

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавр**

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**Реконструкція системи освітлення  
дитячого садка у м. Тернополі**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТс-41

напряму підготовки (спеціальності)

**141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»**

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	<hr/>	<b>Федорчук І.С.</b> (прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	<b>Зінь М.М.</b> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	<b>Коваль В.П.</b> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	<b>Коваль В.П.</b> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	<b>Габрусєв Г.В.</b> (прізвище та ініціали)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Коваль В.П.

« 29 » січня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(шифр і назва)

студенту Федорчуку Іллі Сергійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Реконструкція системи освітлення дитячого садка у м. Тернополі

Керівник роботи Зінь Мирослав Михайлович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 22 січня 2024 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом роботи 24 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Плани поверхів садочка, кількість точок робочого і аварійного освітлення типи точок освітлення (клас, коридор, сходові клітки і т.п), графік роботи системи освітлення в залежності від графіку роботи садочку.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ.

2. Проектно-конструкторський розділ.

3. Розрахунковий розділ.

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Плани поверхів дитячого садочка у м. Тернополі, специфікація освітлювального обладнання, загальний вигляд світловоду Solatube, ізоляції освітленості приміщень дитячого садка, план розташування світильників у приміщеннях дитячого садочку, 3D модель приміщень садка, схема освітлення приміщень третього поверху дитячого садочку, схема підключення розеток та світлових приладів до електроцифрових.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц. кафедри ЕІ Коваль В.П.</i>		
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>к.т.н., доц. кафедри МТ Гурик О.Я.</i>		

7. Дата видачі завдання

29 січня 2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком кваліфікаційної роботи	29.01.24 – 01.03.24	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	02.03.24 – 22.04.24	
3	Підготовка розділу «Безпека життєдіяльності та основи ОП»	23.04.24 – 11.05.23	
4	Складання переліку використаних літературних джерел	12.05.24 – 27.05.24	
5	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	28.05.24 – 11.06.24	
6	Отримання відгуку та рецензії на кваліфікаційну роботу, підготовка доповіді на захист	12.06.24 – 24.06.24	

Студент

(підпис)

Федорчук І.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Зінь М.М.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс – 41. - Т. : ТНТУ, 2024.

Обсяг кваліфікаційної роботи становить 67 сторінок. В роботі міститься 33 рисунка, 10 таблиць, 18 літературних джерел.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: « Реконструкція системи освітлення дитячого садка у м. Тернополі».

Метою роботи є розробка проекту реконструкції системи освітлення приміщень дитячого дошкільного закладу в місті Тернополі.

В роботі проводиться реконструкція системи освітлення дитячого садка у м. Тернополі. Нова система освітлення є більш енергонезалежною та енерго-ефективною і відповідає усім вимогам до систем освітлення дитячих дошкільних навчальних закладів.

### **Перелік ключових слів:**

ГІБРИДНІ СВІТИЛЬНИКИ, СИСТЕМА СУМІЩЕНОГО ОСВІТЛЕННЯ, ТРУБЧАСТІ СВІТЛОВОДИ, ОСВІТЛЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС, СВІТЛО-ДИОДНІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА.

**ЗМІСТ****с.**

<b>ВСТУП</b>	<b>6</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>8</b>
1.1 Оцінка ефективності систем природного освітлення	8
1.2 Оцінка ефективності світлопрозорих ліхтарів	9
1.3 Оцінка ефективності світлових отворів у даху	12
1.4 Оцінка ефективності використання сонячних світлових колодязів	14
1.5 Оцінка ефективності використання світловодів для освітлення	16
1.6 Оцінка ефективності освітленості від фасадних та міжкімнатних світлопрозорих конструкції	22
1.7 Висновки до розділу 1	26
<b>2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>27</b>
2.1 Вихідні дані	27
2.2 Моделювання розподілу освітленості в приміщенні дитячого садка	29
2.3 Розробка гібридного світильника	39
2.4 Розрахунок електроспоживання та енергоефективність систем освітлення	42
2.5 Техніко-економічний аналіз ефективності комбінованих освітлювальних систем	46
2.6 Розрахунок ефективності систем штучного та природного освітлення	48
2.7 Висновки до розділу 2	52

	5
<b>3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>53</b>
3.1 Характеристика і показники гібридної системи освітлення	53
3.2 Розрахунок надійності гібридної системи освітлення	55
3.3 Висновки до розділу 3	59
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<b>60</b>
4.1 Заходи щодо охорони праці в умовах комбінованого освітлення примі- щень	60
4.2 Правила техніки безпеки при експлуатації освітлювального обладнання	61
4.3 Пожежна небезпека	62
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ</b>	<b>65</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<b>66</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Актуальність теми енергоефективного освітлення дитячого садка стає все більш очевидною в умовах сучасних екологічних та економічних викликів. Універсальне використання енергоефективних технологій сприяє зниженню споживання енергії, що, в свою чергу, зменшує витрати на утримання закладу і сприяє екологічній стабільності. З огляду на зростання цін на енергоносії впровадження енергоефективних рішень у дитячих садках стає критично важливим.

По-перше, дитячі садки є місцями, де діти проводять значну частину свого дня. Тому якість освітлення безпосередньо впливає на їхній комфорт, здоров'я та ефективність навчання. Правильно підібране освітлення допомагає зменшити втому очей, підвищити концентрацію та поліпшити настрій дітей, створюючи сприятливі умови для їхнього розвитку. Використання світлодіодних ламп, які забезпечують якісне, рівномірне освітлення, стає оптимальним рішенням для таких закладів.

По-друге, економічні переваги енергоефективного освітлення є вагомим аргументом для його впровадження. Світлодіодні лампи мають значно довший термін служби та нижче енергоспоживання у порівнянні з тепловими джерелами світла, що дозволяє знизити витрати на електроенергію та обслуговування. Що в умовах обмежених бюджетів освітніх закладів, де кожна економія коштів може бути перенаправлена на інші потреби є важливим чинником.

По-третє, з екологічної точки зору, використання енергоефективного освітлення сприяє зменшенню викидів вуглекислого газу, що позитивно впливає на довкілля. Враховуючи глобальні зусилля з боротьби зі зміною клімату, кожен внесок у зменшення енергоспоживання є важливим кроком до сталого розвитку.

Енергоефективне освітлення також є важливим аспектом створення комфортного та безпечного середовища для дітей, а також суттєвим кроком у зниженні витрат на енергію та зменшенні екологічного впливу. Впровадження сучасних технологій освітлення дозволяє досягти високої якості освітлення

приміщень при мінімальних енергетичних витратах, що є важливим для будь-якого навчального закладу.

Сучасні системи енергоефективного освітлення базуються на використанні світлодіодних (LED) ламп, які споживають значно менше енергії в порівнянні з тепловими джерелами світла. Світлодіоди та системи освітлення на їх основі мають володіють великим терміном служби, що впливає на експлуатаційні витрати, на заміну ламп та обслуговування освітлювальної системи. Вони також виділяють менше тепла, що сприяє зниженню навантаження на системи кондиціонування повітря, особливо в літній період.

Крім безпосередньої економії енергії, енергоефективне освітлення забезпечує комфортні умови для навчання та відпочинку дітей. Правильно підібрана температура кольору та рівень освітленості позитивно впливають на зорове сприйняття, концентрацію та настрій дітей. Важливим є також використання датчиків руху та денного світла, які автоматично регулюють рівень освітлення залежно від присутності людей у приміщенні та наявності природного освітлення, що дозволяє уникнути зайвих витрат енергії.

У рамках загальної стратегії енергоефективності дитячого садка також можна впровадити системи управління освітленням, які дозволяють централізовано контролювати та регулювати всі освітлювальні прилади. Це не тільки підвищує ефективність використання енергії, але й забезпечує додатковий комфорт для персоналу та вихованців закладу.

Загалом, перехід на енергоефективне освітлення в дитячому садку є вигідною інвестицією, яка забезпечує економію коштів, покращує умови перебування дітей та сприяє екологічній стабільності.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку посилань.



# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Оцінка ефективності систем природного освітлення

Останніми роками спостерігається посилення тенденції активного використання архітектурних засобів енергозбереження, направлених на підвищення ефективності використання природного світла. Природне, або денне світло розподіляється на верхнє і бічне. Верхнє (зенітне) світло сильніше і інтенсивніше, чим бокове (горизонтальне).

Системи бокового природного освітлення, які застосовуються в житлових і суспільних будинках це звичайні вікна або скляні вітражі. Системи бокового природною освітлення застосовуються також в промислових будівлях для освітлення крайніх прольотів, а також в багатоповерхових виробничих будівлях і будівлях павільйонного типу. Такі будівлі застосовуються не лише в промисловості (літакобудуванні, суднобудуванні і т. п.), але і для виставкових залів, ярмаркових і торгівельних павільйонів.

На горизонтальній поверхні рівні освітленості менші, ніж від світлових отворів верхнього природного освітлення. Освітленість на вертикальній поверхні, орієнтованій в протилежну сторону від вікна, забезпечується лише за рахунок відбитого світла і дуже мала.

Системи верхнього природного освітлення, які застосовуються в одноповерхових і багатоповерхових промислових будинках для освітлення серед-ніх прольотів верхнього поверху, а також в громадських будинках (школи, бібліотеки, торгівельні павільйони, спортивні зали, виставкові павільйони, вокзали і ін.).

Існуючі тенденції до збільшення ширини будівель (а, отже, глибини приміщень) знижують ефективність традиційних форм бокового природного освітлення, що відбивається у величезних енерговитратах на штучне освітлення та зростанні тепловтрат, через скло зовнішніх огорожуючих конструкцій.

Першочерговим завданням є пошук можливостей забезпечення примі-

щень, розташованих в глибинних зонах будівель, природним світлом. Зрозуміло, чим краще природне освітлення, тим менше потрібно систем штучного світла.

Експериментально встановлено, що тривалість використання природного освітлення в багатьох сучасних будинках може бути значно збільшена при використанні відповідних технічних засобів. У зв'язку з цим в ряді країн Західної Європи і в США намітилася тенденція до ширшого і ефективнішого використання природного світла в будівлях, що виражається в наступних заходах: перегляді традиційних схем проектування і планувальних будівель з метою кращого використання природного світла, зокрема відмова в деяких випадках від глибоких і широких приміщень в багатоповерхових будинках; використанні світлових отворів (зенітні ліхтарі, світлопропускаючі отвори, склопакети і т. п.); розробці спеціальних оптичних пристроїв для вловлювання і направлення сонячного світла в глибину будинків; активізації робіт по вивченню світлового клімату різних країн світу; автоматичному керуванню штучним освітленням в залежності від зміни зовнішнього природного освітлення; розробці комплексних методів проектування природного і штучного освітлення.

Досвід експлуатації будівель, які були спроектовані з врахуванням цих положень, показує, що за рахунок повнішого використання природного освітлення досягається економія електроенергії на штучне освітлення від 20 до 50%.

## **1.2 Оцінка ефективності світлопрозорих ліхтарів**

Ефективність світлопрозорих ліхтарів визначається в першу чергу їх конструкцією, яка може бути: прямокутна, трапецієвидна, шедова (рис.1.1), відповідно, введення світла також може бути: двостороннє, однобічне, зенітне. Прямокутні ліхтарі досить складні у виготовленні, мають, як правило, низькі теплотехнічні характеристики, швидко забруднюються при експлуатації часто не можуть забезпечити необхідний рівень і рівномірність освітлення на робочих поверхнях. Сьогодні найбільшого поширення набули зенітні ліхтарі, це

обумовлено простотою їх використання, виключення снігових мішків в зимовий період, а, головним чином, завдяки високому рівню освітленості при використанні який в два рази більший, ніж у ліхтарів з вертикально розташованим склінням.

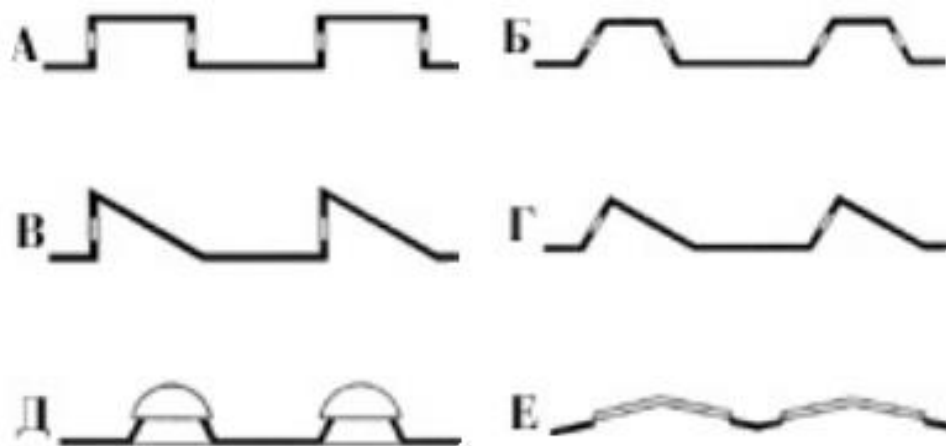


Рисунок 1.1 – Основні типи ліхтарів верхнього світла

А – прямокутний; Б – трапецієвидний; В – шедовий з вертикальним склінням; Г – шедовий з нахиленим склінням; Д – купольні; Е – zenітні.

Спільним елементами для всіх типів zenітних ліхтарів є: основа (збірна або залізобетонна), скління і механізм відкривання.

Основа може бути кругла, квадратна, прямокутна і т.п. Скління виконується як з самонесучих світлопрозорих елементів так і на основі профільних систем з заповненням із скла, склопакетів або полімерних матеріалів. Товщина матеріалу розраховується згідно світлових параметрів, а також з врахуванням будівельних норм. Матеріал куполу zenітного ліхтаря може бути прозорим або матовим. Додатково існує певна гамма кольорів, згідно якої можна замовити zenітний ліхтар певного кольору.

Zenітні ліхтарі зазвичай виконують глухими, але можливі також конструкції ліхтарів що відкриваються, які використовують для вентиляції приміщень.

Zenітні ліхтарі, орієнтовані на центральну частину неба, можуть розташовуватись в будь-якій зоні приміщення і дозволяють забезпечити необхідний

рівень освітленості розсіяним світлом при набагато меншій, щодо бічного освітлення, площі світлового отвору. Конструкція ліхтаря показана на рис.2.2.

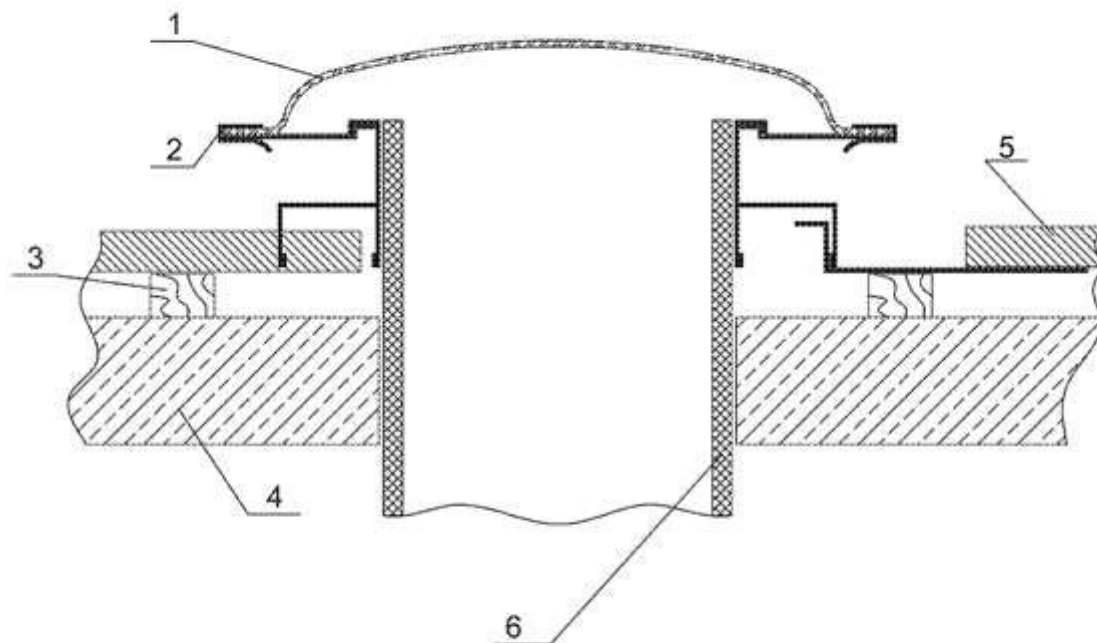


Рисунок 1.2 – Конструкція ліхтаря верхнього світла

1 – засклення; 2 – герметизація; 3 – балка; 4 – основа даху; 5 – покрівля;  
6 – внутрішнє оздоблення.

Для захисту від перегріву zenітні ліхтарі можуть мати зовнішні регульовані віялові екрани або сонцезахисні сегменти, які перешкоджають попаданню сонячних променів на поверхню куполу. Ще одним рішенням може бути розбризкування води по зовнішній поверхні ліхтаря, що значно зменшує температуру поверхні.

За рахунок своєї компактності, займають не більше 8% площі даху і низької вартості zenітні ліхтарі знайшли широке застосування при будівництві невеликих виробничих приміщень і також торгових центрів. Зазвичай їх накривають прозорими полікарбонатовими плитами, що є їх недоліком так як зменшується їх світлопрозорість.

Горизонтальне розташування вхідного отвору такого ліхтаря призводить

до частих його забруднень і зниження світлопрозорості. Рівномірне Zenітних ліхтарів на даху дозволяє досягнення однорідного розподілу освітлення всередині будівлі. При орієнтації ліхтарів верхнього світла на північ знижується кількість сонячного світла яка проникає в будівлю.

### 1.3 Оцінка ефективності світлових отворів у даху

Такий спосіб освітлення ми також розглянемо, хоча в основному він використовується для мансардних приміщень житлових будинків. Аналізувати природню освітленість жилих будинків досить складно через інший режим його використання. Тим не менше ми провели оцінку освітлення приміщень які безпосередньо знаходяться на даху.

Як джерело освітлення мансардного поверху можуть використовуватися традиційні вікна, що розташовуються вертикально між кроквами або у вигляді слухових вікон, існують спеціально розроблені конструкції мансардних вікон, які розташовуються на ламаних дахах. Загальний вигляд мансардного вікна зображено на рис.1.3.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд мансардного вікна

Правильно сконструйований світловий отвір на даху або стелі дає значно більшу освітленість, чим будь-який вид вікон. Відбите дзеркальними поверхнями верхнє світло може підсилюватися у декілька разів і давати рівномірне освітлення.

Для досягнення ідеального освітлення мансарди необхідно коректно визначити кількість та розміри мансардних вікон, їх розташування, а також висоту установки. Головне правило полягає в тому, що площа скла повинна бути не менше 10% від площі освітлюваного приміщення (відповідно до вимог СНіП 2.08.01-89). Для віталень, студій та дитячих кімнат рекомендується передбачати більше світла. Використання вікон великих розмірів та їх комбінацій допомагає також створювати ефектні інтер'єри

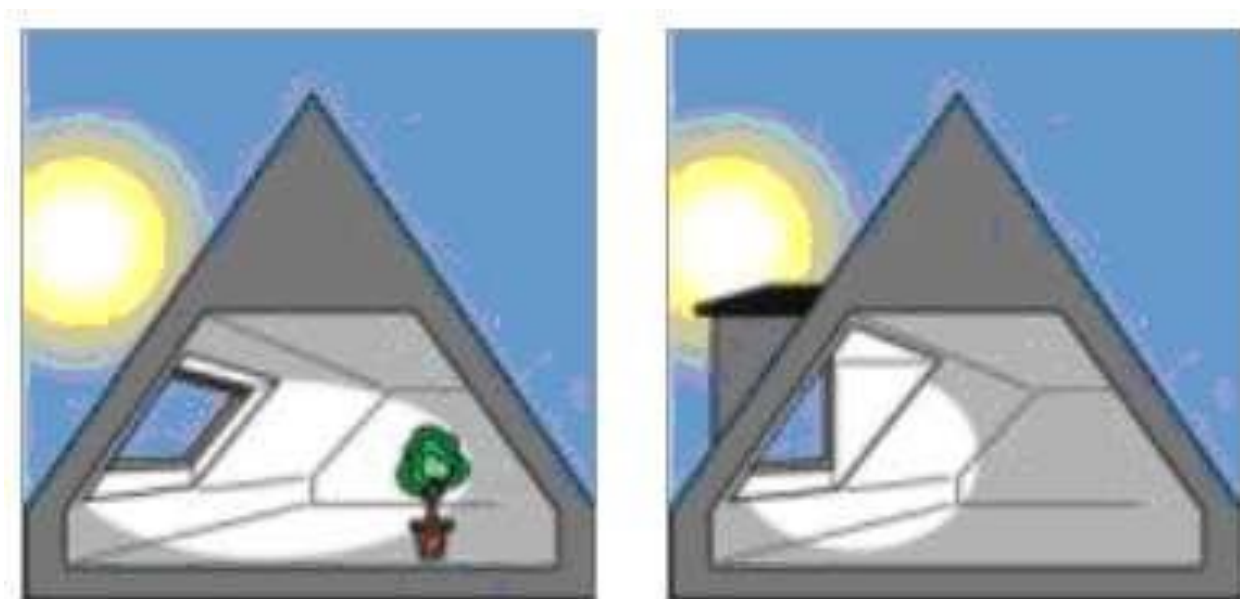


Рисунок 1.4 – Схема потрапляння світла через світлові отвори на даху

З рисунку ми бачимо різницю в освітленні в порівнянні з фасадним вікном. В такій мансарді можуть розташовуватись різні за призначенням кімнати: бібліотека, більярдна чи спальня. Також за рахунок світла від мансардного вікна додатково можна освітити сходи чи коридор у мансарді.

## 1.4 Оцінка ефективності використання сонячних світлових колодязів

Конструкція сонячного колодязя аналогічна перископу, з тією різницею, що колодязю немає необхідності передавати зображення.

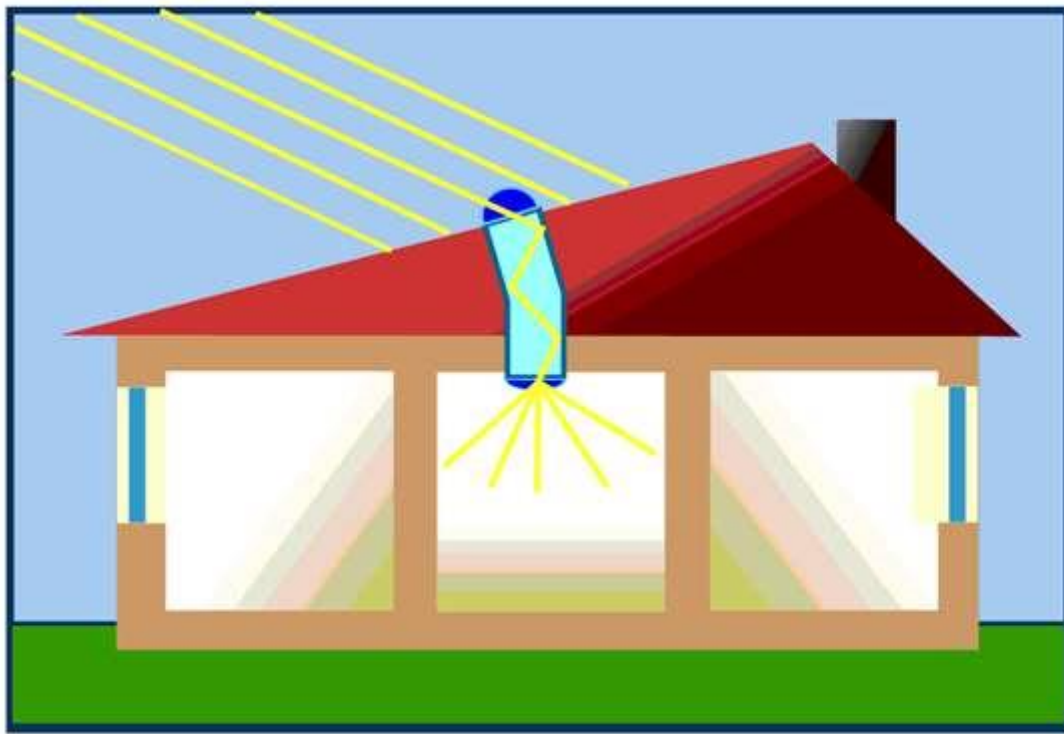


Рис.1.5 – Схема роботи світлового колодязя

Світлоприймальна частина сонячного колодязя знаходиться на даху чи зі сонячної сторони фасаду, а нижню частину розташовують у приміщенні.

Основним завданням верхньої частини є збирання сонячного світла з допомогою рефлекторів. Ефективність передавання світла залежить від його форми, по прямому колодязю світло передається з більшою ефективністю.

Якщо колодязь має кути, повороти, або велику довжину, то частина світла розсіюється. Для мінімізації втрат застосовуються прозорі матеріали з великою відбиваючою здатністю наприклад оптоволокно. В нижній частині сонячного колодязя встановлюються пристрої, які розсіюють сонячне світло в приміщенні.

Світловий колодязь діаметром 300 мм здатний освітити приміщення площею до 8 м<sup>2</sup>.

Сонячні колодязі застосовуються для освітлення як промислових, так і житлових будинків в денний час доби. Можуть застосовуватися у великих промислових будівлях: складах, цехах, підземних приміщеннях і т.п.

Вперше сонячний колодязь почали використовувати в Австралії в 1991 р по патенту 1986 року.

Використання сонячних колодязів дозволяє скоротити споживання електроенергії, а в зимовий період скоротити дефіцит сонячного світла. Конструкція сонячного колодязя показана на рис.1.6.

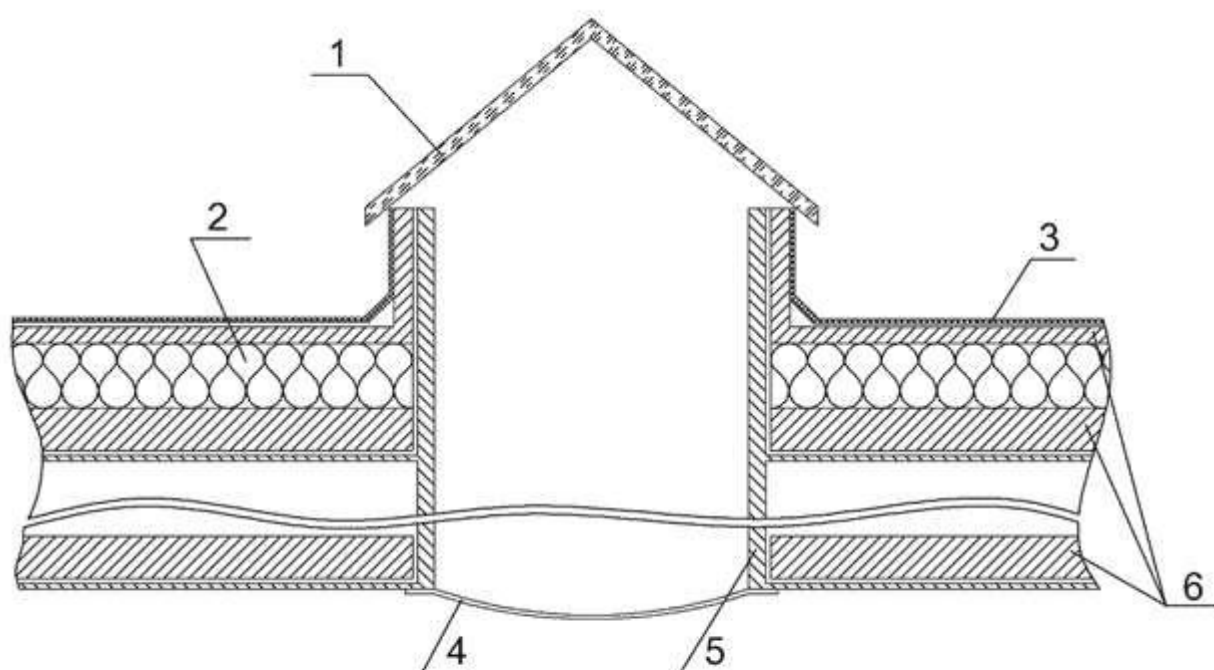


Рисунок 1.6 – Конструкція сонячного колодязя

1 – застелення; 2 – теплоізоляція; 3 – гідроізоляція; 4 – розсіювач; 5 – анодований алюміній; 6 – перекриття.



## 1.5 Оцінка ефективності використання світловодів для освітлення

Виникнення цих пристроїв пов'язане з тим, що передача пучка світлової енергії в оточуючій нас атмосфері пов'язана із значними втратами, що перешкоджають або зовсім виключають його передачу на задані відстані в межах прямої видимості. Причинами служать мінливість стану атмосфери (дощ, сніг, зміна температури) та наявність випадкових домішок, що призводять до розсіювання, розпилення або відхилення світлового пучка.

Потреба транспортування світла для освітлення важкодоступних ділянок різних об'єктів через канали складної конфігурації, стимулювала створення різного роду приладів на основі світловодів.

Світловоди – з допомогою різних оптичних засобів забезпечують передачу потоків світла на значні відстані до підземних коридорів чи приміщень у глибині будівлі. Сучасні відбиваючі матеріали дозволяють ефективно переносити світло на відстань що перевищує діаметр світловода у двадцять разів.

Щілинний світловод – це труба різної форми і довжини з внутрішньою дзеркальною поверхнею за винятком зони оптичної щілини (отвору), яка пропускає і розсіює світло.

У щілинному світловоді розповсюдження світла відбувається згідно законів геометричної оптики. Промені, введеного в трубу світла, відбиваються від поверхні, розповсюджуючись вздовж каналу поки не попадуть в щілинний отвір, пройдуть через нього і розсіються в освітлюваному просторі.

Довжина світловоду обмежується рівномірністю розподілу світла вздовж оптичного отвору і залежить від втрат, що виникають за рахунок поглинання світла при багатократних відбиваннях від дзеркальної поверхні каналу.

Щілинні світловоди можуть бути виготовлені з жорсткої, напівжорсткої і м'якої оболонки. Дзеркальну частину світловоду, виготовляють шляхом напилення в вакуумі тонкого шару алюмінію на одну із сторін прозорої плівки.

Світлопропускаюча частина (оптична щілина) виготовляється з плівки з

певними оптичними характеристиками. Потім ці плівки з'єднуються між собою на спеціальній установці за допомогою ультразвукової або термохімічної зварки. Отриманий таким чином світловод без каркасу натягається на фланці ввідного і торцевого вузлів пристрою.

Такий світловод завдовжки 18 м і діаметром 0,65 см важить близько 2 кг і порівняно дешевий.

В даний час склалися практично два основні напрями розробки і застосування світловодів:

– дзеркальних „порожнинних” світловодів на основі використання металевого відбивання від більшої частини внутрішньої поверхні світловода (циліндричні, плоскі і клиновидні світловоди);

– призматичні світловоди, засновані на використанні ефекту повного внутрішнього відбивання в призмах з кутом  $90^\circ$ , що покривають всю зовнішню поверхню такого світловода.

Дзеркальні світловоди випускають 7 фірм (України, Німеччини - 2, Іспанії, Бельгії, Великобританії). Призматичні світловоди випускають 9 фірм (Канади, США, Німеччини, Італії - 2, Японії, Нідерландів, Швейцарії, Польщі).

Не можна не відзначити достатньо неприємну для нас ситуацію з ігноруванням вітчизняного пріоритету в створенні і розвитку цього нового напрямку поряд фірм і патентних відомств.

В такій ситуації необхідно розібратися з техніко-економічною і естетичною доцільністю застосування різних груп світловодів.

Ефективність призматичних світловодів в значній мірі визначається чистотою застосованої пластмаси (відсутність забруднень і бульбашок повітря в масі матеріалу), її коефіцієнтом заломлення і, що дуже важливе, строгістю виконання форми призми (особливо відсутністю технологічних закруглень вершин призми). Ці умови в основному дотримуються при виготовленні призматичних плівок SOLF з полікарбонату ( $n = 0,98$ ) за спеціальною технологією. При цьому в даний час ширина рулону SOLF обмежена одним метром, через кожен метр по довжині є шов, а вартість такого рулону досить

висока.

Ідеальний варіант застосування таких світловодів - світлові покажчики на пряму руху транспорту на дорогах, світлові огорожі і ін., де потрібні малі яскравості на великій довжині при малому діаметрі світловода. Важливо відзначити, що через те, що призми таких світловодів завжди розташовані вершиною назовні (по відношенню до розповсюдження світла), для виключення їх забруднення або зволоження, що приводять до втрати властивостей, призматична поверхня завжди повинна бути поміщена всередину додаткової захисної світлопрозорої оболонки (наприклад, труби або плівки).

З прагненням використовувати призматичний світловод для загального рівномірного освітлення приміщень і створення високих рівнів освітленості виникають наступні труднощі: стосовно необхідності введення вводити зовнішній по відношенню до плівки відбивач, що призводить до зниження ККД і погіршення зовнішнього вигляду світловода. При цьому використовувати всі переваги призматичної плівки виявляється неможливим з техніко-економічних міркуванням. При великій довжині світловода, що дозволяє забезпечити призматична плівка, потрібно щоб в світловоді був максимальний світловий потік. Таке рішення можливе при застосуванні групи потужних джерел світла, або від надпотужного одного випромінювача. У першому, варіанті отримаємо світловод діаметром 600 - 650 мм, що при існуючій вартості призматичного світловода, виготовити такий світловод в даний час неможливо.

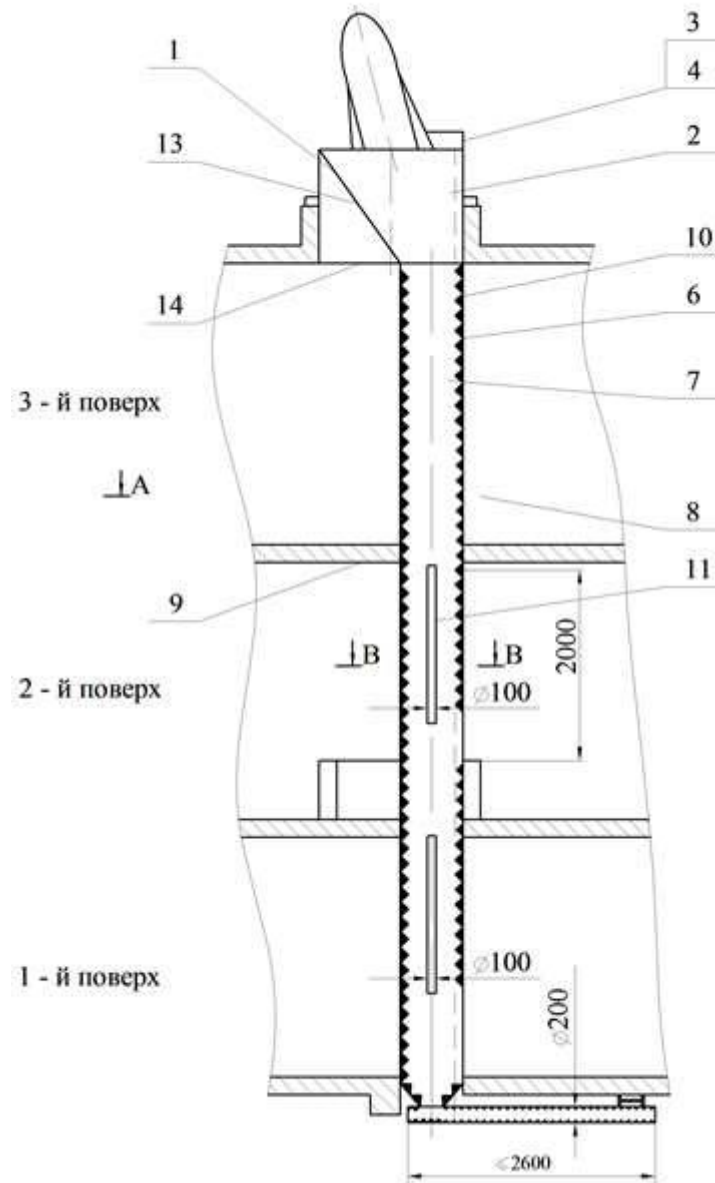


Рисунок 1.7. Система освітлення приміщення без достатнього природного світла з допомогою світловода

1 - світлоприймальний пристрій; 2- перехідний елемент; 3,4- блоки ламп і ПРА; 5 - порожнистий вертикальний світловод; 6- оболонка світловода з світло прозорого ПММА; 7- призматична плівка SOLF повного внутрішнього відбивання; 8 - бар'єр світлової шахти; 9- конструктивні елементи кріплення світловоду в шахті; 10 - дзеркально-відбиваюча поверхня з алюмінію типу Мірол, 11 і 12- внутрішні об'ємні екстрактори (світлорозсіюючі труби з ПМ-МА довжиною до 2м і діаметром відповідно 0,1та 0,2м ); 13- світлорозсію-ючий декоративний елемент з ПММА; 14 - світлопропускаючі поверхні з ПММА

Звичайно, в принципі можна собі уявити конструкцію призматичних світловодів великого діаметру з декількох полотен плівки SOLF або подальший розвиток технології і устаткування для виробництва ширших рулонів.

Рятівним для призматичних світловодів загального освітлення стала поява сірчаних безелектродних мікрохвильових ламп з світловою віддачею 130-140 лм/Вт і потужністю 1 кВт і вище. Проте і в цьому випадку виникають не тільки перешкоди економічного характеру – висока вартість комплексу сірчаної лампи з магнетронами, що охолоджуються і пускорегулюючими апаратами та призматичні світлотехнічні обмеження у використанні світловодів з великою відносною довжиною, в яких і могли б проявитись основні переваги призматичної плівки.

Так, для рівноцінної заміни світильників з двома люмінесцентними лампами всього по 36 Вт (з світловим потоком 3350 лм кожна), широко використовуваних в громадських будівлях і виробничих приміщеннях, необхідний питомий світловий потік на одиницю довжини лінії (з врахуванням ККД = 0,8 або 0,6. При заміні відкритих світильників з ЛЛ і умовно однакового коефіцієнті використання призматичний світловод діаметром 300 мм (ККД = 0,4) з сірчаною лампою 1 кВт (140 000 лм) може мати максимальну довжину не більш 12,5 м (тобто відносна довжина  $L' = 41$ ), а при МГЛ 1000 Вт (90 000 лм) - 8 м, тобто  $L' = 27$ .

При порівнянні ж з світильниками з розсіювачем ці цифри складають відповідно 16,7 м ( $L' = 55$ ) і 10,7 м ( $L' = 36$ ). А для рівноцінної заміни світильників з двома люмінесцентними лампами всього по 58 Вт, максимально можлива довжина призматичного світловода складе 10,1 і 13,4 м ( $L' = 33$  і  $L' = 48$ ) при сірчаній лампі, і 6,4 або 8,6 м при МГЛ 1000 ( $L' = 21,6$  і  $L' = 28,7$ ). Фактично ці значення будуть ще менші через менший коефіцієнт використання світлового потоку призматичних світловодів в порівнянні з світильниками з відбивачами.

Таким чином, ми бачимо, що для забезпечення необхідних рівнів загального освітлення за допомогою призматичних світловодів неможливо викорис-

товувати їх основну властивість – забезпечити великі значення відносної довжини, тобто транспортувати світло на великі відстані.

Найважливішими перевагами світловодів з великими діаметрами ввідних пристроїв, що дозволяють різко підвищити надійність роботи освітлювальної установки, є різні режими роботи з різним числом ламп, що дозволяє вести резервування джерел світла з поступовим включенням додаткових ламп. Це сьогодні дозволяють зробити тільки дзеркальні світловоди.

Разом з тим, в залежності від призначення освітлюваного приміщення, мають значення і інші характеристики світловодів, перш за все їх естетичні властивості, а зокрема зовнішній вигляд. Призматичні світловоди мають значно кращу рівномірність яскравості при найбільших відносних довжинах, із зменшенням довжини при тих же діаметрах ця перевага нівелюється. Відносно короткі (4-5 м при умовному діаметрі 0,3 м) дзеркальні світловоди мають практично рівномірну яскравість.

Висока рівномірність яскравості по довжині – це істотна перевага призматичних світловодів у разі застосування їх в архітектурних установках при розміщенні на значній висоті (6-10 м і більше).

При встановленні призматичних світловодів на ближчій відстані (на висоті 3-5 м) добре помітні естетичні недоліки цих виробів – поперечні технологічні смуги через кожен метр довжини світловода, а також дефекти самої призматичної поверхні. Для виробів, що випускаються в даний час, характерні також „брудна” поверхня відбивання формоутворювального кільця.

Дзеркальні світловоди, для яких при малих кутових розмірах і наведено-розсіяному пропусканні матеріалу оптичного отвору характерний плавний спад яскравості по довжині світловоду, забезпечують високу рівномірність розподілу освітленості на освітлюваній поверхні за відсутності неприємної дії нерівномірності яскравості, саме завдяки вкрай непомітному і поступовому ослабленню яскравості на великій довжині. Цікаво відзначити, що такі високі вимоги до рівномірності розподілу яскравості по світловому приладу зустрічаються вперше, оскільки жоден з відомих світильників (окрім, можливо,

кулі з молочного скла) не має скільки-небудь рівнояскравих поверхонь. Плавна зміна яскравості в лінії світловодів не завжди є недоліком, оскільки у багатьох випадках вона створює додатковий світловий ритм в освітлювальній установці при односторонньому і однаковому розташуванні світлових пристроїв. У призматичних вертикально розташованих світловодах квадратного перетину ми вперше застосували об'ємний дифузний екстрактор і отримали цікавий оптичний ефект, сьогодні вже використовуваний іншими фірмами.

У багатоповерховій будівлі з світловодом, через ряд поверхів, що передає світло на всі боки в поперечних площинах, як пряме випромінювання сонця, так і світло штучних джерел, ми застосували призматичну плівку, незамінну в подібних випадках. Разом з тим, для освітлення вибухонебезпечних цехів, насосних станцій нафтопроводів, переходів і багато інших приміщень були широко і успішно використані простіші і дешевші дзеркальні світловоди.

Але не тільки у виробничих цілях і приміщеннях з тимчасовим перебуванням людей застосовуються дзеркальні світловоди. Освітлення величезного виставкового залу в Москві (довжиною 108 м, висотою 24 м), станцій метрополітену, багатоповерхового магазину і ін. наочно показали можливості і переваги нових систем освітлення.

## **1.6 Оцінка ефективності освітленості від фасадних та міжкімнатних світлопрозорих конструкцій**

Природне освітлення приміщень може відбуватись через горизонтальні або вертикальні отвори в стінах чи стелі. Розміри та розташування вікон визначаються розрахунками природної освітленості приміщень, а також відповідно до норм СНіП. Наприклад, для житлових будинків площа вікон повинна складати від  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{5}$  площі підлоги приміщення. Основними вертикальними конструкціями для забезпечення природного освітлення приміщень є вікна і вітражі.

Вікна вперше з'явилися в VIII-IX століттях. Це були так звані волокові (від «волочити» - рухати) вікна - отвори в стіні, що обрамлювали прямокутною дерев'яною рамою. Замість скла (скло з'явилося пізніше) в їх конструкції була дерев'яна засувка, що «ходила» горизонтально і нагадувала сучасну конструкцію розсувних дверей.

Вікно виконує відразу декілька функцій. Крізь нього в будинок проникає денне світло, тобто забезпечується природне освітлення кімнат. Вікно ізолює, захищає приміщення від дощу, снігу, вітру, холоду і жару, інших капризів природи (теплоізоляція), а також від шуму (звукоізоляція). Вікно встановлює зв'язок між зовнішнім та внутрішнім простором будинку, розширюючи внутрішній простір.

Архітектори називають будь-яке вікно «світлопрозорою конструкцією будівлі», що захищає, підкреслюючи тим самим, що воно не лише призначено виконувати основну функцію - пропускати природне світло, але і є частиною стіни, що відокремлює приміщення від зовнішнього світу.

Вікно має бути простим в обслуговуванні і володіти тривалим терміном експлуатації. Ну і, звичайно, приємно, коли воно виглядає привабливим з середини і зовні.

Коли говорять про конструкцію вікна, то зазвичай мають на увазі матеріал і форму профілю коробки, спосіб заповнення склом світлового отвору, положення ущільнюючих прокладок, фурнітуру. Матеріал може бути різним: дерево, алюміній, ПВХ, а також їх комбінації. В останньому випадку вікна частіше так і називають - комбіновані. Конструкцію фасадного вікна зображено на рис.1.8.

Віконні блоки по числу і розташуванню секцій ділять на три основні групи:

- а) одинарні - з одинарними секціями;
- б) з спареними секціями - які з'єднані між собою і закриваються як одне ціле;
- в) з роздільними секціями, які відкриваються окремо, незалежно.



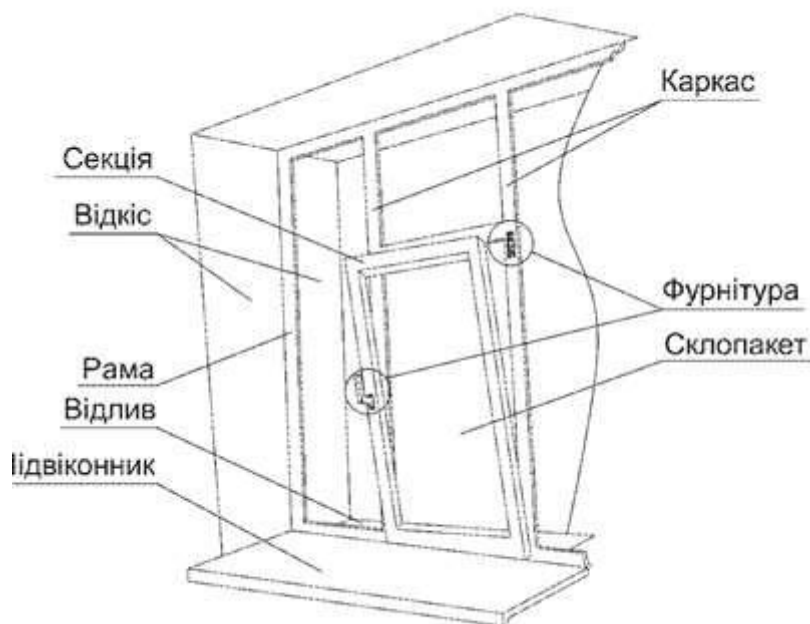


Рисунок 1.8 – Особливості конструкції фасадного вікна

В кожній групі можливі варіації - по виду скління, способу відкривання секцій, розмірам і формі.

Світло не повністю проникає крізь скло: близько 8% видимого випромінювання відбивається, або забирається, тоді як близько 2% поглинається. Це означає, що лише 90% природного світла потрапляє в приміщення. Крізь однокамерний склопакет пропускається лише на 82%, а через двокамерний - на 74%. Світлопропускання нижче 60% не рекомендується, і це важливо враховувати при виборі скла.

Чим більше листів скла використовується у вікні, тим в будинку тепліше, але тим гірше освітлення. Тому короткий зимовий день стане ще коротший на 1-1,5 години в кімнаті, де є два склопакети.

За дослідженнями В. Клеффнера збільшення розмірів вікон більше  $\frac{1}{10}$  -  $\frac{1}{8}$  площі підлоги приміщення не дає відповідного підвищення середньої освітленості горизонтальної поверхні в приміщенні. При збільшенні розміру вікон з  $\frac{1}{6}$  до  $\frac{1}{3}$  площі підлоги підвищення освітленості складе не 100, а всього 59%.

Рівномірність освітлення при північній орієнтації приміщень досягається при високопіднятих вікнах з перемичками невеликої висоти, при світлих стінах

і стелях, великій площі вікон, невеликій глибині приміщення.



Рисунок 1.9 – Міжкімнатні вікона в інтер'єрі офісу

Чим вище розташоване вікно і чим менший коефіцієнт використання, тим більш рівномірним буде освітлення, і на більш віддалених від зовнішньої стіни ділянках буде забезпечено середню горизонтальну освітленість приміщення. (рис 1.10).

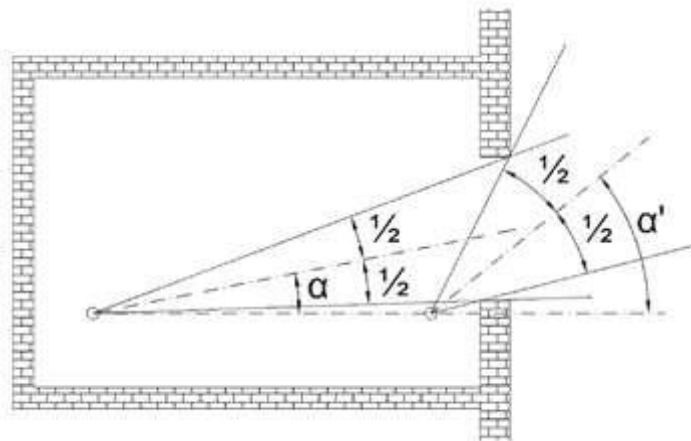


Рисунок 1.10. Світло падає під дуже малим кутом (найкраще освітлена ділянка знаходиться в глибині приміщення)

При цьому глибина приміщення може бути ефективніше використана, ніж при низько розташованих вікнах, оскільки навіть в найдальших частинах приміщення промені світла падають під великим кутом (рис 1.11).

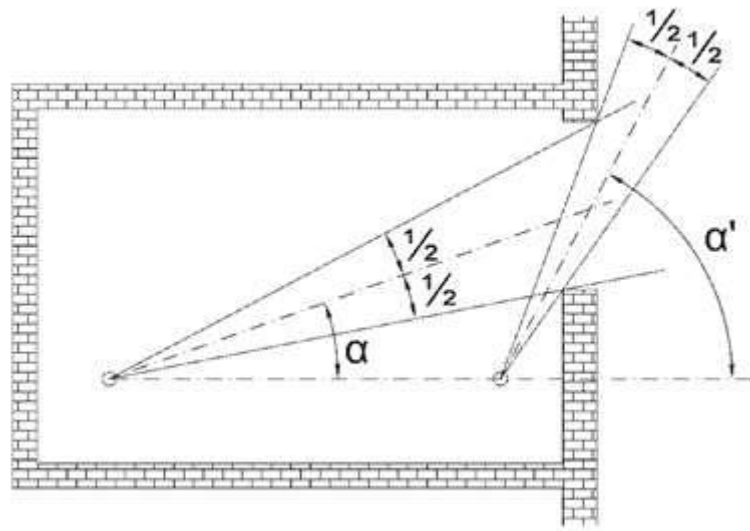


Рисунок 1.11 – Світло падає під великим кутом (найкраща освітленість на робочій поверхні на висоті 1м)

Найбільш сприятливим є світло, падаюче під кутом  $> 20^\circ$  до робочої площини. При світлі, падаючому під меншим кутом, утворюються довгі падаючі тіні, що заважають роботі. Висоту віконної перемички слід приймати  $< 30$  см.

### 1.7 Висновки до розділу 1

Отже:

1. Системи освітлення з лампами освітлення вважаються застарілими, оскільки вони мають низьку світлову віддачу (15 лм/Вт) і невеликий термін служби (1000 год.). Через це економічність освітлення з лампами освітлення значно гірша порівняно з світлодіодами.
2. Встановлено, що освітлювальні установки з лампами освітлення при безперервній експлуатації є дуже дорогими в експлуатації і потребують заміни на світлодіоди або люмінесцентні лампи.
3. Встановлено, що на даний ефективність використання фотоелектричних панелей є низькою, їх можна було б ширше використовувати в освітлювальній практиці, включаючи варіанти з безпосереднім живленням світлодіодів від фотоелектричних панелей.

## 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вихідні дані

Потрібна реконструкція системи освітлення основних приміщень третього поверху дитячого садка у м. Тернополі на більш енергоефективну. Фрагменти плану розміщення базового освітлювального обладнання наведено на рис. 2.1 і 2.2. План дитячого садка поділено на 2 частини. За базовим планом система освітлення дитсадка побудована на люмінесцентних ОУ. Специфікація ОУ представлена таблиці 2.1.

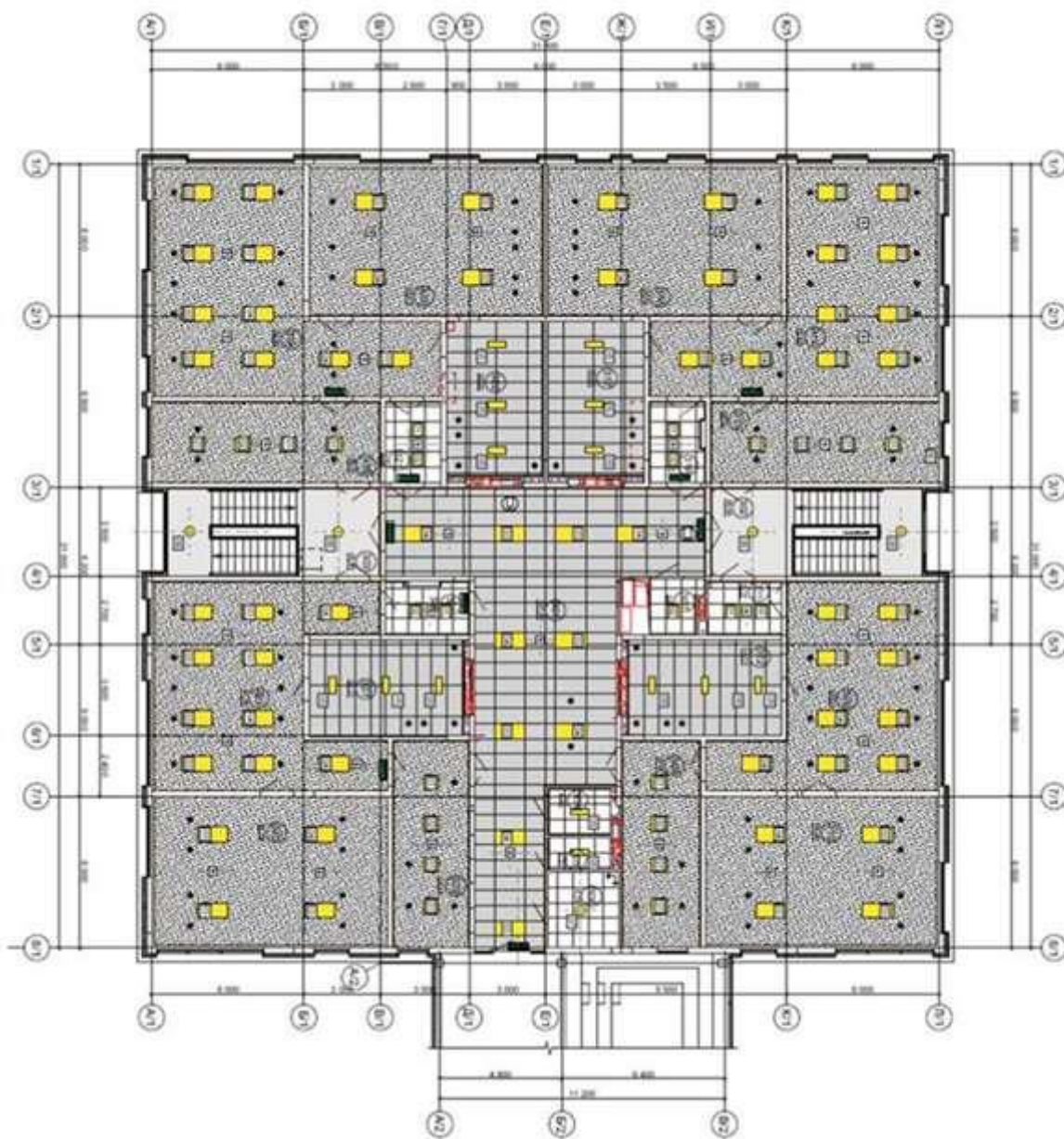


Рисунок 2.1 – Розміщення ОУ на першому поверсі дитсадка, ч.1.

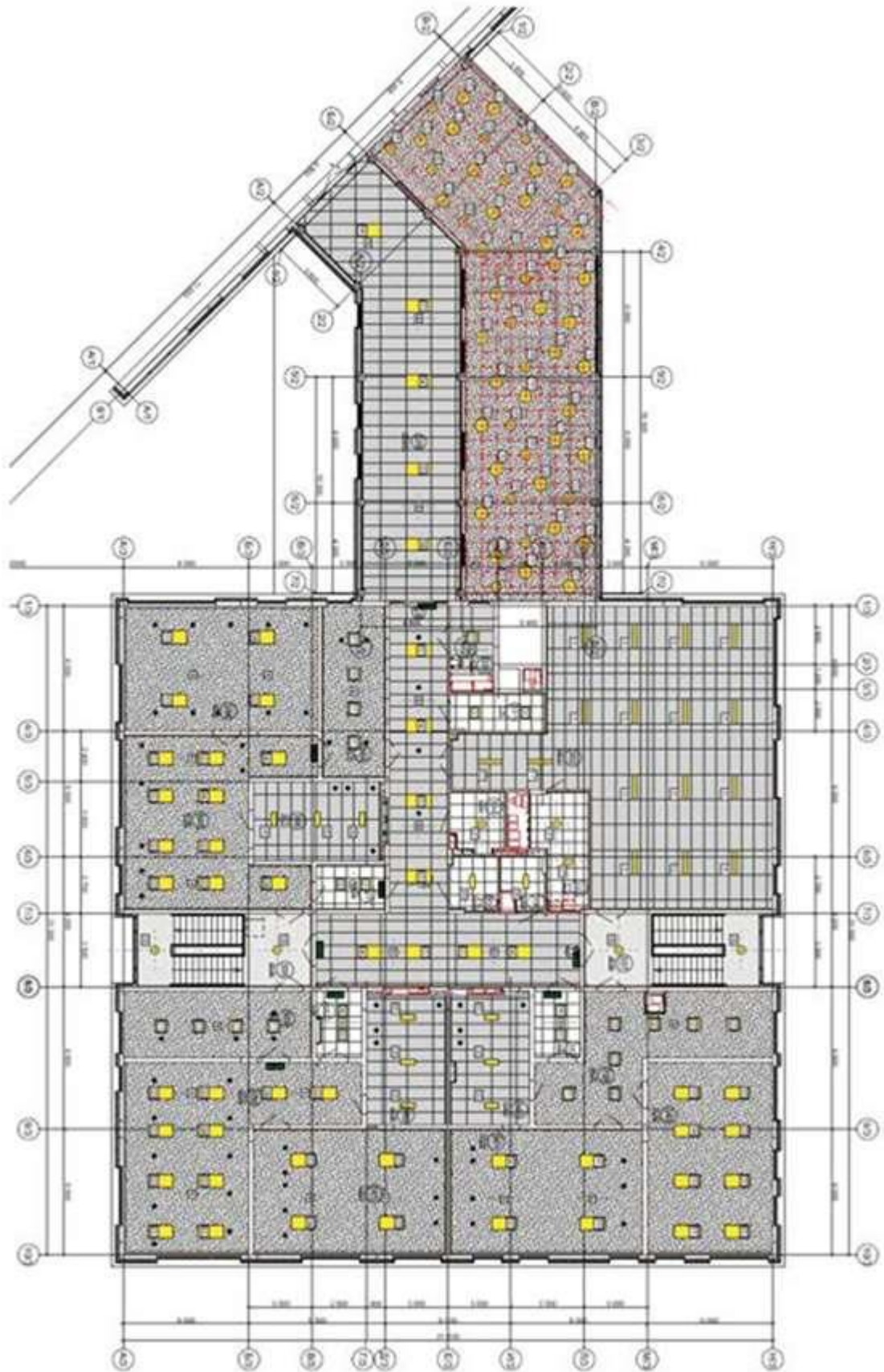









Рисунок 2.2 – Розміщення ОУ на першому поверсі дитсадка, ч.2.

Таблиця 2.1 – Специфікація ОУ дитсадка

№ зп	Назва освітлювального приладу	К – сть, шт.	Умовні позначення
1.	Світильник із люмінесцентними лампами, вбудований, P=4×18, Вт, IP20, 595×595 мм.	45	
2.	Світильник із люмінесцентними лампами, вбудований, P=4×36, Вт, IP20, 1195×595 мм.	122	
3.	Світильник із люмінесцентними лампами, вбудований, P = 2×18, Вт, IP54, 680×240 мм.	25	
4.	Світильник із люмінесцентними лампами, накладний, P = 2×18, Вт, IP65, d = 390 мм.	9	
5.	Світильник із паперовим абажуром d=450мм.	17	
6.	Світильник із паперовим абажуром d=600мм.	36	
7.	Світильник із люмінесцентними лампами, накладний, P=2×36 Вт, IP65, із захисною решіткою	16	

## 2.2. Моделювання розподілу освітленості в приміщенні дитячого садка

Забезпечення якісним та ефективним освітленням приміщень дитячих садків є важливим завданням, оскільки у них тривалий час перебувають діти у яких організм ще розвивається і які повинні займатись певною зоровою роботою при малюванні, ліпленні, вишиванні, під час навчальних занять тощо.

Окрім звичних функціональних завдань, освітлення дошкільних установ повинно доповнювати архітектурно-художню виразність інтер'єру та сприяти естетичному та практичному вихованню дітей.

Насамперед для проектування системи освітлення необхідно провести моделювати розподілу освітленості в приміщенні дитячого садка. Для цього використовуємо програму DIALux, у якій створюємо приміщення з усіма відповідними вихідними параметрами.

Для зручності проектування системи освітлення будівлю було поділено на дві частини.

У всіх основних приміщеннях, третього поверху, крім кімнати гімнастичних занять, передбачені підвісні стелі з ГВЛ по металевому каркасу, пофарбовані в колір RAL 9003 (сигнально-білий) з коефіцієнтом відбиття 0,85. В кімнаті гімнастичних занять встановлені підвісні стелі. Рекомендовані коефіцієнти відбиття для стель садка дорівнює 0,7, стін – 0,5, підлоги – 0,3.

На сьогоднішній день освітлення основних приміщень за вихідним планом реалізується на ОУ із ЛЛ, рис. 2.3.

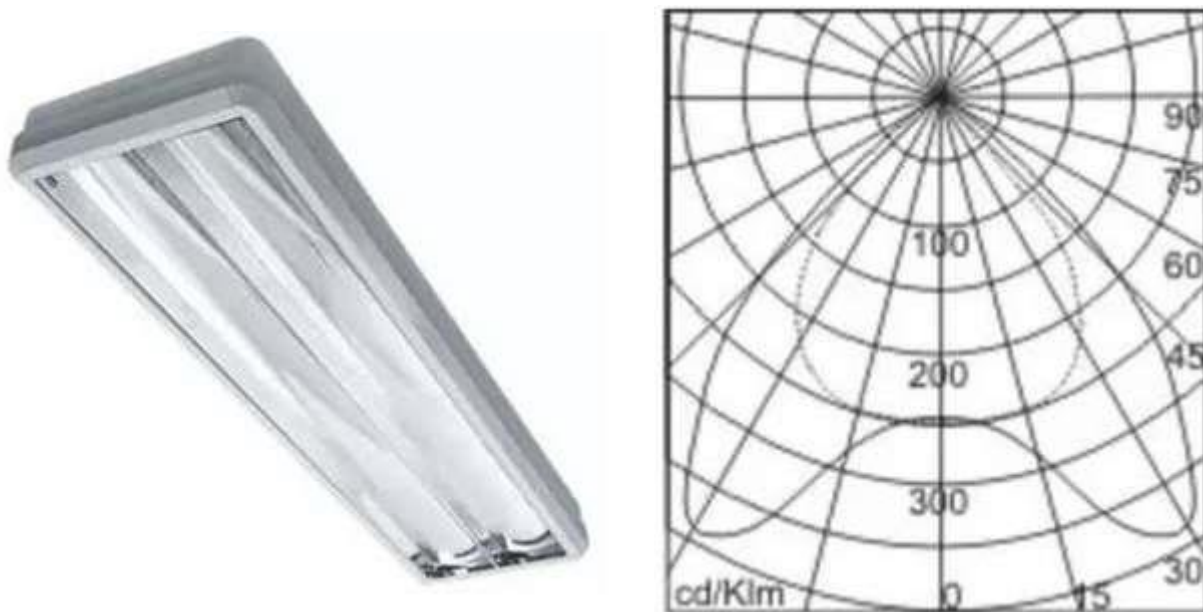


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд ОУ з ЛЛ і його КСС

В процесі реконструкції планується всі люмінесцентні світильники замінити на гібридну систему освітлення (ГОС) з використанням світловодів Solatube 290 DS та Solatube 330 DS загальний вигляд якого наведено на рис. 2.4.

Використання світловодів передбачено лише на третьому поверсі будівлі садочка, оскільки для встановлення їх на нижніх поверхах потрібні спеціальні шахти під труби світловодів, які не були передбачені під час проектування будівлі. Підвищення техніко-економічних показників освітлення першого та другого поверху реалізовуватиметься із застосуванням світлодіодних світильників.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд світловоду Solatube

Приблизний розрахунок освітлювальних установок провадиться методом коефіцієнта використання. Необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику знаходиться за формулою:

$$\Phi_l = \frac{E_{cp} \cdot K_z \cdot S}{N \cdot U_{oy}} \quad (2.1)$$

де:

$E_{cp}$  – середнє значення освітленості, лк;

$K_z$  – коефіцієнт запасу;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$N$  – кількість світильників, шт;

$U_{oy}$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Коефіцієнт використання світлового потоку  $U_{oy}$  визначається як відношення світлового потоку світлового потоку, що падає на розрахункову площину, до світлового потоку джерела світла, і залежить від розміщення світильників



у приміщенні, від розмірів приміщення і коефіцієнтів відбиття від його поверхонь.

Співвідношення розмірів освітлюваного приміщення та монтажна висота світильників характеризується індексом приміщення:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A+B)} \quad (2.2)$$

де:

$A$  – довжина приміщення, лк;

$B$  – ширина приміщення, лк;

$h_p$  – висота підвісу світильників, м.

Використавши вирази 2.1 і 2.2 проведемо розрахунок для визначення необхідної кількості ГОС Solatube 290 DS для забезпечення необхідної нормованої освітленості у 150 лк для спальних дошкільного закладу.

$$i_n = \frac{5,85 \cdot 9,35}{3,2 \cdot (5,85 \cdot 9,35)} = 1,12$$

Для визначення коефіцієнтів використання світильників при  $\rho_n=0,7$ ,  $\rho_c=0,5$ ,  $\rho_{\text{нидлоги}}=0,3$  з довідника потрібно визначити тип КСС ГОС Solatube 290 DS.

На рис. 2.5 наведено типи КСС для ГОС Solatube 290 DS. Порівнявши КСС ГОС із загальною класифікацією можна зробити висновок про те, що ГОС Solatube NL 290 DS має косинусну криву (Д).

В таблиці 2.3 наведено коефіцієнти використання світильників з типовими КСС. З допомогою лінійної інтерполяції знайдемо  $U_{oy} = 0,55$  при  $i = 1,12$ .

За формулою 2.3 знаходимо необхідну кількість світильників.

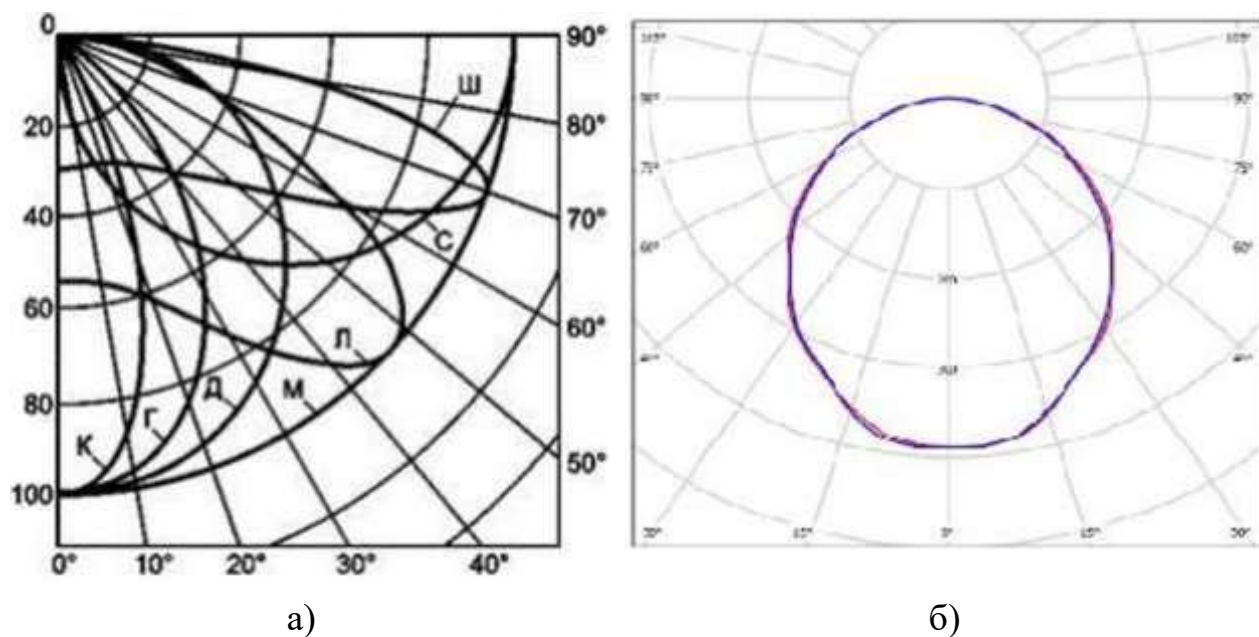


Рисунок 2.5 – Криві сили світла

*a* – стандартна КСС; *б* – КСС гібридної освітлювальної системи.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт використання світильників

Тип КСС	Значення $U_{oy}$	
	$\rho_n=0,7, \rho_c=0,5, \rho_{підлоги}=0,3 i_n=1,12.$	
	0,8	1,25
Д косинусна	50	58

$$N = \frac{150 \cdot 1 \cdot 5,85 \cdot 9,35}{3000 \cdot 0,55} = 5,1 \quad (2.3)$$

$\Phi_n = 3000$  лк для Solatube NL 290 DS і 7744 лк для Solatube 330 DS

Округливши кількість світильників в більшу сторону, розставляємо світильники по спальні та здійснюємо розрахунок освітленості програмним методом (з використанням DIALux). Рівень освітленості який буде в кімнаті показано на рис. 2.6.

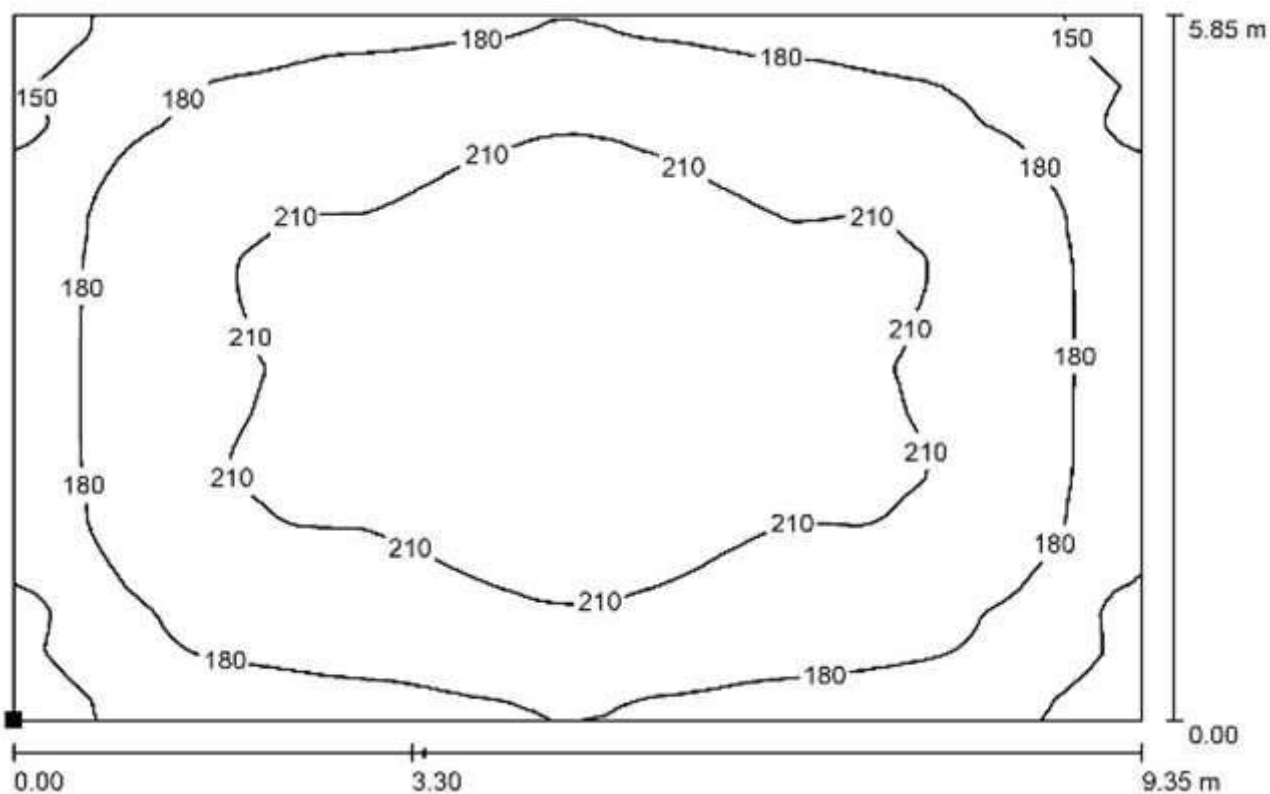


Рисунок 2.6 – Ізолінії освітленості спальні дитсадка

Розрахунок освітлення інших кімнат (спортзал, ігрова кімната, тощо) проведемо з використанням спрощеного індексу приміщення, який підбирається за таблицями.

У таблиці 2.4 представлені результати розрахунків всіх інших приміщень дошкільного закладу.

З отриманих розрахунковим шляхом кількості світильників на кімнату, розставляємо їх по приміщеннях (рис. 2.7 і 2.8).

На рисунках 2.9 і 2.10 відображені 3D моделі освітлення.

На рисунках 2.11 та 2.12 продемонстровані ізолінії основних приміщень.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку освітленості основних приміщень дошкільного закладу

Назва приміщення	$A, м$	$B, м$	$h_p, м$	$\Phi_{\tau}, ЛМ$	$i_n$	$U_{от}$	$N, шт.$	$E_{сп}, лк$	$E_{сп}, розрах$
Групова кімната №1	9,35	7,95	3,2	7744	1,3	0,6	6,4	400	501
Спальня №1	6	9,4	3,2	3000	1,1	0,55	5,1	150	191
Спальня №2	6	9,4	3,2	3000	1,1	0,55	5,1	150	192
Кімната гімнастичних занять	9,35	7,95	3,2	7744	1,3	0,6	6,4	400	496
Ігрова кімната №1	8,6	6,75	3,2	7744	1,2	0,57	5,3	400	525
Спальня №3	5,95	9,15	3,2	3000	1,1	0,55	5,2	150	197
Спальня №4	5,95	9,15	3,2	3000	1,1	0,55	5,2	150	198
Групова кімната №2	8,6	7,67	3,2	3000	1,1	0,6	5,7	400	527
Спальня №5	5,95	9	3,2	3000	1,1	0,55	5,1	150	199
Музичний зал	8,6	7,6	3,2	7744	1,3	0,6	7,5	500	525
Спортивний зал	14,65	11,1	3,2	6881	2	0,72	10,1	300	341
Спальня №6	9,35	5,85	3,2	3000	1,1	0,55	5,05	150	195
Спальня №7	5,95	9,55	3,2	3000	1,1	0,55	5,2	150	190
Спальня №8	5,95	9,55	3,2	7744	1,1	0,55	5,2	150	191
Групова кімната №2	9,35	8	3,2	7744	1,3	0,6	6,4	400	484

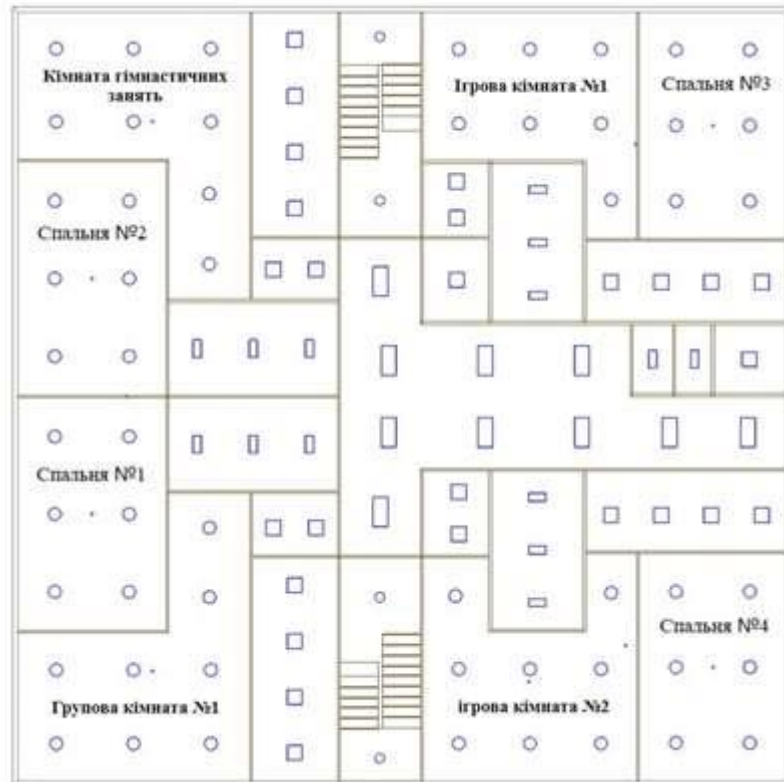


Рисунок 2.7 – План роцташування світильників у першій половині будівлі садочка.

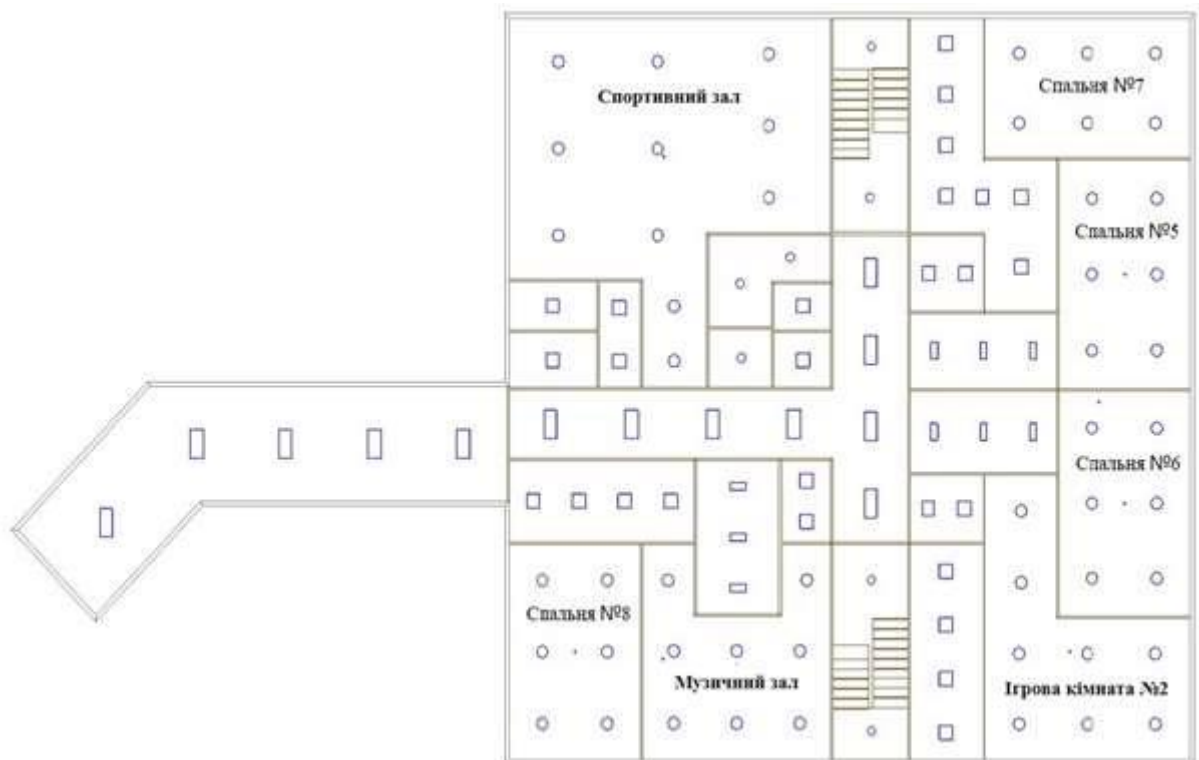


Рисунок 2.8 – План роцташування світильників у другій половині будівлі садочка.

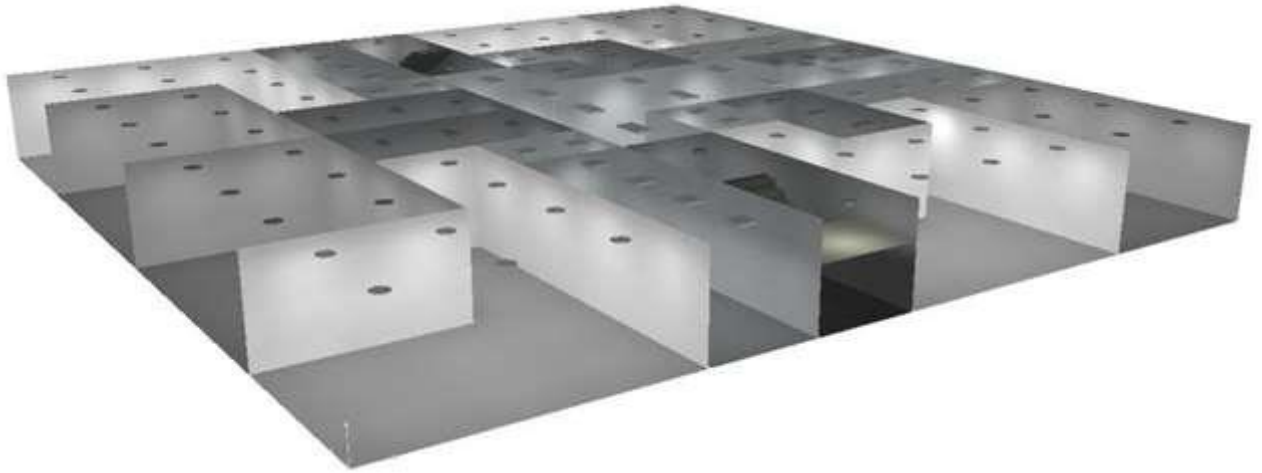


Рисунок 2.9 – 3D модель першої половини будівлі

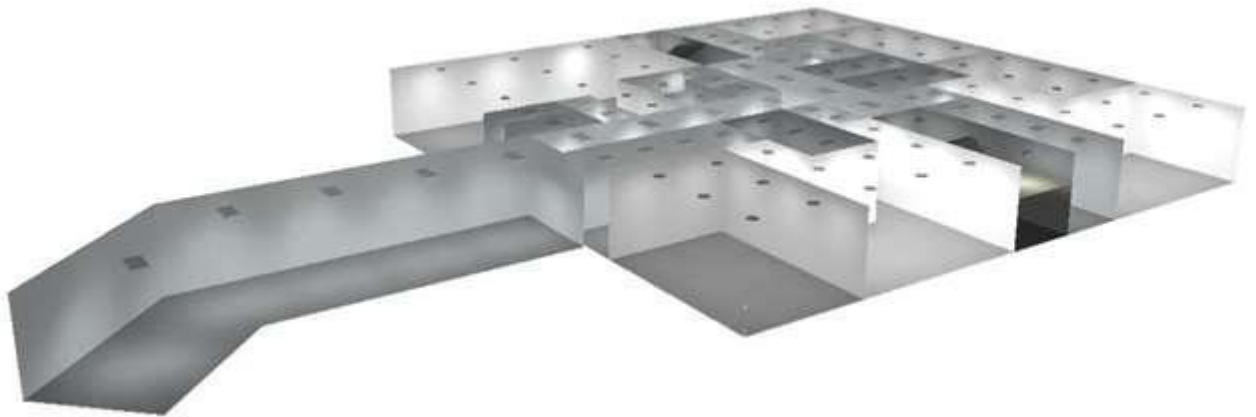


Рисунок 2.10 – 3D модель другої половини будівлі

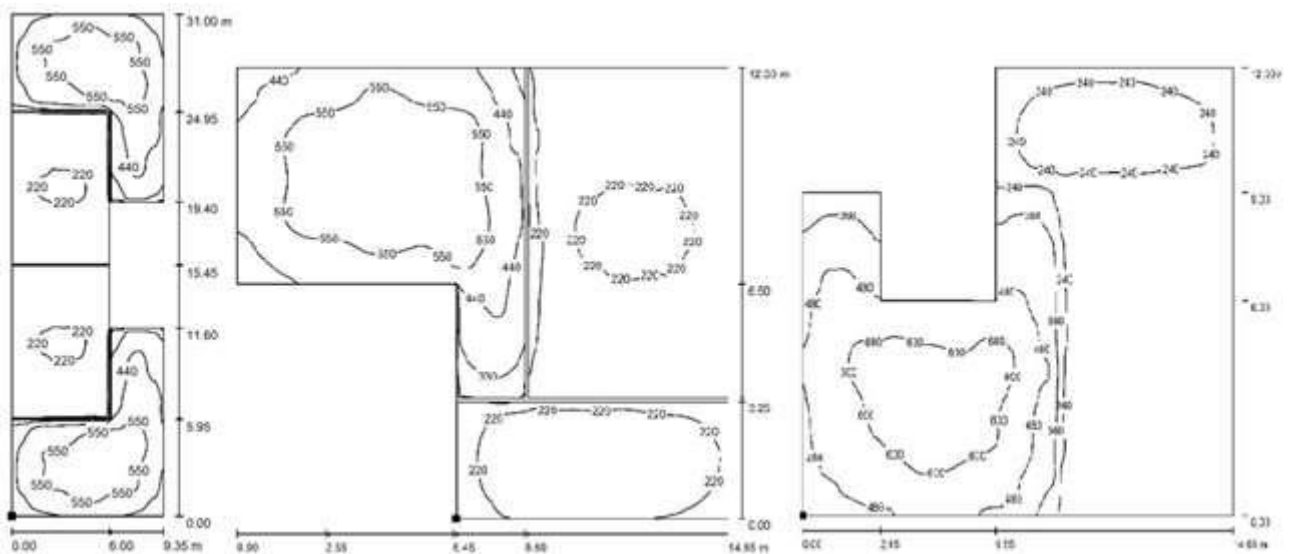


Рисунок 2.10 – Ізолінії першої половини будівлі

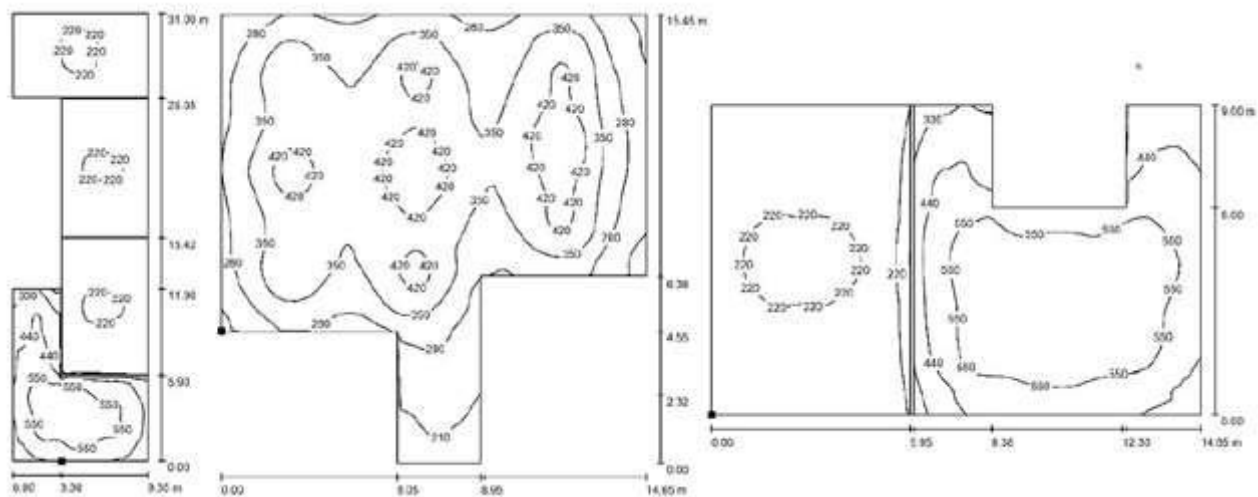


Рисунок 2.11 – Ізолінії другої половини будівлі

Для освітлення нижніх поверхів були використані світлодіодні LED панелі Electro House і з розсіювачем у кількості 158 штук, рис.2.12.



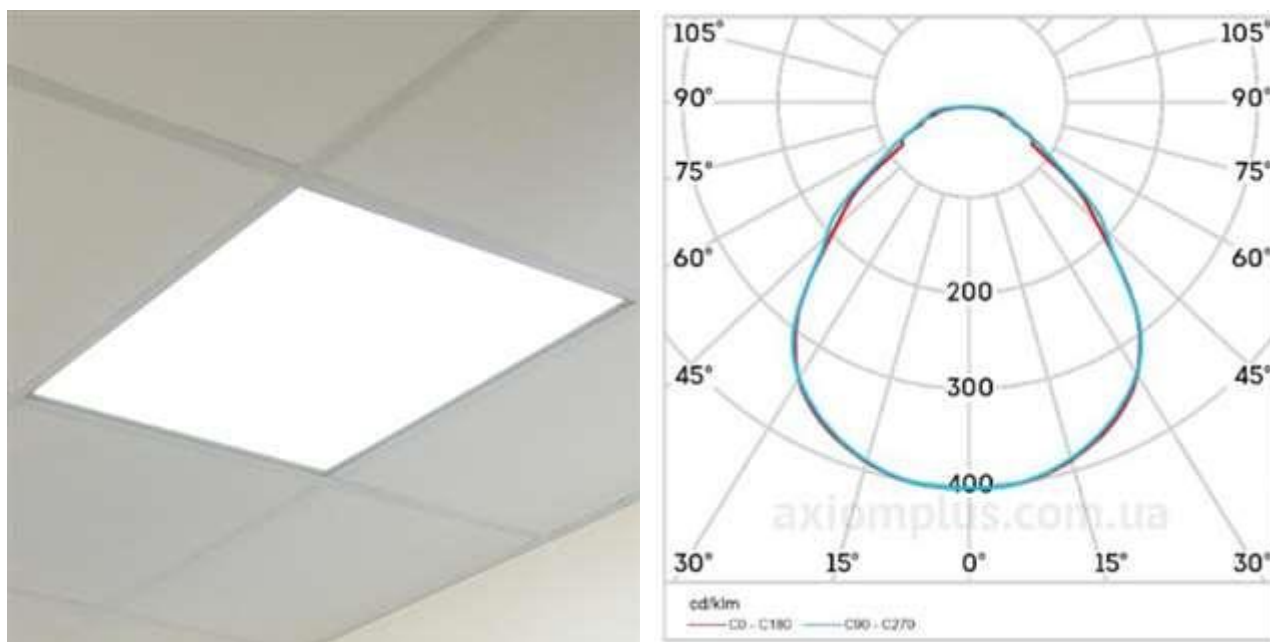


Рисунок 2.12 – Загальний вигляд LED панелі Electro House 36Вт

### 2.3 Розробка гібридного світильника

Перспективним напрямком підвищення ефективності освітлення дошкільних закладів є застосування ГОС.

ГОС – це інноваційна система, що поєднує світильник штучного світла з системою сонячного світла Solatube® Daylighting System.

Конструктивними рішеннями такого гібридного світильника є світлодіодні модулі або світлодіоди тим або іншим способом розміщені поблизу дифузора.

Одним із варіантів ГОС – є продукція компанії SOLARSPOT International®, що представляє собою гібридну освітлювальну систему «LED+«SOLARSPOT». Вперше система була реалізована у 2010 р. компанією Solarspot International S.r.l. На рисунку 2.13 наведений ГОС з світлодіодними модулями, розміщеними по зовнішньому контуру дифузора.

Така конструкція з візуально відкритими потужними світлодіодами має очевидні недоліки: осліплюючий і фототоксичний ефект - «синя небезпека» (біологічна несумісність світлодіодних спектральних характеристик і зору людини).





Рисунок 2.13 – Гібридна освітлювальна система LED+«SOLARSPOT»

Недоліки в основному проявляються в офісних приміщеннях, з відносно низькою стелею. Але використання такої системи в приміщеннях з висотою стелі 6 м і вище також супроводжується труднощами обслуговування. Крім того, діапазон потужностей світлового потоку робить таку конструкцію мало прийнятною для забезпечення нормованої штучної освітленості. Результат моделювання розсіювання променів ГОС показано на рис.2.14.

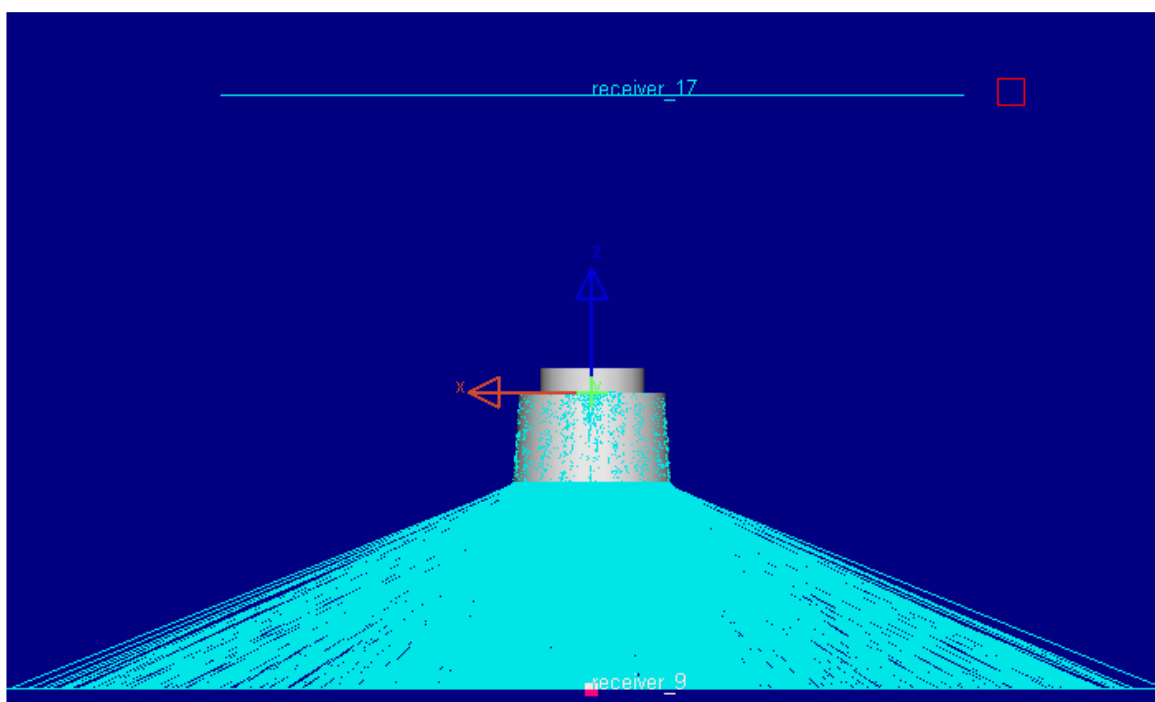


Рисунок 2.14 – Гібридна освітлювальна система LED+«SOLARSPOT»

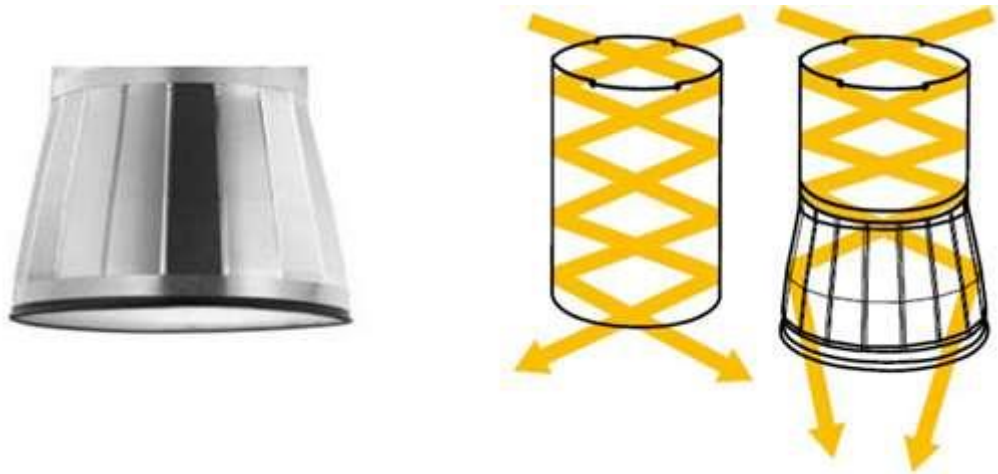


Рисунок 2.15 – Відбивання сонячних променів у LED+«SOLARSPOT»

Колектор сонячного світла (Рис. 2.16) – це також додаткова опція в системі освітлення серії Solatube. Він призначений для ефективного збору сонячного світла навіть при низьких кутах падіння сонячних променів (Рис. 2.16 б), що сприяє покращеному відбиванню світла і його потраплянню в приміщення.



а)



б)

Рисунок 2.16 – Колектор сонячного світла

а – колектор; б – принцип роботи.

Системи природного освітлення, які з допомогою сонячного колектора і світловоду передають потік світла у приміщення. Ці системи ретельно досліджені і включають світловоди з пристроєм для збирання світлового потоку зовні та пристрої для розподілу світла всередині приміщення. Зазвичай у якості

світловоду виступає труба як з середини покрита матеріалом з хорошими світловідбиваючими властивостями. Сучасні плівкові відбиваючі матеріали дозволяють ефективно переносити світло на значну відстань яка у десятки разів перевищує власний діаметр світловоду.

Як вже згадувалось вище, через конструктивні особливості будівлі дитячого садочка застосуватись ГОС буде лише на третьому поверсі садочка. Схема освітлення приміщень показана на рис.2.17.

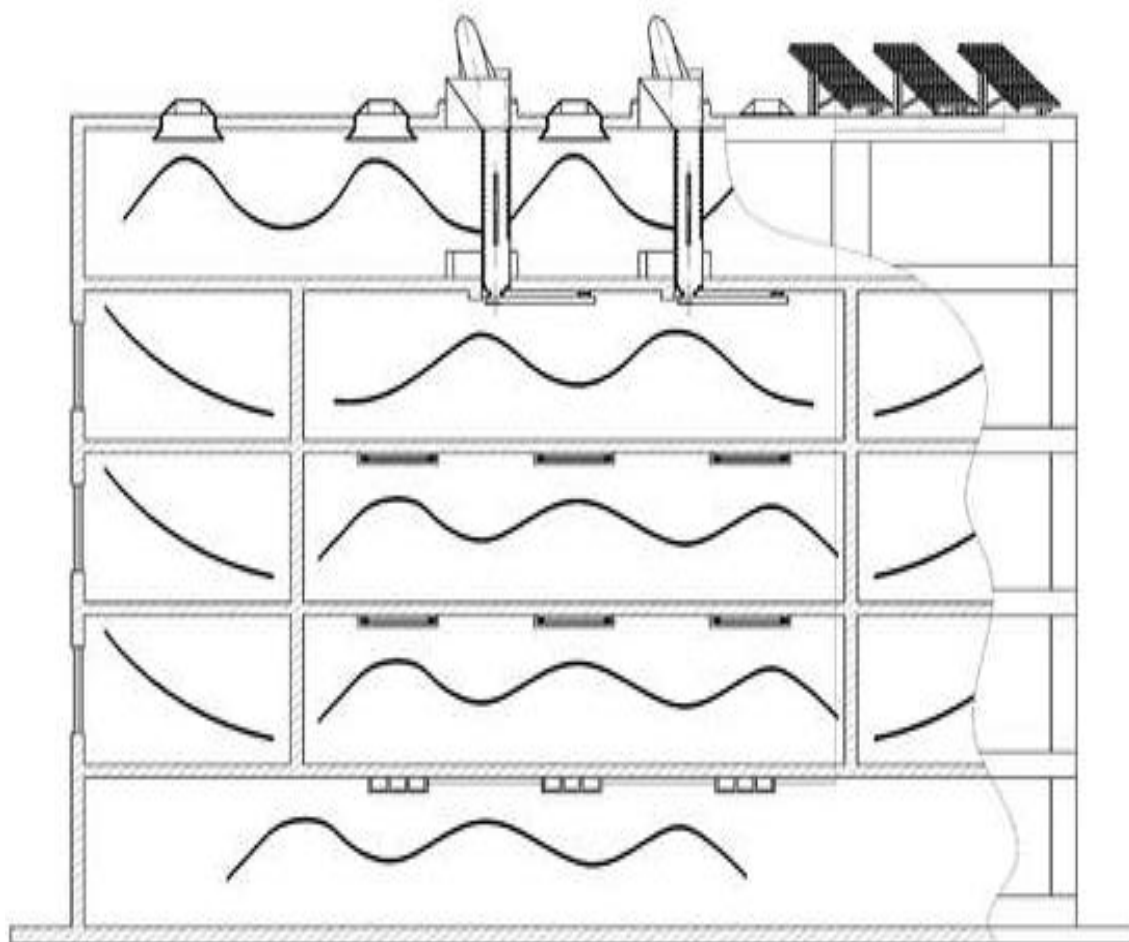


Рисунок 2.17 – Схема освітлення приміщень третього поверху дитячого садочку.

#### **2.4 Розрахунок електроспоживання та енергоефективність систем освітлення**

В середньому дитячий садочок працює з 7:00 до 19:00. ГСО створює необхідну освітленість приблизно з 9:00 до 18:00 природним світлом, не

використовуючи світлодіодні модулі.

Розрахуємо споживану за рік енергію світлодіодними світильниками за час з 9:00 до 18:00, оскільки після цього проміжку часу світильники в основних приміщеннях зазвичай відключають:

$$N = n_{\text{д}} \cdot n_{\text{г}} \cdot N_3 \cdot P_{\text{св}} \quad (2.4)$$

де:

$n_{\text{д}}$  – кількість днів у році;

$n_{\text{г}}$  – кількість годин роботи світильника, год.;

$N_3$  – кількість світильників на третьому поверсі, шт.;

$P_{\text{св}}$  – потужність світильника, Вт.;

$$N = 365 \cdot 9 \cdot (95 \cdot (4 \cdot 36) + 16 \cdot (2 \cdot 36)) = 48\,723 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Всі освітлювальні прилади в садочку отримують живлення від загального магістрального електричного щита ЩО, а вже світлові прилади освітлювальної системи живляться від двох групових щитків освітлення ЩО1 і ЩО2. Магістральний ЩО заживлено кабелем ВВГ – 4×25, відключення відбувається з допомогою вимикача типу ВА 47-29.



Рисунок 2.18 – Розріз багатожильного кабелю ВВГ 4×25

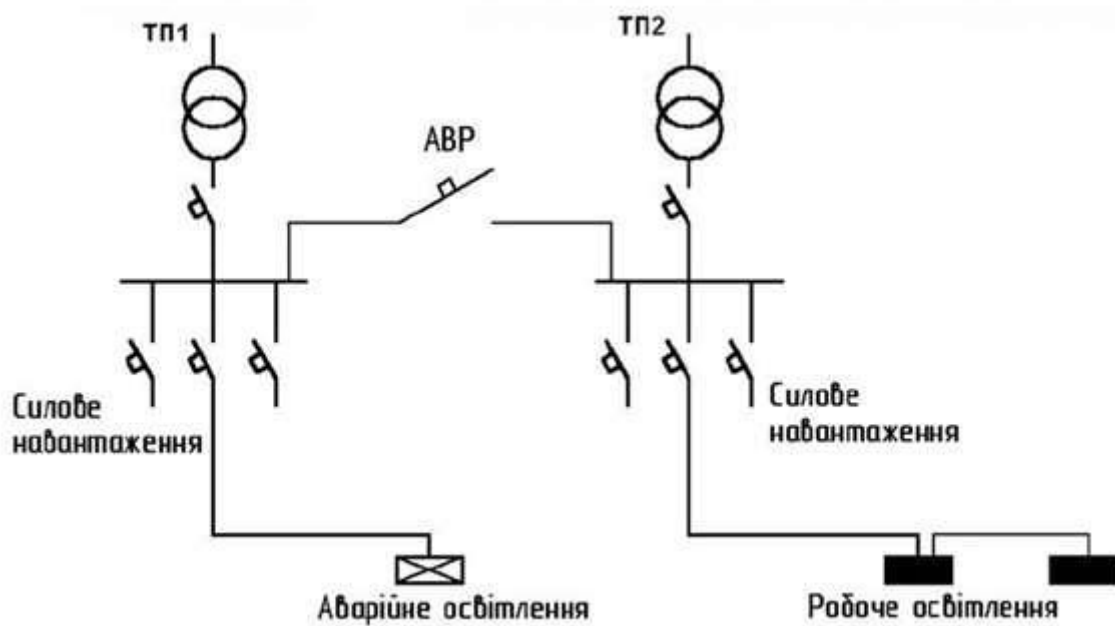


Рисунок 2.19 – Схема підключення до ТП1 і ТП2

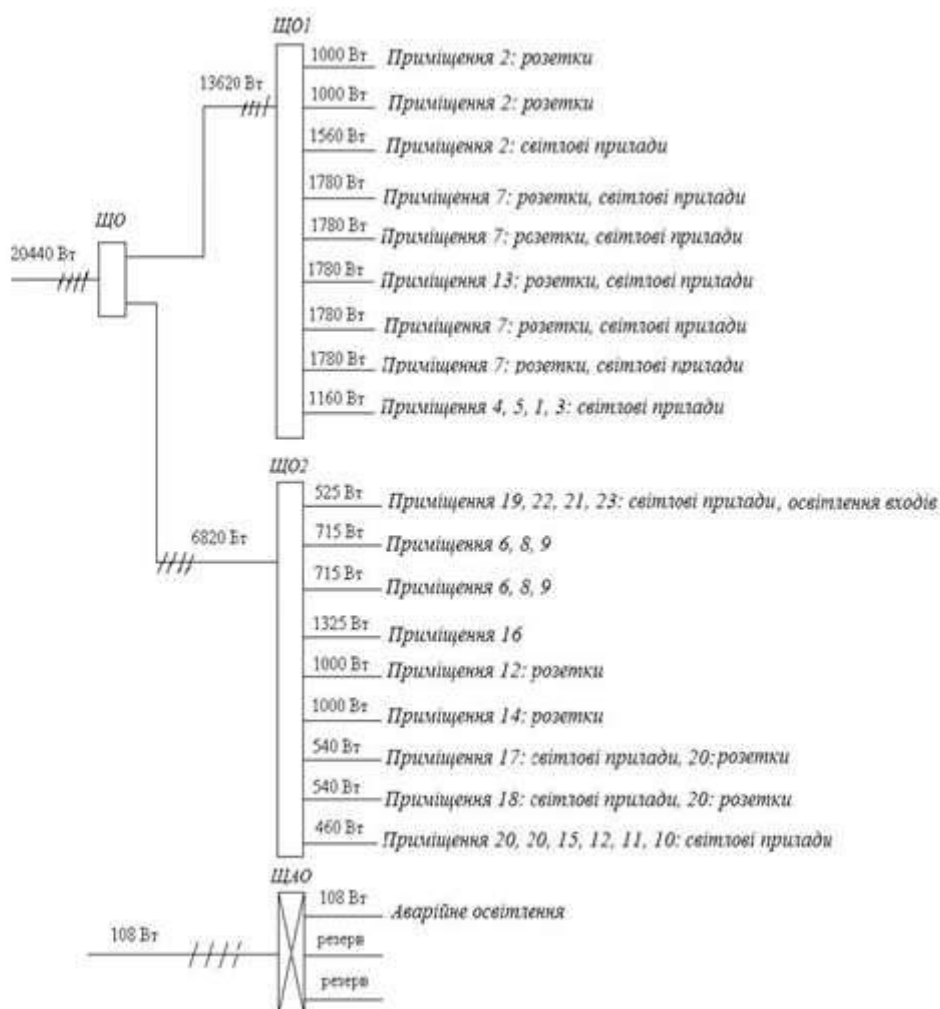


Рисунок 2.20 – Схема підключення світлових приладів та розеток до електрощитових.

Дані по підключенню споживачів зведено у таблицю 2. 5

Таблиця 2.5 – Підключення споживачів до електромережі

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

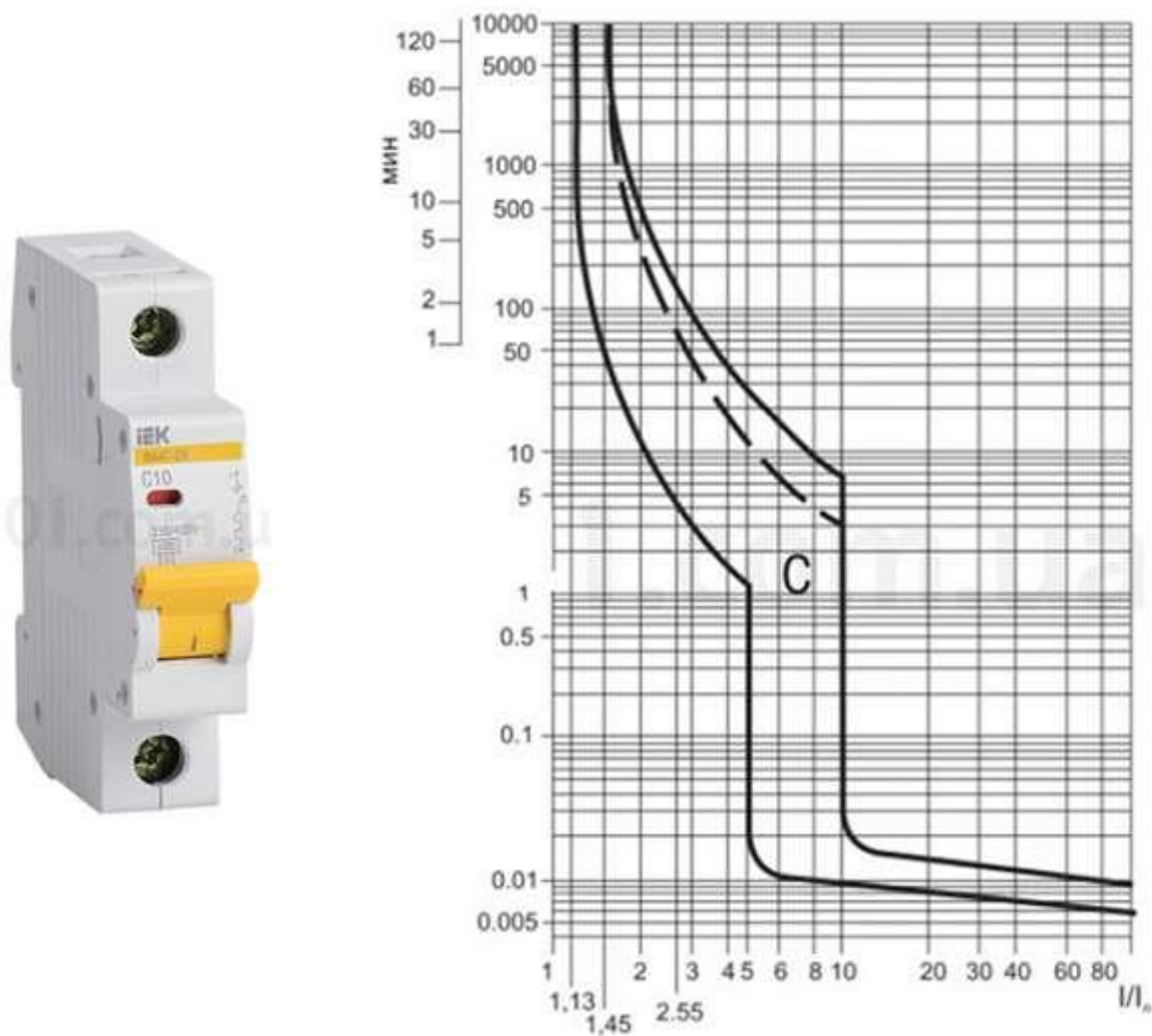


Рисунок 2.21 – Загальний вигляд автоматичного вимикача ВА 47-29

## 2.5 Техніко-економічний аналіз ефективності комбінованих освітлювальних систем

Техніко – економічний аналіз необхідний для визначення техніко-економічної ефективності приладів на стадії їх проектування.

Ефект від впровадження нової техніки не можна визначити тільки економічними показниками. Навіть коли ефект від покращення деяких технічних параметрів може бути виражений економічними показниками (собівартістю, експлуатаційними витратами), не можна обмежуватись визначенням тільки останніх, тому що виконання ряду технічних показників настільки важливо (особливо для приладів і пристроїв), що це може бути досягнуто за рахунок

погіршення економічних показників. При визначенні економічного ефекту (економічних показників) важливо визначити його джерело, тобто той технічний параметр, який обумовлює цей ефект. Якщо змінився такий показник, як економія на витратах виробництва, то важливо знати, зміною якого технічного параметру це викликано.

Для характеристики ефекту, одержаного від впровадження нової конструкції, використовуємо термін економічної ефективності, або впровадження цього виду техніки не можна визначити тільки економічними показниками.

Для пристроїв, що є засобами праці, покращення технічних параметрів визначається з економічних міркувань, якщо виключити вимоги до тих експлуатаційних параметрів, завдяки яким забезпечується безпека праці або покращення умов роботи.

Покращення якого-небудь технічного параметра, що супроводжується збільшенням затрат виробництва, є доцільним, якщо витрати на експлуатацію, що визначається цим параметром, зменшуються так, що сумарна економія стає більшою нуля.

Порівняння різних систем природного освітлення ускладнюється тим, що вони в різній мірі здатні вводити та розсіювати світло у кімнаті.

В подальшому, щоб не розглядати розподілу освітленості по робочій поверхні, ми будемо оперувати поняттями «середня освітленість» на РП і «повний світловий потік, падаючий на РП». При цьому відношення світлового потоку, досягнутої РП, до вихідного світлового потоку системи освітлення, є не що інше як коефіцієнт використання ( $U$ ):

$$U = \Phi_{RP} / \Phi_{OV} \quad (2.5)$$

де  $\Phi_{RP}$  - світловий потік який падає на РП, лм;

$\Phi_{OV}$  - світловий потік, проникає в приміщення через світлові отвори або створюється світильниками, лм.

Зручність використання коефіцієнта використання  $U$  полягає в тому, що



цей параметр в першому наближенні не залежить ні від відношення площі світлових отворів до площі підлоги, ні від числа світильників у приміщенні. Це дозволяє при порівнянні проектних рішень спрощувати аналіз і не враховувати габаритні розміри приміщень.

Як згадувалося вище, при такому підході враховується все світло, падаюче на робочу поверхню, без врахування необхідних нормативних рівнів. Ми також будемо брати до уваги весь час від світанку до заходу сонця (години, коли зовнішня горизонтальна освітленість перевищує 500 лк). Інши-ми словами, ми розглядаємо період часу, який не збігається з графіками роботи компаній та установ. Різниця між цими тимчасовими періодами найбільш виражена для високих широт, де більша частина природного, світла не використовується в літку, так як там буває світло дуже рано і дуже пізно. Для того, щоб звести до мінімуму ситуації, при яких природне світло проникає в будівлю в надмірно великих кількостях, ми обмежили площу світлового отвору розумною величиною, яка відповідала б освітлювальній робочій площі.

## **2.6 Розрахунок ефективності систем штучного та природного освітлення**

Оцінку систем комбінованого освітлення було проведено при використанні програми світлового моделювання Lightscape. Моделі світлових отворів будувалися шляхом перетворення розподілу яскравості небосхилу в фотометричне тіло світильників.

Для систем, що встановлюються на даху, значення зовнішньої загальної освітленості (від небосхилу і Сонця) приймались 30000 лк для годин, коли зовнішня горизонтальна освітленість перевищувала 500 лк (4483 год/рік.). Це відповідає річній світловій енергії в 134,5 Млм·год/рік.

Для вертикальних світлових отворів, які приймались повернутими на північ, враховувалась тільки розсіяна освітленість та затінюючі перешкоди (висотою до 20°). Для цих умов середня освітленість становила 7300 лк для тієї

ж кількості годин (4483 год / рік). Ті ж вихідні дані були прийняті для світлових отворів, розташованих на даху. При цьому передбачалося, що, як правило, вони оснащуються сонцезахисними жалюзями, які керуються оптимальним чином.

Оцінки витрат будувалися на даних професійних організацій про вартість монтажу одного світильника (яка включала в себе вартість робіт із забезпечення електричного живлення та встановлення світильника з лампою). При оцінці систем природного освітлення враховувалася вартість встановлення вікон та інших компонентів.

Всі результати приводились до річних, а термін служби вертикальних світлових отворів становив 50 років. Термін служби світильників верхнього світла приймався рівним 20 рокам, а світлових отворів на даху - 30. Передбачалося, що оптичні компоненти системи замінюються раз в 30 років. Для систем штучного освітлення термін служби світильників приймався рівним 20 рокам, і враховувалася стабільність характеристик ламп і витрати по їх заміні.

Нижче наведені характеристики і деякі економічні оцінки різних систем освітлення. В першу чергу наведено експлуатаційні витрати (€ / рік) в розрахунку на забезпечення деякої річної світлової енергії (Млм×год / рік).

Світлодіодне освітлення поки що не дуже економічне, але все ж економічніше за освітлення з ЛР. З огляду на те, що ця технологія бурхливо розвивається і прогнозується зниження вартості одного люмена втричі, СД освітлення з часом зрівняється по економічності з ЛЛ. Порівняльні характеристики систем штучного освітлення наведена в таблиці 4.1.

Освітлення від системи штучного освітлення з світильниками прямого і відбитого світла характеризується підвищеним зоровим комфортом. В порівнянні з вбудованими в стелю, або растровими світильниками така система характеризується великими капітальними витратами. Менша ефективність частково компенсується перевагами нерівномірного розподілу освітлення та підвищеним рівнем освітленості на робочих поверхнях.

Таблиця 2.6 – Порівняльні характеристики систем штучного освітлення

	Одиниці вимір.	Система освітлення			
		ЛР	ЛЛС 1	ЛЛС 2	СДС
Потужність	Вт	50	54	70	1
Термін служби світильників	год.	20			
Капітальні витрати, включаючи витрати на встановлення	€	80	163	540	-
Термін служби ДС	год.	1500	15000	15000	50000
Вартість ДС	€	3,5	34,5	39,6	6
Світловий потік світильника	лм	750	4200	6000	50
Коефіцієнт використання		0,9	0,5		
Світловий потік, що падає на робочу поверхню	лм	675	2100	3000	25
Число годин роботи ОУ в рік	год.	3000			
Вартість електроенергії	€/кВт·год.	0,1			
Вартість обслуговування	€/рік	40			
Термін обслуговування	років	0,25			
Число замін ДС за 50 років		100	10	10	3
Вартість замін ДС за 50 років		350	345	396	18
В-сть обслуговування за 50 років		1000	100	100	30
Вартість заміни світильників	€	200	407,5	1350	0
Сумарні витрати (за 50 років)		1550	852,5	1846	48
Вартість електроенергії		750	810	1050	15
Експлуатаційні витрати		2300	1662,5	2896,0	63,0
Річні амортизаційні і експлуатаційні витрати	€/рік	46,00	33,25	57,92	1,26
Річна світлова енергія	Млм·год.	2,03	6,30	9,00	0,08
Річна потужність	Вт/ Млм·год	24,69	8,57	7,78	13,33
<b>Річні витрати на освітлення</b>	<b>€/Млм·год</b>	<b>22,72</b>	<b>5,28</b>	<b>6,44</b>	<b>16,80</b>

Таблиця 2.7 – Порівняльні характеристики систем штучного освітлення

	Одиниці вимірювання	Фасадний світловий отвір	Міжкімнатне вікно
Річна світлова енергія на вході вертикального світлового отвору	Млм·год /рік	32,73	0,49
Термін служби системи	год	50	,00
Площа отвору	м <sup>2</sup>	6,16	4,05

## Продовження таблиці 2.7

Капітальні витрати (включаючи монтаж)	€	3219,63	1097,55
Коефіцієнт пропускання засклення	-	0,63	0,72
Годовая световая энергия на выходе системы	Млм·год	127,00	1,44
Річна світлова енергія на виході системи	Млм·год	55,88	0,50
Коефіцієнт використання	-	0,44	0,35
Вартість заміни засклення тільки фасадного вікна (кожні 20 років)	€	300,00	-
В-сть обслуговування за 50 років	€	750,00	-
Амортизаційні витрати	€/рік	64,39	21,95
Вартість експлуатації (екрановані жалюзі)	€/рік	15,00	-
Сумарні річні витрати	€/рік	79,39	21,95
<b>Сумарні річні витрати на освітлення</b>	<b>€/ Млм·год</b>	<b>1,42</b>	<b>43,62</b>

Таблиця 2.8 – Характеристики світловодної системи природнього освітлення

	Одиниці вимірювання	Значення
Загальна річна світлова енергія на вході системи	Млм·год /рік	134,49
Термін служби системи	год	30,00
Площа отвору (діаметр 0,375 м при довжині 3,5 м)	м <sup>2</sup>	0,11
Коефіцієнт пропускання системи	-	0,35
Коефіцієнт використання	-	0,80
Річна світлова енергія на виході системи	Млм·год	5,18
Річна світлова енергія на робочій поверхні	Млм·год	4,14
Капітальні витрати (включаючи монтаж)	€	1140,00
Вартість площі, яку займає світловод (0,11 м <sup>2</sup> ×1000 €/ м <sup>2</sup> )	€	110
Вартість запасних частин	€	800,00
Вартість робіт по заміні запчастин (за 50 років)	€	1333,33
Амортизаційні витрати	€/рік	22,80
Витрати на експлуатацію	€/рік	26,67
Сумарні річні витрати	€/рік	49,47
<b>Сумарні річні витрати на освітлення</b>	<b>€/ Млм·год</b>	<b>11,94</b>

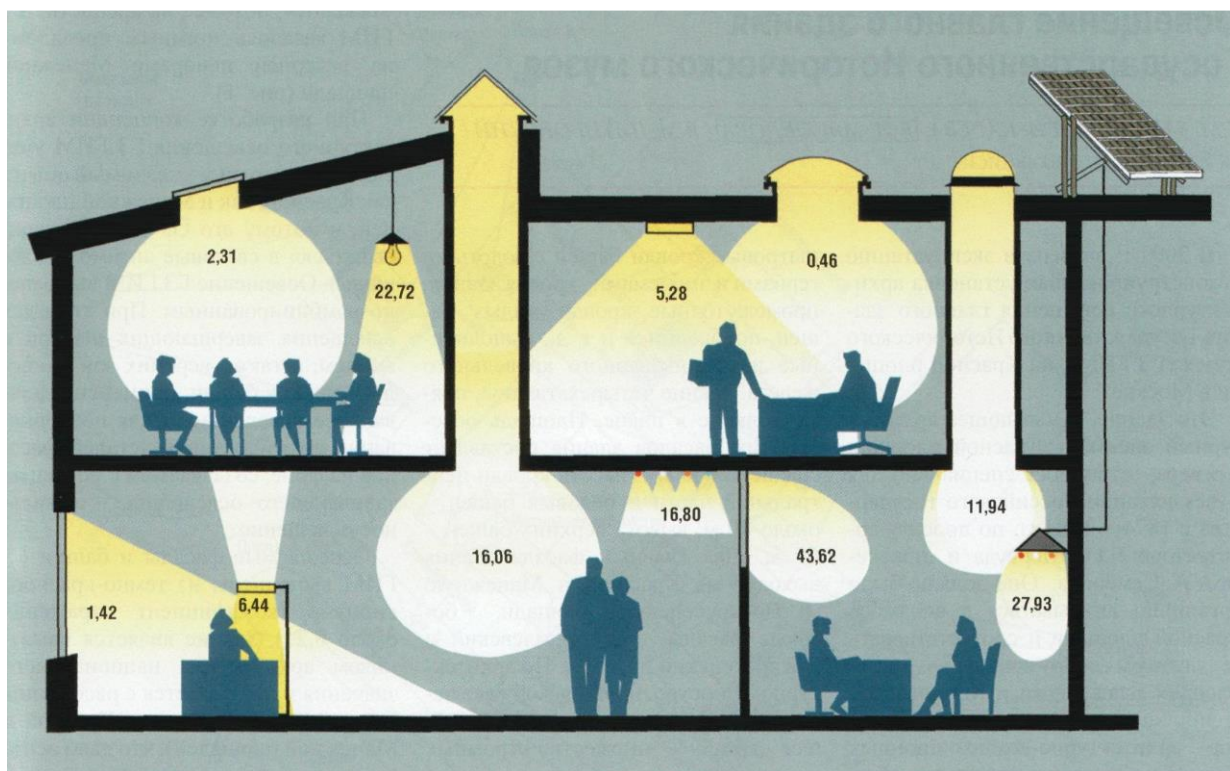


Рисунок 2.22 – Ефективність різних систем штучного та природного світла

## 2.7 Висновки до розділу 2

Отже, запропонована нова модель системи освітлення покращує існуючу систему освітлення за всіма світлотехнічними та теплотехнічними характеристиками. Було отримано нормативну освітленість в основних приміщеннях дитячого дошкільного закладу. Реалізовано більш сприятливе, з точки зору освітлення, середовище для здоров'я дітей.

### 3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Характеристика і показники гібридної системи освітлення

Гібридний світильник – це продукт поєднання систем штучного та природного освітлення, який має наступні параметри (таблиця 3.1):

Таблиця 3.1 – параметри гібридної системи освітлення

№ зп	Показник	Значення	Примітка
1	2	3	4
1.	Питома встановлена потужність* освітлювальної системи, $P_{\text{пит}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	3	$P_{\text{пит}}$ : ЛР – 65; КЛЛ – 15, ЛЛ (Т5) – 8, МГЛ – 9, LED – 6 Вт/м <sup>2</sup> – тип ламп**
2.	Висота установки	3 - 20	Висота стелі приміщення
3.	Електрична потужність світильника, Вт	60 - 600	Електрична потужність СБШС
4.	Світловий потік, Лм	$\geq 60000$	ПТС- природне світло
		$\geq 6000 - 60000$	СБШС – штучне світло
		$\geq 6000 - 60000$	ПТС + СБШС + САУ
5.	Світлова віддача, приведена до добового ( річного ) циклу роботи, Лм /Вт	$\geq 320$	Фізична межа світлової віддачі світлодіодів – 280 Лм /Вт
6.	Відстань транспортування світла із втратами не більше 5%, м	$\geq 20$	
7.	cos $\varphi$	0,95	
8.	Електричні мережі живлення	U = 220/380В f = 50Гц	Промислові мережі
9.	Керованість світильника	сумісний із САУ	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
10.	Якість кольоропередачі , $R_a$	$\geq 95$	Ідеальне світло
11.	Ступінь захисту від впливу зовнішньої середовища , IP	42	
12.	Можливість застосування для аварійного освітлення	так	
13.	Ефект енергозбереження , %	не менше 65%	Порівняння з ОУ**** на світильниках із МГЛ
14.	Характеристика освітленості об'єкта протягом доби , $E_{\text{норм}}^{***}$ Лк	$E_{\text{норм}} = \text{const}$	ПТС + СБШС + САУ
15.	Термін служб, років/год	Solatube	30 років
		СБШС	10/50000
		Solatube	10
		СБШС	5
16.	ГС сумісний з типорядом ПТС, діаметр ПТС, мм	350, 530, 740	
17.	Світловий ККД оптичного тракту, не нижче, %.	97	
18.	Життєвий цикл морального старіння	не обмежений	Гібридний світильник включає компоненти сучасної електронної техніки та технології, які постійно удосконалюються
19.	Діапазон допустимих температур експлуатації , °С	-30 - +40	
20.	Режим керування	автоматичний	Система « Розумний дім», управління освітленням без участі людини

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
21.	Ремонтопридатність світильника	висока	Світильник має модульну конструкцію, ремонт методом заміни окремих блоків. Ремонт та заміна проводяться груповим способом після закінчення корисного (нормативного) терміну експлуатації.

Примітка: \* Питома встановлена потужність при  $E=300\text{Лк}$ ,  $h_{\text{стелі}} \geq 6\text{м}$ ;

\*\* тип ламп: ЛР – лампа розжарювання, КЛЛ – компактна люмінесцентна лампа, ЛЛ (Т5) – люмінесцентна лампа типу Т5, МГЛ – металогалогенна лампа, LED – світлодіодний світильник;

\*\*\*  $E_{\text{норм}}$  – нормований проектний рівень освітленості об'єкта;

\*\*\*\* ОУ – освітлювальна установка.

Досягнення рекордних параметрів забезпечено за рахунок технологічного контролю якості та оптимізації окремих конструктивних вузлів (СМ, СБШС, електронний УБП, САУ) їх оригінального компонування в єдину енергетичну та оптичну систему та оптимізації світлотехнічних та експлуатаційних параметрів всього комплексу системи ГС: оптимальний тепловий режим СМ та СБШС, світловий ККД не нижче 97%, енергетичний ККД СБШС не нижче 90%, сумісність з САУ, висока надійність та довговічність .

### 3.2 Розрахунок надійності гібридної системи освітлення

Найважливішим параметром світильника є його надійність та довговічність в основному ці характеристики безпосередньо залежать від



параметрів теплового режиму світлодіодних модулів. Тому для розрахунку надійності і довговічності роботи (ГОС) потрібно виконати теплотехнічний розрахунок конструкції гібридного світильника у зоні розташування світлодіодного блоку. Теплове поле світильника характеризується середньою та локальною температурами, величина яких залежать від потужності світлодіодних модулів, режиму охолодження та матеріалу стінок світильника.

Для побудови теплового балансу необхідно задати:

- 1) Температура  $t_v = const$  всім внутрішніх елементів світильника;
- 2) Умова охолодження стінок світильника – теплопровідність;
- 3) Відвід тепла відбувається з верхньої та бокових поверхонь світильника;
- 4) Нагрів здійснюється за рахунок теплової потужності LED- модулів, що дорівнює ( $P_{led} = (1 - \eta_{led}) = a \cdot P_{led} \cdot (\eta_{led} = \text{ККД модуля})$ ).

5) Теплова потужність передається від LED- модулів до сталевих основи модуля та рівномірно розподіляється всередині світильника.

Розрахунок проводимо для гібридного світильника виконаного на базі Solatube 290 DS ( діаметр труби 740мм), в режимі максимальної потужності  $P_{max} = 600$  Вт. Температура оточуючого середовища прийнято рівною  $t_0 = 30^\circ\text{C}$ .

В основі розрахунку теплового режиму гібридного світильника лежить рівняння, яке можна записати в наступній формулі:

$$Q_{відв} = Q_{відв} \quad (3.1)$$

При цьому передбачається, що нагрівання буде відбуватись з середини за рахунок енергії що відводиться від світлодіодного модуля.

Потужність, що йде на нагрівання можна знайти за наступною формулою:

$$Q_{відв} = a \cdot P_{led} \quad (3.2)$$

де:

коефіцієнт  $a$  – це максимальні втрати світлодіодних модулів, і який дорівнює 0,7, а  $P_{led}$  – це сумарна потужність світлодіодних модулів, яка дорівнює 60 Вт.

Потужність, яка відводиться від світильника, визначається потужністю теплових потоків з його поверхні шляхом випромінювання та теплопровідності. Конвекція не грає значної ролі у тепловідводі.

Питомі втрати потужності визначаються потужністю випромінювання з поверхні (закон Стефана- Больцмана ):

$$q_{\text{випром}} = \varepsilon_{\text{cm}} \cdot \sigma_0 \cdot (T_{\text{cm}}^4 - T_o^4) \quad (3.3)$$

де:

$\varepsilon_{\text{cm}}$  коефіцієнт випромінювання матеріалу дорівнює 0,28;  $\sigma_0$  - постійна Стефана- Больцмана;  $T_{\text{cm}}^4$  - температура стінки;  $T_o^4$  - температура оточуючого середовища.

Питомі втрати потужності шляхом теплопередачі в оточуюче середовище у випадках природної конвекції можуть бути визначені за рівнянням:

$$q_m = \alpha \cdot (t_{\text{cm}} - t_o) \quad (3.4)$$

де:

$\alpha$  – повний коефіцієнт зовнішнього теплообміну поверхні світильника з оточуючим середовищем;  $t_{\text{cm}}$  – температура стінки світильника;  $t_o$  – температура оточуючого середовища, рівна 30°C.

Величину  $\alpha$  можна визначити з наступної наближеної формули:

$$\alpha = A \cdot d^{-0.25} (t_{\text{cm}} - t_o)^{-0.25} \quad (3.5)$$

де:

$A$  – коефіцієнт залежить від роду оточуючого газу та його тиску ;  $d$  – діагональ світильника, см.

Для випадку роботи у спокійному повітрі при  $T_o = 303$  К та нормальному тиску  $A = 4,5 \cdot 10^{-4}$ .

Діагональ світильника можна знайти за наступною формулою:

$$d = \sqrt{x^2 + y^2 + h^2} \quad (3.6)$$

де:

$x = 685,5$ ,  $y = 685,5$   $h = 40$  довжина, ширина, висота світильника в см.

Тоді:

$$q_T = A \cdot d^{-0,25} (t_{cm} \cdot t_o)^{-1,25} \quad (3.7)$$

Відводиться з поверхні бордюра потужність висловиться рівнянням :

$$Q_{відв} = \left[ \varepsilon_{cm} \cdot \sigma_0 \cdot (T_{cm}^4 \cdot T_o^4) + d^{-0,25} (t_{cm} \cdot t_o)^{-1,25} \right] \cdot S \quad (3.8)$$

де:

$S$  – площа поверхні світильника, яку можна знайти за формулами:

$$S = x \cdot y + x \cdot h + y \cdot h \quad (3.9)$$

$$S_{осн} = x \cdot y, \text{ м}^2 \quad (3.10)$$

Тоді:

$$S = (x \cdot y + x \cdot h + y \cdot h) - x \cdot y, \text{ м}^2 \quad (3.11)$$

Повне рівняння теплового балансу світильника набуде вигляду:

$$\alpha \cdot P_{led} = \left[ \varepsilon_{cm} \cdot \sigma_0 \cdot (T_{cm}^4 \cdot T_o^4) + d^{-0,25} (t_{cm} \cdot t_o)^{-1,25} \right] \cdot S \quad (3.12)$$

Результати розрахунків зведемо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку теплового режиму конструкції ГОС

$T_o, \text{ К}$	$T_{cm}, \text{ К}$	$t_{cm}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_o, \text{ }^\circ\text{C}$	$q_{випр.} \text{ Вт}$	$q_{менл.} \text{ Вт}$	$Q_{відв.} \text{ Вт}$	$Q_{відв.} = P_{led} \cdot 0,7, \text{ Вт}$
303	333	60	30	140,24	211,80	352,05	420
	334	61		145,62	220,67	366,29	
	335	62		151,05	229,60	380,65	
	336	63		156,53	238,60	395,13	
	337	64		162,06	247,67	409,73	
	338	65		167,63	256,81	424,45	
	343	70		196,27	303,46	499,73	

### 3.3 Висновки до розділу 3

1. Наведено технічні параметри гібридної системи освітлення.
2. Поведено розрахунок надійності гібридної системи освітлення.
3. Основні конструктивні і техніко-експлуатаційні характеристики гібридної системи освітлення:

- питома потужність гібридного світильника – 3 Вт/м<sup>2</sup>;
- світлова віддача >320 лм/Вт;
- енергетичний ККД – не менше 88%;
- ККД світлопередачі – не менше 97%.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Заходи щодо охорони праці в умовах комбінованого освітлення приміщень

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двохстороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюване через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване — поєднання верхнього та бокового освітлення.

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно як зсередини так і з зовні приміщення.

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником – коефіцієнтом природнього освітлення (КПО)

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в темний період доби. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно враховувати економічні показники.

На робочих місцях встановлюються світильники місцевого освітлення ( $e = 2\%$ ). В місцях де постійно працюють робітники застосовують люмінесцентні Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у

верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення,

яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Таблиця 4.1 – Нормування освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший об'єкт розрізнення, мм	Розділ зорової роботи	Підрозділ роботи	Контраст об'єкту розрізнення з фоном
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV	а	малий
Характеристика фону	Освітленість, лк		КЕО $E_H$ %	
	Штучне освітлення		Природне освітлення	Сумісне освітлення
	Комбіноване	Загальне		
малий	750	300	2	1

Щоб зменшити ефект пульсації світлового потоку, сусідні світильники включають на різні фази мережі. Освітлення сучасних електромеханічних та ремонтно-механічних цехів реалізують за допомогою прожекторів із галогеновими лампами. Освітленість робочих місць при застосуванні ламп розжарювання повинна бути не менше 10 лк. Черговий та оперативний персонал повинен бути забезпечений додатковими акумуляторними ліхтарями.

#### **4.2 Правила техніки безпеки при експлуатації освітлювального обладнання**

Робота щодо забезпечення безпечної експлуатації ЕУ здійснюється згідно з обов'язковими, для всіх споживачів електроенергії, незалежно від їх відомчої приналежності, правилами технічної експлуатації ЕУ споживачів та правилами техніки безпеки при експлуатації ЕУ споживачів. Обслуговування діючих ЕУ, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і випробувань здійснюються

спеціально підготовленим електротехнічним персоналом.

Роботи в діючих ЕУ з врахуванням заходів безпеки поділяються на виконувани: зі зняттям напруги, без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них, без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою. До робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться роботи, котрі виконуються в ЕУ, в котрій зі всіх струмоведучих частин знята напруга. До робіт, виконуваних без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них, відносяться роботи, котрі проводяться безпосередньо на цих частинах.

Роботою без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, вважається робота, при котрій виключається випадкове наближення працюючих людей та використовуваного ними ремонтного обладнання і інструменту до струмоведучих частин на віддаль менше встановленої і не вимагається вживання технічних або організаційних заходів (безперервного нагляду) для запобігання такому наближенню. При виконанні робіт зі зняттям напруги та без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них повинні виконуватись організаційні та технічні заходи.

До організаційних заходів відносяться:

☞ оформлення роботи по наряді-допуску, розпорядженню або за переліком робіт, виконуваних в порядку поточної експлуатації;

☞ допуск до роботи;

☞ нагляд під час роботи;

☞ оформлення перерви під час роботи;

☞ переводи на інше робоче місце.

### **4.3 Пожежна небезпека**

У всіх випадках для горіння характерні три стадії: виникнення, поширення та згасання полум'я. Найбільш загальними властивостями горіння є здатність осередку полум'я пересуватися по всій горючій суміші шляхом передачі тепла або дифузії активних частинок із зони горіння в свіжу суміш.

Звідси виникає й механізм поширення полум'я, відповідно тепловий та дифузійний. Горіння, як правило, проходить за комбінованим теплодифузійним механізмом.

В залежності від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин і матеріалів пожежі, за ГОСТ 27331-87 «Пожарная техника. Классификация пожаров», поділяються на відповідні класи та підкласи:

**клас А** - горіння твердих речовин, що супроводжується (підклас А1) або не супроводжується (підклас А2) тлінням;

**клас В** - горіння рідких речовин, що не розчиняються (підклас В2) у воді;

**клас С** - горіння газів;

**клас Д** - горіння металів легких, за винятком лужних (підклас Д1);

лужних (підклас Д2), а також металовмісних сполук (підклас Д3);

**клас Е** - горіння електроустановок під напругою.

Для виникнення горіння необхідна одночасна наявність трьох чинників - горючої речовини, окислювача та джерела запалювання. При цьому, горюча речовина та окисник повинні знаходитися в необхідному співвідношенні один до одного і утворювати таким чином горючу суміш, а джерело запалювання повинно мати певну енергію та температуру, достатню для початку реакції. Горючу суміш визначають терміном «горюче середовище». Це - середовище, що здатне самостійно горіти після видалення джерела запалювання. Для повного згорання необхідна присутність достатньої кількості кисню, щоб забезпечити повне перетворення речовини в його насичені оксиди. При недостатній кількості повітря окислюється тільки частина горючої речовини. Залишок розкладається з виділенням великої кількості диму. В цих умовах також утворюються токсичні речовини, серед яких найбільш розповсюджений продукт неповного згорання - оксид вуглецю (СО), який може призвести до отруєння людей. На пожежах, як правило, горіння відбувається за браком окисника, що серйозно ускладнює пожежегасіння внаслідок погіршення видимості або наявності токсичних речовин у повітряному середовищі. Горіння може бути гомогенним та гетерогенним.

При гомогенному горінні речовини, що вступають в реакцію окиснення,



мають однаковий агрегатний стан - газо- чи пароподібний.

Якщо початкові речовини знаходяться в різних агрегатних станах і наявна межа поділу фаз в горючій системі, то таке горіння називається гетерогенним.

Як уже зазначалось, відповідно до ГОСТ 12.1.004 - 91 «Пожарная безопасность» вибухопожежна безпека об'єкта забезпечується системами:

- попередження вибухів і пожеж;
- протипожежного та противибухового захисту;
- організаційно-технічних заходів.

Система попередження вибухів і пожеж має за мету не допустити виникнення вибухів і пожеж.

Заходи і засоби попередження утворення горючого середовища в кожному конкретному випадку визначаються реальними умовами, що розглядаються, вибухопожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що використовуються у технологічному циклі.

Попередження утворення горючого середовища може забезпечуватись загальними заходами або їх комбінаціями, що наведені в ГОСТ 12.1.007 – 76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Найбільш радикальним заходом попередження утворення горючого середовища є заміна горючих речовин і матеріалів, що використовуються, на негорючі та важкогорючі.

Тому попередження виникнення в горючому середовищі або внесення до нього джерел запалювання є головним стратегічним пріоритетом у роботі щодо запобігання пожежам. Джерелом запалювання може бути нагріте тіло чи екзотермічний процес, які здатні нагріти деякий об'єм горючої суміші до температури, коли швидкість тепловиділення ініційованого нагрівом процесу окислення перевищує швидкість тепловідводу із зони реакції.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У даній кваліфікаційній роботі були розглянуті різні аспекти ефективності природного та штучного освітлення, а також розробка та оцінка гібридних освітлювальних систем. Зміст роботи структуровано в трьох основних розділах: аналітичний, проектно-конструкторський та розрахунково-дослідницький.

**Аналітичний розділ** надає детальну оцінку різних систем природного освітлення, таких як світлопрозорі ліхтарі, світлові отвори у даху, сонячні світлові колодязі та світловоди. Також розглядається ефективність освітленості від фасадних та міжкімнатних світлопрозорих конструкцій. На основі проведеного аналізу було зроблено висновок, що кожен тип системи має свої переваги та недоліки залежно від умов використання та конструктивних особливостей будівлі.

**Проектно-конструкторський розділ** зосереджується на практичних аспектах розробки та впровадження освітлювальних систем. В цьому розділі виконано моделювання розподілу освітленості в приміщенні дитячого садка, розроблено гібридний світильник, здійснено розрахунки електроспоживання та енергоефективності, а також проведено техніко-економічний аналіз ефективності комбінованих освітлювальних систем. Результати показали, що гібридні системи освітлення можуть значно підвищити ефективність використання енергії та забезпечити більш комфортні умови для дошкільного закладу.

Розрахунково-дослідницький розділ описує характеристику та показники гібридної системи освітлення, а також розрахунок її надійності. Проведені дослідження підтвердили, що гібридні системи освітлення не тільки підвищують енергоефективність, але й забезпечують високий рівень надійності, що є критично важливим для безперервного функціонування освітлювальних систем.

Загалом, робота демонструє комплексний підхід до оцінки та розробки ефективних освітлювальних систем, враховуючи як теоретичні, так і практичні аспекти.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Тарасенко М. Dependences of relative and absolute glazed area from configuration and common areas of window embrasure / М. Тарасенко, В. Бурмака, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2018. – №1 (89). – С. 122-131.
2. Тарасенко М. Шляхи економії паливно-енергетичних ресурсів у побуті / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.
3. Тарасенко М. Економічна ефективність багатотарифного обліку електроенергії в Україні / М. Тарасенко, К. Козак // Світлотехніка та електроенергетика. – 2017. – №1. – С. 23-33.
4. Тарасенко М. Ways to save fuel and energy resources in daily graft / М. Тарасенко, К. Козак // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2017. – №1 (85). – С. 101-108.
5. Тарасенко М. Гранично можливі світлові віддачі джерел світла / М. Тарасенко, К. Козак // Світлотехніка та електроенергетика. – 2016. – №3. – С. 8-13.
6. Burmaka V. Definition of a composite index of glazing rooms / Burmaka V., Tarasenko M., Kozak K., Khomyshyn V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – 4 (10-94), pp. 22-28. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.1410187.
8. Л. А. Назаренко, Д. П. Зубков, С. А. Рева, «Методи вимірювання сили світла та світлового потоку світлодіодів». Український метрологічний журнал, №3, с.29-33, 2010.
10. А. І. Колесник, Л. А. Назаренко, «Особливості розрахунку тепловідводу для світлодіодних вуличних світильників» на X Міжнародній науково-технічній конференції «Метрологія та вимірювальна техніка», Харків, 2016, с. 116.

11. В. М. Сорокін, В. П. Копнін, А. Ф. Серий, О. М. Климчук, І. В. Пігольчук, «Ще раз про нюанси теплового опору в контексті світлодіодного освітлення», Світлотехніка та електроенергетика, № 1, с. 3-10, 2017.

12. В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась, Світлодіоди: фізика, технологія виготовлення, застосування: навч. посібник, Харків, Україна: ХНАМГ, 2010.

13. А. І. Колесник, Л. А. Назаренко, «Методики та результати експериментальних досліджень відводу тепла від світлодіодного приладу» на VI Міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні проблеми світлотехніки», Харків, 2017, с. 71-72.

14. В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась, Математичне моделювання у світлотехніці: навч. посібник, Харків, Україна: ХНАМГ, 2008.

15. А. І. Колесник, Д. О. Усіченко, «Дослідження теплових режимів та спектральних характеристик зразків світлодіодного світильника» на XI Міжнародній науково-технічній конференції «Метрологія та вимірювальна техніка», Харків, 2018, с. 125-126.

16. І. М. Трунова, Л. Ю. Волотка, Т. Л. Насєдкіна, «Вдосконалення методики енергетичного аудиту системи освітлення», Вісник ХДТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, Вип.130, с. 33–35, 2012.

17. А. Колесник, Д. Усіченко, «Результати дослідження розподілу температурних полів світильника» на VI Міжнародній науково-технічній конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», Тернопіль-Яремче, 2018. с. 38.

18. ДСТУ Б А.2.4-24:2008. СПДБ. Внутрішнє електричне освітлення. Робочі креслення.