберігаючого устаткування;

e – внутрішня норма ефективності;

ΔE_t – зменшення експлуатаційних витрат на підприємстві у році t .

Для оцінки ефективності заходу щодо модернізації за весь термін експлуатації енергозберігаючого обладнання використовується показник інтегральної дисконтованої розрахункової зміни прибутку, що обчислюється за формулою

$$\Delta\Pi = \sum_{t=It}^{t=Ik} \left[\Delta\Pi_t \cdot (1+e)^{tp-t} \right],$$

де e – внутрішня норма ефективності або максимальна величина банківського відсотка (дисконтної ставки), за якої кредит банку на впровадження енергозберігаючого заходу може бути погашений за термін його реалізації;

tp – розрахунковий рік приведених витрат та результатів, зумовлених впровадженням енергозберігаючого заходу.

6.2 Розрахунок вартості та можливості економії внаслідок реалізації проекту

В даному проекті пропонуються наступні заходи з модернізації освітлення приміщень дитячого садка:

1) заміна світлових приладів із лампами розжарювання на світлові прилади із напівпровідниковими джерелами світла.

Вартість заходів модернізації системи освітлення можна записати за формулою

$$B = \sum_{i=1}^{i=n} B_i, \quad (6.1)$$

де B_i – вартість i -го заходу.

Вартість заходу модернізації визначається вартістю світлових приладів та їх кількістю. Вартість світильників, які пропонується використати в проекті, а також їх кількість та сумарну вартість наведено в табл. 6.1.

Отже сумарна вартість світлових приладів становить 339326,70.

Потенціал економії електроенергії внаслідок впровадження заходів з модернізації наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.1

Вартість світлових приладів

Найменування	Кількість, шт	Вартість, грн/шт. (з ПДВ)	Вартість, грн
ДВО27У-33-002 Юпітер LED-2	97	2401,54	232949,4
ДВО27У-16-002 Юпітер	23	1698,79	39072,17
ДББ 64В-8,12-033 Селена 32А СД 12	28	1008,31	28232,68
ДББ37У-20 Селена-LED-3	1	2057,96	2057,96
ДПП01-60- 022	2	3891,49	7782,98
ДПП06У-8- 221	6	4871,92	29231,52
Сумарна вартість			339326,70

Оскільки на підприємстві ведеться облік енергії за середньозваженим добовим тарифом, то величина економії електроенергії, виражена в грошовому еквіваленті буде визначатися як

$$\Delta\Pi_{\text{Ел}} = \Delta W \cdot C. \quad (6.2)$$

Таблиця 6.2

Потенціал економії електроенергії внаслідок впровадження заходу з модернізації системи освітлення

№ заходу модернізації	Споживання електроенергії до впровадження заходу, кВт·год	Споживання електроенергії внаслідок впровадження заходу, кВт·год	Різниця, кВт·год
1	20440	15114	5326

Для непромислових споживачів тариф на електроенергію становить $C = 289,858$ грн./ кВт·год. Підставляючи дані у рівняння (6.2), отримаємо

$$\Delta P_{El} = 5326 \cdot 289,858 / 100 = 15438 \text{ грн./рік.}$$

Отже, застосування світильників з напівпровідниковими джерелами світла дає змогу досягти економії коштів на освітленні в розмірі 15438 грн/рік.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Охорона праці

7.1.1 Особливості випромінювання оптичного діапазону

При виконанні дипломної роботи використано спектральні характеристики напівпровідникових джерел світла різних кольорів свічення. Дані джерела світла є водночас споживачами електричної енергії та джерелами оптичного випромінювання. Тому у відповідності з [26] розробка заходів з охорони праці в дипломній роботі зводиться до питань випромінювання оптичного діапазону та електробезпеки.

У промисловості і побуті набули масового застосування прилади та обладнання, робота яких пов'язана з використанням або утворенням в процесі роботи електромагнітних випромінювань оптичного діапазону, до яких належать електромагнітні коливання з довжиною хвиль від 5 нм до 1000 нм [27]. Ділянками випромінювання оптичного діапазону є: ультрафіолетова (5 – 380 нм), видима (380 – 770 нм) та інфрачервона (770 нм – 1 мм). Інфрачервона область включає короткохвильову (0,77 – 1,5 мкм), середньохвильову (1,5 – 20 мкм) і довгохвильову (20 мкм – 1 мм) ділянки [28].

Природнім джерелом ультрафіолетового випромінювання є сонце. Штучними джерелами є електричні дуги, лазери, газорозрядні джерела світла [11]. За способом генерації ультрафіолетове випромінювання належить до теплового, але за своєю дією подібне до іонізуючого випромінювання.

Спектр ультрафіолетового випромінювання поділяється на три області: довгохвильову (УФА); середньохвильову (УФВ) та короткохвильову (УФС) УФС. Ультрафіолетові випромінювання довгохвильової області відзначаються слабкою біологічною дією. Середньо- та короткохвильові ультрафіолетові промені, в основному, впливають на шкіру та очі людини. Значні дози опромінення можуть спричинити професійні захворювання шкіри (дерматити)

та очей (електроофтальмію). Випромінювання ультрафіолетового діапазону впливають також на центральну нервову систему, що проявляється у вигляді болі голови, підвищення температури тіла, відчуття розбитості, передчасної втоми, нервового збудження тощо. Крім того, несприятлива дія цих променів може посилюватись завдяки ефектам, що властиві для цього виду випромінювань, а саме іонізації повітря та утворенні озону.

Ультрафіолетове випромінювання характеризується двоякою дією на організм людини: з одного боку, небезпекою гіереопромінення, а з іншого – його необхідністю для нормального функціонування організму, оскільки ультрафіолетові промені є важливим стимулятором основних біологічних процесів. Природне освітлення, особливо сонячні промені, є достатнім для організму людини джерелом ультрафіолетового випромінювання, тому його відсутність або ж недостатність може створити певну небезпеку.

Для захисту людей від інтенсивного опромінення ультрафіолетовими променями потрібним є виконання наступних заходів [27, 30]: раціональне розташування робочих місць; забезпечення необхідної відстані від джерел випромінювання; екранування джерел випромінювання; екранування робочих місць засобами індивідуального захисту.

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

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

Залежно від довжини хвилі інфрачервоне випромінювання поділяється на короткохвильове з довжиною хвилі від 0,76 до 1,4 мкм та довгохвильове – понад

1,4 мкм. Саме довжина хвилі значною мірою обумовлює проникнуочу здатність інфрачервоного випромінювання. Найбільшу проникну здатність мають короткохвильові інфрачервоні випромінювання, які впливають на органи та тканини організму людини, що знаходяться на глибині кількох сантиметрів від поверхні тіла. Промені довгохвильового діапазону затримуються поверхневим шаром шкіри.

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

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

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

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

До основних заходів та засобів щодо зниження шкідливої дії інфрачервоного випромінювання належать [26, 28]:

- зниження інтенсивності випромінювання джерел шляхом удосконалення технологічних процесів та устаткування;

- раціональне розташування устаткування, що є джерелом інфрачервоного випромінювання;
- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами.

7.1.2 Актуальність проблеми електробезпеки

Сучасний рівень технічного прогресу неможливий без широкого впровадження електроустаткування, що в свою чергу викликає необхідність постійного вдосконалення вимог щодо його безпечного обслуговування та засобів захисту. Електроенергія – рухлива сила всього сучасного життя, без нього не можуть обходитися більшість життєво необхідних систем. Тим не менш більшість людей помирають чи отримують пошкодження від електроенергії.

Широке використання електроенергії у всіх галузях народного господарства зумовлює розширення кола осіб, котрі експлуатують електрообладнання. Тому проблема електробезпеки під час експлуатації електрообладнання набуває особливого значення.

У зв'язку зі зростанням рівня смертельного травматизму на підприємствах Міністерства палива та електроенергетики України Держгірпромнагляд запропонував Мінпаливоенерго та територіальним органам Держгірпромнагляду провести перевірки роз'єднувачів напругою 6-10 кВ, зажадати від енергопостачальних компаній вивести з експлуатації неоперативні роз'єднувачі, заборонити практику шунтування роз'єднувачів та інших комунікаційних апаратів, а також забезпечити безпечну експлуатацію електроустановок та проведення ремонтних робіт і безпечне виконання робіт оперативно – виїзними бригадами.

Елетротравматизм порівняно з іншими видами травматизму має деякі відмінні особливості.

Елетротравматизм складає близько 1% від загальної кількості усіх нещасних випадків на виробництві. Але серед нещасних випадків зі

смертельними наслідками електротравми складають близько 40%, посідаючи одне з перших місць, причому близько 90% смертельних уражень електричним струмом трапляється в електроустановках з напругою 127 – 380 В.

Необхідно розрізняти наступні електротравми:

- пов'язані з порушеннями нормальної роботи електрообладнання, при яких через тіло людини утворюється електрична петля чи в результаті яких людина опиняється в електромагнітному полі більшої напруги;

- пов'язані з порушенням нормальної роботи електрообладнання, при яких не виникає електрична петля через тіло людини, а ураження людини викликається опіками, механічними травмами, осліпленням дугою і т.д.;

- змішані, при яких на потерпілого спільно впливають фактори, вказані в попередніх пунктах.

Наслідки негативного впливу дії електричного струму на організм людини залежать від наступних факторів:

- сили струму та напруги; (до 5 мА – безпечний; 5 ÷ 20 мА – спостерігаються легкі травми; 20 ÷ 50 мА – травми серцевої системи; 50 ÷ 100 мА – відбуваються важкі травми; більше 100 мА – настає смерть);

- опору тіла людини проходженню струму;

- виду та частоти струму;

- тривалості проходження струму крізь тіло людини (до 4 хв – наслідки майже непомітні; до 6 хв – інвалідність людини; до 8 хв – клінічна смерть, кома; більше 8 хв – біологічна смерть.

- шляху протікання струму через людину;

- індивідуальних властивостей людини.

З метою запобігання подібним нещасним випадкам та підвищення рівня електробезпеки необхідно здійснювати організаційно-технічні заходи, спрямовані на поліпшення стану електробезпеки на підприємствах:

- створення нормативної бази з питань електробезпеки;

- дотримання вимог безпеки при розробці електроустановок, їх спорудженні та експлуатації;

- підвищення рівня навчання електротехнічного персоналу, всього населення щодо розуміння небезпеки ураження електричним струмом;
- безпечного поводження при виконанні робіт в електроустановках та при користуванні ними.

7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Оцінка стійкості роботи підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі до впливу вражаючих факторів ядерної зброї

У повсякденному житті та розвитку сучасного суспільства значних людських втрат, екологічних та економічних збитків, шкоди навколишньому середовищу завдають надзвичайні ситуації техногенного, екологічного, природного, соціального та воєнного характеру. Вивчення причин виникнення аварій, катастроф та особливостей впливу уражаючих факторів, тих чи інших надзвичайних ситуацій на людей, тварин, рослин, сільськогосподарську продукцію, воду, а також знання методів і способів запобігання їх виникненню та уміння своєчасної і якісної ліквідації їх негативних наслідків може значно зменшити ураження людей та мінімізувати загальні збитки.

Згідно вимог Конституції держави та законів України з питань цивільного захисту, прийнята в Україні «Єдина державна система запобігання та реагування на надзвичайні ситуації» (ЄДС-НС), яка передбачає створення необхідних сил, засобів, та резервів, що спрямовуються на підвищення стійкості роботи об'єктів господарювання будь-якої форми власності при виникненні надзвичайних ситуацій. Тому актуальною є проблема оцінки стійкості об'єкта господарювання (ОГ) до впливу факторів ураження ядерної зброї.

Під стійкістю роботи промислового об'єкта розуміють його здатність протистояти руйнівним силам аварій, катастроф і стихійного лиха, вражаючих факторів сучасної зброї, можливість в екстремальних умовах випускати продукцію в запланованому обсязі і номенклатурі, а також можливість у мінімальні строки відновлювати порушене виробництво.

Стійкість роботи промислового підприємства складається із :

– стійкості інженерно-технічного комплексу /будівель, споруд, систем енерго-, газо-, водозабезпечення, технологічного обладнання і т.п./ до дії

зовнішніх факторів при аваріях, катастрофах, стихійному лихові, а також при застосуванні щодо них сучасної зброї;

– стійкості виробничої діяльності /захист виробничого персоналу, надійність систем управління, постачання, поновлення роботи в найкоротші терміни.

Для об'єктів, що не виробляють матеріальні цінності (транспорт, зв'язок), під стійкістю їх роботи розуміють здатність виконувати свої функції у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

Основні принципи стійкості:

1. базування на директивній, нормативній і плановій основі;
2. проведення заходів на всій території держави;
3. завчасна розробка і проведення заходів по підвищенню стійкості;
4. диференційований підхід (чим важливіше значення підприємства, тим вище ступінь захисту).

Дослідження стійкості роботи ОГ полягає у всебічному вивченні умов, які можуть скластися у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, і у визначенні їх впливу на виробничу діяльність. Мета дослідження стійкості об'єкта господарювання полягає в тому, щоб виявити вразливі місця в роботі ОГ у надзвичайних ситуаціях і виробити найефективніші рекомендації, спрямовані на підвищення стійкості.

Оцінка стійкості об'єкта господарювання до впливу вражаючих факторів здійснюється за наступними критеріями:

1. До впливу повітряної ударної хвилі (ПУХ). За кількісний показник стійкості до ПУХ приймається значення надлишкового тиску, при якому будівлі, споруди, обладнання і комунально-енергетичні мережі об'єкта зберігаються або зазнають слабких чи середніх руйнувань.

2. До впливу теплового (світлового) випромінювання. Як показник стійкості об'єкта до впливу теплового (світлового) випромінювання береться мінімальне значення теплового (світлового) імпульсу, при якому може статися загоряння матеріалів чи конструкцій будівель й споруд, у результаті чого

виникнуть пожежі на об'єкті. Це значення світлового Імпульсу прийнято вважати межею стійкості об'єкта до впливу теплового (світлового) імпульсу.

3. До впливу радіоактивного зараження. Як критерій стійкості об'єкта в умовах радіоактивного зараження має граничне значення рівня радіації на об'єкті, при якому ще можлива виробнича діяльність у звичайному режимі з двома повними змінами, повний робочий день і при цьому персонал не дістане дозу випромінювання, більшу установлену.

4. До впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху (ЕМІ). Як показник стійкості роботи об'єкта в умовах впливу ЕМІ ядерного вибуху прийнятий коефіцієнт безпеки K , який визначає відношення гранично допустимого наведеного струму або напруги U_d до наведеного, тобто створеного ЕМІ в даних умовах U_e , що вимірюється у децибелах (Дб):

$$K = 20 \lg \frac{U_d}{U_e}$$

Стійкість системи в цілому визначається за мінімальним значенням коефіцієнта безпеки елементів, що входять до її складу. За результатами досліджень розробляється план заходів по підвищенню стійкості роботи об'єкта у надзвичайних ситуаціях. Визначаються вартість впровадження заходів, джерела фінансування, сили і засоби, терміни виконання і відповідальні за виконання особи. План заходів, які проводяться силами об'єкта, затверджується керівником підприємства - начальником Цивільної оборони.

На кожному підприємстві, виходячи з його призначення, розташування і специфіки виробництва, заходи по підвищенню стійкості можуть бути різні.

Дослідження стійкості роботи – це різноманітне вивчення випадків, які можуть статися на підприємстві в мирний час і в воєнні часи, а також оцінка їх впливу на виробничу діяльність [9]. Мета досліджень – виявити слабкі місця в роботі (ОГ) в умовах надзвичайних ситуацій (НС) і підготувати найбільш ефективні рекомендації по підвищенню його стійкості.

Дослідження стійкості роботи ОГ проводиться в мирний час силами інженерно-технічного персоналу об'єкта без відриву від виробництва. До роботи можуть залучатися працівники науково-дослідних і проектно-конструкторських організацій. Керівник досліджень – начальник цивільної оборони об'єкта. Час проведення досліджень – два, три місяці. Весь процес планування і проведення досліджень розділяють на три етапи:

Перший етап – підготовчий: розробка керівних документів (наказ, календарний план, план проведення досліджень), визначення складу дослідницької групи і її підготовка.

Другий етап – головний: оцінка стійкості роботи елементів і об'єкта взагалі в умовах надзвичайних ситуацій (НС); збір необхідних даних; аналіз можливих наслідків ураження і оцінка працездатності; дослідження особливостей режиму роботи об'єкта; дослідження стійкості управління та систем матеріально-технічного забезпечення; умови захисту робітників і службовців.

Третій етап – заключний: розробка заходів підвищення стійкості роботи підприємства, де узагальнюються отримані результати і виявляються слабкі місця, розробляють план заходів по підвищенню стійкості роботи об'єкта. Для проведення досліджень на ОГ створюють дослідні групи: начальника відділу капітального будівництва, головного енергетика, головного механіка, головного технолога, відділу матеріального забезпечення, група штабу цивільної оборони об'єкта. Для узагальнення результатів дослідження створюють групу керівника дослідження, яку очолює головний інженер підприємства. Кожна група спеціалістів в другому періоді роботи оцінює стійкість елементів виробничого комплексу і проводить необхідні розрахунки по кожному із факторів ураження ядерного вибуху. В третьому періоді групи спеціалістів готують доповіді з висновками і пропозиціями по підвищенню стійкості елементів. При цьому додають необхідні таблиці, схеми, плани. Група керівника досліджень готує узагальнену доповідь і розробляє план заходів по підвищенню стійкості роботи ОГД в умовах НС.

В мирний час плануються заходи, які потребують великих матеріальних затрат і часу. На період загрози нападу противника плануються заходи, які можуть бути легко реалізовані чи виконання яких в мирний час недоцільно і навіть неможливе. План заходів, який виконується силами об'єктів, затверджується керівниками підприємства – начальником ЦО, а план заходів, який потребує великих матеріальних затрат, надається для затвердження старшому начальнику. Заходи по підвищенню стійкості роботи ОГД в умовах НС проводяться як в мирний час, так і при загрозі нападу противника. На кожному підприємстві, виходячи із його призначення, розміщення і специфіки виробництва, заходи по підвищенню стійкості можуть бути різними.

8. ЕКОЛОГІЯ

8.1 Екологічні проблеми світлотехнічної галузі

Проблема охорони навколишнього середовища є однією з найгостріших у всіх державах і досягла максимального піку в найбільш розвинених країнах, де пряма і непряма дія на природу набула досить широких масштабів. Наслідки втручання людини у всі сфери природи не можна ігнорувати. Прискорення процесу індустріалізації спричинило за собою появу і розвиток нових методів господарства, що привело у свою чергу до змін структури ландшафту. Інтенсивніше стали використовуватися корисні копалини, водні запаси, ліси, луки і рілля. Значно розширилися промислові підприємства, мережа шляхів сполучення, вирости населені пункти. Відходи від шкідливих підприємств, число яких значно збільшилося, заражають воду, повітря і ґрунт. Дана проблема охорони навколишнього середовища, звичайно, в специфічному аспекті, стоїть не тільки перед високо розвинутими країнами, але і перед країнами, що розвиваються, економічно слабкими.

Проблеми екології є одними із найгостріших також і в світлотехнічній галузі. До основних із цих проблем можна віднести:

- збільшення масштабів використання електроенергії на виготовлення та експлуатацію освітлювальних установок;
- утилізація відпрацьованих джерел світла;
- світлове забруднення атмосфери.

Вирішення екологічних проблем світлотехнічної галузі полягає у пошуку шляхів зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, що

вимагає ще ефективнішого і цілеспрямованого здійснення наукових, технічних і економічних заходів в області раціонального природовикористання, охорони і поліпшення навколишнього середовища.

8.2 Забруднення довкілля, що пов'язане з виробництвом та використанням світлового обладнання

Проблеми екології у світлотехнічній галузі насамперед пов'язані із неперервним збільшенням масштабів використання електроенергії на освітлення. На освітлення витрачається до 20 % виробленої електроенергії.

Збільшення використання електроенергії приводить до збільшення викидів вуглекислого газу в атмосферу, а отже – до „парникового ефекту”. Основний вклад в загальний об'єм викидів вуглекислого газу приходить на вугілля та інші види палива, які використовуються та теплових електростанціях. Затрати електроенергії на штучне освітлення з початку 2002 р. супроводжуються викидами в атмосферу до 300 млн.т. CO₂, що становить 15 % від загального обсягу викидів [15]. Явище парникового ефекту полягає в тому, що після відбивання від поверхні Землі частина сонячної енергії не повністю розсіюється в космічному просторі, тому що значна частина теплового випромінювання затримується парниковими газами, які входять в склад атмосфери Землі. Звідси спостерігається тенденція до підвищення середньорічної температури [1].

Серйозною проблемою експлуатації освітлювальних установок є утилізація відпрацьованого обладнання. Таким обладнанням, яке містить найбільшу кількість небезпечних матеріалів є джерела світла на основі ртуті. Це стає особливо актуальним в даний час, коли традиційні лампи розжарення змінюються енергоощадними розрядними ртутними лампами та напівпровідниковими джерелами світла. Так в Україні у сфері зовнішнього освітлення в 2013 році використовувалось 1223 тис. одиниць енергозберігаючих джерел світла (60 % загальної кількості), що на 133 тис. одиниць (12%) більше порівняно з відповідним показником 2012 року [31].

Економічні переваги цих ламп не викликають сумніву – світлова віддача їх в 4 – 8 разів, а строк служби в 6 –15 разів вище аналогічних показників для ламп розжарювання. Сьогодні практично неможливо забезпечити гігієнічно обґрунтований рівень освітлення без застосування розрядних ламп. Тенденція росту

споживання світлової енергії вказує на те, що в найближчий час обсяги виробництва розрядних ламп будуть зростати. Але всі сучасні розрядні лампи, які використовуються для освітлення, містять в собі ртуть, тому відходи цих ламп є забруднювачами навколишнього середовища [32, 33].

Однією з головних причин погіршення стану навколишнього середовища та здоров'я людей є антропогенне забруднення довкілля, в першу чергу, токсичними речовинами та відходами. Ртуть як забруднювач довкілля та токсикант включено в перелік речовин-контамінантів як один із найбільш небезпечних.

Розрядні лампи високого тиску (РЛВТ) – дугові ртутні з люмінофорним покриттям на зовнішній колбі (типу ДРЛ), дугові ртутні з металогалогенними добавками (МГЛ) та натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) – застосовують скрізь, де потрібні великі світлові потоки та висока економічність при малих габаритах джерел світла. Найбільше їх використовують для зовнішнього та промислового освітлення, для освітлення спортивних споруд та інших приміщень з високими стелями (наприклад, торгівельні центри). На сьогодні, обсяги споживання РЛВТ займають третє місце після ламп розжарювання та розрядних ламп низького тиску і складають приблизно 10 % від обсягів люмінесцентних та компактних люмінесцентних ламп разом взятих. В Україні це біля 4 млн. шт. на рік. Кількість ртуті в РЛВТ Технічним регламентом не обмежується, так як у ці лампи для забезпечення електричних та світлових параметрів вводиться мінімальна кількість ртуті. Основні параметри та орієнтовна кількість ртуті, яка міститься у цих лампах наведені в табл. 8.1 [33]. Головною небезпекою ртуті є те, що, потрапивши до організму людини, вона акумулюється в ньому, залишаючись там на все життя, уражаючи при цьому центральну нервову систему, печінку, нирки, дихальні шляхи. Тому чинні норми строго регламентують максимально допустиму концентрацію парів ртуті у повітрі, яка для житлових, навчальних і робочих приміщень не перевищує $0,0003 \text{ мг/м}^3$, хоча небезпека гострого отруєння виникає лише при вмісті ртуті понад $0,2 \text{ мг/м}^3$.

Ще однією екологічною проблемою світлотехнічної галузі є проблема «світлового забруднення» атмосфери. Масштаби «світлового забруднення» є дуже високими. Відповідно до деяких досліджень нічне небо над Євросоюзом на 85% яскравіше свого природного стану. В США цей показник складає 62%, у Японії – 98,5. В таких країнах, як Німеччина, Австрія, Бельгія і Нідерланди, нічного неба більше немає як такого: воно постійно світиться відбитим світлом міст.

Таблиця 8.1

Основні параметри та кількість ртуті в газорозрядних лампах високого тиску

Тип лампи, потужність, Вт	Світлова віддача, лм/Вт	Термін служби, год	Маса ртуті в лампі, мг
ДРЛ, 80 – 1000	40 – 60	8000 – 15000	15 – 200
МГЛ, 35 – 3500	80 – 110	8000 – 15000	10 – 1000
НЛВТ, 50 – 100	60 – 140	15000 – 32000	3 – 20

Сьогодні жителі мегаполісів замість 2500 зірок, дійсно видимих на нічному небокраї неозброєному оком, можуть розглянути лише кілька десятків самих яскравих з них. Ця тенденція безупинно зростає в наші дні. Причиною такого явища є світлове "забруднення" атмосфери. Тобто земні джерела світла, насамперед, освітлення міст, перебивають світло зірок, що ще більше розсіюється і результатом світлового забруднення є феномен "світіння" неба: штучне світло спрямоване вгору розсіюється частинками атмосфери (молекулами й аерозолями), що є причиною його світіння. Даний феномен впливає на [1]:

1) здоров'я людини: ефект світлової сліпоти (знижується властивість контрастності зору, сприйняття кольору, здатність фокусувати зір); порушення циркадних ритмів; безсоння;

2) марнотратне використання електроенергії. Одним з наслідків надмірного використання штучного світла є втрати енергії. "Міжнародна

асоціація темного неба" стверджує, що на нічне освітлення по всьому світу щорічно витрачається понад 1,5 млрд. доларів США, а також виробляється більш ніж 12 млн. тонн діоксиду вуглецю (CO₂), що веде до створення парникових газів.

3) екосистему Землі. Штучне освітлення навколишнього середовища впливає на цикл зростання багатьох рослин, зміну середовища проживання всіх нічних істот і веде до загибелі птахів, земноводних, комах і ссавців.

4) астрономічні спостереження.

8.3 Аналіз шляхів зменшення забруднення довкілля об'єктами світлотехнічної галузі

Одним із шляхів зменшення викидів CO₂ є зменшення кількості використання електричної енергії на освітлення. Міжнародні та національні організації провели ряд заходів, направлених на впровадження енергоефективних технологій, в тому числі реалізацію першочергових кроків по економії електроенергії в установках внутрішнього та зовнішнього освітлення. Міжнародне енергетичне агентство (IEA) та Товариство економічного співробітництва разом з Європейським міністерством навколишнього середовища запропонували програму, здійснення котрої може знизити затрати електроенергії на освітлення в середньому на 60 %. В багатьох країнах світу прийняті та реалізуються програми енергозбереження, які включають окремі розділи щодо електричного освітлення. Радою Європи прийнято 10 – 12 директив і програм по підвищенні ефективності використання електроенергії, охороні НС та переробці відходів виробництва. Лідируючу роль відіграє програма, розроблена в США „Green Light”, а також програми енергозбереження Великобританії, Нідерландів, Швеції. Також на базі „Green Light” діють відповідні програми Китаю, Бразилії, Південної Кореї, Таїланду, Мексики, Чехії. Задачею цих програм є різке зниження розходу еє на освітлення (на 20 – 50 %). Важливою задачею являється законодавча база

реалізації енергозберігаючих заходів. В США розроблено „Стандарт на ефективне використання електроенергії на освітлення”, згідно якого допустиме енергоспоживання на внутрішнє освітлення розраховується згідно питомої потужності для кожного приміщення, типу та призначення. Серйозний крок на шляху енергозбереження зроблено в міжнародному стандарті 2.01 – 99 „Енергозбереження в спорудах”, згідно котрого знову створені та реконструйовані ОУ повинні відповідати вимогам енергозберігаючих норм. В якості енергетичного показника, який визначає раціональне споживання еє є питома потужність. Нові енергозберігаючі норми дозволяють знизити затрати електроенергії на освітлення на 20 – 40 %.

Основні шляхи зниження енергоспоживання освітлювальними установками: впровадження в освітлювальні установки житлових та громадських приміщень ефективних компактних люмінесцентних ламп замість ламп розжарення; перехід в освітленні промислових та громадських приміщень на джерела світла з високою світловіддачею (100 лм/Вт); використання електронних пускорегулюючих апаратів замість електромагнітних в світильниках з розрядними лампами; автоматизований контроль та керування освітленням в залежності від інтенсивності природного світла з допомогою здавачів присутності; більш ефективне використання природного освітлення за рахунок застосування активних світло розподільчих елементів [1].

Оскільки відпрацьовані розрядні лампи, зважаючи на вміст у них ртуті, належать до надзвичайно небезпечних відходів, то поводження із ними згідно із законодавством підлягає контролю зі сторони уповноважених органів державної виконавчої влади. Однак таким контролем охоплені лише суб'єкти господарювання – підприємства, установи та організації, фізичні особи – підприємці.

На сьогоднішній день відповідно до норм Податкового Кодексу України встановлено екологічний податок за розміщення відпрацьованих ртутних ламп у розмірі 7,5 гривень за 1 одиницю. Однак вказані норми Кодексу фактично охоплюють лише суб'єктів господарювання, не поширюючись на домашні господарства. Також, оскільки відповідний збір разом із іншими зборами за

забруднення спільно формує державний, обласні та місцеві фонди охорони навколишнього природного середовища, складно очікувати на системне цільове фінансування із цих фондів утилізації відпрацьованих ламп.

Безперечно, ртутні лампи – економічно виправдане джерело світла, яке дозволяє ефективніше використовувати природні ресурси, однак безпечність таких ламп може бути повністю знівельована відсутністю загальнодержавної системи збору та знешкодження відпрацьованих ламп.

Один із оптимальних варіантів – організація збору непошкоджених відпрацьованих ртутних ламп в упаковці безпосередньо через магазини, що реалізують нові лампи. При цьому особі, що здає відпрацьовану лампу, можна повертати певну вартість цієї лампи за рахунок частки збору на утилізацію. Таким чином, додаткове економічне стимулювання підвищить ефективність такого механізму збору ламп.

Основними заходами для зниження світлового забруднення є [1]:

1) в умовах необхідності дотримання вимог до безпеки пересування в нічний час доби середня яскравість або освітленість не повинні перевищувати мінімальне значення, необхідне для забезпечення безпеки (дороги, пішохідні зони, робочі місця). Для інших видів освітлення максимальна яскравість об'єктів повинна бути 1 Кд/м^2 (наприклад архітектурне освітлення);

2) обмеження прямих складових променів випромінювання від СП в будь-якому напрямку вище горизонтального рівня, має регламентуватися по параметру залежності від напрямку світла, а не від світлового потоку. Як приклад, наводиться параметр інтенсивність випромінювання в одиниці потоку, випромінюваного освітлювальної установкою (Кд/кلم). Світловий потік, розповсюджуваний в невеликих кутах від горизонтального рівня (перші 45°) повинен обмежуватися з особливою ретельністю, тому що саме в даних напрямках формується максимально негативні та неефективні засвічення;

3) пряма складова випромінювання від світильників, яка потрапляє у верхню півсферу, повинна обмежуватися як 0 Кд на 1000 лм світлового потоку

СП в будь-якому напрямку над горизонтом (гамма-кут $\geq 90^\circ$) для практично всіх типів освітлювальних установок. Однак на практиці допускається значення в 0,49 Кд/кЛм, тобто межа задається у вигляді цілого числа, а потім вимірювання можуть бути округлені до найближчого цілого числа;

4) будівлі та пам'ятники слід підсвічувати таким чином, щоб світловий потік від СП прямував зверху вниз, за винятком випадків, де доведена неможливість такого розташування обладнання (у такому разі дозволяється направляти світловий потік знизу вгору, проте випромінювання не має поширюватися за межі освітлюваного об'єкта).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1. Проведено аналіз параметрів нормування освітлення та наведено основні вимоги щодо нормування освітлювальних установок громадських будівель. Встановлено основні шляхи підвищення енергоефективності освітлювальних будівель. Виявлено, що у проектуванні енергоефективної освітлювальної установки важливе має не лише застосування енергоефективного обладнання, але й раціональне його розміщення.

2. Проаналізовано основні методики та вимоги до проектування освітлювальних установок громадського призначення, на основі чого встановлено способи світлотехнічного розрахунку, а також чинники котрі впливають і котрі не впливають на його результат.

3. На підставі аналізу характеристик в якості джерел світла для освітлення приміщень дитячого садка запропоновано використати світлодіоди. Для приміщень дитячого садка встановлено значення нормованої освітленості, а також вибрано світлові прилади на основі напівпровідникових джерел світла.

4. Проведено світлотехнічний розрахунок системи робочого освітлення дитячого садка, в результаті якого встановлено кількість світлових приладів для забезпечення нормованої освітленості. Для отримання коефіцієнта використання світлового потоку світильників з наівпровідниковими джерелами світла для приміщень дитячого садка запропоновано використати аналітичні залежності коефіцієнта використання від індекса приміщення.

5. Проведено моделювання систем освітлення приміщень дитячого садку. В результаті моделювання проведено розрахунок мінімальної, максимальної та середньої освітленості, а також рівномірності освітлення на робочих поверхнях та співставлено результати розрахунку з нормативними параметрами.

6. Здійснено електричний розрахунок запропонованої системи освітлення дитячого садка, на основі результатів якого здійснено вибір перерізу жил кабелів живлення та апаратів захисту. Розрахунком було встановлено, що

використання світлових приладів з напівпровідниковими джерелами замість світлових приладів із люмінесцентними та лампами розжарювання світла дозволяє зменшити площі поперечного перерізу жил кабелів живлення від 10 до 6, а також від 2,5 до 1.5 мм², а отже знизити втрати на елементи електричної мережі.

7. Проведено розрахунок потенціалу економії електричної енергії, в результаті якого встановлено, що використання світильників з напівпровідниковими джерелами світла в системі освітлення дитячого садка дають змогу зменшити потужність освітлювальної установки 26,06 %.

8. Розраховано затрати на реалізацію проекту. Розроблено та наведено заходи заходи, спрямовані на підвищення рівня охорони праці, створення умов необхідної безпеки в надзвичайних ситуаціях та виявлення екологічних проблем в електроенергетиці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочная книга по светотехнике: [3-е изд., перераб. и доп. / Под.ред. Ю.Б. Айзенберга]. - М.:Знак, 2006. - 972 с.
2. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення.
3. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
4. МГСН 2.06 – 99. Естественное, искусственное и совмещенное освещение.
5. Методы компьютерного моделирования осветительных установок [Текст] : дис... канд. техн. наук: 05.09.07 / Макаров Денис Николаевич; Московский энергетический институт (технический университет). – М., 2007. - 146 с.
6. Кнорринг Г. М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения / Г. М. Кнорринг. – Л.: Энергия, 1973. – 200 с.
7. Баев, В. И. Практикум по электрическому освещению и облучению / В. И. Баев. – М.: КолосС, 2008. – 191 с.: ил.
8. Вязигин В.Л. Электрическое освещение. Методические рекомендации к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / В.Л. Вязигин. – Омск, 2007. – 123 с.
9. Козловская, В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. - Минск : Техноперспектива, 2007. – 255 с.
10. Кунгс, Я. А. Автоматизация управления электрическим освещением / Я. А. Кунгс. - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 112 с.: ил.
11. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодозергоснабжению. Москва. 1999.
12. Методические материалы для энергоаудита / Под ред. А. Г. Вакулко, О. Л. Данилова. – М.: Амипресс, 1999. – 144 с.

13. Чембаев В.Д. Математическое моделирование осветительных установок и качественные характеристики освещения // В. Чембаев, В. Будак, В. Желтов, Р. Нотфуллин /Сборник докладов 26-й Международной конференции (GraphiCon2016), Россия, Нижний Новгород, 19–23 сентября 2016 г. – С. 50 - 53

14. Kajiya J. T. The rendering equation // Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH'86), 1986. V.20, N4. – P.143-150.

15. Критерии выбора источника света. [Электронный ресурс] – [Цит. 2019, 08 грудня]. – Режим доступу до журн.: <http://start-service.net/content/9-kriterii-vybora-istochnika-sveta>

16. Гончаров А.Д. Универсальный метод расчета коэффициента использования светового потока //

А.Д. Гончаров, В.И. Туев. / Доклады ТУСУРа, том 20 – № 2, – 2017 – С. 55 – 60.

17. Айзенберг, Ю. Б. Энергосбережение в светотехнических установках / Ю. Б. Айзенберг, Н. В. Рожкова / Под общей ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Дом света, 1999. – 23 с.

18. Энергосбережение в системе образования: Сборник научно-практических и методических материалов / Под общей ред. Г. А. Балыхина. – М.: Амипресс, 2000. – 143 с.

19. Кнорринг Г. М. Осветительные установки. - Л.: Энергоиздат. Ленингр. Отд-ние, 1981. – 288 с., ил.

20. Освещение детского ясли-сада на 140 мест [Электронный ресурс] // – [Цит. 2019, 26вересня]. – <https://www.twirpx.com/file/2135719/>

21. ООО « СВС Лайтинг». [Электронный ресурс] // – [Цит. 2019, 26вересня]. – <https://svs-lighting.by/lpo21-101-lpo21-102.html>

22. ДВО27У ЮПТЕР-LED-2. [Электронный ресурс] – [Цит. 2019, 06 грудня]. Режим доступу: [http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-2018-UKR_DVO27U_\(Jupiter-LED-2\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/office/VATRA-2018-UKR_DVO27U_(Jupiter-LED-2).pdf)

23. ДББ, ЛББ, НББ СЕЛЕНА. [Електронний ресурс] – [Цит. 2019, 06 грудня]. Режим доступу: [http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-2018-UKR_SELENA\(DBB-LBB-NBB\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-2018-UKR_SELENA(DBB-LBB-NBB).pdf)

24. ДПП01-60, ЛПП01-2x20. [Електронний ресурс] – [Цит. 2019, 06 грудня]. Режим доступу: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-2018-UKR_DPP01-LPP01.pdf

25. ДПП06У (АВАРІЙНИЙ). [Електронний ресурс] – [Цит. 2019, 06 грудня]. Режим доступу: http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-2018-UKR_DPP06U.pdf

26. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ „ОХОРОНА ПРАЦІ” ВДИПЛОМНИХ РОБОТАХ ФАХІВЦІВ ОКР „СПЕЦІАЛІСТ, МАГІСТР” . – Тернопіль: ТНТУ, 2012. – 32 с.

27. Загальні питання з курсу Безпека життєдіяльності №2 [Електронний ресурс] // – [Цит. 2019, 26 вересня]. – http://studbook.com.ua/book_zagalni-pitannya-z-kursu-bezpeka-zhittyediyalnosti-2-chastina-2_717/14_61.-viprominyuvannya-optichnogo-diapazonu.-zahist-vid-h-di.

28. Випромінювання оптичногодіапазону[Електронний ресурс] // – [Цит. 2019, 26 вересня]. – <http://buklib.net/books/30161/>.

29. Основи охорони праці. Ультрафіолетовевипромінювання [Електронний ресурс] // – [Цит. 2019, 26 вересня]. – <http://library.if.ua/book/9/971.html>

30. Випромінювання у виробництві та захист від них [Електронний ресурс] // – [Цит. 2019, 26 вересня]. – <http://ua-referat.com.13>.

31. Кожушко Г.М. Проблеми *ртутного* забруднення навколишнього середовища відходами розрядних ламп / Г. М.Кожушко, Л. В. Дугніст, С. Г. Кислиця // Світлотехніка та електроенергетика – 2013. – № 1. – С. 37-43.

32. Крайнов І.П. Управління екологічною безпекою в сфері поводження з відходами електронного та електричного обладнання / І.П. Крайнов, В.М. Крилюк, Є.П. Шаго, В.С. Бахарев // Екологічна безпека. – 2012. – № 1(13). – С. 13-18.

33. Кожушко Г.М. Розрядні лампи: проблеми попередження ртутного забруднення навколишнього середовища / Г.М. Кожушко, Л.В Дугніст., В.В. Фуштей // Хімія, екологія та освіта: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернетконфер. (25-26 березня 2013 р., м. Полтава) / Полтава, 2013. – С. 15-21.,

34. 6. Тищенко Г.А. Осветительные установки.: Учебник для учащихся техникумов специальности "Электроосветительные приборы и установки". / Г.А. Тищенко – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.; ил.

35. ДББ, ЛББ, НББ СЕЛЕНА. [Електронний ресурс] – [Цит. 2019, 06 грудня]. Режим доступу: [http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-2018-UKR_SELENA\(DBB-LBB-NBB\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-2018-UKR_SELENA(DBB-LBB-NBB).pdf)

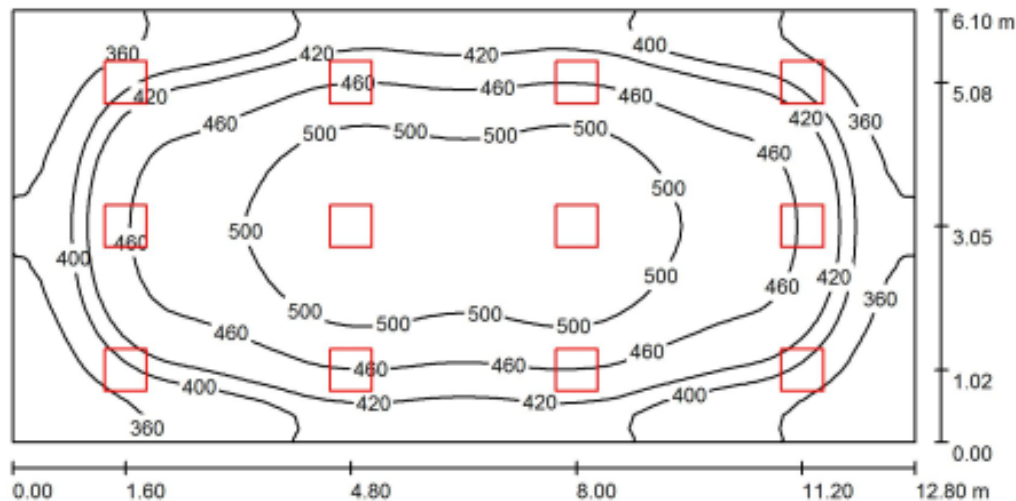
36. Автоматические выключатели УКРЕМ. [Електронний ресурс] – [Цит. 2019, 08 грудня]. Режим доступу: https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/2281/.

ДОДАТОК А

РЕЗУЛЬТАТИ СВІЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ
ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДИТЯЧОГО САДКА В ПАКЕТІ
DIALux

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Помещение 1 / Резюме



Высота помещения: 3.300 m, Монтажная высота: 3.300 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:92

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	435	263	534	0.604
Полы	20	435	261	533	0.601
Потолок	70	103	80	123	0.771
Стенки (4)	50	243	92	480	/

Рабочая плоскость:

Высота:	0.010 m	UGR	Вдоль-	Поперек	К оси светильников
Растр:	64 x 32 Точки	Левая стенка	18	18	
Краявая зона:	0.000 m	Нижняя стенка	19	19	
		(CIE, SHR = 0.25.)			

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 28.52%.

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	12	ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДВО27У-33-002 Юпітер-LED-2 (Тип 1)" (1.000)	4680	4680	36.0

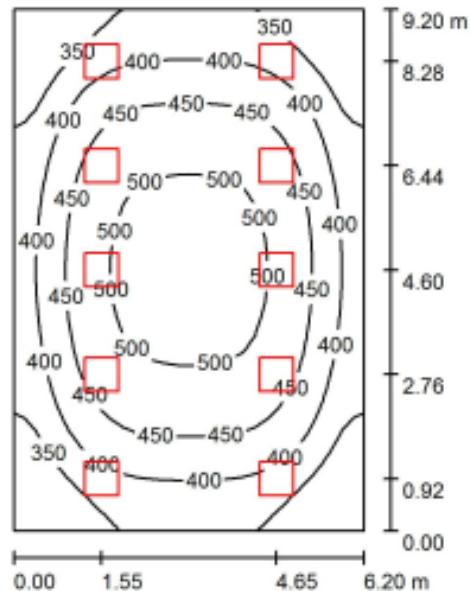
*Измененные технические данные

Всего: 56164 Всего: 56160 432.0

Удельная подсоединенная мощность: $5.53 \text{ W/m}^2 = 1.27 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 78.08 m^2)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Помещение 1 / Резюме



Высота помещения: 3.300 m, Монтажная высота: 3.300 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.71

Значения в Lux, Масштаб 1:119

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	422	265	520	0.628
Полы	20	422	259	520	0.614
Потолок	70	102	72	116	0.709
Стенки (4)	50	238	92	500	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.010 m
Растр: 32 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

UGR

Левая стенка
Нижняя стенка
(CIE, SHR = 0.25.)

Вдоль-

18

19

Поперек

18

19

К оси светильников

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 39.06%.

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	10	ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДВО27У-33-002 Юпітер-LED-2 (Тип 1)" (1.000)	4680	4680	36.0

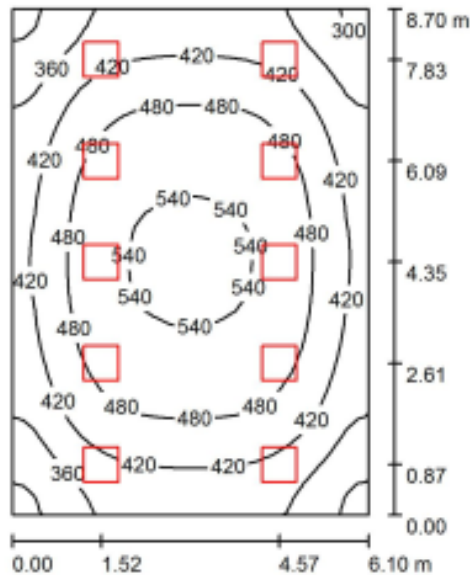
*Измененные технические данные

Всего: 46803 Всего: 46800 360.0

Удельная подсоединенная мощность: 6.31 W/m² = 1.49 W/m²/100 lx (Поверхность основания: 57.04 м²)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Помещение 5 / Резюме



Высота помещения: 3.300 m, Монтажная высота: 3.300 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.71

Значения в Lux, Масштаб 1:112

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	447	283	551	0.634
Полы	20	446	276	549	0.619
Потолок	70	109	77	126	0.706
Стенки (4)	50	255	97	555	/

Рабочая плоскость:

Высота:	0.010 m	UGR	Вдоль-	Поперек	К оси светильников
Растр:	32 x 32 Точки	Левая стенка	18	18	
Краевая зона:	0.000 m	Нижняя стенка	18	18	
		(CIE, SHR = 0.25.)			

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 27.15%.

Ведомость светильников

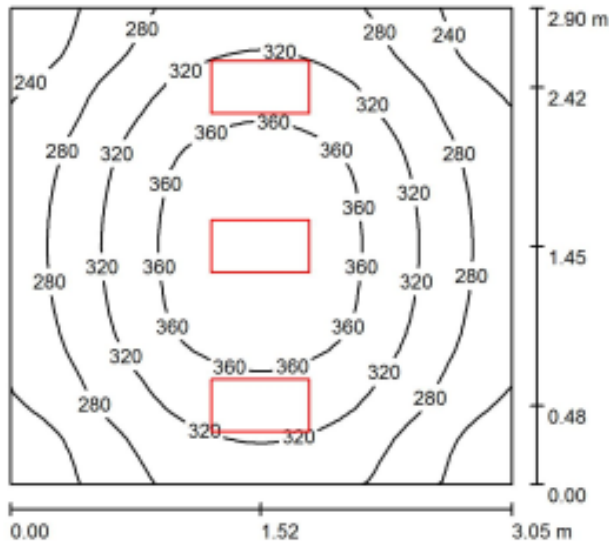
№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	10	ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДВО27У-33-002 Юпітер-LED-2 (Тип 1)" (1.000)	4680	4680	36.0
			Всего: 46803	Всего: 46800	360.0

*Измененные технические данные

Удельная подсоединенная мощность: $6.78 \text{ W/m}^2 = 1.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 53.07 m^2)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Помещение 1 / Резюме



Высота помещения: 3.300 м, Монтажная высота: 3.300 м,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:38

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	309	210	389	0.680
Полы	20	230	182	267	0.790
Потолок	70	90	58	122	0.640
Стенки (4)	50	190	67	847	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 м
Растр: 32 x 32 Точки
Краявая зона: 0.000 м

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 100.00%.

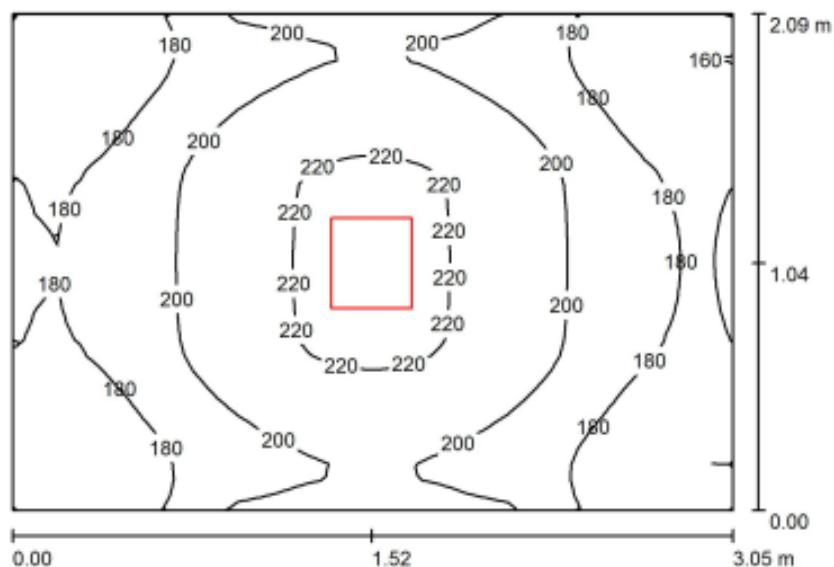
Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	3	ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДВО27У-16-002 Юпітер-LED-2 (1.000)	2340	2340	16.0
			Всего: 7019	Всего: 7020	48.0

Удельная подсоединенная мощность: $5.43 \text{ W/m}^2 = 1.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 8.84 m^2)

Оператор
Телефон
Факс
Электронная почта

Помещение 1 / Резюме



Высота помещения: 3.300 m, Монтажная высота: 3.300 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.71

Значения в Lux, Масштаб 1:27

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	193	155	224	0.800
Полы	20	193	152	223	0.788
Потолок	70	130	84	203	0.650
Стенки (4)	50	212	89	575	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.010 m
Растр: 32 x 32 Точки
Краевая зона: 0.000 m

Число точек, имеющих менее 400 люкс (для IEQ-7): 100.00%.

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	1	VATRA ДПП01-60-022 (1.000)	6801	6800	60.0
			Всего: 6801	Всего: 6800	60.0

Удельная подсоединенная мощность: $9.41 \text{ W/m}^2 = 4.87 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 6.37 m^2)