МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

магістр
(рівень вищої освіти)

на тему Розробка сумісного освітлення у виробничому приміщенні

Виконав: студент 2 курсу,групи 8.1923-мопа-дн
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Містобудування та об'ємно-просторова архітектура
(назва освітньої програми)
Кахлауі Аюб
(ініціали та прізвище)

Керівник доц.,к.арх, Сазонова О. Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент доц., к.т.н, Фостащенко О.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Містобудування та об'ємно-просторова архітектура

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«01» 10 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Кахлауі Аюбу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Розробка сумісного освітлення у виробничому приміщенні

керівник роботи доц..к.арх, Сазонова О. Ю.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «30» 09 2024 року № 1486-с .

1 Строк подання студентом роботи 01.02.2025

2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Провести порівняльний аналіз систем природного світла та проектування природного освітлення та також провести аналіз освітленості в котельні №1та технологічних та організаційних заходів щодо підвищення енергетичної ефективності систем освітлення виробничого приміщення котельні №1

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напряму досліджень, результатами експериментальних досліджень, результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сазонова О. Ю.		
2	Сазонова О. Ю.		
3	Сазонова О. Ю.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Літературний огляд	01.10	
2	Розділ 1	01.11	
3	Розділ 2	15.11	
4	Розділ 3	01.12	
5	Розробка графічної частини	15.12	
6	Оформлення роботи	15.01	
7	Попередній захист	01.02	

Студент _____ Кахлауі Аюб
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) _____ Сазонова О. Ю.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Гребенюк І.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кахлауі Аюб. Розробка сумісного освітлення у виробничому приміщенні.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник О.Ю. Сазонова. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2025.

У роботі проводилися виміри освітленості в котельні №1, реконструкція штучного освітлення, порівняльний аналіз систем природного світла та проектування природного освітлення, розрахунок економії під час використання сонячних світловодів, аналіз системи управління.

Ключові слова: СУМІЩЕНЕ ВИСВІТЛЕННЯ, ШТУЧНЕ ВИСВІТЛЕННЯ, СИСТЕМА ПРИРОДНОГО ВИСВІТЛЕННЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ, ВИРОБНИЧЕ ПРИМІЩЕННЯ.

ABSTRACT

Kahlaoui Ayoub. Development of Compatible Lighting in the Production Room.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor O.Yu. Sazonova. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2025.

The work included measurements of illumination in boiler room No. 1, reconstruction of artificial lighting, comparative analysis of natural light systems and natural lighting design, calculation of savings when using solar light guides, and analysis of the control system.

Keywords: APARTMENT, COMBINED LIGHTING, ARTIFICIAL LIGHTING, NATURAL LIGHTING SYSTEM, AUTOMATIC CONTROL SYSTEM, PRODUCTION PREMISES.

ЗМІСТ

	ВСТУП……	7
Розділ 1	ВИМОГИ ДО ПРОМИСЛОВИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК……	9
1.1	Зорова працездатність……	9
1.2	Вплив рівнів освітлення на людей……	13
1.3	Пульсація ламп……	15
Розділ 2	ОСВІТЛЮВАЛЬНІ УСТАНОВКИ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ……	17
2.1	Штучне освітлення……	20
2.2	Природне висвітлення……	22
2.2.1	Бокове освітлення……	24
2.2.2	Освітлення через дах……	25
2.2.3	Світлові колодязі……	28
2.2.4	Порівняння систем ПО……	33
2.3	Системи автоматичного керування……	40
Розділ 3	ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – КОТЕЛЬНЯ №1 М. КРИВИЙ РІГ……	46
3.1	Розробка ШО для котельні №1……	50
3.2	Розробка ПО для котельні №1……	55
3.3	Розробка САУ для котельні №1……	61
3.4	Аналіз шкідливих факторів виробничого середовища……	63
3.4.1	Недостатня освітленість……	63
3.4.2	Несприятливі умови мікроклімату……	64
3.4.3	Вплив шкідливих речовин……	65
3.4.4	Електромагнітне випромінювання……	68
3.4.5	Ураження електричним струмом……	70
3.5	Регіональна безпека……	74
3.6	Організаційні заходи забезпечення безпеки……	75
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ……		78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……		79
ДОДАТОК А……		85

ВСТУП

Актуальність дослідження. Першорядне значення при виборі систем освітлення у виробничих приміщеннях мають точність зорових робіт, характер виробничих процесів на підприємстві, світлокліматична зона та інші. Умови висвітлення на підприємстві дуже впливає на фізичний та емоційний стан трудящих, на якість роботи та травматизм.

Енергетичне обстеження будівель (енергоаудит) дозволяє визначити енергоефективність будівлі та оцінити потенційну можливість економії. Завданнями енергоаудиту є: отримання даних про обсяг енергетичних ресурсів, що витрачаються; визначення потенціалу енергозбереження та збільшення енергоефективності; розробка заходів щодо енергозбереження та підвищення енергоефективності.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка технологічних та організаційних заходів щодо підвищення енергетичної ефективності систем освітлення виробничого приміщення котельні за одночасного забезпечення комфортного світлокліматичного середовища за рахунок оптимізації системи поєднаного освітлення будівлі.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є система поєднаного освітлення у виробничому приміщенні, котельні.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є аналіз проблем забезпечення комфортного та енергоефективного освітлення виробничих приміщень.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися узагальнення, аналіз теоретичних та практичних досліджень на тему роботи та комплексні дослідження експлуатаційних властивостей фасадних панелей.

Наукова новизна одержаних результатів. Розглянуто сукупність аспектів штучного, природного освітлення та енергозберігаючих заходів при розробці проекту реконструкції системи освітлення на прикладі котельні.

Практичне значення одержаних результатів. Реконструкція штучного освітлення, порівняльний аналіз систем природного світла та проектування природного освітлення, розрахунок економії при використанні сонячних світловодів, аналіз системи керування.

Особистий вклад дослідника. Постановка мети і завдання дослідження. Збір і аналіз даних для проведення дослідження.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел, містить 86 сторінок, 21 рисунок, 12 таблиць, 60 список використаних джерел.

РОЗДІЛ 1
ВИМОГИ ДО ПРОМИСЛОВИХ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Промислове освітлення є особливим потребам. Існує безліч тонкощів, які потрібно враховувати при проектуванні промислового освітлення, є багато відмінностей у проектуванні освітлення, наприклад, освітлення комерційного типу. Естетика відіграє не таку важливу роль у промисловому освітленні, як у освітленні заміського будинку - це лише одна з відмінностей.

Промислове освітлення використовується для великої кількості зорових робіт. У всіх випадках має бути забезпечена висока якість освітлення, щоб контролювати необхідну зорову працездатність людини, яка залежить від якості освітлення та від її власних «зорових можливостей» [1].

Висвітлення виробничих приміщень, як великий клас, поділяється на дрібніші типи та підтипи. Залежно від виконуваних робіт, від їх точності проводиться нормування освітленості, вибір типу джерел світла. Умови штучного висвітлення на промислових підприємствах мають великий вплив на зорову роботу, фізичний та моральний стан людей, а, отже, на продуктивність праці, якість продукції та виробничий травматизм [2]. У металургійній промисловості рівень освітленості має бути збільшений від 300 до 2000 лк. За таких рівнів освітленості виникають біологічні ефекти без оптичного зображення (БОІ-ефекти). У цьому спостерігається підвищення зорової працездатності на 16%, зниження шлюбу 29%, а кількість нещасних випадків зменшується на 52 % - усе це призводить до зростання продуктивність праці більш ніж 20 % [3].

1.1 Зорова працездатність

Майже два століття тому людське життя визначалося добовим циклом «день-ніч» і, відповідно, ритмом підйому-сну. З часу промислової революції

та винаходу електричного освітлення суспільство поступово збільшує активний період життя у напрямку до 24-годинного. Іншими важливими ритмами є, наприклад, цикл засинання-прокидання, сонливість, бадьорість, втома, настрій та працездатність [4].

Багато факторів здатні вплинути на зорову працездатність працівників у промисловому приміщенні. Експериментальні дослідження показали, що значення освітленості суттєво впливає на зорову роботу [5]. Збільшення освітленості веде до підвищення продуктивності праці та зменшення втоми, але до межі (близько 1000 лк), оскільки подальше збільшення освітленості пов'язане зі зростанням сліпучої дії об'єктів спостереження (рисунок 1.1).

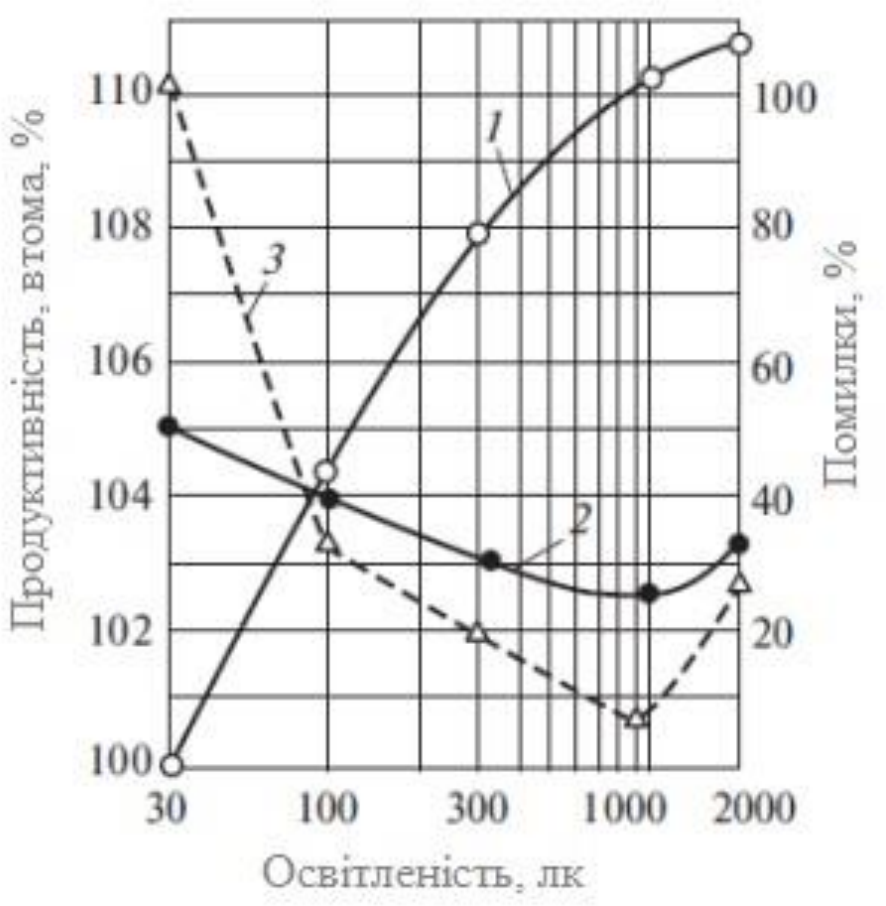


Рисунок 1.1 – Ефективність оптичної установки у функції освітленості: 1) продуктивність праці; 2) стомлення; 3) помилки, допущені під час роботи

Під зорової працездатністю розуміють кількість роботи, виконаної за одиницю часу, наприклад кількість виправленого коректором тексту за певний проміжок часу; швидкість виявлення обриву ниток у ткацькому виробництві тощо. Зорова працездатність вимірюється такими показниками:

- Випуск продукції за одиницю часу (по годинах зміни);
- Обсяг обробленої інформації за одиницю часу (по годинах зміни);
- Ймовірність випуску браку (По годинах роботи).

Зорова працездатність та її якість залежать від кутового розміру об'єкта, що вивчається, яскравості фону $L_ф$, часу спостереження t, а також від якісних характеристик освітлення, від ступеня напруженості зорової роботи, стану органу зору (віку працюючого, втоми, дефектів зору, побічних подразників - шуму , запахів.)

Якщо судити про необхідну освітленість зі стомлення, то оптимальний рівень горизонтальної освітленості $E_{гор}$ = 1000-2000 лк. Збільшення освітленості веде до стрімкого зменшення числа помилок у роботі, але теж до краю. Усі залежності від освітленості найсильніше виявляються в області від 30 до 300 лк, якій відповідає найбільше покращення зорової роботи.

Поліпшення зорової працездатності і, своєю чергою, підвищення продуктивність праці відбивається у вищому ККД і меншу кількість помилок. Ступінь підвищення працездатності за рахунок гарної якості освітлення залежить від зорової компоненти завдання. У таблиці підсумовано результати збільшення зорової працездатності для різних промислових завдань та зменшення шлюбу за рахунок покращення якості освітлення.

Таблиця 1.1 - Збільшення працездатності та зниження кількості шлюбу як результат підвищення рівня освітленості [1]

Тип роботи	Рівень освітленості, лк		Збільшення зорової працездатності, %	Зниження кількості браку, %
	До	Після		
Складання камери	370	1000	7	-
Штампування шкіри	350	1000	8	-
Набірний цех	100	1000	30	18
Остаточні складальні роботи	500	1500	28	-
Металургійна промисловість	300	2000	16	29
Складні зорові завдання у металургійній промисловості	500	1600 2500	10	20
Мініатюрне складання	500-1000	4000	-	90
Ткацька фабрика	250	1000	7	-

При правильному проектуванні все навколишнє продуктивне середовище може надавати стимулюючий вплив на людей, що в ній працюють [1].

Отже, зорова працездатність цілком може бути критерієм регламентації рівнів освітлення освітлювальних пристроїв, оскільки вона великою мірою залежить як від кількісних характеристик освітлення ($E_{гор}$), і якості освітлення [6].

1.2 Вплив рівнів освітлення на людей

Безпосередній стимулюючий вплив світла – вплив випромінювання на самопочуття та настрій людини. Це є частково психологічним впливом, хоча є

і фізична компонента. Різні рівні освітленості здійснюють зміни в моделі електроенцефалограм, впливаючи на центральну нервову систему та різні функції організму. Більш того, результати останніх досліджень гадають можливість припускати, що є безпосередній вплив світла на, наприклад, серцевий ритм та рівень інсуліну [1].

Настрій є відображенням почуттів людини: відчуття хорошого чи поганого фізичного стану та ментального відчуття більшої чи меншої бадьорості. Іншими відомими факторами, що впливають на настрій, є погода/сезон року, а на роботі – умови спостереження та навколишнє (зорове) середовище. Дослідження 145 здорових офісних службовців, що працюють на денну зміну з використанням щонайменше однієї години на день яскравого світла настільної лампи, що забезпечує освітленість 2500 лк, показали, що у % людей спостерігаються менш негативні сезонні ефекти з поліпшенням самопочуття, настрою та рівня енергії .

В інших дослідженнях були виявлені стимулюючі впливи яскравого світла в денний та нічний час, які призводили до підвищення рівня бадьорості та працездатності [7]. Створювана освітленням атмосфера чи довкілля впливає на настрій людей. Висвітлення має підкреслити фізичне довкілля до створення добре збалансованого враження, ділову, затишну тощо. Це дозволяє підвищити працездатність, але особливо впливає настрої людей. Вплив світла є сам собою несвідомим і навіть підсвідомим, доки настає дисбаланс чи руйнівну дію, наприклад у разі дискомфорту чи блискості, що призводить до непрацездатності.

Нерідким випадком є робота на промислових підприємствах у нічний час доби, коли виробничий процес не можна зупинити з тих чи інших причин. У деяких дослідженнях доводять, що нічна зміна має на 20% більше нещасних випадків, ніж ранкова, а для тяжких нещасних випадків – на 80%. Відмінність може сягати 50 % у разі аварій, а працездатність падати на 10-20 % проти ранковою зміною [7].

Існує так само багато досліджень на рівень неспання та пробудження.

Наприклад, були проведені дослідження в умовах змінної роботи (нічної), щоб рівень, неспання був нижчий і, відповідно, очікувані впливи було б сильнішим. У промисловості бадьорість має першорядне значення, т.к. є не лише фактором настрою, а й працездатності та запобігання нещасним випадкам.

Так при впливі двох режимів освітлення (250 лк і 2800 лк) на неспання під час роботи в нічну зміну відбувається спад неспання за ніч для обох режимів, однак, режиму з більш високим рівнем освітленості відповідає і більш високий рівень неспання. Настрій, виражений як рівень неспання для двох рівнів освітленості, представлений рисунку 1.2.

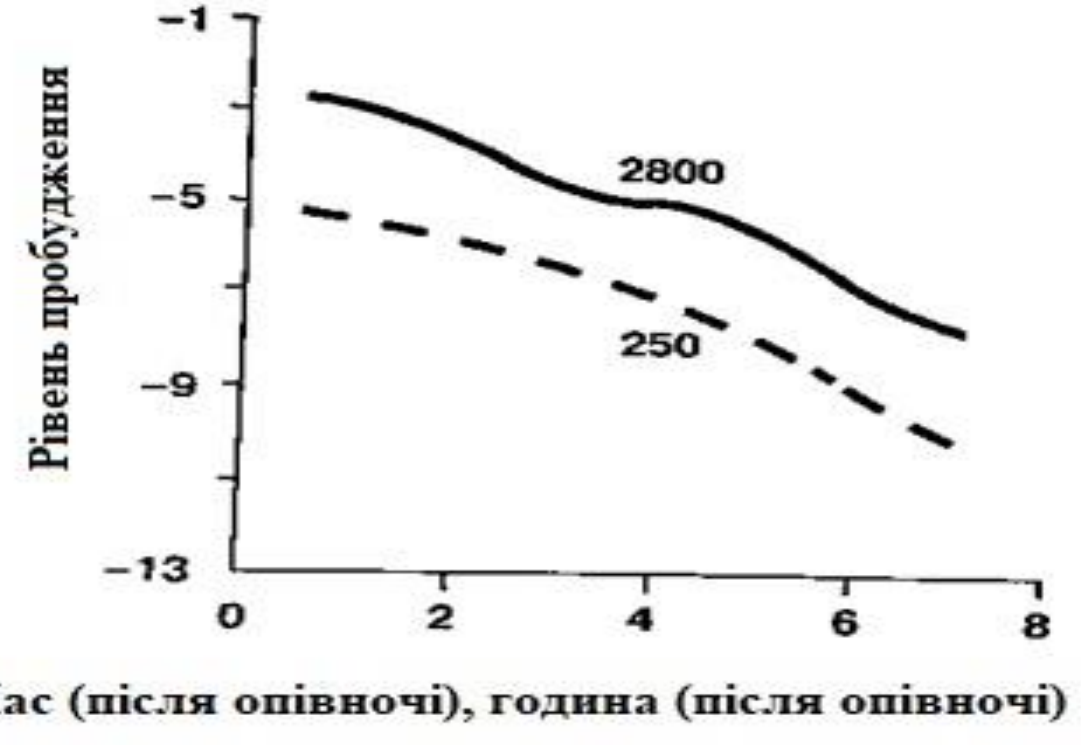


Рисунок 1.2 - Настрій виражений як рівень неспання для рівнів освітленості функції кількості робочих годин для нічної зміни

Інші дослідження показують, що використання вищих рівнів освітленості для того, щоб упоратися зі втомою, дають можливість залишатися бадьорим довше [1].

1.3 Пульсація ламп

Працюючи при освітленні поганої якості або низьких рівнів, люди можуть відчувати втому очей та перевтому, що призводить до зниження працездатності. У ряді випадків це може призвести і до головного болю. Причинами в багатьох випадках є дуже низькі рівні освітленості, сліпуча дія джерел світла та співвідношення яскравостей, яке недостатньо збалансоване на робочих місцях. Головний біль може бути викликаний іноді пульсацією ламп, що є результатом використання магнітних ПРА, що працюють на частоті мережі електроживлення (50 Гц). У деяких випадках мерехтіння може викликати у людей стрес. Електронні баласти, які працюють на високих частотах близько 25 кГц, не мають такого ефекту, що знижує причину виникнення головного болю [4].

Результатом пульсації ламп може стати стробоскопічний ефект. Він може виникнути у виробничих приміщеннях із системою освітлення люмінесцентними лампами, що живляться змінним струмом. Джерелом змінного струму є генератори, які працюють на принципі електромагнітної індукції, під дією якої в ланцюзі протікає змінний електричний струм. За період зміни струм двічі досягає свого максимального значення і двічі практично дорівнює нулю. В результаті люмінесцентна лампа 100 разів на секунду запалюється і стільки ж гасне, так як розряд у парах ртуті теплової інерційності не має.

Явище стробоскопічного ефекту виникає при збігу частоти струму з кратністю числа обертів частин устаткування, що обертаються, т.е. е. відбувається «накладання» періоду включення-вимикання люмінесцентних ламп на період обертання валів механізму. Явище стробоскопічного ефекту може виникнути не тільки за наявності предметів, що рухаються в поле зору працюючого, але і при виконанні будь-якої роботи, коли відбувається відносне переміщення ока і освітлюваного предмета.

Експериментальні дослідження показали також, що на зорову роботу

впливають і якісні характеристики освітлення [5]. Збільшення глибини пульсацій освітленості від 6 до 55% призводить до зниження швидкості розрізнення на 18% через 45 хв після початку роботи; ступінь стомлення працюючого різко збільшується при використанні ламп з поганою передачею кольору.

Висвітлення має відповідати таким критеріям:

• достатню кількість світла для виконання зорової роботи;

• хороша рівномірність освітлення у робочій зоні;

• баланс розподілу яскравості у приміщенні;

• ОУ без блискості;

• хороша передача кольорів і влаштовує колір освітлення;

• відсутність пульсацій.

При виконанні комплексу цих вимог підвищується відчуття комфортності працюючих та збільшується їхня мотивація - продуктивність праці.

РОЗДІЛ 2
ОСВІТЛЮВАЛЬНІ УСТАНОВКИ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Основними факторами, на які варто звертати увагу при розробці проекту промислового освітлення, є ефективне використання електроенергії, дотримання показників освітленості, що нормуються, і рівномірність освітленості з урахуванням існуючої обстановки.

Залежно від зони промислового приміщення провадиться підбір світильника для освітлення. Температурний режим у цехах може бути критичним та несумісним із роботою деяких типів джерел світла. Навколишнє середовище часом містить хімічні сполуки, що становлять небезпеку для корпусу світильника. Середовище може бути вологим, вибухонебезпечним. Світильники можуть розміщуватися як на висоті 3м - так і на високих відмітках - необхідно варіювати тип і потужність джерел світла, що застосовуються, передбачати можливість подальшого обслуговування освітлювальної установки промислового освітлення [5].

У разі напруженості паливно-енергетичного балансу, що склалася у другій половині XX в. внаслідок бурхливого розвитку промислового виробництва та різкого зростання споживання енергії на виробництві та в побуті, питання економії енергетичних ресурсів стали особливо актуальними. Існуючі енергетичні ресурси обмежені, тому зросла потреба у проведенні суворого та ретельного аналізу обґрунтованості витрат на штучне освітлення, а також у вишукуванні шляхів, що забезпечують найефективніше використання енергоресурсів [9].

Скорочення витрат за електроенергію дає:

1. 1. Зниження фінансових витрат. У квартирах стає дедалі більше електроприладів - від комп'ютерів та телевізорів до зарядних пристроїв. Сучасне обладнання стало більш «ненажерливим» щодо електроенергії – наприклад, якщо праски старого зразка споживали 1 кВт на годину, нові

моделі вимагають вже 1,6 кВт. Вартість самої електроенергії збільшується на 40% щорічно. І тому 86% відсотків опитаних назвали зменшення власних витрат як основний мотив для енергозбереження. Близько 15% респондентів готові зменшити енергоспоживання для збереження природних ресурсів.

2. Бережне ставлення до природи. За даними Міжнародної енергетичної агенції, у світовому масштабі 19% електроенергії витрачається на освітлення. Застосування світлового устаткування опосередковано пов'язані з споживанням нафти і викидом шкідливих речовин, у атмосферу. Сучасні світлові технології допомагають економити до 40% електроенергії, що еквівалентно 106 млрд євро на рік. Перехід на енергозберігаюче обладнання скоротить викиди вуглекислого газу на 555 млн. тонн на рік та зменшить щорічне споживання електроенергії на 2 ТВт.

3. Підвищення комфорту. Якщо вибирати на користь сучасного енергозберігаючого обладнання, то підвищуєте якість життя в цілому. Найбільш ефективні джерела світла не тільки економлять електроенергію, але й дають більш корисне для очей світло, порівняно з традиційними лампами. Системи управління енергозбереженням дозволяють автоматизувати управління електроприладами: наприклад, вимикають світло, коли з приміщення пішли всі люди, і включають, як тільки почулися кроки. Дімери приглушують світло на ваше бажання, що також знижує енергоспоживання.

4. Збереження паливно-енергетичних ресурсів. Значимість збереження паливно-енергетичних ресурсів на якомога довший термін відзначають лише деякі респонденти - 15 %. Енергозбереження дозволяє економити на нафті та вугіллі та виключити необхідність будівництва нових електростанцій. Як зазначає Міжнародне енергетичне агентство, перехід на енергозберігаюче обладнання дозволить заощадити 1,5 млрд барелів нафти при зменшенні щорічного споживання електроенергії на 2 ТВт.

Продукцією освітлювальних установок є світловий потік, що падає на робочу поверхню, витратами - одноразові капітальні витрати на освітлювальні установки та витрати на утримання освітлювальних установок, насамперед на

заміну джерел світла та на оплату електроенергії. Оплата електроенергії має особливе значення, т.к. крім планової вартості електроенергії визначальним є народногосподарське значення економії електроенергії освітлювальних установок, що зводиться до скорочення як безпосередньо капітальних витрат, і експлуатаційних витрат, тобто. до скорочення витрати електроенергії.

В Україні на освітлення витрачається близько 14% електроенергії, що виробляється. У світі в середньому 19%, у США близько – 22%, при цьому можлива економія в Україні становить 45-50% – це понад 20 млрд. кВт*год (рисунок 2.1).

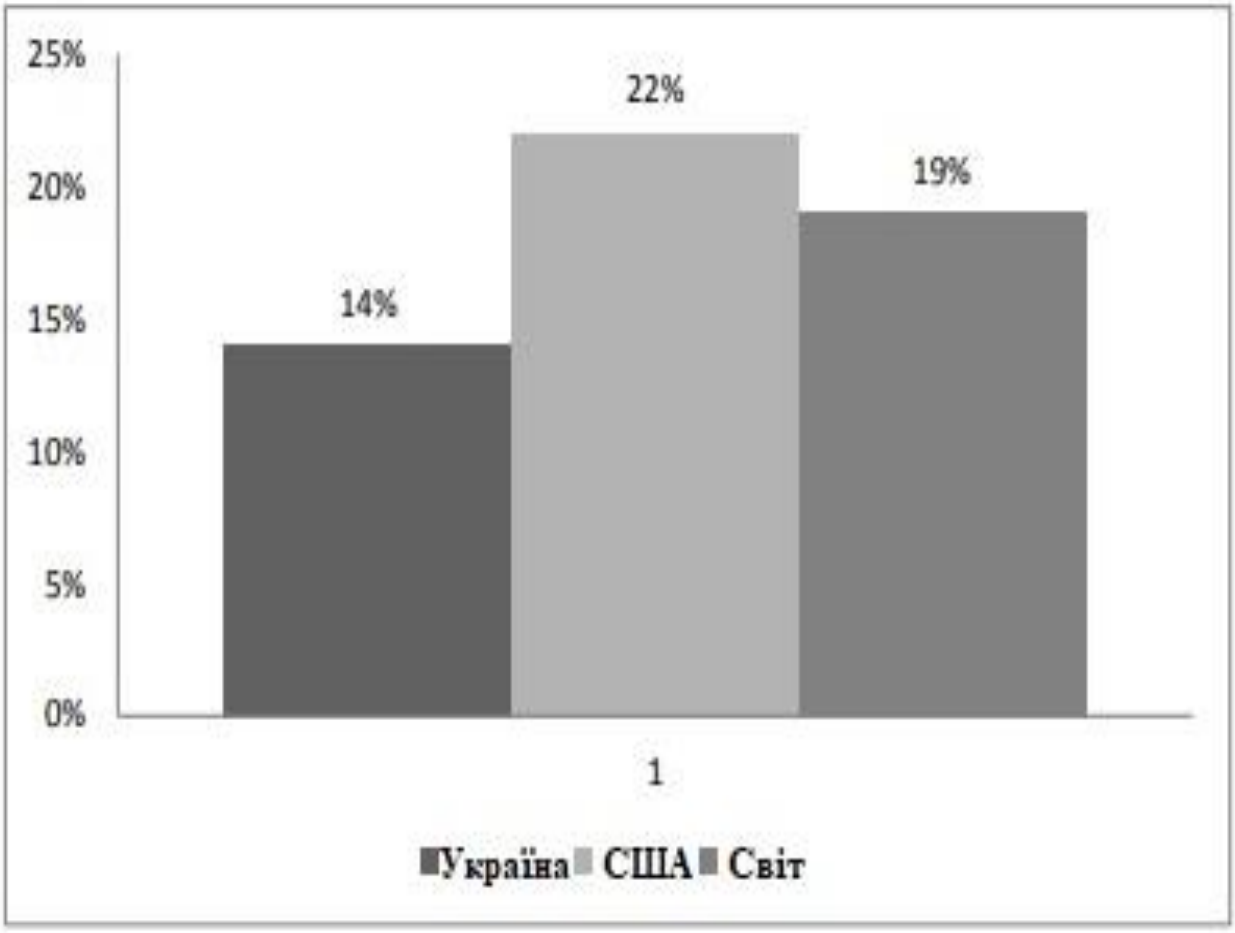


Рисунок 2.1 – Витрата електроенергії на освітлення

Максимальний потенціал економії електроенергії зосереджений у розширенні виробництва та галузі їх застосування ефективних джерел світла

(до 14% сучасного споживання). На збільшення світлової віддачі, підвищення ККД освітлювальних приладів, застосування систем загального локалізованого освітлення та регулювання залежно від рівня природного освітлення приходить приблизно 6% потенціалу економії сучасного споживання.

Економія електроенергії може бути здійснена в результаті оптимізації світлотехнічних частин освітлювальних установок та освітлювальних мереж, застосування систем управління та регулювання освітлення, раціональної організації та експлуатації освітлення, а також впровадження систем природного освітлення.

2.1 Штучне освітлення

Оптимізація освітлювальних установок штучного освітлення полягає в наступному: правильний вибір системи освітлення та типів джерел світла, прийняття економічних схем освітлення світильників, правильний вибір світильників з урахуванням світлорозподілу та конструктивного виконання.

Ефективною освітлювальною установкою слід вважати таку установку, яка дає високоякісне освітлення та зберігає свої характеристики протягом тривалої роботи за найменших грошових витрат, включаючи енергоспоживання.

Ефективність освітлювальної установки залежить від:

1. Світловій віддачі джерела світла;

2. Термін служби джерела;

3. Світлотехнічних та енергетичних параметрів;

4. Стабільності параметрів світильника протягом експлуатації, у тому числі й джерела світла під час роботи у світильнику;

5. Тарифу на електроенергію;

6. Числа годинників використання освітлювальної установки на рік. Для загального освітлення промислових приміщень зазвичай застосовуються

розрядні лампи: люмінесцентні лампи (ЛЛ), дугові ртутні лампи (ДРЛ), металогалогенні лампи (МГЛ), а окремих випадках натрієві лампи (ДНаТ). Люмінесцентні лампи слід застосовувати, як правило, у приміщеннях невеликої висоти (до 6-8 м). У кранових прольотах висотою понад 6-8 м слід застосовувати ртутні лампи високого тиску (РЛВТ).

Останнім часом на світлотехнічному ринку з'явилися твердотільні джерела світла - світлодіоди (СД), що вражають своїми характеристиками, такими як термін служби, світлова віддача та екологічність. Характеристики джерел світла (ДС) представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Порівняння ДС [10]

	ДРЛ	МГЛ	ДНаТ	СД
Світлова віддача, лм/Вт	19-63	68-120	66-150	100
Строк служби, тис. год	12-24	3.5-20	10-28	25

У світлотехніці визначення ефективного ДС застосовується формула до розрахунку вартості електроенергії (ЕЕ):

$$G_{12} = q * n_v^{-1} + C_{дс} * (Ф * \tau)^{-1}, \quad (2.1)$$

де q - тариф на електроенергію[грн./кВт*ч],

n_v - світлова віддача ДС [лм/Вт],

$C_{дс}$ - вартість ДС [грн.],

Ф – потік ДС [клм],

τ - термін служби ДС [год.] [11,12].

Розрахунок вартості ЕЕ з урахуванням вартості різних ДС та трьох тарифів представлений у додатку А, а наочне подання даних у додатку Б.

Вартість одиниці світлової енергії є об'єктивним способом оцінки

економічних характеристик ДС. Як видно з таблиці 2.1, вартість ЄСЕ твердотільних джерел більша, ніж у інших ДС високого тиску. Найбільш економічним джерелом є ДНаТ, та його застосування обмежено, т.к. має недолік - перенесення кольорів. Також використання ДНат та ДРЛ заборонено, ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення». Сміливо заявляти про економічність світлодіодів проти іншими джерелами світла не можна, т.к. гідну конкуренцію твердотільних джерел можуть становити лампи високого тиску.

2.2 Природне висвітлення

Денне світло управляє біологічними, фізіологічними та психічними процесами в організмі людини. Він впливає на ритми дня та ночі, на настрій, підвищує продуктивність на роботі та успішність у школі.

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) промислових підприємств для різних систем освітлення розраховується залежно від адміністративних районів за ресурсами світлового клімату розраховується за такою формулою:

$$e_n = e_н * m_n , \quad (2.2)$$

де: $e_н$ - нормоване значення КПО для приміщень;

m_n- коэффициент светового климата;

n - номер групи забезпеченості природним світлом [13].

Для бункерного відділення котельних залів та майданчика обслуговування котлів, у яких VI розряд зорової роботи, КПО при верхньому та комбінованому освітленні – 2 %, при бічному освітленні – 0,4 % [13].

При правильній інтеграції системи штучного освітлення із системою природного освітлення можна значно підвищити енергоефективність будівлі. Природне освітлення приміщень можна забезпечити з допомогою різних

стратегій і концепцій [14].

Природне світло – це ефективний енергозберігаючий інструмент. Зниження витрат на енергію відбувається за рахунок зменшення використання штучного освітлення.

Стратегії впровадження природного освітлення можна розділити на дві основні категорії: бічне освітлення, яке надходить через стіни по периметру будівлі та освітлення через дах, що надходить через верхню частину будівлі. Вибір стратегії природного освітлення залежить від планування, орієнтації та місцевості, де стоїть будинок, і навіть від кліматичних умов [14]. Тому в будинках з переважно природним освітленням передбачається використання штучного освітлення.

За характером світлорозподілу в приміщенні системи природного освітлення можуть бути поділені на два основні види: системи природного освітлення, що забезпечують чітку спрямованість світлового потоку, що виявляє обсяг предметів завдяки власним та падаючим тіням; системи природного освітлення, що забезпечують «безтіньове» освітлення.

До першого виду можна віднести бічне одностороннє освітлення та верхнє освітлення при ліхтарях. До другого виду відносяться: бічне двостороннє освітлення, верхнє освітлення при ліхтарях-надбудовах і зенітних ліхтарях, а також система комбінованого освітлення.

Різні системи природного освітлення розрізняються за абсолютними рівнями освітленості, які забезпечуються у приміщенні, і характером розподілу світлових стель. Системи, що належать до першого виду, створюють значну нерівномірність світлового потоку на на умовній робочій поверхні (УРП), тоді як системи, що належать до другого виду, забезпечують більш рівномірне освітлення, як показано на рисунку 2.2 [15].

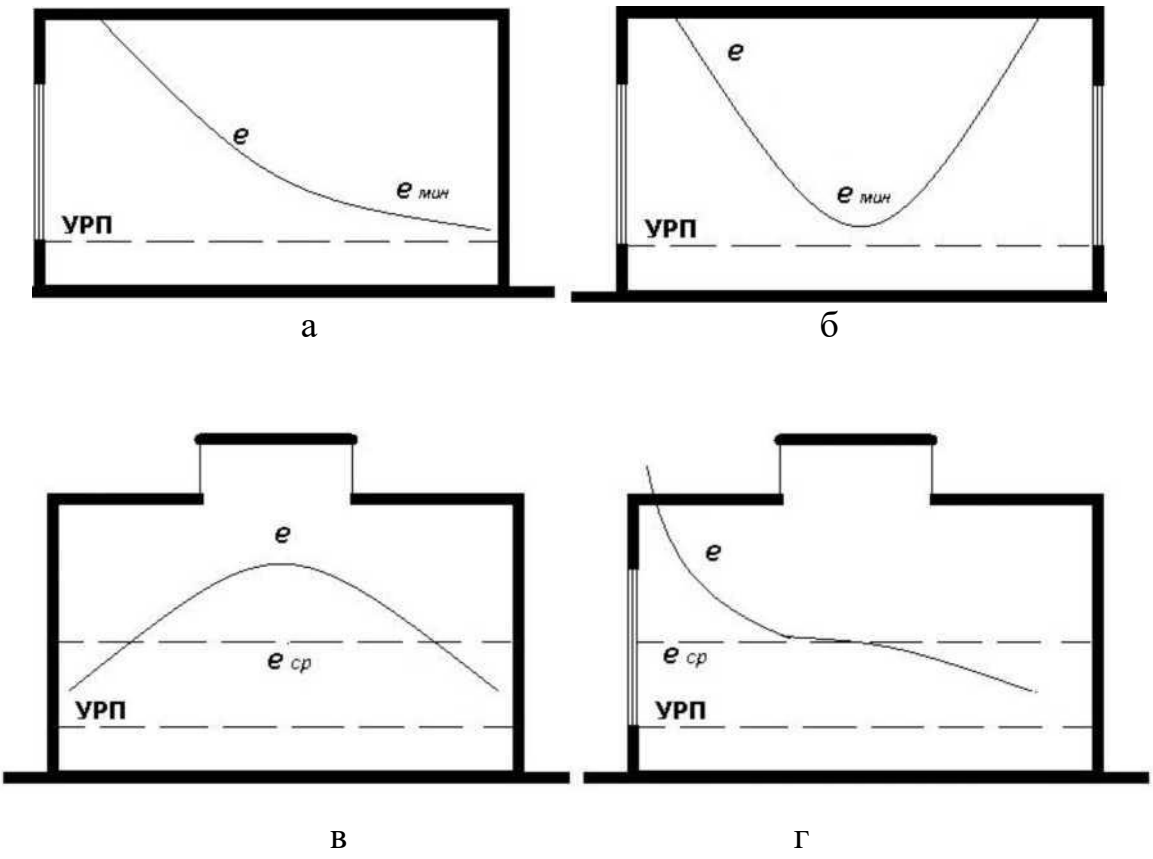


Рисунок 2.2 – Характерні криві освітленості для різних систем природного освітлення (криві к.п.о.): а – бічне освітлення; б - бічне двостороннє освітлення; в – верхнє освітлення; г - комбіноване освітлення

2.2.1 Бокове освітлення

Вікна забезпечують зоровий контакт із зовнішнім світом та дозволяють проникати денному світлу. Для покращення проникнення світла та зменшення відблисків іноді використовує пасивні пристрої, відомі як «світлові полиці» [14]. Світлова полиця - горизонтальний відбивач, який змінює напрямок сонячних променів. Світло проникає в приміщення не безпосередньо - спочатку відбивається від полиці і потім про стелю (зигзагоподібно як показано на рисунку 2.3), таким чином, це призводить до більш рівномірного освітлення приміщення [16].

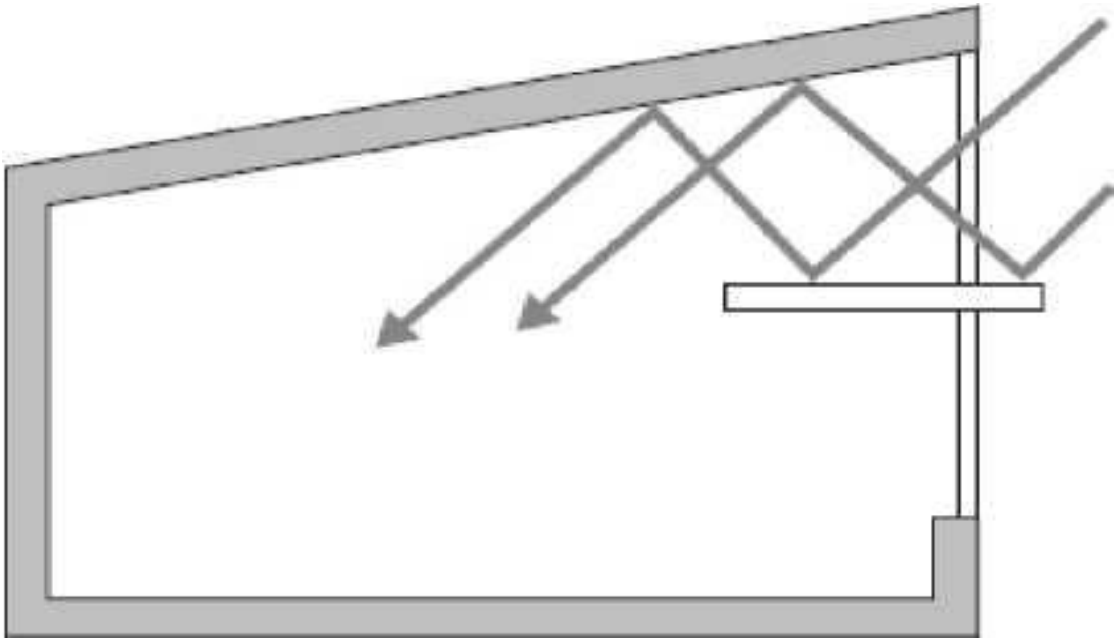


Рисунок 2.3 - Світлова полиця

При цьому для більшого проникнення світла, стеля має бути світлим з хорошими властивостями, що відображають, а скління має бути якомога ближче до стелі. Кількість проникаючого денного світла за такої стратегії залежить від орієнтації фасадів будівлі. Хороша орієнтація віконних отворів може максимізувати надходження сонячного світла та звести до мінімуму відблиски та перегрів [14].

2.2.2 Освітлення через дах

Завдяки використанню світлових люків біля крыши будівлі можна забезпечити рівномірне розподілення денного світла по всій площі верхнього поверху. Основні типи систем природного освітлення через крышу - це ліхтарі-надбудови, шедові ліхтарі (з одностороннім склінням та пилкоподібною крышею), зенітні ліхтарі (виконуються у точковому варіанті або у варіанті протяжного склепіння, скління орієнтується на зенітну).

1)Зенітний ліхтар, як показано на рисунку 2.4, забезпечує природне освітлення приміщення через засклені отвори в покрівлі будівлі.

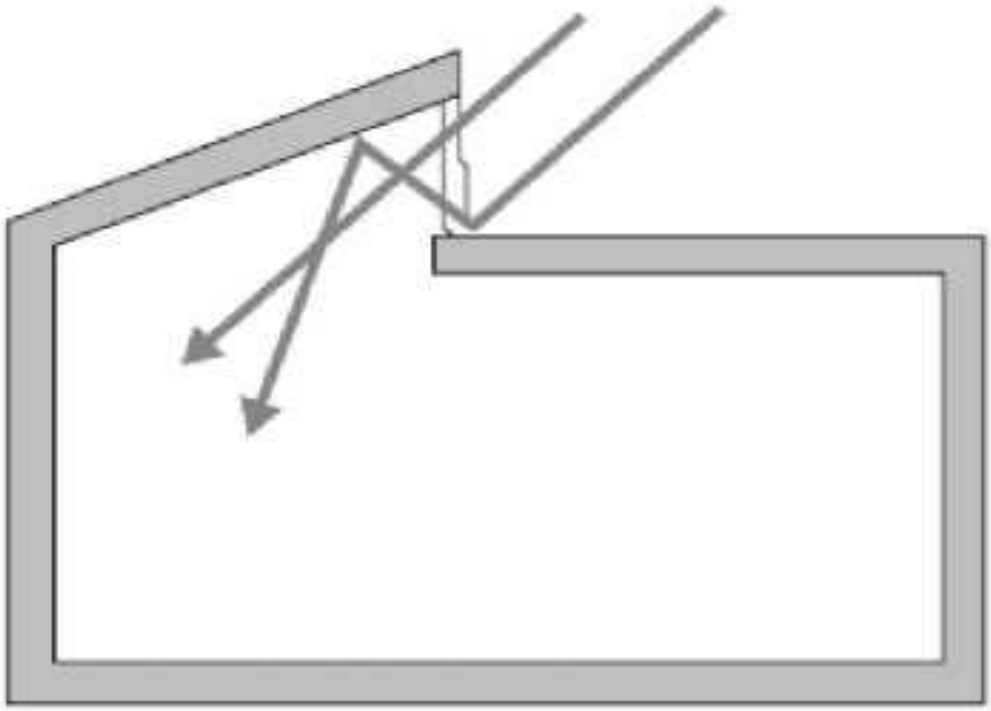


Рисунок 2.4 - Зенітний ліхтар

З горизонтального зенітного ліхтаря в приміщення надходить приблизно втричі більше денного світла, ніж через вертикальне вікно такого ж розміру. Оскільки зенітні ліхтарі можуть розташовуватися ближче до центральної частини приміщення, вони створюють рівномірне освітлення по всій площі. Також важливим фактом є те, що природне освітлення через зенітні ліхтарі добре поєднується зі штучним освітленням. Істотно допоможе знизити витрати на електроенергію – використання додатково автоматичних приладів керування. Однак зенітні ліхтарі сильно підвищують ризик перегріву, тому необхідно використовувати різні сонцезахисні пристрої [16].

2) Ліхтарі-надбудови являють собою засклене піднесення над дахом. Їхня перевага полягає в деякому захисті приміщення від прямих сонячних променів. Недолік таких ліхтарів полягає в тому, що при їхньому близькому розташуванні один до одного між ними може накопичуватися сніг (рисунок 2.5).

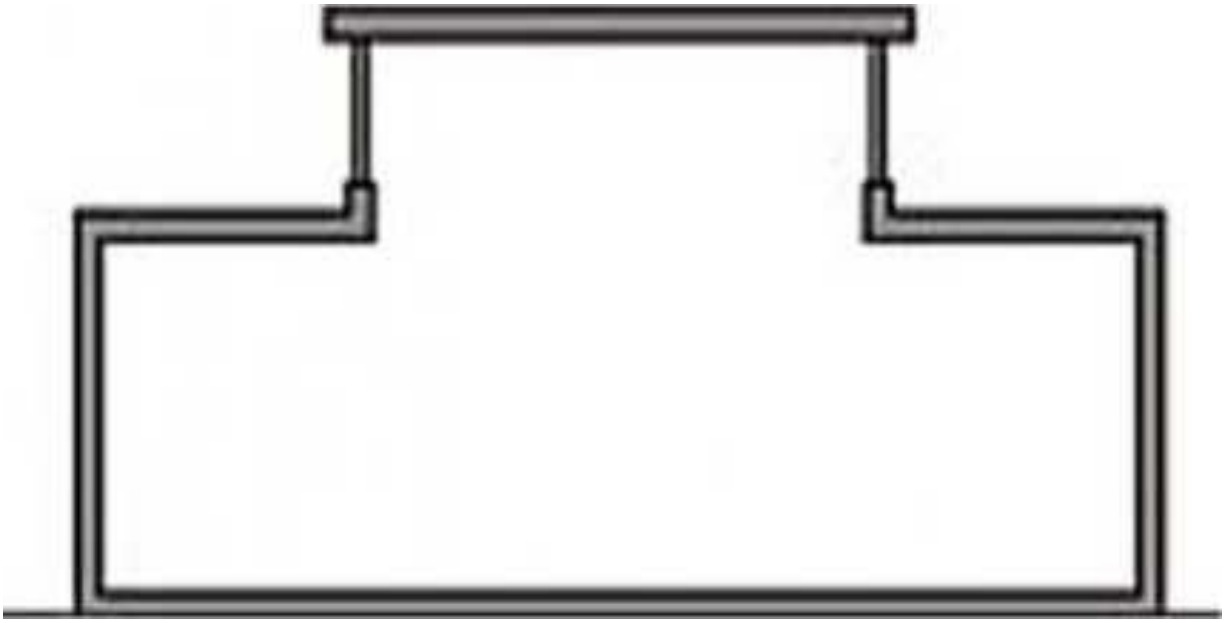


Рисунок 2.5 - Ліхтарі-надбудови

3) Дах із шедовими ліхтарями у профіль нагадує пилку. Ліхтарі встановлюються або вертикально, або похило та поділяються похилими ділянками даху (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 - Шедові ліхтарі

аку систему можна використовувати для рівномірного висвітлення приміщень великої площі. При орієнтації північ виходить природний захист від прямих сонячних променів. Однак для снігових районів ця система також не дуже підходить через утворення снігових мішків біля шибок.

2.2.3 Світлові колодязі

Основне завдання проектування природного освітлення слід вирішувати на основі світлотехнічних розрахунків та за дотримання вимог нормативних документів. Вирішення другорядних завдань залежить від прийнятої системи природного освітлення, розташування обладнання, рішення інтер'єру з естетичної точки зору тощо.

Вибір типу конструкцій вікон і ліхтарів слід проводити, враховуючи вимоги до освітлення та мікроклімату приміщень, а також особливості технологічного процесу.

Для влаштування бокового освітлення приміщень можуть застосовуватися як палітурні, так і безпереплітні конструкції вікон. Залежно від призначення палітурні вікна можуть бути глухими і такими, що відкриваються, безпереплетні вікна виконуються глухими.

Для пристрою верхнього освітлення приміщень можуть застосовуватися прямокутні світлоаераційні, глухі і зенітні ліхтарі, що відкриваються, а також шедові.

Для влаштування бокового або верхнього природного освітлення слід застосовувати типові конструкції вікон та ліхтарів.

У приміщеннях з постійним перебуванням людей забезпечення зорового зв'язку з навколишнім середовищем та природною вентиляцією приміщень безпереплетні вікна зі світлопропускними елементами з профільного скла або склоблоків рекомендується проектувати у поєднанні з палітурними [17].

На додаток до зазначених раніше стратегій, природне освітлення можна направити до приміщення за допомогою світлових колодязів (рисунок 2.7).

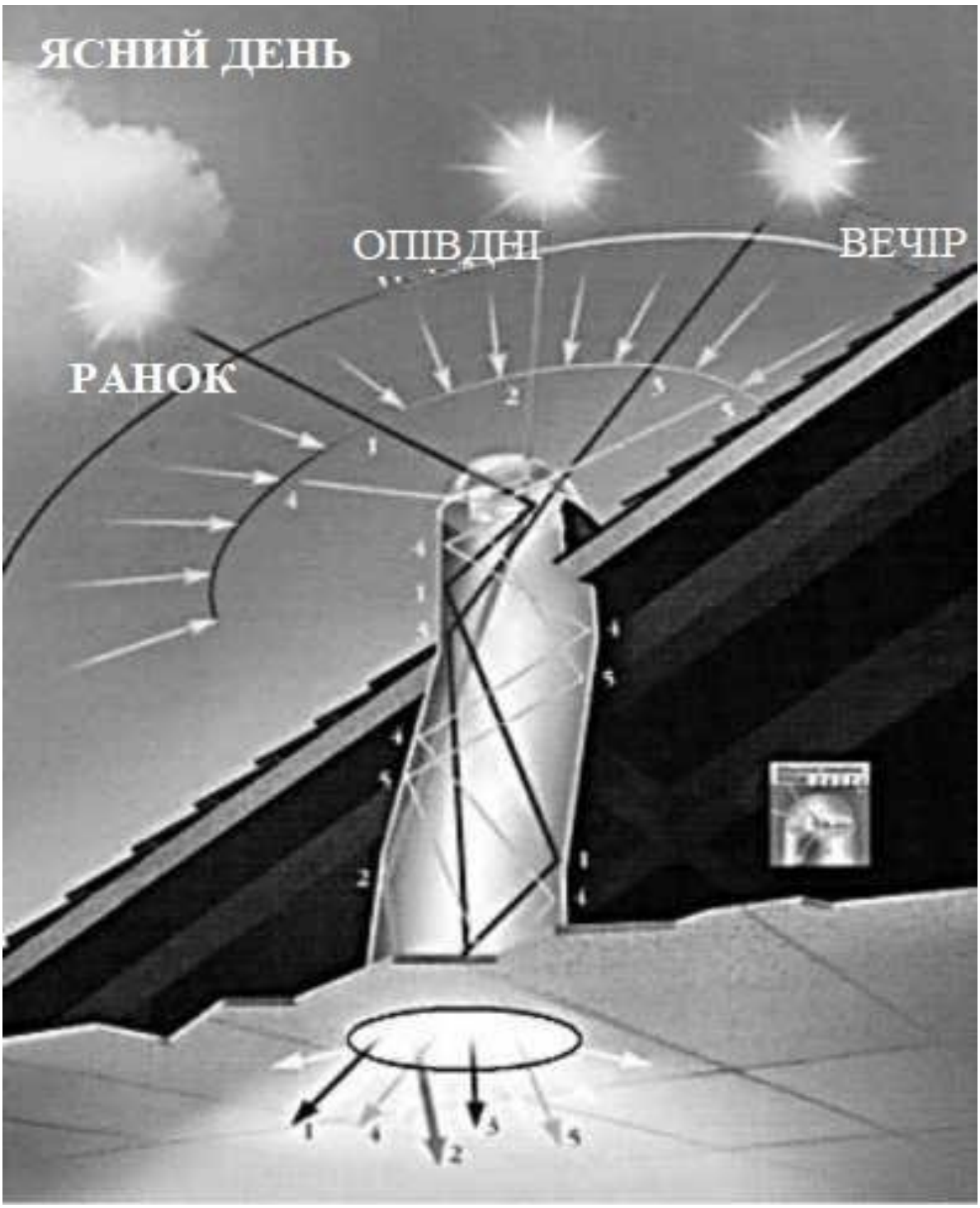


Рисунок 2.7 - Світловий колодязь

Світлоприймальний пристрій може бути розташований на даху будівлі для збирання світла із зенітних областей небосхилу. Альтернативно їх можна розташовувати на фасадах будівлі. Перша система, запропонована Стівом Сатаном (Австралія), мала металеве дзеркало, що відображає сонячні промені, що йдуть з півдня прямо в трубу, але затіняє дифузне світло неба з інших боків.

Після цього було багато невдалих спроб виправити цю систему [18]. Так порожнисті трубчасті світловоди (ПТС) вперше були розроблені у 1980-х роках. Ю.Б. Айзенберг, Г.Б. Бухманом, В.М. П'ятигорський, А.А. Коробко та ін. Тоді ж почалося інтенсивне використання ПТС для висвітлення цехів промислових підприємств [19].

ПТС дозволяють приймати природне світло на даху або стінах будівель та проводити з мінімумом втрат усередині будівель та споруд. При цьому зберігаються багато позитивних якостей природного освітлення: безперервний спектр світла, ритм освітлення, що відповідає «біологічному годиннику» людини, динаміка світла, що дозволяє судити про погоду. На відміну від звичайних світлопройомів, ПТС не викликають тепловтрат приміщень і перешкоджають теплонадходженням в них у літній час. Цим вони заощаджують енергію на опалення, вентиляцію та охолодження приміщень [19].

Пристрій світлового колодязя складається із зовнішнього колектора (зазвичай на даху), труби з високим коефіцієнтом відбиття на внутрішній поверхні та дифузора [14]. Купол пристрою виготовляють із надміцного скла. Він ізольований настільки герметично, що потрапляння всередину пристрою пилу, води чи комах цілком виключено. За допомогою такої технології можна висвітлювати також віддалені площі в приміщення. Ці пристрої збирають сонячне світло на дзеркалах або лінзах, розташованих у трубі, і направляти світло у вибране приміщення. Сонячні колодязі застосовуються для освітлення як промислових, так і житлових будівель вдень. Можуть застосовуватися у великих промислових будинках: складах, цехах, підземних приміщеннях тощо. буд. Приклад застосування світлового колодязя показано рисунку 2.8.



а б

Рисунок 2.8 - Світловий колодязь на станції метро в Берліні:
а) Верхня частина; б) Нижня частина колодязя

Верхня частина сонячної криниці розташовується на даху будівлі або сонячній стороні фасаду. Нижня частина виводиться до приміщення.

Завдання верхньої частини - зібрати якнайбільше сонячного світла. Для цього застосовуються різні колектори, рефлектори та навіть лінзи Френеля. Світло передається по колодязі з більшою ефективністю, якщо колодязь прямий і короткий. Якщо криниця має кути, повороти, або більшу довжину, то частина світла розсіюється. Для мінімізації втрат застосовуються прозорі матеріали з великою здатністю, що відображає (наприклад, оптоволокно). У нижній частині сонячної криниці встановлюються пристрої, що розсіюють сонячне світло [20].

Основним завданням проектування природного освітлення в будівлях є визначення типу, форми, розмірів та розташування світлових прорізів у зовнішніх стінах та покритті, при яких у приміщенні забезпечується

освітлення, що створює найбільш сприятливі умови для зорової роботи при даному технологічному процесі. Крім цієї основної, необхідно вирішувати такі завдання:

1. Погодження обраних світлопройомів та їх розташування з архітектурними вимогами до освітлення, які сприяють виявленню простору, колірного рішення інтер'єру тощо.

2. Захистіть небосхилу або сонячних променів, що працюють від сліпучої яскравості прямого або відбитого світла.

3. Погодження обраних світлопройомів з архітектурним рішенням фасаду.

Нині в Україні знаходять деяке застосування освітлювальних пристроїв з ПТС серії «SOLARSPOT» (Італія). Це запатентований перехоплюючий пристрій, який приймає прямий потік сонячного світла та дифузного світла піднебіння від усієї півсфери, працюючи одночасно у вигляді рефлектора для північного бічного світла та рефрактора для південного прямого світла. Такий пристрій позначається RIR і працює як оптична лійка, що наповнює трубу природним світлом. Труба покрита зсередини багатошарової інтерференційної плівкою, що відбиває р=99 %. Світло поширюється за допомогою багаторазових відбитків і потрапляє в приміщення через світлорозсіювальний пристрій. Зазвичай це дифузори із опалового скла або призматичні радіальні лінзи з подібного прозорого матеріалу. Проведені у Франції дослідження різних подібних виробів показали, що «SOLARSPOT» перевершує інші системи ефективності.

Найчастіше застосовують ПТС з діаметром 375 мм, але існує при цьому кілька варіантів: 250, 530, 650 та 900 мм.

Існує кілька варіантів конструкцій колодязів. Відомі колодязі з системою дзеркал, але вони не дуже ефективні на великих відстанях від даху до пункту призначення, до того ж вони громіздкі. Що стосується волоконні світловоди, то це дорогі конструкції, які вимагають великої кількості оптоволокна.

2.2.4. Порівняння систем ПО

Системи ПО можна порівняти шляхом розрахунку середньої освітленості всередині заданого приміщення в однакових умовах: площа приміщення 2м^2, висота стелі 2м, площа світлових прорізів 1м^2, розташування приміщення - географічна широта 47 ° 51 'пн.ш.

а) При бічному освітленні

$$e_H = \frac{S_0 * \tau_0 * r_1}{S_п * K_з * \eta_0 * K_{зб}} \quad (2.3)$$

де: S_0 - площа світлового отвору;

Sп – площа підлоги приміщення;

e_H - значення КПО;

$K_з$ – коефіцієнт запасу;

η_0 - світлова характеристика вікон;

$K_{зб}$ - коефіцієнт. що враховує затінення протилежними будинками;

τ_0 - загальний коефіцієнт світлопропуску, що визначається за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 * \tau_4 * \tau_5 \quad (2.4)$$

де τ_1 – коефіцієнт пропускання матеріалу;

τ_2 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в палітурках світлопройому;

τ_3 - коефіцієнт, що враховує затінення конструкціями, що несуть (при бічному освітленні τ_3=1);

τ_4 - коефіцієнт, що враховує втрати у сонцезахисних пристроях;

τ_5 - коефіцієнт, що враховує затінення захисною сіткою, що встановлена під ліхтарями (приймається завжди рівним 0,9).

r_1 - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при бічному освітленні завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення [21].

Таким чином, значення КПО дорівнює:

$$e_Н = \frac{1*0,8*0,75*1*0,9*1,9}{4*1,5*11*1} = 0,0016$$

б) При верхньому освітленні

$$e_Н = \frac{S_ф*\tau_0*r_2*К_л}{S_п*К_з*\eta_ф} \quad (2.5)$$

де $S_ф$ - площа світлових прорізів при верхньому освітленні;

$\eta_ф$ - світлова характеристика ліхтаря;

r_2 - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення;

$К_л$ - коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря [21].

Значення КПО при верхньому освітленні - зенітний ліхтар:

$$e_Н = \frac{1*0,8*0,75*0,9*1*0,9*1,4*1,15}{4*1,5*2,8} = 0,05$$

КПО при шедовому ліхтарі:

$$e_Н = \frac{1*0,8*0,75*0,9*1*0,9*1,4*1,4}{4*1,5*6,4} = 0,025$$

КПО при ліхтарі-надбудові:

$$e_Н = \frac{1*0,8*0,75*0,9*1*0,9*1,4*1,2}{4*1,5*5} = 0,027$$

в) КПО при системі ПО – світловод. Для невеликих розмірів приміщення можна застосовувати таку формулу:

$$e_Н = \frac{[(180-\alpha)/180]*\eta_g*A}{S} \quad (2.6)$$

де [(180-α)/180] - вхідний коефіцієнт світловоду;

α_0 – кут відхилення осі від зеніту;

η_g - ККД системи, який розраховується за формулою:

$$\eta_g = \tau_c * \tau_d * К_m * \xi \quad (2.7)$$

де τ_c - коефіцієнт пропускання бані світловода, його оправи та проміжної лінзи. Для світловодів типу SOLARSPOT τ_c = 0,92;

τ_d - коефіцієнт пропускаючи дифузора (для SOLARSPOT τ_d = 0,8);

$К_m$ - коефіцієнт запасу (по ДБН при очищенні купол 1 раз на рік величина $К_m$ у середньому становить 0,77);

ξ - ККД порожнистого торцевого світловода. Величина ξ залежить від коефіцієнта відображення дзеркального покриття труби та від співвідношення довжини світловода до його діаметру. КПО для світловоду:

$$e_Н = \frac{\left[\frac{(180-\alpha)}{180}\right]*0,52*1}{4}$$

Т.к. КПО світловода залежить від становища щомісяця, то результати розрахунку КПО представлені таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – КПО при світловодах для кожного місяця

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень
α	81	75	66	56	44	40	44
$e_Н$	0,072	0,076	0,082	0,09	0,098	0,101	0,098
Місяць	Серпень	Вересень	Жовтен	Листопад	Грудень		
α	56	66	75	81	82		
$e_Н$	0,09	0,082	0,076	0,072	0,071		

Для вибору найбільш ефективної системи ПО необхідно порівняти середні освітленості, які дають ці системи у приміщенні. Кожного місяця середня освітленість поверхні Землі має різні значення, тому розраховувати потрібно кожного місяця окремо.

Також у таблиці представлені результати середньої освітленості при системі ПО - світловод, при проектуванні в програмному комплексі HOLIGILM (світловод ін.). Детальні результати представлені у таблиці 2.3. За даними таблиці були побудовані графіки залежності середньої освітленості у приміщенні від місяця (рисунок 2.9).

На графіці також проведена лінія, що має значення 300 лк, яка відображає необхідний рівень освітленості в котельні для роботи оператора КВП. За графіком видно, що при бічному освітленні - вікні, даний рівень освітленості не підтримується, отже, такий вид системи є неефективним для заміни ШО вдень.

Що стосується інших систем, то в кожній системі (за винятком системи світловод, розрахованої в програмному комплексі) присутня ділянка нестачі рівня освітленості. Для аналізу рівня нестачі необхідно розрахувати приблизні площі отриманих геометричних фігур. Більш детальні результати розрахунку представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 - Порівняння систем ПО та результатів розрахунку у програмі HOLIGILM

Система ПО	КПО	$E_{ср}$. місяця, лк											
		Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Поверхні Землі		6850	10200	10500	13213	15925	17500	15925	13213	10500	10200	6850	3500
Вікно	0,016	110	163	168	211	255	280	255	211	168	163	110	56
Зенітний ліхтар	0,05	343	510	525	661	796	875	796	661	525	510	343	175
Шедовий ліхтар	0,025	171	255	263	330	398	438	398	330	263	255	171	88
Ліхтар - надбудова	0,027	185	275	284	357	430	473	430	357	284	275	185	95
Світловод	(180-a)/180	490	774	865	1183	1564	1769	1564	1183	865	774	490	248
Світловод (пр.)		405	710	808	1160	1281	1560	1281	1160	808	710	405	310

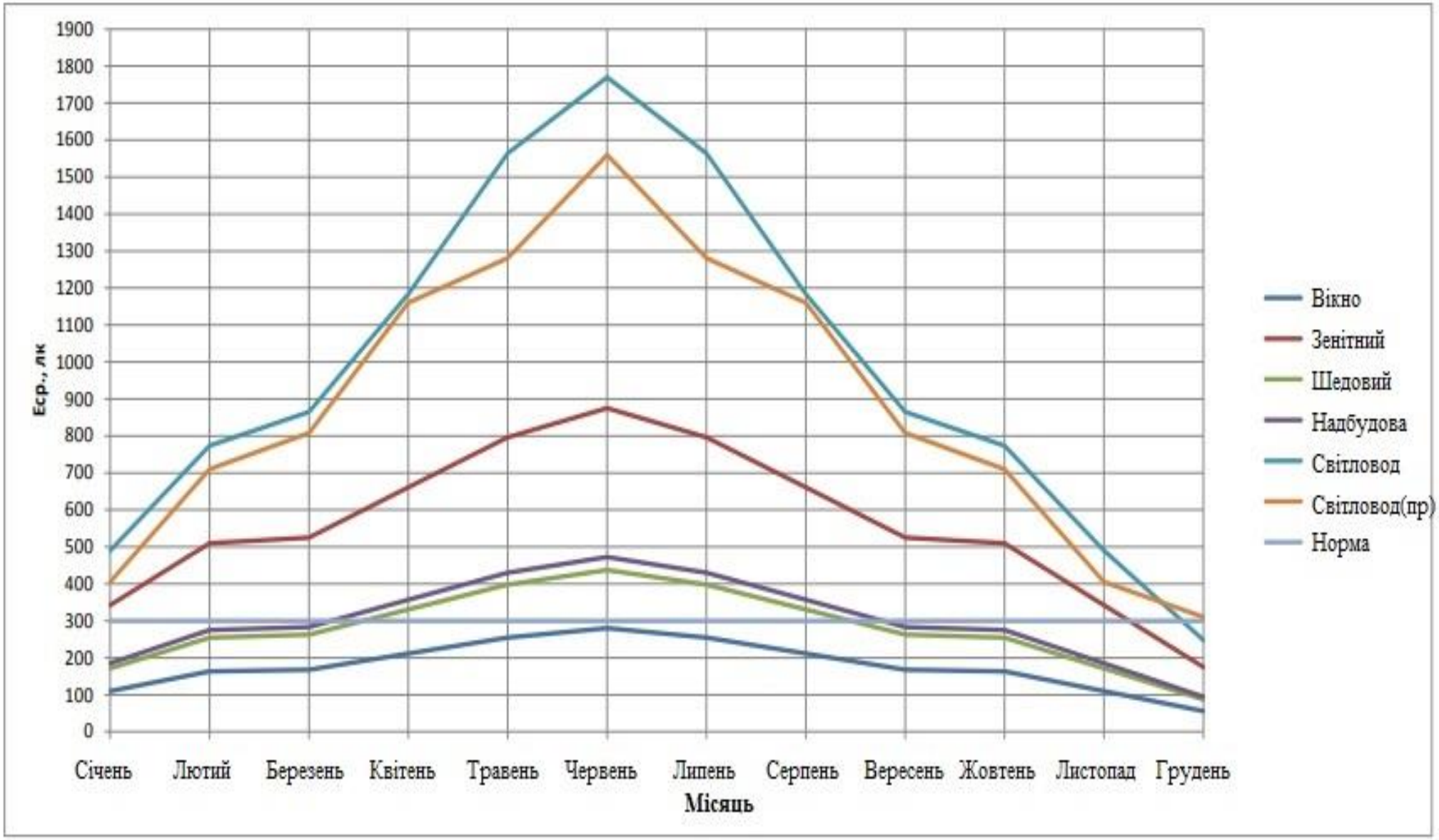
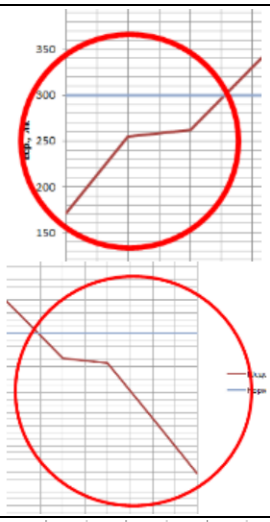
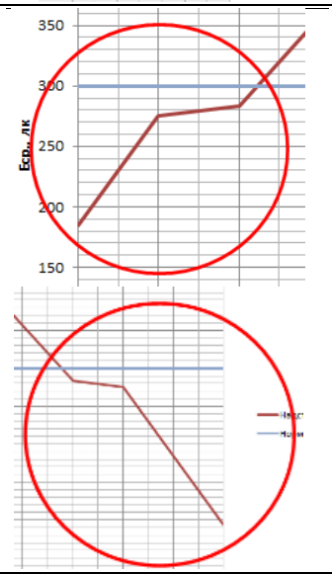


Рисунок 2.9 - Графік залежності середнього освітлення від місяця для систем ЕО

Таблиця 2.4 – Розрахунок нестачі середньої освітленості для систем ЕО

Система ПО	Рисунок	Нестача середньої освітленості, отн. од.
Вікно	Нижче осі 300 лк	
Зенітний ліхтар		46,8
Шедовий ліхтар		415
Ліхтар-надбудова		309
Світловод		6,25

Як видно з таблиці 2.4 найефективніша система світловодів, вона протягом усіх місяців підтримує необхідний рівень освітленості, крім втрат у грудні. У грудні найменша освітленість поверхні Землі, а як і кут відхилення сонця від зеніту найбільший, у результаті і утворюються втрати сонячного світла у приміщенні при застосуванні сонячних світловодів. За результатами порівняння розрахункових і програмних даних, різниця між значеннями становить 7,6 % від розрахункових значень. Це можна пояснити обмеженими можливостями програми, яка знаходиться у вільному доступі, при придбанні ліцензійної версії різниця між результатами скоротитися.

2.3 Системи автоматичного керування

Жодна система природного освітлення не забезпечить необхідну економію енергії, якщо вона не працює спільно з системою управління, яка регулює та знижує потребу у штучному освітленні. Коли зменшується кількість сонячного світла, система управління включає в себе систему штучного освітлення, тим самим підтримуючи комфортний для людей рівень освітленості приміщення. Бажано, щоб датчики денного світла розташовувалися у різних точках приміщення та автоматично регулювали ступінь штучного освітлення. Така спілка системи природного освітлення системи автоматичного управління дозволить скоротити споживання електроенергії.

Витрата електроенергії на освітлення може бути помітно знижено досягненням оптимальної роботи освітлювальної установки у кожний момент часу [22].

Домогтися найбільш повного і точного обліку наявності денного світла, як і обліку присутності людей у приміщенні, можна, застосовуючи засоби автоматичного управління освітленням (САУ).

Системи керування освітленням повинні визначатися відповідно до розмірів приміщень та типів будівель. Системи автоматичного керування

освітлювальними установками дозволяють проводити регулювання яскравості джерел світла (люмінесцентні лампи, компактні люмінесцентні лампи, галогенні лампи розжарювання та світлодіодні) від 100% до 0%.

Для приміщень понад 50 м^2 слід застосовувати автоматичні пристрої для регулювання штучного освітлення залежно від природного освітлення приміщення.

За будь-якої системи автоматичного або дистанційного керування загальнобудинковими приміщеннями має бути передбачене блокування, що забезпечує можливість включення або відключення робочого чи евакуаційного освітлення у будь-який час доби з електрощитового приміщення.

Оцінка можливостей економії за різних способів регулювання штучного освітлення дано у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Економія електроенергії шляхом регулювання штучного освітлення залежно від природного [10]

Число робочих змін	Вид природного освітлення у приміщенні	Спосіб регулювання штучного освітлення	Економія електроенергії, %
1	Верхнє	Безперервне	36-27
		Ступінчасте	32-13
	Бокове	Безперервне	22-7
		Ступінчасте	12-2
2	Верхнє	Безперервне	31-23
		Ступінчасте	27-11
	Бокове	Безперервне	19-6
		Ступінчасте	10-2

Системи освітлення розрізняються за способом керування:

1) з дискретним керуванням (включення-вимикання);

2) з плавним керуванням;

3) із комбінованим управлінням.

До систем освітлення з дискретним управлінням ставляться, передусім, системи, засновані на фотореле і системи, засновані на таймерах. Перші автоматично включають та вимикають освітлення, виходячи з інформації про рівень освітленості, що отримується від відповідних датчиків. Другі включають та вимикають освітлення, будучи запрограмованими на виконання цієї операції у певний час доби. Також до дискретних систем автоматичного керування освітленням відносять автомати, обладнані датчиками присутності. Дані системи автоматично відключають освітлення через певний проміжок часу після того, як приміщення покинуть всі люди, і автоматично включають його при появі людини.

З погляду економії електроенергії цей вид дискретних систем автоматичного управління освітленням найефективніший. Однак, крім плюсів, у нього є і свої мінуси - при частій зміні обстановки (присутність/відсутність у приміщенні людей) часті включення/вимикання освітлення дещо знижують термін служби ламп.

Більш складними та ефективними, як у плані енергозбереження, так і у плані забезпечення комфорту, є системи з плавним регулюванням потужності освітлення. В основу їх принципу дії закладено підтримку заданого рівня освітленості приміщення з урахуванням рівня природного освітлення. При збільшенні з часом яскравості природного освітлення потужність освітлювальних установок знижується. Якщо природне освітлення починає зменшуватися, то потужність освітлювальних приладів зростає. Плавне регулювання освітлення з урахуванням рівня природного освітлення приміщення чи ділянки місцевості дозволить скоротити витрати на освітлення від 20 до 40%. Така економія досить швидко перекриє всі витрати, пов'язані з придбанням та встановленням системи автоматичного керування освітленням.

Додаткову економію електроенергії в 10-25% може дати встановлення комбінованих систем автоматичного керування освітленням. Наприклад, систему автоматичного управління освітленням, що підтримує заданий рівень освітленості з урахуванням яскравості природного освітлення. Вбудовуються таймери та датчики, що повністю відключають освітлення в приміщенні або на території у певний час доби (в офісі - після закінчення робочого дня) та/або дні тижня (у вихідні дні, свята) або після виходу з офісу останнього співробітника. Датчики руху зазвичай встановлюють у прохідних приміщеннях з нетривалим перебуванням людей: коридори, сходові клітки, санвузли, паркінги, тамбури тощо. Датчики присутності включають освітлення та прилади лише на час присутності людей у заданому місці/зоні: спальня, робочий кабінет тощо.

За рівнем управління освітленням системи автоматичного управління поділяють на локальні та централізовані. Локальні системи можуть встановлюватись як на окремих світильниках, так і для приміщення загалом. Централізовані системи автоматичного управління освітленням контролюють роботу груп світильників і можуть бути як спеціалізованими (інтелектуальні системи на основі мікропроцесорів, що керують виключно освітленням у будинку або на певній ділянці місцевості), так і є складовою автоматичних керуючих систем загального призначення, у віданні яких знаходиться управління всіма інженерними комунікаціями.

В обох випадках централізовані системи управління здатні забезпечувати обмін інформацією не лише між окремими вузлами або сегментами системи освітлення, але й іншими системами будівлі - телефонними лініями, системами безпеки, опалення та кондиціювання та іншими. Такий вид систем має особливості, які обмежують застосування цих технологій. Для побудови системи автоматичного керування зазвичай використовується шинна технологія, яка стала стандартом більшості європейських країн. За такої технології всі вимикачі та електроприлади пов'язані між собою однією магістральною лінією – шиною. Таким чином, до

кожного вимикача/модуля приходять не тільки дроти з напругою 220 В, які потім йдуть на лампочку (навантаження), а й слаботочний кабель з напругою 24 В. При шинній організації проведення проводів потрібно значно менше. У будь-який момент можна змінити функції вимикача (наприклад, для керування іншими групами світла та електроприладами; або можна додати новий вимикач).

Для бездротового керування освітленням використовуються різні технології та протоколи.

Найчастіше використовувані протоколи:

• Ant – пропрієтарний (закритий) протокол та технологія бездротової передачі сигналу фірми Dynastream Innovations Inc., робоча частота – 2,4 ГГц. Мікросхеми приймачів виробляють фірми Nordic Semiconductor і Texas Instruments. Протокол підтримує мережі типу радіошина, точка-точка, дерево, зірка та багатоосередкова мережа. Технологія та протокол призначені насамперед для дешевих портативних пристроїв з невеликим трафіком (спортивні датчики серцебиття, велокомп'ютери). Гранична швидкість передачі 1 Мбіт/с.

• ZigBee – протокол та технологія передачі даних по радіоканалу, розроблені альянсом ZigBee. Можливі топології: точка-точка, дерево, зірка, багатоосередкова мережа. Робоча частота дорівнює 2,4 ГГц, максимальна швидкість передачі - 250 кбіт/с. Теоретична максимальна кількість вузлів приблизно дорівнює 15 000, але практично зазвичай використовують 200. Підтримується режим самовизначення маршруту передачі, завдяки чому мережа може самовідновлюватися. Протокол дозволяє реалізувати ряд стандартизованих профілів: Home Automation (спрямований на керування освітленням, кондиціюванням, мультимедіа-системами та системами безпеки в будинках); Smart Energy (спрямований на реалізацію автоматизованої системи контролю та обліку споживання електроенергії) тощо. Завдяки цьому пристрої стандартного профілю різних виробників виявляються повністю сумісними один з одним.

• Z-Wave – протокол та технологія бездротової передачі даних від

компанії Sigma Designs. За аналогією з альянсом ZigBee організовано Z-Wave альянс. Частота передачі сигналу – субгігагерцова, для європейських споживачів – 868 МГц, швидкість передачі інформації 9 кбіт/с. Такий вибір частоти пояснюється тим, що на частоті 2,4 ГГц існує дуже багато джерел перешкод (пристрої Bluetooth та Wi-Fi, НВЧ-печі). Усі пристрої Z-Wave повинні проходити обов'язкову сертифікацію на сумісність із пристроями інших виробників.

• DALI - цифровий інтерфейс освітлення з можливістю адресації (Digital Addressable Lighting 1П^ace). Стандартний цифровий протокол керування освітленням за допомогою електронних баластів (для люмінесцентного світла). Протокол DALI був розроблений на заміну аналоговому протоколу «1-10В», що широко використовується. Будь-яке обладнання, яке підтримує інтерфейс DALI, може незалежно зв'язуватися з шиною DALI. DALI контролери можуть вимагати стан і диктувати команди кожному приладу, використовуючи двонаправлений обмін даними. Як автономна система, в одній DALI лінії можуть працювати до 64 незалежних пристроїв. Кількість адрес у системі можна збільшити до 12800, використовуючи DALI Роутери (об'єднавши разом до 200 DALI ліній).

Перевагами САУ освітленням є збереження електроенергії; комфортне освітлення; застосування природного освітлення у поєднанні зі штучним. Але у системи також є недоліки - складність у налаштуванні, програмуванні, встановленні та регулюванні як компонентів, так і системи в цілому; ціна САУ.

РОЗДІЛ 3
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – КОТЕЛЬНЯ №1 М. КРИВИЙ РІГ

Об'єктом дослідження є котельня №1 муніципального підприємства АТ «Криворізька Теплоцентраль» – це частина комунального комплексу з теплопостачання м. Кривий Ріг.

Теплоджерело було введено в експлуатацію у 1956 році для потреб Управління будівництва, яке забезпечувало зведення стратегічно важливих об'єктів оборонного значення на містоутворюючих підприємствах Кривого Рогу. Вугільна котельня №1 забезпечувала безперебійне теплопостачання території - Управління промислових підприємств (УПП), де розташовувалися 4 заводи та домобудівний комбінат.

У 1964 році було ухвалено рішення про переведення великих міських котелень з вугільного палива на мазутне - щоб знизити забруднення повітря. Реконструкція котельні №1 проведена 1971 року.

У 1999 році у зв'язку зі складним становищем у будівельній галузі котельня №1 серед інших теплоджерел була передана у відання АТ «Криворізька Теплоцентраль».

Сьогодні котельня №1 забезпечує теплом Покровський район та територію промислової зони, де розташовано кілька десятків виробничих об'єктів.

Котельня №1 складається з двох будівель: «стара» частина – збудована 1956 року, «нова» частина – збудована у 1992 р. У «старій» частині (рисунок 3.1 а) дах має ліхтар-надбудову, розташовану вздовж усього периметра приміщення. У «нової» частини (рисунок 3.1 б) є лише вікна, які з скляних блоків.



а



б

Рисунок 3.1 - Об'єкт дослідження:

а) Корпус, побудований 1956 р.; б) Корпус, побудований 1992 р.

Були виконані виміри освітленості за допомогою люксметра у приміщенні збудованого у 90-х роках, результати представлені на плані (рисунок 3.2) та у таблиці 3.1.

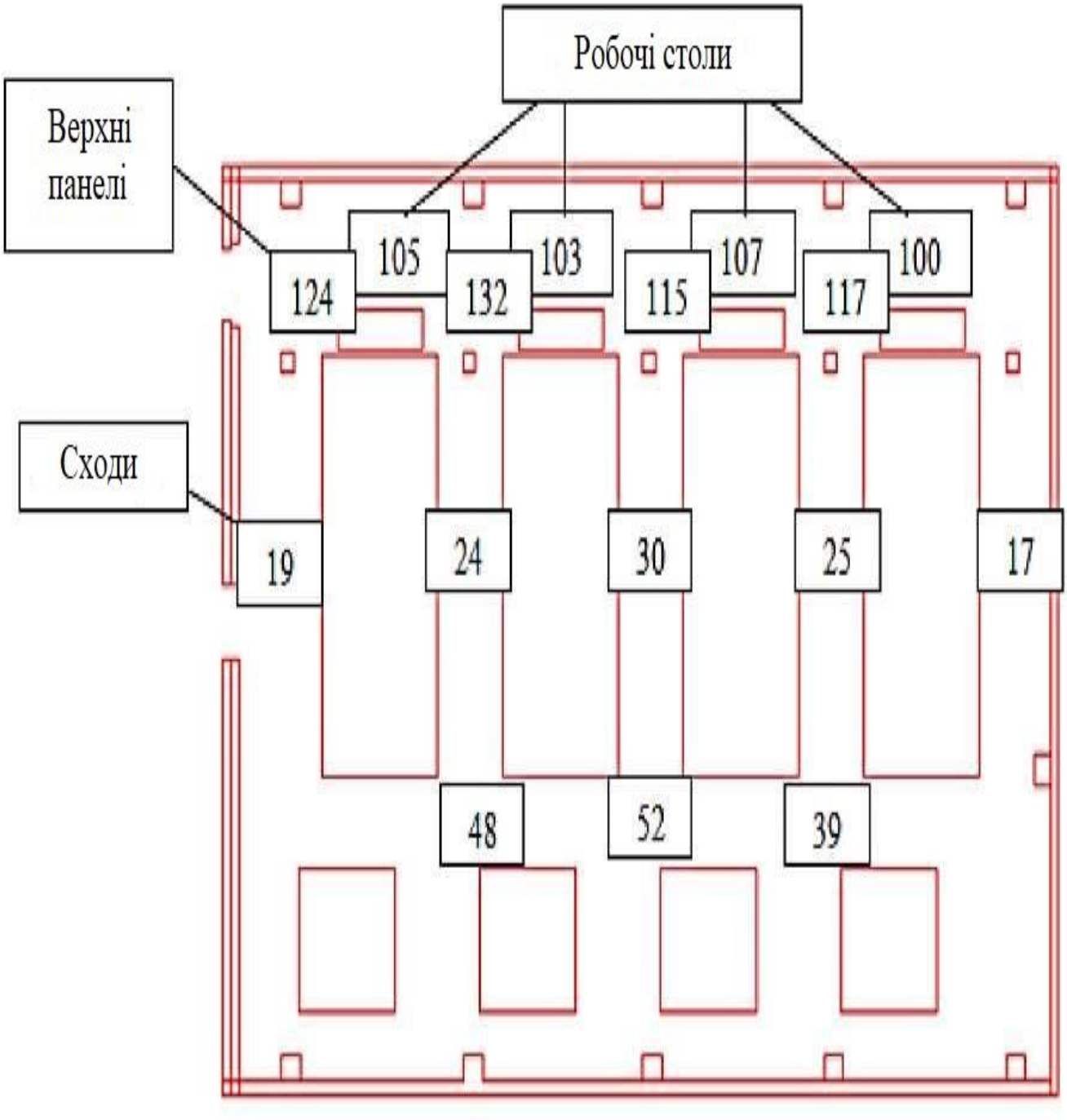


Рисунок 3.2 – Результати вимірювання освітленості

Таблиця 3.1 - Порівняння виміряної освітленості з освітленістю відповідно до норм

Робоча площина (РП)	Висота РП, м	$E_{ср}$. за нормами, лк	$E_{ср}$. виміряна, лк
Стіл у бункерному відділення котельної зали	0,8	300	100-105
Верхня панель оператора	На площині	200	115-132
Проходи між казанами	0,0	75	17-52
Сходи	0,0	50	19

Як очевидно з отриманих результатів, рівень освітленості відповідає нормам. На момент виміру освітленості у «старій» частині будівлі застосовувалися система ШО – ЛН потужністю 95 Вт. Як показано на рисунках 3.3 а б.



Рисунок 3.3 - Котельня №1: а) Прохід між казанами

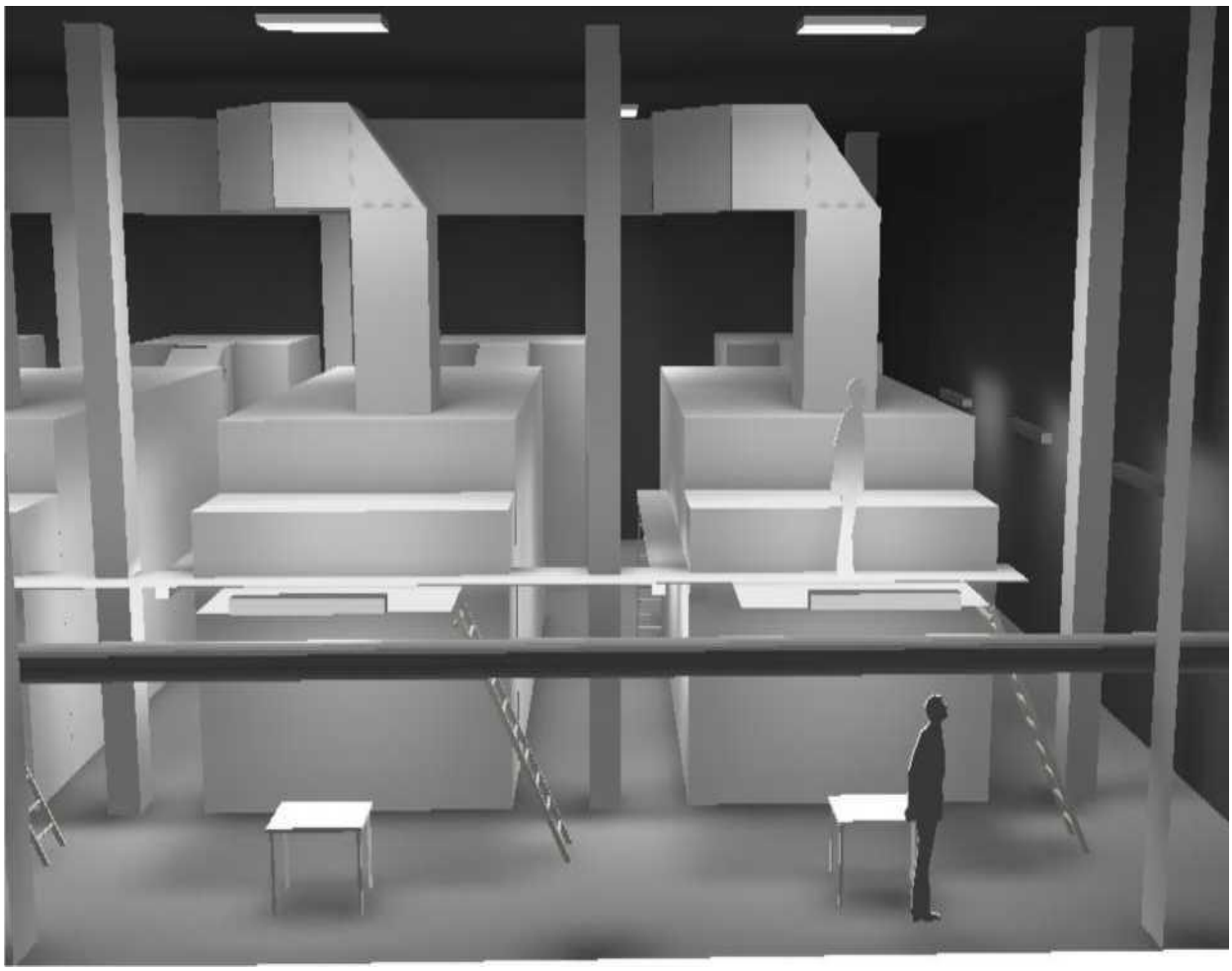


Рисунок 3.3 - Котельня №1: б) Верхня панель

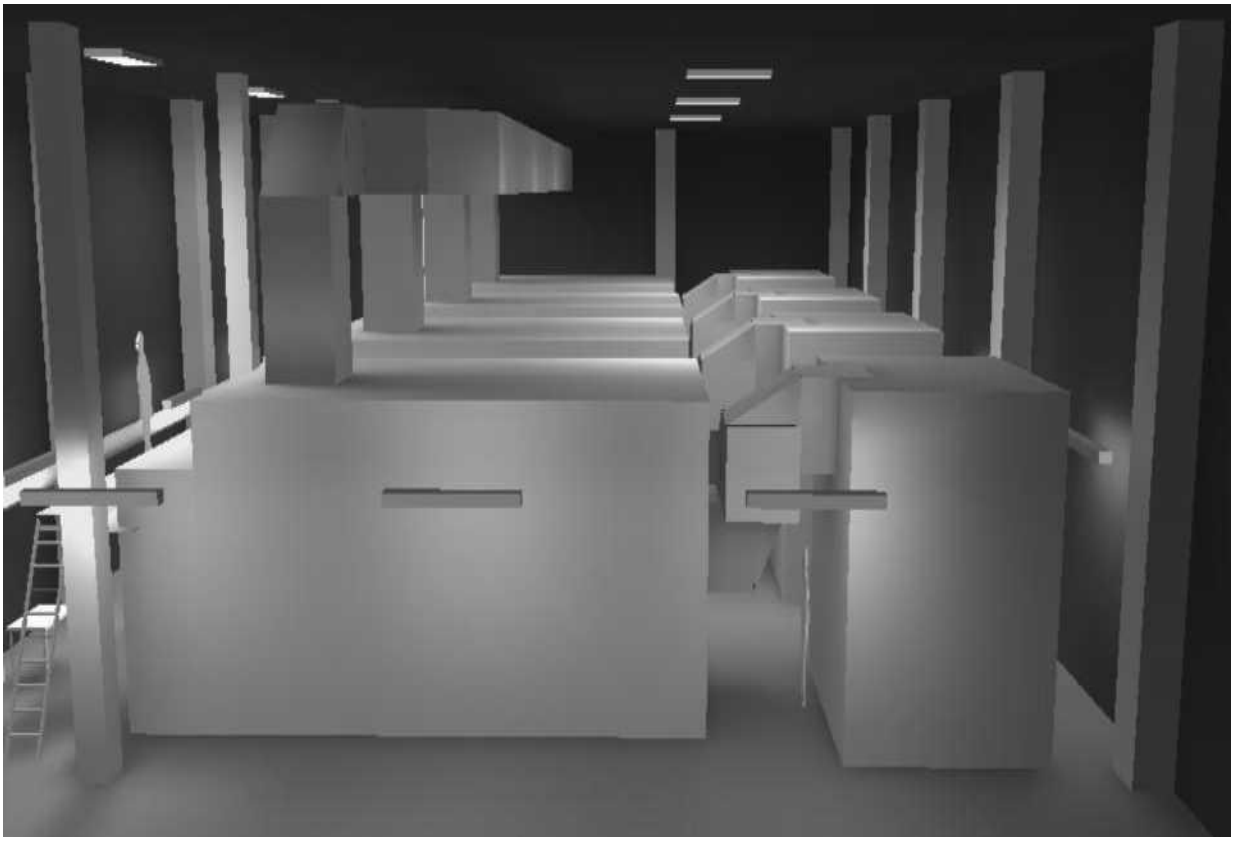
При спілкуванні з працівниками котельні №1 р., з'ясувалося про постійні головні болі трудящих, погане самопочуття, сонливість, тяжкість в очах. Багато працівників є людьми середнього віку, які більш яскраво схильні до впливу поганого освітлення.

3.1 Розробка ШО для котельні №1

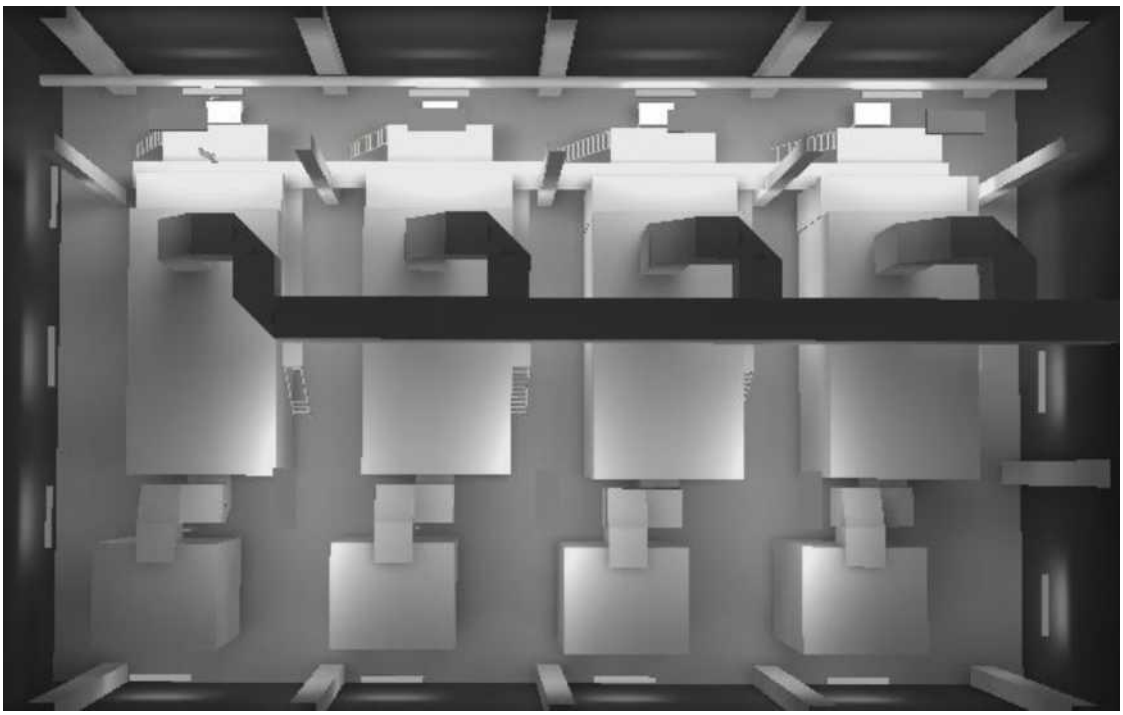
У спеціалізованому програмному комплексі DiaLux 4.12 було спроектовано приміщення котельні №1 міста Кривий Ріг у 3D форматі (рисуеки 3.4 а, б, в). Приміщення має складну двоярусну конфігурацію, яка створює складнощі при розставленні світлотехнічного обладнання. Наявні зони затінення у зв'язку з великими габаритами об'єктів.



а



б



в

Рисунок 3.4 - Загальний 3D вид котельні у програмі DiaLux:

а) Вид спереду; б) Вид збоку; в) Вид зверху

Так як котельня є об'єктом з підвищеним вмістом пилу та вологи були вибрані світильники зі ступенем захисту не нижче за IP 65. Крім цього, згідно [23] пункту: «Для живлення світильників місцевого стаціонарного освітлення повинні застосовуватися напруги: у приміщеннях без підвищеної небезпеки – не вище 220», а дана котельня відноситься до категорії Б (вибухонебезпечність), з чого слід можливість використовувати світильники зі стандартним напругою 220 В.

Були обрані світильники торгової марки «Світлові технології» STOCK ADVANTAGE для основного освітлення та було використано додаткове освітлювальне обладнання (HEATF2 1X58W T26 «Thorn Lighting») з метою усунення зон затінювання, загальний вигляд світильників представлений на рисунку 3.5 а, б.



а



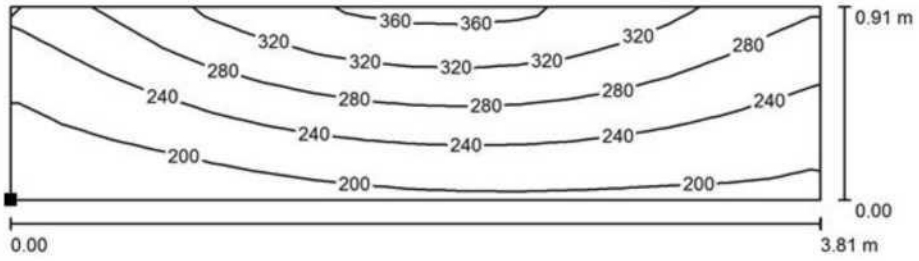
б

Рисунок 3.5 - Загальний вигляд світильників:

а) STOCK ADVANTAGE 454 with tempered glass ; б) HEATF2 1X58W T26

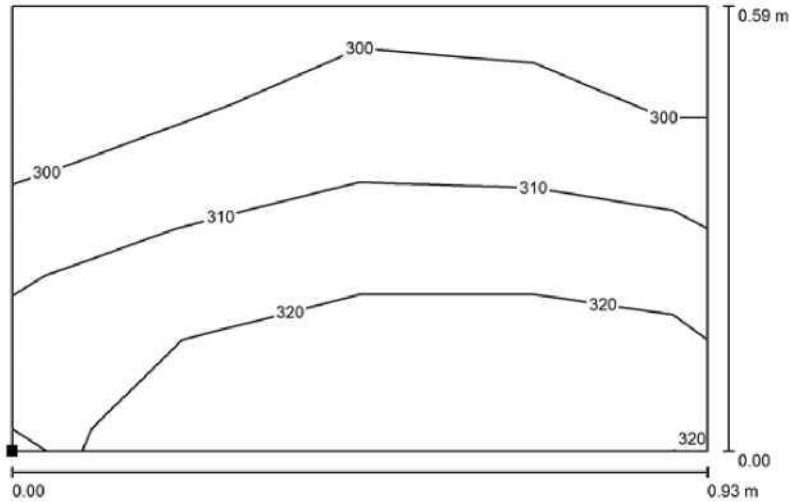
Було обрано 3 поверхні: поверхню на верхній панелі оператора; робочий стіл оператора та проходи між проходами. Середня освітленість, згідно СП «Природне та штучне освітлення» [25], повинна дорівнювати 200 лк, 300 лк і 75 лк, відповідно.

За результатами розрахунку були отримані результати середньої освітленості на розрахункових площинах, що представлені на рисунках 3.6 а, б, в.



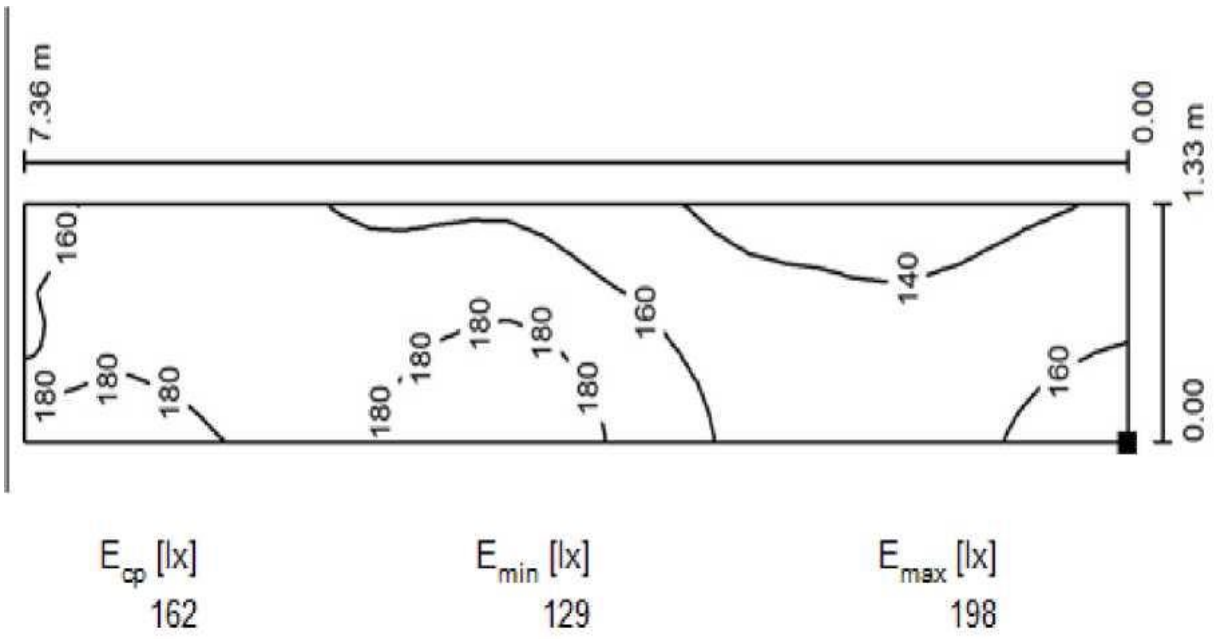
$E_{ср}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
256	174	368

а



$E_{ср}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
312	291	332

б



в

Рисунок 3.6- Результати розрахунку у програмному комплексі:
а) Верхня панель оператора; б) Стіл оператора; в) Прохід між котлами

Вибране обладнання відповідає всім потрібним критерієм. Освітленість відповідає нормам.

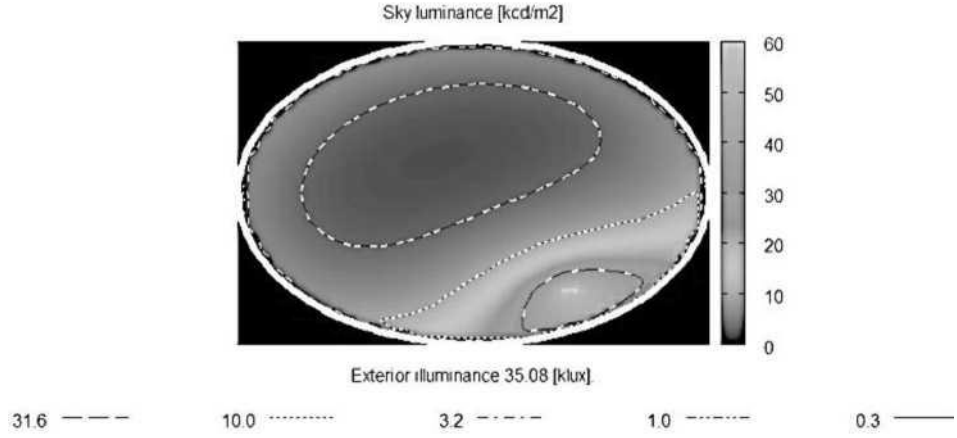
3.2 Розробка ПО для котельні №1

Для скорочення споживання ЕЕ можна використовувати систему ПО – сонячні світловоди, які завдяки своїй конструкції пропускають у приміщення більше світла в порівнянні з іншими системами ПО.

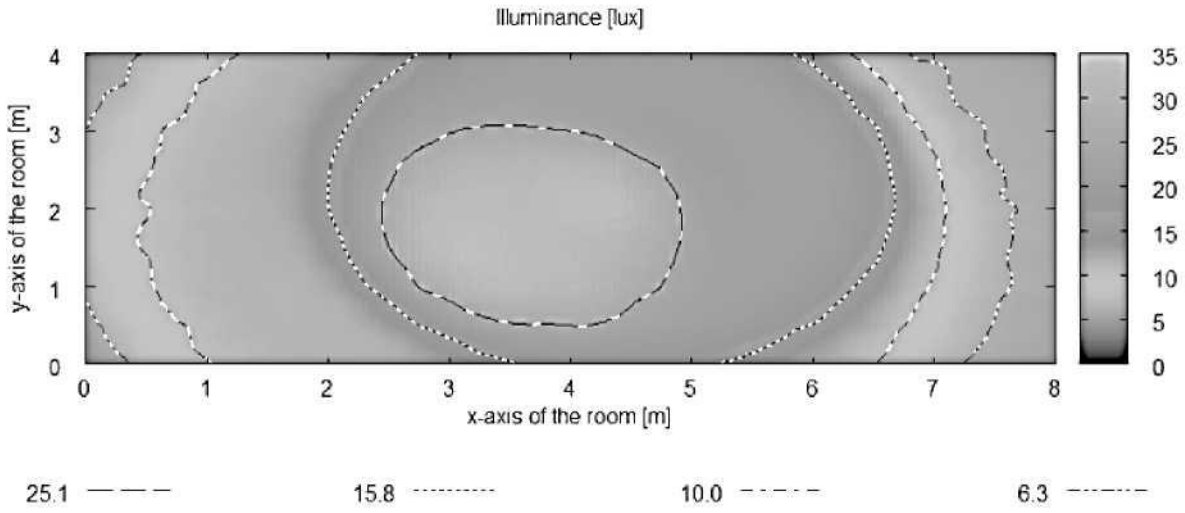
При застосуванні даної системи на території України з метою забезпечення необхідного рівня освітленості приміщення у хмарні дні, зимові місяці, рано-вранці та наприкінці дня, коли Сонце розташоване низько над горизонтом, необхідний комплексний комп'ютерний розрахунок системи. Програмний продукт HOLIGILM дає змогу прорахувати кінцеву результативність роботи системи.

Для цього визначаються розміри кімнати, орієнтація на всі боки світла; встановлюється положення сонця за датою, часом і широтою.

Наступні параметри - розташування виходу труби в кімнаті (x, y, z), прозорість бані, довжина труби та її відображення, зовнішній діаметр, вибір дифузора/прозорого скла. Програма передбачає чотири типи оптичного скла: дифузне скло, прозоре скло, внутрішня частина розсіюється та зовнішня частина прозора, внутрішня частина прозора та зовнішня дифузна [24]. Інтерфейс програми дозволяє відображати результати у вигляді ізоліній та за кольорами (у відтінках сірого). Результати на дифузорі/склі (рис. 3.7 а), на заданій робочій площині (рис. 3.7 б).



а



б

Рисунок 3.7 - Результати розрахунку:

а) На дифузорі; б) На робочій площині

Таким чином, на початковому етапі проектування освітлювальної установки програма дозволяє провести розрахунки освітленості на робочій площині та яскравості/освітлення на оптичній системі (вихідному прозорому склі або дифузорі).

Здійснено розрахунок на робочій площині (0,8 м) для котельні №1 р. Кривий Ріг, в якому розташовано 8 світловодів діаметром 0,6 м на висоті 7 метрів від рівня підлоги. Розташування світловодів представлене рисунку 3.8.

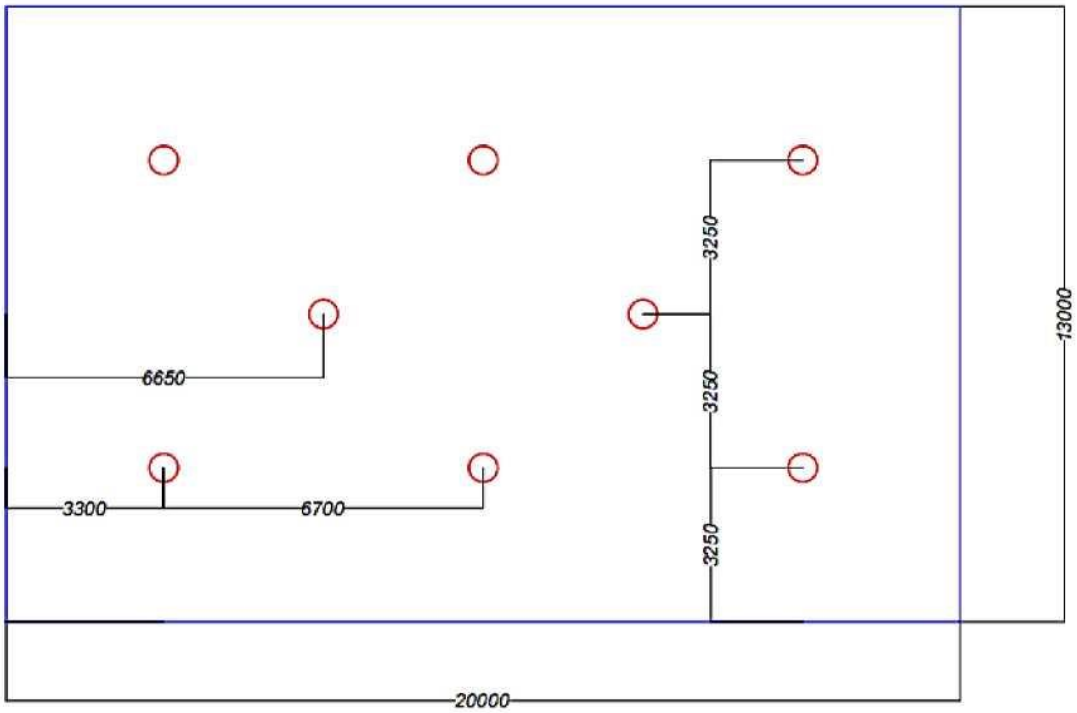


Рисунок 3.8 - Розташування світловодів у котельні №1

Розрахунок виконувався на один день кожного місяця протягом усього року, результати представлені в таблиці 3.2. Зона, позначена зеленим кольором, відображає освітленість у 300 лк і вище, яка необхідна в котельні під час роботи персоналу. Більш докладна залежність середньої освітленості від часу кожного місяця представлена рисунку 3.9. Отже, в цей час ШО можна не включати, а значить і відбуватиметься економія ЕЕ.

Таблиця 3.2 – Середня освітленість для одного дня кожного місяця в котельні №1

дн/міс.	$E_{ср.}$, лк																
	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	3:00	18:00	19:00	20:00
01.Січ.				1,4	9	36	87	112,3	127	112,3	87	36	9	1,4			
01.Лют.				1,4	27	87	112,3	127	201,7	127	112,3	87	27	1,4			
01.Бер.			1,4	9	36	112,3	201,7	201,7	221,2	201,7	201,7	112,3	36	9	1,4		
01.Кві.		1,4	9	36	87	201,7	305	305	315	305	305	201,7	87	36	9	1,4	
01.Тра		1,4	27	87	127	221,2	305	315	340,3	315	305	221,2	127	87	27	1,4	
01.Чер.	1,4	5,7	27	112,3	201,7	305	315	340,3	359,5	340,3	315	305	201,7	112,3	27	5,7	1,4
01.Лип.		1,4	27	87	127	221,2	305	315	340,3	315	305	221,2	127	87	27	1,4	
01.Сер.		1,4	9	36	87	201,7	305	305	315	305	305	201,7	87	36	9	1,4	
01.Вер.			1,4	9	36	112,3	201,7	201,7	221,2	201,7	201,7	112,3	36	9	1,4		
01.Жов.				1,4	27	87	112,3	127	201,7	127	112,3	87	27	1,4			
01.Лис.				1,4	9	36	87	112,3	127	112,3	87	36	9	1,4			
01.Гру.				1,4	9	27	36	87	112,3	87	36	27	9	1,4			

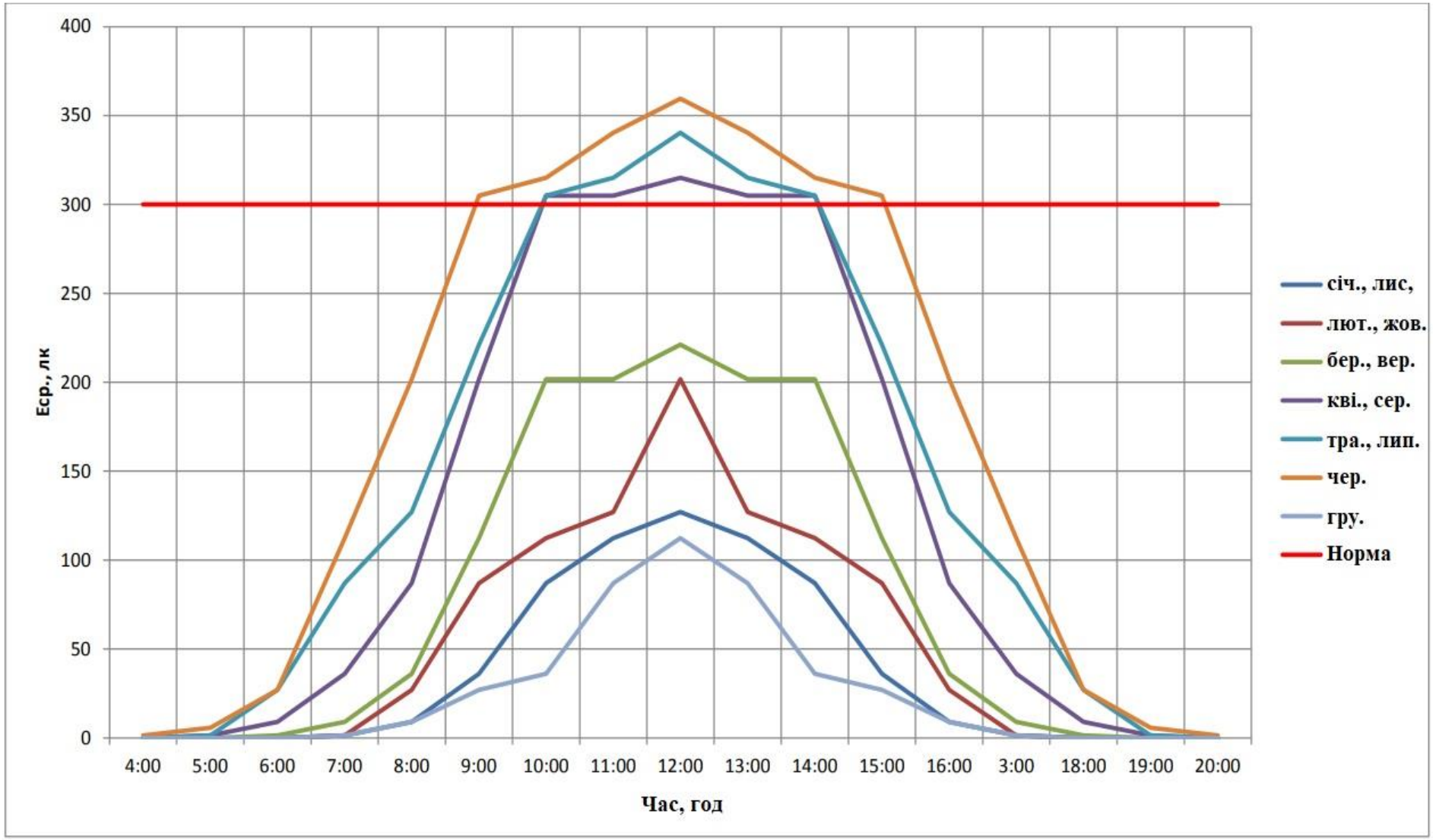


Рисунок 3.9 – Залежність середньої освітленості від часу на 12 місяців

Для розрахунку економії ЕЕ було взято місяці, де освітленість досягала 300 лк і від, інші місяці не враховувалися. Так, для місяців з квітня по серпень економія електрики в годиннику склала 825. З урахуванням тарифу (4,32 грн. за кВт*год) 9505,188 грн. Докладний розрахунок наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Економія ЕЕ у котельні №1

Місяць	Тариф, грн.	кВт	год на день	дні	год на місяць	кВт*ч	Економія, грн.
Квітень	4,32	2,667	5	30	150	400,05	1727,216
Травень			5	31	155	413,385	1785,8232
Червень			7	30	210	560,07	2419,5024
Липень			5	31	155	413,385	1785,8232
Серпень			5	31	155	413,385	1785,8232
Разом:			27	153	825	2200,275	9505,188

Таким чином, ЕЕ економиться шляхом не включення системи ШО. При освітленості менше 300 лк необхідно включення світильників, але не всіх, при освітленні в 200 лк має бути додаткове освітлення в 100 лк від світлотехнічного обладнання в місцях високого рівня зорової роботи (на столі оператора). При освітленості в 100 лк - 200 лк від ШО на столі оператора та 100 лк від ШО на верхній панелі. Отже, при частковому відключенні світильників скорочується споживання ЕЕ і підтримується нормований рівень освітленості. Але така система працюватиме ефективно з використанням САУ з датчиками освітленості та мікроконтролером, який контролюватиме процес включення/відключення ШО.

3.3 Розробка САУ для котельні №1

Системи керування освітленням забезпечують додаткові можливості для економії електроенергії. Світлорегулювання робить освітлювальні установки ефективнішими та економічнішими, лампи та світильники можуть оптимально керуватися та обслуговуватися, досягається найвищий світловий комфорт.

Так, при встановленні датчиків присутності та датчиків освітленості, що регулюють рівень освітлення з урахуванням інтенсивності природного світла, сумарна економія електроенергії може становити до 65 % [22].

Замість жорсткого режиму «вкл/выкл» з'являється економічне управління освітленням, що відповідає потребам: від зміни освітленості через виклик світлових режимів відповідно до наявності денного світла до динамічного використання світла.

При цьому економія енергії та комфорт не перебувають у протиріччі: денне світло доповнюватиметься за потребою штучним світлом – сучасним, економічним та наближеним до природного. Очевидна вигода: споживач будь-коли сам може встановити бажаний рівень освітленості. Приклад установки в котельні системи управління, яка регулюватиметься шляхом встановлення та реєстрації датчиками рівня природного освітлення, представлений на рисунку 3.10.

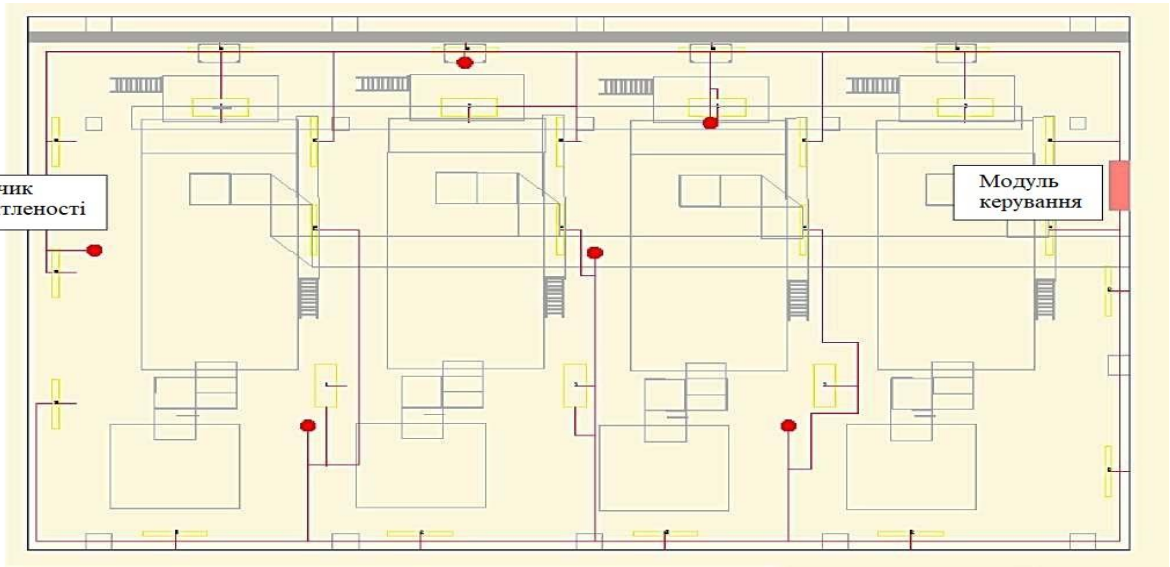


Рисунок 3.10 - Система автоматичного керування в котельні №1

Датчики світла фіксують рівень освітленості, що створюється природним світлом та світильниками. Залежно від висоти стель та рівня природного освітлення у приміщенні групи світильників керуються таким чином, щоб підтримувався заданий рівень освітленості. Користувач може в будь-який момент самостійно зменшити або підвищити рівень освітленості. У такій системі штучне та природне світло чудово доповнюють один одного.

У котельні світильники регулюються баластами шляхом керуючих проводів DALI. DALI - це основа для побудови систем керування освітленням відповідно до призначення, поширений у всьому світі та прийнятий виробниками різних країн стандарт інтерфейсу для ЕПРА. Включення та регулювання у своїй відбувається лінією управління, тобто. реле не потрібні. Інформація про режим ламп запам'ятовується в ЕПРА і доступна для модуля управління. DALI – інтерфейс для всіх засобів професійного освітлення. Електронні баласти автоматично знаходять пристрій керування – модуль. Функція баластів - це, передусім, адресація пристроїв, світлові сценарії, розподіл за групами, швидкість димування.

Під час проектування немає потреби ділити світильники на групи. Це можна зробити пізніше за рахунок простої адресації за допомогою модулів керування. Проектування керуючих та живильних проводів можна виконувати окремо. Модуль управління програмується відповідно до необхідного співвідношення штучного та природного освітлення. При різних рівнях регулювання освітленості або комбінації різних засобів освітлення зміна режимів освітлення із DALI відбувається синхронно. При цьому всі засоби висвітлення одночасно досягають нових світлових параметрів. Модуль подає сигнали на баласти, а також живить електроенергією групи світильників та датчики природного освітлення. Датчики, у свою чергу, реєструють дані та передають їх модулю, для подальшої обробки. Світлові групи у DALI не прив'язані до проводів. Угруповання світильників здійснюється простою адресацією через модуль керування і в будь-який час може бути змінено.

Обов'язково має бути стаціонарне управління, що включає систему

освітлення.

3.4 Аналіз шкідливих факторів виробничого середовища

У пункті 3.4 буде розглянуто систему заходів щодо забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці для оператора КВП на котельні №1 р. Кривий ріг. Умови роботи оператора КВП пов'язані з контролем параметрів системи, супроводжуються небезпечними та шкідливими факторами.

Робочим місцем оператором КВП є панелі з манометрами і термостатами, розташовані біля вугільних котлів. Вугільні котли – це потужні стаціонарні нагрівачі, що мають високу температуру. Через постійне пароутворення робоча зона має також і високу вологість. Оператор зобов'язаний запровадити журнал обліку цих датчиків, проводити контроль вимірювань і постійно перебуває на робочому місці.

3.4.1 Недостатня освітленість

Насамперед, до шкідливих виробничих факторів відносять малу освітленість робочого місця, нестачу природного світла та мікроклімат.

Освітленість дуже сильно впливає на працездатність працівників у промисловому приміщенні. Багато експериментальних досліджень показали, що значення освітленості істотно впливає на зорову роботу. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 "Природне та штучне освітлення" було визначено освітленість за характеристикою точності робіт. Відстань між поділами тонометра становить 0,5 - 1 мм, що відповідає середній точності робіт (III розряд зорових робіт) та становить 300 лк при темному тлі та малій контрастності [25].

Денне світло управляє біологічними, фізіологічними та психічними процесами в організмі людини. У нормальних умовах сонячне світло викликає утворення невеликої кількості активних продуктів фотолізу, які надають

благотворну дію на організм. Так під впливом ультрафіолетових променів з довжиною хвилі 280-313 нм провітаміни перетворюються на вітамін D і всмоктуються в організм, а роль вітаміну D полягає в засвоєнні кальцію.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 "Природне та штучне освітлення" нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) промислових підприємств для різних систем освітлення розраховується залежно від адміністративних районів за ресурсами світлового клімату [25].

Так для котельні, розташованої в Красноярську, входить до 1 групи адміністративних районів. Для бункерного відділення котельних залів та майданчика обслуговування котлів, у яких VI розряд зорової роботи, КЕО при верхньому та комбінованому освітленні – 2 %, при бічному освітленні – 0,4 % [13].

3.4.2 Несприятливі умови мікроклімату

Наступним шкідливим фактором на котельні є порушення допустимих оптимальних умов мікроклімату, тобто відсутність теплової рівноваги між організмом та навколишнім середовищем, а також перевищення вмісту шкідливих речовин у повітрі.

Умови мікроклімату впливають на організм людини, визначаючи його самопочуття, а саме:

• недолік вологості може призвести до розтріскування шкіри та слизової оболонки;

• при надлишку вологості та високої температури до гіпертермії або накопичення теплоти та перегріву організму;

• знижені показники температури, при підвищеній вологості повітря, можуть бути причиною гіпотермії або переохолодження.

Оптимальні значення температури та швидкості руху повітря для робочої зони виробничих приміщень з урахуванням тяжкості виконуваної роботи та сезонів року наведено у таблиці 3.4. Ці значення відповідають ДБН

В.2.5-77:2014 «Котельні. Зі Зміною № 1» [26].

Оператор КВП входить у категорію 1б на основі інтенсивності енерговитрат організму в ккал/год (Вт). До категорії І6 відносяться роботи з інтенсивністю енерговитрат 121-150 ккал/год (140-174 Вт), вироблені сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і які супроводжуються деякою фізичною напругою, контролем параметрів [27].

Зазначені у таблиці 3.4 параметри є оптимальними показниками мікроклімату робочому місці оператора.

Таблиця 3.4 – Оптимальні параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт з рівня енерговитрат, Вт	Температура повітря, °С	Температура поверхонь, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/сек
Холодний	1б (140-179)	21 - 23	20-24	60-40	0,1
Теплий		22 - 24	21-25	60-40	0,1

Одним з основних заходів щодо оптимізації параметрів мікроклімату та складу повітря у виробничих приміщеннях є забезпечення належного повітрообміну – ефективної систем вентиляції та опалення.

3.4.3 Вплив шкідливих речовин

Крім зазначених параметрів повітря від оптимальних значень, можлива наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин. Вміст шкідливих речовин у повітрі не повинен перевищувати встановлених граничних допустимих концентрацій (ГДК).

У таблиці 3.5 представлені ГДК у повітрі шкідливих речовин на котельні.

Таблиця 3.5 - ГДК шкідливих речовин на котельні.

Найменування речовини	Формула	Розмір ГДК, мг/м$_3$	Шкідливість речовин
Вуглецю оксид (чадний газ)	CO	20	CO заміщає кисень, приєднаний до молекули-носія, гемоглобіну. Найбільш чутливі органи до CO мозок, серце та легені, - найбільше страждають від нестачі кисню.
Бензопірен	$C_{20}H_{12}$	0,00015	Бензопірен є найбільш типовим хімічним канцерогеном навколишнього середовища, він небезпечний для людини навіть при малій концентрації, оскільки має властивість біоакумуляції. Бензопірен надає також мутагенне дію.
Відгони кам'яновугільних смол та пеків при середньому вмісті в них бензопірену: а) менше 0,075 %		0,2	Під впливом перелічених речовин найчастіше спостерігається розвиток раку шкіри. Розвитку ракового процесу шкіри від впливу речовин передують передракові запальні зміни - еритеми, хронічні дерматити, фолікуліти, розлади пігментації шкіри типу меланозу. Потім виникають гіперпластичні та неопластичні прояви спочатку доброякісного характеру (папіломи), що надалі переходять у злоякісний. процес.
б) 0,075-0,15 %		0,1	
в) від 0,15 до 0,3%		0,05	
Кремній кристалічний діоксид при		0,5	Затримуючись при вдиханні у глибоких відділах дихальної системи, пил викликає патологічні зміни, серед яких найбільш

вмісті в пилу від 10 до 70 %			небезпечно утворення сполучної тканини у легенях.
Пил доменного шлаку		6	Проникнення пилу в легені може супроводжуватися утворенням у них запального процесу. Цей процес за наявності достатньої кількості патогенних мікробів може поширитися на більш менш обширну ділянку легеневої тканини і дати пневмонію.
Діоксид сірки	SO_2	0,5	Це токсична хімічна сполука третього класу небезпеки. У людей можуть виникати різні негативні реакції: набряк легень, блювота, нежить, задуха, порушення мови, кашель, діарея, запаморочення, головний біль, нудота, тяжкість у шлунку.
Діоксид азоту	NO_2	0,85	Функціональним ефектом, що викликається діоксидом азоту, є підвищене опір дихальних шляхів. Іншими словами, NO_2 викликає збільшення зусиль, що витрачаються на дихання.

Для визначення вмісту шкідливих речовин у повітрі відбір проб повинен проводитись у зоні дихання (простір у радіусі до 0,5 м від особи працюючого) за характерних виробничих умов.

Протягом зміни в кожній точці послідовно відбирають таку кількість проб, яка була б достатньою для достовірної гігієнічної характеристики стану повітряного середовища (але не менше п'яти).

Для захисту персоналу від шкідливих речовин необхідно виконувати

низку заходів. Зниженню надходження у повітря робочої зони шкідливих речовин сприяє поліпшення герметизації обладнання, ведення процесу у вакуумі, застосування замкнутих технологічних циклів, безперервних технологічних процесів, своєчасний ремонт технологічного обладнання, його модернізація та заміна новим. Застосування засобів індивідуального захисту є важливим способом захисту працюючих. Однак перевагу слід надавати вищевикладеним методам.

3.4.4 Електромагнітне випромінювання

Електромагнітні (ЕМ) хвилі – неминучі супутники людини. Усі працюючі електроприлади (електроприймачі) створюють навколо себе ЕМ поле: дисплеї комп'ютерів, мобільні, обігрівачі, світильники та ін. Електромагнітне поле викликає рух заряджених частинок: електронів, протонів, іонів або молекул-диполів. Клітини живого організму складаються із заряджених молекул - білків, фосфоліпідів (молекул клітинних мембран), іонів води - і теж мають слабке електромагнітне поле.

Під впливом сильного ЕМ поля молекули, що мають заряд, здійснюють коливальні рухи. Це дає початок цілій низці процесів як позитивних (поліпшення клітинного метаболізму), і негативних (наприклад, руйнація клітинних структур).

Існує граничний допустимий рівень (ГДР) густини потоку енергії (ГПЕ) електромагнітного поля становлять - 25мкВт/см^2 протягом 8 годин, 100мкВт/см^2 протягом 2 годин, при цьому максимальне значення не повинно перевищувати 1000мкВт/см^2 Для котельні характерні джерела ЕМ поля. - індукційні котельні, комп'ютери. таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Значення ГДР ГПЕ

Джерело	Діапазон	Значення ГДР	Примітка
Індукційні печі	20 - 22 кГц	500 В/м 4 А/м	Умови виміру: відстань 0,3 м від корпусу
Відеодисплейний термінал ПЕОМ	5 Гц - 2 кГц	$E_{гдр}$ = 25 В/м $B_{гдр}$ = 250 нТл	Умови вимірювання: відстань 0,5 м навколо монітора ПЕОМ
	2 - 400 кГц	$E_{гдр}$ = 2,5 В/м $B_{гдр}$ = 25 нТл	

Найбільш чутливими до впливу ЕМ випромінювання є центральна нервова система та очі, при цьому відбувається порушення діяльності серцево-судинної, нейроендокринної, імунної систем.

Один із найбільш ефективних способів захисту від негативного впливу електромагнітного випромінювання є застосування спеціальних приладів, які дозволяють нейтралізувати дане випромінювання та максимально мінімізувати його негативний вплив на організм людини.

Принцип дії даних приладів ґрунтується на наведенні проти-ЕРС, яка сприяє зниженню негативного впливу на організм людини небажаних електромагнітних випромінювань.

Максимальне скорочення часу перебування в зоні дії електромагнітного випромінювання є одним із найбільш ефективних способів захисту організму від негативного впливу електромагнітного випромінювання.

3.4.5 Ураження електричним струмом

Основний небезпечний фактор на котельні – електротравмотизм. Засобом виключення електротравм є їх передбачення за будь-якого контакту з електроприладами та вжиття необхідних заходів безпеки. Напруга дотику - це різниця потенціалів точок електроланцюга, яких людина стосується одночасно, зазвичай у точках розташування рук та ніг. Крокова напруга - це різниця потенціалів у полі розтікання струму поверхнею землі між точками, розташованими на відстані кроку (приблизно 0,8 м).

Причинами ураження електричним струмом можуть бути:

• дотик до струмоведучих частин електроустановок, що знаходяться під напругою;

• дотик до вимкнених струмоведучих частин, на яких напруга може мати місце у випадках:

• наявності залишкового заряду;

• хибне включення електроустановки або неузгоджених дій обслуговуючого персоналу;

• дотику до металевих неструминних частин або пов'язаного з ними електроустаткування (корпусу, кожуха, огородження) у разі переходу на них заряду з струмопровідних частин (пробою);

• ураження кроковою напругою під час перебування людини у полі розтікання електричного струму у разі замикання на землю;

Вирізняють такі причини електротравматизму:

• організаційні (порушення вимог правил та інструкцій, недоліки у навчанні персоналу);

• технічні (погіршення електричної ізоляції, відсутність огорож, сигналізації та блокування, дефекти монтажу та ін.);

• психофізіологічні (перевтома, невідповідність психофізіологічних показань даному виду навчально-виробничої чи іншої діяльності);

• соціальні (неслухняність, цікавість).

В основу забезпечення електробезпеки має бути покладено виконання вимог чинних правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та правил охорони праці (правил безпеки) під час експлуатації електроустановок. При виборі та розрахунку технічних пристроїв та інших засобів захисту враховуються три основні параметри: сила струму, що протікає через тіло людини, напруга дотику та тривалість протікання струму.

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015 «Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств» для захисту від прямого дотику струмопровідні частини мають бути повністю покриті ізоляцією, яка може бути усунена лише руйнуванням.

Для заводських виробів ізоляція повинна відповідати стандартам цього обладнання.

Для іншого обладнання захист повинен бути забезпечений ізоляцією, здатною довго протистояти навантаженням, що виникають в процесі експлуатації (механічні, електричні, хімічні та теплові впливи). Фарби, лаки, оліфи та подібні речовини власними силами не розглядаються як достатня ізоляція для захисту від електричного ураження за нормальних умов експлуатації.

Автоматичне відключення живлення при пошкодженні ізоляції призначене для запобігання появі напруги дотику, тривалість дії якого може становити небезпеку. Чинним органом є захисний пристрій, призначений для автоматичного відключення живлення ланцюга або електрообладнання, який забезпечуватиме захист від непрямого дотику при замиканні струмопровідної частини на відкриту провідну частину або захисний провідник ланцюга або електрообладнання таким чином, що час відключення живлення повинен забезпечувати електробезпеку людини при одночасному дотику до провідним частинам також у разі можливого перевищення значень напруги дотику 50 В змінного струму (діюче значення) та 120 В випрямленого струму. Час відключення становить 0,8 с для системи TN при 230.

3.5 Регіональна безпека

3.5.1 Захист атмосфери

При роботі котелень відбувається забруднення атмосфери та водойм шкідливими викидами. Шкідливі викиди в атмосферу надходять у вигляді твердих частинок (зола та сажа), а також газоподібних токсичних речовин. Кількість та вміст шкідливих викидів в атмосферу визначається видом палива та організацією процесу згоряння.

Викид сірчистих сполук визначається вмістом сірки в паливі. У твердому паливі вона знаходиться у вигляді включень залізного колчедану FeS_2, сірки сульфатної, а також входить до складу органічної маси палива. При збагаченні вугілля вміст FeS_2 знижується. При гідротермічній очистці вугілля від сірки з нього можуть бути видалені FeS_2, так і органічна сірка. Відомий спосіб зв'язування сірки в киплячому шарі, що складається з вугілля та розмеленого вапняку. При температурі близько 900 °С відбувається дисоціація $CaCO_3$ на CO_2 та CaO; CaO вступає у реакцію із сіркою, утворюючи $CaSO_4$. В цьому випадку очищення палива від сірки досягає 90%.

Вміст сірки у рідкому паливі можна зменшити впливом високих температур та використанням окислювачів (газифікація) або без них (піроліз). Через складність і високу вартість ці способи очищення мазуту від сірки в котельнях не застосовуються.

Димові гази від оксидів сірки очищають за допомогою мокрих скруберів, проте таке очищення малоефективне.

Викид оксидів азоту можна зменшити за допомогою раціональної організації процесу горіння: двостадійного спалювання палива, подачі води та пари в зону горіння, зменшення надлишку повітря в топці, рециркуляції димових газів у камеру топки. Видалення оксидів азоту з димових газів можна провести шляхом абсорбції розчином аміаку, адсорбцією силікагелем або торфолужними сорбентами.

Викид твердих частинок можна знизити за допомогою різних золоуловлювачів: сухими або мокрими фільтрами інерційними, електрофільтрами, комбінованими пристроями.

3.5.2 Захист гідросфери

До шкідливих викидів у гідросферу відносяться охолодні води, стічні води із систем гідрозоловидалення, підготовки води, відпрацьовані розчини хімічного очищення обладнання, розчини від промивання котлів, що працюють на мазуті, і т.д. Зниження забруднень водойм стічними водами можливе або в результаті очищення всіх стоків до гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин, або за рахунок впровадження оборотних систем з багаторазовим використанням води. При цьому ступінь очищення і кількість вод, що забираються з джерел, зменшуються.

Спосіб очищення стічних вод залежить від складу шкідливих домішок. Якщо стічні води містять нафтопродукти, то застосовують відстоювання, флотацію і фільтрування. Виділені нафтопродукти направляють у мазутозбірник, а потім після підігріву в котельню для спалювання. При очищенні стічних вод після промивання котлів їх нейтралізують лужними розчинами та відстоюють.

Після відстоювання із шламу виділяється ванадій. При скиданні стічних вод у водні басейни відбувається не тільки їх забруднення, а й підвищення температури води. Згідно з водно-санітарним законодавством, літня температура води при спуску стічних вод не повинна перевищувати середньомісячну температуру води найспекотнішого місяця року за останні 10 років більш ніж на 3 °С.

3.6 Організаційні заходи забезпечення безпеки

Організація та оснащення робочих місць та сфер обслуговування здійснюється з урахуванням їх призначення: оператор КВП повинен мати персональний стіл для введення контрольно-вимірювальних записів. А також вільний доступ до манометрів та термостатів.

Робочі місця оснащуються організаційним оснащенням, при виборі якого необхідно дотримуватися таких вимог:

• зручний доступ до органів управління;

• відповідність оснащення її функціональному призначенню;

• зручне розміщення типової або стандартної оснастки, що застосовується, предметів праці;

• дотримання вимог нормативних, правових актів охорони праці.

Організаційними заходами забезпечення безпеки зміни на електроустановках є:

• оформлення наряду, розпорядження чи переліку робіт, що виконуються у порядку поточної експлуатації;

• видача дозволу на підготовку робочого місця та на допуск до роботи у випадках;

• допуск до роботи;

• нагляд під час роботи;

• оформлення перерви в роботі, переведення на інше місце, закінчення роботи.

Щоб підготувати робоче місце до роботи, слід вжити необхідних заходів. Т.к. на котельні є небезпека напруги, необхідно виконати заходи, що перешкоджають подачі напруги до місця роботи через мимовільне або помилкове включення комутаційної апаратури. Вивісити забороняючі плакати і, при необхідності, встановити огорожі, перевірити відсутність напруги, накласти переносні заземлення, вивісити запобіжні плакати і дозволяючі (при роботах з повним зняттям напруги дана вимога не обов'язково). Тікопровідні

частини, що залишилися під напругою, огороджують.

Роботи оператора КВП, пов'язані з середніми фізичними зусиллями та середньою нервовою напругою повинні чергуватись з двома перервами по 5 хвилин протягом зміни: через 2 години після початку роботи та за 1,5 години до її закінчення. Також необхідна виробнича гімнастика 2 десь у день, котрій для підприємства має бути один методист, оскільки підприємство менше 3000 людина.

3.6.1 Особливості законодавчого регулювання проектних рішень

Найбільш поширеною та ефективною є бригадна форма організації праці. На котельні всі працівники поділені на 3 бригади, які працюють позмінно. Зміна складає 8 годин.

При застосуванні бригадної форми організації праці повинні забезпечуватися такі умови:

• за бригадою закріплюється виконання певного виду праці;

• організація у бригаді обліку роботи, витрати сировини, матеріалів, трудових та енергетичних ресурсів;

• закріплення виробничої площі, що забезпечує територіальну єдність та зручність обслуговування обладнання;

• забезпечення безперебійної роботи устаткування.

Відповідно до ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» раціональне чергування роботи з перервами на відпочинок слід передбачати з метою оптимізації напруженості трудової діяльності.

Розробка раціональних режимів праці та відпочинку повинна виконуватися з урахуванням визначення змінності та тривалості робочих змін (неповний робочий день, гнучкі та ковзні графіки режиму роботи), перерв на відпочинок та обід з урахуванням специфіки організації виробництва, статево-складового складу працюючих та ін. Заходи з охорони праці кожному робочому місці підприємства є пріоритетними і спрямовані збереження

здоров'я, працездатності працівників, зниження втрат робочого дня і, як наслідок, підвищення продуктивність праці.

3.6.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Уникнення НС - прийняття та дотримання правових норм, виконання еколого-захисних, галузевих чи відомчих вимог та правил, а також проведення комплексу організаційних, економічних, еколого-захисних, санітарно-гігієнічних, спрямованих на забезпечення захисту населення, об'єктів народного господарства та іншого призначення, навколишнього природного середовища від небезпек у надзвичайних ситуаціях

Причинами НС можуть бути як явища природного характеру, і аварійне подія. Для забезпечення мінімальної шкоди при НС необхідно завчасно проводити комплекс заходів, спрямованих на максимально можливе зменшення ризику виникнення надзвичайних ситуацій, а також на збереження здоров'я людей, зниження розмірів збитків навколишньому природному середовищу та матеріальних втрат у разі їх виникнення.

Також необхідно підготувати територію для забезпечення функціональності при НС, наприклад, можливість під'їзду машин спеціалізованих аварійних служб.

Пожежі і вибухи найбільш характерний варіант НС, на об'єкті, що розглядається, - котельні, які можуть призвести до виходу з ладу обладнання електростанції, а отже залишити без електропостачання селище. Також це може призвести до значних матеріальних втрат та порушення умов життєдіяльності людей, не кажучи вже про можливі травми та жертви.

Для запобігання подібній ситуації слід передбачити низку протипожежних заходів:

1. Для освітлення приміщень, в які не виключено проникнення пального газу, парів вибухонебезпечних речовин, повинна застосовуватись вибухозахищена освітлювальна арматура.

2. У виробничих приміщеннях має бути виконане аварійне освітлення.

3. Розлиті або протеклі рідини повинні бути нейтралізовані та видалені.

4. На території та у приміщеннях повинні бути необхідні засоби пожежогасіння.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. У ході роботи було розроблено технологічні та організаційні заходи щодо підвищення енергетичної ефективності систем освітлення виробничого приміщення котельні №1 м. Кривий ріг при одночасному забезпеченні комфортного світлокліматичного середовища за рахунок оптимізації системи сумісного освітлення будівлі.

2. Шляхом розрахунків було проведено порівняння систем ПО таких як вікно, зенітний ліхтар, шедовий ліхтар, ліхтар-надбудови і сонячний світловод. За розрахунковими даними, найефективніша система світловодів, світловоди протягом усіх місяців підтримують необхідний рівень освітленості, за винятком грудня.

3. Проект із застосуванням такої системи було виконано у програмному комплексі HOLIGILM, т.к. при порівнянні розрахункових та програмних даних різниця між значеннями склала 7,6% від розрахункових значень. Таким чином ЕЕ економія шляхом не включення системи ШО становить 9505,188 грн. за рівня освітленості 300 лк. Заощаджується 2200,275 кВт*год на рік або 825 год ШО перебуває у вимкненому стані.

4. При заміні системи ШО підвищується рівень освітленості виробничого приміщення. Період окупності обладнання (світильники торгової марки «Світлові технології» STOCK ADVANTAGE) при заміні світлотехнічної установки – ЛН, що є в котельні, становить 2,79 року та рентабельність інвестицій при цьому – 36%. Але найважливіша система ШО буде оптимізована і, як наслідок, знизиться рівень виробничого травматизму, а рівень працездатності трудящих підвищиться.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДП «НЕК»УКРЕНЕРГО» Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн.Відокремлений підрозділ. Київ : 2017. 213с.

2.Андрійчук В.А. Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми й перспективи. Праці II міжнародної науково-технічної конференції, приуроченої 160-річчю видатного українського фізика, піонера в галузі світлотехніки і електротехніки професора Івана Пулюя. Тернопіль: 2005. 170с.

3.Економія електроенергії на підприємстві: основні способи. URL https://eenergy.com.ua/energoefectyvnist/ekonomiya-elektroenergiyi-na-pidpryyemstvi/(дата звернення 14.11.24).

4. ДП «НЕК»УКРЕНЕРГО» Огляд аналітичних робіт міжнародних енергетичних організацій щодо стану та сценаріїв розвитку світової енергетичної сфери з прогнозом інвестування в енергоефективність. Відокремлений підрозділ. Київ : 2018. 94с.

5.ДБН В.2.5-28:2018 .Природне і штучне освітлення.Технічні норми.– Чинні з 28.02.2019. Київ : 2018. 133с.

6.Міністерство розвитку громад та території України. Про необхідність впровадження енергоефективних заходів. URL :https://www.minregion.gov.ua/press/news/pro-neobhidnist-vprovadzhennya-energoefektyvnyh-zahodiv-rozyasnennya-minregionu/(дата звернення 15.10.24).

7.Безпека праці та промислова санітарія.Навчальний посібник до курсу «Охорони праці»:[К.Н. Ткачук та ін.].Тернопіль.: 2018. 213с.

8.ДНПАОП 0.00–1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів // Київ : АТ «Київська книжкова фабрика»,1998.– 380 с.

9.ДСТУ Б А.2.4-24:2008 Система проектної документації для будівництва. Внутрішнє електричне освітлення. Робочі креслення.

10.ДСТУ Б В.2.2-6-97 Методи вимірювання освітленості.

11.DIN EN 12193 «Світло і освітлення — освітлення спортивних споруд»

12.Каталог стандартів міжнародної комісії з освітлення. URL : https://www.iso.org/ru/standards-catalogue/browse-by-ics.html

13.CIE 169. Practical design guidelines for the lighting of sport events for colour television and filming. - 2005.

14.Освітлення виробничих приміщень — види промислових світильників/ URL : https://stolb.com.ua/osvitlennya-virobnichikh- primishchen-vidi-promislovikh-svitilnikiv/(дата звернення 16.11.24).

15.Ю.М.Семків, В.А.Андрійчук, В.С.Касаркевич. Світлове забруднення атмосфери: астрономічний аспект проблеми / Журнал «Світло люкс». – 2010.

16.Що ми знаємо про добові біоритми[електронний ресурс]. –Режим доступу: https://www.bbc.com/ukrainian/features-45950536.(дата звернення 01.06.24).

17.С.Мальченко,М.Слюсаренко.Дослідження світлового забруднення нічного неба. / навч.підруч. «Теоретична фізика та астрономія. ». 2014. С.81–85.

18.The International Dark-Sky Association (IDA) is the recognized authority on light pollution and is the leading organization combating light pollution worldwide. URL:https://www.darksky.org/about/(дата звернення 01.06.24).

19. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 100-річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам’яті Івана Пулюя (100-річчя з дня смерті)/. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 376 с.

20. Математичні моделі світлового забруднення атмосфери. URL : http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/45446/1/knyha-svitlo.pdf(дата звернення 02.06.24).

21. С.М. Степаненко. Метеорологія і кліматологія.Навчальний

підручник /Під редакцією д.ф.-м.н., професора Одеса:2008. 533 с.

22.Конституція України. Закон України "Про охорону праці" № 49 від 14.10.92. Київ:1992. 669 с.

23.С.Трошина.В.Стоєцький.Вимоги пожежної безпеки до електроустановок /Консультант з охорони праці та пожежної безпеки №12, 2017.

24.Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://dnaop.com/html/29590_20.html(дата звернення 04.06.24).

25. Лідньов А.О. Інструкція з охорони праці для електромонтера з ремонту і обслуговування електроустаткування. Київ:2018/ 13 ст.

27. Іффе К. І. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керуваннясвітлотехнічними пристроями» [Електронний ресурс] : для магістрів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніката електромеханіка (спеціалізація «Світлотехніка і джерела світла») /К. І. Іоффе, О. Л. Черкашина; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім.О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 57 с.

28.X10.URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/X10 (дата звернення 07.06.24).

29. The EIB System for Home & Building Electronics.URL : http://www.eiba.ru/download/eib02 (дата звернення 07.06.24).

30.Соловей О. І. Промислові електротехнологічні установки : навч. посіб. / О. І. Соловей. Київ : Кондор, 2009. 172 с.

31.Василега П. О. Електротехнологічні установки : навч. посіб./ П. О. Василега. Суми : СумДУ, 2010. 548 с.

32.КаталогLEDосвітлювальних приладів : 2019 : [каталог]. – [Тернопіль : ТОВ «ОСП Корпорація Ватра», 2019]. 108 с.

33.Сайт. Dialux. URL: https://www.dialux.com/en-GB/

34. Герба І.А., Якімішина В.В. Розробка системи автоматичного керування освітлювальними установками зовнішнього та внутрішнього освітлення на Донецькому електротехнічному заводі. [електронний ресурс].–

Режим доступу: http://masters.donntu.org/2017/etf/gerba/diss/indexu.htm.(дата звернення 11.06.20).

35.Офіційний сайт Schneider Electric. URL: http://www.schneider-electric.com.(дата звернення 11.10.24).

36.Digilux rabbit URL: https://www.tme.eu/ru/details/rabbit-digilux (дата звернення 15.08.24).

37.Офіційний сайт Siemens URL : https://www.siemens.com. (дата звернення 11.11.24).

38.Гуракова Л. Д. Теплові джерела світла : конспект лекцій для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 6.050907 – Електротехніка та електротехнології / Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків : ХНАМГ, 2004. 45 с.

39.Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення». від 15 жовтня 2012р.№992. Київ.

40. Дослідження характеристик сучасних електричних джерел світла / М. О. Гошко, С. М. Хімка, К. М. Василів, І. М. Дробот // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. 2012. № 16. С. 390-394.

41. Назаренко Л. А. Фізика і техніка світлодіодів : навч. посібник /Л. А. Назаренко, А. І. Колесник ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М.Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 232 с

42. ДСТУ EN 60529:2018 Ступені захисту, забезпечувані кожухами (Код IP) (EN 60529:1991; A1:2000; A2:2013; AC:1993; AC:2016, IDT; IEC 60529:1989; A1:1999; A2:2013; Cor 2:2015, IDT)

43. Світлодіоди: фізика, технологія виготовлення, застосування : навч.посібник / В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась ; Харків. нац. акад. міськ.. Харків : ХНАМГ, 2012. 323 с.

44. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення"

45. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ: Основа, 1998. 380 с.

46. Електробезпека: підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2018. 295 с.

47. Основи охорони праці: підручник / М. С. Одарченко,А. М. Одарченко, В. І. Степанов та ін. Харків: ХДУХТ, 2017. 334 с.

48. Основи цивільного захисту: Навч. посібник / Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. 412с.

49.ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

50. Гажаман В. І. Електробезпека на виробництві. Київ: 2002. 272 с.

51.Види ламп [Електронний ресурс] // Corelamp – Режим доступу до ресурсу: https://corelamps.com/yak-obraty-svitylnyk-chy-lampochku/vydy-lamp

52. Архітектура будівель і споруд: Навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2012. 170 с.

53. Свірко В.О., Рубцов А.Л., Євсеєнко В.М. Рекомендації з визначення трудомісткості і вартості робіт. Київ: ТОВ “Школа”, 2010. 100 с.

53. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний посібник. За редакцією В.В. Сафонова Київ : Основа, 2011. 480с.

54.Свірко В.О. та ін. Основи ергодизайну. Київ : НАУ, 2011. 300с.

55.The IESNA Lighting Handbook. Ninth Editionl IESNA, 2002.

56. Illuminance levels for sport events. C1E, 1991.

57.Guide for the lighting of sports events for colour television and film systems CIE, 1989.

58.Ir. Dr. Sam C. M. Hui. Lighting Calculations / Ir.Dr. Sam C. M. Hui // Faculty of Science and Technology. 2017. URL :

http://ibse.hk/SBS5312/SBS5312_1718_05-lighting_calculations.pdf.

59.Mark S. Rea. IESNA Lighting Handbook 9th Edition [Text] / Mark S. Rea // Illuminating Engineering Society of North America. 2000. 1037 pp. – ISBN 0-87995-150-8

60. Jarosław Kaczmarek. Architektura rekreacji // Architektura-Murator. 2001. S. 37–44.

Додаток А

Розрахункова таблиця для ламп високого тиску та світлодіодного ДС для різних тарифів.

ДС	Виробник	n_v, лм/Вт	$C_{дс}$, UAH	Ф, клм	т, tbc. ujl.	G_{12}, UAH/Млм*ч.		
						при q_1=1.89 UAH /кВт*ч	при q_2=2.5 UAH /кВт*ч	при q_3=3.5 UAH /кВт*ч
ДРЛ	Іскра	48	40	12	10	20,21	26,92	30,75
		52	50	13	12	17,05	28,78	38,01
		60	40	24	15	11,78	21,94	38,61
МГЛ	Osram	68	3500	17	9	50,67	59,64	74,35
		75	1090	5,3	9	25,22	33,36	46,69
		105	741	3,7	15	31,35	37,16	46,68
ДНаТ	Philips	84	1300	25	20	25,1	32,36	44,27
		141	650	56,5	28	13,82	18,14	25,23
		146	1550	58,5	16	14,6	18,78	25,63
СД	Philips	62	450	0,25	25	102,48	112,32	128,45
		63	650	0,6	15	102,22	111,9	127,78
		75	300	0,6	15	58,53	66,67	80

Додаток Б

Діаграма залежності вартості ЕЕ від світлової віддачі

