

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ**

КАФЕДРА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

«Магістр»

(освітній ступінь)

на тему:

**«Покращення умов праці працівників виробничих приміщень за
показниками світлового середовища»**

Виконав: студент II курсу, групи ЦБз-71м
заочної форми навчання
спеціальності 263 «Цивільна безпека»
Мазур О.С.

Керівник: к.т.н., доц. Кусковець С.Л.

Рецензент: д.т.н., проф. Филипчук В. Л.

Рівне – 2023

Имя пользователя:
Олег Степанович Мазур

ID проверки:
1016025125

Дата проверки:
20.12.2023 13:33:45 EET

Тип проверки:
Doc vs Library

Дата отчета:
20.12.2023 13:52:09 EET

ID пользователя:
4951

Название файла: Мазур ОС ЦБз-71м.docx

Количество страниц: 80 Количество слов: 14053 Количество символов: 104291 Размер файла: 544.59 KB ID файла: 1015713791

10.8% Совпадения

Наибольшее совпадение: 4.64% с источником из Библиотеки (ID файла: 8517187)

Поиск совпадений с Интернетом не производился

10.8% Источники из Библиотеки

807

Страница 82

0.64% Цитат

Цитаты

3

Страница 83

Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы

58

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. СВІТЛОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ФАКТОР УМОВ ПРАЦІ ТА ФАКТОРИ, ЩО ЗНИЖУЮТЬ ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ	6
1.1. Роль світла в професійній діяльності працівника	6
1.2. Вплив показників світлового середовища на виробничий травматизм та професійні захворювання	8
1.3. Санітарно-гігієнічні вимоги до світлового середовища виробничих приміщень	12
1.3.1. Санітарно-гігієнічне нормування природного освітлення	14
1.3.2. Санітарно-гігієнічне нормування штучного освітлення	18
1.4. Фактори впливу на показники світлового середовища виробничих приміщень	21
1.5. Шляхи покращення показників світлового середовища виробничих приміщень	23
Висновки до розділу	25
РОЗДІЛ 2. ПОКРАЩЕННЯ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ, ЩО ОСВІТЛЮЮТЬСЯ ПРИРОДНИМ ОСВІТЛЕННЯМ	26
2.1. Вплив умов виробництва на технічні характеристики природної системи освітлення	26
2.2. Вплив світлопропускання матеріалу вікон на показник природного освітлення	31
2.3. Вплив геометрії виробничих приміщень на показник природного освітлення	35
2.4. Вплив світловідбивання внутрішніх поверхонь виробничих приміщень на показник природного освітлення	39

	3
Висновки до розділу	43
РОЗДІЛ 3. ПОКРАЩЕННЯ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ, ЩО ОСВІТЛЮЮТЬСЯ ШТУЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ	45
3.1. Організація штучного освітлення	45
3.2. Покращення освітленості виробничих приміщень шляхом оптимізації використання ламп	53
3.3. Покращення освітленості виробничих приміщень шляхом оптимізації експлуатації світильників	64
3.4. Покращення освітленості виробничих приміщень шляхом підвищення світлових характеристик їх внутрішніх поверхонь	70
Висновки до розділу	73
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	75
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	80

ВСТУП

Актуальність роботи. Сьогоднішні реалії виробництва створюють для працівника такі умови праці, за яких більшу частину світлої пори доби він перебуває в закритих приміщеннях, в яких дія природного світла на нього обмежена, мінімальна або відсутня взагалі. Такі умови світлового середовища на виробництві вимагають використання суміщеного освітлення, яке організовується за рахунок штучних джерел світла.

Сучасні дослідження штучного освітлення показують більш широкий спектр його взаємодії з організмом людини, яка проявляється не тільки у зоровому впливі, а й у біологічному і психофізіологічному.

Останні медико-біологічні дослідження виявили, що світло крім зорових функцій спричиняє на організм людини незоровий ефект впливаючи на її здоров'я, благополуччя, бадьорість, безпеку.

У виробничих приміщеннях стан та ефективність систем природного, штучного і суміщеного освітлення залежать як від параметрів самих систем, які проектуються з метою задоволення зорових потреб, так і від умов їх експлуатації, що залежать від технологічних процесів.

Мета роботи. Метою кваліфікаційної роботи є представлення результатів дослідження впливу факторів середовища та умов експлуатації систем освітлення на показники параметрів світлового середовища у виробничих приміщеннях.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

1. Визначена роль показників світлового середовища виробничих приміщень на створення комфортних умов зорової роботи та їх вплив на виробничий травматизм і професійні захворювання.
2. Проведено аналіз факторів впливу на формування зорового комфорту у виробничих приміщеннях при природному освітленні.
3. Проведено аналіз факторів впливу на формування зорового комфорту у виробничих приміщеннях при штучному освітленні.

Об'єкт дослідження. Динаміка показників світлового середовища виробничих приміщень за різних умов експлуатації систем освітлення.

Предмет дослідження. Показники світлового середовища виробничих приміщень.

Методи досліджень. Аналітичні, що дозволили визначити основні фактори впливу на показники світлового середовища виробничих приміщень, що забезпечуються системами природного і суміщеного освітлення.

Розрахунковий метод, який дозволив встановити динаміку змін показників світлового середовища виробничих приміщень за різних факторів впливу на системи природного і сумісного освітлення та умов їх експлуатації.

Наукова новизна. Розроблені шляхи покращання умов праці працівників за показниками світлового середовища виробничих приміщень для основних виробництв Рівненщини з урахуванням умов експлуатації освітлювальних систем.

Практичне значення. На підставі отриманих результатів дослідження умов праці працівників виробничих приміщень за показниками світлового середовища запропоновані шляхи забезпечення їх значень в межах зорової комфортності з урахуванням виробничих умов та умов експлуатації природної та суміщеної систем освітлення.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні систем природного і суміщеного освітлення виробничих приміщень за подібними умовами їх експлуатації.

Структура кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 3 розділів, рекомендацій виробництву, висновків, списку використаної літератури із 17 найменувань, має 81 сторінку тексту, 25 рисунків, 11 таблиць.

РОЗДІЛ 1.

СВІТЛОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ФАКТОР УМОВ ПРАЦІ ТА ФАКТОРИ, ЩО ЗНИЖУЮТЬ ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

1.1. Роль світла в професійній діяльності працівника

Роль освітлення у житті людини важко переоцінити. За багатьма науковими даними, близько 90% всієї інформації, що сприймається людиною, отримується нею через зоровий аналізатор, близько 1% через органи слуху, решта - через нюх, смак, дотик. Через це, правильно і раціонально виконане освітлення має важливе значення для людини в будь якій предметній діяльності.

Роль світла дуже важлива, тому що воно є не тільки необхідною умовою роботи зорового аналізатора, а ще й біологічним фактором впливу на стан організму людини в цілому.

Для людини, саме зміна світлої і темної пори доби, які характеризуються змінами природних джерел світла, визначає біологічний ритм, що проявляється у чергуванні таких станів організму, як бадьорість та сон. Зниження освітленості призводить до спаду збудженості центральної нервової системи та активності усіх біологічних процесів в організмі людини.

Зорове значення освітлення проявляється у можливості людини бачити предмети, явища, давати їм характеристику, проводити аналіз побаченого. Така діяльність зорового аналізатора разом з іншими можливостями людського організму дозволяють йому здійснювати предметну діяльність.

За сучасними науковими даними роль світла у діяльності людського організму не обмежується лише створення зорового комфортом, а має біологічний і психофізіологічний вплив на нього. На початку 2000 років, вченими був відкритий третій тип клітин-рецепторів в сітківці ока. Було

встановлено, що даний тип клітин відповідає за біологічний вплив світла на організм людини. Біологічна чутливість нового рецептора до світла, з різним складом спектра, відрізняється від зорової чутливості. Якщо максимум зорової чутливості для денного зору припадає на жовто-зелену область спектра, то максимум біологічної чутливості - на синю область спектра. Така особливість нових рецепторів в зоровому аналізаторі надає можливості створення біологічно активного або біологічно неактивного освітлення за рахунок змінення колірності.

Діапазон оптичного (видимого) спектра є хвилі з довжиною 380-780 нм. Досліди з вивчення біологічної дії світла на зоровий аналізатор виявили, що світлові хвилі різної довжини призводять до впливу на сезонні та добові ритми організму людини, які називаються циркадними. Дослідженнями виявлено, що короткохвильове світло (430-470 нм) ефективніше викликає зміщення циркадної системи та пригнічення секреції мелатоніну, підвищує почуття бадьорості, підвищує частоту серцевих скорочень, температури тіла тощо порівняно з більшими довжинами хвиль.

Потрапляючи в очі, світло впливає на нервову систему, яка, в свою чергу, посилає сигнал біологічному годиннику організму. Біологічний годинник регулює циркадні ритми багатьох процесів в організмі людини. Такими ритмами є: ритми сну і підйому, безсоння, втоми, настрою, працездатності тощо.

Людина краще сприяє природне світло. Але зміна пори доби та року не дає можливості постійно використовувати природне світло, тому людство прийшло до необхідності використовувати штучне освітлення. Продовж тривалого часу йде пошук наблизити спектр штучного освітлення до джерел природного, шляхом імітації денної динаміки останнього. Таку динаміку у системах зі штучним освітленням можна створити змінюючи інтенсивність, колір, напрям світла.

У виробничих приміщеннях рівні освітленості, що створюються штучною системою освітлення значно нижче, ніж, навіть мінімальні рівні,

що створюються природною системою. За науковими даними рівень природної освітленості становить 1000-5000 лк у похмурий день та до 100 000 лк у сонячний. Для приміщень, за відсутності природного освітлення, на горизонтальних поверхнях рівень освітленості становить 100-500 лк, тоді як нормальний для здоров'я рівень освітленості повинен становити 1000 лк.

За низьких рівнів освітленості очі напружуються, що призводить до їх втоми та втоми організму в цілому, знижується працездатність, пригнічується настрій. Довготривале перенапруження очей веде до їхнього захворювань: зниження гостроти зору, короткозорості тощо.

Ще однією відмінністю між природним і штучним світлом є наявність в природного світла зміни колірної температури. Колір світла впливає не тільки на настрій та самопочуття людини, але з його допомогою можна корегувати емоції.

В наукових дослідженнях вивчена фізіологічна дія деяких кольорів на організм людини. Так червоний колір призводить до порушення нервової системи, призводить до прискорення частоти дихання, серцебиття, активує м'язову систему. Помаранчевий колір порушує зоровий та слуховий центри аналізаторів та викликає підвищення гучності звуку. Зелений і синій кольори є заспокійливими кольорами. Вони знижують збудження слухового центру та нервової системи. Таким чином, при проектуванні системи штучного освітлення намагаються використовувати джерела світла зі спектром максимально наближеного до природного.

1.2. Вплив показників світлового середовища на виробничий травматизм та професійні захворювання

Рациональне освітлення є одним із самих важливих факторів, що забезпечують безпечність виробничого процесу, а стан освітлення

виробничих приміщень відіграє важливу роль для попередження виробничого травматизму.

Відповідно до чинного законодавства про працю працівник близько 40 годин на тиждень виконує професійні обов'язки, проводячи більшу частину робочого часу під впливом штучного освітлення.

Як недостатня, так і надмірна освітленість призводить до втоми очей, організму в цілому, а отже до зниження продуктивності праці, при цьому підвищуючи небезпеку помилкових дій, що в свою чергу, збільшує ризик настання нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору; світлові відблиски – тимчасове засліплення.

За даними науковців, збільшення освітленості зі 100 до 1000 лк при напруженій зоровій роботі підвищує продуктивність праці на 10-20%, зменшує кількість браку на 20% та знижує число нещасних випадків на 30%. В загалом, за результатами статистики виробничого травматизму, біля 20% нещасних випадків пов'язаних з виробництвом стаються за умов не відповідності параметрів світлового середовища санітарно-гігієнічним вимогам.

За недостатнього рівня освітленості виробничих приміщень працівник погано бачить навколишні предмети, погано орієнтується в виробничих умовах, а виконання технологічних операцій потребує додаткових зусиль і напруження зору.

Штучне освітлення створює більш одноманітну виробничу обстановку, в результаті чого відчуття втоми настає раніше, ніж при використанні природного освітлення. Найбільшу втому працівник починає відчувати за рівня освітленості у 30 лк, найменшу – за рівня у 800-1000 лк.

У науковій літературі встановлений зв'язок між рівнем освітленості і продуктивністю праці. Відмічається збільшення продуктивності праці працівника з покращенням освітленості при виконанні робіт малої точності

на 5-6%, при виконанні точних робіт – на 15 %, а при виконанні особливо точних робіт – на 40 %.

За виконання зорових робіт невисокої точності, близько 1% травм зі смертельним наслідком настають через погане освітлення. Травми очей за таких робіт пов'язаний із незадовільним освітленням та сягає від 15% до 22%. Причинами настання виробничого травматизму може бути як погіршення видимості в робочій зоні, так і підвищення стомлюваності працівника через роботу в умовах низької освітленості. При зоровому стомленні в першу чергу стомлюється не сітківка ока, а м'яз, що забезпечує зорове сприйняття вищих нервових центрів, пов'язаних з формуванням і осмисленням зорового відчуття.

Стомлення зорового аналізатора не тільки призводить до зниження працездатності, а й при систематичності викликає професійні захворювання. Негативний вплив на працівників незадовільних умов освітлення визначається наступними факторами:

- відсутність чи недостатність природного світла;
- знижений рівень освітленості;
- підвищена яскравість штучного освітлення;
- підвищена пульсація освітленості;
- підвищений рівнем ультрафіолетового випромінювання.

Негативний вплив світла проявляється внаслідок впливу на:

- рівень напруження зорового аналізатора людини;
- нервові аналізатори шкірного покриву;
- розвиток ракових захворювань;
- центральну нервову систему людини загалом

За тривалої відсутності дії природного світла в організмі людини настає явище, яке пов'язане з відсутністю отримання ним ультрафіолетового випромінювання. Це явище отримало назву «світлове голодування» і виражається порушенням обмінних процесів, зниженням опору організму дії зовнішніх факторів.

Тривала робота працівника в приміщенні за відсутності природного світла створює відчуття замкнутого простору, яке має психофізіологічний вплив. Низький рівень освітленості робочого місця ускладнює довготривалу роботу, швидше викликає стомленість, сприяє розвитку захворюваності очей, а дуже низькі рівні здатні викликати апатію, сонливість та відчуття неспокою, тривоги. Такі впливи недостатнього рівня освітленості посилюються за умови тривалого перебування під дією світлового середовища з обмеженим спектральним складом світла та за монотонного режиму освітлення.

Але не тільки низький рівень освітленості робочих місць має негативний вплив на працівника, а й завищений рівень також здійснює несприятливий вплив на організм. За дуже великих рівнів освітленості і високому коефіцієнті відбиття внаслідок підвищення яскравості виникає сліпуча дія світла, зоровий дискомфорт.

Не менш впливовою на ефективність зорової роботи є характеристика освітлення, яка містить його якісні показники: пульсація світла, підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання тощо. Робота в умовах пульсації світла призводить до зниження працездатності органу зору, викликає підвищену стомлюваність, головний біль і т.ін.

Пульсація світла набуває загрозливого характеру за використання рухомих (обертових) частин устаткування, машин, механізмів. Навіть за малих значень пульсації світла можлива поява стробоскопічного ефекту, що підвищує ризик нещасного випадку.

Шкідливим фактором джерел штучного освітлення є підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання, що характерний при експлуатації ультрафіолетових опромінюваних установок та за використання газорозрядних ламп високого тиску, спектр яких має значну частку ультрафіолетового випромінювання.

1.3. Санітарно-гігієнічні вимоги до світлового середовища виробничих приміщень

Для створення можливості виробництва та сприятливих умов праці, які б забезпечували зоровий комфорт, запобігали виникненню професійних захворювань і нещасних випадків, а також сприяли підвищенню продуктивності і якості праці застосовують систему виробничого освітлення. Для створення хорошого освітлення дуже важливо, крім необхідної освітленості, додатково задовольняти якісні та кількісні показники.

Вимоги до освітлення визначають задоволенням трьох основних потреб людини:

зоровий комфорт, коли працівники мають хороше самопочуття; опосередковано це також сприяє підвищенню рівня працездатності та якості роботи;

зорова працездатність, коли працівники можуть виконувати свої зорові завдання навіть у важких умовах і протягом більш тривалих періодів;

безпека.

Основними параметрами, що характеризують світлове середовище штучного та природного освітлення, є:

розподіл яскравості;

рівень освітленості;

спрямованість світла, освітлення у внутрішньому просторі;

мінливість світла (рівні та колір світла);

кольоропередача та колірність світла;

блискавість;

пульсація.

Залежно від джерела світла освітлення виробничих приміщень організовується за рахунок створення систем природного та штучного освітлення (рис. 1.1).

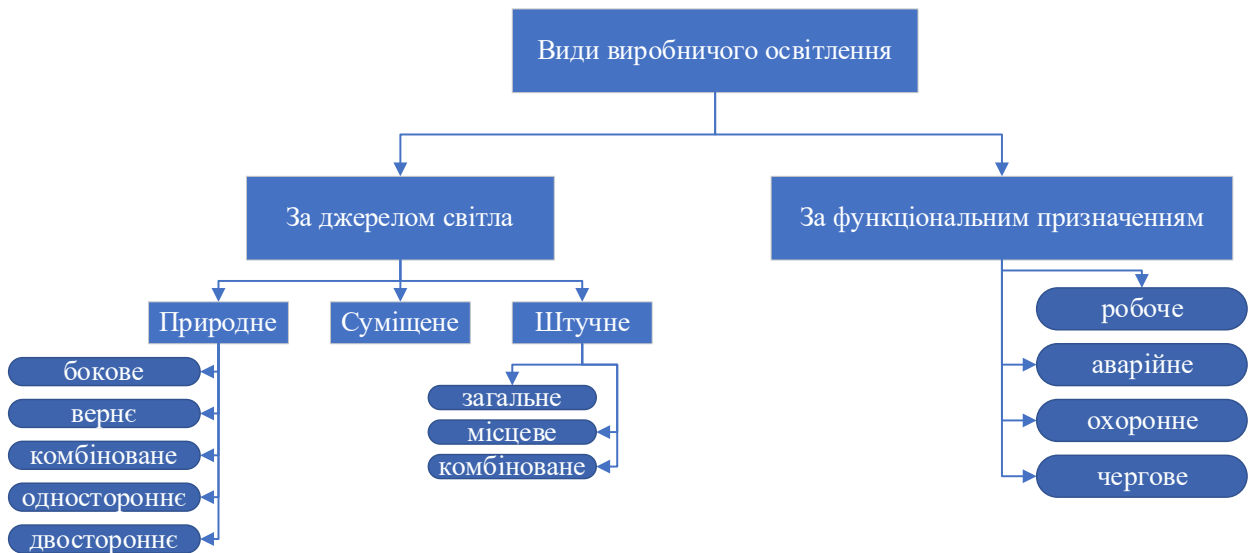


Рис. 1.1. Види виробничого освітлення (за ДБН В.2.5-28:2018)

Для приміщень з постійним перебуванням людей організовується природне освітлення. Природне освітлення створюється світлом неба (прямим або відбитим), яке проходить крізь світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, які визначені відповідними державними будівельними нормами та стандартами, а також приміщення, розміщення яких дозволено в підвальних поверхах будівель.

Штучне освітлення створюється електричними джерелами світла. Існують дві системи штучного освітлення - загальне та комбіноване. Для загального штучного освітлення доцільно використовувати розрядні та світлодіодні джерела світла, які за однакової потужності з тепловими джерелами мають більшу світлову віддачу та більший термін експлуатації.

У приміщеннях виробничого характеру, в яких виконується зорова робота I-IV розрядів необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення. Для приміщень, які мають зони з різними умовами природного освітлення та різними режимами роботи, повинне передбачатись окреме управління освітленням таких зон.

Суміщене освітлення – це освітлення, за якого недостатнє (згідно з нормами) природне освітлення доповнюється штучним.

Суміщене освітлення приміщень виробничих будівель треба передбачати:

- а) для виробничих приміщень, в яких виконуються роботи I-III розрядів;
- б) для виробничих та інших приміщень у випадках, коли за умов технології, організації виробництва необхідні об'ємно-планувальні рішення, які не дозволяють забезпечити нормоване значення коефіцієнта природного освітлення, а також у випадках, коли техніко-економічна доцільність суміщеного освітлення порівняно з природним підтверджена відповідними розрахунками;
- в) відповідно до нормативних документів з будівельного проектування будівель і споруд окремих галузей промисловості, затверджених в установленому порядку.

1.3.1. Санітарно-гігієнічне нормування природного освітлення.

Як вже зазначалось, природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працівників. Воно позитивно впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому.

Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб. Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

Природному освітленню властиві й недоліки: воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може спричинити засліплення органів зору.

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні фактори: світловий клімат; площа та орієнтація

світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; колір фарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що знаходяться на шляху розповсюдження світлових промінів, які проникають через віконне скло.

Природне освітлення поділяється на бокове, верхнє і комбіноване (верхнє і бокове), транспортване та акумульоване (рис.1.2).

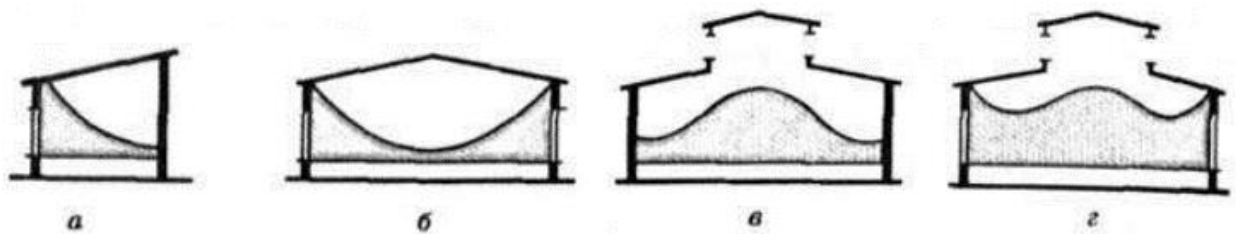


Рис. 1.2. Криві розподілу освітленості в приміщеннях при різних видах природного освітлення: а - односторонньому боковому; б - двосторонньому боковому; в - верхньому; г – комбінованому.

Нормування природного освітлення здійснюється за показником КПО (коефіцієнт природного освітлення), D_n , %, який встановлюється залежно від розряду зорової роботи, що здійснюється у виробничому приміщенні (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Нормування КПО виробничих приміщень

Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Природне освітлення		Суміщене освітлення	
		$D^{np}_{сер}, \%$	$D^{np}_{min}, \%$	$D^{сум}_{сер}, \%$	$D^{сум}_{min}, \%$
Найвищої точності	I	-	-	6,0	2,0
Дуже високої точності	II	-	-	4,2	1,5

Високої точності	III	-	-	3,0	1,2
Середньої точності	IV	4	1,5	2,4	0,9
Малої точності	V	3	1	1,8	0,6
Груба	VI	3	1	1,8	0,6

У виробничих приміщеннях із зоровою роботою I-III розрядів доцільно використовувати суміщене освітлення. Допускається застосовувати верхнє природне освітлення у складальних цехах, де роботи виконуються в значній частині об'єму приміщення при нормовані значення КПО в 10 %; 7 %; 5 % відповідно.

Нормування КПО та встановлення місць в приміщенні де освітленість повинна становити параметру, що нормується (розрахункова точка) залежить від організації природного освітлення та глибини виробничого приміщення (табл. 1.2). Глибиною приміщення є відстань від світлових прорізів до стіни, що знаходиться з протилежної до них сторони.

Таблиця 1.2

Нормування КПО (D_n , %) у виробничих приміщеннях

Глибина приміщення	Організація природного освітлення	Значення D_n , що нормується	Розташування розрахункової точки в якій визначається КПО
< 6 м	бокове, одностороннє	D_{min}	Найбільш відділена від вікон точка робочої поверхні
> 6 м	бокове, одностороннє	D_{min}	На 1,5 висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи I-IV розрядів. На 2 висоти від підлоги до верху

			світлових прорізів для зорової роботи V-VII розрядів. На 3 висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи VIII розряду.
< 6 м	бокове двостороннє	D_{min}	Найменш освітлена точка робочої поверхні.
-	верхнє або комбіноване	$D_{сер}$	Найменш освітлена точка робочої поверхні.

У приміщеннях глибиною 6 м та більше доцільно застосовувати на вікнах спеціальні світловідбивні екрани та жалюзі, що перерозподіляють світловий потік в глибину приміщення.

Розрахунок КПО слід виконувати з урахуванням середньозважених коефіцієнтів відбивання світла внутрішніми поверхнями приміщень, фасадів протилежних будівель та споруд, але без урахування меблів, устаткування, обладнання, озеленення та інших затіняючих предметів. Дозволяється зниження розрахункового значення КПО від нормованого не більше ніж на 10 %.

Розрахункові значення середньозваженого коефіцієнта світловідбивання внутрішніх поверхонь приміщення слід приймати:

не більше 0,5 - у виробничих приміщеннях зі світлою характеристикою фону;

не більше 0,4 - у виробничих приміщеннях із середньою характеристикою фону;

не більше 0,30 - у виробничих приміщеннях з темною характеристикою фону.

1.3.2. Санітарно-гігієнічне нормування штучного освітлення.

Нормування штучного освітлення здійснюється за такими показниками світлового середовища, як (табл. 1.3):

нормативний рівень освітленості;

засліпленість;

коефіцієнт пульсації.

Таблиця 1.3

Нормування штучного освітлення ($E_{н}$, лк) виробничих приміщень

Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Освітленість, лк			Засліпленість (P)/ коефіцієнт пульсації (Kп)
		комбіноване		E _{заг}	
		всього	у т.ч. від E _{заг}		
Найвищої точності	I	1250 - 5000	200 – 500	300 - 1200	<u>10-20</u> 10
Дуже високої точності	II	750 - 4000	200 – 400	200 - 750	<u>10-20</u> 10
Високої точності	III	400 - 2000	200 – 200	200 - 500	<u>20-40</u> 15
Середньої точності	IV	400 – 750	200	200 - 300	<u>40</u> 10
Малої точності	V	400	200	200 - 300	<u>40</u> 10
Груба	VI	-	-	200	<u>40</u> 10

У приміщеннях виробничого характеру, в яких виконується зорова робота I-IV розрядів необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення.

Для приміщень, які мають зони з різними умовами природного освітлення та різними режимами роботи, повинне передбачатись окреме управління освітленням таких зон.

Зони з різними режимами роботи наведені на рисунку 1.3.

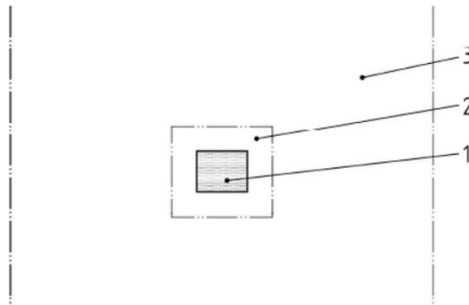


Рис. 1.3. Зони різних режимів роботи:

1 - зона завдання; 2 - зона безпосереднього оточення (смуга шириною не менше 0,5 м навколо зони завдання в межах поля зору); 3 – фонова зона периферії (шириною не менше 3 м, що прилягає до зони оточення в межах простору).

Освітленість та її розподіл у зоні завдання та зоні оточення має великий вплив на те, як швидко, безпечно та комфортно людина сприймає та виконує зорове завдання. Значення освітленості зони завдання на робочій поверхні, яка може бути горизонтальною, вертикальною чи похилою, мають відповідати наведеним у нормативах (табл. 1.3). Значення освітленості в зоні периферії повинна бути не більше $1/3$ освітленості зони безпосереднього оточення.

Значення дійсні за нормальних зорових умов та з урахуванням таких факторів:

психофізіологічні аспекти, такі як зоровий комфорт і хороше самопочуття;

вимоги до зорових завдань;

зорова ергономіка;

практичний досвід;

внесок у функціональну безпеку;
економність.

Значення освітленості можна змінювати щонайменше на один крок за шкалою освітленості, якщо зорові умови відрізняються від звичайних допустимих. Значення освітленості має бути збільшена, якщо:

зорова робота має критичне значення;
виправлення помилок є дорогим;
точність, висока працездатність і підвищена зосередженість мають велике значення;

деталі завдання мають незвично малий розмір або низький контраст;
завдання виконують протягом незвично довгого часу;
зорові можливості працівника нижче норми.

Необхідну освітленість можна зменшити, якщо:

деталі завдання мають незвично великі розміри чи високий контраст;
завдання виконують протягом незвично короткого проміжку часу.

Великі просторові зміни освітленості навколо зони завдання можуть призвести до зорової напруги та дискомфорту.

До світлотехнічних вимог освітлення виробничих приміщень відносяться також середня експлуатаційна освітленість на базовій поверхні, граничне значення номінальної блискавості (UGR_L), мінімальне значення рівномірності освітленості (U_0) на базовій поверхні, мінімальний індекс кольоропередачі (R_a). Для забезпечення об'єктивної оцінки кольоропередачі джерела світла, використовують загальний індекс кольоропередачі, який задається виробником при його виготовленні. Максимальне значення його становить 100.

Блискавість має бути обмежена, щоб уникнути помилок, втоми, нещасних випадків. Блискавість може бути кваліфіковано як дискомфортну чи засліплювальну блискавість. На внутрішніх робочих місцях засліплювальна блискавість зазвичай не є серйозною проблемою, якщо буде виконано обмеження щодо дискомфортної блискавості.

З метою створення комфортних умов світлового середовища для робіт I-IV розряду використовують місцеве освітлення.

Для місцевого освітлення використовують світильники з відбивачами, що не просвічуються, які розміщуються так щоб їх елементи, які світяться, не потрапляли в поле зору працівника на робочому місці чи інших робочих місцях.

Місцеве освітлення робочих місць повинно бути обладнане регуляторами освітлення.

1.4. Фактори впливу на показники світлового середовища виробничих приміщень

Освітлення виробничих приміщень характеризується кількісними та якісними показниками. До основних кількісних показників належать:

- світловий потік;
- сила світла;
- яскравість;
- освітленість.

До основних якісних показників освітлення виробничих приміщень можна віднести:

- фон;
- контраст між об'єктом і фоном;
- видимість.

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення, пульсація світла, зміна кольорів освітлюваних предметів, надмірна яскравість джерел світла, світлові відблиски, бруднення систем освітлення є факторами, що впливають на показники світлового середовища виробничого приміщення.

Ці фактори мають організаційну і технічну природу виникнення. На рисунку 1.4 наведені фактори впливу на кількісні та якісні показники світлового середовища виробничих приміщень.

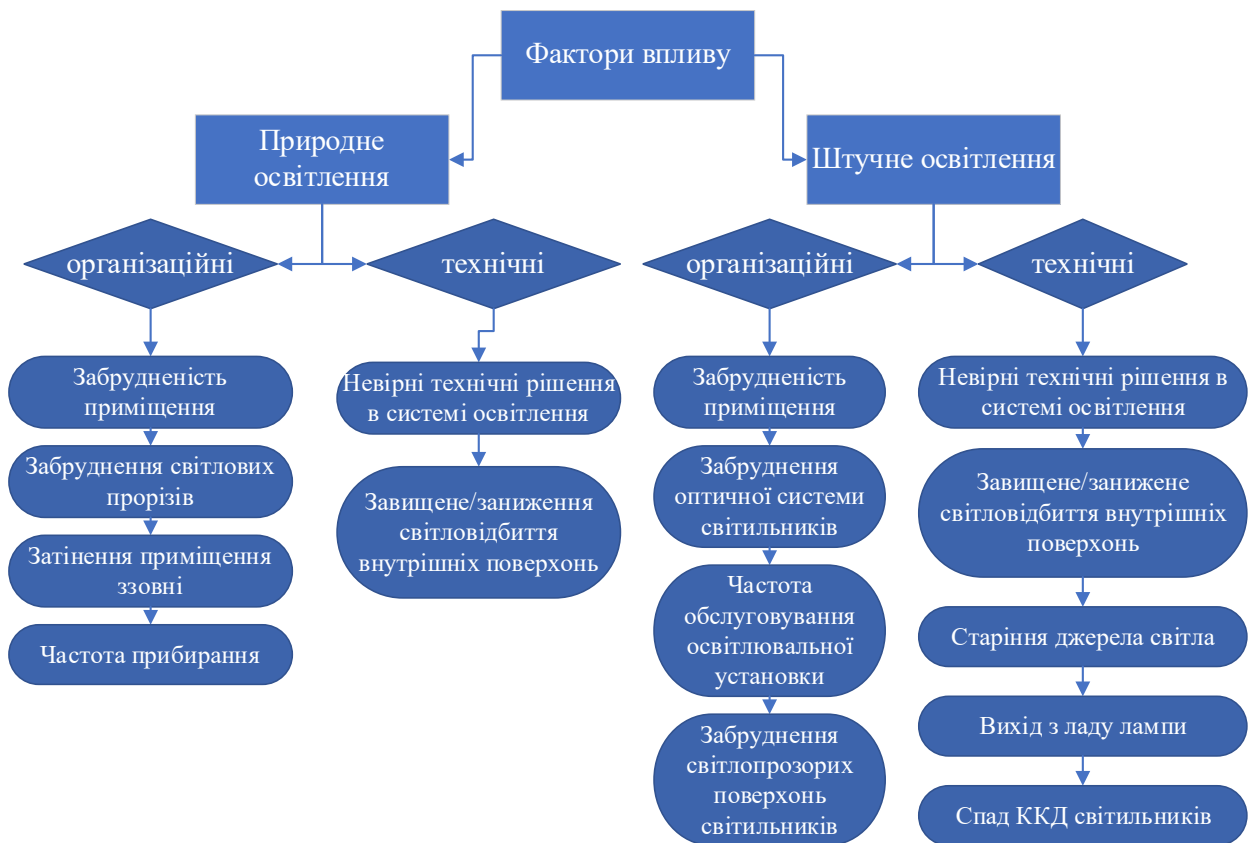


Рис. 1.4. Фактори впливу на показники світлового середовища виробничих приміщень

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали вплив факторів на світлове середовище необхідно:

створити на робочій поверхні освітленості, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;

не допускати засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;

забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях з метою уникнення частої переадаптації органів зору;

не допускати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);

створювати достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;

використовувати надійні і прості системи освітлення в експлуатації, економічності та естетичності.

1.5. Шляхи покращення показників світлового середовища виробничих приміщень

При проектуванні, експлуатації, удосконалення систем природного і штучного освітлення, окрім ДБН В. 2.5-28:2018 використовують галузеві нормативи, в яких зазначаються вимоги до виробничого освітлення у відповідній галузі. Загальними галузевими вимогами, відповідно до яких повинні формуватися умов праці за показниками світлового середовища, котрі відповідають більшості галузей є:

всі виробничі, побутові, допоміжні та приміщення іншого призначення обладнуються штучним та природне освітленням;

працівники захищаються від прямих сонячних променів шляхом влаштування на світлових прорізах шторами, жалюзями тощо;

у темну пору доби та при поганій видимості робочі місця працівників забезпечуються штучним освітленням;

на роботодавця покладаються обов'язки проведення контролю освітленості з періодичністю не рідше одного разу на рік, після кожної групової заміни ламп;

проведення очищення світлових прорізів і світлопрозорих поверхонь освітлювальних установок від забруднення у строки:

- при значному забрудненні – не менше чотирьох разів на рік;
- при помірному забрудненні – не менше трьох разів на рік;

- при незначному забрудненні – не менше двох разів на рік.

розташування світильників здійснювати локалізовано у випадках:

- розташування виробничого обладнання у приміщеннях, яке затінює робочі місця та при локалізації місць проведення робіт;
- роботи на робочих місцях з предметами великих розмірів та у випадках застосуванні технологічних ліній;
- освітлення поверхонь на яких виникає блискавість;

застосування світильники для освітлення пожежонебезпечних, вибухонебезпечних, запилених, вологих приміщень із відповідним ступенем захисту.

Шляхи покращення показників світлового середовища виробничих приміщень наведені на рисунку 1.5.



Рис. 1.5. Шляхи покращення світлового середовища виробничих приміщень

Облаштування у виробничих приміщеннях системи освітлення повинно і передбачати ряд заходів із підтриманням її в працездатному стані, а також у стані за якого вона є найбільш ефективною та забезпечує комфортні показники світлового середовища виробничих приміщень.

У процесі експлуатації, особливо в умовах інтенсивного виділення у виробниче середовище його забруднювачів, система освітлення буде характеризуватись зменшенням світловіддачі, величини світлового потоку, зниженням ККД та коефіцієнту відбиття внутрішніх поверхонь. Виконання та контроль за виконанням заходів, що зазначені на рис. 1.5 дасть можливість ефективніше використовувати систему освітлення виробничих приміщень.

Висновки до розділу 1

1. Освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль у формуванні умов праці, що здійснюється не лише за рахунок створення зорового комфорту на робочому місці, а й за рахунок біологічного і психофізіологічного впливу на організм працівника.

2. Створення комфортних умов світлового середовища у виробничих приміщеннях здійснюється за рахунок систем природного і штучного освітлення, які можуть працювати як окремо, так і суміщено.

Показники світлового середовища для комфортної зорової роботи залежать від ефективності систем освітлення, що розраховуються для створення рівня освітленості відповідно до розряду зорової роботи і показників, що нормуються. Підвищення ефективності роботи освітлювальних систем реалізується шляхом виконання організаційних заходів та впровадження технічних засобів.

РОЗДІЛ 2

ПОКРАЩЕННЯ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ, ЩО ОСВІТЛЮЮТЬСЯ ПРИРОДНИМ ОСВІТЛЕННЯМ

2.1. Вплив умов виробництва на технічні характеристики природної системи освітлення

Системи природного освітлення при використанні у виробничих приміщеннях характеризуються природним зниження видимості під час зміни пори доби. Зниження рівня освітленості може стати причиною травмування людини через втрату візуального контролю свого перебування в небезпечній зоні та неможливості точно виконувати зорову роботу.

Показником, який нормується при природному освітлені є коефіцієнт природного освітлення, а нормування при боковому освітлені здійснюється за мінімальним значенням цього показника, залежно від розряду зорової роботи (табл. 1.1).

В роботі всі розрахунки будуть проводитись для виробничих приміщень підприємств, що можуть розташовуватись у I світлокліматичному районі України. На території цього району знаходяться території Волинської, Рівненської, Житомирської, Хмельницької, Тернопільської, Львівської, Івано-Франківської областей.

Площа світлових прорізів (вікон) для створення нормованого значення КПО при боковому освітлені приміщення визначається за формулою

(2.1)

де D_n – нормоване значення КПО;

m – коефіцієнт світлового клімату вікна (для I світлокліматичного району $m=1,02$ для вертикальних вікон, що орієнтовані не на північ);

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3=1,3$ мінімальний для виробничих приміщень);

η_8 – коефіцієнти, що враховують світлову активність вікон ($\eta_8 = 10$, середнє значення для даного коефіцієнта);

$K_{\delta y d}$ – коефіцієнт, що враховує затінювання вікон протилежними будинками ($K_{\delta y d}=1$ за невеликої щільності забудови та висотності території підприємства);

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення ($r_1 = 2$ типових виробничих приміщень прямокутної форми із середньозваженим коефіцієнтом світловідбивання стелі, стін, підлоги $\rho_{сер} = 0,3$);

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання, визначається за формулою:

(2.2)

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (для двошарового безкольорового скла товщиною 4 мм $\tau_1 = 0,87 \times 0,87 = 0,77$);

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у рамах світлопрорізу (для металопластикових та дерев'яних вікон $\tau_2 = 0,75$);

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3 = 1$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (за їх відсутності $\tau_4 = 1$);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (за її відсутності $\tau_5 = 1$).

Підставляючи значення для середньостатистичного виробничого приміщення в формули 2.1 і 2.2 отримаємо необхідну мінімальні площу світлопрорізів (m^2):

$$S = 0,11 \times D_n$$

D_n – нормативне значення КПО, %.

Для формування світлового середовища виробничих приміщень за рахунок природного освітлення необхідно враховувати орієнтацію вертикальних світлопрорізів (вікон).

Вирішуючи рівняння 2.1 відносно відношення D/S отримаємо вираз:

$$\frac{D}{S} = \frac{100 \times m \times \tau_0 \times r_1}{K_z \times \eta_e \times K_{\text{бур}}} \quad (2.3)$$

де $D, S, m, \tau_0, r_1, K_z, \eta_e, K_{\text{бур}}$ ті що і у формулі 2.1.

Орієнтація вікон, за однакової їх площі (S) буде впливати на значення КПО (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Залежність величини D/S від орієнтації вертикальних вікон (D – значення КПО, %; S – площа вікон у виробничому приміщенні, м^2).

З рисунку видно, що орієнтація вертикальних вікон на напрямки, крім північного, північно-східного і північно-західного, збільшує співвідношення D/S по відношенню до зазначених. За однакових площ віконних отворів у виробничих приміщеннях, значення КПО системи природного освітлення буде збільшуватись при орієнтації вікон окрім зазначених напрямків на 4,7 % при орієнтації на схід, на 5,9 % - на захід, на 7,1 % - на південний-схід і південний-захід, на 8,2 % - на південь.

Повітряне середовище робочих місць виробничих приміщень залежно від виду виробництва характеризується різним вмістом пилу, диму, кіптяви, парів кислот, лугів, газів, які призводять до забруднення світлопропускного матеріалу світлопрорізів. Забруднення вікон призводить до зниження рівня освітленості в розрахунковій точці виробничого приміщення.

В процесі виробничої діяльності в приміщеннях частинки пилу, диму, кіптяви тощо осідають на світлопропускний матеріал віконних прорізів і

зменшують надходження світлового потоку в приміщення та знижують значення КПО.

З метою врахування зниження світлопропускання віконних прорізів у розрахунок природного освітлення, для збереження КПО в межах нормативних значень, вводиться коефіцієнт запасу (K_3). Для підтриманні значень КПО в межах нормативних, передбачені періодичні очищення світлових прорізів впродовж року. Середня кількість очищень вікон на рік залежить від надходжень забруднень у приміщення та від його виду, і становить від 2 до 4.

Використовуючи залежність 2.3 можна визначити співвідношення D/S відносно коефіцієнта запасу (K_3), підставляючи значення параметрів приміщення та системи природного освітлення, що застосовувались для формул 2.1 і 2.2. Коефіцієнт запасу для виробничих приміщень змінюється, відповідно до ДБН В. 2.5-28:2018, в межах від 1,3 до 1,5.

Зміна коефіцієнта запасу в цих межах, за однакової площі вікон (S), впливає на величину КПО (рис. 2.2).

З рисунка 2.2 видно, що зі збільшенням значення коефіцієнта запасу системи природного освітлення знижується відношення D/S , за інших однакових умов, а отже, за постійної величини площі віконних отворів, знижується значення КПО даної системи освітлення.

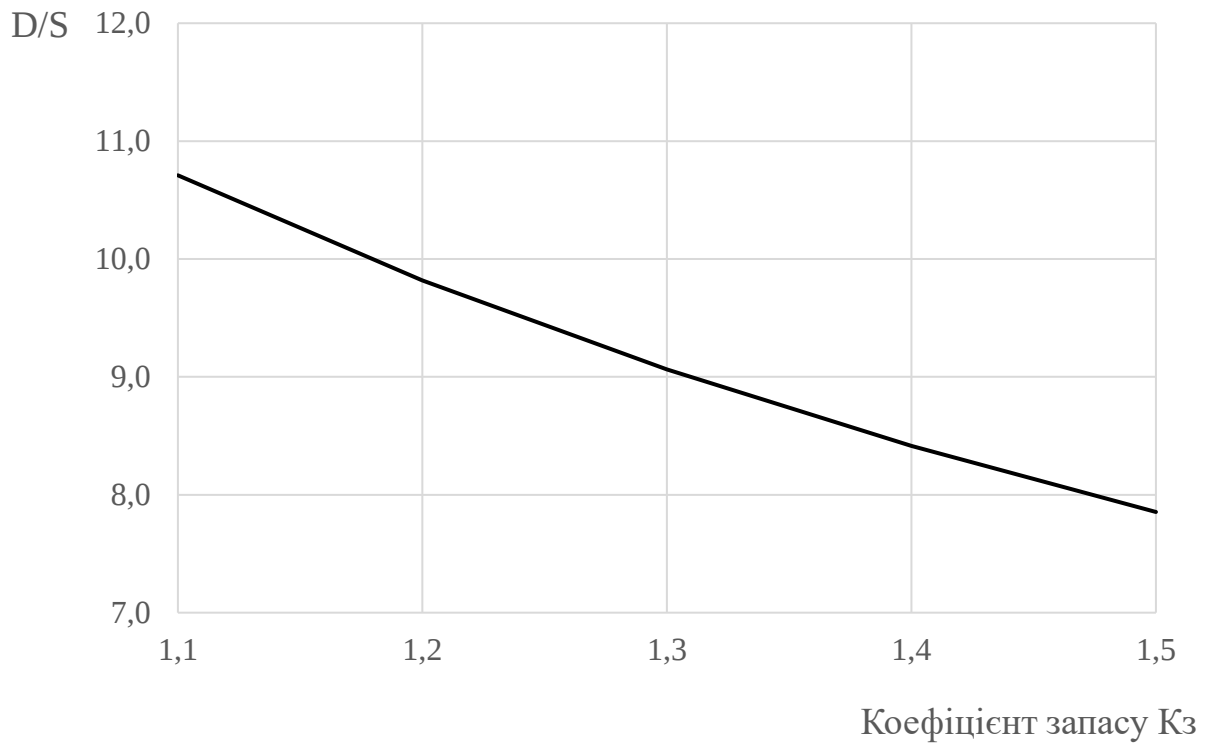


Рис. 2.2. Залежність величини D/S від коефіцієнта запасу в системі природного освітлення

(D – значення КПО, %; S – площа вікон у виробничому приміщенні, m^2).

Збільшення надходження виробничих забруднювачів в повітря виробничого середовища призведе до необхідності підвищити коефіцієнт запасу (з 1,3 до 1,4), інакше, за інших однакових умов, величина КПО знизиться в 1,08 раза. Таке погіршення освітлення становить 8 % від нормативного значення, що є припустимим відповідно до ДБН В. 2.5-28:2018. Подальше збільшення надходження забруднювачів в процесі виробництва призведе до необхідності збільшити коефіцієнт запасу до 1,5, або до зниження освітленості в розрахунковій точці в 1,15 раза, що більше, ніж дозволено ДБН.

Для не допущення зниження рівні освітленості в розрахунковій точці нижче 10 % від рівня визначеного ДБН використовують такий організаційний захід, як очищення скла віконних отворів з встановленою періодичністю.

2.2. Вплив світлопропускання матеріалу вікон на показник природного освітлення

Останнім часом, при проведенні ремонтних робіт, реконструкції чи переоснащення виробничих приміщень, виникає необхідність заміни вікон разом із тим світлопрозорого матеріалу вікна. Різні світлопрозорі матеріали, які використовуються у вікнах, мають різні коефіцієнти пропускання світла (τ_1) (табл. 2.1), що буде впливати на КПО та на зоровий комфорт при природному освітленні.

Таблиця 2.1

Коефіцієнт світлопропускання різних матеріалів вікон

Вид світлопрозорого матеріалу	Значення τ_1
Скло безкольорове за товщини, мм	
4,0	0,87
5,0	0,86
8,0	0,83
10	0,81
15	0,76
Скло листове армоване	0,6
Скло сонцезахисне	0,65
Скло органічне:	
прозоре	0,9
молочне	0,6

Визначити вплив світлопропускання різних видів світлопрозорих матеріалів, що використовуються у віконних прорізах виробничих приміщень на зорові умови створені природним освітленням, які

характеризуються КПО, можна за загальним коефіцієнтом світлопропускання (τ_0).

Відповідно до формули 2.3, чим вище значення цього коефіцієнта, тим більше значення показника КПО. Цей коефіцієнт визначається за формулою

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

де $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4, \tau_5$ відповідно до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Значення показників для розрахунку загального коефіцієнта
світлопропускання

Показник	Умови, що зумовлюють значення показника	Значення для розрахунків
τ_1	Коефіцієнт світлопропускання матеріалу	за табл. 2.1
τ_2	Коефіцієнт, що враховує втрати світла у рамах світлопрорізу (для металопластикових та дерев'яних вікон)	0,75
τ_3	Коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (бокове освітлення).	$\tau_3 = 1$
τ_4	Коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (відсутні).	$\tau_4 = 1$
τ_5	Коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (відсутні).	$\tau_5 = 1$

За умови у віконних прорізах подвійних вікон загальний коефіцієнт світлопропускання визначається за формулою

$$\tau_i = \tau_{i_1} + \tau_{i_2} + \dots + \tau_{i_i} \quad (2.5)$$

де $\tau_{i_1}, \tau_{i_2}, \tau_{i_i}$ - коефіцієнт світлопропускання i -шарів матеріалу вікна.

Результати обрахунків значень загального коефіцієнта світлопропускання (τ_0) для вікон з різними світлопрозорими матеріалами наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Значення загального коефіцієнта світлопропускання за різних світлопрозорих матеріалів вікон

Вид світлопрозорого матеріалу	τ_1	τ_0
Скло безкольорове за товщини, мм		
4,0 (подвійне)	$0,87 \times 0,87 = 0,76$	0,570
5,0 (подвійне)	$0,86 \times 0,86 = 0,74$	0,555
8,0 (подвійне)	$0,83 \times 0,83 = 0,69$	0,518
10 (подвійне)	$0,81 \times 0,81 = 0,66$	0,495
15 (одинарне)	0,76	0,570
Скло листове армоване	0,6	0,450
Скло сонцезахисне	0,65	0,488
Скло органічне:		
прозоре	0,9	0,675
молочне	0,6	0,450

Графічне зображення результатів обрахунків наведені на рисунку 2.3.

Серед досліджених світлопрозорих матеріалів найкращим для створення зорового комфорту при природному освітленні є скло органічне прозоре одношарове. За його використання у світлових отворах, при інших рівних умовах, загальний коефіцієнт світлопропускання становить 0,68, що однозначно збільшить значення КПО.

Найгіршим світлопрозорим матеріалом є армоване листове скло та матове органічне скло. Значення загального коефіцієнта світлопропускання

за використання цих матеріалів у віконних отворах в 1,51 рази менше, ніж при найкращому світлопрозорому матеріалі.

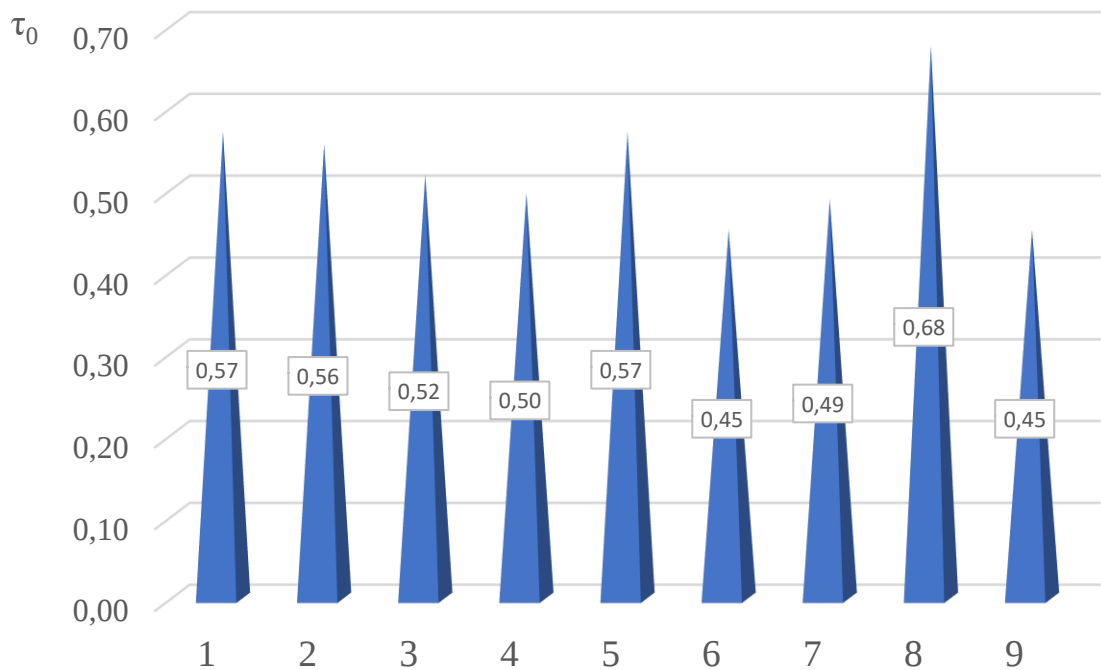


Рис. 2.3. Залежність загального коефіцієнта світлопропускання від світлопрозорого матеріалу вікна у виробничому приміщенні:

1 – скло безкольорове за товщини 4 мм (подвійне); 2 – скло безкольорове за товщини 5 мм (подвійне); 3 – скло безкольорове за товщини 8 мм (подвійне); 4 – скло безкольорове за товщини 10 мм (подвійне); 5 – скло безкольорове за товщини 15 мм (одинарне); 6 – скло листове армоване; 7 – скло сонцезахисне; 8 – скло органічне прозоре; 9 – скло органічне матове.

При використанні традиційних світлопрозорих матеріалів у вигляді подвійного скла різної товщини показник загальний коефіцієнт світлопропускання має середні значення, які сягають 0,50-0,57.

На рис. 2.3, видно, що зі збільшенням товщини безкольорового скла значення загального коефіцієнта світлопропускання зменшуються. Середня величина зменшення, за використання скла з двох шарів, становить 2 % на 1 мм товщини. Використання безкольорового скла товщиною в 15 мм в один

шар має таку ж ефективність пропускання природного світла, як і за товщини в 4 мм, але в два шара.

Доцільність використання вікон з одношарових склінням малоефективне з точки зору збереження тепла в приміщенні у холодний період року.

2.3. Вплив геометрії виробничих приміщень на показник природного освітлення

Основними геометричними показниками виробничих приміщень, що впливають на формування світлового середовища створеного природним освітленням є: довжина приміщення (L_n), глибина приміщення (B) – розмір, що відповідає віддалі до стіни, яка є протилежною стіні в якій розташовані світлопропускні отвори (вікна), висота від рівня робочої поверхні до верху світлопропускного отвору (вікна) (h_1).

При природному освітленні виробничих приміщень робочою поверхнею рахується поверхня, на якій виконується робота і на якій вимірюється освітленість. Найчастіше за робочу поверхню на який визначається нормований КПО, приймається сама відділена робоча поверхня від сіни з світлопропускними отворами (вікнами).

Всі наведені геометричні характеристики виробничого приміщення впливають на значення коефіцієнта природного освітлення при боковому освітленні через величину коефіцієнта, що враховує світлову активність вікон (η_e):

$$\Rightarrow, \quad (2.6)$$

де $D, S, m, \tau_0, r_1, K_s, \eta_e, K_{\text{гуд}}$ теж, що і в формулі 2.1.

Як видно з формули 2.6, зі збільшенням значення коефіцієнта, що враховує світлову активність вікон, за незмінної площі вікон, величина КПО

зменшується. Величини D, η_e обернуто пропорційні.

На величину цього коефіцієнта, a , відповідно, і на значення КПО при боковому природному освітленні впливають глибина приміщення і висота від робочої поверхні до верху вікна (рис. 2.4, 2.5).

Рис. 2.4. Вплив глибини виробничого приміщення на коефіцієнт світлової активності вікон (L_n – довжина приміщення, м;

B – глибина приміщення, м)

Рис. 2.5. Вплив висоти вікна виробничого приміщення на коефіцієнт світлової активності вікон

(B – глибина приміщення, м;

h_1 – висота від робочої поверхні до верху вікна, м)

З рисунків видно, що найгірші умови світлового середовища, яке створюється боковим природним освітленням, формуються у глибоких виробничих приміщеннях з глибиною більше 6 м.

Для неглибоких приміщень, приміщень зі співвідношенням довжини до його глибини в межах 2-4 рази, значення коефіцієнта світлової активності поступово зростають, але не стрімко. Значення останнього зростає на 0,66-0,68 одиниць при зменшенні співвідношення довжини приміщення до його глибини. Це в свою чергу призводить до повільного, але не стрімкого зниження значення КПО у виробничому приміщенні. При цьому висота віконного отвору (висота від робочої поверхні до верху вікна) незначно впливає на величину природного бокового освітлення.

Для глибоких приміщень (глибина більше 6 м), в яких відношення довжини приміщення до його глибини стає менше 1,5 і подалі зменшується, значення коефіцієнта світлової активності вікна зростає на 1,89 та 3,14 одиниць на кожну одиницю цього відношення. При цьому зростає вплив висоти віконного отвору на значення КПО. Значна глибина приміщення

збільшує вплив на бокове природне освітлення відношення глибини приміщення до висоти від робочої поверхні до верху вікна. З рисунку 2.4 видно, що при відношенні довжини приміщення до його глибини в 1,5, збільшується коефіцієнт світлової активності вікна в 2,21 раза за відношення глибини приміщення до висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна рівному 1, при цьому ж співвідношенні в 7,5 та при відношенні довжини приміщення до його глибини в 0,5, значення коефіцієнта світлової активності вікна збільшується в 3,67 раза.

Рисунок 2.5 показує, що в приміщеннях, при відношенні його довжини до глибини в 1-4, роль розмірів світлопропускних отворів (вікон), а саме співвідношення глибини приміщення до висоти від робочої поверхні до верху отвору (вікна), є незначною. За цих розмірів приміщення, коефіцієнт світлової активності збільшується в 1,92-2,64, що призводить до зниження значення КПО.

Більший вплив на створення зорових умов боковим природним освітлення співвідношення глибини приміщення до відстані між робочою поверхнею до верху вікна спостерігається в дуже глибоких приміщеннях з відношенням довжини до глибини в 0,5 раза (рис. 2.5).

Значення коефіцієнта, що характеризує світлову активність вікна при $B/h_1 = 1$, становить 18, а при $B/h_1 = 7,5$ – 66 відповідно, що в 3,67 рази більше. Збільшення коефіцієнта вплине на величину КПО, що створюється боковим природним освітленням, та призведе до його зменшення.

2.4. Вплив світловідбивання внутрішніх поверхонь виробничих приміщень на показник природного освітлення

На значення коефіцієнта природного освітлення, відповідно до формули 2.3, впливає величина світловідбиття внутрішніх поверхонь виробничого приміщення. До таких поверхонь відносять поверхні стелі, стін

і підлоги, без урахування меблів, устаткування, обладнання, озеленення та інших затінюючих предметів.

У формулі 2.3, підвищення КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення, враховується через коефіцієнт r_1 .

Значення коефіцієнта r_1 визначається враховуючи середньозважений коефіцієнт світловідбивання внутрішніх поверхонь приміщення, який розраховується за формулою

$$\rho_{\text{сеп}} = \frac{\rho_c S_c + \rho_{cm} S_{cm} + \rho_n S_n}{S_c + S_{cm} + S_n}, \quad (2.7)$$

де $\rho_c, \rho_{cm}, \rho_n$ – коефіцієнти відбивання стелі, стін, підлоги;

S_c, S_{cm}, S_n – площі стелі, стін, підлоги.

Для розрахунку КПО у виробничих приміщеннях, відповідно до ДБН В. 2.5-28:2018, приймаються наступні значення середньозваженого коефіцієнта світловідбивання внутрішніх поверхонь залежно від фону: не більше 0,5 - у виробничих приміщеннях зі світлою характеристикою фону; не більше 0,4 - у виробничих приміщеннях із середньою характеристикою фону; не більше 0,30 - у виробничих приміщеннях з темною характеристикою фону.

Величина коефіцієнта r_1 , також залежить від геометричних розмірів виробничого приміщення: відношення довжини до його глибини (L_n/B); відношення глибини приміщення до висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна (B/h_1), а також від розташування розрахункової точки по відношенню до стелі, стін, підлоги, що виражається відношенням відстані розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення (l/B).

З формули 2.3, видно, чим більше значення r_1 (коефіцієнт використання відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення світла), тим вище КПО в розрахунковій точці приміщення, при однакових інших умовах.

В роботі був проведений аналіз ролі цього коефіцієнта у створенні світлового комфорту залежно від факторів, які впливають на його значення.

На рисунку 2.6 зображені залежності впливу на значення коефіцієнта використання відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення світла геометричних розмірів виробничого приміщення, розташування робочої поверхні відносно зовнішньої стіни з вікнами та характеристикою фону внутрішніх поверхонь, яка виражена через середньозважений коефіцієнт світловідбивання.

На всіх графіках видно, що роль коефіцієнта використання відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення світла збільшується при збільшенні глибини розташування робочої поверхні та використання світлого фону внутрішніх поверхонь (рис. 2.6 1, 2, 3).

При розташуванні робочої поверхні близько біля вікна роль і значення коефіцієнта r_1 незначні і майже не залежать від фону поверхонь і від глибини приміщення. Його значення збільшується лише в 1,05 раза (на 5%) для неглибоких приміщень та в 1,09 раза (на 9%) для глибоких при світлому фоні поверхонь (0,5).

Рис. 2.6. Залежність коефіцієнта, що підвищує КПО за рахунок відбитого світла від внутрішніх поверхонь r_1 від геометричних розмірів виробничого приміщення ($1 - B/h_1 = 1-1,5$; $2 - B/h_1 = 2,5-3,5$; $3 - B/h_1 > 3,5$) та глибини розташування робочої поверхні від вікон (B – глибина приміщення; h_1 – висота від рівня робочої поверхні до верху вікна)

Для приміщень із середнім та темним фоном глибина приміщення на освітленість робочої поверхні, що знаходиться близько від вікна не впливає на значення коефіцієнта r_1 (рис. 2.6).

Із заглибленням робочої поверхні в середину приміщення і наближення її до протилежної до вікон стіни, збільшується значення та роль світловідбивання від зовнішніх поверхонь у формуванні освітленості. Це збільшення більш суттєве при світлому фоні поверхонь і зменшується при темному фоні. При відношенні глибини приміщення до висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна в межах 1,0-1,5, значення коефіцієнта r_1

збільшується в 1,5 раза (50%) при використанні світлого фону поверхонь, ніж темного. У неглибоких приміщеннях таке збільшення становить в 1,25 раза (25%) при використанні світлого фону, ніж темного (рис. 2.6. 1). При розташуванні робочої поверхні в центрі приміщення, при боковому природному освітлені, збільшення значення коефіцієнта r_1 відбувається в 1,27 раза у глибоких приміщеннях та в 1,09 раза у неглибоких при використанні світлого фону поверхонь.

Подальше збільшення відношення глибини приміщення до висоти від рівня робочої поверхні до верху вікна до 2,5-3,5, також призводить до збільшення ролі коефіцієнта r_1 у формуванні КПО. Для глибоких приміщень за таких умов та при розміщенні робочої поверхні майже біля протилежної до вікон стіни значення r_1 буде в 2,77 раза більше при світлому фоні, ніж за використання темного (рис. 2.6. 2). Для неглибоких приміщень використання світлого фону поверхонь збільшить значення коефіцієнта r_1 в 2,59 раз. При розташуванні робочих поверхонь в середині приміщення, величина коефіцієнта буде більша при використанні світлого фону поверхонь в 1,33 раза, а при темному лише в 1,18 раза.

Найбільші межі змін коефіцієнта, що враховує підвищенні КПО за рахунок світла, відбитого від внутрішніх поверхонь приміщення будуть у приміщеннях в яких відношення глибини приміщення до висоти рівня робочої поверхні до верху вікна буде становити 3,5 і більше (рис. 2.6. 3). В таких приміщеннях при незначній глибині зміна фону поверхонь з темного до світлого збільшить коефіцієнт r_1 в 1,92 раза, а для глибоких в 2 раза при розміщенні робочих поверхонь в центрі приміщення. При розташуванні останньої біля протилежної до вікон стіни збільшить роль світловідбиття поверхонь приміщення у формуванні освітленості природним освітленням в 2,28 раза за використання світлого фону у неглибоких приміщеннях, та в 2,86 раза у глибоких приміщеннях.

Висновки до розділу

1. Створення комфортних показників для зорової роботи можливе за умови достатньої площі віконних отворів у виробничому приміщенні, враховуючи умови експлуатації системи природного освітлення. У I світлокліматичному районі кращими умовами для створення нормативного рівня КПО є приміщення, які мають південне, південно-західне та південно-східне орієнтування світлових отворів. Для підтримання нормативного значення КПО в виробничих приміщеннях з виділенням виробничих забруднювачів необхідно враховувати їхній вплив на рівень освітленості шляхом застосування коефіцієнта запасу та встановленої періодичності очищення скла світлових отворів від 2 до 4 разів на рік. Це дасть не знизити рівень освітленості в розрахунковій точці виробничого приміщення на 8-15 % і більше.

2. З метою створення кращих умов для зорових робіт за природного освітлення, слід використовувати у віконних отворах світлопропускаючі матеріали, які забезпечують більші значення загального коефіцієнта світлопропускання. Найкращим матеріалом є скло органічне прозоре в один шар. За використання традиційного безкольорового скла в два шара, необхідно враховувати, що збільшення товщини кожного шару скла на 1 мм, зменшує світлопропускання на 2 %.

3. Вплив розмірів виробничого приміщення на показник світлового середовища, що формується боковим природним освітленням, здійснюється через коефіцієнт світлової активності вікон і залежить від відношень довжини приміщення до його глибини та глибини приміщення до висоти від робочої поверхні до верху вікна.

Для приміщень з глибиною до 6 метрів вплив зазначених характеристик приміщення є невеликим і незначно впливає на величину коефіцієнта природного освітлення, ніж в приміщеннях з глибиною більше 6. У глибоких і дуже глибоких приміщеннях збільшення відношень довжини

приміщення до його глибини та глибини приміщення до висоти від робочої поверхні до верху вікна знижують величину коефіцієнта природного освітлення в 1,89-3,67 рази.

4. У виробничих приміщеннях, при розташуванні робочих поверхонь ближче до протилежної від вікон стіни у формуванні зорового комфорту природним боковим освітленням збільшується роль світловідбиття світла стелею, стінами, підлогою, яку можна досягнути за рахунок надання їм світлого фону. За таких умов, у виробничих приміщеннях із заміною фону внутрішніх поверхонь на світлий, надасть можливість збільшити КПО в 1,92-2,28 рази у неглибоких приміщеннях при розташуванні робочої поверхні в межах від середини приміщення до протилежної до вікон стіни та в 2,0-2,86 рази у глибоких приміщеннях, за однакових інших умов.

РОЗДІЛ 3

ПОКРАЩЕННЯ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ, ЩО ОСВІТЛЮЮТЬСЯ ШТУЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ

3.1. Організація штучного освітлення

Система штучного освітлення використовується, коли природного освітлення не достатньо для створення зорового комфорту у виробничому приміщенні. У виробничих приміщеннях для виконання робіт використовується загальне та місцеве освітлення залежно від розряду зорової роботи. При використанні сумісно і загального і місцевого освітлення дана система називається комбінованою, і використовується для виконання робіт I-IV розряду зорової роботи, за якої виконується робота середньої точності.

Для робіт V-VIII розряду зорової роботи (більшість робіт на виробництві) використовується система загального освітлення. При влаштуванні загального штучного освітлення слід використовувати розрядні та світлодіодні джерела світла. Ці джерела світла, за однакової потужності з лампами розжарювання, мають більшу світлову віддачу та більший термін експлуатації.

Допускається використовувати лампи розжарювання тільки у випадках, коли використання розрядних ламп і світлодіодних неможливо.

Для загального освітлення виробничих приміщень використовують лампи з колірною температурою від 2400 К до 6800 К. Освітленість фоновій (периферійній) зони має бути не більше ніж $1/3$ освітленості зони безпосереднього оточення (рис. 1.3). Освітленість зони безпосереднього оточення визначається за ДБН залежно від освітленості зони зорової роботи. Чим нижче нормативна освітленість зони зорової роботи, тим ближче значення освітленості безпосереднього оточення до нормативної освітленості зони зорової роботи.

Коефіцієнти відбиття зовнішніх поверхонь приміщень повинні бути:

від 0,7 до 0,9 - для стель;

від 0,5 до 0,8 - для стін;

від 0,2 до 0,7 - для робочих поверхонь;

від 0,2 до 0,4 - для підлоги.

У виробничих приміщеннях в яких є небезпека доторкання працівника до обертових або віброуючих об'єктів внаслідок виникнення стробоскопічного ефекту, нормується значення коефіцієнта пульсації освітленості, який не повинен перевищувати 10 %.

У роботі буде проведено аналіз факторів, що впливають на показники світлового середовища у виробничому середовищі. Встановимо для розрахунків початкові умови: освітленість для розрядів зорових робіт IV-VII – 200 лк (табл. 1.3).

З фізичної точки зору освітленість (E) – це фотометрична величина, яка характеризує ту кількість світлового потоку що потрапляє на одиницю площі поверхні і величина якої визначається за зоровими відчуттями людини (E) = лм/м² = лк:

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad (3.1)$$

де Φ – світловий потік, лм; S – площа поверхні, м².

Сумарний світловий потік, що сформує задану (нормативну) освітленість (E_n) на задані площі, можна визначити з формули 3.1:

$$\Phi = E_n \times S. \quad (3.2)$$

Світлова система штучного освітлення експлуатується за певних умов, які знижують її початкову ефективність. В освітлювальних установках штучного освітлення впродовж часу експлуатації відбувається зниження освітленості в результаті впливу умов їхньої експлуатації, що враховується в світлотехнічних розрахунках введенням коефіцієнту запасу (K_3). Тоді

величина необхідного світлового потоку для нормативного освітлення заданої площі приміщення становить:

$$\Phi = E_n \times S \times K_3 \quad (3.3)$$

Коефіцієнт запасу пов'язаний з коефіцієнтом експлуатації MF (*Maintenance Factor*), який використовується Міжнародною комісією з освітлення (CIE), наступним чином:

$$K_3 = \frac{1}{MF}. \quad (3.4)$$

Відповідно до ДБН В. 2.5-28:2018 та стандарту CIE 97:2005 встановлення значення коефіцієнта експлуатації для освітлювальних установок внутрішнього використання здійснюється за формулою

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF, \quad (3.5)$$

де $LLMF$ - коефіцієнт зниження світлового потоку лампи;

LSF - коефіцієнт живучості ламп (частина від повної кількості встановлених ламп, які продовжують працювати в даний момент за певних умов);

LMF - коефіцієнт експлуатації світильника;

$RSMF$ - коефіцієнт експлуатації поверхонь приміщення.

Підставляючи (3.4), (3.5) в (3.3) отримаємо величину світлового потоку:

$$\Phi = \frac{E_n \times S}{LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF} \quad (3.6)$$

Необхідна кількість ламп для створення нормативного рівня освітленості освітлювальною установкою штучного освітлення, визначається:

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_L} = \frac{E_n \times S}{\Phi_L \times MF} \quad (3.7)$$

Φ_L – світловий потік прийнятої лампи в освітлювальній установці, лм.

Проведемо розрахунок необхідної кількості ламп для системи штучного загального освітлення умовного виробничого приміщення за формулою 3.7. Розрахунок проводимо з урахуванням того, що всі лампи, які будуть застосовувати в системі освітлення, будуть експлуатуватися всю максимальну тривалість на яку вони розраховані відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Система штучного освітлення складається з світильників пилозахисної конструкції E зі ступенем захисту IP5X та світильників прямого світла. Виробничі приміщення відносяться до класу чистоти - забруднені.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку штучного освітлення виробничих приміщень

Тип лампи	E_n , лк	MF			
		$LLMF$	LSF	LMF	$RSMF$
Лампа розжарювання (Б230-200-7, P=200 Вт, Φ =3040 лм, світлова віддача = 15,2 лм/Вт)	200	0,93	0,5	1	0,8
Металогалогенна лампа (МГЛ Lightoffer 70W, P=70 Вт, Φ =6000 лм, світлова віддача = 85,7 лм/Вт)	200	0,56	0,5	1	0,8
Лампа натрієва (ДНаТ lightoffer sl 100w, P=100 Вт, Φ =9500 лм, світлова віддача = 95 лм/Вт)	200	0,9	0,5	1	0,8
Світлодіодний світильник (тип лампи – L80 B10 (ДПП28У-80, P=80 Вт, Φ =10640 лм, світлова віддача = 133 лм/Вт)	200	0,7	0,99	1	0,8

Залежно від виду ламп, які використовуються для штучного освітлення виробничих приміщень з різною площею та нормованим рівнем освітленості в 200 лк, їх кількість становить від 1 до 53 шт. (рис. 3.1).

На кількість ламп, які зможуть забезпечити нормативний рівень освітленості виробничих приміщень різної площі, впливає така їх характеристика, як світлова віддача. Чим більше величина світлової віддачі лампи, тим вона ефективніше і тим менша потрібна їх кількість для створення нормативного рівня освітленості.

Найменша кількість ламп в системі штучного освітлення буде використовуватись при застосуванні світлодіодних та газорозрядних (натрієвих високого тиску) ламп. При використанні, для створення нормативного рівня освітленості приміщення, металогалогенних ламп замість ламп розжарювання, знижує їх необхідну кількість у 1,25 раза не залежно від площі, а при використанні натрієвих - у 2,5 раза. За використання світлодіодних ламп їхня необхідна кількість буде у 5 раза менше, ніж при застосуванні традиційних ламп розжарювання.

У порівнянні з металогалогенними лампами, необхідна кількість натрієвих і світлодіодних ламп для освітлення однакової площі однаковим рівнем, відповідно в 2 та 4 раза менша. На кількість необхідних для освітлення різних типів ламп для приміщень однакової площі впливають такі характеристики, як: світлова віддача лампи та умови їх експлуатації.

Сьогодні, найбільш перспективним напрямком у створенні систем штучного освітлення є експлуатація світлодіодних джерел освітлення. В таких системах освітлення джерелом світла є світлодіоди. Основними перевагами світлодіодів є:

1. Світлодіоди працюють в широкому діапазоні робочих електричних напруг. За зниження електричної напруги нижче певних значень роблять експлуатацію звичайних ламп неможливим або працюють із заниженими характеристиками. Світлодіодні лампи можуть працювати від напруги в діапазоні від 80 до 230 В.

2. Зручність у використанні. У світлодіодних ламп відсутній інерційний ефект і вони одразу працюють зі 100% світловим потоком. При використанні світлодіодних ламп працівнику не доводиться чекати, поки лампи набудуть своїх технічних характеристик і дадуть максимально яскраве освітлення. За необхідності можна керувати яскравістю та відтінком світлодіодів. У світлодіодних джерел світла відсутнє мерехтіння, що втомлює очі працівника. Відсутність мерехтіння виключає можливість виникнення стробоскопічного ефекту, що особливо важливо у виробничих приміщеннях з точки зору забезпечення безпеки працівника.

3. Мінімум експлуатаційних витрат. Експлуатація світлодіодних ламп не потребують використання спеціальних пристроїв для пускорегулювальної апаратури і технічного обслуговування.

4. Низька температура поверхні. Світлодіодні лампи виділяють незначну кількість тепла, а всі енергія використовується на створення світлового потоку, тим самим досягається значна економія електричної енергії.

5. Відсутність шуму. Світлодіодні лампи повністю беззвучні. Вони не є джерелом шуму і не подразнюють слуховий аналізатор впливаючи на умови праці.

6. Відсутність ультрафіолетового випромінювання. Люмінесцентні лампи та лампи розжарювання є генераторами ультрафіолетового опромінення, яке шкідливе для людського ока. Інтенсивність ультрафіолетового опромінення спектрального діапазону 320-400 нм не повинна перевищувати $0,03 \text{ Вт/м}^2$. Світлодіодні лампи не мають такого недоліку.

7. Компактність. Світлодіоди характеризуються невеликими розмірами, що робить світлодіодні світильники досить компактними. Проте, для створення потужного світлового потоку вимагають використання дуже великої кількості світлодіодів.

8. Безпечність у використанні. Конструкції світлодіодного світильника виключає використання шкідливих та небезпечних компонентів, і не є екологічно та пожежобезпечними. Також вони не вимагають особливої процедури їх утилізації. Світлодіодні лампи не крихкі і не призводять до утворення гострих уламків при ударах, падіннях тощо.

9. Енергозберігаючий ефект. Експлуатація світлодіодних ламп потребує в 8-10 разів менше електричної енергії для створення такого ж рівня освітленості, ніж звичайні лампи (розжарювання). Таким чином світлодіоди дають можливість створювати велику інтенсивність світлового випромінювання при невеликому споживанні електричної енергії.

10. Тривалий термін експлуатації. В результаті того що в структурі світлодіодної лампи знаходиться лише кристал, в ній відсутні конструктивні елементи, які знижують термін експлуатації. Конструктивне рішення в світлодіодній лампі дають можливість експлуатувати її впродовж 10-100 тисяч годин, що дорівнює 1-10 років постійної експлуатації.

Для створення зорового комфорту при освітлені виробничого приміщення завдяки штучного освітлення, нормується коефіцієнт пульсації освітленості K_n . Коефіцієнт пульсації - це критерій оцінки відносної глибини коливань освітленості внаслідок зміни в часі світлового потоку джерела світла при живленні його змінним струмом. Між коефіцієнтом пульсації освітленості та зоровою перевтомою є залежність (рис. 3.2).

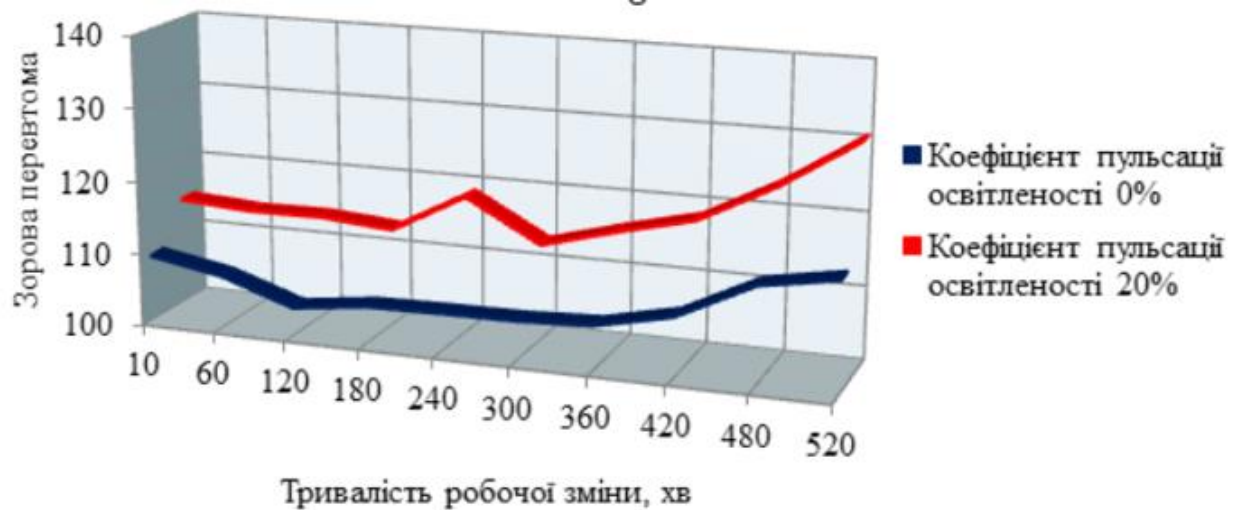


Рис. 3.2. Залежність зорової перевтоми від коефіцієнта пульсації освітленості впродовж робочої зміни (за літературними джерелами)

Коефіцієнт пульсації визначається за формулою

$$K_n = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{сеп}}} \times 100, \quad (3.8)$$

де $E_{\max}$, $E_{\min}$ - максимальне і мінімальне значення освітленості за період її коливання, лк; $E_{\text{сеп}}$ - середнє значення освітленості за період її коливання, лк:

$$E_{\text{сеп}} = \frac{E_{\max} + E_{\min}}{2} \quad (3.9)$$

Коефіцієнт пульсації освітленості для виробничих приміщень не повинен перевищувати 10 %. Приймаючи $K_n = 10 \%$, $E_{\min} = 200$ лк (нормативний рівень освітленості) та підставивши 3.9 в 3.8 і вирішуючи рівняння відносно $E_{\max}$, отримаємо:

$$E_{\max} = \frac{\frac{K_n \times E_{\min}}{100} + E_{\min}}{1 - \frac{K_n}{100}} = \frac{\frac{10 \times 200}{100} + 200}{1 - \frac{10}{100}} = 244 \text{ лк}$$

Якщо прийняти мінімальний рівень освітленості рівним нормативному рівню (200 лк), то при нормованому K_n в 10 %, максимальне коливання

значення освітленості за період її коливання не повинен перевищувати більше ніж на 44 лк, тобто становити <244 лк.

3.2. Покращення освітленості виробничих приміщень шляхом оптимізації використання ламп

Впродовж терміну експлуатації, ефективність системи штучного освітлення знижується. Зниження ефективності проявляється за рахунок зменшення рівня освітленості, який створює освітлювальна установка. Зниження експлуатаційних характеристик освітлювальної установки відбувається в результаті: зниження світлового потоку лампи внаслідок її старіння (вироблення ресурсу) та виходу ламп з ладу впродовж терміну її експлуатації.

В розрахунках для врахування такого зниження ефективності освітлювальної установки введені коефіцієнти зниження світлового потоку лампи ($LLMF$) та коефіцієнт живучості ламп (LSF). Коефіцієнт живучості ламп показує частину від повної кількості встановлених ламп, які продовжують працювати в даний момент часу за певних умов. Цей коефіцієнт слід використовувати при встановленні, наближено, часу через який проводиться групова заміна ламп в освітлювальній установці.

При розрахунку системи штучного освітлення ці коефіцієнти входять до складу коефіцієнта експлуатації (формули 3.6, 3.7) і впливають на величину необхідного світлового потоку, який ними створюється.

У роботі поведено аналіз впливу цих двох показників на створення комфортних показників світлового середовища у виробничих приміщеннях. Приміщення для яких створюється штучне освітлення поділяються на класи за чистотою приміщення. Виробничі приміщення, через виконання в них виробничих процесів, які характеризують виділенням різних видів забруднювачів, відносяться до класу забруднені (D). Тому розрахунки будуть

проведені з урахуванням цих умов експлуатації освітлювальних установок. Розрахунки проведемо для умовного приміщення площею 100 м^2 , в яких виконуються роботи зорових розрядів IV-VII, для яких необхідно створити рівень освітленості не нижче 200 лк. Мінімально необхідний рівень освітленості буде створюватись різними типами ламп (табл. 3.2-3.5).

Таблиця 3.2

Розрахунок рівня освітленості у виробничих приміщеннях ($S = 100 \text{ м}^2$), що створюється лампами розжарювання з урахуванням коефіцієнтів зниження світлового потоку лампи та їх живучості

Час роботи лампи, тис. год.	LLMF	LSF	MF	E, лк
0,1	1	1	0,80	438
0,5	0,97	0,98	0,76	416
1,0	0,93	0,5	0,37	204

Таблиця 3.3

Розрахунок рівня освітленості у виробничих приміщеннях ($S = 100 \text{ м}^2$), що створюється металогалогенними лампами з урахуванням коефіцієнтів зниження світлового потоку лампи та їх живучості

Час роботи лампи, тис. год.	LLMF	LSF	MF	E, лк
0,1	1	1	0,80	672
0,5	0,95	0,99	0,75	632
1,0	0,87	0,99	0,69	579
6,0	0,68	0,98	0,53	448
10,0	0,6	0,8	0,38	323
12,0	0,56	0,5	0,22	188

Таблиця 3.4

Розрахунок рівня освітленості у виробничих приміщеннях ($S = 100 \text{ м}^2$), що створюється натрієвими лампами високо тиску з урахуванням коефіцієнтів зниження світлового потоку лампи та їх живучості

Час роботи лампи, тис. год.	LLMF	LSF	MF	E, лк
0,1	1	1	0,80	456
0,5	1	1	0,80	456
1,0	0,98	1	0,78	447
6,0	0,97	0,99	0,77	438
10,0	0,97	0,99	0,77	438
12,0	0,97	0,97	0,75	429
15,0	0,96	0,95	0,73	416
20,0	0,94	0,92	0,69	394
30,0	0,9	0,5	0,36	205

Таблиця 3.5

Розрахунок рівня освітленості у виробничих приміщеннях ($S = 100 \text{ м}^2$), що створюється лампами розжарювання з урахуванням коефіцієнтів зниження світлового потоку лампи та їх живучості

Час роботи лампи, тис. год.	LLMF	LSF	MF	E, лк
0,1	1	1	0,80	340
0,5	1	1	0,80	340
1,0	1	1	0,80	340
10,0	0,97	1	0,78	330
15,0	0,96	1	0,77	327
20,0	0,94	1	0,75	320
30,0	0,91	1	0,73	310
50,0	0,85	1	0,68	289
75,0	0,78	0,99	0,62	263
100	0,7	0,99	0,55	236

За результатами обрахунків побудовані залежності, які показують зміну коефіцієнтів зниження світлового потоку ламп та їх живучості залежно від часу їх роботи (рис. 3.3-3.10).

Застосовуючи в освітлювальних установках лампи розжарювання, слід враховувати, що тривалість їхньої експлуатації становить не більше 1 тис. год. При їх використанні впродовж такого терміну призводить до зниження світлового потоку на 7%, коефіцієнт зниження світлового потоку змінюється від 1 до 0,93 (рис. 3.3). Цей тип ламп характеризується повільним зниженням світлового потоку впродовж 1000 годин використання.

Значення коефіцієнта живучості ламп розжарювання впродовж 500 годин використання змінюється незначно, від 1 до 0,98, а після - має різке зниження до 0,5. Це означає, що при використанні ламп розжарювання в системі штучного освітлення більше 1 тис. год., половина з них вийде з ладу.

Зменшення значень цих коефіцієнтів призводить і до зниження рівня освітленості, що створюється даним типом ламп (рис. 3.4). Якщо за термін використання в 500 годин освітленість знижується з 438 лк до 416 лк (на 5 %), то за наступні 500 годин з 416 лк до 204 лк (на 51 %). Таким чином використання ламп розжарювання в системі штучного освітлення 1000 годин і більше призведе до зниження рівня освітленості в 2,15 раза, порівняно з початковим. Використання в освітлювальних установках ламп розжарювання впродовж всього заявленого терміну служби призведе до зниження рівня освітленості в 234 лк на 1000 годин експлуатації.

Слід зауважити, що при розрахунку необхідної кількості ламп, значення цих коефіцієнтів береться відповідно до середнього терміну служби, який заявляється виробником. За даними виробника середній термін служби лампи розжарювання становить 1 тис. год. Тому початковий рівень освітленості, який створюється даним типом ламп, буде більшим ніж в кінці терміну їх служби. Це дасть можливість забезпечити необхідний рівень освітленості, не нижче нормативного, навіть у кінці терміну служби.

Для створення зорового комфорту у виробничих приміщеннях слід оптимізувати режим використання ламп. Одним із шляхів оптимізації є групова заміна ламп, яка проводиться через час після початку експлуатації ламп. Аналізуючи залежності на рисунках 3.3, 3.4 та враховуючи економічну доцільність такої заміни, пропонуємо її здійснювати при досяжності рівня освітленості із значенням, що перевищує нормативне не більше ніж на 10 % (показано на рис. 3.4 пунктирною лінією). Таким чином, за нормативного рівня освітленості в 200 лк, пропонуємо групову заміну ламп розжарювання у виробничих приміщеннях при зниженні рівня освітленості не більше ніж 220 лк. На рис. 3.4, це відповідає 930 годинам використання.

Використання металогалогенових ламп в освітлювальних установках є більш тривалим завдяки більшому терміну їх служби, а ж до 12 тис. год. (рис. 3.5). Також для них характерний високий коефіцієнт живучості 0,98 майже до половини їх терміну використання. Друга половина терміну їх використання, як і в лампах розжарювання, характеризується різним зниженням цього коефіцієнта з 0,98 до 0,5, що становить 51 %.

Таким чином, при досяжності 12 тис. год. використання є велика імовірність, що 50 % металогалогенових ламп в освітлювальній системі вийдуть з ладу.

Також цей тип ламп характеризується поступовим зниженням світлового потоку, яке починається з перших 100 годин використання. Вже через 6 тис. год. використання (половина терміну служби) світловий потік знижується на 32 % зі значення коефіцієнта з 1,0 до 0,68.

Зниження значень коефіцієнтів зниження світлового потоку металогалогенних ламп та їх живучості призводять до поступового зниження рівня освітленості у виробничому приміщенні (рис. 3.6). Використання даного типу ламп в першу 1000 годин експлуатації знижує рівень освітленості, яку вони створюють, з 672 лк до 579 лк, що лише на 14 % нижче за початкової. В наступний період використання цих ламп, а ж до кінцевого терміну служби, який заявлений виробником, зниження рівня

освітленості сягне з 579 лк до 188 лк, на становить 67,5 % або в 3,08 раз. За весь заявлений термін служби металогалогенних ламп зниження освітленості буде становити, в середньому, 40 лк на 1000 годин експлуатації.

Аналізуючи використання металогалогенних ламп в системі штучного освітлення та з метою оптимізації їх використання, рекомендуємо термін через який слід здійснювати групову заміну ламп в 11.8 тис. год.

Особливістю використання натрієвих ламп високого тиску в системі штучного освітлення виробничих приміщень є те, що вони мають вдвічі більший термін експлуатації ніж металогалогенні, який становить 30 тис. год. Експлуатація даного типу ламп характеризується тим, що зниження їхнього світлового потоку відбувається поступово і рівномірно впродовж всього терміну використання. Значення цього коефіцієнта становлять від 1,0, на початку використання ламп, до 0,9 в кінці терміну служби, що становить лише 10 % за 30 тис. год. експлуатації (рис. 3.7).

Коефіцієнт живучості натрієвих ламп високого тиску теж знижується поступово впродовж терміну їх служби, і дорівнює 1,0 на початку використання та 0,92 після 20 тис. год. експлуатації. Це вказує на те, що після такого тривалого терміну служби вихід з лади цих ламп буде становити 8 %.

Враховуючи зміну значень коефіцієнтів, що характеризують експлуатацію натрієвих ламп високого тиску, впродовж всього терміну служби, можна передбачити і зміну рівня освітленості за цей строк (рис. 3.8). У продовж 20 тис. год. використання, рівень освітленості, який створюється цим типом ламп, буде знижуватись поступово з 456 лк до 394 лк, тобто на 13,5 % або в 1,16 раз. В середньому, це зниження буде становити 3,1 лк на кожну 1000 годин експлуатації. І лише завдяки стрімкому зниженню живучості цього типу ламп після 20 тис. год. використання, станеться значно помітне зниження рівня освітленості з 394 лк до 205 лк, що становить 48 %, або в 1,92 раз, або 18,9 лк на кожну 1000 годин подальшої експлуатації. В загалом же, впродовж всього терміну служби натрієвих ламп високого тиску

зниження освітленості буде становити, в середньому, 8,4 лк на 1000 годин експлуатації.

Рекомендований термін групової заміни натрієвих ламп високого тиску у виробничих приміщеннях становить 28 тис. год. експлуатації.

Серед розглянутих типів ламп, як можуть використовуватись для систем штучного освітлення виробничих приміщень, особливе місце займають світлодіодні лампи та світильники на їх основі. Даний тип ламп характеризується дуже тривалим терміном служби. Деякі виробники даного типу ламп і світильників заявляють термін експлуатації у 100 тис. год., що робить їх дуже привабливими для експлуатації.

Світлодіодні лампи характеризуються дуже тривалою живучістю, коефіцієнт якої становить 0,99 навіть при 100 тис. год. експлуатації (рис. 3.9). Така тривала живучість даного типу ламп обумовлена конструктивною особливістю, яка полягає в тому, що в таких лампах використовується кристал.

Коефіцієнт зниження світлового потоку для даного типу ламп характеризується поступовим зниженням в процесі їх використання і є самим великим серед ламп, що розглядались. Значення цього коефіцієнта є незмінним упродовж 1000 годин експлуатації світлодіодів. Тільки після 1 тис. год. використання коефіцієнт зниження світлового потоку починає зменшуватись (рис. 3.9). За 100 тис. год. використання світлодіодів значення цього коефіцієнта зменшується з 1,0 до 0,7.

Завдяки незначним коливанням значень коефіцієнтів зниження світлового потоку та живучості світлодіодних ламп рівень освітленості, що ними створюється, змінюється найменше, серед інших ламп, впродовж всього терміну служби. Початковий рівень освітленості, що створюється світлодіодами становить 340 лк, а в кінці терміну служби 236 лк, що лише на 30 %, або в 1,44 раза менше ніж на початку використання ламп (рис. 3.10). Враховуючи тривалий термін використання ламп даного типу, зниження рівня освітленості у виробничому приміщенні за їх використання буде

становити, в середньому, 1,04 лк на 1000 годин використання. За весь термін служби світлодіодних ламп зниження освітленості буде становити, в середньому, 1,04 лк на 1000 годин експлуатації.

За таких умов термін групової заміни світлодіодних ламп чи світильників в системі штучного освітлення виробничого приміщення буде дорівнювати терміну служби, який заявлений виробником.

3.3. Покращення освітленості виробничих приміщень шляхом оптимізації експлуатації світильників

В процесі експлуатації освітлювальної установки штучного освітлення зниження освітленості відбувається і в наслідок забруднення оптичної системи світильників та світлопрозорих поверхонь джерел світла.

У ДБН В. 2.5-28:2018, залежно від класу чистоти приміщення та типу світильника, встановлено наближені інтервали очищення для світильників. Найчастіше виробничі приміщення відносяться до класу чистоти «забруднені». В даному класі чистоти приміщення використовують типи світильників з повністю відкритою конструкцією, відкриті зверху та з різним ступенем захисту, з примусовою вентиляцією з рекомендованою частотою їх очищення раз на рік та раз на два роки відповідно.

Відкритий тип світильника (тип А) передбачає конструктивне виконання світильника з відкритою лампою. Світильник із відкритим верхом (тип В) конструктивно це світильник прямого чи відбитого світла з корпусом, з відбивачем і закритою оптичною системою або відкритий зверху спрямований вниз світильник.

Для виробничих приміщень використовують світильники із закритою конструкцією ступенем захисту IP2X (тип D) для нормального класу чистоти приміщення та для забруднених – пилозахисний зі ступенем захисту IP5X (тип E).

Відповідно до нормативних документів ступінь захисту (IP) визначається двома цифрами. Перша містить відомості про захист від проникнення всередину пилу та твердих тіл, а друга - відомості про захист від вологи.

В розрахунках системи штучного освітлення, умови в яких експлуатується світильник (тип світильника, клас чистоти приміщення, інтервал між технічним обслуговуванням (чисткою) світильника) враховується шляхом застосування коефіцієнта експлуатації світильника (LMF). Величина цього коефіцієнта впливає на загальну величину коефіцієнта експлуатації освітлювальної установки штучного освітлення та на рівень освітленості, що створюється цією системою.

На рисунку 3.11 наведені залежності зміни величини освітленості відносно нормативного рівня у виробничих приміщеннях класу чистоти «забруднені», яка створюється світильниками із різним ступенем захисту від інтервалу між їхньою чисткою за інших рівних умов.

На ефективність роботи світильників різного ступеня захисту буде впливати як ступінь захисту, так і частота їх обслуговування (чистка). Найбільший вплив на світлову ефективність світильника величини інтервалу між його чисткою буде у світильників з меншим ступенем захисту від проникнення твердих тіл і пилу. Величина зниження освітленості в приміщенні при інтервалі очистки в 3 роки, за інших однакових умов, знизить освітленість з $0,83E_n$ до $0,62E_n$ для світильників із захистом IP2X та з $0,91E_n$ до $0,79E_n$ - із захистом IP5X. У відсотках це зниження буде становити 25,3 % - для світильників із IP2X та 13,1 % - для із IP5X.

Як видно, вплив частоти чистки світильників із вищим протипиловим захистом не так сильно впливають на їх світлову ефективність, ніж на ефективність світильників з нижчим захистом. Якщо взяти інтервал між очисткою світильників в 0,5 року (6 місяців) та зниження коефіцієнта експлуатації світильника впродовж 3 років, то величина зменшення освітленості буде становити: для світильників із нижчим захистом від пилу –

0,063E_н; для світильників з вищим захистом від пилу – 0,035E_н, кожні півроку. Тобто освітленість світильниками з IP2X в 1,8 раза буде знижуватись швидше ніж світильниками з IP5X кожні півроку, а зниження освітленості кожні півроку буде становити, в середньому, на 6,3 та 3,5 % від нормативного.

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 зниження рівня освітленості у виробничих приміщеннях не повинно знижуватись нижче ніж на 10 % від нормативного значення. З рисунку 3.11 видно, що зниження у 10 % від нормативного рівня освітленості станеться: при використанні світильників з IP2X через 0,75 року (9 місяців); при використанні світильників з IP5X через 0,55 року (6,6 місяців).

Таким чином, при проведенні розрахунку системи штучного освітлення для забруднених виробничих приміщень, необхідно враховувати коефіцієнт експлуатації світильників, особливо, якщо вони конструктивно виконані із меншим ступенем захисту від пилу. Не врахування коефіцієнта експлуатації світильників, що відображає вплив умов експлуатації світильників, призведе до зниження освітленості нижче 10 % від нормативного за 6,6-9 місяців. Для правильного визначення коефіцієнта експлуатації світильників необхідно дотримуватись рекомендованого інтервалу чистки світильників для забруднених виробничих приміщень - раз на рік.

При виконанні розрахунку необхідної кількості ламп, врахування коефіцієнта експлуатації світильника також вплине на остаточний результат. На рисунках 3.12 та 3.13 зображено вплив врахування інтервалу між чисткою світильників на величину кількості ламп при світлотехнічних розрахунках. Розрахунок проводився для виробничих приміщень класу чистоти «забруднені», площею 100 м², з нормативним рівнем освітленості в 200 лк.



Рис. 3.12. Вплив урахування інтервалу між технічним обслуговуванням світильників на розрахунок кількості ламп для світильників зі ступенем захисту IP2X в забруднених приміщеннях
(0 – без урахування технічного обслуговування)



Рис. 3.13. Вплив урахування інтервалу між технічним обслуговуванням світильників на розрахунок кількості ламп для світильників зі ступенем захисту IP5X в забруднених приміщеннях
(0 – без урахування технічного обслуговування)

З рисунків видно, що при не врахуванні інтервалу між чистками світильників у світлотехнічних розрахунках, кількість необхідних для створення нормативного рівня освітленості ламп приймає мінімальне значення. Тобто у розрахунках приймається випадок коли світильники будуть працювати в умовах відсутності забруднень приміщень.

У виробничих умовах такі випадки малоімовірні. Тому, необхідна кількість ламп, з урахуванням умов експлуатації світильників (інтервал між чисткою), буде більшою, ніж без урахування, для створення того ж самого рівня освітленості у приміщенні.

Таке збільшення кількості ламп буде залежить від типу лампи, ступеня захисту від пилу та інтервалу між чисткою світильників. Найбільшому впливу від зазначених умов підлягають лампи розжарювання. Їх кількість для створення освітленості в 200 лк, при використанні у світильниках з IP2X, без урахування інтервалу між чистками, буде становити 18 шт., а при інтервалі один раз на три роки – 29 шт., що на 11 ламп (в 1,61 раза) більше. Кількість металогалогенних ламп, для створення заданого рівня освітленості, також сильно залежить від врахування інтервалу між чистками світильників. При використанні їх у світильниках зі ступенем захисту IP2X, без урахування інтервалу чисток, їхня кількість становить 15 шт., а при інтервалі раз на три роки – 24, що на 9 шт. більше (в 1,6 раза). Найменше зміна інтервалу чисток світильників впливає на розрахункову кількість натрієвих ламп високого тиску та світлодіодних. При не урахування інтервалу чистки світильників їх кількість, для створення рівня освітленості в 200 лк, становить 6 і 4 шт. відповідно. При врахуванні інтервалу чисток світильників, раз на три роки, їх необхідна кількість для створення розрахункового рівня освітленості збільшується до 9 і 5 шт. (в 1,5 і 1,25 раза), відповідно.

За конструктивного виконання світильників із вищим ступенем захисту, вплив інтервалів між технічним обслуговуванням світильників на розрахункову кількість ламп, для створення розрахункового рівня освітленості, менший (рис. 3.13). При не врахуванні інтервалу чисток

світильників розрахункова кількість ламп розжарювання становить 18 шт., а при інтервалі чисток, раз на три роки, збільшується до 22 шт. (в 1,22 раза). Для металогалогенних ламп таке збільшення становить на 4 лампи (в 1,27 раза), для натрієвих ламп високого тиску на 1 лампу (в 1,17 раза), а для світлодіодних – без змін.

3.4. Покращення освітленості виробничих приміщень шляхом підвищення світлових характеристик їх внутрішніх поверхонь

Поверхні приміщення, при потраплянні на них світлового потоку, мають здатність до часткового його відбиття в середину приміщення. Цей потік потрапляє на робочу поверхню, тим самим створюючи додаткову освітленість. Умовою участі в освітлені відбитого від поверхонь світлового потоку є високий коефіцієнт відбиття поверхонь, який, в свою чергу, залежить від матеріалу поверхні та її кольору. Найбільшу частину падаючого світлового потоку відбивають світлі поверхні з коефіцієнтом відбиття 0,7 і більше.

Під час виробництва відбувається виділення в середину виробничого приміщення забруднюючих речовин, які осідають на поверхні та забруднюють їх, тим самим знижуючи світловідбиваючу здатність. Тому для ефективної роботи системи штучного освітлення проводять періодичні очищення поверхонь від бруду.

Відповідно до ДБН В. 2.5-28:2018, коефіцієнт експлуатації поверхонь приміщення (*RSMF*) входить до формули з визначення коефіцієнта експлуатації системи освітлення і впливає на рівень освітленості в приміщенні. Для підтримання відповідного рівня освітленості в приміщенні, який розрахований на відповідну величину відбиття світлового потоку поверхнями та залежно від класу чистоти приміщення встановлені інтервали між технічним обслуговуванням (чисткою) поверхонь. У виробничих

приміщеннях частіше використовують світильники прямого світла, тому основними поверхнями на які буде направлений світловий потік будуть стіни та підлога. Враховуючи, що величина відбивання світлового потоку підлогою, внаслідок її великого забруднення та темного кольору, невелика, нею можна знехтувати. Таким чином, основною відбиваючою поверхнею у виробничих приміщеннях при використанні світильників прямого світла залишаються стіни.

Величину зміни початкового коефіцієнта відбивання світлового потоку поверхнею внаслідок її забруднення продовж певного періоду можна розрахувати за формулою

$$\rho_t = \rho_0 \times \left[c + (1 - c) \times e^{-t/\tau} \right] \quad (3.10)$$

де ρ_0 – початковий коефіцієнт відбиття; c , τ – константи процесу накопичення пилу на поверхні.

На рисунку 3.14 зображено зміну початкового коефіцієнта відбиття стін у виробничому приміщенні внаслідок накопичення на них бруду, впродовж різного терміну їх експлуатації.

На початку експлуатації стін виробничого приміщенні, або після чергового технічного обслуговування (чистки), коефіцієнт відбиття стін відповідає максимуму, який характерний для матеріалу та кольору, що був їм наданий. Впродовж експлуатації коефіцієнт відбиття стін поступово знижується, і в кінці 4 років експлуатації становить: для стін з початковим коефіцієнтом відбиття 0,70 – 0,37; з 0,50 – 0,26; з 0,30 – 0,16. За чотири роки експлуатації дана характеристика стін знизилась для стін з початковим коефіцієнтом відбиття 0,70 на 0,33 одиниці, для стін з початковим коефіцієнтом відбиття 0,50 на 0,24, а для стін з початковим коефіцієнтом відбиття 0,30 на 0,14. З цього видно, що найбільше зниження коефіцієнта відбиття відбулося для стін з початковим коефіцієнтом 0,70.

Найбільше зниження значення коефіцієнта відбиття стін, в забруднених приміщеннях, відбувається у перший рік експлуатації. Величина цього зниження становить для стін з початковим коефіцієнтом 0,70 – 0,11 одиниць, з початковим коефіцієнтом 0,50 – 0,08, з початковим коефіцієнтом 0,30 – 0,05. Впродовж наступних років величина зниження коефіцієнта відбиття стін зменшується, і на 6 рік експлуатації становить свій мінімум. Відповідно до Державних будівельних норм експлуатації поверхонь приміщення без проведення технічного обслуговування (чистки) довше 6 років не рекомендується.

Враховуючи таку зміну коефіцієнта відбиття для стін з різним початковим його значенням та враховуючи величину відбитого світлового потоку стін з різним фоном, можна рекомендувати проведення планового технічного обслуговування стін (очистки) для стін з початковим коефіцієнтом відбиття 0,70 – раз на рік, з початковим коефіцієнтом відбиття 0,50 – раз на 2 роки, з початковим коефіцієнтом відбиття 0,30 – раз на 4 роки. За таких інтервалів між чистками, зниження коефіцієнта відбиття світлового потоку стінами з різними початковими його значеннями буде майже однаковим і становити 0,11-0,13 одиниць.

Висновки до розділу

1. З метою створення у виробничих приміщеннях комфортних показників світлового середовища слід використовувати лампи з найвищою світловою віддачею - газорозрядні та світлодіодні лампи. Їхня кількість, при використанні в системі штучного освітлення, буде в 2,5-5 разів менше, ніж за використання традиційних ламп розжарювання. Величина коефіцієнта пульсації освітленості, що створюється системою штучного освітлення не повинна перевищувати 10 %.

2. На ефективність використання різного типу ламп в освітлювальній системі штучного освітлення виробничих приміщень, буде впливати термін служби лампи та коефіцієнти зниження її світлового потоку і живучості, що також впливають на здатність створювати ними певний рівень освітленості. Під час експлуатації ламп відбувається зниження освітленості через старіння ламп, яке буде становити, в середньому, для ламп розжарювання – 234 лк, металогалогенних – 40 лк, натрієвих ламп високого тиску – 8,4 лк, світлодіодних ламп 1,04 лк на кожну 1000 годин використання.

Для ефективного використання різних типів ламп пропонується їхня групова заміни з інтервалом: 980 год. - для ламп розжарювання, 11,8 тис. год – для металогалогенних ламп, 28 тис. год. – для натрієвих ламп високого тиску, після закінчення терміну служби заявленого виробником – для світлодіодних ламп.

3. На освітленість виробничих приміщень впливають умови експлуатації світильників, які враховуються відповідним коефіцієнтом, що залежить від класу чистоти приміщення, типу світильника та інтервалу між технічним обслуговуванням світильників. Інтервал між чисткою світильників в забруднених виробничих приміщеннях раз на рік, дасть змогу підтримувати нормативний рівень освітленості системою штучного освітлення, а не дотримання цього інтервалу буде призводити до зниження освітленості на 6,3 і 3,5 % кожні півроку залежно від ступеня захисту світильників від пилу.

Не врахування умов експлуатації світильників при світлотехнічних розрахунках призводить до меншого значення необхідної кількості ламп в 1,61-1,25 рази і в 1,22-1,17 рази для світильників із меншим і, відповідно, більшим ступенем захисту від пилу.

4. Частина світлового потоку, що може приймати участь в освітленні виробничих приміщень, формується за рахунок відбиття від стін. Його величина залежить від їх чистоти, матеріалу, кольору та виражається коефіцієнтом відбиття, і знижується внаслідок їх забруднення. Найбільше зниження відбувається у стін зі світлим фоном з 0,70 до 0,37, потім з

середнім – з 0,50 до 0,26, з темним – з 0,30 до 0,16, продовж 4 років. Для підтримання комфортного світлового середовища, що створено штучним освітленням, необхідно проводити очистку стін з інтервалом: зі світлим фоном - раз на рік; із середнім фоном - раз на 2 роки; з темним фоном - раз на 4 роки.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою створення оптимальних умов праці для працівників за показниками світлового середовища у виробничих приміщеннях при використанні систем природного бокового освітлення та штучного рекомендуємо:

для системи природного бокового освітлення:

1. Для виробничих приміщень із виділенням виробничих забруднювачів встановити періодичність очищення скла вікон з інтервалом 2-4 рази на рік.
2. Надавати перевагу використанню у вікнах виробничого приміщення безкольорового скла в два шари, з урахуванням, що збільшення товщини кожного шару скла на 1 мм, зменшує світлопропускання на 2 %.

3. У виробничих приміщеннях розташовувати робочі місця, по можливості, від вікон до середини приміщення. При розміщенні робочих місць у приміщеннях глибиною більше 6 м надавати стелі, стінам світлого фону.

для системи штучного освітлення:

1. Використовувати для штучного освітлення виробничих приміщень газорозрядні та світлодіодні лампи, не допускаючи перевищення коефіцієнта пульсації освітленості більше 10 %.

2. У виробничих приміщеннях застосовувати групову заміну ламп з періодичністю: ламп розжарювання – через 980 год., металогалогенних ламп – через 11,8 тис. год., натрієвих ламп високого тиску – через 28 тис. год, світлодіодних ламп - після закінчення терміну служби заявленого виробником.

3. Проводити у забруднених виробничих приміщеннях чистку світильників з періодичністю не рідше одного разу на рік, або використовувати світильник зі ступенем захисту від пилу 5 і більше.

4. Проводити у забруднених виробничих приміщеннях очистку стін з інтервалом: для стін зі світлим фоном - раз на рік; із середнім фоном - раз на 2 роки; з темним фоном - раз на 4 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі виконано науково-практичне завдання щодо розробки шляхів покращення умов праці працівників за показниками світлового середовища.

Найбільш важливі результати і висновки полягають у такому:

1. Для підтримання нормативного значення КПО в виробничих приміщеннях з виділенням виробничих забруднювачів необхідно враховувати їхній вплив на рівень освітленості шляхом застосування коефіцієнта запасу та встановленої періодичності очищення скла світлових отворів від 2 до 4 разів на рік. Це дасть не знизити рівень освітленості в розрахунковій точці виробничого приміщення на 8-15 % і більше.

2. Найкращим матеріалом є скло органічне прозоре в один шар. За використання традиційного безкольорового скла в два шара, необхідно

враховувати, що збільшення товщини кожного шару скла на 1 мм, зменшує світлопропускання на 2 %.

3. Для приміщень з глибиною до 6 метрів вплив зазначених характеристик приміщення є невеликим і незначно впливає на величину коефіцієнта природного освітлення, ніж в приміщеннях з глибиною більше 6. У глибоких і дуже глибоких приміщеннях збільшення відношень довжини приміщення до його глибини та глибини приміщення до висоти від робочої поверхні до верху вікна знижують величину коефіцієнта природного освітлення в 1,89-3,67 рази.

4. У виробничих приміщеннях, при розташуванні робочих поверхонь ближче до протилежної від вікон стіни у формуванні зорового комфорту природним боковим освітленням збільшується роль світловідбиття світла стелею, стінами, підлогою, яку можна досягнути за рахунок надання їм світлого фону. За таких умов, у виробничих приміщеннях із заміною фону внутрішніх поверхонь на світлий, надасть можливість збільшити КПО в 1,92-2,28 рази у неглибоких приміщеннях при розташуванні робочої поверхні в межах від середини приміщення до протилежної до вікон стіни та в 2,0-2,86 рази у глибоких приміщеннях, за однакових інших умов.

5. З метою створення у виробничих приміщеннях комфортних показників світлового середовища слід використовувати лампи з найвищою світловою віддачею - газорозрядні та світлодіодні лампи. Їхня кількість, при використанні в системі штучного освітлення, буде в 2,5-5 разів менше, ніж за використання традиційних ламп розжарювання. Величина коефіцієнта пульсації освітленості, що створюється системою штучного освітлення не повинна перевищувати 10 %.

6. Під час експлуатації ламп відбувається зниження освітленості через старіння ламп, яке буде становити, в середньому, для ламп розжарювання – 234 лк, металогалогенних – 40 лк, натрієвих ламп високого тиску – 8,4 лк, світлодіодних ламп 1,04 лк на кожну 1000 годин використання.

7. Для ефективного використання різних типів ламп пропонується їхня групова заміна з інтервалом: 980 год. - для ламп розжарювання, 11,8 тис. год – для металогалогенних ламп, 28 тис. год. – для натрієвих ламп високого тиску, після закінчення терміну служби заявленого виробником – для світлодіодних ламп.

8. Інтервал між чисткою світильників в забруднених виробничих приміщеннях раз на рік, дасть змогу підтримувати нормативний рівень освітленості системою штучного освітлення, а не дотримання цього інтервалу буде призводити до зниження освітленості на 6,3 і 3,5 % кожні півроку залежно від ступеня захисту світильників від пилу.

Не врахування умов експлуатації світильників при світлотехнічних розрахунках призводить до меншого значення необхідної кількості ламп в 1,61-1,25 рази і в 1,22-1,17 рази для світильників із меншим і, відповідно, більшим ступенем захисту від пилу.

9. Частина світлового потоку, що може приймати участь в освітленні виробничих приміщень, формується за рахунок відбиття від стін. Його величина залежить від їх чистоти, матеріалу, кольору та виражається коефіцієнтом відбиття, і знижується внаслідок їх забруднення. Найбільше зниження відбувається у стін зі світлим фоном з 0,70 до 0,37, потім з середнім – з 0,50 до 0,26, з темним – з 0,30 до 0,16, продовж 4 років. Для підтримання комфортного світлового середовища, що створено штучним освітленням, необхідно проводити очистку стін з інтервалом: зі світлим фоном - раз на рік; із середнім фоном - раз на 2 роки; з темним фоном - раз на 4 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.92 № 2695-XII.
2. Кодекс законів про працю України від 10.12.71 № 322-VIII.
3. Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI.
4. ДСНП Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : Наказ МОЗ України від 08.04.2014 № 248.
5. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Вид. офіц. К.: Мінрегіон України, 2018. 137 с.
6. ДСТУ EN 12464-1:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця. Вид. офіц. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 53 с.
7. ДСТУ ІЕС 60598-1:2002. Світильники. Частина 1. Загальні вимоги і випробування. Вид. офіц. К.: Держспоживстандарт, 2004. 123 с.
8. Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення : постанова Кабінету Міністрів України від 15.10.2012 №992.
9. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів : наказ Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 № 258.
10. Правила улаштування електроустановок. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – 617 с.
11. Світлотехнічні розрахунки: навч. посібник / Л. А. Назаренко, Т. В. Можаровська, В. С. Чернець ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 142 с.
12. Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення: навч. посіб. / О. І. Соловей, А. В. Чернявський, О. О. Ситник, В. Ф. Ткаченко, Г. В. Курбака; за ред. Солов'я О. І.; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ФОП Гордієнко Є.І., 2018. – 132 с.

13. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планета-прінт», 2016. – 332 с.
14. Садовий О. С. Електричне освітлення та електротехнології: курс лекцій / О. С. Садовий. – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 91с.
15. Курс лекцій з дисципліни «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. – 132 с.
16. Назаренко Л. А. Фізичні основи джерел світла: навч. посіб. / Л. А. Назаренко. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 206 с.
17. Освітлення промислових об'єктів: Навч. посібник / Укл. Говоров П. П., Пилипчук Р. В., Токань А. І. та ін. – Тернопіль: Джура, 2008. – 388 с.